

中国学术期刊全文数据库 (CNKI)

维普中文科技期刊数据库 (VIP)

中国科技论文在线

万方数据库 收录

ISSN 1007-1067

CN 50-1086/S

植物医生

PLANT DOCTOR

● 江其朋 丁伟

植物医学的新概念
——植物预防医学

● 张淑婷 周利华 赵文卓

植物内生细菌对植物健康的作用

● 黄阔 张永强

有益金属元素对作物生长的影响

ISSN 1007-1067



9 771007 106200



1

2020

总第195期

巴斯夫® 多元微肥

望秋®

登记证号

农肥(2018)准字13082号

有机螯合多元微肥

产品通用名

微量元素水溶肥

主要技术指标

$Cu+Fe+Mn+Zn+B+Mo \geq 11.0\%$

净含量：**100克**



BASF

We create chemistry

植物医生

Plant Doctor

第 33 卷 第 1 期

总第 195 期

2020 年 2 月 25 日出版

目 次

· 专题综述 ·

- 植物医学的新概念——植物预防医学 江其朋, 丁 伟 (001)
- 植物内生细菌对植物健康的作用 张淑婷, 周利华, 赵文卓 (006)
- 有益金属元素对作物生长的影响 黄 阔, 张永强 (012)
- 植物棒孢霉叶斑病的发生及防治研究进展
..... 李 晗, 冉 茂, 陈海涛, 吴 杰, 张 帅, 徐 宸, 杨 超, 汪代斌, 孙现超 (015)
- 烟草青枯病与黑胫病绿色防控关键技术 丁 伟 (021)
- 螨类化学控制存在的问题及其对策 周 红, 丁 伟 (027)

· 植物病害与病理 ·

- 榨菜根肿病发病与健康植株根际微生物群落功能多样性的初步分析
..... 刘烈花, 董 鹏, 况 觅, 李珊蓉, 袁国明, 丁 伟 (033)
- 影响烟草青枯病发生的关键气象因子分析
..... 陈代明, 江其朋, 张世渠, 廖帮红, 龚 杰, 谭 茜, 秦平伟 (039)

· 植物虫害与生态 ·

- 苹果园的昆虫群落及害虫生态防控技术探讨 姜 伟 (045)

· 植物药剂与药理 ·

- 7 种杀虫剂对苹果黄蚜和异色瓢虫的毒力及选择毒性研究
..... 寇弘儒, 李春娜, 董兆克, 张志勇 (049)

· 植物草害与防除 ·

烟田杂草的防除策略及建议 廖帮红, 陈代明, 江其朋, 张世渠, 秦平伟 (055)

· 植物健康综合管理 ·

基于植保大数据的病虫草害移动智能采集新设备

..... 刘万才, 陆明红, 黄冲, 张炜, 陈天娇, 谢成军 (059)

农药减量使用技术模式及应用效果 肖晓华, 杨昌洪, 牛小慧, 王涛 (065)

辣椒主要病害田间诊断及发生规律 黄阔, 张永强, 刘烈花, 李国慧, 况觅 (069)

40%苯甲·啞菌酯悬浮剂防治水稻稻瘟病的田间药效 范家平, 汪惠群, 陈磊 (072)

水稻早衰的原因及防控技术 周世明, 杜泽坚 (075)

植物医生

双月刊

1985年创刊

第33卷第1期 (总第195期)

2020年2月

主管单位: 中华人民共和国教育部

编委会主任: 王进军

主办单位: 西南大学

主 编: 丁伟

发行范围: 公开发行

编辑部主任: 王胜

编辑出版: 西南大学期刊社

责任编辑: 王新娟

地 址: 重庆市北碚区天生路2号

编 辑: 王丹 李石力 刘晓姣 杨亮

邮 编: 400715

刘颖 张淑婷 周红 江其朋

电 话: (023) 68250657

刘烈花 王鑫

传 真: (023) 68252538

英文审校: 王一民

投稿网址 <http://xbgjxt.swu.edu.cn>

封面设计: 王玉菊

国际标准连续出版物号: ISSN 1007-1067

印刷单位: 重庆邮政印务有限公司

国内统一连续出版物号: CN 50-1086/S

广告发布登记证: 碚工商广登(19)002号

发行单位: 重庆市邮政局

出刊日期: 双月25日

邮发代号: 78-69

每期定价: 10元

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2020.01.001

植物医学的新概念——植物预防医学^①

江其朋, 丁伟

西南大学 植物保护学院, 重庆 400715

摘要: 植物预防医学是以增进植物健康、预防病虫害、提高作物产质量为目标的一门综合性科学。本文系统介绍了植物预防医学的概念, 从健康栽培、生态控制、免疫诱导和精准用药等方面阐述了植物预防医学在病虫害防控上的应用, 展望了植物预防医学未来需要解决的 3 个方面的问题, 对丰富植物医学理论和实践具有重要的意义和价值。

关键词: 植物健康; 预防医学; 健康栽培; 免疫诱抗; 精准用药

中图分类号: S4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-1067(2020)01-0001-05

1 植物预防医学新概念

预防医学创立于 19 世纪的欧洲, 是一门以人群为研究对象, 以“环境-人群-健康”为研究模式, 以预防为主要指导思想, 应用宏观与微观的技术手段, 研究健康影响因素及其发生作用的规律, 阐明外界环境因素与人群健康的相互关系, 制定公共卫生策略与措施, 以达到预防疾病、增进健康、延长寿命、提高生命质量为目的的医学科学^[1]。经过一个多世纪的发展, 预防医学已成为现代医学科学体系的一个重要分支, 在保障人类健康领域发挥着重要作用。植物作为生态系统的初级生产者, 对人类的生存和社会的发展具有重要的价值。植物同人类一样, 在其生命活动过程中面临各种生物的和非生物的胁迫, 如病虫害、空气污染、土壤酸化、营养失衡、干旱、洪涝、机械损伤等, 尤其是有害生物对植物的侵害, 更时刻威胁着植物的健康^[2]。保障植物的健康, 有利于保障农业经济持续稳定的发展以及人类粮食供应和安全, 能更好地维护人类的社会稳定。因此, 基于对多年病虫害防控的理论研究和实际应用经验, 笔者提出植物预防医学的概念, 旨在帮助人们走出对“植物保护”的认知误区——“以病虫害为中心”“病来治病”“脚痛医脚”等观念, 呼吁大众回归植物保护的初衷, 以植物健康为核心, 从预防的角度出发, 综合运用各种手段, 保障植物的健康生长。

植物预防医学是以植物健康作为关注点, 以植物群体为研究对象, 同时将土壤健康作为研究主要切入点, 以“环境-植物-健康”为研究模式, 以预防为主的思想作为指导, 应用宏观与微观的调控技术手段, 研究植物健康影响因子及其作用规律, 阐明外界环境因素与植物健康的相互关系, 制定健康栽培、微生态调控和病虫害防控措施, 以达到增进植物健康、预防病虫害、提高作物产质量为目标的一门综合性科学。植物健康的影响因子众多, 相互作用关系复杂, 这决定了植物预防医学是多学科、多领域的交叉和综合应用。首先, 植物预防医学的基础是对植物健康影响因子及其作用规律的清晰认知, 要综合运用分子生物学、微生

① 收稿日期: 2020-01-06

基金项目: 重庆市科委重点项目(CSTC2018JCSX-MSZDX0047); 国家烟草专卖局重大专项(110201901042LS-05)。

作者简介: 江其朋(1993-), 男, 硕士研究生, 主要从事植物微生态过程与调控研究。E-mail: 577008194@qq.com

物学和生物信息学的分析方法,对植物与病原、害虫的互作关系和机理进行深入研究,明确植物病虫害的成灾机制。其次,植物预防医学的关键职能是针对植物病虫害成灾机制,合理运用植物保护学、育种、栽培和农药学的手段,消除成灾因子,减轻病虫害对植物的为害,降低经济损失。最后,植物预防医学的最终目的是运用病害流行病学和计算机学的方法实现对病虫害的预测预报,并且运用植物保护学、土壤学、育种、栽培和农药学的方法,提升植物健康状态,提升抗病抗逆能力;同时,创造适宜植物健康生长而不利于病虫害发生的环境条件,有效防控病虫害的发生。

2 植物预防医学的范畴

2.1 健康栽培是植物预防医学的理论基础

健康栽培是从良种(苗)选育到作物收获全程的品质管护,强调对植株健康的提升,尽可能减少农药、化肥等对植物生长过程的刺激^[3],以及减少对环境和土壤不友好的产品的投入,依据不同作物和栽培方式制定全程生长管理措施,具有质量与产量并举,经济效益、社会效益与生态效益相得益彰的优势^[4],是贯彻绿色发展理念的重要组成部分,也是贯穿整体植物预防医学体系的最重要的理论基础。健康的环境、健康的土壤及健康的植株是构成作物健康栽培技术体系的 3 块基石,也是预防医学解决植物健康问题的重要着力点。只有栽种在健康的环境和土壤中的健康植物才能得到理想的作物产量和品质,三者缺一不可。

健康的土壤,更确切地说是健康的根际微生态系统是植物健康生长的首要条件。根际微生态系统是一个以植物为核心,以植物、土壤、微生物及其环境条件为主要内容的生态系统,耕作方式、土壤结构直接影响根际和根区(层)物理、化学和生物化学性状,从而进一步影响到植物的生长^[5]。因此,研究“土壤-植物-微生物”三者根际生态环境中的相互作用,并且以此为基础的有益微生物的研究、产业化开发和利用对于栽培地可持续利用具有重要意义^[6]。而在维护栽培地可持续利用,保证根际微生态系统健康的过程中首先要保证 4 个基本的平衡指标,即土壤酸碱度平衡、营养平衡、微生态平衡以及植物抗病性和病原致病力的平衡^[7],通过适当的调控措施维护根际微生态系统的平衡,以实现土地生产力的持续增长和稳定性,保护土地资源的生产潜力和防止土地退化,达到生态合理性、经济有效性和社会可接受性^[8]。

健康的环境,主要指包围植物地上部分的大气环境和水分、优良的空气和水质、适宜的温度和湿度、适度的光照以及健康的叶际微生态环境,为植物健康生长提供充分和必要条件。因此,健康栽培体系应尽可能地为作物创造适宜的生长环境,当作物遭遇不良环境时,应通过及时、适当的田间管理和调控措施对作物生长环境进行改善,以减轻不良环境胁迫对作物造成的伤害,以保证植物的健康生长。

健康的植物,主要取决于植物抵抗病原菌和外界不良胁迫的物理屏障^[9]、化学屏障^[10]和生物屏障^[7]的强度,而环境条件、土壤以及人为干扰都会影响植物三大屏障的结构和功能,相应地,农田生态系统中可以人为对环境条件、土壤和作物进行调控,以维护和加强植物三大屏障的结构和功能,保证植物健康。植物物理屏障主要取决于植物基因的表达,受外界因子调控较小,因此,生产过程中应尽量避免农事操作对植物叶部和根系的机械损伤,降低病原菌的侵染风险。植物化学屏障受植物基因和外界刺激的双重调控,可通过外源诱抗物质处理进行诱导,帮助植物在病虫害发生的关键时期建立更加强大的化学屏障,保障植物健康。相对于物理屏障和化学屏障,植物生物屏障的可塑性和功能更强,在维护植物健康的过程中具有更加重要的作用,因此,通过对环境及土壤的优化和改良、有益菌添加以及有机物质的增施就能够帮助植物构筑起强大的生物屏障^[7]。

2.2 生态控制是植物预防医学的核心思想

生态控制是指从生态学的角度出发,全面考虑生态平衡、经济利益以及防治效果,综合利用和协调农业防治、生物防治、物理防治和化学防治等有效的防治措施来保证植物健康的策略。生态控制强调以作物健康维护为核心,将有害生物控制在经济阈值之下的同时,也要将对植物和环境的不利影响降低到最低水

平.生态控制以“预防为主,综合防治”为指导思想,采用合理的耕作制度,合理轮作、间套作,翻耕和土壤改良.为降低田间病虫害大面积暴发流行的风险,采用物理和生物防治的方法,充分发挥自然调控的作用,利用天敌进行田间病虫害的防控.

2.3 免疫诱导是植物预防医学的重要手段

免疫诱导包括土壤免疫诱导和植物抗性诱导.土壤免疫是指在长期感染土传病害过程中,土壤对病原菌产生了识别和记忆,特异性地招募了一系列具有抑病特征的土壤微生物组构成生物屏障,在病原菌再次侵染植物时,土壤表现出的对病原菌的抑制作用,从而阻碍植物病害大暴发的能力^[11].因此,可以通过以下几种方式诱导土壤免疫力实现对植物病害的防控:①强调土壤微生态调控.适当增施有益微生物,强化土壤免疫力.②重视土壤酸化治理和土壤修复.根据土壤酸碱度情况采用牡蛎粉或草木灰等对土壤 pH 值进行提升,同时,减少化肥的施用,多施农家肥,尽量减少土壤自毒物质和连作障碍因子的积累,为微生物和植物生长提供适宜环境.③坚持植物材料还田、增施有机肥,保障土壤有益微生物的活力,巩固土壤免疫力.

植物抗性是指植物在长期的进化过程中获得的适应逆境或抵抗病原侵染的能力.植物抗性普遍存在,受植物自身和环境因子的双重调控.因此,结合病虫害预测预报,在病害易发区和高发区的病害发生前或发生初期,通过植物免疫诱抗剂处理刺激植物启动或增强系统抗性,以抵御和减轻病虫害的为害程度.植物免疫诱抗剂可大致分为 2 类,第一类是植物免疫诱抗因子^[12],包括蛋白类和寡糖类,如寡链蛋白和氨基寡糖素,生物代谢物或有机活性小分子,如水杨酸(SA)^[13-15]、2,6-二氯异烟酸(INA)^[16]、苯并噻二唑(BTH)^[17]、茉莉酸(JA)及其甲酯(MeJA)等^[18].另一类是植物免疫诱抗菌,目前,木霉菌是已报道的较多的免疫诱导菌^[19-20],其免疫诱导机理和田间病害防控效果也被广泛研究和报道.同时,通过对植物内生菌(endophyte)的研究,很多学者也分离了许多具有良好生防潜力的生防菌,对其在植物免疫诱导方面也开展了深入的研究,取得了诸多成果^[21-24].

2.4 精准用药是植物预防医学不可或缺的内容

药剂处理一方面可以在病虫害发生前起到预防效果,降低植物病虫害的发生风险;另一方面,在病虫害出现后,药剂处理可以延缓病虫害的加重和蔓延,降低病虫害对作物的为害水平.因此,适时合理地施用农药是保障农田生态系统可持续性的重要手段,而农药的精准施用是保障植物健康的重要手段,也是植物预防医学不可或缺的重要内容.农药精准施用(precision pesticide application, PPA)是指在农药施用过程中,根据作物生长和病虫害发生情况,组配出恰当的用药配方,应用先进的施药器械,采用定时、定量和定点施药方法,最大限度地发挥药剂的作用,实现节约农药、提升防效、减轻污染和残留的农药使用技术^[25].精准用药关键点可以概括为“三标六定”.“三标”指的是:考虑大靶标,对准小靶标,作用于分子靶标;大靶标即保护对象(植物),小靶标是防治对象(病虫草),分子靶标是作用位点.“六定”指的是:定器械、定对象、定药、定时、定量和定点.只有实现了药剂精准施用,对准 3 个靶标,确定 6 项参数,才能实现病虫草害的有效防控,同时,减少药剂使用量,降低药剂残留风险.

3 植物预防医学的展望

植物预防医学是一门多领域和多学科交叉的综合性科学,在增进植物健康、预防病虫害、提高作物产质量方面具有重要价值和意义.但目前,植物预防医学的核心理念或手段,如健康栽培、生态防治、免疫调控和精准用药等,在病虫害防控中仍然没有得到广泛推广和应用,也没有形成科学系统的理论和技术体系,在宏观把控和微观调控方面缺少系统的理论和数据支撑.因此,植物预防医学需要进一步开展以植物健康和土壤健康为主的相关理论基础研究和调控应用研究,明确影响植物健康的因子及其作用规律,以构建病虫害预测预报体系,制定健康栽培、微生态调控和病虫害防控措施.

为进一步完善植物预防医学体系,未来需要集中解决 3 方面的问题.第一,完善病虫害预测预报体

系,持续开展过程和机理研究,明确植物病虫害的成灾机理以及影响病虫害发生的关键环境因子(时间动态、气象因子等),作为病害防控的理论指导.同时,借助计算机技术和网络云平台的大数据分析方法,对一定时间内的病虫害发生可能性、发生时间以及严重程度进行预测和预报,通过田间病虫害和环境因子实时数据的不断更新,逐渐形成病虫害预测预报体系.通过预测预报体系及时发布病虫害发生情况,以指导田间病虫害防控把握关键时间点.第二,研发对生态友好的病虫害有效防控措施.基于预防为主、生态防治的理念,运用免疫调控和精准用药的方法制定针对性的病虫害防控方案,指导田间病虫害的精准、高效防控,将病虫害的发生和成灾风险控制最低水平,以减少经济损失.同时,始终将生态友好作为病虫害防控的必要条件,保证农产品和环境的安全.第三,设计个性化健康栽培和病虫害防控方案.针对不同生态区气候特征以及农事操作特点,将健康栽培和病虫害防控措施与当地农事操作习惯相结合,减少用工和防控费用,提高防控效果,实现防治效率最大化.

参考文献:

- [1] 杨克敌,杨世秀,欧阳宁慧.公共卫生与预防医学人才培养模式研究[J].中国高等医学教育,2003(3):24-25.
- [2] 周小燕,王德凤,姜于兰.不同杀菌剂对柑橘煤烟病菌的室内毒力测定[J].南方农业学报,2011,42(9):1062-1065.
- [3] BERENDSEN R L, VISMANS G, YU K, et al. Disease-induced Assemblage of a Plant-Beneficial Bacterial Consortium [J]. The ISME Journal, 2018, 12(6): 1496-1507.
- [4] 陈士林,董林林,郭巧生,等.中药材无公害精细栽培体系研究[J].中国中药杂志,2018,43(8):1517-1528.
- [5] 郑毅,张福锁.土壤结构和耕作对根际微生态系统的影响[J].云南农业大学学报,2003,18(2):193-197.
- [6] 高微微,赵杨景,王玉萍,等.我国药用植物栽培地的可持续利用研究[J].中国中药杂志,2006,31(20):1665-1669.
- [7] 丁伟,刘晓姣.植物医学的新概念——生物屏障[J].植物医生,2019,32(1):1-6.
- [8] 周宝同.土地资源可持续利用基本理论探讨[J].西南师范大学学报(自然科学版),2004,29(2):310-314.
- [9] 夏启中,张明菊.植物抗病的物质代谢基础[J].黄冈职业技术学院学报,2004,6(3):38-41.
- [10] HARBORNE J B. Role of Secondary Metabolites in Chemical Defence Mechanisms in Plants[M]//Ciba Foundation Symposium 154-Bioactive Compounds from Plants. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd., 2007: 126-139.
- [11] 丁伟,李石力.植物医学的新概念——土壤免疫[J].植物医生,2019,32(2):1-7.
- [12] 邱德文.我国植物免疫诱导技术的研究现状与趋势分析[J].植物保护,2016,42(5):10-14.
- [13] 杨军,蔡哲,刘丹,等.高温下喷施水杨酸和磷酸二氢钾对中稻生理特征和产量的影响[J].应用生态学报,2019,30(12):4202-4210.
- [14] JAYAKANNAN M, BOSE J, BABOURINA O, et al. The NPR1-dependent Salicylic Acid Signalling Pathway is Pivotal for Enhanced Salt and Oxidative Stress Tolerance in *Arabidopsis* [J]. Journal of Experimental Botany, 2015, 66(7): 1865-1875.
- [15] MA J, CHEN J, WANG M, et al. Corrigendum: Disruption of OsSEC3A Increases the Content of Salicylic Acid and Induces Plant Defense Responses in Rice [J]. Journal of Experimental Botany, 2018, 69(7): 1817.
- [16] 曹建康. SA、ASM、INA 和柠檬酸对鸭梨果实采后抗病性和品质的影响 [D]. 北京: 中国农业大学, 2005.
- [17] 任亚琳,毕阳,葛永红,等. BTH 浸泡处理对厚皮甜瓜采后病害的控制及贮藏品质的影响 [J]. 食品科学, 2013, 34(2): 267-272.
- [18] 丁伟,刘颖.植物医学的新概念——免疫调控[J].植物医生,2019,32(5):1-8.
- [19] 陈捷.木霉菌诱导植物抗病性研究新进展[J].中国生物防治学报,2015,31(5):733-741.
- [20] 陈捷,窦恺,高永东,等.木霉菌在玉米病害生物防治中的作用机制及应用[J].菌物学报,2014,33(6):1154-1167.
- [21] RAMAMOORTHY V, VISWANATHAN R, RAGUCHANDER T, et al. Induction of Systemic Resistance by Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Crop Plants Against Pests and Diseases [J]. Crop Protection, 2001, 20(1): 1-11.
- [22] RANGESHWARAN R, WASNIKAR A R, PRASAD R D, et al. Isolation of Endophytic Bacteria for Biological Control of Wilt Pathogens[J].Journal of Biological Control,2002,16(2):125-134.
- [23] 王志伟,纪燕玲,陈永敢.植物内生菌研究及其科学意义[J].微生物学通报,2015,42(2):349-363.
- [24] 徐亚军.植物内生菌资源多样性研究进展[J].广东农业科学,2011,38(24):149-152.
- [25] 丁伟,周红.植物医学的新概念——精准用药[J].植物医生,2019,32(4):1-8.

Plant Preventive Medicine

——A New Concept of Phytomedicine

JIANG Qi-peng, DING Wei

School of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: Plant Preventive Medicine is a comprehensive science aiming at improving plant health, preventing diseases and insect pests and improving crop yield and quality. This paper systematically introduces the concept of Plant Preventive Medicine, expounds its application in disease and insect control from the aspects of healthy cultivation, ecological control, immune induction and precise medication, and discusses three problems to be tackled in the future, which are of great significance and value for the enrichment of the theory and practice of Phytomedicine.

Key words: plant health, preventive medicine, healthy cultivation, immune induction, precise medication

农业农村部印发通知 要求做好 2020 年全国草地贪夜蛾防控工作

今年我国草地贪夜蛾发生形势严峻,防控任务艰巨.为贯彻落实中央一号文件和全国农业农村厅局长会议精神,按照早谋划、早预警、早准备、早防治要求,在做好新冠肺炎疫情防控的同时,持续推进草地贪夜蛾防治,有效遏制大面积暴发成灾,努力夺取小康之年粮食和农业丰收,农业农村部制定了《2020 年全国草地贪夜蛾防控预案》。

《预案》指出,2019 年草地贪夜蛾首次入侵我国,党中央、国务院高度重视,习近平总书记多次作出重要指示批示,李克强总理也作出具体要求.农业农村部按照中央的决策部署,组织各地全力采取防控措施,有效遏制草地贪夜蛾暴发成灾,实现了防虫害夺丰收的目标.草地贪夜蛾作为迁飞性害虫,已在我国南方定殖,同时境外虫源持续迁入,2020 年发生态势更加严峻,防控任务更加艰巨。

《预案》指出,根据全国农作物病虫害监测网调查监测和专家会商分析,预测 2020 年草地贪夜蛾呈重发态势,各地区均有集中危害的可能。(一)虫源基数大.国内周年繁殖区冬季虫量大,去年 11 月至今年 1 月,西南、华南六省冬季玉米种植区持续监测到草地贪夜蛾发生危害.云南、四川等地小麦上局部见虫,田间普遍繁殖 1~2 代,虫源积累基数明显高于上年.截至 2 月 10 日,上述地区见虫面积超过 4 万 hm^2 ,是 2019 年同期的 90 倍.云南 53 个县见虫,平均百株虫量 6 头,高者 60~90 头.此外,与云南毗邻的老挝草地贪夜蛾已发生 7.47 万 hm^2 ,虫源基数明显大于上年.境内外虫源的双重叠加,势必加重今年我国发生程度。(二)北迁时间提早.草地贪夜蛾在我国定殖以来,冬季在西南华南持续繁殖,目前已见虫 113 个县,发生期比上年提早 2 个月左右.同时,江南冬季平均气温 0°C 以上区域冬闲田和玉米秸秆中也查见越冬活虫(蛹),随着春季气温回升,上述地区草地贪夜蛾将陆续羽化形成境内北迁虫源.另外,去年 12 月以来,云南江城、海南儋州也持续监测到境外草地贪夜蛾迁入,时间比 2019 年同期提早 30~40 d.由于境内发生时间提早,加之境外虫源的持续迁入,预计 2020 年周年繁殖区和迁飞过渡区虫源北迁时间提早 1 个月左右。(三)发生面积扩大.今年草地贪夜蛾发生面临境内外虫源双重叠加,加之越冬基数大、北迁时间提前、发生代次增加,有利于该虫向黄淮海等北方玉米区扩散蔓延,威胁区域占玉米种植区域的 50% 以上,预计全年发生面积 667 万 hm^2 左右,黄淮海夏玉米苗期遭遇草地贪夜蛾危害风险显著增加,极有可能造成缺苗断垄危害.同时,西南华南地区甘蔗、高粱,以及黄淮以南地区冬小麦也存在受害风险。

2020 年 2 月 21 日

(摘自中华人民共和国农业农村部网站)

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2020.01.002

植物内生细菌对植物健康的作用^①

张淑婷, 周利华, 赵文卓

西南大学 植物保护学院, 重庆 400715

摘要: 植物内生菌是一个多样性十分丰富的微生物类群, 存在于没有外在感染症状的健康植物组织内, 并与宿主植物协同进化. 随着研究领域的不断拓宽和研究方法的不断更新, 植物内生菌与植物健康的关系以及应用逐渐成为研究热点. 本文主要综述了内生细菌的多样性、进入植物组织内的机制以及内生细菌的主要功能及应用, 提出了现阶段内生菌研究存在的问题, 并展望了内生菌研究的前景.

关键词: 植物内生细菌; 内生细菌多样性; 应用功能

中图分类号: Q939.1 ; S4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-1067(2020)01-0006-06

由于植物根系分泌物的影响, 大量的细菌能够与植物根际以及根表建立有益的联系, 甚至能够在植物组织里内生定殖, 因此, 细菌在土壤-根际-根表-内生-植物之间形成了一个植物与环境相联系的动态组合, 细菌在适应植物环境的同时影响着植物的生长. 整个系统的稳态需要不同水平的调控, 细菌定殖受植物和土壤条件控制, 相关细菌可能通过提供养分和增加对胁迫的耐受性来影响植物对土壤条件的反应, 以动态的方式改变植物生长^[1]. 近年来, 高通量测序技术的发展, 为深入了解植物微生物区系的多样性和组成提供了可能. 每个植物物种都具有特定的根际和内生微生物群落, 现在真正的挑战是确定内生菌是如何被植物接受而定居的, 以及它又是如何影响植物健康的^[2].

内生菌(Endophyte)的概念是德国科学家 De Bary 在 1866 年为区别生活在植物表面的细菌而提出的. 植物内生菌是指通过植物根系的皮层、伤口或缝隙以及气孔进入植物体内定殖, 生活史的一定阶段或全部阶段生活于健康植物的各种组织和器官内部的真菌或细菌, 被感染的宿主植物不表现出外在症状(至少是暂时)^[3]. 可以把植物内生菌理解为植物组织内的正常菌群, 是植物生态系统中的天然组成成分, 它们不仅包括了互惠共利的内生菌和中性的内共生微生物, 也包括了那些潜伏在宿主体内的病原微生物.

与植物相互作用的微生物包括原核生物和真核生物类群, 可以在宿主的表面或内部定殖. 内生细菌可以在健康的植物宿主组织中检测到, 且这些细菌没有外部感染的迹象, 也没有对宿主产生负面影响. 在地球上现存的近 30 万种植物中, 每一种植物都有一种或多种内生细菌^[4]. 内生细菌具有与植物病原菌相似的生态位, 适合开发为生物防治制剂.

1 植物内生细菌的多样性

内生细菌几乎在所有高等植物中都能检测到^[5], 这些内生细菌的群落结构取决于影响细菌存活的土壤生物和非生物因素、允许定殖的宿主因子以及影响内生菌在植物宿主组织内存活和竞争的能力^[6]. 微生物可通过多种途径进入植物体内, 例如土壤、降水或灌溉水、大气尘埃或风的沉降作用、携带微生物的动物、种

① 收稿日期: 2019-12-09

基金项目: 国家烟草专卖局绿色防控重大专项(110201601025 LS-05).

作者简介: 张淑婷(1991—), 女, 博士研究生, 主要从事土壤酸化生物效应的研究. E-mail: zhangshutinglj@163.com

子、不同地域的植物迁移以及植物残体等^[7-9]。此外, 种子内生菌能在植物繁殖过程中一代一代地垂直传代^[10]。

应用新一代测序技术等研究植物内生菌群落的组成, 让我们对植物内生菌的群落结构有了更加深入的了解。Haridoim 等构建并分析了目前所有属于内生细菌的 16S rDNA 序列数据库, 包括可培养和不可培养的微生物, 研究表明, 虽然这些序列属于 23 个不同的细菌门, 但是其中变形菌门(Proteobacteria)、放线菌门(Actinobacteria)、厚壁菌门(Firmicutes)和拟杆菌门(Bacteroidetes)占了内生原核细菌序列的 96%, 而其中变形菌门的序列数据占了 50% 以上, 从 γ -变形菌亚纲分离出来的细菌是最常见的内生菌, 包括假单胞菌属(*Pseudomonas*)、肠杆菌属(*Enterobacter*)、泛菌属(*Pantoea*)、寡养单胞菌属(*Stenotrophomonas*)、不动杆菌属(*Acinetobacter*)和沙雷氏菌属(*Serratia*)。另外, 链霉菌属(*Streptomyces*), 微细菌属(*Microbacterium*)、分枝杆菌属(*Mycobacterium*)、节杆菌属(*Arthrobacter*)、芽孢杆菌属(*Bacillus*)、类芽孢杆菌属(*Paenibacillus*)和葡萄球菌属(*Staphylococcus*)在内生微生物中也占有主要作用^[11]。由于所有这些属的物种在土壤中都常见, 因此, 内生细菌可以看成是根际细菌的一个亚种群^[12]。

根瘤菌是一种包含多种类群的土壤细菌, 以其能与豆科植物建立共生关系而闻名, 它们在宿主体内诱导植物生长出包含这些固氮微生物的根瘤, 在非豆科植物组织中, 除了糙叶山黄麻(*Parasponia*)外, 从未有根瘤菌诱导根瘤形成的报道^[13-14]。在豆科植物根瘤中, 除了根瘤菌定殖外, 还会发生一种特殊的内生细菌定殖。起初, 根瘤内的这种内生细菌被认为是根瘤表面消毒不完全的产物, 后来发现, 它们能够有效地定殖在根瘤菌菌株诱导的根瘤内部^[15-16]。

随着研究扩展到新的地理区域和更多的豆科植物, 越来越多的定殖在根瘤内的内生菌群被发现, 包含革兰氏阴性或革兰氏阳性细菌, 包括在门水平上系统发育多样的变形菌门、厚壁菌门、放线菌门以及噬细胞菌属-黄杆菌属-拟杆菌属(Cytophaga-Flavobacterium-Bacteroides, CFB)组^[17]。在变形菌门中, 内生细菌主要分布在 α ^[18]、 β ^[19]和 γ ^[20]变形菌亚纲。在厚壁菌门中, 根瘤内的非根瘤菌内生菌主要以芽孢杆菌属和类芽孢杆菌属为主^[20-21]。在放线菌门中, 微细菌属(*Microbacterium*)、分枝杆菌属(*Mycobacterium*)、壤霉菌属(*Agromyces*)、*Ornithinococcus*、诺卡氏菌属(*Nocardia*)、链霉菌属(*Streptomyces*)和小单胞菌属(*Micromonospora*)是主要的根瘤内生菌^[18, 21-22]。

2 植物内生细菌的入侵机制

内生细菌入侵和定殖在植物内部组织, 利用植物的代谢产物生存和生长, 并避免宿主防御反应。内生菌进入植物组织的主要部位是根区^[6], 但也能从根以上的组织侵入^[23]。内生细菌还可以通过植物的花朵进入植株体内, 因此, 它们可能存在于果实中。另一种入侵宿主植物的方式是通过种子感染, 以保证它们在新植物中定殖。

趋化信号在内生细菌初步定殖于根表面中起着重要的作用, 此外, 它们还可以增强其竞争性能并调节参与植物组织侵入相关基因的表达^[1]。宿主植物与潜在的内生细菌进行交流始于植物根部释放的信号分子, 根释放的化学信号和营养物质调节并决定了定殖在根上的细菌数量和多样性。例如, 黄酮类物质以及一些植物激素可促进水稻幼苗内生菌沙雷氏菌(*Serratia* spp.)的定殖^[24]; 拟南芥可通过释放苹果酸来吸引生防菌枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)FB17 的定殖以阻止病原菌的侵染^[25]; 水稻和甘蔗在与有益菌或致病菌相互作用时, 会改变其化学信号^[26]。

一旦潜在的内生细菌被植物的根吸引, 它就必须附着在根上, IV 型菌毛对于细菌在宿主细胞表面的附着和定殖是必不可少的^[1]。并且 *Azoarcus* sp. 的 IV 型菌毛的主要成分发生突变, 可降低其对水稻根系的黏附和定殖能力。此外, 革兰氏阴性细菌表面组分胞外多糖(EPS)和脂多糖(LPS)参与了内生细菌的附着和定殖, 而且植物与细菌相互识别也可以通过 III 型蛋白分泌系统(TTSS)分泌效应子传递到植物细胞中^[1]。当潜在的内生细菌被吸引到根部并附着在其表面后, 它们繁殖并达到一定的种群密度, 从而形成生物膜, 生物膜的形成使无孢子形成的土壤细菌能够在它们周围的栖息地定居。生物膜的主要成分是水 and 细菌细胞, 而另一个主要成分就是 EPS, 它提供物理屏障, 防止来自宿主的防御物质扩散, 并防止环境压力因素; 次要成分包括大分子, 如蛋白质、DNA 和细胞裂解释放的其他物质^[27]。Meneses 等证明了 EPS 生物合成是

Gluconacetobacter diazotrophicus PAL5 生物膜形成和水稻内生菌定殖所必需的, 因为当敲除了参与 EPS 生物合成的基因时, 突变细菌在生物膜形成、根表面附着和内生定殖等方面的功能存在缺陷^[28].

