

DOI:10. 14188/j. ajsh. 2021. 02. 003

红花檵木病害的研究进展

许璐^{1,2†}, 王慧^{1,2†}, 蒋文秀^{2,3}, 周丹^{1,2}, 魏鑫宇^{1,2}, 李炎林^{1,2}, 于晓英^{1,2*}

- (1. 湖南农业大学 园艺学院, 湖南 长沙 410128;
2. 湖南省中亚热带优质花木繁育与利用工程中心, 湖南 长沙 410128;
3. 湖南农业大学 教育学院, 湖南 长沙 410128)

摘要: 红花檵木为一种珍贵的彩叶园林观赏树种,被广泛应用于城市园林绿化中,近年来,红花檵木病害成为影响其观赏价值和苗木生产的重要因素之一。查阅整理了大量国内外相关研究的文献资料,从红花檵木已知的侵染性病害种类、表现症状及防治措施三个方面进行综述,指出了我国红花檵木病害研究目前存在的问题及研究发展趋势,为红花檵木致病机理、病害监测、科学防治等后续研究工作提供参考。

关键词: 红花檵木;病害;表现症状;防治
中图分类号: S436.8 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-3491(2021)02-0119-08

Research progress on the diseases of *Loropetalum chinense* var. *rubrum*

XU Lu^{1,2†}, WANG Hui^{1,2†}, JIANG Wenxiu^{2,3}, ZHOU Dan^{1,2}, WEI Xinyu^{1,2}, LI Yanlin^{1,2}, YU Xiaoying^{1,2*}

- (1. College of Horticulture, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, Hunan, China;
2. Hunan Mid-subtropical Quality Plant Breeding and Utilization Engineering Technology Research Center, Changsha 410128, Hunan, China;
3. College of Education, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, Hunan, China)

Abstract: As a precious ornamental tree species with colored leaves, *Loropetalum chinense* var. *rubrum* is widely used in urban landscaping. In recent years, *Loropetalum chinense* var. *rubrum* disease has become one of the important factors affecting its ornamental value and seedling production. To provide reference for further research work of the pathogenic mechanism, disease monitoring, scientific control and so on, this paper reviews a large number of related literature at home and abroad, summarizes the known types, symptoms and control measures of *Loropetalum chinense* var. *rubrum* infectious diseases, and points out the existing problems and development trend in China.

Key words: *Loropetalum chinense* var. *rubrum*; disease; symptom; control

0 引言

红花檵木(*Loropetalum chinense* var. *rubrum*), 别名红檵木、红桤木、红桤木,常绿灌木或小乔木,隶属于金缕梅科(Hamamelidaceae)檵木属(*Lorop-*

etalum)的一个自然变种,是湖南极具地域特色的珍贵观赏植物^[1]。其树姿优美,花繁叶茂,花、叶颜色艳丽夺目,有较长的花期和较高的观赏价值,被园艺界称为“全能绿化品种”,因其罕见的植物资源被植物学家称为“植物中的熊猫”^[2]。红花檵木

收稿日期: 2020-10-30 修回日期: 2021-02-09 接受日期: 2021-03-23
作者简介: 许璐(1988-),女,讲师,博士,研究方向为观赏植物资源与应用, E-mail: xulu5448@163.com; 王慧(1997-),女,硕士生,研究方向为观赏植物资源与应用, E-mail: wanghui9728@163.com。†许璐、王慧对本文有同等贡献,为共同第一作者
*通讯联系人: 于晓英(1968-),女,教授,博士,研究方向为观赏植物资源与应用。E-mail: 475705701@qq.com
基金项目: 湖南省科技厅重点研发计划项目(2016NK2100); 湖南农业大学“双一流”建设项目科学研究培育项目(SYL201802026); 湖南省教育厅项目(18B124)

引用格式: 许璐,王慧,蒋文秀,等. 红花檵木病害的研究进展[J]. 生物资源, 2021, 43(2): 119-126.
Xu L, Wang H, Jiang W X, et al. Research progress on the diseases of *Loropetalum chinense* var. *rubrum* [J]. Biotic Resources, 2021, 43(2): 119-126.

