

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2022.01.006

树莓疫霉根腐病入侵我国的风险分析

闫超杰¹, 付海滨^{2*}, 胡 姝²

¹锦州海关综合技术服务中心, 辽宁 锦州 121013; ²沈阳海关技术中心, 辽宁 沈阳 110016

摘要:【目的】树莓疫霉根腐病是全球树莓种植业的最主要病害,也是我国《进境植物检疫性有害生物名录》中的检疫性病害之一。随着我国树莓引种和种植面积的不不断增加,其入侵和发生的风险也在不断升高,有必要对该病传入我国风险进行分析。【方法】采用有害生物风险分析程序对其进行安全性评估,并应用多指标综合评价方法,对树莓疫霉根腐病菌的入侵风险进行定性和定量分析,计算综合风险值后再确定其入侵的风险等级。【结果】树莓疫霉根腐病菌是对中国树莓产业具有潜在威胁的有害生物,其综合风险值(R)为2.22。【结论】树莓疫霉根腐病菌属于高风险的有害生物,建议我国各个种苗进境口岸的检疫部门加强对该病的检疫力度,严防其传入我国。

关键词: 树莓疫霉根腐病菌; 风险分析; 外来入侵



开放科学标识码
(OSID 码)

Risk analysis of the raspberry phytophthora root rot (*Phytophthora rubi*) in China

YAN Chaojie¹, FU Haibin^{2*}, HU Shu²

¹Comprehensive Technical Service Center of Jinzhou Customs, Jinzhou, Liaoning 121013, China;

²Technology Center of Shenyang Customs, Shenyang, Liaoning 110016, China

Abstract: 【Aim】The raspberry phytophthora root rot (RPRR), caused by the pathogen *Phytophthora rubi*, is the most important disease affecting raspberry plantations worldwide. It is also listed as a quarantine pest in China. With the increasing planting area of raspberry in China, invasion and the incidence risk of RPRR increases. 【Method】Following the pest risk assessment protocol, qualitative and quantitative analyses of the invasion risk of *P. rubi* were conducted, a comprehensive risk value (R) was calculated, and the risk level was determined. 【Result】*P. rubi* is a considerable potential threat to raspberry plantations in China, with a risk value of 2.22. 【Conclusion】*P. rubi* is considered a high-risk pathogen; quarantine departments at ports receiving imported seedlings should thus pay particular attention to it to prevent its introduction to China.

Key words: *Phytophthora rubi*; pest risk analysis; invasion risk

树莓 *Rubus corchorifolius* L. f. 又称覆盆子、木莓、马林等,属于蔷薇科 Rosaceae 悬钩子属 *Rubus* 多年生浆果类灌木植物,是联合国粮农组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)向世界推荐的“第三代黄金水果”(姜河等, 2006)。树莓果实酸甜可口,还富含维生素 C、天然 SOD、天然鞣酸、黄酮等,除了可以鲜食外,还可加工成果汁、果酒、饮料等,具有很好的营养价值和开发前景(刘亚敏等, 2019)。自 20 世纪 80 年代,我国先后由沈阳农业大学、中国林业科学研究院等科

研单位开展树莓的引种栽培工作(付海滨和曲辉, 2010)。近年来,已在辽宁、吉林、山东、陕西等地区大面积推广。

树莓疫霉根腐病(raspberry root rot)的病原为树莓疫霉根腐病菌 *Phytophthora rubi* (W.F. Wilcox et J.M. Duncan) Man in't Veld, 属藻菌界 Chromista 卵菌门 Oomycota 霜霉纲 Peronosporae 霜霉目 Peronosporales 霜霉科 Peronosporaceae (严进和吴品珊, 2015)。树莓疫霉根腐病已在世界大部分树莓种植区发生,是美国、智利、加拿大等世界树莓主产区的