植物对细菌信号的识别主要由植物受体激酶(RLK)介导, 包括富亮氨酸重复受体激酶(leucine-rich repeat-receptor-like kinases, LRR-RLKs)、壁相关激酶(wall-associated kinases, WAK)、凝集素蛋白激酶(lectin receptor-like kinases, LecRLKs)和 LysM 受体, 还有植物 sRNA、miRNA 以及 siRNA^[1]. 根瘤菌通过结瘤效应子(NF)与豆科植物结瘤因子受体蛋白(NFR1/NFR5)结合, 形成根瘤共生系统. 有研究表明, 部分根瘤菌可以在没有结瘤效应子与结瘤因子受体蛋白存在的情况下, 通过Ⅲ型分泌系统 T3SS 激活豆科植物结瘤通路的下游基因, 从而形成根瘤^[29].

3 内生细菌与植物的关系

植物内生细菌包括互惠共利的有益菌、中性菌以及那些潜伏在宿主体内的病原菌. 内生菌对植物的影响可表现在: ①促进植物生长. 某些有益内生菌具有溶磷解钾作用, 固氮菌是一种常见的内生菌, 其固氮作用有利于植物对氮的吸收; 还有某些细菌可合成并分泌铁载体, 促进植物对铁的吸收; 另外, 植物内生菌能够直接合成或者促进宿主合成植物激素来调节植物生长. ②增加植物的抗逆性. 研究表明, 大部分内生的有益菌除了能促进植物生长外, 还能增加植物的耐盐耐旱能力. ③刺激植物产生次生代谢产物. ④对植物产生抑制作用或导致植物病害的发生. ⑤植物内生有益菌可产生抗生素类物质直接抑制病原菌生长, 或者与病原菌竞争生态位和营养物质, 从而达到控制植物病害发生的目的^[30]. 研究结果表明, 植物的内生菌具有丰富的功能特征, 这些特征可以保护植物的内部, 使植物免受病原菌侵袭^[31].

宿主植物对内生细菌的选择与宿主的基因型有关. 植物对内生菌既有诱导作用又有拮抗作用. 有学者认为内生菌和宿主植物之间是一种动态平衡的拮抗关系, 根据内生菌与宿主植物的亲和关系, 可将其分为专一性和非专一性内生菌^[32]. 有的内生菌在寄主科水平上具有专一性, 例如根瘤菌主要寄生在豆科植物体内; 而有的微生物, 如枯草芽孢杆菌、荧光假单胞菌等可寄生多种植物. 了解宿主植物与内生菌的关系, 对充分发挥内生菌的功能具有重要的作用.

4 植物内生细菌的功能与应用

4.1 植物内生细菌可作为生物防治剂

植物内生细菌可以系统地分布于植物组织内, 有足够的碳源和氮源, 而且受到植物组织的保护, 比暴露于恶劣环境(强烈的日光、紫外线、暴风雨等)的附生细菌具有更稳定的生存环境, 更易于发挥其生物防治的作用.

4.1.1 作为外源基因的载体

内生菌具有在植物体内定殖、繁殖和转移的特点, 因此可利用这一特点将某些抗病虫基因导入到内生菌中, 从而提高植物的抗病虫能力, 而植物本身的基因并未发生改变, 这样可以保持植物的天然性状. Kostaka 研究发现, 从百慕大草(*Cynodon dactylon*)中分离的木质棍状杆菌犬齿亚种(*Clavbacter xyli* subsp. *cynodontis*)接种到某些植物上以后, 可以很快转移到整个植株中, 利用这一特点将苏云金杆菌(*Bacillus thuringiensis*)的伴胞晶体编码基因转移到这种内生细菌中, 实现了对欧洲玉米螟(*Qstrinia nubilalis*)的生物防治^[33]. 将苏云金杆菌基因转入植物内生菌蜡状芽孢杆菌(*B. cereus*)内, 可达到对两种鳞翅目昆虫防治的目的^[34].

4.1.2 提升植物抗性

根际微生物以及根内生菌的微生物能诱导植物产生一种抗性, 这种抗性不同于传统的系统获得性抗性(Systemic Acquired Resistance, SAR), 被称为诱导系统抗性(Induced Systemic Resistance, ISR), 两者都能诱导植物产生对病菌的广谱抗性, 但 ISR 中所包含的抗性机制没有病程相关蛋白(PR)的产生; 相比于 SAR, 目前对 ISR 的抗性机制尚不清楚, 研究表明 ISR 的抗性与植保素水平的提高和酚类物质积累有关^[35-36]. 内生细菌诱导 ISR 的成分有鞭毛、脂多糖、铁蛋白、抗生素和群体感应分子等^[37], 各种基因对 ISR

的调控,有助于增强宿主的细胞壁强度,改变宿主的生理或代谢反应,促进与病原相关的蛋白酶的合成,增强植物的防御能力^[38].内生菌还能诱导植物产生一些结构方面的抗性,Benhamou等^[39]用内生菌 *Bacillus pumilus* strain SE34 预接种基因转化豌豆,然后接种病菌,如果病菌的生长限制在木栓层和外皮层内,在病菌企图侵入部位通过木质和酚类物质的大量沉积,使这些部位细胞的胞壁得到加厚,可有效阻止病菌的侵入.

4.1.3 产生抗生素类物质

大部分内生细菌可产生抗生素类物质.抗生素是一类异源小分子化合物,在低浓度下可以影响微生物的生长或代谢能力.根部定殖的微生物产生的抗生素在植物病害的生物防治中具有重要作用.内生菌产生的抗生素类物质在植物体内转运,可有效发挥其防病作用.根际内生菌产生的抗生素物质包括2,4-二乙酰藤黄酚(PHL)、吩嗪羧酸(PCA)、藤黄绿脓菌素(pyoluterin, PLT)、硝吡咯菌素(pyrrolnitrin, PRN)、脓青素(PYO)、HCN 和一类丁酰内酯(butyrolactones)^[40].根际内生菌(*Pseudomonas* spp.)产生的一类鼠李糖脂生物表面活性剂(rhamnolipid biosurfactants)物质可以破坏腐霉菌(Pythium)卵孢子的原生质膜,引起卵孢子细胞壁的水解破裂^[41].Lugtenberg等研究发现,内生假单胞菌(*Pseudomonas*)可以产生HCN、PLT、PHL、2,4-二乙酰间苯三酚和吩嗪类等杀菌物质^[42].

4.2 植物内生细菌的促生作用

植物内生细菌可从以下几方面促进植物生长:①改善营养形态促进吸收;②增强对冷、热、干旱等胁迫的耐受性;③产生(或协同)调节植物激素;④通过拮抗、竞争、诱导或启动植物的系统抗性来增强植物的抗病性^[43].研究表明,固氮 *Klebsiella pneumonia* strain 342 与小麦存在互利共生的关系,与未接种的对照或接种了敲除 *nifH* 的 *K. pneumonia* 342 突变菌株的小麦相比,其根部和根上部的总氮含量提高了300%以上^[44].假单胞菌属、肠杆菌属、葡萄球菌属、固氮菌属以及固氮螺菌属等内生细菌的一些菌株也可产生植物生长调节物质如乙烯、生长素、细胞激动素,对宿主植物的生长起促进作用^[45].

5 植物内生菌研究存在的问题与发展前景

植物与微生物的互作是有益的也可能是有害的,而且这些微生物大多留在根际土壤或根表面,只有一小部分能够渗透并在植物组织中生存,被称为“内生植物”.一些内生菌可影响植物生长和植物对病原体、食草动物和环境变化的反应,或产生重要的次生代谢产物.但是大部分内生菌是无法培养的,因此,探究它们的多样性以及与植物互作的分子机制需要借助分子分析的方法.如果没有适当的方法,仅凭有限的研究和不深入的理解,就会忽视内生菌在植物-微生物互作过程中的作用.通过基因组学,可以有效挖掘植物-微生物互作过程中的信息,逐步清晰植物-微生物互作的分子机制.

目前研究内生菌的主要挑战在于如何选择合适的植物及其与植物相关的内生菌的定殖方法与时期,解决了这些问题可以帮助我们通过使用特定菌株作为生物接种剂来提高生产效率.另外,内生菌的定殖机制仍处于初级研究阶段,加强对分子水平的深入研究可以了解其定殖过程以及对植物生长特性的影响.

将植物内生菌应用于生产实际,需要解决的问题还有很多.植物的栽培条件、栽培措施、自然环境、微生态环境、内生菌的形态稳定性等因素都影响着内生菌作用的发挥,因此,利用植物内生菌进行生物防治,必须考虑以下问题:①内生菌的病理学作用,内生菌在正常条件或恶劣环境下对寄主植物是否致病,发挥作用的时间需要多久;②内生菌与植物建立的共生关系是否与其他微生物与植物建立的共生关系一致,相互作用如何;③植物抗病或抗虫的作用是由于植物本身产生的抗性物质还是由于某些内生菌产生的物质起关键作用等都需要深入的研究进行验证^[42].

参考文献:

- [1] CARVALHO T L G, BALLESTEROS H G F, THIEBAUT F, et al. Nice to Meet You: Genetic, Epigenetic and Metabolic Controls of Plant Perception of Beneficial Associative and Endophytic Diazotrophic Bacteria in Non-leguminous Plants [J]. *Plant Molecular Biology*, 2016, 90(6): 561-574.
- [2] MARTIN F M, UROZ S, BARKER D G. Ancestral Alliances: Plant Mutualistic Symbioses with Fungi and Bacteria [J].

- Science, 2017, 356(6340): eaad4501. DOI: 10.1126/science.aaad4501.
- [3] HALLMANN J, QUADT-HALLMANN A, MAHAFFEE W F, et al. Bacterial Endophytes in Agricultural Crops [J]. Canadian Journal of Microbiology, 1997, 43(10): 895-914.
- [4] STROBEL G, DAISY B, CASTILLO U, et al. Natural Products from Endophytic Microorganisms [J]. Journal of Natural Products, 2004, 67(2): 257-268.
- [5] LUO S L, XU T Y, CHEN L, et al. Endophyte-Assisted Promotion of Biomass Production and Metal-uptake of Energy Crop Sweet Sorghum by Plant-growth-promoting Endophyte *Bacillus* sp. SLS18 [J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2012, 93(4): 1745-1753.
- [6] GAIERO J R, MCCALL C A, THOMPSON K A, et al. Inside the Root Microbiome: Bacterial Root Endophytes and Plant Growth Promotion [J]. American Journal of Botany, 2013, 100(9): 1738-1750.
- [7] VILLATE L, MORIN E, DEMANGEAT G, et al. Control of Xiphinema Index Populations by Fallow Plants under Greenhouse and Field Conditions [J]. Phytopathology, 2012, 102(6): 627-634.
- [8] TRUYENS S, WEYENS N, CUYPERS A, et al. Bacterial Seed Endophytes: Genera, Vertical Transmission and Interaction with Plants [J]. Environmental Microbiology Reports, 2015, 7(1): 40-50.
- [9] LEPLAT J, FRIBERG H, ABID M, et al. Survival of *Fusarium Graminearum*, the Causal Agent of Fusarium Head Blight a Review [J]. Agronomy for Sustainable Development, 2013, 33(1): 97-111.
- [10] YVAN Moëgne-Loccoz, MAVINGUI Patrick, COMBES Claude, et al. Microorganisms and Biotic Interactions [M]. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2015.
- [11] HARDOIM P R, VAN OVERBEEK L S, BERG G, et al. The Hidden World within Plants: Ecological and Evolutionary Considerations for Defining Functioning of Microbial Endophytes [J]. Microbiology and Molecular Biology Reviews, 2015, 79(3): 293-320.
- [12] SANTOYO G, MORENO-HAGELSIEB G, DEL CARMEN OROZCO-MOSQUEDA M, et al. Plant Growth-Promoting Bacterial Endophytes [J]. Microbiological Research, 2016, 183: 92-99.
- [13] LUPWAYI N Z, CLAYTON G W, HANSON K G, et al. Endophytic Rhizobia in Barley, Wheat and Canola Roots [J]. Canadian Journal of Plant Science, 2004, 84(1): 37-45.
- [14] PENG S B, BISWAS J C, LADHA J K, et al. Influence of Rhizobial Inoculation on Photosynthesis and Grain Yield of Rice [J]. Agronomy Journal, 2002, 94(4): 925-929.
- [15] BAI Y M, D'AOUST F, SMITH D L, et al. Isolation of Plant-Growth-Promoting *Bacillus* Strains from Soybean Root Nodules [J]. Canadian Journal of Microbiology, 2002, 48(3): 230-238.
- [16] IBÁÑEZ F, ANGELINI J, TAURIAN T, et al. Endophytic Occupation of Peanut Root Nodules by Opportunistic Gammaproteobacteria [J]. Systematic and Applied Microbiology, 2009, 32(1): 49-55.
- [17] DE MEYER S E, DE BEUF K, VEKEMAN B, et al. A Large Diversity of Non-Rhizobial Endophytes Found in Legume Root Nodules in Flanders (Belgium) [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2015, 83: 1-11.
- [18] DENG Z S, ZHAO L F, KONG Z Y, et al. Diversity of Endophytic Bacteria within Nodules of the *Sphaerophysa salsula* in Different Regions of Loess Plateau in China [J]. FEMS Microbiology Ecology, 2011, 76(3): 463-475.
- [19] HOQUE M S, BROADHURST L M, THRALL P H. Genetic Characterization of Root-Nodule Bacteria Associated with *Acacia salicina* and *A. Stenophylla* (Mimosaceae) across South-Eastern Australia [J]. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 2011, 61(2): 299-309.
- [20] LI J H, WANG E T, CHEN W F, et al. Genetic Diversity and Potential for Promotion of Plant Growth Detected in Nodule Endophytic Bacteria of Soybean Grown in Heilongjiang Province of China [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2008, 40(1): 238-246.
- [21] ZAKHIA F, JEDER H, WILLEMS A, et al. Diverse Bacteria Associated with Root Nodules of Spontaneous Legumes in Tunisia and First Report for NifH-Like Gene within the Genera *Microbacterium* and *Starkeya* [J]. Microbial Ecology, 2006, 51(3): 375-393.
- [22] TRUJILLO M E, ALONSO-VEGA P, RODRÍGUEZ R, et al. The Genus *Micromonospora* is Widespread in Legume Root Nodules: The Example of *Lupinus angustifolius* [J]. The ISME Journal, 2010, 4(10): 1265-1281.
- [23] CHI F, SHEN S H, CHENG H P, et al. Ascending Migration of Endophytic Rhizobia from Roots to Leaves Inside Rice Plants [M]// Biological Nitrogen Fixation, Sustainable Agriculture and the Environment. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, : 381-382. DOI: 10.1007/1-4020-3570-5_92
- [24] BALACHANDAR D, SANDHIYA G S, SUGITHA T C K, et al. Flavonoids and Growth Hormones Influence Endophytic Colonization and in Planta Nitrogen Fixation by a Diazotrophic *Serratia* sp. in Rice [J]. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 2006, 22(7): 707-712.
- [25] RUDRAPPA T, CZYMMEK K J, PARÉ P W, et al. Root-Secreted Malic Acid Recruits Beneficial Soil Bacteria [J]. Plant Physiology, 2008, 148(3): 1547-1556.
- [26] GAIERO J R, MCCALL C A, THOMPSON K A, et al. Inside the Root Microbiome: Bacterial Root Endophytes and Plant Growth Promotion [J]. American Journal of Botany, 2013, 100(9): 1738-1750.

- [27] RINAUDILV, GIORDANO W. An Integrated View of Biofilm Formation in Rhizobia [J]. FEMS Microbiology Letters, 2010, 304(1): 1-11.
- [28] MENESES C H S G, ROUWS L F M, SIMÕES-ARAÚJO J L, et al. Exopolysaccharide Production is Required for Biofilm Formation and Plant Colonization by the Nitrogen-Fixing Endophyte *Gluconacetobacter diazotrophicus* [J]. Molecular Plant-Microbe Interactions, 2011, 24(12): 1448-1458.
- [29] OKAZAKI S, KANEKO T, SATO S, et al. Hijacking of Leguminous Nodulation Signaling by the Rhizobial Type III Secretion System [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2013, 110(42): 17131-17136.
- [30] 陈 龙, 梁子宁, 朱 华. 植物内生菌研究进展 [J]. 生物技术通报, 2015(8): 30-34.
- [31] CARRIÓN V J, PEREZ-JARAMILLO J, CORDOVEZ V, et al. Pathogen-induced Activation of Disease-suppressive Functions in the Endophytic Root Microbiome [J]. Science, 2019, 366(6465): 606-612.
- [32] 文才艺, 吴元华, 田秀玲. 植物内生菌研究进展及其存在的问题 [J]. 生态学杂志, 2004, 23(2): 86-91.
- [33] ANDREWS J H. Biological Control in the Phyllosphere [J]. Annual Review of Phytopathology, 1992, 30(1): 603-635.
- [34] NAVONA. *Bacillus thuringiensis* Insecticides in Crop Protection — Reality and Prospects [J]. Crop Protection, 2000, 19(8-10): 669-676.
- [35] VAN LOON L C, BAKKER P A H M, PIETERSE C M J. Systemic Resistance Induced by Rhizosphere Bacteria [J]. Annual Review of Phytopathology, 1998, 36(1): 453-483.
- [36] VAN WEES S C M, PIETERSE C M J, TRIJSSENAAR A, et al. Differential Induction of Systemic Resistance in *Arabidopsis* by Biocontrol Bacteria [J]. Molecular Plant-Microbe Interactions, 1997, 10(6): 716-724.
- [37] VAN LOON L C. Plant Responses to Plant Growth-promoting Rhizobacteria [J]. European Journal of Plant Pathology, 2007, 119(3): 243-254.
- [38] NIU D D, LIU H X, JIANG C H, et al. The Plant Growth-Promoting Rhizobacterium *Bacillus cereus* AR156 Induces Systemic Resistance in *Arabidopsis thaliana* by Simultaneously Activating Salicylate-And Jasmonate/Ethylene-Dependent Signaling Pathways [J]. Molecular Plant-Microbe Interactions, 2011, 24(5): 533-542.
- [39] BENHAMOU N, KLOEPPER J W, QUADT-HALLMAN A, et al. Induction of Defense-Related Ultrastructural Modifications in Pea Root Tissues Inoculated with Endophytic Bacteria [J]. Plant Physiology, 1996, 112(3): 919-929.
- [40] BUCHENAUER H. Biological Control of Soil-Borne Diseases by Rhizobacteria/Biologische Bekämpfung Von Bodenbürtigen Krankheiten Durch Rhizobakterien [J]. Zeitschrift Für Pflanzenkrankheiten Und Pflanzenschutz, 1998, 105(4): 329-348.
- [41] MAURHOFER M, KEEL C, HAAS D, et al. Influence of Plant Species on Disease Suppression by *Pseudomonas fluorescens* Strain CHAO with Enhanced Antibiotic Production [J]. Plant Pathology, 1995, 44(1): 40-50.
- [42] LUGTENBERG B, KAMILOVA F. Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria [J]. Annual Review of Microbiology, 2009, 63(1): 541-556.
- [43] COMPANT S, CLÉMENT C, SESSITSCH A. Plant Growth-promoting Bacteria in the Rhizo- And Endosphere of Plants: Their Role, Colonization, Mechanisms Involved and Prospects for Utilization [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2010, 42(5): 669-678.
- [44] INIGUEZ A L, DONG Y M, TRIPLETT E W. Nitrogen Fixation in Wheat Provided by *Klebsiella pneumoniae* 342 [J]. Molecular Plant-Microbe Interactions, 2004, 17(10): 1078-1085.
- [45] 石晶盈, 陈维信, 刘爱媛. 植物内生菌及其防治植物病害的研究进展 [J]. 生态学报, 2006, 26(7): 2395-2401.

The Role of Plant Endophytes in Plant Health

ZHANG Shu-ting, ZHOU Li-hua, ZHAO Wen-zhuo

School of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: Plant endophytes represent a microorganism community with abundant biodiversity. They are distributed in healthy plant tissues without external infection symptoms and co-evolve with their host plants. With the continuous expansion of research fields and updating of research methods of plant endophytic bacteria, their relationship with plant health and their application in plant protection have gradually become research hotspots. This paper reviews the diversity of endophytic bacteria, the mechanism of their entry into plants and their main application functions in recent years. Finally, the current challenges faced by endophytic bacteria research are summarized, and its prospect is discussed.

Key words: endophytic bacteria in plants, endophytic bacteria diversity; infection mechanism

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2020.01.003

有益金属元素对作物生长的影响^①

黄 阔, 张永强

西南大学 植物保护学院, 重庆 400715

摘 要: 伴随着人类对有益元素认识的逐渐提高, 其作用机制和特点被不断研究和利用, 除硅、硒等非金属类有益元素外, 钠、钛、铝等金属类有益元素也在维护作物健康和促进作物生长方面发挥着重要的作用. 本文整理阐述了有益金属元素对作物生长的影响, 提出了控制有益金属元素的施用浓度及其与农药或其生物刺激素联合施用技术, 可实现促进作物生长, 防控病虫害, 提高作物产质量的目的.

关键词: 有益金属元素; 钠; 铝; 钛; 作物生长

中图分类号: S153.61

文献标志码: A

文章编号: 1007-1067(2020)01-0012-03

有益元素主要是指既能促进作物生长, 又能提升作物产量的一类化学元素. 这类元素并非作物生长所必需, 或仅是针对某类作物所必需, 具有特定的功能性. 目前来看, 硅、硒、钠、铝、钴、镍、钛等元素被认为在作物生长中起到了关键作用, 其中硅、硒为非金属类, 钠、铝、钴、镍、钛为金属类有益元素^[1-3]. 与硅、硒对作物生长功能相类似, 有益金属元素也能够被作物的特定生长发育或特殊物种所需要, 如豆科类作物需要钴元素, 藜科类作物需要钠元素. 本文整理了已报道的部分有益金属元素, 阐述了钠、钛、铝这 3 种有益金属元素对作物生长的影响及其主要的作用机理, 同时对今后有益金属元素的研究和应用进行了展望, 旨在为农业生产和农产品产质量提升提供参考.

1 有益金属元素对作物生长的影响

有益元素对作物生长的影响主要是以土壤为载体实现的, 各元素在土壤环境中相互作用, 同时与土壤微生物协同作用, 实现环境和作物之间的相互转换和利用. 有益元素能帮助植物更好地完成生长发育, 抵抗外界不良环境. 当前对有益元素的研究中, 人们正逐渐向金属类有益元素聚焦, 尝试明确其对作物生长的影响及其作用机理.

对作物生长有益的金属元素通常以离子形式发挥作用, 通过多种作用方式保护作物本身免受非生物胁迫及生物胁迫的伤害. 有益金属离子可增强作物对非生物胁迫如干旱、盐胁迫、紫外线等的耐受力, 其保护作物免受生物胁迫的机理主要有: ①金属离子富集, 形成天然物理保护屏障, 抑制病原菌侵入或昆虫取食; ②诱导作物自身产生抗性, 防御侵染攻击. 在作物体内, 低浓度的有益金属元素离子可以作为抗氧化剂、金属螯合剂, 使作物获得生物抗性, 同时, 引发与系统防御相关的分子产生, 更好地保护作物.

1.1 钠对作物生长的影响

钠元素普遍存在于作物体内, 具有维持组织细胞的钠离子和钾离子平衡的功能. 钠离子和钾离子在化学结构上十分相似, 低浓度的钠离子可以通过非选择性的转运蛋白来取代钾离子发挥作用. 非盐生作物在

① 收稿日期: 2019-08-18

作者简介: 黄 阔(1993—), 男, 硕士研究生, 主要从事天然产物农药研究. E-mail: 417579908@qq.com

通信作者: 张永强(1980—), 男, 副教授, 主要从事天然产物农药研究. E-mail: zhyqiang@swu.edu.cn

钾离子不足的情况下可以通过钠离子促进自身对硝酸盐类的吸收. 钠离子可通过合成含氮的甘氨酸甜菜碱和脯氨酸导致酰胺和多胺的累积, 维持作物的渗透平衡.

钠元素主要是以钠离子形式存在于土壤和作物中, 不同作物对钠的吸收和表达效果不同. 当土壤中有有效钠、有效钾含量比较低时, 作物生长会受到影响, 此时需要及时补充钠. 在一些干旱地区, 钠、钾离子保持着平衡关系, 土壤缺水会导致平衡关系被打破, 要想维持平衡, 需要补充钠. 低浓度的钠离子可以更好地促进一些特殊的栽培作物生长, 如水稻、甜菜等, 增加其含糖量, 提升纤维强度.

1.2 钛对作物生长的影响

土壤中的钛元素主要以 TiO_2 的形式存在, pH 值在 4~8 时, TiO_2 不溶, pH 值为 2~3 时, 极少量可溶, 因此, 土壤中作物可吸收钛含量很低, 特殊需要时必须进行补充.

研究表明, 钛的有机螯合物能够参与到作物的代谢中, 发挥不同的生理功能, 主要表现在以下方面: ①钛元素可显著提高作物体内的许多种酶的活性, 促进作物对土壤中养分的吸收和利用. 如钛元素能够直接增强作物体内过氧化物酶、过氧化氢酶的活性, 或间接提升硝酸盐还原酶的活性. ②钛元素能够促进作物对镁和铁的吸收和利用, 刺激色素的合成, 提高作物叶片中叶绿素的含量, 进而提高光合作用效率. ③钛元素在增强作物抗病性、抗寒、抗旱等抗逆性方面发挥着重要的作用^[4-6].

1.3 铝对作物生长的影响

铝是地壳中第三丰富的元素, 主要存在于酸性土壤中(pH 值小于 5.5). 没有相关证据表明铝是作物生长的营养元素, 但有证据表明其对作物生长有益. 可溶性铝离子通过作物的木质部运输, 激活苹果酸转运蛋白, 刺激植物产生苹果酸.

有研究表明, 铝与磷共同处理可增强茶树对磷的吸收, 促进生根和发芽. 同时, 铝可诱导超氧化物歧化酶、过氧化氢酶的活性, 延缓木质化, 促进茶树的生长. 铝离子还可抑制多种病原菌的孢子萌发和菌丝生长.

2 有益金属元素的浓度效应

有益金属元素在较低浓度的条件下, 可提供作物对环境非生物胁迫及生物胁迫的抵抗能力, 帮助作物生长发育的同时, 抵抗病原菌侵入, 而浓度过高将会产生毒性效应, 非但不能进行保护, 而且对作物产生伤害.

维持元素与元素、物质、作物、病原、土壤之间的平衡将有助于改善生态环境, 同时, 明确各类元素的流向至关重要. 金属离子可从土壤流向作物, 作物经食物链流向人体, 更好地了解元素的转移过程, 有助于我们确定作物及人体对元素的需要量, 合理安排施用^[7-9]. 缺少有益金属元素会影响作物的生长, 过多则会造成金属中毒现象, 还会污染生态环境. 因此, 找到合适的施用标准就显得尤为重要. 在进行田间管理时可根据作物需要进行有益金属元素补充施用. 施用有益金属元素的制剂或肥料时, 首先需要了解作物当前生长环境中该类元素的含量以及该类元素的含量标准, 根据作物生长的需求量, 综合考虑环境因素, 合理施用, 适量施用.

3 有益金属元素的应用

在现阶段, 有益元素被纳为生物刺激素类物质, 但和其他的生物刺激素相比, 对有益元素的研究仍需要不断地深入, 明确其作用机制和作用形式, 探索其对环境以及对人的影响. 同时, 探索有益元素与其他生物刺激素联合施用技术, 实现既能够很好地提升作物产量, 又能够提高作物品质的目标^[10].

研究表明, 金属元素铝、钛、钼、镍、钴等均表现出对作物生长有益的影响. 在营养液培养条件下用 0.01~0.1 mg/L 的钛能使植物生长良好. 匈牙利的 Pais 教授在 20 世纪 70 年代以维生素 C-钛制剂投放市场, 成为最早商品化的钛制剂. 国内外许多试验均证明, 钛对植物生长确有刺激和促进作用, 增产效果非常显著. 随着人们对有益元素认识的提高, 含有益金属元素的肥料或制剂在农业生产上已得到应用, 并显示出它们在提高作物产量、防控作物病虫害方面的积极作用^[11], 表现出提高作物的光合作用, 增强作物抵抗

病虫害的能力,提高作物抗倒伏和根系氧化能力,增强作物的抗旱、抗寒能力,改善农作物品质,改良土壤,促进农业增产增收等方面的巨大应用潜力.

4 展望

应当指出,合理施用氮、磷、钾和微量元素,适当补充有益金属元素是保证作物健康生长的必要手段,推广应用有益元素肥料或其相应制剂或将是解决作物病虫害防控、农药残留风险,提升作物产量和品质的新方向.目前,人们对于有益金属元素的研究主要着眼于它对作物生长和品质,以及对环境、微生物和人体等方面的影响.今后的研究需要明确有益金属元素在进入环境后其形态的改变、与载体的结合模式、与环境因子的相互作用等.同时,探索有益金属元素与农药或其他生物刺激素配合施用技术,实现简化田间管理,提高药效,从而达到改善作物品质的效果.

参考文献:

- [1] KAUR S, KAUR N, SIDDIQUE K H M, et al. Beneficial Elements for Agricultural Crops and Their Functional Relevance in Defence Against Stresses [J]. Archives of Agronomy and Soil Science, 2016, 62(7): 905-920.
- [2] LYU S H, WEI X Y, CHEN J J, et al. Titanium as a Beneficial Element for Crop Production [J]. Frontiers in Plant Science, 2017, 8: 597. DOI:10.3389/fpls.2017.00597.
- [3] 曹 恭, 梁鸣早. 平衡栽培体系中的有益元素(下) [J]. 土壤肥料, 2004(6): 61-62.
- [4] 钛的农业利用知识问答 [J]. 现代园艺, 2007(4): 47.
- [5] 闫 湘, 涂 成, 王曼如. 有益元素钛的植物营养学研究进展 [J]. 中国农学通报, 2017, 33(27): 33-36.
- [6] BLUMWALD E, AHARON G S, APSE M P. Sodium Transport in Plant Cells [J]. Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Biomembranes, 2000, 1465(1-2): 140-151.
- [7] SWAINE D J, MITCHELL R L. The Trace Elements Contents of Soils[M]. Commonwealth Bureau of Soil Science Technical Communication, 1955:48.
- [8] 谢永荣, 杨娉娉, 马 巧, 等. 稀土元素对作物生长的影响 [J]. 作物杂志, 2011(1): 5-9.
- [9] 黄巧云, 李学垣, 徐凤琳. 铝对小麦幼苗生长和根的某些生理特性的影响(简报) [J]. 植物生理学通讯, 1994, 30(2): 97-100.
- [10] 胡 坤, 喻 华, 冯文强, 等. 中微量元素和有益元素对水稻生长和吸收镉的影响 [J]. 生态学报, 2011, 31(8): 2341-2348.
- [11] 吴兆明. 植物营养中新的必要、有益和毒害元素 [J]. 生物学通报, 1997, 32(10): 7-10.

Effects of Beneficial Metal Elements on Crop Growth

HUANG Kuo, ZHANG Yong-qiang

School of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: As human beings improve their knowledge and understanding of beneficial chemical elements to plants, the mechanisms and characteristics of their actions are constantly being explored and utilized. In addition to non-metallic beneficial elements such as silicon and selenium, metallic beneficial elements such as sodium, titanium and aluminum also play an important role in promoting plant health and growth. This paper gives a review of the effects of beneficial metal elements on the growth of plants, and proposes the methods of combined application of beneficial metal elements, pesticides and other plant biostimulants at proper concentrations to realize the objective of promoting crop growth, preventing and controlling pests and diseases, and improving crop yield and quality.

