

◆ 专论:大虫大病防治(特约稿) ◆

我国主要果树病害化学防治现状与建议

冯 浩,李富东,刘 笑,刘 巍,黄丽丽*

(西北农林科技大学植物保护学院,旱区作物逆境生物学国家重点实验室,陕西杨凌 712100)

摘要:介绍了我国主要果树及病害种类,概述了果树病害防治的药剂及应用情况。围绕目前果树病害高效化学防治存在的问题,提出应加强果树病害致灾规律的研究,以及新型药剂、果园高效施药器械的研发,以推进病害专业化防治等建议。

关键词:病害;农药登记;果树;化学防治

中图分类号:S 436 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1671-5284.2023.06.002

Present Situation and Suggestion of Chemical Control of Main Fruit Tree Diseases in China

FENG Hao, LI Fudong, LIU Xiao, LIU Wei, HUANG Lili*

(College of Plant Protection, Northwest A&F University, State Key Laboratory of Crop Stress Biology for Arid Areas, Yangling 712100, China)

Abstract: The main fruit trees and disease species in China were introduced, and the pesticides and application used for fruit disease control were summarized. Based on the existing problems in the high efficient chemical control of fruit tree diseases, suggestions were put forward to promote the professional control of fruit tree diseases by strengthening the research on the disease disaster regularity, the research and development of new pesticides and high-efficiency equipments in fruit orchards.

Key words: disease; pesticide registration; fruit trees; chemical control

随着我国经济社会的发展和物质生活水平的提高,城乡居民对果品的多元化、个性化需求显著增加,极大地推动了我国果树种植业的发展。目前,我国已成为水果生产和消费第一大国,果业的健康发展对促进果农增收致富和区域经济增长具有重要的意义。果树病害种类多、危害周期长、发生频率高,成为影响果品产量和品质的重要生物灾害,严重威胁了果业的健康持续发展。长期以来,化学防治始终占据着果树病害防控的主导地位,对保障果品生产发挥了重要的作用,但存在盲目、过量、单一使用化学药剂的现象,导致果品农药残留、果园生态环境污染以及病菌抗性风险等系列问题。随着消费者对果品和生态环境安全的要求不断增强,科学合理使用化学药剂,实现果树病害绿色安全高效防

控已成为提升果品产量和品质、助力果业健康持续发展的根本保障。

1 我国主要果树及病害种类

目前,果业已成为我国农业的重要组成部分。在种植业中,果树栽植面积、水果产量和产值仅次于粮食和蔬菜,排在第3位^[1-2]。据国家统计局2019年发布的数据,位居我国水果面积和产量前6位的树种分别是柑橘、苹果、梨、桃、葡萄和香蕉。在现代农业发展的时代背景下,大宗果树产业发展布局进一步得到优化,猕猴桃、樱桃等特色水果产业发展势头强劲。果业整体呈现产量增速平稳、提质增效明显、产值提升显著的特点,在促进农业可持续发展中的作用日益凸显,成为巩固脱贫攻坚成果和助力

收稿日期:2022-11-02

基金项目:陕西省科技重大专项(2020zdzx03-03-01);国家自然科学基金项目(U19032061007919)

作者简介:冯浩(1985—),男,河北秦皇岛人,博士,教授,主要从事苹果病害综合防控研究。E-mail: xiaosong04005@163.com

通信作者:黄丽丽(1961—),女,陕西周至人,硕士,教授,主要从事果树病害研究。E-mail: huanglili@nwsuaf.edu.cn

乡村振兴的支柱产业。

然而,由真菌、细菌、卵菌、病毒、线虫等病原微生物侵染引起的各类果树病害,导致果品产量和品质下降,甚至造成死树、毁园、绝收,经济损失巨大,严重影响了果业的健康持续发展。以柑橘和苹果为例,我国柑橘菌物病原菌物名录记载了由103种病原真菌和12种病原卵菌引发的51种菌物病害^[3]。同时,柑橘黄龙病、溃疡病等细菌性病害以及衰退病等病毒病在我国也普遍发生,特别是黄龙病已成为严重影响柑橘生产的毁灭性病害^[4-7]。我国苹果病原菌物名录记载了由149种病原真菌和6种病原卵菌侵染引起的49种菌物病害^[8],其中苹果树腐烂病、轮纹病和以褐斑病、斑点落叶病为主的早期落叶病为我国苹果三大病害,在我国苹果产区发生最普遍且危害严重^[9-10]。猕猴桃作为我国特色水果中的朝阳产