重要病害,对当地树莓种植业造成了严重危害,一旦树莓疫霉根腐病在种植园内暴发,几乎会造成树莓绝产,这也是全球树莓产业逐渐缩减的主要原因(付海滨和曲辉,2010)。目前,全世界还未找到对该病有效的防治方法。我国大部分省份也有种植树莓,尚无该病传入我国的报道。但随着进出口树莓贸易量的逐年增加,树莓疫霉根腐病传入我国并扩散的可能性也增大。本文参照常规的有害生物风险分析方法(李俊峰等,2017;陆苗等,2014;时涛等,2019),对树莓疫霉根腐病菌入侵我国的风险进行评估和分析,从而为我国相关部门提早预防和控制树莓疫霉根腐病传入提供依据。

1 研究方法

收集国内外有关树莓疫霉根腐病的研究进展和文献资料,根据国际植物检疫措施标准第 2 号《有害生物风险分析框架》和第 11 号标准《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)》,分别从树莓疫霉根腐病菌在国内外分布、潜在危险性、受害作物的经济重要性、传播扩散可能性以及风险管理难度 5 个方面进行定性和定量综合分析,同时参照蒋青等(1995)建立的有害生物风险性评估体系,采用多指标综合评价方法,构建树莓疫霉根腐病菌的综合风险评估指标体系。

2 定性分析

2.1 国内外分布状况(P_1)

目前,树莓疫霉根腐病主要在欧洲的英国、法国、德国、荷兰、丹麦、瑞士、爱尔兰、奥地利、比利时、捷克、挪威、瑞典、乌克兰、斯洛文尼亚,北美洲的加拿大和美国,南美洲的智利以及大洋洲的澳大利亚分布和危害(<https://gd.eppo.int/taxon/PHYTFU/categorization>),我国没有发现该病害的报道,因此, P_1 赋值为 3。

2.2 潜在危险性(P_2)

树莓疫霉根腐病是树莓种植业的最主要病害,该病害在法国、德国、瑞士和英国等国具有极高的经济重要性(严进和吴品珊,2015)。因此, P_{21} 赋值为 3。

目前,还没有树莓疫霉根腐病能够传带其他有害生物的报道,因此, P_{22} 赋值为 0。

该病是欧洲和地中海植物保护组织(European and Mediterranean Plant Protection Organization, EP-

PO) A2 类植物检疫性有害生物,也被挪威、墨西哥、摩洛哥和突尼斯等国家列入检疫性有害生物名单,也是我国《进境植物检疫性有害生物名录》中检疫性病害之一。我国严格禁止从树莓疫霉根腐病疫区进口树莓及其种苗,并对特殊用途进口的种苗从来源、检疫处理方式、检疫证书等多方面进行了限制,因此, P_{23} 赋值为 3。

2.3 受害作物的经济重要性(P_3)

栽培的树莓是树莓疫霉根腐病菌的主要寄主,据报道,杂交的浆果如泰莓和罗甘莓在自然状态下能被其侵染,其他寄主有红树莓 *R. idaeus* L.、黑树莓 *R. mesogaeus* Focke 及其杂交种等(严进和吴品珊,2015),因此, P_{31} 赋值为 1。

目前,我国树莓的主要种植地为辽宁、山东、吉林、黑龙江、陕西、甘肃、青海、贵州、重庆等地,其中辽宁省和山东省树莓栽培推广面积最大(陈会燕等,2018;陈哲等,2019;付海滨等,2013;姜河等,2006;刘亚敏等,2019)。据统计,2014 年树莓人工种植 1.2 万 hm^2 (陈会燕等,2018)。因此, P_{32} 赋值为 1。

由于树莓适应性广、结果早、口感好、产量高、易繁殖,近年来已成为我国新兴的经济树种。树莓一般每公顷产 66.5 kg 左右,高产的可达 100 kg 左右,每公顷产值 467 元以上,每公顷纯利润 333 元以上,是种植传统作物的 5~10 倍。同时,树莓也是食品和医药行业的重要原料,其果肉可制作成果汁、果酒和果酱,还可以作为调味料添加到酸奶、夹心饼干和钙片、维生素片等产品中。因此,发展树莓产业对提高农民收入、发展农村经济、促进产业结构升级和改善我国的生态环境都有重要意义。该病一旦传入我国并大面积扩散,将对很多相关产业造成影响,因此, P_{33} 赋值为 2。