具有丛灌、球灌、小乔木等多种树形形态,被广泛应用于城市绿化中^[3]。然而,随着树龄的增长、树体衰弱老化,加上栽培管理较粗放,红花檵木出现较为严重的病害问题,严重影响红花檵木的观赏价值。目前,国外对红花檵木研究极少,国内对红花檵木的研究主要集中在红花檵木的栽培管理、生理特性、化学成分等方面,对红花檵木的病害研究较少^[4-6]。研究发现,红花檵木现已报道病害仅8种,包括7种真菌病害和1种病毒病害,暂无细菌病害研究报道,已知病害的具体发病规律、分布区域及病原多样性等均未明确;从发病部位来看,关注于红花檵木叶部病害的研究较多,其发病规律较为清晰,但根部病害研究较少;在防治措施方面,仍主要采用化学防治方法,防治措施较单一。因此,为进一步研究红花檵木病害的发生机理和科学防治方法,为相关研究人员提供参考依据,本文就目前国内外红花檵木主要病害研究进展做简要综述。

1 红花檵木病害类型

有关红花檵木病害的研究较少,国内外报道的红花檵木病害共8种,包括7种真菌病害和1种病毒病害(见表1)。红花檵木的主要病害发生类型为真菌性病害,有关红花檵木病毒病的报道均为花叶病毒病,暂未有红花檵木细菌性病害、卵菌、线虫、原生动物及寄生植物等其他病害类型的相关研究报道。由表1可知,红花檵木病害主要分布于中国,但在中国的具体分布省份区域尚未明确,地域生态影响尚未知。有针对性地对我国红花檵木主要生产区的病害进行深入而系统地调查,查明各地区红花檵木主要病害、未发现病害、国内尚未报道的病害是十分必要的。

1.1 红花檵木真菌性病害

红花檵木真菌病害危害频发,病原真菌往往传染迅速且难以控制,对红花檵木造成巨大损害。目前,国内已报道的红花檵木真菌性病害有6种,分别是:立枯病^[1,2,7-10]、炭疽病^[2,8,9,11]、煤污病^[8]、黑斑病^[10,12]、灰斑病和褐斑病^[13],国外仅美国报道了真菌病害枯梢病的发生^[14](表1)。

中国对红花檵木真菌性病害系统、深入的研究较少,在红花檵木病害现有的报道中,红花檵木真菌性病害相对细菌性病害和病毒性病害较多,但其病害研究大多只停留在红花檵木病害的表现症状及防治方法的初步调查鉴定阶段,并未对红花檵木病害的具体病原种类、侵染循环及有效的生物防治技术

等作进一步详细说明与研究。根据现有文献报道,我国对红花檵木病害的研究方法多采用调查观察、汇总分析等传统方法,在红花檵木病原学研究和鉴定上的研究工作较少,未对主要病原菌的形态特征、生物学特性、培养性状及引致的病害症状做深入的研究。目前,我国仅张国辉等^[11]采用ITS保守序列测序和形态学鉴定的方法对红花檵木炭疽病进行病原鉴定,结果表明该病原菌为胶胞炭疽菌(*Colletotrichum gloeosporioides*);利用光学显微镜对病原菌进行形态特征观察、测量,并对病症不明的病组织进行组织分离培养及接种实验,发现红花檵木灰斑病原菌为拟盘多毛孢菌(*Pestalotiopsis* sp.),红花檵木褐斑病原菌为尾孢菌(*Cercospora* sp.)^[13];在已发现的红花檵木真菌性病害中,立枯病、煤污病及黑斑病的病原物尚未知,有待继续深入研究。部分国外研究者对红花檵木枯梢病进行了较深入的研究工作。通过病组织分离培养、接种实验、扩增测序及ITS序列分析等一系列研究方法发现,红花檵木枯梢病是由栎树猝死病菌(*Phytophthora ramorum*)引起^[14],该病菌病害严重,扩散迅速,是一种具有多个寄主的检疫性病原真菌,但我国尚未在红花檵木上发现此种病害。

红花檵木发病部位主要集中在叶片上,根部发病的病害仅发现一种真菌病害——红花檵木立枯病(见表2)。由于病原物大多通过空气与雨水传播,叶片往往容易受到病原物侵染,病害发生情况更为普遍,容易引起关注,而根部病害研究则较容易被忽略。红花檵木真菌病害大多发生在适温多雨季节,大多数病原物要求高湿的条件才能侵入成功,适度的温度则影响病原物萌发和侵入的速度,掌握病害发生规律可因病制宜,制定出合理有效的防治策略。目前,有关红花檵木真菌病害的具体发生规律研究较少,其病害发生的基本特性如病菌的侵染循环、越冬越夏场所、侵染过程及与环境条件的关系均不清楚,确定其主要影响因素是病害防治的关键所在,在此方面应多加关注。