业,在我国商业化栽植仅40余年,但以溃疡病为代表的重大病害已经对产业发展造成了严重困扰^[11]。

随着时代的发展,果树品种更替、种植模式改变以及气候条件的变化等因素会导致病害发生演替规律的改变,表现为病害发生种类和危害频次、程度发生以及病害周年发生规律的变化。近年来,我国苹果炭疽叶枯病发生面积逐渐扩大,已成为金冠品系的重要叶片和果实病害^[12-15]。苹果套袋生产后,虽然果实轮纹病、炭疽病的危害明显降低,但诱发了由多种弱寄生真菌引起的黑点病等新问题^[16-17];同时,随着果树品种的换代和老果园的重建,再植障碍成为影响果业持续发展的重要因素^[18];此外,由于大量的果树进行设施栽培,导致在露地极少发生的灰霉病普遍严重发生^[19]。我国主要果树常见病害及病原种类见表1。

表 1 我国主要果树常见病害及病原种类

果树种类	重要病害及病原
柑橘	黄龙病 (<i>Candidatus Liberibacter</i> spp.) ; 沙皮病 (<i>Diaporthe citri</i>) ; 疮痂病 (<i>Elsinoe fawcettii</i>) ; 溃疡病 (<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>citri</i>) ; 炭疽病 (<i>Colletotrichum fructicola</i>)
苹果	苹果树腐烂病 (<i>Valsa mali</i>) ; 轮纹病 (<i>Botryosphaeria dothidea</i>) ; 褐斑病 (<i>Diplocarpon coronariae</i>) ; 炭疽叶枯/炭疽苦腐病 (<i>Glomerella cingulata</i>) ; 斑点落叶病 (<i>Alternaria alternata</i>)
梨	黑星病 (<i>Venturia nashicola</i>) ; 锈病 (<i>Gymnosporangium asiaticum</i>) ; 黑斑病 (<i>Aternaria kikuchiana</i>)
桃	穿孔病 (<i>Xanthomonas arboricola</i> pv. <i>pruni</i>) ; 缩叶病 (<i>Taphrina defprmans</i>) ; 疮痂病 (<i>Cladosporium carpophilum</i>) ; 褐腐病 (<i>Monilinia fructicola</i>)
葡萄	葡萄霜霉病 (<i>Plasmopara viticola</i>) ; 白粉病 (<i>Uncinula necator</i>) ; 灰霉病 (<i>Botrytis cinerea</i>) ; 炭疽病 (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>)
香蕉	枯萎病 (<i>Fusarium axysporum</i> f.sp. <i>cubense</i>) ; 黑星病 (<i>Guignardia musae</i>) ; 束顶病 (<i>Banana bunchy top virus</i>) ; 叶斑病 (<i>Pseudocercospora musae</i>)
猕猴桃	溃疡病 (<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>actinidiae</i>) ; 灰霉病 (<i>Botrytis cinerea</i>)
樱桃	穿孔病 (<i>Xanthomonas arboricola</i> pv. <i>pruni</i>) ; 根癌病 (<i>Agrobacterium tumefaciens</i>)

2 我国果树病害化学防治现状

2.1 果树病害防治药剂登记情况

化学防治是最常见、最高效的病害防控方法,对保障果品安全生产具有不可替代的作用。随着药剂研发技术的进步,我国果树病害防治登记药剂整体呈现种类由少到多、毒性由强到弱、效果由低到高的趋势。

我国早期登记的用于果树病害防治的药剂极少。最早是用于防治柑橘青霉病的咪鲜胺(Prochloraz)(有效期截至1956年12月);之后中生菌素(Zhongshengmycin)被登记用于防治苹果轮纹病(有效期截至1999年11月)。20世纪末至今,我国用于果树病害防治的药剂登记数量增长迅速。目前,我国登记的用于果树病害防治的药剂条目共有