2.4 传播扩散的可能性(P_4)

树莓疫霉根腐病菌能随雨水或排水扩散传播,也可随作业工具和机械上的土壤进行传播(付海滨和曲辉,2010;严进和吴品珊,2015)。但该病菌最主要的传播扩散途径是随树莓的栽培种苗和被污染的包装材料远距离传播。因此, P_{41} 、 P_{42} 、 P_{45} 赋值分别为 2、3 和 2。

目前,树莓疫霉根腐病在全球 18 个国家和地区有分布和危害。亚洲和非洲无该病发生的报道,因此, P_{43} 赋值为 1。

树莓疫霉根腐病的发生和分布区域与中国大陆气候具明显相似性,我国树莓种植区也具有该病发生的适宜气候条件,有利于该病的发生危害(付海滨和曲辉,2010),因此, P_{44} 赋值为2。

2.5 风险管理难度(P_5)

目前,我国对树莓疫霉根腐病的研究相对较少。该病菌现场检疫鉴定难度大,后续的检疫鉴定方法也较复杂,必须进行实验室分离培养等,再借助基因条形码(中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,2017)和实时荧光 PCR (Olsson & Hetherberg,2008; Schlenzig,2009) 等方法才能鉴定。因此, P_{51} 赋值为 2。

苯基酰胺类杀菌剂的化学农药,如甲霜灵和氧氯化铜混剂或甲霜灵和代森锰锌混剂等药剂对该病具有一定的防治效果(付海滨和曲辉,2010; Maloney *et al.*, 2005),因此, P_{∞} 赋值为 2。

自 20 世纪初开始,树莓疫霉根腐病一直在欧洲和北美洲流行,北美洲有一些树莓的栽培品种具

有较好的抗病性,如红树莓 newburgh、meeker、sumer 等,而黑树莓品种具有较高的抗性(严进和吴品珊, 2015)。据报道,该病害最近几年在欧洲常发生,只有像秋福(autumn bliss)这类秋季成熟的品种具有较好的抗病性,夏季成熟的品种相对较容易感染(严进和吴品珊, 2015)。目前,我国树莓的主栽品种基本都引自于北美洲和欧洲,这些品种对树莓疫霉根腐病不具有抗病性,一旦入侵很难根除,因此, P_{53} 赋值为 2。

3 定量分析和风险等级的确定

3.1 风险综合评估指标体系构建与指标赋值

本研究构建的树莓疫霉根腐病的综合风险评估指标体系包括 5 个一级指标 15 个二级指标(表 1)。根据树莓疫霉根腐病在国内外分布、潜在危险性、受害作物经济重要性、传播扩散可能性及风险管理难度 5 个方面的实际判定情况,对综合风险评估指标体系中的 15 个二级指标进行赋值。

表 1 树莓疫霉根腐病菌的多指标综合评价体系指标层评
Table 1 The index layer of integrated multi-index evaluation system for *P. rubi*