Key words: beneficial metal element; sodium; aluminum; titanium; crop growth

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2020.01.004

植物棒孢霉叶斑病的发生及防治研究进展^①

李 晗¹, 冉 茂^{2,3}, 陈海涛², 吴 杰³, 张 帅⁴,
徐 宸², 杨 超², 汪代斌², 孙现超¹

1. 西南大学 植物保护学院, 重庆 400715; 2. 重庆烟草科学研究所, 重庆 400715;
3. 重庆市烟草公司涪陵区公司, 重庆 涪陵 408000; 4. 重庆市烟草公司酉阳分公司, 重庆 酉阳 409800

摘 要: 多主棒孢霉(*Corynespora cassiicola*)是一种植物病原真菌, 寄生范围十分广泛, 能够侵染 530 余种植物。由多主棒孢霉引起的棒孢霉叶斑病在大戟科、茄科、葫芦科等多科植物上流行性暴发, 对农作物产业发展构成严重的威胁。本文介绍了多主棒孢霉的分类地位和形态特征, 病原主要寄主植物、病害特征、病害流行以及主要防治方法, 总结我国棒孢霉叶斑病在诊断和防治中取得的成果的同时, 提出了我国未来多主棒孢霉病原学及病害防治的研究方向, 为多主棒孢霉的研究和棒孢霉叶斑病的防控提供了参考。

关键词: 棒孢霉叶斑病; 多主棒孢霉; 研究进展

中图分类号: S432.44 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-1067(2020)01-0015-06

多主棒孢霉(*Corynespora cassiicola*)能侵染热带及亚热带地区的蔬菜、水果、观赏植物等引发叶斑病^[1]。棒孢霉菌主要侵染寄主的叶片, 严重时蔓延至植物茎秆、花、果实和种子, 导致茎秆坏死、果实脱落。近年来, 由多主棒孢霉引起叶斑病的报道中其寄主多为大戟科、茄科和葫芦科作物, 且不断有新的寄主被报道。在过去的半个多世纪里, 多主棒孢霉叶斑病作为一种次要病害一直未能引起人们的关注。由于多主棒孢霉菌寄主种类多样且分布广泛, 其传播方式多样, 病原菌容易发生变异, 侵染植物之后具有较强的破坏能力, 目前对多主棒孢霉叶斑病缺乏科学有效的防治措施, 致使该病已经由次要病害上升为世界公认的主要病害, 严重制约寄主植物相关产业的发展^[2]。本文系统介绍了多主棒孢霉的分类地位和形态特征, 并总结了我国新出现的棒孢霉叶斑病在诊断和防治研究中取得的成果以及存在的问题, 提出了我国多主棒孢霉病原学及病害防治方面的研究方向, 旨在为多主棒孢霉病原的研究和棒孢霉叶斑病的防控提供参考。

1 多主棒孢霉

1.1 多主棒孢霉的分类地位

棒孢属(*Corynespora* Gussow)是由 Gussow 以 *C. cassiicola* 为模式种建立的一个真菌属, 隶属于真菌门(Eumycota), 半知菌亚门(Deuteromycotina), 丝孢纲(Hyphomycetes), 丝孢目(Hyphomycetales), 暗色菌科(Dematiaceae)。目前已报道的该属真菌有 160 个种, 其中 *C. buchanaiae*, *C. luffae-cylindricae* 等 118 个种是从植物病斑组织分离、符合柯赫式法则的植物寄生病原菌; *C. myrioneuronis*, *C. saccharin* 等 42

① 收稿日期: 2019-11-19

基金项目: 中国烟草公司重庆市公司科技项目(NY20180401070010, NY20180401070001, NY20180401070008)。

作者简介: 李 晗(1993-), 女, 硕士研究生, 主要从事植物病理学研究。E-mail: 869028256@qq.com

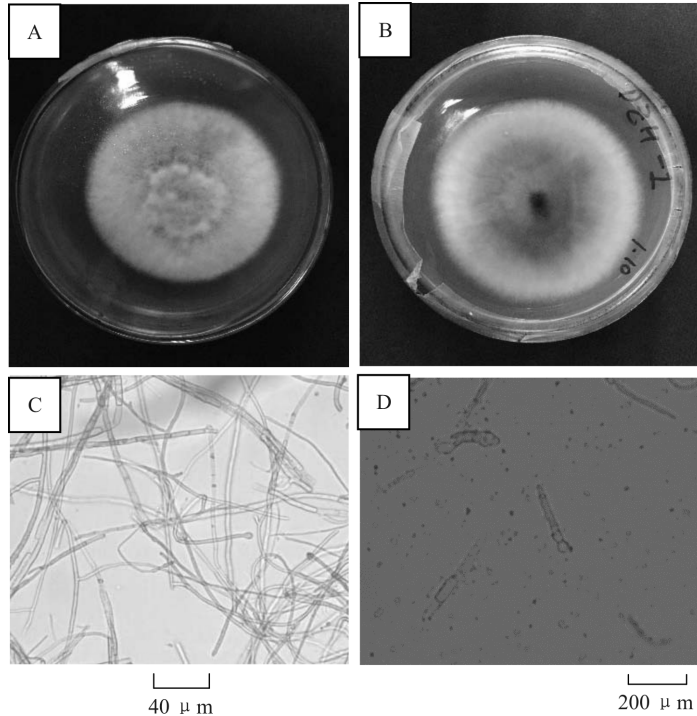
通信作者: 孙现超(1977-), 男, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要从事植物病毒学及植物病害控制研究。E-mail: sunxianchao@163.com

汪代斌(1969-), 男, 硕士, 高级农艺师。E-mail: wdb_67981590@sina.com

个种是从腐烂植株上分离得到的腐生菌,而多主棒孢霉 *Corynespora cassiicola* (Berk&M. A. Curtis)C. T. Wei 是该属内发现最早、寄主最广的种,最早见于茄科植物,可侵染多种寄主植物^[3-4]。

1.2 多主棒孢霉的形态特征

在 PDA 培养基上,菌落表现为白色(图 1),在培养基表面大多会形成毡毛状的菌丝层,中心菌丝凹陷而外圈突出,中心菌丝呈现红色,长时间培养菌落有红色分泌物^[5-7]。显微镜下观察菌丝分枝,有隔膜。分生孢子梗单支,单生或丛生,排列稀疏,大小为 $81\sim 218(140\pm 33)\mu\text{m}\times 4\sim 9(6.7\pm 1.0)\mu\text{m}$ ^[8]。分生孢子浅褐色,常单生,偶有 2 个串生于分生孢子梗顶端。分生孢子形态有 2 种类型:直立或稍弯,圆柱形或倒棍棒形^[9]。



A: 菌落正面; B: 菌落背面; C: 菌丝; D: 分生孢子

图 1 多主棒孢霉菌落特征与菌丝、分生孢子形态

2 寄主植物

2.1 大戟科

多主棒孢霉可侵染大戟科的木薯和橡胶树。

2.1.1 木薯棒孢霉叶斑病

木薯属灌木状多年生作物,耐旱抗贫瘠,种植广泛,是全球 3 大薯类作物之一,也是热带地区第 3 大粮食作物和全球第 6 大粮食作物。木薯有“淀粉之王”的美誉,在热带地区是居民日常饮食不可缺少的食物材料。我国对木薯进行引种培育始于 19 世纪 20 年代,目前栽培地分布于广西壮族自治区、广东省以及海南省,在华南地区栽培面积超过 4 万 hm^2 ^[10]。我国鲜木薯总产量的 70% 用于淀粉和乙醇的生产,是中国热带地区生物能源和粮食安全等相关产业的物质基础,对当地经济发展具有重要意义。2008 年裴月令等在中国木薯主产区的病害普查过程中新发现了一种叶斑病,症状表现为木薯叶面形成近似圆形或者不规则形状的病斑,木薯叶片受损,严重影响木薯的产量^[11]。木薯叶斑病最初发生时表现为一个带黑点的黄色的小晕圈,随后病斑扩大,中央区域变黑褐色,后期病斑进一步扩大,中央区域白色纸质化并伴有穿孔现象。采集发病叶片,从病健交接处进行病原物分离。分离纯化病原物进一步从分子水平证明了病原物为山扁豆生棒孢^[12]

(即多主棒孢霉)。

2.1.2 橡胶树棒孢霉落叶病

病原菌为多主棒孢霉(*Corynespora cassiicola*),是对橡胶林危害较大的病害.该病害于1958年首次在印度 Kottayam 邦橡胶树实生苗圃^[13]发现.随后,1960年在马来西亚、1969年在尼日利亚、1980年在印度尼西亚,至今在斯里兰卡、泰国、越南、中国等主要植胶国家均有不同程度发生^[14].2007年,蒲金基等在海南的儋州和云南的河口地区首次发现了棒孢霉落叶病在苗圃和幼龄树上发生为害^[15].该病害的发生以苗圃地为重,但在割胶林地也有发生,主要表现为大面积叶片脱落.橡胶棒孢霉落叶病主要侵染橡胶叶片和枝条,造成橡胶树周年反复落叶甚至幼树死亡,严重降低干胶产量^[16-17].2007年11月底,海南儋州橡树林感病面积扩大到 57.73 hm²,最高发病率达 94%^[18].该病害流行暴发迅速,在发病初期没有采取有效措施防控,后期基本无法控制病害流行,加之该地区气候条件适宜,加速了病原菌的田间传播,基本上是一旦发病全田皆毁.

2.2 茄科

2.2.1 茄子棒孢霉叶斑病

1991年我国首次报道该病在海南儋州等地区零星分布^[19].2001年,李明远等报道茄子棒孢霉叶斑病在辽宁海城地区保护地发生,导致茄子产量大幅度下降,经鉴定,病原菌为山扁豆生棒孢.2011年,高苇等对引起山东和辽宁两大茄子主产区的茄子棒孢叶斑病进行病原鉴定,确定其为多主棒孢霉^[20],其为害症状为叶片上形成不规则的褐色斑点,通常在病斑边缘产生浅黄色晕圈,随着病害加重叶片大量脱落,同时,茄子茎秆形成椭圆形黑斑,影响光合产物积累,进而影响茄子的产量.总的来说,目前,我国对茄子棒孢霉叶斑病的病原鉴定工作开展得比较多,但对引起该病害的病原菌生物学特性研究甚少.对该病主要还是采用化学防治,对其他防治方法的研究较少.

2.2.2 烟草棒孢霉叶斑病

1973年在尼日利亚第1次发现,发生当年即造成重大经济损失,据统计,局部烟区发病率在15%以上.1998年,在我国贵州省的三都县、湄潭县、瓮安县3个烟草种植区首次发现烟草棒孢霉叶斑病,并且发生严重,烟叶损失率达到15%~30%^[21].2007年,张中义等将引起烟草棒孢霉叶斑病的病原菌鉴定为山扁豆生棒孢(多主棒孢霉)^[22].由多主棒孢霉引起的烟草棒孢霉叶斑病与烟草赤星病、烟草蛙眼病容易混淆.烟草赤星病在烟株苗期侵染发病,而烟草棒孢霉叶斑病主要危害成株期的中下部叶片,侵染初期表现为一个浅绿色的小点,后转为褐色斑块,褐色斑外围形成浅黄色的无边界圈.随着病程发展小型病斑连接成较大的褐色斑块,有的斑块中间有明显的轮纹,有的则没有.当湿度较大时,病斑中心产生深褐色或黑色霉状物,其为病菌分生孢子和分生孢子梗.叶脉在受害时变为褐色或者黑褐色并形成向下陷的条斑,发病烟叶采烤后质量降低,直接影响经济效益^[23-24].该病通常在7月初雨季后大暴发,一旦发生全田发病,产量尽失.根据现有报道,该病害有向全国其他烟区扩散的趋势.

2.3 葫芦科

2.3.1 黄瓜棒孢霉叶斑病

黄瓜棒孢霉叶斑病(Cucumber target leaf spot)是近几年发生的一种新的黄瓜叶部病害,病原物为多主棒孢霉.该病造成减产20%,严重者达到70%^[25-27].1906年,欧洲首次报道了黄瓜棒孢霉叶斑病,随后,1957年在美国发现该病害,1960年,首次在我国发现黄瓜棒孢霉叶斑病^[28].当时蔬菜保护地中黄瓜种植面积小,该病较为少见且与其他叶部病害容易混淆,未能引起足够的重视.直到20世纪90年代,该病害在辽宁省瓦房店市大面积暴发,造成严重损失,黄瓜棒孢霉叶斑病才被列为蔬菜保护地黄瓜的主要病害而引起广泛关注^[29].由于黄瓜种植遍及全国,该病害也在全国范围多有发生^[30].黄瓜棒孢霉叶斑病多在黄瓜生长的中、后期发生,主要为害叶片,随着病程进展可以侵染叶柄、藤蔓和果实.受侵染叶片初产生暗绿色或暗褐色小点,之后迅速扩大成直径2~3 mm 浅褐色的多边形角斑.病斑继续扩大,颜色变浅,有褐色边缘,轮纹较少或者不明显,成熟病斑直径可达10~20 mm,观察叶脉发现叶部网格明显,叶脉颜色加深,在叶片正面形成颗粒状突起,少数显现出轮纹,病斑整体褐色,中央灰白色、半透明,叶片极易破碎.空气湿度

较大时, 叶片背面病部产生大量黑色霉层. 温度、湿度适宜时, 病斑扩展迅速, 边缘呈水渍状, 受损叶片呈现灰绿色. 叶柄和主脉受到侵染, 其上病斑为褐色至黑色凹陷条斑, 叶片藤蔓相继干枯而提早“拉秧”^[31].

2.3.2 甜瓜棒孢霉叶斑病

甜瓜棒孢霉叶斑病是甜瓜上的一类次要病害, 主要发生在甜瓜生长的中后期, 由于果实抗病能力较强, 叶斑类病害对其产量影响不大. 2011 年, 王爽等在对海南水果种植区进行病害调查时发现, 甜瓜棒孢霉叶斑病发病率在 30%~50%, 相邻蔬菜种植区豇豆轮纹病发病率为 20%~30%^[32], 2 种病害由同一种病原物引起. 三亚作为中国反季节农作物的主要栽培区, 种植多种葫芦科作物, 此病害是否会在不同农作物上交叉感染, 或者几种叶部病害复合侵染, 进而对其他瓜果蔬菜生产造成影响值得我们关注^[33].

3 棒孢霉叶斑病的发病规律

棒孢霉叶斑病可通过空气或雨水传播, 分生孢子侵入叶片不需要伤口, 可从自然孔口穿透表皮侵入, 潜育期为 5~7 d^[34]. 而 Agarwal, Komaraiah 和 Madhavi 等的研究表明, 分生孢子常被大量吸引到新叶伤口部分. 分生孢子萌发产生芽管侵染植物后刺激寄主分泌出纤维素酶、半纤维素酶、果胶酶等多种化学物质, 它们可以破坏寄主细胞, 加快细胞死亡. 棒孢霉叶斑病病原菌通过种子带菌方式进行远距离传播, 病原菌的休眠菌丝可以在种子表皮或种皮内长期潜伏. 分生孢子形态有 2 种, 一种是棒槌形, 另一种是长圆柱形. 接种试验证明, 两种形态分生孢子都具有侵染力.

多主棒孢霉多侵染植物叶片, 初侵染后在寄主受害部位生成新的分生孢子, 分生孢子借助风雨向周围蔓延, 条件适宜时, 一个生长季病菌可多次侵染, 使病害不断加重^[4]. 6 月下旬到 8 月下旬是发病期, 适于病害流行的温度在 24~32 °C. 多主棒孢霉菌丝最适生长温度为 27 °C, 最适产孢温度为 30 °C^[35]. 高温、高湿有利于该病的发生、蔓延, 一旦发生难以控制. 病原分生孢子一般以棒槌形为主, 湿度可影响其形态, 在 22~25 °C 连续保湿 60 h 后, 长圆形分生孢子则占多数^[36]. 不同寄主植物分离得到的棒孢霉生理特性略有差异, 该病原菌的遗传特性需进一步研究.

4 棒孢霉叶斑病的防治

4.1 选育抗病品种

选用抗病品种是防治棒孢霉叶斑病最有效的措施, 主要方法为系统选育和杂交育种. 目前, 对抗橡胶棒孢霉落叶病品种的选育研究较为深入^[37-38], 而其他寄主对棒孢霉叶斑病的抗病育种工作开展有限. 利用高抗和高感亲本杂交以及回交世代的抗病性分析结果表明, 黄瓜棒孢霉叶斑病抗病性是由单隐性基因控制, 感病性状相对于抗病性状为不完全显性. 王惠哲等通过黄瓜苗期抗病性鉴定获得野生抗病品种 XL6-3 和 66B^[39]. 研究表明, 现有抗病品种对棒孢霉叶斑病都不是完全免疫的, 在病原接种量大时, 植物仍会严重发病. 因此, 将抗病品种选育、栽培管理、合理轮作等防治措施相结合, 才能更好防控病害, 保障作物产量.

4.2 化学防治

在病害潜育期、发病初期采用合适的化学药剂处理可有效抑制病原菌侵染, 控制病害蔓延. 目前, 对棒孢霉叶斑病有较好防控效果的化学药剂主要有百菌清、代森锰锌、苯醚甲环唑、甲基硫菌灵、咪鲜胺、甲霜灵、多菌灵、吡唑醚菌酯等^[40]. 药剂的精准使用也是病害防控的关键. 研究表明, 土表以上 0~10 cm 是烟草棒孢霉菌主要存在区域, 因此该区域也是药剂处理的重点. 必须强调的是, 任何病害都不可能依靠单一药剂解决, 植物病害的化学药剂防控要注意药剂的轮换使用, 以及多种药剂的复配和组合使用, 只有这样才能有效发挥药剂的控病效果, 最大限度避免病原抗药性的产生. 当田间烟株感病率超过 3% 后, 化学药剂防控效果将会大大降低, 因此, 在栽培过程中, 应做好早期防护和及时施药控制. 田间试验表明, 百菌清和代森锰锌复配剂在作物生长期进行保护性喷施, 可有效防控棒孢霉叶斑病的发生.

4.3 生态防治

对棒孢霉叶斑病的防治除选育抗病品种和化学防治外, 可结合生态防治的方法进行. 例如, 对于烟草, 应密切关注病害发展趋势, 尽早采收底脚叶和下二棚叶片; 作物收获后, 及时清理、烧毁或深埋病残体可

减轻病害发生;进行合理轮作,由于多主棒孢霉菌丝体、分生孢子能够在田间病残体或土壤中存活 2 年左右,因此,寄主作物与非寄主作物进行 2 年以上轮作,可降低田间病原菌基数,减少初侵染源。

5 展望

目前对棒孢霉叶斑病的病原菌多主棒孢霉的相关研究尚处于初始阶段,病原菌的初侵染源尚未明确,种内生理遗传特性尚未进行系统研究。棒孢霉叶斑病寄主范围十分广泛,传播速度极快,越来越多的新奇主被报道。近年来,该病由我国东南沿海逐渐向西部内陆扩散,由热带地区向亚热带地区扩散,由局部发生向全国性发生转化,其发生和为害值得重视。同时,棒孢霉叶斑病具有前期表现不明显,中后期突然暴发,易与其他叶部病害发生复合侵染,病原菌自身极易发生变异产生抗药性等特点,导致该病难以防治。因此,建立棒孢霉叶斑病田间快速诊断技术、研究病原菌抗药性机制、构建棒孢霉叶斑病绿色防控体系将会为棒孢霉叶斑类病害的有效防控提供重要的理论依据和技术支撑。

参考文献:

- [1] WEI C T. Notes on *Corynespora*[J]. Mycology Paper, 1950, 34:1-9
- [2] NIDHI S, SANJAY S. An Appraisal of Morphotaxonomic Species Diversity in *Corynespora Mazei* Gussow in Indian Sub-Continent[J]. Frontiers of Fungal Diversity in India, 2003(1):607-638
- [3] MA J, ZHANG X G. Three New Species of *Corynespora* from China[J]. Mycotaxon, 2007, 99:353-358
- [4] 李宝聚,赵彦杰,于淑晶,等.李宝聚博士诊病手记(六)2008年秋季河北青县黄瓜棒孢叶斑病大发生[J].中国蔬菜,2008(11):51-52,66.
- [5] ONESIROSAN P T. Host Specificity of Nigerian and North American Isolates of *Corynespora cassiicola* [J]. Phytopathology, 1974, 64(10): 1364.
- [6] SPENCER J A, WALTER H J. Variations in Certain Isolates of *Corynespora Cassiicola*[J]. Phytopathology, 1969, 59: 58-60.
- [7] SCHLUB R L, SMITH L J, DATNOFF L E, et al. An Overview of Target Spot of Tomato Caused by *Corynespora cassiicola* [J]. Acta Horticulturae, 2009(808): 25-28.
- [8] 房德纯,傅俊范.黄瓜褐斑病病原与发病情况调查研究初报[J].植物保护,1994,20(3):23-24.
- [9] ELLIS M B. Some Species of *Corynespora*[J]. CMI Mycology Paper,1957,65:1-15.
- [10] 农业部农垦局.木薯优势区域布局规划[R].主要热带作物区域布局规划(2007—2015),2007.
- [11] 裴月令,时涛,李超萍,等.木薯褐斑病病原鉴定及其生物学特性研究[J].热带作物学报,2013,34(5):927-934.
- [12] 李开绵,林雄,黄洁.国内外木薯科研发展概况[J].热带农业科学,2001,21(1):56-60.
- [13] DE OLIVEIRA CAETANO A, DINIZ R L C, LEMES N M, et al. SYMPTOMATOLOGY, HOSTS, AND PATHOGENICITY OF *Corynespora cassiicola* [J]. Journal of Neotropical Agriculture, 2018, 5(2): 48-53.
- [14] PU J J, ZHANG X, QI Y X, et al. First Record of *Corynespora* Leaf Fall Disease of Hevea Rubber Tree in China [J]. Australasian Plant Disease Notes, 2007, 2(1): 35.[LinkOut]
- [15] 张欣,蒲金基,谢艺贤,等.巴西橡胶树棒孢霉落叶病发生情况调查[J].植物检疫,2007,21(6):372-373,328.
- [16] 张贺,蒲金基,张欣,等.巴西橡胶树棒孢霉落叶病病原菌的生物学特性[J].热带作物学报,2007,28(3):83-87.
- [17] 张开明.橡胶树棒孢叶斑病[J].热带农业科技,2006,29(1):27-29.
- [18] 卢昕,彭建华,张科立,等.巴西橡胶树主要种质对棒孢霉落叶病抗性评价[J].热带作物学报,2007,28(4):73-77.
- [19] 黄朝豪,李增平.海南岛蔬菜病害种类调查及病原鉴定[J].热带作物研究,1991,11(2):61-70.
- [20] 高苇,李宝聚,石延霞,等.茄子棒孢叶斑病病原菌鉴定及致病性研究[J].植物病理学报,2012,42(2):113-119.
- [21] 胡蓉花,付宗仁,凡中良,等.吉安烤烟棒孢霉叶斑病发生规律及药剂防治试验[J].广东农业科学,2016,43(12):64-69.
- [22] 张中义,李继新,美国经,等.烤烟棒孢霉叶斑病病原菌鉴定[J].中国烟草学报,2008,14(6):44-47.
- [23] 美国经,梁贵林,李继新,等.贵州烤烟棒孢霉叶斑病病原菌的越冬规律[J].贵州农业科学,2007,35(2):71-73.
- [24] 美国经,张中义,梁贵林,等.贵州烤烟棒孢霉叶斑病的发生与发展[J].烟草科技,2007,40(8):56-60.
- [25] 刘鸣滔.黄瓜褐斑病病原及病理生理研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2005.
- [26] 于淑晶,王满意,田芳,等.黄瓜棒孢叶斑病的防治及抗药性研究进展[J].农药,2014,53(1):7-11,33.
- [27] 吴桥.黄瓜褐斑病菌(*Corynespora cassiicola*)生物学特性、遗传多样性及防治基础研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2017.
- [28] 纪军建,张小凤,王文桥,等.黄瓜褐斑病化学药剂防治研究进展[J].河北农业科学,2010,14(8):28-31.
- [29] 杨双娟,顾兴芳,张圣平,等.黄瓜棒孢叶斑病(*Corynespora cassiicola*)的研究概况[J].中国蔬菜,2012(4):1-9.
- [30] 姚玉昆,金刚,陶景光,等.黄瓜褐斑病发生规律及寄主范围研究[J].辽宁农业科学,2001(5):42-43.

- [31] 付海朋, 李淑菊, 王惠哲. 黄瓜褐斑病菌室内药剂筛选试验 [J]. 中国瓜菜, 2011, 24(4): 32-34.
- [32] 王 爽, 黄贵修, 李博勋, 等. 甜瓜棒孢叶斑病病原菌鉴定及其生物学特性研究 [J]. 热带作物学报, 2013, 34(12): 2446-2452.
- [33] 杨 苗. 我国蔬菜棒孢叶斑病病原菌多样性研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2013.
- [34] 韩小爽, 高 苇, 傅俊范, 等. 李宝聚博士诊病手记(三十五) 黄瓜棒孢叶斑病的诊断与防治 [J]. 中国蔬菜, 2011(9): 20-21.
- [35] 田雪亮, 刘鸣韬, 徐瑞富. 多主棒孢霉分生孢子萌发因素的研究 [J]. 吉林农业科学, 2006, 31(5): 39-41.
- [36] 肖 敏, 曾向萍, 严婉荣, 等. 节瓜褐斑病病原鉴定及生物学特性 [J]. 分子植物育种, 2016, 14(11): 3183-3189.
- [37] 刘培培, 刘子凡, 刘乔颖, 等. 木薯器官及其混合物水浸提液对橡胶树棒孢霉落叶病病菌的化感作用 [J]. 热带作物学报, 2018, 39(2): 338-342.
- [38] 李博勋, 刘先宝, 林春花, 等. 国内橡胶树主要种质对棒孢霉落叶病的抗性评价 [J]. 植物保护, 2014, 40(5): 86-92.
- [39] 王惠哲, 李淑菊, 杨瑞环, 等. 兼抗棒孢叶斑病和黑斑病黄瓜育种材料筛选 [J]. 中国瓜菜, 2016, 29(2): 10-12, 26.
- [40] 覃 茜, 谭海文, 袁高庆, 等. 杀菌剂对烤烟棒孢霉叶斑病菌的作用测定 [J]. 广西植保, 2015, 28(2): 1-3.

Progress in Researches of *Corynespora* Leaf Spot

LI Han¹, RAN Mao^{2,3}, CHEN Hai-tao², WU Jie³, ZHANG Shuai⁴,
XU Chen², YANG Chao², WANG Dai-bing², SUN Xian-chao¹

1. School of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Chongqing Tobacco Science Research Institute, Chongqing 400715, China;

3. Fuling Tobacco Company of Chongqing, Fuling Chongqing 408000, China;

4. Youyang Tobacco Company of Chongqing, Youyang Chongqing 409800, China

Abstract: *Corynespora cassiicola* is an important plant pathogenic fungus, with a wide host range of more than 530 plant species. The epidemic outbreaks of *Corynespora* leaf spot occur on many crops such as Euphorbiaceae, Solanaceae and Cucurbitaceae, and bring a severe threat to crop production. In order to provide references for the researches and control of *Corynespora* leaf spot, this paper summarizes the current achievements and problems in the diagnosis and control of this disease, describes its taxonomy status and morphological characteristics, enumerates its major host plants, and introduces the characteristics of the epidemics and the methods for its control.

Key words: *Corynespora* target leaf spot; *Corynespora cassiicola*; progress in research

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2020.01.005

烟草青枯病与黑胫病绿色防控关键技术^①

丁 伟

西南大学 植物保护学院, 重庆 400715

摘 要: 推进烟草青枯病(Tobacco Bacterial Wilt)和黑胫病(Tobacco Black Shank)的绿色防控是烟草绿色防控重大专项实施的重要目标任务之一。本文明确了烟草青枯病和黑胫病绿色防控的指导思想,介绍了监测预警的基本方法,提出了土壤改良和品种选择的基本对策;系统介绍了以微生态调控为核心,以育苗基质拌菌、有机肥拌菌、抗性诱导和营养平衡为主导的“4 个平衡”控制病害的绿色防控技术;并配套了精准用药的主要方法,总结出了青枯病黑胫病绿色防控操作规程。对于全面推进烟草青枯病和黑胫病的绿色防控具有重要的指导意义。

关键词: 烟草青枯病;烟草黑胫病;绿色防控;4 个平衡

中图分类号: S435.72 **文献标志码:** B **文章编号:** 1007-1067(2020)01-0021-06

烟草青枯病(Tobacco Bacterial Wilt)和黑胫病(Tobacco Black Shank)是烟草 2 种代表性的根茎部病害,都属于土传的系统性病害,在我国主产烟区常年发生,局部地区造成严重损失,是我国烟草绿色防控的重要靶标对象,也是最为重要的防控靶标。根据我们多年的研究结果,控制该类病害单一的措施防治效果很有限,甚至很不理想,仅仅盯着病原进行防控,效果也不理想,根本的出路在于采取综合治理的方法,从土壤健康维护入手,以根际微生态调控为核心,全面推进绿色防控技术的落地实施,才能达到预期的目的^[1]。本文系统总结了青枯病和黑胫病绿色防控的经验,供各地在推进烟草绿色防控的过程中参考。

1 青枯病黑胫病绿色防控的指导思想

以根际微生态调控为核心,构建土壤酸碱平衡、营养平衡、微生态平衡、品种抗性平衡的“4 个平衡”。

通过早期监测预警、种植抗病品种、无病健康烟苗及加强栽培管理的预防措施,形成病原鉴定清晰、传播途径阻断有力、微生态平衡稳定、生物屏障强大有效的防控体系。

重点推进土壤调酸和有机肥增施,育苗基质拌菌和有机肥拌菌,微量元素补充和必要的抗性诱导等技术措施的有效实施,将病害控制在引起明显经济损失的水平以下。

2 监测与预警

2.1 关于病原菌的定性监测

2.1.1 青枯病菌快速检测

美国阿格迪(Agdia[®])公司生产的检测试纸条(ISK33900)用于室内及田间青枯病疑似样品的初步筛查。检测过程如图 1 所示,只有当质控线(上)和检测线(下)同时显红色(+)表明液体含青枯菌,当只有质控线变红(—)时表明无青枯病菌,其余情况(×)表明本次检测无效,需重新检测(图 1)。

① 收稿日期: 2020-02-26

基金项目: 国家烟草专卖局重大专项(110201901042LS-05)。

作者简介: 丁 伟(1966—),男,教授,博士生导师,主要从事天然产物农药和植物微生态过程与调控研究。E-mail: dingw@swu.edu.cn

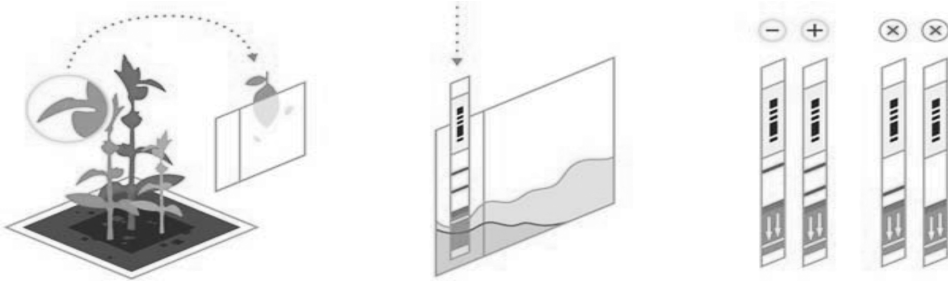


图 1 试纸条快速检测青枯病菌示意

2.1.2 黑胫病菌检测

将从烟草病组织相对纯化的菌丝移入 0.1% KNO_3 溶液中, 在 23 °C 下光照培养 3 d, 可形成大量孢子囊; 再放入黑暗中 4 °C 培养 10~15 min 后取出, 在室温下 30 min 即有大量游动孢子释放, 确定是否为烟草黑胫病菌。

2.2 预测预报

2.2.1 青枯病的预测预报

当观察到大田烟株发病率达 0.5% 时, 及时发出预报; 土温达 25 °C 左右时, 阴雨后突然放晴, 则病害盛发. 烟草青枯病田间发生程度分级标准见表 1.

2.2.2 黑胫病的预测预报

降雨和流水是病菌孢子传播的重要因子, 相对湿度保持在 80% 以上 3~5 d, 容易出现发病高峰^[2]. 烟草黑胫病田间发生程度分级标准见表 1.

表 1 烟草青枯病和黑胫病田间发生程度分级指标

级别	0 (无发生)	1 (轻度发生)	2 (中等偏轻发生)	3 (中等发生)	4 (中等偏重发生)	5 (严重发生)
病情指数	0	0~5	5~20	20~35	35~50	>50

3 基础防控措施

3.1 注意品种抗性, 恰当进行品种布局

目前规模化种植的烟草品种对根茎病害的抗性情况见表 2.