3 791个(有效登记期截至2022年10月27日,中国农药信息登记网)。其中,苹果登记的药剂种类最多,柑橘、梨、葡萄和香蕉登记的药剂数量次之,桃虽然为我国第三大水果,但是登记的药剂种类相对较少(图1)。

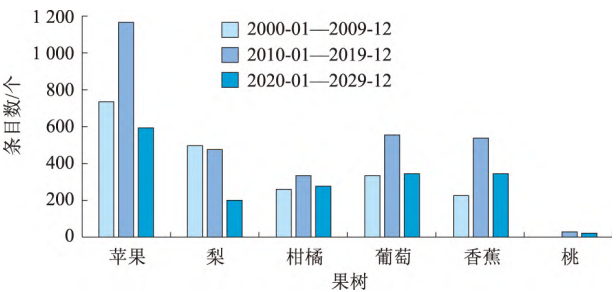


图 1 我国主要果树登记药剂数量

(1) 从药剂毒性来看,任何时期登记的药剂均

以低毒为主。近年来,高效、低毒、环境友好型药剂的数量表现出稳中有增的趋势,而中等毒和高毒药剂的登记数量呈显著下降的趋势(图2)。目前,我国登记的果树低毒杀菌剂条目为3 466个,占杀菌剂总条目的91.43%;微毒为215个,中等毒为110个,无高毒农药(图3(a))。

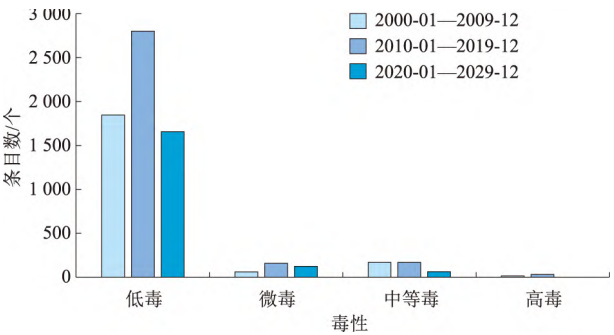


图2 不同时期我国登记的防治果树病害不同毒性药剂比例

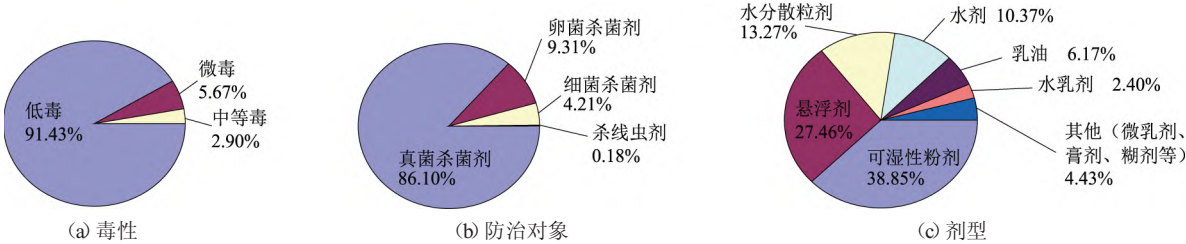


图3 我国主要果树登记药剂

2.2 用于果树病害防治的化学药剂及其应用技术

从药剂选择来看,由于可用药剂种类有限,生产上早期多选用福美肿(asomate)、萘乙酸(1-naphthaleneacetic acid)、退菌特(zinc dimethyldithiocarbamate)等广谱杀菌、毒性大、残效期长的药剂进行病害防控。20世纪80—90年代,甲基硫菌灵(thiophanate-methyl)、多菌灵(carbendazim)、波尔多液(bordeaux mixture)、石硫合剂(lime sulphur)等药剂被用于防治果树病害^[20-23]。20世纪末至21世纪初,福美肿

(2) 从登记的防治对象来看,主要包括植物的病原真菌、卵菌、细菌和线虫。其中真菌杀菌剂条目最多,共3 264个;卵菌次之,共353个;细菌杀菌剂和杀线虫剂分别为167和7个条目;不同防治对象药剂占总杀菌剂的比例分别为86.10%、9.31%、4.21%和0.18%(图3(b))。

(3) 剂型逐渐向水基化环保型发展优化。目前占比前3位的是可湿性粉剂、悬浮剂、水分散粒剂,占总杀菌剂的比例分别为34.85%、27.46%、13.27%,其余依次为水剂、乳油、水乳剂等(图3(c))。