1.2 红花檵木细菌性病害

细菌性病害是由细菌病原菌侵染所导致的病害,菌脓是其特有的病征。国内外对辣椒^[15]、大豆^[16]、南瓜^[17]、猕猴桃^[18]等植物的细菌性病害均有大量研究报道。美国于2013年^[19]、2018年^[20]分别报道了红花檵木原种——檵木(*Loropetalum chinense* (R. Br.) Oliv.)的细菌性病害(檵木癌肿病),但国内外在红花檵木细菌性病害这一研究领域仍为空白。红花檵木细菌病害研究对园林绿化具有较大价

值,未来我国可将红花檵木作为研究对象进行相关研究工作,对其病原物、发病症状、发病规律(如病原物的越冬越夏场所、发病时期、发病条件及发病过程等)作详细研究。

1.3 红花檵木病毒性病害

植物病毒在生态系统中占据重要地位,不仅可以对寄主植物产生巨大影响,而且会直接或通过寄主间接影响其他环境生物^[21]。目前,国外对红花檵木病毒性病害尚无研究报道,中国对红花檵木病毒病有部分研究报道,但均为红花檵木花叶病毒病,且具体病原菌、发病规律及有效防治方法尚不清楚。根据红花檵木现有的研究报道,红花檵木花叶病毒病多为病毒侵染所引起,传播途径较多,主要由蚜虫传播,带有病毒的修剪工具或扦插、嫁接繁殖材料也可导致该病害发生。发生花叶病的植株叶片首先表现为叶脉失绿,叶片先呈轻微的斑驳状,后逐渐发展为明显的深浅红斑驳状,新叶上症状更为明显,随着病害加剧,一段时间后感病叶片明显变小,病叶逐渐变白、枯萎、脱落,导致植株叶片稀疏,严重时整株死亡,影响红花檵木的苗木生产和观赏效益^[2,8,9,12,22~25]。

作者在调查红花檵木时发现,在红花檵木植株上发生的一种异常花叶现象与花叶病毒病的表现症状十分相似,根据叶片表现的病状特点,初步确定了四种典型异常叶片形态,分别是小叶(图1A)、红黄相间(图1B)、绿黄相间(图1C)、完全黄化(图1D)、红斑(图1E)。与健康植株叶片(CK)对比可知,红花檵木异常花叶病害症状基本发生在枝条先端的幼叶上,在红花檵木植株上有不同程度的表

现。植株叶片缩小,叶缘皱缩,叶片颜色发生黄化(图1A);黄化从外缘开始发生,逐渐扩展到叶脉,叶脉多呈现紫红色,似“明脉”,导致整个叶片呈现出花叶的形态(图1B);“返青”的叶片也有黄化现象,叶脉保持原有的绿色,似“明脉”,叶片呈现出花叶的形态(图1C);部分叶片随着黄化程度加深,叶脉的颜色几乎消失不见,完全黄化(图1D);叶片发生轻微黄化,叶肉中出现不规则晕染状暗红色斑点或斑块(图1E)。

作者还发现,在经反复修剪且修剪程度较大的红花檵木植株上,此类现象尤其严重,怀疑是修剪工具带有病毒,加速了病毒的传播,但具体情况是否由病毒所引起,还有待进一步检测分析。根据研究需要,可选用一种合适的植物病毒检测方法或多种病毒检测方法相结合进行深入研究,常用的植物病毒检测方法包括生物学检测(又称指示植物检测法)、电子显微镜检测、血清学检测法以及分子生物学方法中的核酸分子杂交技术、双链RNA电泳技术、聚合酶链式反应技术(PCR,RT-PCR,实时荧光定量PCR,多重PCR,巢式PCR)、核酸序列扩增技术、环介导等温扩增技术等^[26]。

2 防治措施

红花檵木防治技术应该坚持“预防为主、综合治理”的总方针,以选用抗病品种为基础,农业防治和生物防治为主,化学药剂防治为辅,及时有效地开展绿色防控工作^[27]。

2.1 植物检疫

植物检疫具有一定的权威性和有效性,是落实

表 1 红花檵木病害类型与分布
Table 1 Types and distribution of *Loropetalum chinense* var. *rubrum* diseases

病害类型	病害种类	病原菌	分布	参考文献
真菌性病害	立枯病	—	中国	[1,2,7~10]
	炭疽病	胶胞炭疽菌 (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>)	中国	[2,8,9,11]
	煤污病	—	中国	[8]
	黑斑病	—	中国	[10,12]
	灰斑病	拟盘多毛孢菌 (<i>Pestalotiopsis</i> sp.)	中国	[13]
	褐斑病	尾孢菌 (<i>Cercospora</i> sp.)	中国	[13]
	枯梢病	栎树猝死病菌 (<i>Phytophthora ramorum</i>)	美国	[14]
病毒性病害	花叶病毒病	—	中国	[2,8,9,12,22~25]