表 2 规模化种植的烟草品种对根茎病害抗性

品种	青枯病	黑胫病	根黑腐病	镰刀菌根腐病	南方根结线虫
云烟 85	感	抗	中感	中抗	中抗
云烟 87	中抗	抗	抗	中抗	中抗
K326	中抗	高抗	抗	抗	抗
K346	高抗	高抗	抗	抗	抗
翠碧 1 号	感	中感	感	感	—
红花大金元	感	感	感	感	中抗
秦烟 96	抗	高抗	抗	抗	中感
中烟 100	抗	高抗	易感	感	中抗
NC89	中抗	抗	抗	中抗	抗

3.2 推行良好农业规范, 实现健康栽培

实行轮作, 种植烟草 2~3 年后换种禾本科作物或其他非寄主作物 1 年, 避免与茄科作物轮作; 或与非寄

主作物间作或套作;合理密植,保证田间植物冠层通透性;做好开沟排水,实行高垄栽培(垄高 30~40 cm),降低土壤湿度;合理施肥,减少使用氮肥,增施磷钾肥,避免烟苗徒长;适时抹芽和打顶;对农具(特别是病田使用过的农具)进行消毒处理;生长期进行田间调查,发现病株及时拔出,带出田间销毁;及时中耕除草,防治地下虫害和其他病害。

3.3 调节土壤 pH 值,避免土壤酸化,平衡土壤酸碱度

3.3.1 牡蛎硅粉和植物质材料调酸

每 667 m² 施用牡蛎硅粉 50 kg+植物质材料 50 kg 混匀后起垄时条施;也可以在使用有机肥时,均匀地混合做底肥施用.注意一定要撒施均匀;pH 值低于 5.5 的地块要加大牡蛎粉的用量。

3.3.2 生石灰调酸

生石灰粉碎,大部分通过 100 目筛,于起垄前将生石灰和有机肥分别撒施于田块,然后耙耕后和土壤混合均匀. pH 值 4.5~5.0 的地块每 667 m² 用 200 kg, pH 值 5.0~5.5 的地块每 667 m² 用 130 kg, pH 值 5.5~5.9 的地块每 667 m² 用 65 kg. 注意,石灰调酸地块检测锌,避免烟草缺锌;pH 值大于 6 的不需要用石灰调酸;石灰调酸不能年年连续处理。

4 绿色防控措施

4.1 育苗基质拌菌,抢占生态位,平衡根际微生态

选用拮抗菌剂,特别是复合微生物菌剂进行育苗基质拌菌,抢占根际生态位,平衡根际微生态,构建烟株健康的生物屏障;具有促苗、壮苗、齐苗、促根等多方面作用,省工、省时、省钱;该方法适合各类育苗方式,对田间根茎病害发生有显著的抑制作用^[3]。

4.1.1 菌剂选择

针对根茎病害的组合菌剂可用 100 亿个/g 苗强壮可湿性粉剂;针对青枯病可选用 3 000 亿个/g 荧光假单胞杆菌粉剂或者 0.1 亿 cfu/g 多黏类芽孢杆菌细粒剂;针对黑胫病可选用 10 亿芽孢/g 枯草芽孢杆菌粉剂或者 100 万孢子/g 寡雄腐霉菌可湿性粉剂;针对根黑腐病可选用孢子含量 50 亿个/g 的哈茨木霉可湿性粉剂.最好选用来源于烟草的有益菌剂组合,如苗强壮等。

4.1.2 推荐用法

育苗基质与苗强壮等菌剂混和均匀,装入育苗盘正常播种育苗即可.如因为量少不好混匀,可先用 1 kg 育苗基质与推荐剂量混匀后,再与剩余基质均匀混合。

4.1.3 推荐用量

每 667 m² 烟田(大约可种植 1 000 株烟苗)所需的育苗基质中添加菌剂量:100 亿个/g 苗强壮可湿性粉剂、10 亿芽孢/g 枯草芽孢杆菌 100 g;100 万孢子/g 寡雄腐霉菌可湿性粉剂 10 g;3 000 亿个/g 荧光假单胞杆菌粉剂 200 g;0.1 亿 cfu/g 多黏类芽孢杆菌细粒剂 500 g;50 亿个/g 孢子含量的哈茨木霉可湿性粉剂 100 g。

4.1.4 注意事项

小孔小苗育苗用量减半,要保障菌剂组合和育苗基质混合均匀,基质的疏松度和通透性良好,保持育苗池的水温和棚温,基质内不能添加对细菌有杀伤作用的药剂。

4.2 有机肥拌菌,活化有机肥,优化土壤环境

大量增施有机肥,有机肥要进行堆沤、活化,每 667 m² 不少于 100 kg 的自制有机肥.采用有益菌剂与有机肥混用,活化有机肥,促进有益微生物增殖,提升有机肥养分转化和利用率。

4.2.1 菌剂选择

针对根茎病害用的组合菌剂可选用 30 亿个/g 根茎康可湿性粉剂;针对青枯病可选用 3 000 亿个/g 荧光假单胞杆菌粉剂或者 0.1 亿 cfu/g 多黏类芽孢杆菌细粒剂;针对黑胫病可选用 10 亿芽孢/g 枯草芽孢杆

菌粉剂或者 100 万孢子/g 寡雄腐霉菌可湿性粉剂；针对根黑腐病可选用孢子含量 50 亿个/g 的哈茨木霉可湿性粉剂。

4.2.2 推荐用法

最后一次翻堆装袋时(务必确保有机肥充分腐熟)，将根茎康等菌剂混匀加到有机肥中并搅拌均匀打包，起垄采用条施，混用后尽快使用。

4.2.3 推荐用量

按照每 667 m² 用量折算，30 亿个/g 根茎康可湿性粉剂用量 1 kg，10 亿芽孢/g 枯草芽孢杆菌 500 g，100 万孢子/g 寡雄腐霉菌可湿性粉剂 100 g，3 000 亿个/g 荧光假单胞杆菌粉剂 2 kg，0.1 亿 cfu/g 多黏类芽孢杆菌细粒剂 2 kg；50 亿孢子/g 的哈茨木霉可湿性粉剂 300 g。

4.2.4 注意事项

菌剂和有机肥混用一定要混匀，最好 2 次稀释混合，要随混随用，不要在有机肥中加生石灰等杀菌材料。

4.3 烟株抗性诱导，提升烟草的抵抗力，平衡抗病性

在团棵和旺长期，采用水杨酸或者 2,6-二氯异烟酸(INA)进行叶面喷雾处理，提升烟株抗病性。

4.3.1 推荐用法

按照推荐稀释倍数配制抗性诱导物质水溶液，采用喷雾装置均匀喷施到烟叶表面。

4.3.2 推荐用量

水杨酸 2 500 倍液(水杨酸质量：药液质量=1：2 500)，2,6-二氯异烟酸(INA)按 50 mg/L 的浓度，即按有效成分稀释 20 000 倍液，每 667 m² 用药液 50 kg 均匀喷雾，施药 1~2 次。

4.4 叶面微量元素补充，平衡烟草的营养供给

注意补充钙和钼素，以叶面喷雾方式增施 Ca、Mo 矿质元素处理对烟草根茎病害均有一定的控病效果，Mo 处理最好，其次为 Ca 处理，两者对烟草青枯病、黑胫病等的发生均具有一定的推迟、延缓发病的作用。烟草旺长期采用多种微量元素的组合产品维果 7 号进行叶面喷雾增施微量元素，提升烟叶质量，同时对叶部病害也有很好的防控作用。

4.4.1 推荐用法

按照推荐稀释倍数配制成水溶液，采用喷雾装置均匀喷施到烟叶表面。

4.4.2 推荐用量

采用硝酸钙进行叶面补钙，钼酸铵进行叶面补钼，维果 7 号补充多种微量元素。用量为纯品硝酸钙 (CaN₂O₆·4H₂O)，每 667 m² 用量 100 g，稀释 500 倍进行叶面均匀喷施；纯品钼酸铵 [(NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O]每 667 m²用量 100 g，稀释 500 倍进行叶面均匀喷施；维果 7 号每 667 m² 用量 125 g，稀释 500 倍液，每 667 m² 药液喷洒量不超过 50 kg，叶面均匀喷雾。原则上，诱抗剂、元素补充和叶部病害防控常用农药三者可以混用，以减少用工。

4.5 精准用药，控制病原致病性

在发病初期可选用相应高效低毒化学药剂喷淋茎基部。

青枯病每 667 m² 可选用 52% 氯尿·硫酸铜可溶粉剂 40 g；黑胫病每 667 m² 可选用 50% 吡唑磺菌胺水分散粒剂 5~7.5 g 或 20% 噁霉·稻瘟灵微乳剂 8~12 g 或者 50% 氟吗·乙铝可湿性粉剂 80~107 g 对水 50 kg；镰刀菌根腐病每 667 m² 可选用 70% 甲基硫菌灵可湿性粉剂 50 g，对水 50 kg，喷淋茎基部。

注意事项：药剂防治一定要在表现出症状的初期或者常发区移栽后发病前施用。一旦进入发病高峰期或者发病后施药，效果就比较差。药剂防治注意轮换用药，避免抗性产生和农药残留超标。喷淋完药剂后用细土封实，可以获得理想的效果。

5 总结与建议

5.1 关于青枯病和黑胫病的绿色防控操作规程

青枯病和黑胫病的绿色防控操作规程见图2。不同措施之间的关系为一环扣一环。基础的栽培工作是绿色防控的出发点,通过调土壤的pH值,调微生物菌群结构,调大中微量元素的营养平衡,调植物的抗性和病原菌致病力之间的平衡,实现了4个平衡,就能够构建出抗御青枯病和黑胫病的强大的防御体系;最后一道防线才是采用化学药剂进行防治。

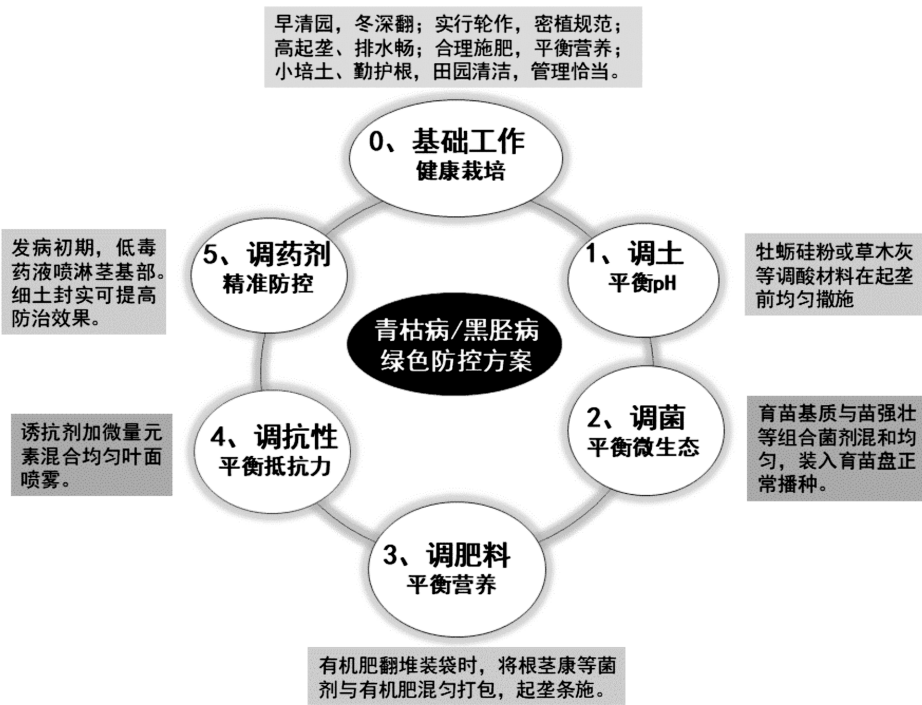


图2 青枯病黑胫病绿色防控技术流程

5.2 土壤和烟草栽培的基础维护是防控的关键^[4]

烟草的健康来自根,根的健康来自土壤,土壤的健康来自微生物,微生物的健康来自有机肥,因此,解决青枯病和黑胫病防治的根本出路在于把土壤养护好,如果土壤的基础不好,其他再好的措施,也不会有效。

5.3 必须多种措施协同运用

控制根茎病害,任何单一的措施都必须在其他条件的配合下才能发挥出最佳的作用。不要希望一个措施就能达到理想的效果。烟草根部的有益微生物菌群的构建,形成强大的生物屏障是控制病害的最为重要的技术突破点。今后需要强化有益菌的筛选和组合,形成更加有针对性的菌剂组合,并结合关键的应用技术和施用时间,可望在解决青枯病和黑胫病问题上走出一条理想的绿色防控之路。

参考文献:

- [1] 丁伟,刘颖.植物医学的新概念——免疫调控[J].植物医生,2019,32(5):1-8.
- [2] 丁伟.烟草有害生物的调查与测报[M].北京:科学出版社,2018.
- [3] 丁伟,刘晓姣.植物医学的新概念——生物屏障[J].植物医生,2019,32(1):1-6.
- [4] 丁伟,李石力.植物医学的新概念——土壤免疫[J].植物医生,2019,32(2):1-7.

Key Technologies for Green Prevention and Control of Tobacco Bacterial Wilt and Tobacco Black Shank

DING Wei

School of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: To promote the green control of tobacco bacterial wilt and tobacco black shank is one of the important objectives of the implementation of major projects of tobacco green control. This paper clearly defines the guiding ideology of green control of tobacco bacterial wilt and tobacco black shank, introduces the basic methods of their monitoring and early warning, puts forward the basic countermeasures of soil improvement and variety selection, and systematically introduces the “four-balance” green control technology with micro ecological control as the core, seedling substrate mixed with bacteria, organic fertilizer mixed with bacteria, resistance induction and nutrition balance as the leading role. Accordingly, the main methods of precise bactericide and fungicide use are recommended, and the operation procedures of green prevention and control of the two plant diseases are summarized.

Key words: tobacco bacterial wilt; tobacco black shank; green control; “four-balance” green control technology

农业农村部、海关总署、国家林草局联合制定预案 科学有效应对境内外蝗虫威胁

近日，农业农村部、海关总署、国家林草局三部门联合制定印发《沙漠蝗及国内蝗虫监测防控预案》。《预案》指出，虽然专家分析认为，沙漠蝗迁飞入侵我国的几率很小，但仍须从底线思维和风险意识出发，统筹做好境内外蝗虫防治工作。各地要按照主动预防、内外结合、分类施策、有效处置的总体要求，坚持“两手抓”，既严防境外沙漠蝗入侵危害，又继续做好国内蝗虫防治，加强监测预警，全面排查蝗灾隐患，突出区域治理和科学防控，做到早发现、早预警、早防治。

《预案》提出，努力确保境外沙漠蝗不迁入造成危害，努力确保国内蝗虫不暴发成灾，全力夺取小康之年粮食丰收，有效保障生态安全。边境地区沙漠蝗迁入风险点监测覆盖率和应急防治处置率达到 100%；国内飞蝗防治处置率达到 90%，农牧区土蝗防治处置率达到 80%，总体危害损失率控制在 5% 以内。

《预案》强调，关于国外沙漠蝗监测防控，要在云南、西藏、新疆等可能迁入区布点监测虫情，及时预警。按照迁入风险，设定应急防治任务，配套组建专业防治队伍，储备应急防控物资。农业农村、海关和林草部门依据各自职责范围分别做好农区、口岸和森林草原监测工作，积极开展沙漠蝗防治国际合作，建立信息交换机制，提前预判迁入我国的可能。关于国内农区蝗虫监测防控，要全面排查国内蝗情隐患，按照中等偏重发生程度，提升防治准备级别，对高密度发生区实施化学应急防治，对中低密度发生区实施生物防治和生态控制，确保飞蝗不起飞成灾、土蝗不扩散危害。要排查重点区域蝗虫隐患，完善蝗虫应急防治设施设备，提升应急队伍防控能力，采取统防统治、联防联控和群防群治相结合，全面控制危害。组织调度储备防控物资，确保蝗虫防治需要。关于国内草原蝗虫监测防控，要排查内蒙古、新疆、四川等国内主要草原的蝗灾隐患，加强监测预警，做好防治物资准备，强化应急响应，强化中哈中蒙边境蝗虫监控，在重点迁飞落点做好防治准备工作。

农业农村部、海关总署、国家林草局表示，我国有成功的蝗虫防治经验，要按照严密监测、严防死守、积极控外、科学应对的防范策略，严密防范沙漠蝗入侵危害，做到以防万一，有备无患。下一步将加强区域之间和部门之间的协作配合，工作再加紧，措施再加强，科学有效应对境内外蝗虫威胁。

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2020.01.006

螨类化学控制存在的问题及其对策^①

周 红, 丁 伟

西南大学 植物保护学院, 重庆 400715

摘 要: 农业害螨具有个体小、繁殖快、代数多、适应性强、易产生抗药性等特点, 是公认的最难防治的有害生物群落之一。化学控制仍将是防止螨类猖獗危害的一个重要手段。本文系统介绍了螨类化学控制的发展、主要杀螨剂品种及使用方法、杀螨剂应用存在的问题及对策, 并展望了螨类化学控制中新型杀螨剂的创制和应用, 对农业害螨的化学控制具有重要指导意义和价值。

关键词: 农业害螨; 化学控制; 问题与对策; 杀螨剂

中图分类号: S433.7

文献标志码: A

文章编号: 1007-1067(2020)01-0027-06

农业螨类属于节肢动物门, 蛛形纲(Arachnida), 蜱螨亚纲(Acari)。在农林业生产以及农产品储藏过程中, 螨类的发生和危害十分严重, 其中, 棉花、果树、蔬菜、茶叶等受害最重^[1-3]。植食性螨类害虫具有个体小、繁殖快、代数多、适应性强、易产生抗药性等特点, 是公认的最难防治的有害生物群落之一^[4-5]。

鉴于螨类的发生危害越来越严重, 使用药剂控制螨类猖獗危害仍将是一个重要的防控手段^[6]。抗药性、新型杀螨剂种类有限以及杀螨剂的使用技术更新滞后等原因, 导致药剂的滥用、污染的加剧以及防治害螨更加困难, 因此, 生产上更加迫切需要高效、安全、经济、使用方便的绿色杀螨剂。人们根据害螨特性和发展规律, 在其控制过程中, 不断开发出一些新型作用机制的杀螨剂品种。到目前为止, 虽然已经有一些研制成功的杀螨剂如达螨酮等品种上市, 但与有效控制螨类危害的需求相比, 杀螨剂不仅存在种类少、杀螨效果不理想的问题, 而且大多数杀螨剂都面临作用机制单一、专一性程度低、容易诱发螨类产生抗药性等问题^[7-8]。总之, 杀螨剂发展的历史, 事实上是克服害螨抗药性发展的历史。特别值得注意的是, 就目前情况来看, 我国在螨类控制剂的研究上, 基本还处于起步阶段, 新型杀螨剂的创制研究还是一片空白^[7-9]。因此, 加快开发新型作用机制的新型杀螨剂和合理使用不同作用机制的杀螨剂是控制螨害的重要策略。

1 螨类化学控制的发展

1.1 天然矿物及无机杀螨剂时期

1918 年之前, 中国使用了数千年的硫磺可用于防治各种活动阶段的螨类^[10]。特别重要的是, 用硫磺粉和石灰硫磺合剂防治瘿螨科和细须螨科类具有很好的防治效果; 此外, 使用硫磺防治附线螨科的多食附线螨属或者叶螨科的东方叶螨属、小爪螨属和真叶螨属也有较好的防效。时至今日, 硫磺仍然在葡萄园中作为一种杀螨剂使用。作为广谱性的一种无机农药, 磷酸钙在有机农药发现之前, 也曾经作为一种杀螨剂来控制害螨^[11]。

1918 年之后, 石油乳剂被发现用来灭杀包括榆全爪螨(*Panonychus ulmi*)和苔螨的卵^[12]。然后, 到

① 收稿日期: 2020-02-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(31972288)。

作者简介: 周 红(1990—), 男, 博士研究生, 主要从事植物源杀螨剂毒理学研究。E-mail: 2511600743@qq.com

1930 年左右,石油类和二硝基化合物同时用来灭杀螨卵.例如,对硝基苯酚与矿物油混合可以用于清除果园中越冬的螨卵,其是较早使用的杀螨剂之一.但是,由于二硝基化合物对植物具有毒性而受到限制.此外,1945 年前后,偶氮苯(azobenzene)作为熏蒸剂或烟雾剂,其可在花房或温室中防治幼螨和螨卵,且被推荐作为专用的杀螨剂^[9].然而,偶氮苯(azobenzene)对包括玫瑰和文竹的多种观赏植物有药害;此外,其对哺乳动物有慢性毒性,故逐渐被淘汰.

1.2 有机合成杀螨剂时期

1944 年,化学杀螨剂一氯杀螨砞(sulphenone)的发现开启了有机合成杀螨剂创制的新篇章.其是美国 Stuffer 化学公司创制的^[13].1945 年之后,由于有机磷杀虫剂同时具有杀螨作用,在全世界范围内其迅速成为杀虫杀螨兼用的农药^[14].20 世纪 60 年代,具有优良杀螨效果的噻恶啉类的敌螨死(disulfide)、杀螨特(aramite)和克杀螨(thioquinox)等杀螨剂创制成功^[15].70 年代,甲脞类、有机锡类和苯螨特类成为杀螨剂市场的主角^[16].80 年代初期,灭螨醚(kayahop)、尼索朗(nissorun)和四螨嗪(clofentezine)等成功开发^[17].80 年代中期至 90 年代中期,以抑制螨线粒体电子传递作用机制的杀螨剂成功创制,例如,噻螨醚(pyrimidifen)、哒螨酮(pyridaben)、吡螨胺(tebufenpyrad)、唑螨酯(fenproxymate)和噻螨醚(fenazaquin)等^[18].到 20 世纪 90 年代以前,有机氯、有机硫、有机锡类、硝基苯类、脞类等为杀螨剂中的主要产品,此外,有机磷和拟除虫菊酯类的部分产品也作为杀螨剂在农业上使用^[19].

1.3 “超高效”杀螨剂时期

20 世纪 90 年代初,全世界上的新农药品种迅速发展,一些新品种不断被开发和上市.然而,由于害螨为害日益猖獗且用药频繁等,害螨对一些市场上的杀螨剂相继表现抗药性,亟需创制新的杀螨剂.此时,抗生素类杀螨剂的创制和应用标志着杀螨剂开发的兴盛.1996 年之后至今,先后创制了乙螨唑(etoxazole)、氟螨嗪(flufenazine)和联苯肼酯(bifenazate)^[20];此外,抗生素类杀螨剂包括浏阳霉素(polynactin)和阿维菌素(abamectin)等取得了一定的成功^[21].这个时期开发的杀螨剂具有比较好的发展前景,都有活性高、持效期长、用量低等特点,其大部分具有杂环结构且作用机制有差异.随着杀螨剂的大量上市,加剧了市场的竞争,因此,淘汰了一些旧的、毒性大、对环境有污染的杀螨剂.目前,农业上用于防治害螨的杀螨剂类型已形成了固定的体系,可以选择无交互抗性且对害螨具有较好防治效果的杀螨剂类型,因此,只要杀螨剂的使用技术合理并对杀螨剂类型选择合理,就可较好地控制害螨的危害且延缓害螨抗药性的发展.

2 主要杀螨剂品种及使用方法

目前,商品化且使用较多的杀螨用物质,主要分为杂环类、拟除虫菊酯类、生物源杀螨剂及增效助剂 4 类.

2.1 杂环类杀螨剂

杂环类杀螨剂类型众多,根据作用机制分为呼吸链复合体抑制剂、神经毒剂和生长调节剂 3 类.

2.1.1 呼吸链复合体抑制剂

甲氧基丙烯酸酯类杀螨剂(strobilurin),在 2001 年底由日本曹达公司创制,其对各个螨态都有触杀效果,能用于控制苹果、蔬菜、梨和茶叶等的害螨^[22].该药剂由于杀卵活性相对较低,可以和杀虫剂溴虫腈复配,以便增加其杀卵效果.

2.1.2 神经毒剂

联苯肼酯(bifenazate),为新颖的肼酯类化合物,且是内吸性杀螨剂,在 1990 年由澳大利亚的公司创制,美国的 Uniroyal 公司生产且于 1999 年商品化,其对植食性的全爪螨有触杀活性且对二斑叶螨有杀卵活性,具有持效期长、与现有其他上市的杀螨剂无交互抗性等特点^[20].

2.1.3 生长调节剂

噻螨酮(hexythiazox),其为非内吸性杀螨剂,具有触杀和胃毒作用,对害螨具有较好的杀卵和杀若螨活性,无杀成螨活性,可以用于防治柑橘、棉花和苹果等农作物上的害螨^[23].

四螨嗪(clofentezine),可用作植食性螨防治的特效药,有杀螨卵和杀若螨活性,无杀成螨活性,可显著抑制雌成螨产卵且降低螨卵的孵化,故是用于果树、棉花、观赏植物上植食性螨防治的高效杀螨剂^[17].

螨危(spirodiclofen),是德国拜耳公司创制的一种新型杀螨剂,季酮酯是其主要成分,其杀螨机制与其他类型不同,通过抑制害螨的脂肪合成且破坏能量代谢而杀螨^[24]。此外,螨危对现有的抗性害螨都有一定的防治效果。螨危具有药效慢(5~7 d后有效)、强亲脂性、持效期较长(30 d左右)、耐雨水冲刷等特点,因此,施药 3 h 内如有阴雨天气,通常不会对药效有影响。

螺甲酯(spiromesifen),同样是由拜耳公司创制,在英国和印度尼西亚首次批准上市,是一种螺环季酮酸类杀虫和杀螨剂,可在蔬菜、棉花和观赏植物上用于防治叶螨。在印度尼西亚,螺甲酯用于防治茶叶和苹果上的红蜘蛛和短须螨属^[25]。

2.2 拟除虫菊酯类杀螨剂

拟除虫菊酯类,既可以作为杀虫剂用于防治鞘翅目、鳞翅目等害虫,又可作为杀螨剂,其部分品种有兼杀螨和杀虫的效果,例如,甲氰菊酯、溴氰菊酯、三氟氯氰菊酯、氟氰菊酯等。特别是氟胺氰菊酯,既可以防治各种经济作物上的植食性害螨,又可防治蜜蜂上的大蜂螨(*Varroa destructor*)^[19]。

2.3 生物源杀螨剂

植物源和微生物源杀螨剂是生物源杀螨剂创制的热点。微生物源杀螨剂包括阿维菌素(avermectin)、浏阳霉素(polynactin)、华光霉素(nikkomycin),已经商品化。但是,截至目前,植物源还没有上市的商品化的品种,其研究概况如下:

2.3.1 粗提物

瑞香狼毒氯仿和石油醚提取物、紫茎泽兰水提取物、益母草甲醇提取物、黄花蒿丙酮提取物、骆驼蓬乙醇提取物、姜黄乙醇和苯提取物等一些列提取物等都对叶螨都具有一定的触杀活性^[9]。

2.3.2 生物碱类

一些植物体内的生物碱,包括苦参碱、烟碱、苦豆子生物碱等具有较好的杀螨效果^[26]。

2.3.3 柠檬素类

存在于楝科、苦木科、芸香科等植物的柠檬素类对叶螨具有较好的杀螨效果^[27]。

2.3.4 黄酮类

鱼藤酮和芦丁对叶螨具有较好的杀螨效果^[28]。

2.3.5 香豆素类

东莨菪内酯和滨蒿内酯对朱砂叶螨(*Tetranychus cinnabarinus*)具有较好的杀螨活性^[4]。

2.3.6 植物精油

冬青油、山苍子油、香茅油、茴香油、薄荷油、熏衣草油、玳玳果油、香菊油、樟脑油、巴甘檬叶油等对叶螨具有较好的杀螨活性^[29]。

2.4 增效助剂

增效助剂与杀螨剂混配使用,具有提高药效、减少成本、减缓抗性、降低污染等优势,其一般对害螨无直接的毒杀活性。研究发现,植物油类^[30]的芝麻油与溴氰菊酯复配,食用油与阿维菌素复配,生物碱类^[31]的苦参碱(oxyamatrine)与阿维菌素复配,萜烯类^[32]的苦楝油与三氯杀螨醇(kelthane)复配均能提高杀螨或杀虫活性。此外,其他增效助剂,例如:聚天冬氨酸^[33]、茶皂素^[34]、松节油衍生物^[35]、黄腐酸^[36]、有机硅^[37]等,均对商品化的杀虫或杀螨剂有优良的增效活性。

3 杀螨剂应用存在的问题及对策

杀螨剂发展的历史与害螨抗药性发展的历史密不可分。国内外有关害螨抗药性的报道随着不同作用机制、新型杀螨剂的投入使用越来越多。1949年,美国纽约州首次发现,使用对硫磷无法防治棉花害螨^[38]。20世纪60年代初,我国湖北荆州首次发现,棉红蜘蛛对内吸磷的抗性有60倍^[39]。1975年,世界粮农组织调查抗性发现,在希腊、土耳其、前苏联等国家和地区的害螨对多种有机氯、有机磷及氨基甲酸酯类杀螨剂都表现不同水平的抗性。郭凤英等^[40]研究表明,棉叶螨、桔全爪螨(*Panonychus citri*)、朱砂叶螨和山楂叶螨(*Tetranychus viennensis*)对多种杀螨剂表现中抗至高抗水平的抗性,例如有机磷、有机氯、有机氮类

以及拟除虫菊酯类. 1986—1987 年, 吴孔明等^[38]报道, 河南省棉区的朱砂叶螨表现高抗对硫磷, 抗性倍数竟然高达 466.8 倍. 2012 年, 陈秋双等^[41]测试了朱砂叶螨 6 个不同地理种群对 5 种杀螨剂的抗性水平, 发现各地种群对甲氰菊酯(fenpropathrin)和炔螨特(propargite)产生了 2.95~16.35 倍的抗性. 此外, 研究表明, 北京地区蔬菜上的朱砂叶螨对高效氯氰菊酯(beta-cypermethrin)和其他常用杀螨剂, 如哒螨灵(pyridaben)、虫螨腈(chlorfenapyr)、噻螨酮(hexythiazox)等, 均产生了不同水平的抗性^[42]. 为防止或延缓产生抗药性, 在使用杀螨剂防治害螨时须注意如下 4 个方面.

3.1 杀螨剂合理轮用和混用

药剂轮用和混用是当前抗药性治理中最常采用的 2 种用药策略. 何林等^[43]在实验室抗性选育的基础上, 研究了朱砂叶螨对甲氰菊酯(fenpropathrin)、阿维菌素(avermectin)、哒螨灵(pyridaben)3 种新型杀螨剂的抗性发展趋势, 以及杀螨剂轮用、混用延缓朱砂叶螨抗性进化的效果. 结果表明, 朱砂叶螨对 3 种杀螨剂无明显交互抗性. 轮换用药、混和用药抗性品系培育及抗性现实遗传力分析的结果表明, 甲氰菊酯与阿维菌素混用能有效延缓朱砂叶螨抗性进化, 两者轮用不能延缓朱砂叶螨抗性进化, 反而加速了对甲氰菊酯的抗性发展; 哒螨灵与阿维菌素混用、轮用都能有效地延缓朱砂叶螨对二者的抗性进化.

3.2 注意杀螨剂的作用剂量

杀螨剂的作用剂量对害螨本身的影响也很大, 可能表现出致死、拒食、刺激产卵等等作用. 李定旭等^[44]研究表明, 山楂叶螨成螨、若螨接触亚致死剂量的阿维菌素会使寿命缩短、产卵量减小, 与 Landeros 等^[45]对二斑叶螨的研究结果相似. Landeros 等^[45]的研究结果显示, 在 LC_{10} 剂量下, 阿维菌素对二斑叶螨种群有一定的刺激作用, 表现为种群的内在增长率增大, 这可能与供试害螨种类不同有关. 成螨接触亚致死剂量的阿维菌素后, 尽管其所产卵的孵化率不受影响, 但次代种群的增长率会显著降低, 说明阿维菌素对成螨的亚致死效应可跨世代传递. 成螨接触亚致死剂量的甲氰菊酯后, 寿命缩短, 产卵量减小; 而若螨接触 LC_{10} 剂量的甲氰菊酯后, 生殖力反而提高, 从而导致种群的内在增长率增大. 沈慧敏等^[46]对二斑叶螨(*Tetranychus urticae*)的研究也有类似结果. 因此, 应该根据不同的杀螨剂品种不同的作用对象选择合适的剂量进行化学防治.

3.3 注意杀螨剂的施药时期

根据害螨自身的特点, 适当地选择施药时期也很重要. 如梨瘿螨(*Eriophyes pyri*)在仲夏和秋季雌成螨将进入休眠期, 有梨泡的保护, 施药对其影响甚小^[47]. 在瑞士对此螨的防治多在早春施药, 三氯杀螨醇、溴螨酯、三唑锡等应用较多. 但在这一时期施药可能对梨盲走螨(*Typhlodromus pyri*)等捕食螨有较大影响. 在收获后期(9 月中旬)采用硫磺处理, 对来年梨瘿螨的控制效果很好, 2% (W/V) 浓度, 800 L/hm², 施药 1 次和施药 3 次对梨瘿螨的控制效果分别为 95.3% 和 99.6%. 由此可见, 在秋季施用硫磺可以作为一种新的策略来防治梨叶害螨.

3.4 注意杀螨剂的选择性

化学农药有其特定的作用对象或者杀虫谱. 由于害螨的种类很多, 一些杀螨剂也有其一定的杀螨谱^[48]. 例如, 有机磷类对叶螨科效果很好, 但对细须螨科毒力较低; 硫丹对跗线螨毒力较高, 三苯锡对叶螨有一定的杀螨效果, 然而, 其天敌捕食螨或者捕食昆虫对三苯锡的敏感性却很低; 叶螨科(始叶螨属和小爪螨属)、瘿螨科(多数种类)以及跗线螨科侧杂食线螨对硫磺类的敏感性很高, 而跗线螨科狭跗线螨属对硫磺类的敏感性很低. 因此, 选择杀螨剂时要注意杀螨剂的杀螨谱, 要有针对性.

4 展望

首先, 从天然产物模板出发, 开发靶标新颖、绿色、高效的新型杀螨剂成为新的研究热点和难点. 在控制病虫害鼠害和提高农业产值方面, 化学农药发挥着不可或缺的价值和作用. 然而, 由于农药的大量使用, 造成了一系列副作用, 包括抗药性、农药残留、药害、环境污染等^[49]. 农药过度发展的警钟敲响, 渐渐影响或者改革了农药的发展进程, 促进农药朝着“安全、高效、不易产生抗药性”的轨道发展. 绿色农药的概念, 近年来被科学家们提出, 且众多植物源或者生物源天然活性物质被发现和改造. 阿维菌素(avermectin)、

螺螨酯(spirodiclofen)、哒螨灵(pyridaben)是目前市场上最常见的化学杀螨剂品种。

第二是寻找新的杀螨剂靶标,开发更有针对性的杀螨仍是化学杀螨剂研究的关键。由于螨类和昆虫的体壁结构和生理生化特性有很大的区别,如在功能基因调控下的钙离子通道就和昆虫有很大的区别,针对特异性的作用靶点,筛选合成或者创制新的杀螨剂仍是一条中途创新通道。目前杀螨剂的类型有很大发展,杀螨活性也有较大提高,还出现一些对捕食螨安全的杀螨剂。杀螨剂的发展趋势是向着杀螨杀虫剂方向发展。新杀螨剂开发的方向应该是高效安全,在性能上不仅能杀卵,并能对螨卵、幼螨、若螨、成螨均有高效和速效作用,持效期长,如果能有内吸性更好。开发的新杀螨剂应该能有独特的作用机制,避免与现已商业化的杀螨剂产生交互抗性,且对非靶标生物毒性低,对捕食性螨安全,对环境友好。

第三是在螨类系统控制中,基本的控制策略应该从螨类本身的生物学特性,螨类与栽培植物的关系出发,综合协调运用各种措施,达到有效控制的目的。在杀螨剂的应用过程中,延缓抗性或交互抗性是延长杀螨剂产品市场寿命的关键因素,合理使用杀螨剂,控制使用次数和用药量,不同作用机制的杀螨剂交替使用就显得尤为重要。

参考文献:

- [1] KAZAK C, KARUT K, KASAP I, et al. The Potential of the Hatay Population of Phytoseiulus Persimilis to Control the Carmine Spider Mite *Tetranychus cinnabarinus* in Strawberry in Silifke-Icel, Turkey [J]. Phytoparasitica, 2002, 30(5): 451-458.
- [2] SARWAR M. Management of Spider Mite *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) (Tetranychidae) Infestation in Cotton by Releasing the Predatory Mite *Neoseiulus pseudolongispinosus* (Xin, Liang and Ke) (Phytoseiidae) [J]. Biological Control, 2013, 65(1): 37-42.
- [3] ZHANG Y, ZHANG Z, YUTAKA S, et al. On the Causes of Mite Pest Outbreaks in Mono-and Poly-Cultured Moso Bamboo Forests [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(7): 1161-1165.
- [4] 章冰川, 罗金香, 赖 婷, 等. 香豆素类化合物对朱砂叶螨的触杀活性及定量构效关系研究 [J]. 农药学报, 2016, 18(1): 37-48.
- [5] ZHOU H, ZHANG Y Q, LAI T, et al. Silencing Chitinase Genes Increases Susceptibility of *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) to Scopoletin [J]. BioMed Research International, 2017, 2017: 1-13.
- [6] ZHOU H, ZHANG Y Q, LAI T, et al. Acaricidal Mechanism of Scopoletin Against *Tetranychus cinnabarinus* [J]. Frontiers in Physiology, 2019, 10: 164. DOI:10.3389/fphys.2019.00164.
- [7] GHOSH R, ANDERSEN E C, SHAPIRO J A, et al. Natural Variation in a Chloride Channel Subunit Confers Avermectin Resistance in *C. Elegans* [J]. Science, 2012, 335(6068): 574-578.
- [8] LIN H, XUE C H, WANG J J, et al. Corrigendum To: Resistance Selection and Biochemical Mechanism of Resistance to Two Acaricides in *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) [Pesticide Biochemistry and Physiology 93 (2009) 47-52] [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2009, 95(1): 56.
- [9] 丁 伟. 螨类控制剂 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.
- [10] 张权炳. 矿物源农药在柑桔等果树病虫害无公害防治中的应用(一) [J]. 中国南方果树, 2005, 34(5): 77-78.
- [11] 匡海源. 我国重要农业害螨的发生与防治 [J]. 农药, 1996, 35(8): 6-11.
- [12] 陈仁进, 陈道茂, 陈卫民. 石油乳剂防治果树螨、蚧类害虫的效果 [J]. 浙江农业科学, 1990, 31(5): 233-236.
- [13] 王洪祥, 林荷芳, 罗君琴, 等. 20%三唑锡·螨砵 WP 防治桔全爪螨的效果 [J]. 广西园艺, 2001, 12(3): 20-21.
- [14] 梁皇英, 何祖钿. 有机磷杀虫剂 [J]. 山西农业科学, 1990, 18(7): 33-36.
- [15] 陶士强, 吴福安, 程嘉翎. 杀螨剂“克螨特”亚致死剂量对朱砂叶螨实验种群生命参数的影响 [J]. 蚕业科学, 2006, 32(3): 411-413.
- [16] 王 强, 叶兴祥, 赵 华, 等. 桔全爪螨对几种杀螨剂的抗性及其药剂混配的增效作用 [J]. 浙江农业科学, 1990, 31(1): 41-43.
- [17] 沈慧敏, 张新虎. 二点叶螨对甲氧菊酯、氧乐果和四螨嗪抗药性的选育、衰退和恢复 [J]. 昆虫学报, 2002, 45(3): 341-345.
- [18] 周艳丽. 新型杀螨剂啞螨醚的合成 [J]. 农药科学与管理, 2005, 26(6): 33-34.
- [19] 刘尚钟, 王 敏, 陈馥衡. 拟除虫菊酯类农药的研究和展望 [J]. 农药, 2004, 43(7): 289-293.
- [20] 王元元, 高 宁, 李辉辉, 等. 杀螨剂联苯腈酯的合成研究 [J]. 精细化工中间体, 2011, 41(6): 8-10, 13.
- [21] WEI P, LI J H, LIU X Y, et al. Functional Analysis of Four Upregulated Carboxylesterase Genes Associated with Fenpropathrin Resistance in *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) [J]. Pest Management Science, 2019, 75(1): 252-261.
- [22] 刘长令, 关爱莹, 刘振龙. 新型甲氧基丙烯酸酯类杀螨剂啞螨醚 [J]. 世界农药, 2002, 24(4): 44-45, 30.
- [23] 余文杰, 胡菡青, 胡进锋. 啞螨酮与阿维菌素不同配比对橘全爪螨室内毒力测定 [J]. 福建果树, 2011(3): 51-54.