由于药剂的科学复配具有明显的增效作用,我国农药登记也呈现由单剂向复配剂转向的趋势。目前我国登记的防治果树病害的药剂中,单剂登记条目2 436个,共涉及116个有效成分,混剂登记条目1 355个,分别占总条目数的64.23%和35.74%。

等高毒药剂被禁用^[24],而农用链霉素(streptomycin)、春雷霉素(kasugamycin)、乙蒜素(ethylicin)、多抗霉素(polyoxin)、井冈霉素(validamycin)等生物源杀菌剂开始被使用。2016年6月,随着最后一个登记证件到期,农用链霉素在生产上被禁用。目前,随着人们对果品绿色安全生产的要求越来越高,一批高效、低毒的麦角甾醇合成抑制剂类、甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂等单剂及多靶标增效混剂被广泛研发和应用。果树病害常用杀菌剂种类及代表性药剂见表2。

表2 果树病害常用杀菌剂种类及代表性药剂

杀菌剂种类	代表性药剂
麦角甾醇合成抑制剂类	戊唑醇、苯醚甲环唑、咪唑胺、丙环唑、烯唑醇、氟环唑、己唑醇、腈菌唑、三唑醇、三唑酮、抑霉唑、氯氟醚菌唑
苯并咪唑类杀菌剂	多菌灵、甲基硫菌灵、噻菌灵
苯基酰胺类	甲霜灵
内吸性杀菌剂	甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂 啞菌酯、吡唑醚菌酯、氟啞菌酯、醚菌酯、苯氧菌胺、肟醚菌胺、啞氧菌酯、肟菌酯、烯肟菌酯
琥珀酸脱氢酶抑制剂	啞酰菌胺、氟吡菌酰胺
抗生素类	井冈霉素、啞啞核苷类抗菌素(农抗120)、多抗霉素、春雷霉素、四霉素(梧宁霉素)、宁南霉素、申嗪霉素、中生菌素
保护性杀菌剂	波尔多液、代森锰锌、石硫合剂、氢氧化铜、百菌清、喹啉铜、碱式硫酸铜、松脂酸铜、丙森锌
生物源杀菌剂	多粘类芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌、乙蒜素、香芹酚、解淀粉芽孢杆菌、蛇床子素

从药剂使用技术来看,目前基本能够根据病害规律、药剂类型选择不同的施药方法和施药时间,果园盲目、多次喷药及打保险药的现象得到了有效控制。生产上能够针对果园重大病害种类科学选择高效药剂,用药种类和剂量更加精准;能够根据病害发生的规律,在病害防控的薄弱环节用药,施药时期更加精准,延长了用药的间隔期。同时,近年来加强了精准施药、循环喷雾、仿形喷雾、防飘喷雾等技术的研究力度,并研制了果园自动对靶喷雾机、循环喷雾机、高地隙喷雾机和植保无人机等先进植保器械,可实现节水省药,大幅度提高了化学药剂的使用效率。此外,更加注重化学防治与农业防治、生物防治、物理防治的协同增效。

2.3 防治技术案例

2.3.1 夏季淋干——苹果树腐烂病高效化学防治技术

针对苹果树腐烂病,传统的防控方法主要是冬春季果树发病后刮除病害组织并涂抹大量药剂的被动治疗措施,常用药剂包括甲基硫菌灵、多菌灵、腐殖酸盐(hydridopotassium)、石硫合剂、波尔多液,甚至曾一度推荐使用福美肿等剧毒药剂^[25-29]。然而该技术被动低效,造成树体大面积创伤,且复发率高,无法从根本上解决问题。通过对病害致灾规律的系统研究,发现我国腐烂病菌优势群体为苹果黑腐皮壳(*Valsa mali*)^[30];对果园内孢子传播周年动态监测发现,孢子可周年传播,花期至幼果期是孢子传播入侵高峰期,传播高度在1.5 m左右,主干大枝是重点部位^[31]。通过大量的显微观察,发现病菌通过树皮表面肉眼不可见的微伤口和自然孔口入侵的新证据^[32],田间统计结果显示该类病斑占总病斑的70%左右,是修剪伤口侵染的2倍,成为设计防治方案的关键时间点和部位。以优势病菌为靶标,筛选出了戊唑醇(tebuconazole)、苯醚甲环唑(difenoconazole)、吡唑醚菌酯(pyraclostrobin)等高效药剂^[33-36]。在此基础上,研发了夏季淋干苹果树腐烂病高效化学防治技术,即在果实膨大期(6—8月)用筛选的高效药剂喷淋果树主干和大枝,保证树体表面微伤口和自然孔口能够充分着药以预防病菌侵染,重病园喷2次,间隔10~15 d,可达到高效控制新病斑形成的目的^[37-38]。夏季淋干技术科学选药、适期用药、技法得当,防效可提高到85%以上,农药减施24%以上,还可兼治枝干轮纹病。以夏季淋干技术为核心,形成苹果树重大枝干病害综合防控技术体系^[39],连续应用2~3年基本控制病害,实现了病害