注:“—”表示尚未知具体病原物种类
Note: “—” the specific pathogenic species are not yet known



图1 红花檵木异常花叶与健康叶片
Fig. 1 Abnormal mosaic leaves and healthy leaves of *Loropetalum chinense* var. *rubrum*

注: A, 小叶; B, 红黄相间叶片; C, 绿黄相间叶片; D, 完全黄化叶片; E, 红斑叶片; CK, 红花檵木健康叶片
Note: A, little leaf; B, red and yellow leaf; C, green and yellow leaf; D, completely yellowed leaf; E, erythema leaf; CK, healthy leaf of *Loropetalum chinense* var. *rubrum*

“预防为主、综合防治”植保方针的关键措施。目前,中国虽尚未在红花檵木上发现检疫性病害,但美国于2012年首次发现了红花檵木枯梢病,通过研究发现,导致该病害发生的是一种检疫性植物病原真菌——栎树猝死病菌^[14]。栎树猝死病菌寄主众多,危害严重,扩散迅速,且难以控制,被中国、韩国、荷兰及加拿大等多个国家列为检疫性病害^[28]。为防范红花檵木枯梢病及其他检疫性病害的危害,我国应加强对红花檵木种子、苗木等产品的检疫工作,杜绝新的病害在我国扩散和蔓延。

2.2 利用抗病品种

选育和利用抗病品种是防治植物病害最经济、有效的措施。抗病品种在香蕉(*Musa nana* Lour.)^[29]、三七(*Panax notoginseng* (Burk) F. H. Chen)^[30]、小麦(*Triticum aestivum* Linn.)^[31]等多种植物上已开展了较多研究,但在红花檵木上尚无相关研究报道。培育出农艺性状好、抗病持久的优良品种需靠现代育种技术和基因工程技术,常用的抗病品种选育的方法包括引种、系统选育、杂交育种、人工诱变及组织培养和基因工程育种^[32]。随着生物技术的不断发展,选用抗病品种、发掘与利用抗病基因等将成为红花檵木未来发展的重要方向。

2.3 农业防治

农业防治是通过栽培方式和栽培制度的改变,通过一系列栽培技术措施的合理应用,调节病原物、寄主和环境条件之间的关系来减轻病害的发生,是一种最经济、最基本的防治方法^[32]。在红花檵木病害防治上,常采取对土壤进行消毒、及时清除病枝病叶、加强肥水管理、适当修剪、合理密植及保持良好的通风透光条件等农业防治措施^[7,11,24]。随着树龄的增长、树体衰弱老化,红花檵木的病害问题愈发严重,尤其是疑似红花檵木花叶病毒病的现象普遍出现。花叶病毒病具有传染性,清除感病植株、种植无病毒苗木可有效防止花叶病毒病的发生。由于红花檵木生长旺盛,在园林绿化中,要维持红花檵木的树形就必须反复多次进行修剪,在修剪前,对修剪工具进行消毒也是一项有效防治措施。

表2 红花檵木主要病害发生特点
Table 2 Characteristics of main diseases of *Loropetalum chinense* var. *rubrum*

病害种类	发病部位	发病症状	发病时期
立枯病	幼苗、成株,根茎部表层	暗褐色病斑,呈水浸状腐烂,后缢缩变成黑褐色	春季低温多雨时
炭疽病	老叶、基叶、新叶	黑色病斑,圆形或近圆形,边缘黑色	7、8月发病严重,10月减轻,11月停止发病
煤污病	叶片、枝条	黑色霉层或黑色煤污层	—
黑斑病	叶片、叶柄、嫩枝、花梗	初期病斑呈褐色放射状,有黑色小点,边缘明显,直径5~10 mm	7~10月发病,种子出苗后1~4片真叶时易发生
灰斑病	叶片	早期病叶边缘形成橘黄色斑点,后由外至内逐步形成中部棕灰色、四周具红褐色晕圈的不规则形大病斑	连绵阴雨时
褐斑病	叶片	病叶边缘及中部先形成暗褐色点状斑,后逐渐扩大为中部色浅的圆形、卵形或不规则形深褐色大病斑,具褐色霉点	高温高湿时
枯梢病	叶片、枝梢	产生斑点,发生落叶,枝梢枯萎	—
花叶病	叶片	病叶叶缘先黄化,接着叶片呈轻微斑驳状,后为深浅红斑驳状,病叶逐渐变小、变白、枯萎、脱落	—