- [24] 容仁学. 螨危防治柑桔红蜘蛛试验 [J]. 广西园艺, 2006, 17(3): 33-34.
- [25] 张明星, 刘长令, 张 弘. 新型杀虫、杀螨剂螺甲螨酯 [J]. 农药, 2005, 44(12): 559-560.
- [26] 王玉灵, 胡冠芳, 刘敏艳, 等. 唐古特莨菪中生物碱的分离、鉴定与生物活性研究 [J]. 草业学报, 2015, 24(12): 188-195.
- [27] 胡军华, 彭风格, 王 娟, 等. 柑桔提取物中主要成分的杀螨活性评价 [J]. 应用昆虫学报, 2016, 53(1): 95-102.
- [28] 张庭英, 徐汉虹, 王长宏. 鱼藤酮的应用现状及存在问题 [J]. 农药, 2005, 44(8): 352-355.
- [29] 李恒羽, 谢爱婷, 张 智, 等. 植物精油对二斑叶螨的室内毒力及田间防效 [J]. 中国植保导刊, 2018, 38(4): 62-64.
- [30] 于宏伟, 段书德, 牛 辉, 等. 绿色农药增效剂的研究进展 [J]. 江苏农业科学, 2010, 38(2): 142-143, 167.
- [31] 张 强, 罗万春. 苦豆子 7 种生物碱对不同类型 4 种杀虫剂增效作用的研究 [J]. 农药学学报, 2002, 4(3): 57-61.
- [32] 张蓬君, 徐春明. 苦楝油复配剂防治柑桔螨类增效作用初报 [J]. 昆虫知识, 1988, 25(1): 31-32.
- [33] 冷一欣, 黄春香, 朱晓玉, 等. 聚天冬氨酸对肥料与农药的增效作用 [J]. 江苏农业科学, 2009, 37(2): 263-264.
- [34] 余淑英, 盛书祥, 欧晓明. 茶皂素对杀虫剂的增效作用 [J]. 湖南化工, 1998, 28(5): 31-32, 34.
- [35] 秦 朗, 王亚明. 松节油在农药增效剂及杀虫剂中的应用与进展 [J]. 精细与专用化学品, 2005, 13(12): 1-4.
- [36] 王任明, 张岩峰. 黄腐酸对农药杀虫剂的增效作用初探 [J]. 江西化工, 2001(1): 38-40.
- [37] 唐小凤, 张友军, 吴青君, 等. 杀螨剂对截形叶螨的毒力及助剂对杀螨剂的增效作用研究 [J]. 环境昆虫学报, 2013, 35(3): 322-327.
- [38] 吴孔明, 刘孝纯, 秦夏卿, 等. 朱砂叶螨抗药性研究 [J]. 华北农学报, 1990, 5(2): 117-123.
- [39] 张澤溥, 王少成. 棉红蜘蛛的抗药性问题 [J]. 植物保护, 1964(2): 62-64.
- [40] 郭凤英, 赵志模. 朱砂叶螨对不同农药抗药性发展趋势的研究 [J]. 蛛形学报, 1999(2): 118-121.
- [41] 陈秋双, 赵 舒, 邹 晶, 等. 朱砂叶螨抗药性监测 [J]. 应用昆虫学报, 2012, 49(2): 364-369.
- [42] 王少丽, 王 然, 张友军, 等. 11 种常用药剂对蔬菜朱砂叶螨的室内毒力测定 [J]. 中国农学通报, 2009, 25(24): 386-388.
- [43] 何 林, 赵志模, 邓新平, 等. 朱砂叶螨对三种杀螨剂的抗性选育与抗性风险评估 [J]. 昆虫学报, 2002, 45(5): 688-692.
- [44] 李定旭, 田 娟, 沈佐锐. 不同药剂对山楂叶螨的亚致死效应 [J]. 植物保护学报, 2006, 33(2): 187-192.
- [45] LANDEROS J, MORA N, CERDA P A, et al. Effect of Sublethal Concentrations of Avermectin on Population Parameters of Tetranychus Urticae on Strawberry [J]. Southwestern Entomologist, 2002, 27(3-4): 283-289.
- [46] 沈慧敏, 杨宝生. 二点叶螨对 16 种杀虫、杀螨剂的抗药性 [J]. 植物保护学报, 2001, 28(4): 362-366.
- [47] 陈应武, 窦彩虹, 张新虎. 梨瘿螨为害梨叶特性及螨瘿组织形态结构 [J]. 甘肃农业大学学报, 2003, 38(3): 350-353.
- [48] 陈明瞻. 杀螨剂选择性的基础 [J]. 世界农药, 1981, 6(5): 18-22.
- [49] HECKEL D G. Insecticide Resistance after Silent Spring [J]. Science, 2012, 337(6102): 1612-1614.

Problems and Countermeasures of Mite Chemical Control

ZHOU Hong, DING Wei

School of Plant protection, Southwest University, Chongqing 400716, China

Abstract: Agricultural pest mites are recognized as one of the most difficult pest communities to control because of their small size, fast reproduction, large number of generations, strong adaptability and easy resistance development. Chemical control will remain to be an important means for their control. In this paper, we give a systematic introduction of the development of mite chemical control, the main varieties of acaricides and their application methods, and the existing problems in the acaricide application and countermeasures for their solution, and discuss the prospect of the development and application of new acaricides in the chemical control of mites, which has an important guiding significance and value for the chemical control of agricultural mites.

Key words: agricultural pest mite; chemical control; problem and countermeasure; acaricide

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2020.01.007

榨菜根肿病发病与健康植株根际微生物群落功能多样性的初步分析^①

刘烈花¹, 董鹏², 况觅²,
李珊蓉², 袁国明³, 丁伟¹

1. 西南大学 植物保护学院, 重庆 400715;
2. 重庆市农业技术推广总站, 重庆 401121;
3. 重庆安邦农业发展有限公司, 重庆 400030

摘要: 选择长年栽培榨菜(茎瘤芥)的区域, 采集感染和未感染根肿病的茎瘤芥根际土壤, 采用 biology eco 平板培养技术研究榨菜健康与发病土壤微生物群落代谢多样性和功能多样性的特征, 测定榨菜产区根肿病罹病植株和健康植株根际土壤的理化性状, 并探究其土壤 FDA 水解酶的活性变化。结果显示, 根肿病发病根际的 EC(土壤电导率)极显著高于健康根际土壤; 而健康根际土壤其有效磷、全钾的含量极显著高于发病土壤, 说明土壤中有效磷与全钾的含量可能与茎瘤芥根肿病的发生相关。根肿病发病土壤微生物群落平均吸光值(AWCD)高于健康根际土壤微生物群落, 且出现以聚合物类和酚酸类化合物这两种碳源为主要代谢底物的微生物群落的富集。同时, 土壤微生物 Simpson 指数、Shannon 指数、均匀度指数和 McIntosh 指数也呈现发病土壤高于健康土壤的趋势。发病土壤 FDA 酶活性显著低于健康根际土壤。研究表明榨菜根肿病发病土壤与健康土壤的微生物群落功能多样性存在显著差异, 其微生物群落结构的变化与榨菜根肿病的发病存在一定关系, 此结果为进一步研究榨菜根肿病的发生与土壤微生物群落的关系提供参考。

关键词: 榨菜; 微生物; 土壤 FDA 酶活性; 土壤理化性质; 根肿病; 土壤电导率

中图分类号: S436.344 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-1067(2020)01-0033-06

“涪陵榨菜”是重庆输出的重要特色产品, 是中国名特产品之一, 同时, 种植榨菜(茎瘤芥)也是涪陵区农民增收致富的主要经济来源。然而经调查发现, 榨菜根肿病、榨菜病毒病和榨菜软腐病在涪陵区严重威胁榨菜产量和质量, 尤其是榨菜根肿病的发生严重威胁着榨菜原料生产。根肿病是由芸薹根肿病菌(*Plasmodiophora brassicae* Woronin)引起的以危害十字花科植物为主的病害, 前期造成植物根部肿大, 主要是由于薄壁细胞增生而形成肿瘤, 导致根系不能正常吸收土壤水分和营养, 后期因根部腐生菌滋生而腐烂引起植株萎蔫死亡, 严重影响植株正常生命活动。根肿病菌休眠孢子在土壤中最长能存活 20 年之久, 土壤一旦受到污染, 将长期带菌, 不再适合十字花科所有植物的栽植。茎瘤芥根肿病是一种严重威胁十字花科植物的土传病害。田间茎瘤芥根肿病的发病率达 30%~50%^[1], 涪陵区沿江区域主栽乡镇根肿病危害严重, 农民放弃一些严重发生地块的种植, 造成茎瘤芥种植面积下降^[2], 严重威胁重庆市茎瘤芥产业的可持续发展。

土壤微生物群落结构、根系分泌物、土壤环境等在很大程度上影响根肿病菌的生存、生长和繁殖。前期

① 收稿日期: 2019-12-20

基金项目: 重庆市科委技术创新与应用示范项目(cstc2018jscx-mszdX0047)。

作者简介: 刘烈花(1995-), 女, 硕士研究生, 主要从事天然产物农药研究。E-mail: llh199510@email.swu.edu.cn

报道称, 补施钙、镁、硫肥料对根肿病具有一定的防效和增产丰收的作用^[3], 同时, 土壤 N、K 含量随根肿病的发生加重而增加^[4]. 土壤微生物群落在植物生长过程中发挥着至关重要的作用^[5], 植物根际是植物发生物质能量交换的重要场所, 其土壤养分、微生物、土壤酶活等是土壤生态系统的重要组成部分. 研究表明, 榨菜根肿病与根际土壤微生物的关系密切^[6]. 因此, 采用对比分析的方法, 测定重庆市涪陵区榨菜产区根肿病发病植株和健康植株根际土壤的理化性状, 研究健康与发病植株根际土壤微生物群落代谢多样性和功能多样性的特征, 探究土壤 FDA 水解酶的活性变化, 初步明确影响根肿病发病与健康植株根际土壤环境的主要差异, 为后期茎瘤芥根肿病的防控提供依据, 以保证榨菜原料作物的正常生产.

1 材料与方法

1.1 试验方法

本文选取重庆市涪陵区根肿病发生比较典型的乡镇, 主要包括百胜镇、南沱镇、清溪镇等. 榨菜产区的栽培管理条件基本一致, 土壤类型以黄壤和肥力较高的紫色土为主. 茎瘤芥品种为农民自留种.

样品于 2019 年 1 月至 2 月采集, 此时榨菜已进入采收期. 一个地点选取榨菜长期种植以来未发生根肿病和长久发生根肿病的地块, 采样过程中, 除去地面植被, 铲除表面 5 cm 左右的表土, 将植株从土壤中拔出, 收集从榨菜根上抖落的土记并为块状土, 收集紧贴于植株根表面的土记并为根际土, 装于自封袋中. 装袋前, 土样需预先剔除石砾或植物残根等杂物. 用标签纸在袋上做好标记, 并在采样信息记录表上做好记录. 每个地块随机选取 15 株, 完全混合均匀装于自封袋中, 形成 3 个重复. 最终收集茎瘤芥根肿病发病和健康土壤 60 个样品.

1.2 土壤理化性质测定

土样自然风干后过筛, 用于理化性质的测定. 将水、土以 2.5 : 1 (m : V) 混合后, 用 pH 计测定土壤 pH 值. 有机质含量采用重铬酸钾容量法测定. 全氮含量采用半微量凯氏法测定. 用氢氧化钠碱熔法将土壤样品熔融后提取待测液, 采用钼蓝比色法测定全磷含量. 用火焰光度计测定全钾含量. 用氟化铵-盐酸浸提剂提取土壤样品后, 采用比色法测定有效磷含量. 用 1 mol · L⁻¹ 的中性醋酸钠提取土壤样品后, 采用火焰光度计测定速效钾含量^[7]. 用硫酸标准溶液滴定内室中硼酸吸收的氨量测定碱解氮含量^[4]. 先对土壤中的水溶性盐进行提取, 并用电导法测定土壤电导率的含量.

1.3 Biolog-Eco 分析

将所有发病土壤和健康土壤分别混合均匀后, 分别称取 5 g 新鲜土样, 加入到盛有 45 mL 0.85% NaCl 无菌溶液的三角瓶中, 封口膜固定后在摇床 (170 r · min⁻¹) 上震荡 30 min, 使土样与 0.85% NaCl 无菌溶液充分混匀, 再常温静置 30 min, 然后加样于 Biolog-Eco 微孔板中, 每孔加入 150 μL. 随后恒温 28 °C 黑暗培养 168 h, 每隔 24 h 采用 Biolog-Eco 微生物分析系统读取 590 nm 波长的光密度值, 连续测定 168 h. 采用培养 96 h 的数据进行土壤微生物碳源利用分析和主成分分析.

1.4 微生物群落功能多样性的计算

土壤微生物群落利用碳源的整体能力用平均吸光值 (AWCD) 表示. 其计算公式为: $AWCD = \sum (C_i - R) / n$. 式中: C_i 为所测定的 31 个碳源孔的吸光值; R 为对照孔的吸光值; n 为培养基碳源总数 (本研究中为 31).

1.5 土壤 FDA 酶活测定

FDA 水解酶活性采用荧光素比色法测定. 土样过 2 mm 土壤筛后, 分别称取发病土壤和健康土壤 5 g 土样置于 50 mL 三角瓶中, 加入 15 mL 磷酸缓冲溶液 (pH 值 7.6) 和 0.2 mL FDA 储备液, 置于 30 °C 恒温振荡培养箱中, 200 r · min⁻¹ 培养 20 min, 随后立即加入 15 mL 氯仿/甲醇混合溶液终止反应, 并充分振荡, 2 000 r · min⁻¹ 离心 3 min, 过滤后吸取 1~10 mL 上清液用分光光度计在 490 nm 处测定荧光素吸光度值, FDA 水解酶活性大小用荧光素吸光度值 ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot 20 \text{ min}^{-1}$) 表示. 每个试验重复 3 次, 取平均值.

1.6 数据处理

采用 Excel 2016 软件进行数据收集统计, 并用 SPSS19.0 进行相关试验数据处理与统计分析.

2 结果与分析

2.1 土壤理化性质分析

发病与健康植株根际土壤理化性质见表 1. 从表 1 可知, 发病根际土壤与健康根际土壤的 pH 值无显著变化, 与健康植株相比, 健康植株根际土壤 pH 值下降了 0.27 个单位. 土壤导电率、有机质、碱解氮、全氮含量虽呈现出发病植株略高的趋势, 但除土壤导电率含量呈极显著差异外, 其余指标均无显著差异. 有效磷、全钾、全磷含量却表现出另一种变化趋势, 首先均表现出发病植株偏低的趋势, 其中, 以有效磷、全钾含量表现最为突出, 与健康植株之间呈极显著差异. 以上结果表明: 土壤中有效磷与全钾的含量可能与茎瘤芥根肿病的发生相关.

表 1 榨菜根肿病发病植株和健康植株根际土壤的理化性状

土壤样品	pH 值	EC/ $\mu\text{s} \cdot \text{cm}^{-1}$	有机质/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	碱解氮/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	全氮/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	有效磷/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	全钾/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	全磷/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$
发病植株	5.48 \pm 0.14aA	253.00 \pm 36.67aA	26.23 \pm 1.48aA	9 904.85 \pm 1 081.76aA	0.65 \pm 0.03aA	64.39 \pm 8.06bB	16 905.18 \pm 347.07bB	618.15 \pm 42.26aA
健康植株	5.21 \pm 0.23aA	127.73 \pm 13.13bB	26.00 \pm 1.20aA	8 442.32 \pm 817.39aA	0.59 \pm 0.03aA	116.24 \pm 16.42aA	18 027.21 \pm 387.46aA	729.95 \pm 44.83aA

注: 表中所列数值为 30 次重复的平均值. 同列数值后不同大写字母表示处理间差异在 1% 水平有统计学意义, 不同小写字母表示处理间差异在 5% 水平有统计学意义. 表 2 同.

2.2 土壤微生物功能多样性比较

平均颜色变化率(AWCD)表征微生物群落的碳源利用情况, 反映了土壤微生物代谢活性, 其值越高, 土壤中微生物群落代谢活性也就越高. 榨菜根肿病发病植株和健康植株土壤平均颜色变化率见图 1. 由图 1 可知, 随着培养时间的延长, 其利用碳源量逐渐增加. 在 0~24 h 培养期, 各处理的 AWCD 值的增加缓慢, 说明该段时间内其碳源基本未被微生物群落利用; 24~96 h 内 AWCD 快速增加, 反映出微生物群落活性明显增强, 碳源被大幅度利用; 96 h 以后各处理的 AWCD 增长速率有所降低且趋于稳定. 这表明 AWCD 在 96 h 时处于“拐点”, 采用 96 h 的吸光值进行分析能更真实地反映实际情况. 同时, 发病植株的 AWCD 值明显高于健康植株, 说明发病土壤的微生物群落代谢活力强于健康土壤的微生物群落.

土壤微生物群落对 6 大碳源的利用情况见图 2. 而相较于健康土壤的微生物群落, 发病土壤中微生物群落具较强的代谢能力, 特别是对聚合物类化合物和酚酸类化合物的利用显著增强.

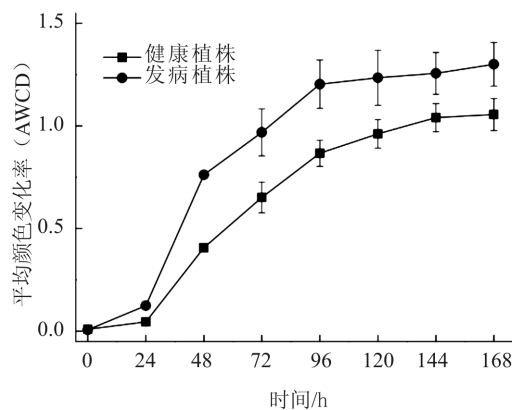


图 1 土壤微生物 AWCD 随培养时间的变化

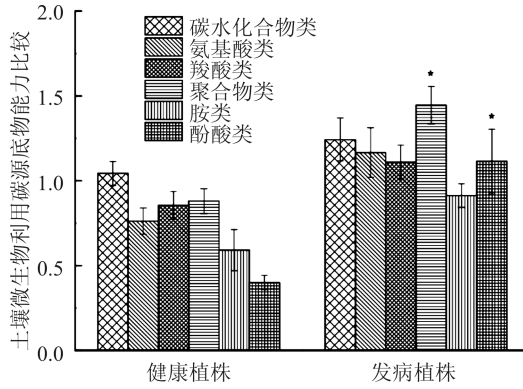


图 2 土壤微生物对不同碳源的相对利用情况(96 h)

由表 2 可知, 通过 AWCD 值计算得到的微生物功能多样性指数中, 发病植株根际土壤的物种多样性 (Simpson) 显著高于健康植株根际土壤, 而丰富度指数 (Shannon)、优势度 (MicIntosh)、均匀度指数等与健康植株根际土壤相比不具有显著性差异。

表 2 土壤微生物群落底物代谢功能多样性指数 (96 h)

处理	Simpson 值	Shannon 值	MicIntosh 值	均匀度指数
发病植株	0.96 ± 0.0005aA	3.24 ± 0.09aA	7.44 ± 0.57aA	0.94 ± 0.03aA
健康植株	0.95 ± 0.0002bB	3.18 ± 0.08aA	5.75 ± 0.31aA	0.93 ± 0.02aA

31 种碳源的测定结果形成了描述微生物群落代谢特征的多元向量。通过主成分分析显示, 发病与健康植株土壤微生物群落的代谢多样性存在明显差异。健康土壤分布在 PC1 轴的负方向上, 而发病土壤分布在 PC1 轴的正方向上, 表明两类土壤微生物群落具有明显不同的碳源利用模式, 代谢功能不同。本次共提取出了 4 个主成分, 累积贡献率达 93.48%, 其中第 1 主成分 (PC1) 贡献率达 51.61%, 第 2 主成分 (PC2) 贡献率达 16.50%, 第 3 主成分 (PC3) 贡献率达 13.67%, 第 4 主成分 (PC4) 贡献率达 11.71% (图 3)。

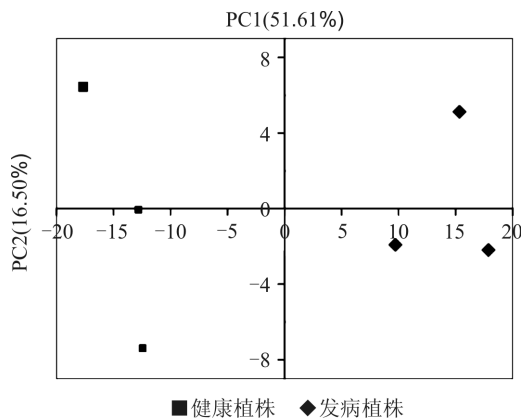


图 3 土壤微生物群落功能主成分分析(96 h)

2.3 土壤微生物 FDA 酶活性测定

FDA 包括蛋白酶、脂肪酶、酯酶等土壤重要水解酶类, 与土壤呼吸强度和土壤微生物活性相关^[8], 因此土壤 FDA 酶是土壤质量或健康质量评价中最会被考虑的一个因素。对土壤微生物 FDA 酶活性测定结果显示, 健康土壤中 FDA 水解酶活性为 $105.819 \pm 3 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 显著高于发病土壤的 $30 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ (20 min), 说明健康榨菜土壤中的微生物群落能显著增强土壤 FDA 水解酶活性的强度。

3 讨论与结论

根肿病为土传病害,土壤环境因子对病害的发生具有极其重要的影响作用.本文采用对比分析法对榨菜健康植株和根肿病株土壤因素进行综合分析,能够较全面地评估土壤理化性质对根肿病的影响.本文研究发现,茎瘤芥根肿病感染土壤和健康土壤理化性质存在明显差异;健康土壤中,有效磷、全钾的含量极显著高于发病土壤.同时,有研究表明,pH值^[9-10]、速效钙^[9]、全磷^[9]、全钾^[9]和阳离子交换量^[9](CEC)等因素对根肿病发病率有影响.土壤pH值可影响根肿病初级游动孢子的产生.根肿病一般在5.4~6.5最适宜其侵染发病^[11].通过采集涪陵区榨菜种植区根肿病发病和健康土壤发现,其pH值均低于5.5,属于偏酸环境,这为根肿病的侵染造成更加适宜的条件.有报道称土壤氮、钾含量与根肿病的发生具有一定的联系^[4].施用过量磷酸盐肥料能促进植物根系生长并对根肿病的侵染具有一定的抑制作用^[12].早期报道称^[13],钾元素是根肿菌孢子和寄主生长的必需元素,其含量不足能抑制根肿病的发生.土壤电导率为土壤浸出液中各种阳离子的量和各种阴离子的量之和,但目前还没有人报道过土壤电导率对根肿病的影响,其影响规律还有待进一步探讨.

土壤微生物与土壤酶共同驱动土壤生物化学过程,对土壤的营养物质循环及能量流动产生重要影响^[14].本研究表明,榨菜根肿病发病与健康的根际土壤微生物在代谢活性、不同碳源利用等方面均差异较大.根际土壤的AWCD在24h内变化不大,随着培养时间的延长,碳源利用亦在增加,在培养96h后基本稳定.榨菜根肿病发病根际土壤微生物利用碳源能力高于健康根际土壤,且根肿病发病植物根际土壤中微生物群落多样性指数显著高于健康植物根际土壤,可能是由于在采集发病根际土壤时,榨菜根际周围滋生了大量腐生菌,增加了根际微生物群落的多样性,从而提高了微生物利用碳源能力和代谢活性,但其内在原理还有待进一步探讨.FDA水解酶被认为是土壤健康的标志之一,主要是因为其与微生物活性间的相关性比其他酶活性更显著,并与总碳、全氮、全磷等土壤养分指标间关系密切^[15].榨菜健康根际土壤中的FDA水解酶活性显著高于根肿病发病根际土壤,且有研究表明土壤微生物的活性与土壤对病原菌的抵抗作用呈显著正相关^[16],而土壤酶活性主要来源于土壤微生物^[17],说明健康植物根际的某些微生物群落在维护榨菜健康中发挥着重要作用.研究表明,任何营养的缺乏均会阻碍植物的代谢,导致植株变弱,降低植株的抗病性,所以植物的营养水平与其防卫机制密切相关.茎瘤芥根肿病的防治是一项重大而复杂的系统工程,茎瘤芥种植土壤环境正在逐渐恶化,可采取相应的措施改善茎瘤芥土壤理化性状,例如科学施肥,多施用有机肥,构建土壤营养平衡,维持土壤肥力,提升土壤微生物活性,提高植物抗性,有利于降低发病程度.

参考文献:

- [1] 黄芸,徐莉,肖崇刚,等.根肿菌侵染对茎瘤芥(榨菜)根系玉米素和吲哚乙酸含量的影响[J].中国蔬菜,2014(2): 41-44.
- [2] 王旭祎,高明泉,彭洪江,等.涪陵茎瘤芥根肿病调查与防治[J].长江蔬菜,2004(5): 38-39.
- [3] 张赛莉,宋洪元,任雪松,等.钙镁硫元素与甘蓝根肿病抗性关系的分析[J].西南大学学报(自然科学版),2016, 38(9): 41-45.
- [4] 闫玉芳,蒋欢,董代文,等.感染根肿病的茎瘤芥土壤氮磷钾及有机质含量分析[J].西南农业学报,2018, 31(9): 1825-1828.
- [5] WANG R, ZHANG H C, SUN L G, et al. Microbial Community Composition is Related to Soil Biological and Chemical Properties and Bacterial Wilt Outbreak [J]. Scientific Reports, 2017, 7: 343.
- [6] 罗远莉,殷幼平,裴晓兔,等.十字花科根肿病致病机理的研究现状与进展[C]//中国植物病理学会2011年学术年会论文集.宜昌,2011: 220-225.
- [7] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [8] SCHNÜRER J, ROSSWALL T. Fluorescein Diacetate Hydrolysis as a Measure of Total Microbial Activity in Soil and Litter [J]. Applied and Environmental Microbiology, 1982, 43(6): 1256-1261.
- [9] 孙超超,任莉,陈坤荣,等.依据土壤环境因子对油菜根肿病发生的风险评估[J].中国油料作物学报,2015, 37(1): 90-95.
- [10] NIWA R, KUMEI T, NOMURA Y, et al. Increase in Soil pH Due to Ca-Rich Organic Matter Application Causes Sup-

pression of the Clubroot Disease of Crucifers [J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2007, 39(3): 778-785.

- [11] 班洁静. 土壤含水量、pH、Ca²⁺ 浓度对芸薹根肿菌侵染及发病影响研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2014.
- [12] MURAKAMI K, NAKAMURA F, GOTO I. The Causal Relationship between Excess Phosphate in the Soil and Incidence of Clubroot Disease[J]. *Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition (Japan)*, 2004, 75(4):453-457
- [13] DONALD C, PORTER I. Integrated Control of Clubroot [J]. *Journal of Plant Growth Regulation*, 2009, 28(3): 289-303.
- [14] 李 猛, 聂洪光, 张淑红, 等. 有机肥配施氮肥设施菜田 FDA 水解酶活性与肥力相关性研究 [J]. *园艺学报*, 2016, 43(5): 907-917.
- [15] 马星竹. 长期施肥土壤的 FDA 水解酶活性 [J]. *浙江大学学报(农业与生命科学版)*, 2010, 36(4): 451-455.
- [16] BONANOMI G, ANTIGNANI V, CAPODILUPO M, et al. Identifying the Characteristics of Organic Soil Amendments that Suppress Soilborne Plant Diseases [J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2010, 42(2): 136-144.
- [17] 王理德, 王方琳, 郭春秀, 等. 土壤酶学研究进展 [J]. *土壤*, 2016, 48(1): 12-21.

A Preliminary Analysis of the Functional Diversity of the Microbial Communities in Healthy and Clubroot-Infected Soil Rhizosphere Planted with *Brassica juncea* var. *tumida* Tsen et Lee

LIU Lie-hua¹, DONG Peng², KUANG Mi²,
LI Shan-rong², YUAN Guo-ming³, DING Wei¹

1. School of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Chongqing General Station of Agricultural Technology Extension, Chongqing 401121, China;

3. Chongqing Anbang Modern Agricultural Development Co., Ltd, Chongqing 400030, China

Abstract: In a study reported herein, the rhizosphere soils of mustard (*Brassica juncea* var. *tumida* Tsen et Lee) plants infected and non-infected by rootclub (*Plasmodiophora brassicae* Woronin) in the area of long-term cultivation of the plant were analyzed and compared. The characteristics of metabolic diversity and functional diversity of the soil microbial communities were studied with the biology eco plating technology, and the characteristics of diversity and the physical and chemical properties of the rhizosphere soils of diseased and healthy plants were measured, and the changes of soil FDA hydrolase activity were investigated. The results showed that compared with the rhizosphere of healthy plants, the rhizosphere of diseased plants had significantly higher EC (soil electrical conductivity) and significantly lower contents of available phosphorus and total potassium, indicating that soil available phosphorus and total potassium may be related to clubroot in *B. juncea* var. *tumida*. The average well color development (AWCD) of soil microbial communities in the rhizome of disease-affected soil was higher than the functional diversity of healthy microbial communities in the rhizosphere soil, and the microbial community with polymer and phenolic acid as the main metabolic substrates was enriched. At the same time, the soil microbial Simpson index, Shannon index, evenness index and McIntosh index also showed a trend that they were higher in affected soil than in healthy soil. The soil FDA enzyme activity in affected soil was significantly lower than in healthy rhizosphere soil. The above results showed that there is a significant difference in the functional diversity of the microbial communities between the soil where the mustard tuber disease occurs and the healthy soil and that the change in the structure of the microbial community has a certain relationship with the occurrence of mustard clubroot disease.