的高效防控和化学药剂的科学减施。

2.3.2 两前两后——猕猴桃溃疡病高效化学防治技术

针对猕猴桃溃疡病,传统的防治方法主要在春季枝干溃疡盛发期采用整树大量喷施铜制剂、已禁用的农用链霉素、极具腐蚀性的过氧化氢(hydrogen peroxide),或刮除烂皮后涂抹大量上述药剂治愈伤口等办法,投入大、防效差^[40-41]。近年来,通过系统解析病害致灾规律,明确了我国猕猴桃溃疡病菌的主要流行类群为Psa-3^[42];发现病菌从伤口和自然孔口入侵,在皮层、韧皮部和木质部扩展定殖,以及在树体内远距离上下扩展传导,从而导致猕猴桃枝干溃疡、叶斑和花腐一病多症的时空规律,找出了防控的关键部位^[43-44]。基于连续多年多点的田间系统监测,发现病枝干、病土是主要的初侵染源,病害在猕猴桃不同部位周年不断发生:萌芽前后(伤流期)枝干溃疡高发,花蕾初现至盛花期花腐病高发,幼果期和采收前后叶斑高发,不同部位发病高峰更迭交替^[45],找出了夏季发病和病菌扩展的薄弱环节,使其成为防病突破口,为提高防病靶向性、时效性提供了科学依据。进而通过实验室和田间试验,筛选出了中生菌素、春雷霉素和梧宁霉素等高效生物源药剂,研发了两前两后高效防治猕猴桃溃疡病技术,即开花前10~15 d和落花后(落花70%)全树喷雾防治花腐及叶斑,采果后至落叶前主干大枝分别喷淋药剂2次防治枝干溃疡^[46-47]。单年使用第2年枝干溃疡的防控效果可达75%以上,连续3年防效可超过90%,枝枯树死现象得到控制。据此创建的猕猴桃溃疡病“三位一体”精准防控技术体系已成为农业部颁发的农业主推技术在全国果区进行推广应用^[48-49]。

2.4 果树病害化学防治存在问题

虽然我国果树病害防治技术水平已经取得了很大的进步,但非科学用药现象仍然存在,用量、用法以及使用频率等依然存在较大的问题,病原菌抗药性、农药残留、环境污染等风险依旧很高。①果树病害种类多,不同果区、不同年份的病害危害程度差异较大,对靶精准施药难度较大。对于新病害和疑难病害发生流行规律缺乏充分的认识,果树病害监测预警及流行测报不足,导致高效化学防治技术缺乏,特别是“防未病”的理念和技术应用严重不足。②单病单治现象依旧普遍,缺乏高效精准的化学防治技术与其他果品绿色生产技术相结合病害全程综合防控技术体系的创新与应用。③针对果

树病害防控,树种、树龄、立地条件等不同也对施药器械提出了新的要求,特别是缺乏专门适用于枝干病害防控的高效施药器械。

3 对策和建议

“双减”行动实施以来,全国农药使用量连续6年呈下降趋势,有效解决了农药使用过量及不科学等问题。为持续推进农药减量增效,农业农村部于2022年11月提出了《到2025年化学农药减量化行动方案》,要求建立健全环境友好、生态包容的农作物病虫害综合防控技术体系,使得农药使用品种结构更加合理,科学安全用药技术水平全面提升。果树病害相比其他作物病害研究历史短、投入少,但病害种类多、危害重,农药不合理使用现象严重,需要从依律防病、新型药剂、高效器械研发等方面入手,加强果树病害高效化学防治技术的研发与推广,对重要病害实施统防统治,降低防治成本,提高防治效果,减少化学农药使用量,全面提高果业绿色发展能力和果品质量安全水平。