注:“—”表示未知
Note: “—” means unknown

2.4 生物防治

生物防治无污染且安全有效,对可持续绿色农业发展具有重大意义。目前,生物防治技术在果树^[33]、蔬菜^[34]、中药材^[35]等园艺植物上已有大量研究与应用。在生产上广泛应用的生防菌主要是真菌和细菌,生防真菌主要包括木霉菌(*Trichoderma*)、毛壳菌(*Chaetomium* spp.)、青霉菌(*Penicillium*)等,生防细菌包括芽胞杆菌属(*Bacillus*)、链霉菌属(*Streptomyces*)、假单胞菌属(*Pseudomonas*)等^[36]。芽胞杆菌是植物内生菌里研究最多且应用价值广泛的一类细菌^[37]。应用于生物防治研究中的芽胞杆菌种类主要有枯草芽胞杆菌(*Bacillus subtilis*)、苏云金芽胞杆菌(*B. thuringiensis*)等^[38]。21世纪是绿色经济时代,生物防治安全、友好等特性十分符合现阶段人们控制植物病害的要求。然而,我国目前在有关红花檵木生物防治这一研究领域仍近乎空白,今后应在红花檵木生产上大力发展推广生物防治技术。

2.5 化学防治

化学防治具有作用迅速、效果显著、操作简便等优点。在生产上,红花檵木真菌性病害防治方法主要依赖于化学防治,常用的化学药剂有甲基托布津、多菌灵、百菌清等^[8,9,12]。植物病毒病种类繁多,传播途径广泛,防治十分困难,除了筛选抗病品种外,抗病毒药剂仍是防治植物病毒病最直接有效的方法^[39]。但长期依赖于农药的使用,容易导致病害产生抗药性,增大农药的使用量,造成环境污染,破坏生态平衡^[40]。今后应系统、深入研究各类药剂对红花檵木不同病害的具体防治效果,因病制宜,大力发展高效低毒低残留的化学药剂,严格按照使用标准进行防治,尽可能减少化学防治对环境的污染。

3 问题与展望

作者在调查红花檵木时发现,植株发生叶色异常病害现象愈发普遍,该现象表现的症状与花叶病毒病十分相似,但具体病原种类、发病规律及防治方法尚有待明确。通过阅览整理已有的研究报道可知,我国在红花檵木病害方面已开展部分研究,这为红花檵木病害研究奠定了一定基础,但在生产实践中,红花檵木病害的研究领域依然存在以下许多亟待解决的问题:

- 1) 总体上研究较少。有关红花檵木病害的文献数量极少,且较为陈旧;
- 2) 未展开全国性的红花檵木病害种类调查,不能系统掌握红花檵木病害种类、具体分布区域及地

域生态影响等;

3) 缺乏系统的研究。大多数病害只是在文献中有记载,并未深入研究,多停留在红花檵木病害的表现症状及防治方法的初步调查鉴定阶段;

4) 研究对象不够全面。在病害类型中,真菌性病害研究报道相对较多,细菌性和病毒性病害研究较少;就发病部位而言,红花檵木叶部病害研究报道较多,根部病害研究报道较少;

5) 研究方法较为落后。目前,我国多采用调查观察、汇总分析等传统方法进行研究,部分研究者通过组织分离培养、回接菌种和保守序列测序鉴定等方法确定致病菌种类,对致病菌的定殖过程和致病机理未进行深入研究。

6) 防治方法较单一。生产上主要依赖于农业栽培措施和化学药剂防控,未开展有效的植物检疫防治措施,缺乏适合我国生态环境的红花檵木优质抗病品种,缺乏绿色高效、有针对性的生物防治技术;

7) 未对病原多样性进行系统研究。红花檵木病害之间可能存在复合侵染现象,不同病害之间的关联性还有待进一步研究。

红花檵木是我国湖南特产的珍贵彩叶观赏树种,在园林应用中占有重要地位,但病害的发生往往对其观赏价值带来严重影响,因此,对红花檵木的病害进行更深入的研究极为必要。未来,可对红花檵木主产区的病害进行普查,完善病害种类,明确各病害具体分布区域及地域生态影响;拓展研究对象范围,加强对根部病害的系统研究;红花檵木病害的研究内容还可关注病害致病分子机理、抗病品种筛选育种、病原多样性、生物防治等方面,利用先进的高通量测序技术、基因编辑技术、微生物拮抗实验技术等研究方法开展系统深入的研究工作。本文通过总结研究现状,可为快速确定红花檵木病害提供参考,及时采取有效的防治措施,防止病情扩散恶化;通过指出未来的研究发展趋势,为红花檵木病害的进一步研究提供参考,对红花檵木的资源保护和苗木产业发展均具有重要意义。

参考文献

- [1] 余明光. 红花檵木的栽培管理技术[J]. 中国园艺文摘, 2009, 25(9): 156-158.
Yu M G. Cultivation and management techniques of *Loropetalum chinense* var. *rubrum* [J]. China Horticultural Digest, 2009, 25(9): 156-158.
- [2] 梁双丽, 田宏. “植物中的熊猫”——红花檵木[J]. 中国花卉园艺, 2003(22): 40.