Key words: mustard; microbe; soil FDA enzyme activity; soil physical and chemical properties; clubroot (*Plasmodiophora brassicae* Woronin); soil electric conductivity

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2020.01.008

影响烟草青枯病发生的关键气象因子分析^①

陈代明¹, 江其朋², 张世渠¹, 廖帮红¹,
龚杰², 谭茜², 秦平伟³

1. 重庆市烟草公司 彭水分公司, 重庆 彭水 409600;
2. 西南大学 植物保护学院, 重庆 400715;
3. 重庆烟草科学研究所, 重庆 400715

摘要: 烟草是我国重要的经济作物,但随着土壤连作年限的增加,烟草青枯病的发生日益严重,成为制约烟草行业持续健康发展的主要因子。针对烟草青枯病发生与高温高湿的环境条件高度吻合这一现象,本文基于对田间烟草青枯病病情指数以及病害期间气象因子的动态监测,引入最大信息系数和皮尔逊相关性系数评估方法,探究了影响烟草青枯病发生的关键气象因子。结果表明,空气湿度是烟草青枯病发生的必要因子,降雨过后,相对较高的空气湿度是促进烟草青枯病发生发展的关键气象因子。当 15 d 平均湿度维持在 87.74% 以上、15 d 最低温度维持在 13.00 °C 以上、15 d 平均温度维持在 19.00 °C 以上时,田间烟草青枯病开始发生;当 15 d 最低温度升高(达到 14.83 °C 以上)时,田间烟草青枯病开始流行;但当日平均温度低于 18 °C 时,病害发生发展速度有所减缓。该结果为今后田间烟草青枯病的预测预报以及病害的及时防控提供了理论支持,在生产上具有一定的价值和意义。

关键词: 空气温湿度;烟草青枯病;相关性分析;最大信息系数

中图分类号: S435.72 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-1067(2020)01-0039-06

烟草是我国的主要经济作物之一,对我国经济发展具有十分重要的意义^[1-2]。但随着我国烟草种植集约化程度的不断提高以及烟田土壤连作问题的不断加重,烟草根茎病害发生日益严重,成为制约烟草行业持续健康发展的主要因素。烟草青枯病是一种由青枯病雷尔氏菌(*Ralstonia solanacearum*)侵染引起的细菌性土传病害^[3],烟株一旦染病,一般会导致整株死亡,造成烟草生产的重大经济损失。目前尚无特效防治青枯病的方法。烟草青枯病属于典型的高温高湿型病害,低温高湿或者高温低湿都不能导致病害的暴发流行。该病害发生流行最适温度在 30~35 °C,相对湿度 90% 以上^[4],病害暴发期与高温高湿期高度吻合。因此,研究影响烟草青枯病发生的关键气象因子,明确田间烟草青枯病发生和流行的气象条件,对构建病害预测预报方法、及时采取病害防控措施、提高防治效果和环境安全性、保障烟农收入具有重要意义。笔者于 2016 年在重庆市最大烟区——彭水县的烟草青枯病发生代表性区域进行了病害跟踪调查,并对烟草生育期的气象因子数据进行了实时监测。同时,引入可检测非线性关系的两变量关联新测度最大信息系数(Maximal Information Coefficient, MIC)^[5]以及检测线性相关性的皮尔逊相关性系数(Pearson correlation coefficient, Pearson's *r*),以评估导致烟草青枯病发生和发展的主导气象因子,明确田间烟草青枯病发生和迅速暴发的气象条件,为生产中烟草青枯病的预测预报以及提前防控提供理论指导。

① 收稿日期: 2019-12-20

作者简介: 陈代明(1968—),男,硕士,主要从事烟草生产管理工作。E-mail: 975003544@qq.com

1 材料与amp;方法

1.1 试验地基本信息

试验于重庆市彭水县润溪乡白果坪种植单元进行,海拔 1 200 m,北纬 29°8'11",东经 107°56'31";地块较平整,常年有烟草青枯病发生,试验区面积 13 340 m².

试验所用烟苗采用漂浮育苗法育苗,烟草品种为云烟 87. 试验区均按相关技术标准进行统一大田管理,2016 年 5 月 15 日移栽. 种植行距 115 cm、株距 55~60 cm,平均每 667 m² 种植 1 100 株左右. 7 月 14 日中心花开放时打顶,并用 12.5% 氟节胺乳油抑制腋芽.

1.2 调查方法与内容

1.2.1 烟草青枯病害调查

在试验区内,将以青枯病发病烟株为中心的 100 株烟株区域作为一个调查点,固定 10~20 个调查点. 按 GB/23222-2008《烟草病虫害分级及调查方法》国家标准,在烟草青枯病零星发生时(6 月 17 日),对青枯病发病情况进行调查. 发病初期以后每隔 7 d 调查 1 次,进入发病高峰期以后每隔 3 d 调查 1 次,总调查次数为 7 次(最后一次调查时间为 7 月 11 日). 根据公式(1)(2)(3)计算发病率、病情指数和病情指数增长速率.

$$\text{发病率} = \frac{\text{发病株数}}{\text{调查总株数}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{病情指数} = \frac{\sum(\text{发病株数}) \times (\text{病级代表值})}{(\text{调查总株数}) \times (\text{病级最高值})} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{病情指数增长速率} = \frac{T2 \text{ 病情指数} - T1 \text{ 病情指数}}{T2 - T1} \dots\dots\dots (3)$$

1.2.2 田间气象因子采集

采用物联网气象环境站系统,对试验区气象因子进行实时动态监测,监测时间为 2016 年 4 月 1 日至 7 月 30 日. 监测要素包括温度、相对湿度、降雨量、太阳辐射量. 每日每隔 1 h 观测一次,最终共获得当日的最高气温、最低气温、平均气温、相对湿度、降水量、日太阳辐射量. 考虑到温湿度以及太阳辐射的长期累积效应^[6-7],计算调查当前 15 d(包括当日)的平均气温、最高气温、最低气温、平均相对湿度、平均降水量、平均太阳辐射等,共 12 个气象因子.

1.2.3 数据分析与图形制作

采用 Excel 2013 进行数据整理和初步统计分析. 选择青枯病病情指数作为因变量 Y,同时选取上述 12 个气象因子作为自变量 X,在 R 语言软件中计算皮尔逊相关性系数(Pearson's r),调用 minerva 包进行最大信息系数(MIC)计算^[6],同时评估皮尔逊相关性系数与最大信息系数的差异.

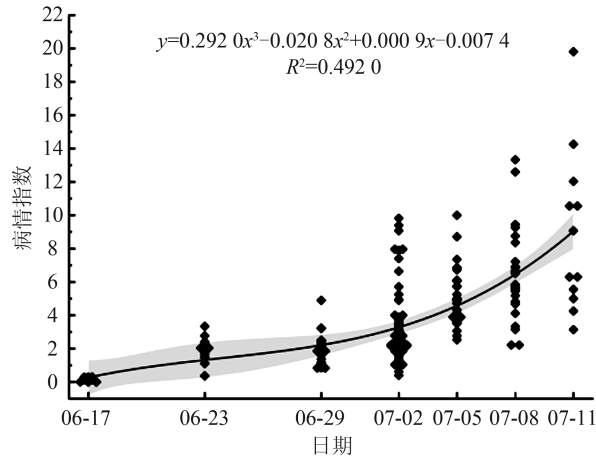
采用 Oringin 2019 软件进行相关图形制作.

2 结果与分析

2.1 田间烟草青枯病发生动态分析

对田间烟草青枯病发生情况进行动态调查,结果如图 1 所示. 6 月 17 日,田间烟草青枯病病情指数平均为 0.17;至 7 月 11 日,病情指数平均值达 8.90,此时烟草青枯病发病率达 50%. 以 7 次调查时间为节点,计算 6 个时间段的病情指数增长速率,从 6 月 17 日至 7 月 11 日各时间段病情指数增长速率分别为 0.29, 0.02,0.27,0.66,0.43 和 0.84. 该结果表明,调查期间田间烟草青枯病的发生速率有明显变化. 6 月 17 日青枯病开始发生,随后病害有所加重,病情指数呈缓慢增长趋势(R²=0.492 0),持续时间为 7 d. 6 月 23 日至 29 日,病情指数增长速率趋近于 0,病害几乎未加重. 6 月 29 日至 7 月 2 日,病情指数增长速率有所增加,病害缓慢加重. 7 月 2 日开始,田间烟草青枯病开始流行,病情指数迅速增长. 从上述结果可以得知,6 月

17 日是当年田间烟草青枯病开始发生的关键时间点, 7 月 2 日为烟草青枯病迅速暴发的时间点.



曲线为非线性拟合曲线, 灰色阴影部分为拟合曲线的 95% 置信区间.

图 1 田间烟草青枯病发生动态

2.2 烟草青枯病与气象因子相关性分析

对田间烟草青枯病病情指数与气象因子间的最大信息系数(Maximal Information Coefficient, MIC)和皮尔逊相关性系数(Pearson correlation coefficient)进行分析, 结果如表 1 所示. 结果显示, 12 个气象因子与青枯病病情指数之间的 MIC 为 0.39~0.60; 其中 15 d 平均湿度与烟草青枯病病情指数相关性最高, 其 MIC 为 0.60; 而 15 d 最低气温、15 d 最高气温和 15 d 平均气温的 MIC 均大于 0.5, 分别为 0.58, 0.54 和 0.53. 同时, 除日降雨量外, 其他 11 个气象因子与烟草青枯病病情指数的皮尔逊相关性分析结果均有统计学意义. 其中, 15 d 平均湿度与烟草青枯病病情指数的皮尔逊相关性系数最高, 为 0.57 ($p < 0.01$); 而日最低气温和 15 d 最低气温与病情指数的皮尔逊相关性系数均大于 0.5 ($p < 0.01$), 分别为 0.55 和 0.54. 从上述结果可以得知, 空气温湿度与烟草青枯病的发生有着密切相关性. 同时, 12 个气象因子 MIC 值和皮尔逊相关性系数之间的差异性 ($MIC-R^2 \in [0, 1]$) 在 0.18~0.49 之间, 表明气象因子与病情指数间的关系呈非典型的线性相关, 其关联性相对复杂.

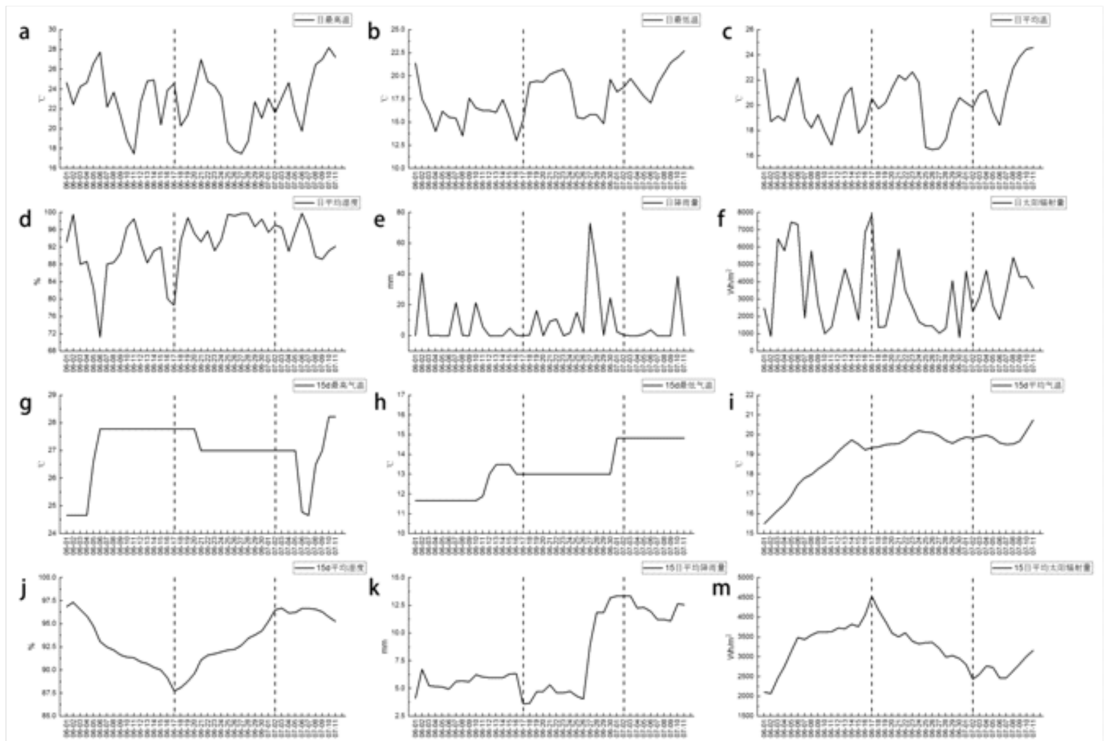
表 1 气象因子与烟草青枯病病情指数的相关性分析

气象因子	最大信息系数 (MIC)	皮尔逊相关性系数 (Pearson's r)	MIC 和 Pearson's r 之间的差异 (MIC-R ²)
15 d 平均湿度	0.60	0.57**	0.27
15 d 最低气温	0.58	0.54**	0.29
15 d 最高气温	0.54	-0.23**	0.49
15 d 平均气温	0.53	0.38**	0.38
日最高气温	0.48	0.31**	0.38
日最低气温	0.48	0.55**	0.18
日平均湿度	0.48	0.17*	0.45
15 d 平均太阳辐射量	0.48	-0.47**	0.25
日平均气温	0.47	0.44**	0.28
日太阳辐射量	0.46	-0.20**	0.43
15 d 平均降雨量	0.46	0.30**	0.37
日降雨量	0.39	-0.15	0.37

注: “*”表示在 5% 水平有统计学意义; “**”表示在 1% 水平有统计学意义.

2.3 影响田间烟草青枯病发生的气象因子分析

通过对田间烟草青枯病的发生动态监测结果的分析,明确了6月17日是当年青枯病开始发生的关键时间点,7月2日是田间青枯病迅速暴发流行的关键时间点.因此,笔者进一步对烟草青枯病发生发展关键时间(6月17日和7月2日)前后的气象因子进行分析,结果如图2所示.6月17日之后,15 d平均湿度均维持在87.74%以上(图2j),15 d最低温度维持在13.00℃以上(图2h),15 d平均温度维持在19.00℃以上(图2i),此时田间烟草青枯病开始发生;但6月25至28日期间,日平均温度低于18℃,青枯病病情指数增长速率接近于0,病害发生发展速率被延缓(图2c).6月28日降雨量超过43 mm(图2e),7月2日左右,15 d平均湿度达到最大值,之后维持在95.00%以上(图2j),15 d最低温度升高到14.83℃以上(图2h),日平均温均高于18℃(图2c),此时,病情指数增长速率明显增加,田间青枯病开始流行.虽然7月4日至6日之间随日平均气温的降低(依然高于18℃)青枯病病情指数增长率有所降低,但田间青枯病整体仍呈暴发蔓延趋势(图2c).因此,可以得出气象因子与青枯病发生关系的初步结论:空气湿度是烟草青枯病发生的必要因子,降雨过后,相对较高的空气温度是促进烟草青枯病发生发展的关键气象因子.彭水润溪地区气象因子与烟草青枯病发生的关系可以概况为:当15 d平均湿度均维持在87.74%以上、15 d最低温度维持在13.00℃以上、15 d平均温度维持在19.23℃以上时,田间烟草青枯病开始发生;当15 d最低温度升高(达到14.83℃以上)时,田间烟草青枯病开始暴发流行;但当日平均温低于18℃时,病害发生发展速度有所减缓(图2).



图中横坐标为监测时间,起止时间为6月1日和7月11日,纵坐标为12个气象因子,a~m依次为日最高气温、日最低气温、日平均气温、日相对湿度、日降水量、日太阳辐射量、15 d最高气温、15 d最低气温、15 d平均气温、15 d平均湿度、15 d平均降水量、15 d平均太阳辐射量.图中两条虚线对应时间点为当年田间烟草青枯病开始发生时间6月17日和暴发流行时间7月2日.

图2 影响烟草青枯病发生期的气象因子分析

3 结论与讨论

本文通过对田间烟草青枯病的动态监测结果分析,解析了田间病害发生动态规律,明确了重庆彭水润

溪地区烟草青枯病发生和发展的关键时期,即 6 月 17 日田间烟草青枯病开始发生,病情指数缓慢上升,7 月 2 日田间青枯病暴发,病情指数迅速升高.同时,本文采用最大信息系数(MIC)和皮尔逊相关性系数(Pearson's r)评估了气象因子与青枯病病情指数间的相关性,明确了 15 d 平均湿度、15 d 最低温度、15 d 平均温度和日平均温度等与田间烟草青枯病发生存在较为密切且复杂的关系,田间空气温湿度累积效应是烟草青枯病的发生和流行关键影响因子.相对而言,当空气温湿度维持在一定水平之上达到一定时长,且当日空气温度要高于一定阈值之后,田间烟草青枯病才开始发生和流行,而病害发生后的日平均温度影响着青枯病病情指数增长速率.

本文的结果表明,空气湿度是烟草青枯病发生的必要因子,而较高的温度则是影响青枯病发生的决定性因素,这与前人的报道基本相同^[4,7].但本文总结的关于青枯病发生和流行的关键气象因子则与刘宪臣的研究结果存在一定差异^[7-9].刘宪臣的研究表明,在旬平均气温达到 22 °C 以上、烟田土壤充分湿润时烟草青枯病开始发生,但流行需 30 °C 以上高温及 90% 以上的相对湿度相配合.本文的结果显示,15 d 最低温度维持在 13.00 °C 以上,15 d 平均气温度维持在 19.23 °C 以上时田间青枯病开始发生,当 15 d 最低温度升高(达到 14.83 °C 以上)时,田间烟草青枯病开始流行,这可能与青枯菌适应高海拔冷凉地区的进化有关^[10-12].同时,本文只对彭水县润溪乡白果坪种植点 2016 年田间烟草青枯病和气象因子进行分析,结果具有一定的区域局限性和年份特征,需要进一步补充和完善.

整体上来说,本文通过对病害发生前以及发生期间的气象数据的监测和分析,明确了田间烟草青枯病开始发生和流行的关键时间点以及气象因子特征,为今后田间烟草青枯病的预测预报以及病害的及时防控提供了理论支持,在生产上具有一定实际价值和意义.

参考文献:

- [1] 张兆扬,陈征,李朋彦,等.现代烟草农业背景下的烟农专业合作社发展浅析[J].湖南农业科学,2015(6):96-99.
- [2] 巢进,张战泓,田峰,等.烟草黑胫病防控技术研究进展[J].湖南农业科学,2016(8):120-122.
- [3] LUCASG B L. Diseases of Tobacco[M]. North Carolina: Third edition Reteigy North Carolina, 1975: 365-382.
- [4] 韩锦峰,汪耀富,张新堂.土壤水分对烤烟根系发育和根系活力的影响[J].中国烟草,1992,13(3):14-17.
- [5] RESHEF D N, RESHEF Y A, FINUCANE H K, et al. Detecting Novel Associations in Large Data Sets [J]. Science, 2011, 334(6062): 1518-1524.
- [6] 郭赛,吴伶.基于气象因子的烟草普通花叶病毒非线性预测模型[J].湖南农业科学,2019(6):101-105.
- [7] 刘宪臣.温湿度对烟草青枯病发生的影响及调控技术研究[D].重庆:西南大学,2014.
- [8] 刘艳霞.土传烟草青枯病的生物防控及其机理研究[D].南京:南京农业大学,2012.
- [9] 李想,刘艳霞,蔡刘体,等.烟草青枯病菌在烟草根际的定殖及最适发病条件[J].植物保护学报,2016,43(5):796-804.
- [10] JIANG G F, WEI Z, XU J, et al. Bacterial Wilt in China: History, Current Status, and Future Perspectives [J]. Frontiers in Plant Science, 2017, 8: 1549. DOI:10.3389/fpls.2017.01549.
- [11] LIU Y, TANG Y M, QIN X Y, et al. Genome Sequencing of *Ralstonia solanacearum* CQPS-1, a Phylotype I Strain Collected from a Highland Area with Continuous Cropping of Tobacco [J]. Frontiers in Microbiology, 2017, 8: 974. DOI: 10.3389/fmicb.2017.00974.
- [12] LIU Y, WU D S, LIU Q P, et al. The Sequevar Distribution of *Ralstonia solanacearum* in Tobacco-growing Zones of China is Structured by Elevation [J]. European Journal of Plant Pathology, 2017, 147(3): 541-551.

On the Key Meteorological Factors Influencing the Outbreak of Tobacco Bacterial Wilt

CHEN Dai-ming, JIANG Qi-peng², ZHANG Shi-qu¹,
LIAO Bang-hong¹, GONG Jie², TAN Xi², QIN Ping-wei³

1. Pengshui Branch of Chongqing Tobacco Company, Pengshui Chongqing 400715, China;

2. School of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China;

3. Chongqing Institute of Tobacco Science, Chongqing 400715, China

Abstract: Tobacco is an important cash crop in China, but tobacco bacterial wilt is becoming more and more serious, which has become a major factor restricting the sustainable and healthy development of tobacco industry. Taking into consideration the fact that the occurrence of tobacco bacterial wilt is highly coincident with a high temperature and humidity environment and based on the data of dynamic monitoring of the disease index of tobacco bacterial wilt in the field and the meteorological factors during disease outbreak, the authors of this paper used the maximum information coefficient and Pearson correlation coefficient to explore the key meteorological factors influencing tobacco bacterial wilt in the fields, so as to provide a theoretical support to the forecast and control of this disease. The results showed that air humidity was a necessary factor for the occurrence of tobacco bacterial wilt, and a relatively high air temperature was a key meteorological factor to promote the outbreak of this plant disease. When the average humidity of 15 d remained above 87.74%, the minimum temperature of 15 d was over 13.00°C and the average temperature of 15 d was over 19.00 °C, tobacco bacterial wilt began to occur; when the minimum temperature of 15 d rose to 14.83 °C or more, tobacco bacterial wilt broke out, but when the average day temperature was below 18 °C, the occurrence of the disease declined.

Key words: air temperature and humidity; tobacco bacterial wilt; correlation analysis; maximal information coefficient (MIC)

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2020.01.009

苹果园的昆虫群落及害虫生态防控技术探讨^①

姜 伟

山东省蓬莱市政务服务中心, 山东 蓬莱 265600

摘 要: 为促进山东省蓬莱市苹果产业可持续发展, 提高苹果的产量和质量, 笔者对蓬莱市苹果园害虫和天敌进行调研. 根据各个时间阶段害虫防治对象和天敌保护对象, 通过少用或不用化学农药, 大力实施以生物农药、特异性农药、性诱剂诱杀、释放赤眼蜂等为主的调控措施, 充分保护利用自然天敌, 优化群落结构, 达到了控制苹果害虫的目的.

关键词: 苹果害虫; 群落; 天敌

中图分类号: S436.611.2

文献标志码: B

文章编号: 1007-1067(2020)01-0045-04

山东省蓬莱市的苹果因其得天独厚的气候条件, 果品品质优、卖相好, 逐渐成为蓬莱最具优势的现代农产品之一, 现已成为其农村经济的支柱产业^[3]. 苹果害虫对果实品质、产量造成严重危害, 然而果农在病虫害防控过程中普遍存在乱用、滥用农药的现象, 严重制约着苹果产业的绿色健康可持续发展^[4]. 苹果害虫生态防控技术是指根据各个时间阶段的害虫防治对象和天敌保护对象, 通过少用或不用化学农药, 大力实施以生物农药和特异性农药为主的调控, 充分保护和利用自然天敌, 优化生物群落, 以达到对苹果害虫自然控制的目的^[5]. 推广效果显示, 苹果害虫生态防控技术可将天敌昆虫群落的不利影响降到最小, 能最大化利用自然控制减少害虫为害.

1 材料与方法

1.1 调查对象

山东省蓬莱市作为烟台苹果的重要产区, 现有苹果栽培品种数十种. 试验选在蓬莱市北沟镇下朱潘村和刘沟镇南吴家村苹果种植大户苹果园内进行.

1.2 调查方法

2012—2019 年, 采用阶层抽样法, 先在苹果园内采用对角线 5 点抽样, 每点取 2 株树, 共取 10 株. 每株取东、南 2 个方向, 每方向抽取 25 个叶片, 并兼顾上、中、下部位, 每株取 50 片叶, 调查记录其上所有害虫及天敌的种类和数量.

2 结果与讨论

2.1 苹果园害虫分布的时间格局

根据苹果园害虫、天敌发生的种类、数量和昆虫群落的特点, 苹果园害虫分布可分为 5 个阶段:

第一阶段为 5 月上、中旬, 此时间段昆虫群落发育处于早期, 主要害虫是苹果黄蚜(*Aphis citricolav-*

① 收稿日期: 2019-10-23

作者简介: 姜 伟(1985—), 女, 农艺师, 主要从事植物保护研究. E-mail: nyswk@yt.shandong.cn

ander Goot)及山楂叶螨(*Tetranychus viennensis* Zacher),但由于该时间段温度较低,两种害虫及天敌的数量较少.

第二阶段为 5 月下旬至 6 月上中旬.这个时间段的特点是:随着时间的推移和温度的升高,苹果树新梢的大量抽出,苹果黄蚜大量发生,6 月中旬达到最高峰,相应地苹果黄蚜的天敌如苹果黄蚜蚜小蜂、瓢虫类、草蛉类、微小花蝽等数量开始逐渐增多.在此阶段山楂叶螨、苹果全爪螨(*Panonychus ulmi* Koch)和金纹细蛾(*Lithocolletis ringoniella* Mats.)也开始发生.但苹果黄蚜是此时期的主要防治对象.

第三阶段为 6 月下旬.这一时间段的昆虫群落结构较为复杂.苹果黄蚜数量开始下降,但仍有较大的种群.山楂叶螨、苹果全爪螨和金纹细蛾,形成全年的第 1 个高峰.是一个害虫种类发生转折交替的时期.这一时间段,各种天敌如异色瓢虫、龟纹瓢虫、微小花蝽、苹果黄蚜蚜小蜂及中华草蛉达到全年的最高峰,但一些专性叶螨类天敌尚未开始发生.因此,这一时期是保护利用果园天敌的关键时期.

第四阶段为 7 月上旬至 8 月上旬.这个阶段是山楂叶螨、苹果全爪螨及金纹细蛾大量发生的时期,3 种害虫于 8 月上旬达到全年的第 2 个高峰,其数量超过 6 月下旬的第 1 个高峰.苹果黄蚜在整个 7 月数量极低,8 月上旬数量略增.发生的天敌除了中华草蛉、异色瓢虫、微小花蝽、蜘蛛等外,叶螨类的专一性天敌如深点食螨瓢虫、塔六点蓟虫于 7 月中、下旬开始发生,并于 8 月上旬达到高峰.金纹细蛾的天敌在 7 月下旬和 8 月上旬大量发生.这一时间段的主要防治对象是山楂叶螨、苹果全爪螨和金纹细蛾,由于此时期天敌发生种类相当多,在防治叶螨类及金纹细蛾时,注意选用一些选择性杀虫(螨)剂或生物杀虫剂,注意充分发挥天敌的自然控制作用.

第五阶段为 8 月中旬和 8 月下旬.这个时间段是叶螨类种群数量凋落的时期,发生的害虫种类除金纹细蛾外,还有取食新叶的鳞翅目害虫如尺蛾类、苹小卷叶蛾(*Adoxophyes orana* Fischer von Roslerstamm)及刺吸嫩叶的叶蝉类、蓟马类害虫.8 月下旬金纹细蛾及苹小卷叶蛾的发生量及二者的天敌种类及数量均大于 8 月中旬^[6-7].

通过昆虫群落时间格局的研究,明确了各个时间阶段害虫的防治对象和天敌的保护对象,为实施生态控制提供了科学依据,使生态控制措施在时间上的准确性更高.

2.2 苹果园害虫及天敌优势度分析

蓬莱苹果园主要害虫绝大多数是叶部害虫,蛀果及为害枝干的害虫很少.害虫及天敌总共有 37 种,其中害虫 12 种,天敌 25 种.群落中的优势种常用优势度指数(d)高低来确定.

计算种群优势度指数(d)的公式如下:

$$d = N_i/N$$

N_i 为群落中害虫(或天敌)物种 i 的数量;

N 为群落中害虫(或天敌)各物种的数量之和.

表 1 列出了不同调查时间苹果园优势度为前两名的害虫和天敌.

2.3 生态防治措施集成

与农田生态系统相较,苹果园生态系统相对稳定,害虫与天敌种类较多,群落丰富度大,有利于发挥天敌的自然控制作用.目前苹果害虫的防治对策,应实施以保护利用自然天敌为主的生态控制,同时加以必要的其他防治措施,例如施用生物农药、特异性农药及高效、低毒、低残留的化学农药等^[8].

2.3.1 性诱剂诱杀

用性诱剂诱杀卷叶蛾等雄蛾,以减少落卵量.2019 年在果园分别设置苹小卷叶蛾性诱芯和金纹细蛾性诱芯,自 7 月 12 日至 8 月 19 日,5 个诱芯(盆)共诱到苹小卷叶蛾雄蛾 11 487 头(其中 7 月 13 日、17 日、19 日和 21 日,8 月 1 日和 7 日诱蛾量较多,分别为 1 327 头、963 头、1 062 头、1 179 头、487 头、491 头),金纹细蛾雄蛾 1 188 头(其中 7 月 17 日、18 日,8 月 10 日、11 日、12 日诱蛾量较多,分别为 76 头、103 头、161 头、86 头、97 头).

表 1 苹果园害虫及天敌总数(N)及优势度(d)(2019年)

日期 (月-日)	个体总数(N) /个	害虫				天敌			
		d ₁	d ₁ 物种	d ₂	d ₂ 物种	d ₁	d ₁ 物种	d ₂	d ₂ 物种
05-09	346	0.896 0	苹果黄蚜	0.066 5	山楂叶螨				
05-12	164	0.786 6	苹果黄蚜	0.128 0	苹果瘤蚜				
05-16	609	0.896 6	苹果黄蚜	0.059 1	苹果全爪螨				
05-21	1 371	0.951 5	苹果黄蚜	0.021 4	金纹细蛾	0.002 9	蚜茧蜂		
05-24	2 428	0.960 5	苹果黄蚜	0.014 8	苹果瘤蚜	0.002 1	蚜茧蜂		
05-27	5 665	0.992 9	苹果黄蚜	0.004 2	金纹细蛾	0.000 5	蚜茧蜂		
05-30	311	0.829 6	苹果黄蚜	0.102 9	山楂叶螨				
06-03	2 215	0.937 7	苹果黄蚜	0.039 3	山楂叶螨	0.006 3	蚜茧蜂		
06-07	7 549	0.967 6	苹果黄蚜	0.023 9	山楂叶螨	0.001 6	丽草蛉	0.001 2	中华草蛉
06-11	3 229	0.955 7	苹果黄蚜	0.028 2	山楂叶螨	0.006 2	中华草蛉	0.001 5	微小花蝽
06-14	5 566	0.966 0	苹果黄蚜	0.018 1	山楂叶螨	0.007 5	中华草蛉	0.003 1	龟纹瓢虫
06-16	6 504	0.970 8	苹果黄蚜	0.020 3	山楂叶螨	0.003 2	中华草蛉	0.001 1	龟纹瓢虫
06-20	1 842	0.896 3	苹果黄蚜	0.068 4	山楂叶螨	0.011 4	龟纹瓢虫	0.005 4	大草蛉
06-23	1 333	0.696 2	苹果黄蚜	0.264 1	山楂叶螨	0.015 0	龟纹瓢虫	0.004 5	异色瓢虫
06-28	549	0.719 5	苹果黄蚜	0.176 7	山楂叶螨	0.010 9	龟纹瓢虫	0.009 1	异色瓢虫
07-01	1 094	0.828 2	山楂叶螨	0.097 8	苹果黄蚜	0.004 6	龟纹瓢虫	0.004 6	异色瓢虫
07-05	854	0.956 7	山楂叶螨	0.015 2	苹果全爪螨	0.002 3	中华草蛉		
07-09	1 114	0.948 8	山楂叶螨	0.034 1	苹果全爪螨	0.003 6	深点食螨瓢虫	0.002 7	中华草蛉
07-13	3 027	0.933 9	山楂叶螨	0.055 2	苹果全爪螨	0.000 7	深点食螨瓢虫		
07-16	2 168	0.860 7	山楂叶螨	0.072 0	苹果全爪螨	0.004 2	深点食螨瓢虫	0.001 4	中华草蛉
07-20	1 418	0.894 2	山楂叶螨	0.181 9	苹果全爪螨	0.002 1	深点食螨瓢虫	0.002 1	中华草蛉
07-23	1 025	0.875 1	山楂叶螨	0.055 6	苹果全爪螨	0.006 8	大草蛉	0.003 9	深色瓢虫
07-28	5 850	0.796 9	山楂叶螨	0.179 1	苹果黄蚜	0.005 3	深点食螨瓢虫	0.001 7	异色瓢虫
08-01	4 367	0.798 9	山楂叶螨	0.166 9	苹果黄蚜	0.013 3	深点食螨瓢虫	0.001 6	中华草蛉
08-06	5 185	0.778 0	山楂叶螨	0.138 9	苹果全爪螨	0.006 9	深点食螨瓢虫	0.002 5	塔六点蓟虫
08-11	450	0.671 1	苹果黄蚜	0.208 9	山楂叶螨	0.028 9	深点食螨瓢虫	0.013 3	蚜小蜂
08-15	331	0.429 0	苹果黄蚜	0.332 3	山楂叶螨	0.033 2	深点食螨瓢虫	0.018 1	塔六点蓟虫
08-19	197	0.264 0	山楂叶螨	0.238 6	金纹细蛾	0.106 6	异色瓢虫	0.071 1	塔六点蓟虫
08-23	200	0.330 0	山楂叶螨	0.270 0	金纹细蛾	0.120 0	蚜小蜂	0.060 0	中华草蛉

注: d₁ 和 d₂ 分别为害虫及天敌种群密度为前 2 位的优势度。

2.3.2 不同时期防治措施与效果

越冬防治. 清除枯枝落叶、杂草, 消灭金纹细蛾越冬蛹等; 秋末在树干绑草绳诱集山楂叶螨越冬成螨, 在第二年 3 月集中烧毁草绳. 结合防治腐烂病, 刮除老树翘皮, 并结合修剪, 消灭山楂叶螨越冬成螨、卷叶蛾等越冬幼虫. 在上年叶螨发生严重的果园采用果树根部培土拍实法, 消灭越冬叶螨(此种方法也可防治桃小食心虫). 对桃小食心虫发生较重的果园, 于越冬幼虫出土始期和盛期, 每 667 m² 用 5% 辛硫磷颗粒剂 5~7 kg 配成毒土, 均匀撒施于距树干 1 m 半径范围内的地面, 并浅锄, 防治出土的越冬幼虫^[6-7].

前期防治. 5-6 月气温逐渐升高, 害虫陆续发生为害, 在这一阶段主要防治对象是苹果黄蚜, 其次是山楂叶螨和金纹细蛾. 可用 10% 浏阳霉素 1 000 倍液防治叶螨, 0.3% 苦参碱水剂 800 倍液防治苹果黄蚜.

中期防治. 7 月至 8 月上旬是山楂叶螨、苹果全爪螨及金纹细蛾数量猛增期, 也是预防卷叶蛾落卵及灭卵的关键时期. 对山楂叶螨发生较重的果园, 可用 30% 腈吡螨酯悬浮剂 3 000 倍液或 20% 丁氟螨酯悬浮剂 2 000 倍液防治. 对有苹果黄蚜发生的果园, 除保护利用苹果黄蚜小蜂等天敌外, 可喷施 1.8% 阿维菌素乳油 4 000 倍液防治. 释放赤眼蜂防治苹小卷叶蛾, 在诱蛾高峰后第 3~4 d 每 667 m² 每次释放赤眼蜂 4 万头,

连续释放 3 次, 防效可达 85% 以上^[6-8].