3.1 加强病害致灾规律研究,实现依律防病

对果树病害致灾规律认知不清,会导致病害防控处于盲目用药和被动治疗的状况,特别是随着国内外果树花粉、苗木、接穗等繁殖材料及果品贸易交流越来越频繁,栽培和经营模式的改变,造成了病害种类、流行规律都发生了很大变化。因此,我国果树病害防控的研究要持续、投入要加大、力量要加强,持续做好果树病害基本规律的调查、病菌检测和流行监测预警等工作,根据病害发生规律和特性进行精准预测预报、精准对靶施药,减少农药施用次数,以实现依律高效防病。

3.2 加强新型药剂研发

目前,我国自主创制的杀菌剂种类不多,一些病害仍面临无药或无特效药可用的现状。①利用病菌与寄主互作机制解析成果进行分子农药研发设计,基于合成生物学等关键技术,创制一批具有自主知识产权的农药新品种。②加强传统药剂新剂型、新配方的开发,拓宽高效、低毒和低残留杀菌剂在果园病害防控的适用范围,并加强对常用药剂抗性风险的监测与评估,以指导科学用药。③在充分使用现有生物农药的基础上努力挖掘其他生物防治资源,加大生物源药剂的开发和应用力度,进而减少化学农药的使用或逐步替代化学农药,以满足果业绿色发展的需要。

3.3 加强果园高效施药器械研发

我国喷药器械还不能满足不同立地条件、树龄、病害危害部位等高效、精准施药的需求。需要将遥感技术、大数据和信息技术、卫星定位技术等应用到新型果园施药器械上,提高施药器械的智能化水平,满足因地制宜、因树相宜、因病适宜的高效施药器械需求,解放劳动力。

3.4 推进病害专业化防治

创新服务方式,通过培育统防统治服务队伍或鼓励专业化统防统治组织,推广应用新型高效果树植保机械和果树精准施药技术,推进统防统治与果树病害绿色防控融合发展,提高防控组织化程度和科学化水平,促进农药减量增效。

4 结语

在未来果业发展进程中,为了保障果品安全生产和果品质量,病害防控要贯彻落实党的二十大政策方针和“预防为主、综合防治”的植保方针,切实做到瞄准对象、找准时期、用准药剂,减少用药次数和药剂用量,实现科学施药、精准防治。同时,果树在多年生长过程中已经和其他生物、非生物形成特定的系统,对果园病害防控还要充分利用果园系统的自我调节能力及生物间的相生相克原理。因此,应加强多种防控技术的相结合、相融合、相配合,以减少菌源积累为前提,以强树为基础,以生态调控为辅助,以科学施药为核心对果树病害进行综合防治,从而保障我国果业的健康发展和人类的健康。

参考文献

- [1] 刘凤之,王海波,胡成志.我国主要果树产业现状及“十四五”发展对策[J].中国果树,2021(1):1-5.
- [2] 邓秀新,束怀瑞,郝玉金,等.果树学科百年发展回顾[J].农学学报,2018,8(1):24-34.
- [3] 郑放,焦晨,谢艳,等.中国柑橘菌物病原名录[J].菌物学报,2022,41(3):387-411.
- [4] NAQVI S A H, WANG J, MALIK M T, et al. Citrus canker-distribution, taxonomy, epidemiology, disease cycle, pathogen biology, detection, and management: a critical review and future research agenda[J]. Agronomy Basel, 2022, 12(5): 1075-1075.
- [5] MARONGIU S, CESARO L, LUIS P M. Economic and social analysis of the proposed innovations against "huanglongbing" in citrus: case studies in TROPICSAFE participating countries [J]. Phytopathogenic Mollicutes, 2022, 12(1): 53-53.
- [6] ZHOU C Y. The status of citrus Huanglongbing in China [J]. Tropical Plant Pathology, 2020, 45(3): 279-284.