- Liang S L, Tian H. "Panda in plants"—*Loropetalum chinense* var. *rubrum* [J]. China Flower Horticulture, 2003(22): 40.
- [3] 侯伯鑫. 红花檵木特色花卉产业的发展与展望[J]. 技术与市场(园林工程), 2006(11): 40-43.
- Hou B X. The development and prospect of the characteristic flower industry of *Loropetalum chinense* var. *rubrum* [J]. Technology and Market (Landscape Engineering), 2006(11): 40-43.
- [4] 李宏伟, 段战歌, 冯继涛, 等. 红花檵木的特性及栽培管理技术[J]. 农业开发与装备, 2017(8): 185.
- Li H W, Duan Z G, Feng J T, *et al.* Characteristics and cultivation and management techniques of *Loropetalum chinense* var. *rubrum* [J]. Agricultural Development and Equipment, 2017(8): 185.
- [5] 王晓娟, 周兰英. 干旱胁迫对红花檵木生长及生理特性的影响[J]. 四川农业大学学报, 2015, 33(1): 22-27, 32.
- Wang X J, Zhou L Y. Effects of drought stress on growth and physiological characteristics of *Loropetalum chinense* var. *rubrum* [J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 2015, 33(1): 22-27, 32.
- [6] 唐华, 郑强峰, 葛刚, 等. 檵木与红花檵木叶中脂肪酸 GC-MS 分析[J]. 中药材, 2011, 34(10): 1549-1552.
- Tang H, Zheng Q F, Ge G, *et al.* Analysis of fatty acids in leaves of *Loropetalum chinense* and *L. chinense* var. *rubrum* by GC-MS [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2011, 34(10): 1549-1552.
- [7] 侯伯鑫, 余格非, 宋庆安, 等. 红花檵木病虫害防治[J]. 湖南林业科技, 2003, 30(1): 37.
- Hou B X, Yu G F, Song Q A, *et al.* Pest control of *Loropetalum chinense* var. *rubrum* [J]. Hunan Forestry Science and Technology, 2003, 30(1): 37.
- [8] 余国清, 许昌龙. 红花檵木主要病虫害的综合防治技术[J]. 安徽农学通报, 2011, 17(15): 142-143.
- Yu G Q, Xu C L. Integrated control techniques of main diseases and insect pests of *Loropetalum chinense* var. *rubrum* [J]. An Hui Agronomical Bulletin, 2011, 17(15): 142-143.
- [9] 王保全. 红花檵木的栽培与养护[J]. 乡村科技, 2015(11): 9.
- Wang B Q. Cultivation and maintenance of *Loropetalum chinense* var. *rubrum* [J]. Rural Science and Technology, 2015(11): 9.
- [10] 黄文韬. 红花檵木周年栽培养护初探[J]. 湖南林业科技, 2004, 31(5): 67-68, 82.
- Huang W T. Preliminary study on annual cultivation and maintenance of *Loropetalum chinense* var. *rubrum* [J]. Hunan Forestry Science and Technology, 2004, 31(5): 67-68, 82.
- [11] 张国辉, 顾焕先, 倡胜利. 国家林木种质资源平台凯里基地植物病虫害的种类调查和病原鉴定(二)[J]. 中国森林病虫, 2016, 35(6): 6-8.
- Zhang G H, Gu H X, Si S L. Species investigation and pathogen identification of plant diseases and insect pests in Kai Li Base, National Forest Germ Resources platform (II) [J]. China Forest Diseases and Pests, 2016, 35(6): 6-8.
- [12] 张勇, 付红涛, 李会霞, 等. 红花檵木生产技术与园林应用[J]. 农业科技与信息, 2012(6): 22-23.
- Zhang Y, Fu H T, Li H X, *et al.* Production technology and garden application of *Loropetalum chinense* var. *rubrum* [J]. Agricultural Science, Technology and Information, 2012(6): 22-23.
- [13] 卢东升, 黄新华, 谢正萍, 等. 信阳市园林植物真菌性病害调查与鉴定(I) [J]. 河南农业科学, 2009, 38(3): 66-69.
- Lu D S, Huang X H, Xie Z P, *et al.* Investigation and identification of fungal diseases of garden plants in Xin Yang City (I) [J]. Henan Agricultural Science, 2009, 38(3): 66-69.
- [14] Blomquist C L, Rooney-Latham S, Soriano M C, *et al.* First report of *Phytophthora ramorum* causing a leafspot on *Loropetalum chinense*, Chinese fringe flower in California [J]. Plant Disease, 2012, 96(12): 1829.
- [15] Kyeon M S, Son S H, Noh Y H, *et al.* *Xanthomonas euvesicatoria* causes bacterial spot disease on pepper plant in Korea [J]. Plant Pathol J, 2016, 32(5): 431-440.
- [16] 梅宏瑶, 李思楠, 李沫, 等. 大豆细菌性斑点病抗性评价及 QTL 定位[J]. 分子植物育种, 2020, 18(1): 176-186.
- Mei H Y, Li S N, Li M, *et al.* Evaluation of resistance to bacterial spot disease and QTL localization in soybean [J]. Molecular Plant Breeding, 2020, 18(1): 176-186.
- [17] 李晓颖, 余小漫, 何自福. 广东南瓜细菌性叶枯病及其病原鉴定[J]. 植物病理学报, 2018(2): 159-168.
- Li X Y, She X M, He Z F. Bacterial leaf blight and its pathogen identification of pumpkin in Guangdong [J]. Journal of Plant Pathology, 2018 (2): 159-168.
- [18] 钟彩虹, 李黎, 潘慧, 等. 猕猴桃细菌性溃疡病的发生规律及综合防治技术[J]. 中国果树, 2020(1): 9-13, 18.
- Zhong C H, Li L, Pan H, *et al.* Occurrence regularity and comprehensive control techniques of bacterial cancer of kiwifruit [J]. Fruit Trees in China, 2020(1): 9-13, 18.
- [19] Conner K N, Olive J, Zhang L, *et al.* First report of bacterial gall on *Loropetalum chinense* caused by *Pseudomonas savastanoi* in the United States [J]. Plant Disease,