后期防治. 8 月中旬至 10 月苹果采收, 这个时期以防治卷叶蛾、潜叶蛾、食心虫类害虫为主. 主要采用特异性杀虫剂, 如 25% 灭幼脉悬浮剂或 20% 除虫脉悬浮剂 2 000 倍液喷雾防治.

3 结论

蓬莱市苹果园主要害虫为蚜虫类、叶螨类、苹小卷叶蛾和金纹细蛾. 本文通过对苹果园昆虫群落的调查和分析, 明确了不同时间段的主要害虫及天敌的种类及发生数量; 有针对性地在关键时期对靶标害虫进行防控, 取得了较好效果. 由于目前苹果园大量使用化学农药, 有些优势种如山楂叶螨、苹果黄蚜等害虫抗药性明显增强, 因此应尽量避免施用化学农药, 采用生态调控方法, 保护利用自然天敌, 或选用生物农药、特异性农药以减少对天敌的影响.

参考文献:

- [1] 徐月华. 蓬莱市红富士苹果精品化管理技术效果研究 [J]. 落叶果树, 2016, 48(2): 14-16.
- [2] 张大为, 李 鑫, 尹翔宇, 等. 洛川苹果园害虫管理标准化现状探析 [J]. 安徽农业科学, 2007, 35(9): 2660-2662.
- [3] 陈 川, 唐周怀, 李 鑫. 我国苹果害虫的天敌昆虫研究概况 [J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2006, 34(S1): 15-17.
- [4] 郑方强, 张晓华, 曲诚怀, 等. 红富士苹果园害虫与天敌群落的定量分析 [J]. 应用生态学报, 2009, 20(4): 851-856.
- [5] 杨本立, 宋家雄, 严乃胜, 等. 昭通市苹果园昆虫群落时间格局与害虫防治 [J]. 云南农业大学学报, 1999, 14(4): 358-360.
- [6] 牟吉元, 李照会, 郑方强, 等. 苹果园主要害虫及天敌群落结构和生态控制的研究 [J]. 山东农业大学学报, 1997, 28(3): 253-261.
- [7] 钟呈星, 赵 华, 赵 刚, 等. 苹果园害虫生态控制的探讨 [J]. 中国植保导刊, 2006, 26(9): 26-28.
- [8] 杨 华, 燕丽波. 无公害苹果生产的病虫害综合防治技术 [J]. 北方果树, 2008(1): 43-44.

Discussion on Insect Community and Pest Ecological Control Technology in Apple Orchard

JIANG Wei

Government service center of Penglai, Penglai Shandong 265600, China

Abstract: In order to promote the sustainable development of the apple industry in Penglai City, Shandong Province, and improve the quality of apple production. The author investigates the pests and natural enemies of apple orchards in Penglai City, according to different time stage pest control and natural protection object. Vigorous implementation of regulatory measures such as using less or no chemical pesticides, biological pesticides, specific pesticides, sex attractants, release of trichogramma, etc., fully protecting and utilizing natural predators, optimizing the community structure, and achieving the purpose of controlling apple pests.

Key words: apple pests; community; natural enemy

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2020.01.010

7 种杀虫剂对苹果黄蚜和异色瓢虫的毒力及选择毒性研究^①

寇弘儒¹, 李春娜¹, 董兆克^{1,2}, 张志勇¹

1. 农业应用新技术北京市重点实验室/北京农学院, 北京 102206;

2. 青岛农业大学 植物医学学院, 山东 青岛 266109

摘要: 为了研究常用杀虫剂对苹果黄蚜(*Aphis citricola* Van der Goot)及其天敌昆虫异色瓢虫(*Harmonia axyridis* Pallas)不同时间段的毒力及选择性, 解决有害生物化学防治与生物防治的矛盾, 本试验采用滤纸片法测定了 7 种杀虫剂对苹果黄蚜和异色瓢虫的室内毒力, 并分析了各杀虫剂对两种昆虫的选择毒力。结果表明, 10% 烯啶虫胺水剂对苹果黄蚜和异色瓢虫的毒力最高, 21% 噻虫嗪悬浮剂对异色瓢虫的选择安全性最高。21% 噻虫嗪悬浮剂具有较高的正向选择性, 既可有效控制苹果黄蚜, 同时还具有较高的毒力选择性, 其适合在果园与蚜虫天敌异色瓢虫协同防治苹果黄蚜。

关键词: 苹果黄蚜; 异色瓢虫; 毒力; 选择性毒力

中图分类号: Q965.9

文献标志码: A

文章编号: 1007-1067(2020)01-0049-06

苹果黄蚜(*Aphis citricola* Van der Goot)属半翅目蚜虫科^[1], 是为害苹果的主要害虫之一。在我国广泛分布于苹果种植区, 以若蚜、成蚜群集于寄主上刺吸汁液, 受害叶片常呈现褪绿斑点, 后向背面横卷, 新梢细弱, 为害严重时可造成落叶, 苗圃和幼龄果树受害严重^[2-6]。

异色瓢虫(*Harmonia axyridis* Pallas)属鞘翅目瓢甲科, 在我国广泛分布, 捕食范围广, 对蚜虫、叶螨和介壳虫等重要害虫具有很强的捕食能力, 是一种重要的天敌昆虫^[7], 其各龄幼虫和成虫均有捕食蚜虫的能力, 作为蚜虫的优势天敌, 对蚜虫有显著的控制作用^[8]。

多年来在控制苹果黄蚜以及果园其他害虫为害的过程中, 农药施用量和施用次数不断增加, 导致苹果黄蚜的耐药力和抗药性不断提高, 同时还灭杀了大量天敌, 减弱了自然控制有害生物的力量, 进一步加剧了苹果黄蚜对果树的为害力度。为了筛选对苹果黄蚜毒力高而对异色瓢虫相对安全的杀虫剂, 解决有害生物化学防治与生物防治的矛盾, 本研究在前期调研北京市苹果使用农药情况的基础上, 测定 7 种常用杀虫剂对苹果黄蚜和异色瓢虫的选择性毒力, 以为苹果黄蚜的科学防治提供参考和依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试虫源

苹果黄蚜采自北京市延庆区白羊玉国光基地, 于人工气候箱内饲养(3~4 龄); 异色瓢虫成虫购自中科

① 收稿日期: 2020-01-14

基金项目: 国家重点研发计划课题(2017YFD0200307); 北京市科技创新服务能力建设-高精尖学科建设项目(PXM2019_014207_000032)。

作者简介: 寇弘儒(1994-), 女, 硕士研究生, 主要从事果品优质生态安全研究。E-mail: 854246266@qq.com

通信作者: 张志勇(1961-), 男, 教授, 主要从事农产品安全技术、昆虫资源保护利用研究。E-mail: zzy@buaa.edu.cn

白云公司(中国科学院动物所支持技术),日龄为 10 日.饲养条件均为:温度(25±1)℃,相对湿度 65%~75%,光照周期 L:D=16 h:8 h.

1.1.2 供试药剂

20%虫酰肼(tebufenozide)悬浮剂,京博农化科技股份有限公司生产.20%甲氰菊酯(fenprothrin)乳油,武汉武隆农药有限公司生产.10%氟啶虫酰胺(flonicamid)水分散粒剂,宁波石原金牛农业科技有限公司生产.10%烯啶虫胺(nitenpyram)水剂,深圳诺普信农化股份有限公司生产.25%烯啶虫胺(nitenpyram)可溶粉剂,山东省联合农药工业有限公司生产.21%噻虫嗪(thiamethoxam)悬浮剂,江苏辉丰农化股份有限公司生产.25%噻虫嗪(thiamethoxam)水分散粒剂,山东省联合农药工业有限公司生产.

1.2 试验方法

1.2.1 室内毒力测定

将 7 种杀虫剂稀释至所需 5~7 个浓度梯度.在直径 9 cm 的培养皿内垫一层滤纸,吸取药液 0.5 mL 均匀滴加于滤纸上.然后,将 3~4 龄苹果黄蚜或 10 日龄异色瓢虫成虫投放于皿内浸药滤纸上,任由其爬行.置于上述条件下的人工气候箱,于 4,8,12,24,48 h 后在双目解剖镜下检查死亡率.每处理有 20 头蚜虫或 10 头异色瓢虫成虫,对照组滴加等量蒸馏水,各处理重复 3 次.

1.2.2 数据处理

利用 Excel 和 SPSS 20.0 软件进行分析,获得致死中浓度(LC₅₀)、毒力回归方程及相关参数.

选择毒力比(STR)=天敌 LC₅₀/害虫 LC₅₀.当 STR<1 时,表明该药剂对天敌及害虫具有负向选择性.当 STR=1 时,表示该药剂对天敌及害虫没有明显的选择性.当 1<STR≤10 时,表示该药剂对天敌及害虫有正向选择性.当 10<STR≤100 时,表示该药剂对天敌及害虫有中度正向选择性.当 100<STR≤1 000,表示该药剂对天敌及害虫具有高度正向选择性.当 1 000<STR 时,表示该药剂对天敌及害虫具有强烈正向选择性.

2 结果与分析

2.1 7 种杀虫剂对苹果黄蚜的毒力

7 种杀虫剂对苹果黄蚜的毒力回归方程及其致死中浓度 LC₅₀见表 1.结果表明,7 种杀虫剂对苹果黄蚜的毒力随着时间的增大而增大,4 h 的毒力最小,48 h 的毒力最大.其中,不同时间段 10%烯啶虫胺水剂对苹果黄蚜毒力均最大,其 48 h 的 LC₅₀为 0.02 mg/L;除了 4 h 和 48 h 外,其他不同时间段 20%虫酰肼悬浮剂对苹果黄蚜毒力均最小,其 48 h 的 LC₅₀为 2.50 mg/L.

2.2 7 种杀虫剂对异色瓢虫的毒力

7 种杀虫剂对异色瓢虫的毒力回归方程及其致死中浓度 LC₅₀见表 2.结果表明,7 种杀虫剂对异色瓢虫的毒力随着时间的增大而增大,4 h 的毒力最小,48 h 的毒力最大.其中,不同时间段 10%烯啶虫胺水剂对异色瓢虫毒力均最大,其 24 h 的 LC₅₀为 1.13 mg/L;除了 48 h 外,其他不同时间段 20%虫酰肼悬浮剂对异色瓢虫毒力均最小,其 48 h 的 LC₅₀为 14.31 mg/L.

表 1 7 种杀虫剂对苹果黄蚜的毒力

时间/h	杀虫剂	毒力回归方程	LC ₅₀ /mg·L ⁻¹	95%置信限	R ²
4	20%虫酰肼悬浮剂	$y=1.379 9x+1.610 8$	285.81	192.09~425.24	0.997 1
	20%甲氰菊酯乳油	$y=0.757 2x+3.202 2$	236.79	152.48~367.73	0.999 2
	10%氟啶虫酰胺水分散粒剂	$y=1.170 3x+2.105 7$	297.30	147.86~597.77	0.990 8
	10%烯啶虫胺水剂	$y=0.539 8x+4.136 8$	39.73	18.31~86.22	0.993 9
	25%烯啶虫胺可溶粉剂	$y=0.579 3x+4.073 2$	39.79	20.14~78.61	0.997 6
	21%噻虫嗪悬浮剂	$y=0.831 9x+3.438 3$	75.39	44.41~127.99	0.993 5
	25%噻虫嗪水分散粒剂	$y=0.852 5x+3.365 1$	82.73	49.91~137.12	0.994 5

表 1 续

时间/h	杀虫剂	毒力回归方程	LC ₅₀ /mg·L ⁻¹	95%置信限	R ²
8	20%虫酰肼悬浮剂	$y=1.326 1x+2.004 2$	181.57	132.16~249.47	0.997 7
	20%甲氰菊酯乳油	$y=0.625 2x+3.845 9$	70.11	28.60~171.89	0.996 4
	10%氟啶虫酰胺水分散粒剂	$y=1.424 6x+2.053 9$	116.94	82.78~165.20	0.998 7
	10%烯啶虫胺水剂	$y=0.459 3x+4.675 7$	5.08	2.52~10.23	0.993 8
	25%烯啶虫胺可溶粉剂	$y=0.503 3x+4.634 9$	5.31	2.77~10.19	0.991 6
	21%噻虫嗪悬浮剂	$y=0.916 5x+3.620 0$	32.05	21.70~47.34	0.984 9
	25%噻虫嗪水分散粒剂	$y=0.816 5x+3.731 7$	35.77	23.47~54.49	0.999 3
12	20%虫酰肼悬浮剂	$y=1.597 3x+1.723 3$	112.56	90.68~139.71	0.995 3
	20%甲氰菊酯乳油	$y=0.617 6x+4.270 1$	15.20	2.49~92.80	0.995 9
	10%氟啶虫酰胺水分散粒剂	$y=1.201 6x+2.892 1$	56.80	42.50~75.90	0.994 7
	10%烯啶虫胺水剂	$y=0.437 2x+4.864 0$	2.05	0.95~4.40	0.991 2
	25%烯啶虫胺可溶粉剂	$y=0.502 6x+4.821 2$	2.20	1.08~4.46	0.995 2
	21%噻虫嗪悬浮剂	$y=0.890 5x+3.898 5$	17.01	11.70~24.71	0.995 6
	25%噻虫嗪水分散粒剂	$y=0.851 5x+3.929 1$	18.10	12.25~26.74	0.994 9
24	20%虫酰肼悬浮剂	$y=0.761 8x+3.863 9$	31.00	17.23~55.78	0.994 5
	20%甲氰菊酯乳油	$y=0.863 4x+4.039 5$	12.96	2.77~60.60	0.998 6
	10%氟啶虫酰胺水分散粒剂	$y=0.747 4x+4.175 9$	12.66	5.66~28.33	0.998 2
	10%烯啶虫胺水剂	$y=0.384 8x+5.111 2$	0.51	0.18~1.46	0.997 7
	25%烯啶虫胺可溶粉剂	$y=0.504 1x+5.130 5$	0.55	0.23~1.34	0.994 6
	21%噻虫嗪悬浮剂	$y=0.405 3x+4.988 0$	1.07	0.28~4.03	0.976 4
	25%噻虫嗪水分散粒剂	$y=0.466 3x+4.957 9$	1.23	0.38~4.02	0.971 5
48	20%虫酰肼悬浮剂	$y=0.953 3x+4.621 4$	2.50	0.40~15.70	0.997 0
	20%甲氰菊酯乳油	$y=0.831 7x+4.608 8$	2.95	0.16~55.17	0.996 4
	10%氟啶虫酰胺水分散粒剂	$y=0.737 5x+4.592 1$	3.57	0.80~15.92	0.993 6
	10%烯啶虫胺水剂	$y=0.471 5x+5.765 7$	0.02	0.01~0.11	0.996 3
	25%烯啶虫胺可溶粉剂	$y=0.472 9x+5.690 9$	0.03	0.01~0.17	0.996 6
	21%噻虫嗪悬浮剂	$y=0.519 6x+5.163 8$	0.48	0.13~1.81	0.975 3
	25%噻虫嗪水分散粒剂	$y=0.806 3x+5.049 7$	0.87	0.38~4.02	0.989 4

表 2 7 种杀虫剂对异色瓢虫的毒力

时间/h	杀虫剂	毒力回归方程	LC ₅₀ /mg·L ⁻¹	95%置信限	R ²
4	20%虫酰肼悬浮剂	$y=0.857 0x+4.009 6$	296.35	160.40~547.51	0.980 0
	20%甲氰菊酯乳油	$y=0.953 1x+2.732 6$	239.36	145.15~394.72	0.968 4
	10%氟啶虫酰胺水分散粒剂	$y=1.284 4x+2.256 1$	136.89	76.80~244.00	0.959 3
	10%烯啶虫胺水剂	$y=1.188 8x+3.923 5$	8.04	2.97~21.81	0.921 2
	25%烯啶虫胺可溶粉剂	$y=0.616 2x+4.346 6$	11.49	5.30~24.90	0.993 1
	21%噻虫嗪悬浮剂	$y=0.905 2x+3.272 4$	81.03	39.11~167.89	0.917 7
	25%噻虫嗪水分散粒剂	$y=0.877 9x+3.310 3$	84.08	41.63~169.83	0.980 3
8	20%虫酰肼悬浮剂	$y=1.340 9x+1.941 6$	190.91	121.03~301.14	0.893 3
	20%甲氰菊酯乳油	$y=0.634 8x+3.886 5$	56.78	14.31~225.38	0.945 5
	10%氟啶虫酰胺水分散粒剂	$y=1.249 7x+2.566 2$	88.60	55.80~140.68	0.909 7
	10%烯啶虫胺水剂	$y=1.061 4x+4.240 2$	5.20	1.36~19.81	0.950 5
	25%烯啶虫胺可溶粉剂	$y=0.662 0x+4.520 5$	5.30	2.55~11.02	0.974 0
	21%噻虫嗪悬浮剂	$y=1.010 1x+3.379 1$	40.24	23.46~69.02	0.963 4
	25%噻虫嗪水分散粒剂	$y=0.915 0x+3.505 6$	42.97	24.36~75.81	0.929 2

表 2 续

时间/h	杀虫剂	毒力回归方程	LC ₅₀ /mg·L ⁻¹	95%置信限	R ²
12	20%虫酰肼悬浮剂	$y = 1.593 6x + 1.679 1$	121.33	88.78~165.81	0.968 8
	20%甲氰菊酯乳油	$y = 0.566 3x + 4.414 1$	10.83	0.49~238.12	0.989 7
	10%氟啶虫酰胺水分散粒剂	$y = 1.126 2x + 2.978 5$	62.36	40.15~96.86	0.919 3
	10%烯啶虫胺水剂	$y = 0.915 6x + 4.570 2$	2.95	0.44~19.93	0.950 4
	25%烯啶虫胺可溶粉剂	$y = 0.669 2x + 4.668 8$	3.13	1.45~6.73	0.937 5
	21%噻虫嗪悬浮剂	$y = 0.904 3x + 3.828 6$	19.74	11.67~33.40	0.946 1
	25%噻虫嗪水分散粒剂	$y = 0.945 8x + 3.762 2$	20.36	12.28~33.74	0.950 8
24	20%虫酰肼悬浮剂	$y = 1.478 2x + 2.406 1$	56.85	40.71~79.37	0.981 8
	20%甲氰菊酯乳油	$y = 0.767 4x + 4.208 8$	10.74	0.88~131.69	0.975 6
	10%氟啶虫酰胺水分散粒剂	$y = 0.826 1x + 3.864 3$	23.69	11.41~49.22	0.987 7
	10%烯啶虫胺水剂	$y = 0.735 3x + 4.961 6$	1.13	0.05~27.86	0.995 9
	25%烯啶虫胺可溶粉剂	$y = 0.699 0x + 4.920 3$	1.30	0.55~3.05	0.986 0
	21%噻虫嗪悬浮剂	$y = 0.944 9x + 3.953 2$	12.82	7.68~21.39	0.980 2
	25%噻虫嗪水分散粒剂	$y = 0.861 8x + 4.044 1$	12.86	7.33~22.55	0.983 3
48	20%虫酰肼悬浮剂	$y = 0.857 0x + 4.009 6$	14.31	4.45~45.99	0.980 0
	20%甲氰菊酯乳油	$y = 0.711 5x + 4.613 6$	3.49	0.05~222.01	0.970 5
	10%氟啶虫酰胺水分散粒剂	$y = 1.243 7x + 3.497 7$	16.14	8.44~30.88	0.972 2
	10%烯啶虫胺水剂	—	—	—	—
	25%烯啶虫胺可溶粉剂	$y = 0.597 8x + 5.503 0$	0.14	0.03~0.61	0.974 2
	21%噻虫嗪悬浮剂	$y = 1.013 6x + 4.416 7$	3.76	1.96~7.22	0.980 8
	25%噻虫嗪水分散粒剂	$y = 0.909 0x + 4.464 5$	3.88	1.87~8.04	0.982 8

注：在所配置最低浓度下，48 h 时异色瓢虫全部死亡，故未计算出 LC₅₀ 和 STR 值。表 3 同。

2.3 7 种杀虫剂的对异色瓢虫的毒力选择

7 种杀虫剂对异色瓢虫的毒力选择见表 3。结果表明，除 12 h 外，其他时间段 21%噻虫嗪悬浮剂对异色瓢虫的选择安全性最高，其 48 h 的 STR 数值为 7.83。

表 3 7 种杀虫剂对苹果黄蚜和异色瓢虫的选择性毒力

时间/h	杀虫剂	LC ₅₀ /mg·L ⁻¹		STR
		苹果黄蚜	异色瓢虫	
4	20%虫酰肼悬浮剂	285.81	296.35	1.04
	20%甲氰菊酯乳油	236.79	239.36	1.01
	10%氟啶虫酰胺水分散粒剂	297.30	136.89	0.46
	10%烯啶虫胺水剂	39.73	8.04	0.20
	25%烯啶虫胺可溶粉剂	39.79	11.49	0.29
	21%噻虫嗪悬浮剂	75.39	81.03	1.07
	25%噻虫嗪水分散粒剂	82.73	84.08	1.02
8	20%虫酰肼悬浮剂	181.57	190.91	1.05
	20%甲氰菊酯乳油	70.11	56.78	0.81
	10%氟啶虫酰胺水分散粒剂	116.94	88.60	0.76
	10%烯啶虫胺水剂	5.08	5.20	1.02
	25%烯啶虫胺可溶粉剂	5.31	5.30	1.00
	21%噻虫嗪悬浮剂	32.05	40.24	1.26
	25%噻虫嗪水分散粒剂	35.77	42.97	1.20

表 3 续

时间/h	杀虫剂	LC ₅₀ /mg · L ⁻¹		STR
		苹果黄蚜	异色瓢虫	
12	20%虫酰肼悬浮剂	112.56	121.33	1.08
	20%甲氰菊酯乳油	15.20	10.83	0.71
	10%氟啶虫酰胺水分散粒剂	56.80	62.36	1.10
	10%烯啶虫胺水剂	2.05	2.95	1.44
	25%烯啶虫胺可溶粉剂	2.20	3.13	1.42
	21%噻虫嗪悬浮剂	17.01	19.74	1.16
	25%噻虫嗪水分散粒剂	18.10	20.36	1.12
24	20%虫酰肼悬浮剂	31.00	56.85	1.83
	20%甲氰菊酯乳油	12.96	10.74	0.83
	10%氟啶虫酰胺水分散粒剂	12.66	23.69	1.87
	10%烯啶虫胺水剂	0.51	1.13	2.22
	25%烯啶虫胺可溶粉剂	0.55	1.30	2.36
	21%噻虫嗪悬浮剂	1.07	12.82	11.98
	25%噻虫嗪水分散粒剂	1.23	12.86	10.46
48	20%虫酰肼悬浮剂	2.50	14.31	5.72
	20%甲氰菊酯乳油	2.95	3.49	1.18
	10%氟啶虫酰胺水分散粒剂	3.57	16.14	4.52
	10%烯啶虫胺水剂	0.02	—	—
	25%烯啶虫胺可溶粉剂	0.03	0.14	4.67
	21%噻虫嗪悬浮剂	0.48	3.76	7.83
	25%噻虫嗪水分散粒剂	0.87	3.88	4.46

3 结论与讨论

本研究测定了 7 种在北京市苹果上常用的杀虫剂对苹果黄蚜和异色瓢虫的毒力及选择性. 试验结果表明, 10%烯啶虫胺水剂对苹果黄蚜和异色瓢虫的毒力最高, 21%噻虫嗪悬浮剂对异色瓢虫的选择安全性最高.

选择毒力比越大的农药越有利于解决化学防治与生物防治的矛盾^[9]. 2 种烯啶虫胺类农药虽然对苹果黄蚜的毒力最高, 但是对异色瓢虫的选择毒力不高. 与其他的新烟碱类杀虫剂相似, 烯啶虫胺主要作用于昆虫神经系统, 其对害虫的突触受体具有神经阻断作用, 在自发放电后扩大隔膜位差, 并最终使突触隔膜刺激下降, 结果导致神经的轴突触隔膜电位通道刺激消失, 致使害虫麻痹死亡. 本试验结果表明, 昆虫神经毒剂烯啶虫胺类农药不适合在果园与异色瓢虫协同防治苹果黄蚜. 一种全新结构的第二代烟碱类高效低毒杀虫剂 21%噻虫嗪悬浮剂对苹果黄蚜的毒力较大, 且对异色瓢虫的选择毒力最大. 噻虫嗪是 1991 年由诺华公司开发的新烟碱类杀虫剂, 其作用机理与吡虫啉相似, 可选择性抑制昆虫中枢神经系统烟酸乙酰胆碱酯酶受体, 进而阻断昆虫中枢神经系统的正常传导, 造成害虫出现麻痹及死亡. 与其他几种供试药剂比较而言, 21%噻虫嗪悬浮剂既可有效控制苹果黄蚜, 同时还具有较高的毒力选择性, 且容易降解^[10-12], 适合在果园与异色瓢虫组合防控苹果黄蚜. 昆虫生长调节剂类农药 20%虫酰肼悬浮剂和 10%氟啶虫酰胺水分散粒剂也表现出较强的选择性, 是防治苹果黄蚜比较安全的药剂. 作用于昆虫神经系统的 20%甲氰菊酯乳油对苹果黄蚜和异色瓢虫的选择性不高, 其是一种拟除虫菊酯类杀虫剂, 使昆虫过度兴奋、麻痹而死亡, 并且菊酯类杀虫剂极易使害虫产生抗药性^[13-14], 因此应当慎重使用.

参考文献:

- [1] 王金政, 薛晓敏, 路超. 我国苹果生产现状与发展对策 [J]. 山东农业科学, 2010, 42(6): 117-119.
- [2] 焦浩, 侯建华, 侯红利. 2013 年陕西苹果蚜虫大发生原因及防治技术 [J]. 陕西农业科学, 2014, 60(4): 125-128.

- [3] 宫庆涛, 武海斌, 张坤鹏, 等. 氟啶虫胺腈对苹果黄蚜室内毒力测定及田间防治效果 [J]. 农药, 2014, 53(10): 759-761, 772.
- [4] 康总江, 宫亚军, 石宝才. 22.4% 螺虫乙酯悬浮剂防治苹果黄蚜田间药效研究 [J]. 北方园艺, 2013(13): 157-158.
- [5] 刘慧平, 韩巨才, 徐 琴, 等. 杀虫剂对苹果黄蚜与七星瓢虫的毒力及选择性研究 [J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(2): 126-129.
- [6] 北京农业大学. 果树昆虫学-下册[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [7] 张 伟, 马若影, 蒋春先, 等. 异色瓢虫对枫杨刻蚜的捕食功能反应 [J]. 四川农业大学学报, 2018, 36(5): 702-707.
- [8] 马 菲, 杨瑞生, 高德三. 果园蚜虫的发生及应用异色瓢虫控蚜 [J]. 辽宁农业科学, 2005(2): 37-39.
- [9] 王小艺, 沈佐锐. 四种杀虫剂对桃蚜和异色瓢虫的选择毒性及害虫生物防治与化学防治的协调性评价 [J]. 农药学报, 2002, 4(1): 34-38.
- [10] 赵文晋, 李 明. 稻田土壤及水稻中噻虫嗪的残留检测与降解 [J]. 广东农业科学, 2014, 41(1): 132-136.
- [11] KARMAKAR R, KULSHRESTHA G. Persistence, Metabolism and Safety Evaluation of Thiamethoxam in Tomato Crop [J]. Pest Management Science, 2009, 65(8): 931-937.
- [12] OBANA H, OKIHASHI M, AKUTSU K, et al. Determination of Neonicotinoid Pesticide Residues in Vegetables and Fruits with Solid Phase Extraction and Liquid Chromatography Mass Spectrometry [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(9): 2501-2505.
- [13] 朱福兴, 王金信, 刘 峰, 等. 常用杀虫剂对苹果黄蚜、龟纹瓢虫的毒力及其选择性测定 [J]. 植物保护学报, 1998, 25(1): 93-94.
- [14] 朱福兴, 王金信, 刘 峰, 等. 瓢虫对杀虫剂的敏感性研究 [J]. 昆虫学报, 1998, 41(4): 359-365.

Study on the Toxicity and Selectivity of 7 Insecticides to *Aphis citricola* and *Harmonia axyridis*

KOU Hong-ru¹, LI Chun-na¹, DONG Zhao-ke^{1,2}, ZHANG Zhi-yong¹

1. Beijing Key Laboratory of New Technology in Agricultural Application, Beijing 102206, China;

2. Plant Medicine College, Qingdao Agricultural University, Qingdao Shandong 266109, China

Abstract: In this paper, the filter paper method was used to determine the indoor toxicity of 7 commonly used insecticides and to study their virulence and selectivity against *Aphis citricola* and its natural enemy *Harmonia axyridis* in different time periods, and to solve the contradiction between chemical control and biological control of harmful organisms. The results showed that 10% nitenpyram water had the highest virulence against *A. citricola* and *H. axyridis* and that 21% thiamethoxam suspension had the best selection safety for *H. axyridis*, which indicated that thiamethoxam has a high positive selectivity and is suitable to control *A. citricola* in orchards.

Key words: *Aphis citricola*; *Harmonia axyridis*; toxicity; selective virulence

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2020.01.011

烟田杂草的防除策略及建议^①

廖帮红¹, 陈代明¹, 江其朋², 张世渠¹, 秦平伟³

1. 重庆市烟草公司 彭水分公司, 重庆 彭水 409600;
2. 西南大学 植物保护学院, 重庆 400715;
3. 重庆烟草科学研究所, 重庆 400715

摘要: 彭水县润溪乡是重庆市重要的植烟区, 其生态环境非常适合烤烟的生长, 烤烟也成为该地区烟农脱贫致富的重要手段之一。润溪乡烤烟生育期内降雨大、持续时间长, 烟田杂草种类多、生物量大, 严重影响了烤烟的正常生长, 同时, 人工杂草防除费时费工, 进一步限制了当地烟农节流增收, 烟田杂草防除成为困扰烟农的一大难题。因此, 基于查阅相关文献和报道及笔者的田间调查, 本文总结了润溪乡烟田主要杂草种类以及发生规律, 提出了烟田杂草系统控制的几项关键技术和要点, 以期为该地区的杂草防除以及烟农节流增收提供参考。

关键词: 烟田杂草; 系统控制; 防除策略; 除草机除草; 土壤熏蒸

中图分类号: S435.72 **文献标志码:** B **文章编号:** 1007-1067(2020)01-0055-04

烟草(*Nicotiana tabacum*)是茄科烟草属 1 年生草本植物, 在我国已有 400 多年的种植史, 是一种重要的经济作物, 一直以来为我国扶贫工作提供着重要支撑^[1]。烟田杂草是指在烟田中生长、能不断延续其种群, 并影响到烟草正常生长的一类的非栽培植物^[2]。大部分杂草与烟草争夺光、水、肥及空间, 干扰烟草正常的生长发育甚至影响到后期烟叶的产量和品质^[3]。相关研究表明, 烟田杂草可直接造成烟叶产值减少 20%~45%^[4-5], 因此, 实现烟田杂草的有效防除对于保障和提升烟叶产质量和产值具有重要意义。彭水县的植烟面积和烟叶产量均为重庆市各植烟区第一, 而润溪基地是彭水烟区的重要组成部分, 其平均海拔在 1 000 m 以上, 起垄后至打顶期(4~7 月)具有降雨时间长、雨量大和空气湿度高的特点。气象数据显示, 润溪基地 4~7 月田间降雨总量约为 815.40 mm, 月降雨总量约为 203.85 mm, 日平均降雨量约为 6.68 mm。较高的土壤湿度、空气湿度以及较大的杂草种子库数量直接导致润溪基地烟田杂草生长快、数量多, 严重影响烟株的正常生长以及后期烟叶产量和产值。同时, 自烟田禁用除草剂后, 杂草防除主要依靠人工清除, 费工费时, 严重影响烟农的节流增收。

目前, 烟田杂草已成为一个困扰烟农的关键难题, 前人的研究多关注烟田杂草种类、为害情况和药剂防除方法^[6-10], 但对田间杂草的发生演替规律尚不清楚, 缺乏系统、绿色的烟田杂草防除技术体系。因此, 基于前人的研究, 本文首先总结了该地区烟田杂草的种类; 其次, 结合田间杂草实际发生情况, 归纳了润溪烟田杂草发生规律; 最后, 提出了烟田杂草的系统控制技术, 旨在减少田间杂草防除的用工和用时, 提高防除效率, 帮助烟农节流增收。

1 润溪乡烟田主要杂草种类和发生规律

烟田杂草主要是由地上部分的田间杂草群落以及地下部分的土壤杂草种子库构成^[2], 田间杂草多在夏

① 收稿日期: 2020-01-10

作者简介: 廖帮红(1974—), 男, 主要从事农业技术示范推广工作。E-mail: 646437794@qq.com

季发生,直接与烟株竞争空间、阳光、水分和营养,而杂草进入生育后期可产生成熟的种子,种子回到土壤中休眠,来年继续发生.周艳华等研究表明,烟田不除草,杂草鲜质量最高可达 $4\ 258.53\ \text{g}/\text{m}^2$,比人工除草处理高 312.78 倍,严重影响烟株生长^[5].杂草种子是杂草种群得以自然延续的关键^[11],土壤杂草种子多存在于冬季和来年春季.石生探等对重庆烟田杂草的调查结果表明,重庆市烟田春季土壤杂草种子库共有杂草 33 种,分属于 16 个科.其中,彭水县烟田禾本科杂草土壤种子密度达 $25\ 933\ \text{粒}/\text{m}^2$,占种子萌发总数的 45.99%,为杂草优势科.渝东南烟田夏季杂草共有 71 种,隶属于 26 个科,主要杂草为藜、紫苏、黄花蒿、狗尾草、尼泊尔蓼、马唐、肾形打碗花、牛膝菊、西来稗、艾蒿、春蓼、寒草和铁苋菜等,其中,藜、紫苏、黄花蒿和狗尾草为优势杂草类群^[12].