评判指标 Index values		评判标准 Criteria	赋值 Score
P_1 国内分布情况 Distribution in China		国内无分布 No distribution in PRA area, $P_1 = 3$ 国内分布面积占 0%~20% Present on 0%~20% of PRA area, $P_1 = 2$ 国内分布面积占 20%~50% Present on 20%~50% of PRA area, $P_1 = 1$ 国内分布面积大于 50% Present on > 50% of PRA area, $P_1 = 0$	3
P_2 潜在的危险性 Potential impact	P_{21} 潜在的经济危害性 Potential economic impact	产量损失 20%以上, 和(或)严重降低作物产品质量 >20% yield loss, $P_{21} = 3$ 产量损失 5%~20%, 和(或)有较大的质量损失 5%~20% yield loss, $P_{21} = 2$ 产量损失 1%~5%, 和(或)有较小的质量损失 1%~5% yield loss, $P_{21} = 1$ 产量损失小于 1%, 且对作物产品质量无影响 <1% yield loss, $P_{21} = 0$	3
	P_{22} 是否为其他有害生物的传播媒介 Ability to transmit other quarantine pests	传带 3 种以上的有害生物 Capacity to transmit >3 species, $P_{22} = 3$ 传带 2 种有害生物 2 species, $P_{22} = 2$ 传带 1 种有害生物 1 species, $P_{22} = 1$ 不传带有害生物 No transmission capacity, $P_{22} = 0$	0
	P_{23} 国外重视程度 Level of quarantine in other country	被 20 个以上的国家列为检疫对象 Quarantine pest in >20 countries, $P_{23} = 3$ 被 10~19 个国家列为检疫对象 Quarantine pest in 10~19 countries, $P_{23} = 2$ 被 1~9 个国家列为检疫对象 Quarantine pest in 1~9 countries, $P_{23} = 1$ 无国家将其列为检疫对象 No country listed the species as quarantine pest, $P_{23} = 0$	3
P_3 受害作物的经济重要性 Economic value of the pest on targeted native species	P_{31} 受害栽培寄主的种类 Variety of hosts	受害栽培寄主 10 种以上 >10 species, $P_{31} = 3$ 受害栽培寄主 5~9 种 5~9 species, $P_{31} = 2$ 受害栽培寄主 1~4 种 1~4 species, $P_{31} = 1$ 无受害寄主 None, $P_{31} = 0$	1
	P_{32} 受害栽培寄主的种植面积 Planting area of hosts	超过 350 万 hm^2 >3.5×10 ⁶ hm^2 , $P_{32} = 3$ 150 万~350 万 hm^2 1.5×10 ⁶ ~3.5×10 ⁶ hm^2 , $P_{32} = 2$ 小于 150 万 hm^2 <1.5×10 ⁶ hm^2 , $P_{32} = 1$ 无种植 None, $P_{32} = 0$	1
	P_{33} 受害栽培寄主的特殊经济价值 Economic damage of the pest on native host species	具有很高的应用价值, 出口创汇丰富 High economic and export value, $P_{33} = 3$ 具有不错的应用价值, 出口创汇较丰富 Very important role on economic and export value, $P_{33} = 2$ 具有一般的应用价值, 出口创汇较少 Low economic and export value, $P_{33} = 1$ 具有极少的应用价值, 无出口创汇 No economic and export value, $P_{33} = 0$	2