- 2013, 97(6): 835.
- [20] Harmon C L, Timilsina S, Bonkowski J, *et al.* Bacterial gall of *Loropetalum chinense* caused by *Pseudomonas amygdali* pv. *loropetali* pv. nov [J]. Plant Disease, 2018, 102(4): 799-806.
- [21] 王端, 叶健. 植物病毒资源属性和应用基础研究进展[J]. 生物资源, 2020, 42(1): 1-8.
- Wang D, Ye J. Current status and future prospects of plant viruses in biotechnological applications [J]. Biotic Resources, 2020, 42(1): 1-8.
- [22] 湖北省林业科学研究院情报所. 红榿木蛀干害虫及花叶病的防治[J]. 湖北林业科技, 2004, 33(4): 21.
- Information Institute of Hu Bei Institute of Forestry Science. Control of stem borer pests and mosaic disease of *Loropetalum chinense* var. *rubrum* [J]. Hubei Forestry Science and Technology, 2004, 33(4): 21.
- [23] 李绪友, 祁大勇, 张孝林, 等. 随县苗圃主要林业有害生物[J]. 农业与技术, 2018(4): 193.
- Li X Y, Qi D Y, Zhang X L, *et al.* Main forestry pests in Sui Xian nursery [J]. Agriculture and Technology, 2018 (4): 193.
- [24] 王燕. 红榿木花叶病毒病危害现状及其表现症状[J]. 现代园艺, 2007(6): 20-21.
- Wang Y. The present situation and symptoms of *Loropetalum chinense* var. *rubrum* mosaic virus disease [J]. Modern Horticulture, 2007(6): 20-21.
- [25] 王燕, 朱发仁. 红榿木花叶病毒病——I 危害现状及其表现症状[J]. 中国森林病虫, 2007, 26(6): 19-20, 30.
- Wang Y, Zhu F R. *Loropetalum chinense* var. *rubrum* mosaic virus disease— I present situation and symptoms [J]. China Forest Diseases and Pests, 2007, 26(6): 19-20, 30.
- [26] 陶源, 吴兴泉. 植物病毒检测方法的研究进展[J]. 分子植物育种, 2017, 15(7): 2901-2906.
- Tao Y, Wu X Q. Research progress of plant virus detection methods [J]. Molecular Plant Breeding, 2017, 15(7): 2901-2906.
- [27] 齐杨菊, 陈振江, 李振霞, 等. 荞麦病害研究进展[J]. 草业科学, 2020, 37(1): 75-86.
- Qi Y J, Chen Z J, Li Z X, *et al.* Research progress of buckwheat disease [J]. Grass Science, 2020, 37(1): 75-86.
- [28] 段维军. 自意大利和波兰进境的多种种苗中检出栎树猝死病菌[C]//中国园艺学会2019年学术年会暨成立90周年纪念大会论文摘要集. 郑州:中国园艺学会, 2019: 233.
- Duan W J. *Phytophthora raramorum* isolated from various seedlings imported from Italy and Poland [C]// The 2019 Academic Annual Meeting of Chinese Horticultural Society and the 90th Anniversary of its Establishment. Zheng Zhou: Chinese Horticultural Society, 2019: 233.
- [29] 甘林, 杜宜新, 郑加协, 等. 抗病品种在香蕉枯萎病绿色防控上的应用[J]. 热带作物学报, 2016, 37(10): 1945-1948.
- Gan L, Du Y X, Zheng J X, *et al.* Application of resistant varieties in green control of banana fusarium wilt [J]. Journal of Tropical Crops, 2016, 37(10): 1945-1948.
- [30] 董林林, 陈中坚, 王勇, 等. 药用植物DNA标记辅助育种(一): 三七抗病品种选育研究[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(1): 56-62.
- Dong L L, Chen Z J, Wang Y, *et al.* DNA marker assisted breeding of medicinal plants(I): breeding of resistant varieties of *Panax notoginseng* [J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine, 2017, 42(1): 56-62.
- [31] 余蓬勃, 任妍, 侯玮秀, 等. 小麦苗期抗纹枯病鉴定方法的改良及抗病品种筛选[J]. 植物病理学报, 2019, 49(5): 715-720.
- Yu P B, Ren Y, Hou W X, *et al.* Improvement of identification method for resistance to sheath blight in wheat seedling stage and screening of resistant varieties [J]. Journal of Plant Pathology, 2019, 49(5): 715-720.
- [32] 李怀方, 刘凤权, 黄丽丽. 园艺植物病理学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2009: 98.
- Li H F, Liu F Q, Huang L L. Horticultural plant pathology [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2009: 98.
- [33] 张迪, 王晓东. 葡萄灰霉病生物防治研究进展[J]. 植物保护导刊, 2017, 37(7): 24-28.
- Zhang D, Wang X D. Advances in biological control of grapevine gray mold [J]. Journal of Plant Protection, 2017, 37(7): 24-28.
- [34] 雷仲仁, 吴圣勇, 王海鸥. 我国蔬菜害虫生物防治研究进展[J]. 植物保护, 2016, 42(1): 1-6, 25.
- Lei Z R, Wu S Y, Wang H O. Advances in biological control of vegetable pests in China [J]. Plant Protection, 2016, 42(1): 1-6, 25.
- [35] 王苗, 孙燕, 刘清梅, 等. 西洋参连作障碍产生原因及生物防治概述[J]. 中药材, 2016, 39(11): 2665-2667.
- Wang M, Sun Y, Liu Q M, *et al.* Causes and biological control of continuous cropping obstacles of *Panax quinquefolium* L. [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2016, 39(11): 2665-2667.
- [36] 韩长志. 植物病害生防菌的研究现状及发展趋势[J]. 中国森林害虫, 2015, 34(1): 33-37, 25.
- Han C Z. Research status and development trend of