- [7] 张艳慧, 刘莹洁, 金鑫, 等. 我国柑橘近年新发生的病毒及类似病害研究进展[J]. 果树学报, 2017, 34(9): 1213-1221.
- [8] 戴蓬博, 张荣, 孙广宇. 中国苹果病害病原菌名录[J]. 菌物学报, 2021, 40(4): 936-964.
- [9] 李保华, 王彩霞, 董向丽. 我国苹果主要病害研究进展与病害防治中的问题[J]. 植物保护, 2013, 39(5): 46-54.
- [10] 胡清玉, 胡同乐, 王亚南, 等. 中国苹果病害发生与分布现状调查[J]. 植物保护, 2016, 42(1): 175-179.
- [11] TU X, SHEN Z, GAO Z P, et al. Investigation of kiwifruit bacterial canker disease (*Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* Takikawa) in Guanzhong area of Shanxi Province and its biological control[J]. Plant Diseases and Pests, 2011, 2(1): 17-20.
- [12] 王薇, 符丹丹, 张荣, 等. 苹果炭疽叶枯病病原学研究[J]. 菌物学报, 2015, 34(1): 13-25.
- [13] WANG N, XU J, ZHAO X Z, et al. First report of *Glomerella* leaf spot of apple caused by *Colletotrichum asianum*[J]. Plant Disease, 2020, 104(10): 2734-2734.
- [14] WANG C X, ZHANG Z F, LI B H, et al. First report of *Glomerella* leaf spot of apple caused by *Glomerella cingulata* in China[J]. Plant Disease, 2012, 96(6): 912-913.
- [15] 任斌, 高小宁, 韩青梅, 等. 苹果炭疽叶枯病病原 *Glomerella cingulata* 及其侵染过程[J]. 植物保护学报, 2014, 41(5): 608-614.
- [16] 王江勇, 王少敏, 高华君. 套袋苹果果实病虫害研究进展[J]. 中国农学通报, 2006, 22(8): 423-426.
- [17] DAI P B, LIAN X F, WANG Y J, et al. High humidity and age-dependent fruit susceptibility promote development of *Trichothecium* black spot on apple[J]. Plant Disease, 2019, 103(2): 259-267.
- [18] SHARMA N C, PRAMOD V, NIRANJAN S, et al. Causes and control measures of apple replant problem[J]. International Journal of Bio-resource and Stress Management, 2020, 11(3): 246-257.
- [19] 冯孝严. 设施果树病害发生的影响因素及防治对策[J]. 现代农业科技, 2008(15): 175-176.
- [20] 陈修会, 田冠渠, 郭学广. 福美肿加羧乙酸防治苹果树腐烂病试验[J]. 中国果树, 1990(3): 50-51.
- [21] 李学章, 金成国, 景学富, 等. 苹果树腐烂病药剂防治研究初报[J]. 辽宁农业科学, 1978(5): 23-26.
- [22] 杨海春, 徐功超. 药剂治愈苹果树腐烂病简报[J]. 辽宁农业科学, 1966(2): 41-42.
- [23] 邵嘉鸣, 张述义. 核桃枝枯病菌生物学特性研究及药剂毒力测定[J]. 山西农业科学, 1994(1): 49-51.
- [24] 聂继云. 我国果树上禁用、撤销或停止受理登记的农药及其原因分析[J]. 中国果树, 2018(3): 105-108.
- [25] 陈策, 王金有, 史秀琴, 等. 苹果树腐烂病的发病过程和药剂防治研究[J]. 植物保护学报, 1981(1): 35-40.
- [26] 李庚飞, 赵金龙. 苹果树腐烂病的药剂防治研究[J]. 渭南师范学院学报, 2012, 27(2): 67-70.
- [27] 刘志坚, 张钦书. 安索菌毒清防治苹果腐烂病试验研究[J]. 莱阳农学院学报, 1992(2): 155-158.
- [28] 王磊, 郜佐鹏, 黄丽丽, 等. 防治苹果树腐烂病杀菌剂的室内筛选[J]. 植物病理学报, 2009, 39(5): 101-106.