续表 1

评判指标 Index values		评判标准 Criteria	赋分值 Score
P_4 传播扩散的可能性 Possibility of spread	P_{41} 截获频次 Frequency of pest interception	经常被截获 Frequently, $P_{41} = 3$ 偶尔被截获 Occasionally, $P_{41} = 2$ 从未被截获或历史上只截获过少数几次 Not been intercepted or a few times, $P_{41} = 1$	2
	P_{42} 运输中有害生物的存活率 Survival rate of pest in transport	存活率在 40% 以上 >40% of survival rate, $P_{42} = 3$ 存活率在 10%~40% 之间 10%~40%, $P_{42} = 2$ 存活率在 10% 以下 Less than 10%, $P_{42} = 1$ 存活率为 0 Unable to survive transport, $P_{42} = 0$	3
	P_{43} 国际分布 Distribution in other countries	全世界 50% 以上的国家有分布 >50% of the countries of the world, $P_{43} = 3$ 全世界 25%~50% 以的国家有分布 25%~50%, $P_{43} = 2$ 全世界少于 25% 的国家有分布 <25% of countries of the world, $P_{43} = 1$	1
	P_{44} 国内的适生范围 Suitable area in PRA area	国内 50% 以上地区适生 >50% of the PRA area, $P_{44} = 3$ 国内 20%~50% 地区适生 20%~50%, $P_{44} = 2$ 国内 20% 以下地区适生 <20%, $P_{44} = 1$	2
	P_{45} 自然传播途径 Means of spread	气传或自身传播力强 Spread by airflow or by itself, $P_{45} = 3$ 由活动力很强的介体传播 Medium dispersal capacity, $P_{45} = 2$ 土传或自身传播力弱 Soil-borne or weak dispersal capacity, $P_{45} = 1$	2
P_5 风险管理难度 Level of risk management	P_{51} 检疫鉴定的难度 Difficulty of quarantine	检疫方法可靠性低, 需要花费的时间很长 Low reliability, long period of quarantine time, $P_{51} = 3$ 检疫方法比较可靠, 但要花费很长时间才能检出 Higher reliability, long period of quarantine time, $P_{51} = 2$ 用常规的检疫方法, 花费一定时间可以检出 Conventional method, limited period of quarantine time, $P_{51} = 1$ 检疫方法非常可靠且简便快捷, 完全可以检出 Simple inspection with high reliability, $P_{51} = 1$	2
	P_{52} 除害处理的难度 Efficiency of pest decontamination	现有的除害处理方法不能完全杀死 Nearly impossible to kill the pest, $P_{52} = 3$ 除害率低于 50% <50% of pest decontamination efficiency, $P_{52} = 2$ 除害率在 50%~100% 之间 50%~100% efficiency, $P_{52} = 1$ 除害率达到 100% Complete elimination possible, $P_{52} = 0$	2
	P_{53} 根除的难度 Efficiency of eradication of the pest	控制效果差, 成本高, 难度大, 不能根除 Poor efficiency, high difficulty and cost, cannot be eradicated, $P_{53} = 3$ 控制效果一般, 成本较高, 难度较大, 几乎不能根除 Better efficiency, higher difficulty and cost, difficult eradication, $P_{53} = 2$ 控制效果好, 成本较低, 难度较小, 可以根除 Good efficiency, low cost and easy work, complete eradication possible, $P_{53} = 1$	2

3.2 定量分析和风险等级结果

根据各参数的赋值结果,按照蒋青等(1995)的方法,分别计算出树莓疫霉根腐病菌的一级风险指标值, P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 、 P_5 的数值分别为 3、2.4、2、1.89、2,最终计算分析出树莓疫霉根腐病菌入侵我国的综合风险值 R 等于 2.22。具体计算过程如下:

$$P_1 = 3$$
$$P_2 = 0.6P_{21} + 0.2P_{22} + 0.2P_{23} = 0.6 \times 3 + 0.2 \times 0 + 0.2 \times 3 = 2.4$$
$$P_3 = \max(P_{31}, P_{32}, P_{33}) = 2$$
$$P_4 = \sqrt[5]{P_{41} \times P_{42} \times P_{43} \times P_{44} \times P_{45}} = \sqrt[5]{2 \times 3 \times 1 \times 2 \times 2} = 1.89$$
$$P_5 = (P_{51} + P_{52} + P_{53}) / 3 = (2 + 2 + 2) / 3 = 2$$
$$R = \sqrt[5]{P_1 \times P_2 \times P_3 \times P_4 \times P_5} = \sqrt[5]{3 \times 2.4 \times 2 \times 1.89 \times 2} = 2.22$$

按照我国有害生物的危险程度标准(蒋青等, 1995)进行风险等级分级:当 $R < 1.0$ 时,无风险,风险等级为 I 级;当 $1.0 \leq R < 1.5$ 时,为低风险,风险等级为 II 级;当 $1.5 \leq R < 2.0$,为中风险,风险等级为 III 级;当 $2.0 \leq R < 2.5$,为高风险,风险等级为 IV 级;当 $2.5 \leq R < 3.0$,为极高风险,风险等级为 V 级。结果表明,树莓疫霉根腐病入侵我国的风险等级为高风险(IV 级)。