- plant disease biocontrol bacteria [J]. Forest Pests in China, 2015, 34(1): 33-37, 25.
- [37] 龚国利, 王亮, 王旭阳, 等. 植物内生芽孢杆菌的研究进展[J]. 生物学杂志, 2020, 37(3): 91-95.
- Gong G L, Wang L, Wang X Y, *et al.* Research progress of endophytic *Bacillus* in plants [J]. Journal of Biology, 2020, 37(3): 91-95.
- [38] Sha F J, Tian H, Ji M. *Bacillus* species as versatile weapons for plant pathogens: a review [J]. Biotechnology and Biotechnological Equipment, 2017, 31(3): 446-459.
- [39] 刘翠君, 石丽桥, 王开梅. 微生物来源的抗植物病毒活性物质研究进展[J]. 生物资源, 2019, 41(5): 381-389.
- Liu C J, Shi L Q, Wang K M. Advances on the anti-phytoviral compounds from microorganisms [J]. Biotic Resources, 2019, 41(5): 381-389.
- [40] 高希武. 我国害虫化学防治现状与发展策略[J]. 植物保护, 2020, 36(4): 19-22.
- Gao X W. Present situation and development strategy of chemical control of pests in China [J]. Plant Protection, 2020, 36(4): 19-22.

□

(编辑: 杨晓翠)