- [29] 袁军海, 李田, 陈利达, 等. 8种杀菌剂对苹果树腐烂病田间防效评价[J]. 河北北方学院学报(自然科学版), 2017, 33(11): 60-63.
- [30] WANG X L, ZANG R, YIN Z Y, et al. Delimiting cryptic pathogen species causing apple Valsa canker with multilocus data [J]. Ecology and Evolution, 2014, 4(8): 1369-1380.
- [31] 杜战涛, 李正鹏, 高小宁. 陕西省苹果树腐烂病周年消长及分生孢子传播规律研究[J]. 果树学报, 2013, 30(5): 819-822.
- [32] 柯希望. 黑腐皮壳侵染苹果的组织细胞学及转录组学研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2013.
- [33] FENG H, WANG S, LIU Z, et al. Baseline sensitivity and resistance risk assessment of *Valsa mali* to pyraclostrobin[J]. Phytopathology Research, 2020, 2(1): 449-453.
- [34] 刘娟, 冯浩, 王帅, 等. 苹果树腐烂病菌对苯醚甲环唑的敏感性[J]. 植物保护, 2019, 45(1): 170-173.
- [35] 高双, 高小宁, 冯浩, 等. 苯醚甲环唑对苹果树腐烂病菌菌丝形态和超微结构的影响[J]. 果树学报, 2017, 34(10): 1323-1329.
- [36] 高双, 田润泽, 刘召阳, 等. 戊唑醇抑制苹果树腐烂病菌的形态毒理学研究[J]. 农药学报, 2020, 22(5): 769-774.
- [37] 王帅, 刘召阳, 高小宁, 等. 10种生物源杀菌剂对苹果树腐烂病菌的室内活性评价[J]. 西北林学院学报, 2019, 34(1): 150-156.
- [38] 王凯, 郭成, 郭斐然, 等. 夏季药液刷干技术防控苹果树腐烂病的应用及效果调查[J]. 中国果树, 2019(1): 89-91.
- [39] 渠非, 吴晓政, 黄丽丽, 等. 苹果重大枝干病害综合防控技术[J]. 现代园艺, 2020, 43(22): 23-25.
- [40] 李泉厂, 陈金焕, 王西红. 不同药剂防治猕猴桃溃疡病效果研究[J]. 现代农业科技, 2013(11): 130-131.
- [41] 高蓬明, 王瑞, 马立志. 猕猴桃溃疡病防治药剂的室内毒力及田间防治效果[J]. 贵州农业科学, 2013, 41(4): 85-88.
- [42] ZHAO Z B, CHEN J L, GAO X N, et al. Comparative genomics reveal pathogenicity-related loci in *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* biovar 3[J]. Molecular Plant Pathology, 2019, 20(7): 923-942.
- [43] 黄其玲, 高小宁, 赵志博, 等. GFPuv标记猕猴桃溃疡病菌的生物学特性及其在土壤、根系中的定殖[J]. 中国农业科学, 2013, 46(2): 282-291.
- [44] GAO X, HUANG Q, ZHAO Z B, et al. Studies on the infection, colonization, and movement of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* in kiwifruit tissues using a GFPuv-labeled strain [J]. PLoS One, 2016, 11(3): 151-169.
- [45] 秦虎强, 高小宁, 赵志博, 等. 陕西猕猴桃细菌性溃疡病田间发生动态和规律[J]. 植物保护学报, 2013, 40(3): 225-230.
- [46] 秦虎强, 赵志博, 高小宁, 等. 四种杀菌剂防治猕猴桃溃疡病的效果及田间应用技术[J]. 植物保护学报, 2016, 43(2): 321-328.
- [47] 秦虎强, 赵志博, 高小宁, 等. 猕猴桃细菌性溃疡病菌对17种杀菌剂的敏感性及其不同药剂田间防效[J]. 西北农业学报, 2015, 24(9): 145-151.
- [48] 秦虎强, 刘巍, 赵英杰, 等. 猕猴桃细菌性溃疡病防控关键技术示范及效果评价[J]. 陕西农业科学, 2020, 66(5): 20-25.
- [49] 秦虎强, 刘巍, 刘宁娟, 等. 陕西猕猴桃溃疡病绿色综合防控技术[J]. 陕西林业科技, 2021, 49(2): 72-75.

(责任编辑: 胡新宇)