4 讨论与结论

本文通过多指标综合评估方法分析该病入侵我国的风险,结果表明其综合风险值(R)为 2.22,属于高风险病害。虽然该病尚未在我国发生,但必须引起相关部门的高度重视,应当对其实施有害生物风险管理,严防其传入我国境内。依据 ISPM1 提出的风险管理原则,提出如下风险管理方案。

- (1)各口岸海关应加强对引自树莓疫霉根腐病疫区树莓种苗和包装材料的检疫力度,严防该病菌进入我国。
- (2)我国应及时关注和掌握该病的实时疫情变化和检测技术标准情况,制定更为快捷有效的树莓疫霉根腐病菌检疫鉴定方法。
- (3)强化口岸一线的疫情监测力度,建立健全疫情监测网络,及时掌握口岸截获状况;一旦检出该病菌,应实施销毁或退运等检疫处理措施。
- (4)农业相关部门应实施严格的产地检疫、入境检疫、调运检疫和跟踪检疫,并制定严格措施防止其传入我国山东省和辽宁省等树莓主要种植区。树莓种植区也应定期进行树莓疫霉根腐病的田间监测,提高农技人员和种植户识别病害的能力,使疫情可以早发现、早治理、早防控。

参考文献

陈会燕,白宇皓,秦一帆,张晓宇,2018. 树莓栽培要点及山西树莓产业发展前景. 天津农业科学, 24(6): 67-71.

陈哲,张群英,杨鼎元,严凯,2019. 贵阳市树莓主要病害的鉴定及防控. 现代园艺 (11): 164-165.

付海滨,曲辉,2010. 警惕检疫性病害——树莓疫霉根腐病传入我国//中国植物保护学会,国家质检总局. 2010年进出境植物检疫学术研讨会论文集. 北京: 35-37.

付海滨,张敏,刘晓超,金学典,丛广民,曲辉,2013. 辽宁沈阳出口树莓的病虫害危害分析与防治关键控制点. 中国果树 (5): 79-81.

姜河,修英涛,蔡骞,2006. 我国树莓发展现状及产业化前景分析. 辽宁农业科学 (2): 45-48.

蒋青,梁忆冰,王乃杨,姚文国,1995. 有害生物危险性评价的定量分析方法研究. 植物检疫, 9(4): 208-211.

李俊峰,阿地力·沙塔尔,喻峰,买合木提·尼亚孜,2017. 世界性害虫葡萄花翅小卷蛾入侵我国的风险分析. 生物安全学报, 26(1): 52-57.

刘亚敏,邓远苇,夏钦,傅茂润,侯明果,蒲廷松,2019. 重庆地区引种树莓及果实常见病虫草害及其防治研究进展. 食品安全质量检测学报 (19): 6579-6586.

陆苗,徐刘平,李健,梁小松,张呈伟,2014. 褐拟谷盗传入我国的风险分析及管理对策. 生物安全学报, 23(3): 185-190.

时涛,刘先宝,李博勋,郑肖兰,冯艳丽,黄贵修,2019. 橡胶树南美叶疫病入侵中国的风险分析. 中国植保导刊, 39(9): 81-84.

严进,吴品珊,2015. 中国进境植物检疫性有害生物——菌物卷. 北京: 中国农业出版社.

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,2017. 基因条形码筛查方法 第10部分:检疫性疫霉: SN/T 4877.10-2017.

MALONEY K, PRITTS M, WILCOX W, KELLY M J, 2005. Suppression of phytophthora root rot in red raspberries with cultural practices and soil amendments. *Hortscience A Publication of the American Society for Horticultural Science*, 40 (6): 1790-1795.

OLSSON C H B, HETBERG N, 2008. Sensitivity of the ELISA test to detect *Phytophthora fragariae* var. *rubi* in raspberry roots. *Journal of Phytopathology*, 145(7): 285-288.

SCHLENZIG A, 2009. Identification of *Phytophthora fragariae* var. *rubi* by PCR. *Methods in Molecular Biology*, 508: 161-169.

(责任编辑:郭莹)