笔者对润溪乡 3—9 月烟草种植期间的杂草种类进行了调查统计,按照发生先后顺序主要杂草依次为:艾蒿、繁缕、马塘、尼泊尔蓼、牛膝菊、藜和狗尾草等.越冬烟田清残翻地后至起垄时,烟田主要杂草为艾蒿和繁缕,期间杂草生物量较少.起垄后至旺长期,烟田杂草主要发生在垄体内,主要杂草为马唐,移栽前期其生物量不大,但破膜移栽后,移栽口周围马唐生物量快速增长,严重影响烟株正常生长;旺长期以后烟株占据绝对优势,马唐生物量逐渐降低.移栽至团棵期,垄沟中有少量的尼泊尔蓼和牛膝菊发生;团棵期至烟株采收期,蓼、尼泊尔蓼、牛膝菊和狗尾草生物量逐渐增大,烟叶采收后期,这 4 种杂草为烟田优势种群,基本覆盖整个烟田.

2 烟田杂草绿色系统防除方法

2.1 源头治理

当年烟田杂草防除工作应从头年烟叶采收期开始,烟株采收开始也是烟田杂草种子开始成熟的关键时间节点,杂草种子体积小、数量大,针对性防除困难,而田间杂草体积相对较大、单位个体数相对较少.因此,烟田杂草的清除应在杂草种子成熟前进行,避免成熟的杂草种子自然或人为的回到土壤中,成为次年杂草源头,从长远角度来看,这可以减少用工和用时,提高清除效果.同时,需要明确的是,杂草植株越小、生物量越少,清除越容易,杂草植株越大、生物量越高,越难彻底清除,特别是杂草根系.因此,烟田杂草应尽早清除,除草过程中应将包括杂草根系和种子在内的杂草清理出烟田,集中填埋或堆沤,避免杂草根系和种子成为次年杂草来源.

2.2 土壤杂草种子治理

杂草种子防除是烟田杂草防除的关键.减少土壤种子库数量是清除田间杂草最有效的方法.源头治理可以减少当年回到土壤中的杂草种子基数,而对次年土壤杂草种子的处理可降低有效杂草种子数.目前,土壤熏蒸消毒被认为是处理土壤杂草种子、解决农田杂草最直接最有效的方法^[13].毛连纲的研究表明,棉隆土壤熏蒸消毒可有效杀灭禾本科杂草马唐的种子.烤烟苗床熏蒸和烟田土壤熏蒸的相关研究也表明,熏蒸消毒处理能有效抑制杂草种子的萌发,减少苗床和烟田杂草的生物量,有效促进烟株的生长,同时防控烤烟病虫害^[14-16].因此,土壤熏蒸消毒处理可作为烟田杂草防控的有力支撑;同时,考虑到土壤熏蒸成本,烟农可结合当年烟田杂草及病虫害发生情况,针对性地在越冬后进行烟田土壤熏蒸消毒,控制田间杂草种子和病原菌有效基数.

另外,烟叶采收结束及时将烟田杂草清除后,可尽早对烟田土壤进行深翻晒土.一方面可促进土壤种子提前萌发,借助冬季低温使杂草死亡,减少次年杂草生物量;另一方面,深翻晒土可增加烟田土壤通透性,促进土壤微生物代谢活动,降低土壤中连作障碍物质的积累,杀灭部分土壤病原微生物.

2.3 田间杂草治理

杂草防除是烟田良好循环的重要环节,在烟田禁用除草剂的大背景下,人工清除是杂草防除的基本方法.正确的人工杂草清除方法是:在晴朗的午后,对垄沟内及垄上烟株周围的杂草进行清除,务必将杂草根系一并清除,若除草当天或次日有降雨,需及时将清除的杂草清理出烟田,集中填埋或堆沤,避免杂草再次定植为害,增加用工.有条件的可采用除草机除草加人工除草技术,除草机兼顾杂草清除和破碎以及垄沟土壤翻压功能,清除烟田杂草的同时实现杂草还田,提升烟田土壤有机质,还有助于上厢培土.采用除草

机将人工清除的垄上杂草打碎,与垄沟土壤一并翻压还田。

另外,目前烟田普遍采用的配色膜(中间部分透明,两边部分黑色),对烟田杂草有较好的控制效果,并且能在一定程度上提高烟叶的质量^[17]。因此,在起垄过程中应尽量避免对地膜的破坏,覆膜前应及时清理垄内秸秆、树枝、大块石子等尖锐杂物,保证地膜的完整性,充分发挥密闭除草效果。同时,在保证土壤墒情的同时,适当提前起垄覆膜时间,促进烟田土壤中杂草种子提前萌发,利用地膜的不透光和密闭性进行物理除草。

3 展望

健康的烟田环境既有利于烟株生长也有利于杂草生长,但烟田杂草的生长会影响经济作物的烟草的正常生长,竞争烟株的空间和营养,对烟农的收入造成负面影响,因此,必须对烟田杂草进行防除。但在烟叶绿色安全生产以及烟田禁用除草剂的大背景下,人工除草费时费工,这使得烟田杂草问题陷入“不防除影响收入,防除增加成本”的两难境地。因此,构建烟田杂草的系统防除技术,综合运用多种方法对烟田杂草进行高效防除,对保产增收具有重要价值。

在今后的烟田杂草防除过程中,需要明确以下 3 点:

第一,杂草防除应从长远考虑,形成良好的杂草控制循环。当年田间杂草的大力度防除(包括烟草生育期除草、采收后及时清理烟田杂草)看似增加了人工成本,但长期来看,有利于减少田间杂草种子库的数量,间接降低了次年杂草防除成本,整体上降低了杂草防除成本,且提高了防除效果。相反,如果当年不对田间杂草及时清除,特别是采收后不及时清理烟田成熟杂草(杂草种子),次年田间杂草种子数量就会进一步累积,间接增加次年的杂草防除成本,长此以往则形成了恶性循环,每年除草,但杂草一年比一年多。

第二,把握除草关键时间点。烟叶采收后及时清除烟田杂草很重要,杂草种子成熟后容易脱落,此时再清理杂草意义不大,次年烟田杂草生物量依然很高。土壤杂草种子的处理很关键,结合根茎病害发生情况,可采用土壤熏蒸消毒处理防除杂草,减少烟田杂草种子库有效数量。

第三,大力推广除草机除草技术,将烟田除草、有机质还田以及上廂培土相结合,减少用工,提高防除效率和效果。

参考文献:

- [1] 赵浩宇,朱建义,刘胜男,等. 烟田杂草防除研究进展 [J]. 杂草科学, 2013, 31(3): 1-7.
- [2] 强 胜. 杂草学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009.
- [3] 余 清,屠乃美,曾 嵘. 烟田杂草对烤烟产量和产值的影响研究 [J]. 湖南农业科学, 2008(5): 92-93.
- [4] 罗金香,丁 伟,刘元平,等. 重庆市烟田杂草种类、分布与危害程度研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2015, 37(1): 7-17.
- [5] 周艳华,余 清. 烟地杂草对烤烟产量产值损失研究 [J]. 云南农业科技, 2007(4): 25-27.
- [6] 胡 坚. 云南烟田杂草的种类及防控技术 [J]. 杂草科学, 2006, 24(3): 14-17.
- [7] 张 霓. 贵州烟田杂草的种类及防除试验 [J]. 贵州农业科学, 2004, 32(3): 54-56.
- [8] 李树美. 安徽省烟田杂草的分布与危害 [J]. 中国烟草学报, 1997, 3(2): 60-66.
- [9] 罗战勇,李淑玲,谭铭喜. 广东省烟田杂草的发生与分布现状调查 [J]. 广东农业科学, 2007, 34(5): 59-63.
- [10] 杨 蕾,吴元华,贝纳新,等. 辽宁省烟田杂草种类、分布与危害程度调查 [J]. 烟草科技, 2011, 44(5): 80-84.
- [11] ROBERTS H A. Seed Banks in Soil[J]. Adv Appl Biol,1981(6):1-55.
- [12] 石生探. 重庆烟田杂草群落结构与化学防除技术 [D]. 重庆: 西南大学, 2013.
- [13] 毛连纲. 新型土壤熏蒸剂的筛选和应用技术研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2012.
- [14] 陈德鑫,王凤龙,钱玉梅,等. 几种土壤熏蒸剂防除烟草苗床杂草的药效试验 [J]. 烟草科技, 2004, 37(12): 30-32.
- [15] 王海涛,陈玉国,王省伟,等. 氯化苦土壤熏蒸防治烟田杂草及土传病害效果研究 [J]. 中国农学通报, 2010, 26(4): 244-248.
- [16] 秦平伟,陈代明,江其朋,等. 98%棉隆土壤消毒对烟草青枯病发生以及产质量的影响[J]. 植物医生, 2019, 32(6):7-10.
- [17] 徐 茜,黄端启,周泽启,等. 不同类型地膜覆盖对烟田杂草控制效果[J]. 杂草科学, 2000, 18(4):33-35.

Strategies Recommended for Weed Control in Tobacco Fields

LIAO Bang-hong¹, CHEN Dai-ming¹, JIANG Qi-peng²,
ZHANG Shi-qu¹, QIN Ping-wei³

1. Pengshui Branch of Chongqing Tobacco Company, Pengshui Chongqing 409600, China;

2. School of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China;

3. Chongqing Institute of Tobacco Science, Chongqing 400715, China

Abstract: Runxi is an important tobacco-growing village in Pengshui County of Chongqing, whose ecological environment is favorable for the growth of tobacco plants, and tobacco cultivation has become an important means of poverty elimination of the local farmers. In Runxi, precipitation is usually plentiful and lasts for a long time during the growth period of the tobacco crop, and various weeds with large biomass grow vigorously in the fields, which seriously affects the normal growth of tobacco; and manual weeding is time-consuming and labor-intensive, which makes it more difficult for tobacco growers to increase their income. Based on literature retrieval and the results of their field survey, the authors of this paper give a list of the main species of weeds in tobacco fields of Runxi, discuss the law of their occurrence and propose a few key strategies of tobacco field weed control, so as to provide reference to the tobacco growers in their efforts to prevent and control the weeds in the fields.

Key words: weed in tobacco a field; system control; weeding strategy; weeding machine; soil fumigation

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2020.01.012

基于植保大数据的病虫草害移动智能采集新设备^①

刘万才¹, 陆明红¹, 黄冲¹, 张炜², 陈天娇³, 谢成军³

1. 全国农业技术推广服务中心, 北京 100125;
2. 安徽中科智能感知产业技术研究院有限责任公司, 安徽 芜湖 241000;
3. 中国科学院合肥物质科学研究院/中国科学院合肥智能机械研究所, 合肥 230031

摘要: 为提高农作物重大病虫害发生信息自动化、智能化采集能力, 全面提升监测预警水平, 笔者基于大数据、人工智能和深度学习技术, 研发了一款农作物病虫害移动智能采集设备——智宝, 主要实现了 3 个方面的功能: 一是病虫害发生信息自动采集上报。通过该产品进行人工拍照, 可实现对田间农作物重大病虫害发生图像、发生位置、发生数量、微环境因子等数据的实时采集和上报。二是自动识别计数。基于植保大数据与人工智能技术, 通过构建病虫害自动识别系统, 可实现重大病虫害精准识别与分析, 只要拍摄照片, 即可快速、精确地识别病虫害种类, 并自动计数、上报到指定的测报系统。三是自动分析判别分级。针对拍摄采集上报的重大病虫害发生信息, 系统可在自动识别和计数的基础上, 进一步对病虫害发生严重程度进行智能判别分级, 甚至根据相关预测模型, 对病虫害的发生趋势进行辅助分析预测, 提出预测建议。通过 2016—2019 年组织多地植保机构进行试验改进, 该技术产品日趋成熟, 有望在未来的农作物病虫害发生信息采集和预测预报工作中推广使用。

关键词: 植保大数据; 人工智能; 深度学习; 监测预警; 信息采集; 智宝

中图分类号: S431.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-1067(2020)01-0059-06

近年来, 随着生产水平提高和气候变化, 农作物病虫害呈持续高发、重发趋势, 稍有不慎, 就会发生严重为害, 直接影响农业生产安全、农产品质量和国家粮食安全, 所以迫切需要加强监测预警能力, 提高防控水平^[1]。同时, 随着经济社会的发展, 我国植保体系乃至整个农技推广体系普遍面临队伍减员、青黄不接、后继乏人的局面。依靠“眼观手查”的传统测报方法越来越不适应现代农业发展的需要, 必须尽快开发自动化、智能化和信息化程度高的新型测报工具, 以缓解人力不足的尴尬局面。近年来, 在实施国家大数据战略的引领下^[2-3], 大数据、深度学习和人工智能技术快速发展, 为研发自动智能测报工具提供了条件^[4-11]。基于上述原因, 中国科学院合肥智能机械研究所、安徽中科智能感知产业技术研究院有限责任公司和全国农业技术推广服务中心等单位通过合作, 研发了一款基于大数据、人工智能和深度学习技术的农作物病虫害移动智能采集设备——智宝。通过 2016—2019 年组织多地植保机构试验示范和技术改进, 该技术产品日趋成熟, 有望在未来的农作物病虫害发生信息采集中推广使用, 为推进我国农作物重大病虫害监测预警自动化、智能化和信息化发展创造了一定条件^[12-13]。

1 设备构成与功能

“智宝(ZPro)”农作物病虫害田间移动感知终端是一款专业的移动式病虫害发生信息获取设备, 根据测

① 收稿日期: 2019-12-28

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD0200300); 粮食丰产增效科技创新专项(2016YFD0300700)。

作者简介: 刘万才(1967—), 男, 推广研究员, 全国农业技术推广服务中心病虫害测报处处长, 中国植物保护学会常务理事, 主要从事农作物病虫害测报、管理及信息化研究。E-mail: liuwancai@agri.gov.cn

通信作者: 谢成军(1967—), 男, 博士, 副研究员, 主要从事人工智能及植保大数据等相关研究。E-mail: cjxie@iim.ac.cn

报人员田间病虫害调查的需求开发设计, 具有便携、快速、可扩展的特点. 结合智能终端使用, 智宝实现了对农作物病虫害田间发生数据的采集处理、分类识别、分析上报的一体化. 此外, 该产品终端还集成了精确的农作物田间微气候传感器, 可在快速调查采集田间农作物病虫害发生图片信息的同时, 采集农作物生长环境的局部气候参数, 为建立农作物重大病虫害预测预报模型提供可靠的数据支撑.

1.1 硬件构成

农作物病虫害信息移动智能采集设备——智宝, 最全套的支架模式由智能信息终端、无线镜头、探杆套件、温湿度传感器和支架组成(图 1). 根据不同作物和应用环境又可细分为手持模式、微距模式、探杆模式和支架模式 4 种. 各种模式的组件和应用作物见表 1.



图 1 智宝农作物病虫害发生数据移动采集设备构成

表 1 智宝不同应用模式产品构建组成及使用范围

工作模式	配件组成	适合调查对象特点	适合作物
手持模式	智能信息终端	使用探杆拍摄不方便, 只使用智能信息终端更快捷	小麦、玉米、大豆、油菜
微距模式	智能信息终端、微距镜头、温湿度传感器	适合拍摄尺寸极小的病虫害	小麦、水稻
探杆模式	智能信息终端、无线镜头、探杆套件、温湿度传感器、	适合拍摄距离较近的范围	小麦、大豆、油菜、果树
支架模式	智能信息终端、无线镜头、探杆套件、温湿度传感器、支撑架	适合拍摄距离较远、较高的范围	水稻、果树

注: 探杆套件包括手持探杆、万向折叠杆、镜头连接座、温湿度传感器固定座、智能信息终端固定架。

1.2 主要功能

借助智宝(ZPro)终端应用软件, 该产品主要实现了 3 方面的功能: 一是信息自动采集上报. 借助该产品, 通过人工拍照, 可以实现对田间农作物重大病虫害发生图像、发生位置、发生数量、微环境因子等数据的实时采集和上报. 二是自动识别计数. 基于植保大数据与人工智能技术, 通过构建病虫害自动识别系统, 实现了重大病虫害精准识别与分析, 只要拍摄照片, 即可快速、精确地鉴定识别病虫害发生种类并自动计数^[1-2]. 三是自动分析判别. 针对拍摄采集上报的重大病虫害发生图片信息, 系统可结合自动识别和计数结果, 进一步对病虫害发生严重程度进行智能判别分级, 甚至根据相关预测模型, 对病虫害的发生趋势进行

辅助分析预测,提出发生趋势预测建议。

2 试验示范结果

为验证智宝测报调查工具的实用性、方便性、可靠性,不断改进和提升其性能,在生产上真正实现田间农作物病虫害发生图像自动识别与智能化监测分析,满足对田间农作物病虫害远程自动监测预警需求,2016年以来,全国农业技术推广服务中心、中国科学院合肥智能机械研究所、安徽中科感知大数据人工智能产业技术研究院、安徽省植保总站等单位合作,组织安徽、河南、湖南、江西等 14 个省 50 个县(区)开展移动智能采集设备(智宝)对水稻、小麦、油菜等农作物重大病虫害田间发生数据、图片智能采集和应用试验验证。截至 2019 年底,该产品已对 6 种作物 66 种病虫害完成了试验、示范推广,各个试验地点和采集的主要病虫害种类见表 2 和表 3。同时,4 年来,项目组共举办专题会议和技术培训 10 多次,培训人员 600 人次。在推广培训技术的同时,也征求了广大用户代表的意见,促进了产品改进和技术熟化,为进一步推广应用奠定了基础。

表 2 2016—2019 年部分示范省病虫害样本采集情况

省份	试验和数据采集地点(县、区、市)	图像数量/张
安徽	宣州、萧县、凤阳、凤台、无为、庐江、旌德、繁昌、太和、桐城、池州、泾县	222 429
河南	镇平、平舆、杞县	4 957
江西	万安、兴国	278
湖南	江洪、邵东	2 362
湖北	孝感、钟祥	1 120
青海	湟中、乐都、大通、贵德、民和、循化、互助、门源、湟源、共和	25 023

表 3 2016—2019 年试验采集主要病虫害种类

作物	病虫害种类
小麦	麦岩螨、麦叶爪螨、麦二叉蚜、麦长管蚜、禾谷缢管蚜、黏虫、麦叶蜂;小麦赤霉病、小麦白粉病、小麦叶锈病、小麦条锈病、小麦纹枯病、小麦根腐病
水稻	褐飞虱、白背飞虱、稻纵卷叶螟、二化螟;水稻纹枯病、水稻胡麻斑病、稻曲病、稻瘟病、水稻细菌性条斑病
油菜	甘蓝蚜、萝卜蚜、桃蚜、小菜蛾、油菜茎象甲、横纹菜蚜、油菜花露尾甲、黄狭条跳甲、黄曲条跳甲、油菜叶露尾甲、油菜蚤跳甲、油菜角野螟;油菜菌核病、油菜霜霉病
玉米	玉米蚜、烟青虫、桃蛀螟、黏虫、棉铃虫、条螟、玉米螟、草地贪夜蛾、甜菜夜蛾;玉米锈病、玉米小斑病、玉米大斑病、玉米弯孢霉叶斑病、玉米纹枯病、玉米灰斑病、玉米叶斑病、玉米瘤黑粉病
大豆	中黑盲蝽、点蜂缘蝽、茶翅蝽、甘薯跳盲蝽、甜菜夜蛾、毛胫夜蛾、斜纹夜蛾、银纹夜蛾、黄领麻纹灯蛾、二条叶甲、大造桥虫、短额负蝗;紫斑病
茶叶	茶小绿叶蝉、灰茶尺蠖、茶尺蠖、黑刺粉虱、白背粉虱

3 使用技术

3.1 硬件使用技术

根据工作环境不同,智宝分为手持模式、微距模式、手持探杆模式和支架模式 4 种,各种模式按使用说明操作即可。使用中需要注意的要点有:首先要确保无线镜头、温湿度传感器以及智能信息终端相应的防水、防摔等措施;其次是要不要使用衣物擦拭镜头,应使用专业镜头清洁工具;第三,保存无线镜头时应尽量保持干燥,不可在高温或者高湿环境存放;第四,使用后要及时将智能信息终端放入背包,防止刮花屏幕;第五,长时间不使用时,建议每隔一段时间对锂电池进行充电,以保证电池更好的活性;第六,避免因使用不当、用力弯折等人为原因造成智宝探杆损坏。

3.2 应用软件使用技术

智宝应用软件集成了人工智能技术、植保数据库、专家知识系统,是植保工作的“贴身助手”,可以实

现田间农作物病虫害精准识别,以及病害、虫害发生的位置、强度等信息实时上报反馈.智宝应用软件输入用户名和验证密码成功后,进入首页界面,登录后系统自动记录登录信息.智宝应用软件拥有 2 种模式:普通模式和探杆模式.进入首页默认为普通模式,即直接使用智能信息终端自带的摄像头进行图片数据采集;若选择探杆模式,则需要连接高清无线摄像头进行图片采集,需要根据操作说明练习并熟练进行网络连接和环境传感器连接.软件应用过程中有如下技术要点:

(1)智能调查模块.主要对用户上传的一组照片进行智能分析,给出病虫害种类、数量及发生等级.目前,针对小麦、水稻、油菜、玉米、大豆 5 种作物的主要病虫害实现智能分析功能.在上传页面上传调查田块拍摄的一组病虫害图片,选择作物及生育期,上传成功后显示在记录页面,点击列表查看记录详情.其中“作物类型”和“生育期”为必填项.在记录详情页面点击平均等级后面的图标按钮,可以人工修改智能调查的等级.

(2)图片采集模块.主要是采集病虫害图片,单次可以上传 20 张图片,选择作物类型、病害或虫害,再选择病虫害类型,输入此次图片的描述,点击上传,其中“作物类型”和“病虫害类型”为必填项.

(3)wifi 网络选用.当用户选择使用办公、家庭的 wifi 网络上传数据时,需要首先断开和无线镜头的 wifi 连接,然后选择连接到无线镜头以外的 wifi 网络.当用户没有断开无线镜头的 wifi 网络就直接进行上传时,软件会提示用户选择连接其他网络,使用手机数据流量亦可实现数据上传.

(4)系统软件升级.智宝应用软件在经过自动升级后,用户对版本及功能变化情况可通过中科感知公司网站、软件自带说明等多种方式获取最新信息.智宝应用软件使用过程中,应注意剩余电量,注意及时充电,防止影响用户操作使用,或者造成作业数据丢失.

3.3 图像数据采集技术要点

采集图片时,必须包含病虫害目标的显著特征区域,且应保证特征对焦清晰,在智能终端屏幕上保证高清病虫画面时再点击拍摄,尽量避免因抖动出现模糊的图像数据.根据作物高度和操作人习惯调整自拍杆长度,摄像头对准病虫害在作物上的集中发生区域拍摄.一般选择顺光拍摄,光线强烈时要用身体遮住光线拍摄,当光线强烈、摄像头朝下时作物能完全遮住光线时也可以选择逆光拍摄.部分病虫害拍摄要点如表 4 所示.

表 4 部分病虫害图像数据采集拍摄要点

名称	取景范围	角度与距离
稻飞虱(类)	侧面正对拍摄水稻根部以上稻飞虱聚集区域或者镜头垂直深入丛中俯视拍摄根部以上稻飞虱聚集区域.	角度:水平至 30°; 距离:5~10 cm、10~15 cm,其中以距离 5~10 cm 清晰状态为主.
稻纵卷叶螟	取景范围应以一定数量水稻叶片的侧面图像为主,一定数量叶片需肉眼能分清.	角度:30~60° 距离:10~20 cm、20~30 cm,其中以距 20~30 cm 清晰状态为主.
麦蜘蛛(类)	冬前镜头贴地面,春季镜头垂直地面.	角度:水平至 90°; 距离:5~10 cm、10~15 cm,其中以距离 5~10 cm 清晰状态为主.
小麦蚜虫(类)	拔节前拍摄小麦全株,孕穗后对准麦株中上部拍摄.	角度:水平至 30°; 距离:5~10 cm、10~15 cm,其中以距离 5~10 cm 清晰状态为主.
其他害虫	如:二化螟、大螟、叶蝉、稻螟蛉、黏虫等可以根据调查实际情况参照上述几种类型取景拍摄.	根据调查特征,参照上述形式.
水稻纹枯病	水稻基部对准水稻中下部进行拍摄(采用单侧拍摄).	角度:水平至 30°; 距离:10~20 cm、20~30 cm,其中以距 10~20 cm 清晰状态为主.
小麦赤霉病	取景范围应以一定数量小麦穗部的侧面图像为主,一定数量小麦麦穗需肉眼能分清.	角度:30~60°; 距离:10~20 cm、20~30 cm,其中以距 20~30 cm 清晰状态为主.
其他病害	如:细菌性条斑病、稻曲病、穗颈瘟等可以根据调查实际情况参照上述几种类型取景拍摄.	根据调查特征,参照上述形式.

4 总结与讨论

(1)经过2016—2019年4年的试验、示范和改进提升,初步证明该设备因测报需要研发设计,用于农作物田间病虫害发生信息采集调查具有移动智能、快速准确、鉴定识别、自动计数,甚至自动判别分析等功能,有望经过进一步升级改进后,在全国农作物病虫害调查和预测预报中推广应用。

(2)该产品的开发和应用,顺应了当前国家实施大数据战略的需求,开创了大数据、人工智能和深度学习技术应用于重大病虫害监测和植保工作的新局面。随着信息技术的发展,如信息传输速度的加快(5G的推广应用)、计算能力的提升、数据的积累和算法的改进、拍照能力的提升以及与传统调查方法的对接研究,该设备必将在提升重大病虫害监测能力中发挥更加重要的作用。

(3)智宝移动智能病虫害监测设备通过“人工智能+专用感知”技术,以病虫害防治管理为核心对象,为用户提供了有针对性的病虫害发生趋势分析以及防治方案,帮助用户开展更精细化的植保管理,实现病虫害发生信息和数据的精准采集、移动化监控,具有人工调查无法比拟的优势。通过数据积累、标准制定和算法研发,将进一步提高其实用程度。

(4)根据各地试验应用情况,结合植保专业人员田间病虫害调查需求,该设备还需要在如下方面进行改进:①优化与完善软硬件的运行环境、用户界面和与客户端配套终端模块,最大限度利用已有的病虫害知识库的资源,更好地提供产品的智能化服务。②进一步优化算法,提升复杂情况下病虫害鉴定识别能力,有效提高算法鉴定识别精度。③研发构建高效利用与收集新的病虫害数据系统平台,提高数据采集积累能力。④结合病虫害发生的农业地域性、季节性、多样性、周期性等特征数据,开发基于植保大数据的病虫草害预测技术,为提高病虫害预测能力提供支撑。

参考文献:

- [1] 刘万才,刘振东,黄冲,等.近10年农作物主要病虫害发生危害情况的统计和分析[J].植物保护,2016,42(5):1-9,46.
- [2] 人民网.习近平主持中央政治局集体学习强调,推动实施国家大数据战略[EB/OL].(2017-12-11)[2019-09-16].<http://finance.people.com.cn/n1/2017/1211/c1004-29697317.html>
- [3] 中华人民共和国农业部.农业部关于推进农业农村大数据发展的实施意见[EB/OL].(2016-01-16)[2019-09-17].<https://baike.baidu.com/item>
- [4] 陈天娇,曾娟,谢成军,等.基于深度学习的病虫害智能化识别系统[J].中国植保导刊,2019,39(4):26-34.
- [5] 刘万才,黄冲,陆明红,等.推进植保大数据技术研发和应用的思考[J].植物医生,2019,32(5):9-15.
- [6] 本刊讯.推进植保大数据建设提高重大病虫害监控能力——全国农技中心与中科院智能所等单位启动植保大数据建设合作[J].中国农技推广,2018,34(10):40-41.
- [7] 本刊讯.全国农技中心与中科院智能所等单位启动植保大数据建设合作[J].中国植保导刊,2018,38(10):97.
- [8] 韩啸.为传统植保注入大数据的力量[J].农村.农业.农民(B版),2018(12):32-33.
- [9] 百度网.农业大数据[EB/OL].(2016-01-16)[2019-09-17].<https://baike.baidu.com/item>
- [10] 周国民.我国农业大数据应用进展综述[J].农业大数据学报,2019(1):16-23.
- [11] 农业信息化杂志.中、美两国农业大数据对比与思考[J].农业信息化,2018(1):56-57.
- [12] 刘万才,黄冲.我国农作物现代病虫测报建设进展[J].植物保护,2018,44(5):159-167.
- [13] 刘万才,黄冲.我国农作物病虫测报信息化建设进展与发展建议[J].中国植保导刊,2015,35(3):90-92.

***ZPro* : A New Mobile Intelligent Pest and Disease Information Collection Device Based on Plant Protection Big Data**

LIU Wan-cai¹, LU Ming-hong¹, HUANG Chong¹,
ZHANG Wei², CHEN Tian-jiao³, XIE Cheng-jun³

1. National Agro-Tech Extension and Service Center, Beijing 100125, China;

2. Anhui Zhongke Sense Industrial Technology Research Institute Co. Ltd., Wuhu Anhui 241000, China;

3. Institute of Intelligent Machines, Hefei Institute of Physical Science, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China

Abstract: In order to improve the ability of automatic and intelligent collection of monitoring and early warning of major crop pests and diseases, we have developed a new mobile intelligent device named *ZPro* for pest and disease occurrence collection based on big data, artificial intelligence and deep learning techniques. The device focuses on three functionalities. The first functionality is automatic pest and disease occurrence collection and reporting. Through manual photographing by the equipment, real-time collection and reporting of information can be realized such as the occurrence image, occurrence location, occurrence quantity, and micro environmental factors in the field. The second is automatic recognition and population counting. Based on plant protection big data and artificial intelligence techniques, major pests and diseases can be precisely identified and analyzed by constructing an automatic recognition system. Pests and diseases on the photographed images can be fast and precisely identified and counted, and the results are reported to a designated monitoring system. Finally, the third functionality is automatic analysis and discrimination. Based on the reported information such as identification and population counting, the system can further estimate the severity of pest and disease occurrence intelligently, predict the occurrence trend based on relevant prediction models, and give recommendations. With improvements in experiments made by plant protection agencies at many sites during 2016 and 2019, *ZPro* has become increasingly applicable and is expected to be popularized in future crop pest and disease monitoring and forecasting.

Key words: plant protection big data; artificial intelligence; deep learning; monitoring and warning; information collection; *ZPro*

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2020.01.013

农药减量使用技术模式及应用效果^①

肖晓华¹, 杨昌洪¹, 牛小慧², 王 涛²

1. 重庆市秀山县植保植检站, 重庆 秀山 409900;

2. 重庆市种子管理站, 重庆 401121

摘 要: 不科学使用农药诱发的农药残留、环境污染以及食品安全等问题一直被人们所诟病, 然而农药作为农业生产的重要资料, 一直是保护农作物健康和稳定持续生产不可或缺的技术手段. 如何进行农药的科学使用, 保障作物安全生产是植保工作者面临的重要挑战. 近些年来, 笔者在重庆市秀山县进行了多年的农药减量使用技术的试验示范, 针对不同作物形成了不同的农药减量使用技术模式, 并分析了不同技术模式的运行方式以及存在的问题, 最终提出了示范推广的对策与建议.

关键词: 农药减量使用; 技术模式; 应用效果; 对策建议

中图分类号: S143; S48 **文献标志码:** B **文章编号:** 1007-1067(2020)01-0065-04

随着社会的发展, 人民生活水平的提高, 人们的绿色、安全、环保、生态意识逐步增强, 而农药的不科学使用产生了诸多的生态环境、食品安全等问题^[1-3], 农药也逐渐被诟病, 成为公众口诛笔伐的对象. 然而使用农药作为重要的病虫害防治手段, 为农作物生产保驾护航, 在当前和今后相当长的时间是不可替代的. 2019 年, 贵州大学宋宝安院士在央视 7 套对农药进行了系统的阐述与正名, 说明了农药的重要性与不可或缺性. 合理使用农药是提高药效、降低污染的重要保障^[4-5]. 针对农药的使用技术, 西南大学丁伟教授提出了“三标六定”的农药应用理论, 并构建了农药精准减量技术体系, 为农药今后的使用指明了方向^[6].

秀山县是重庆市农业生产的重要地区, 栽培作物种类丰富, 使用农药防控病虫害是当地作物安全生产的重要保障之一. 近年来, 秀山县牢固树立“科学植保、公共植保、绿色植保”理念, 以农药减量使用为植保工作的主线, 按照“少用药、用好药、会用药”的总体要求, 围绕“控、替、精、统”四字技术方针, 积极引进、试验、示范和推广主要农作物的农药减量使用技术, 探索适宜当地的技术模式, 推广应用成熟的技术模式, 对推进全县农药减量使用行动提供了有力的技术支撑.

1 不同作物农药减量使用技术模式及应用效果

1.1 水稻农药减量使用技术模式

1.1.1 “生物农药+化学农药+农药助剂, 全程专业化统防统治”模式

2018 年, 秀山县在清溪场镇水稻病虫害农药减量增效示范区全面推行这一技术模式, 示范面积 200 hm². 示范区选用的生物农药分别为甘蓝夜蛾核型多角体病毒、短稳杆菌、乙基多杀菌素、井冈·蜡芽菌; 化学农药分别为噻虫胺、福戈、吡蚜·噻虫胺、啉菌脂、甲维·虱螨脲、呋虫胺; 农药减量增效助剂为“激健”^[7]. 示范区药剂成本为 102 元, 比常规区增加 61 元. 示范区专业化统防统治施药 3 次, 施药次数较常规用药减

① 收稿日期: 2019-11-18

作者简介: 肖晓华(1968—), 男, 农业技术推广研究员, 主要从事农作物病虫害监测预警, 植保技术研究、推广及植物检疫工作.

E-mail: xiaoxh168@126.com

少 1 次。结果表明, 示范区农药使用量每 667 m² 减少 0.13 kg, 用药量减少 26.9%; 示范区产量比常规防治区增产 6.6%, 扣除防治成本, 每 667 m² 纯收入增加 63.06 元, 示范区经济效益、社会效益及生态效益十分明显。

1.1.2 “生物农药+化学农药减量使用, 全程专业化统防统治”模式

2019 年, 按照“四川高原成都平原稻区特色农药化肥减施增效技术集成与示范”课题组的统一安排, 秀山县承担了水稻农药与化肥双减示范课题。示范区病虫害防治采取“生物农药+高效低毒低残留低用量化学农药, 全程专业化统防统治”的减量施药技术模式。示范面积 2 hm², 全程专业化统防统治施药 4 次。示范结果表明: 双减示范区每 667 m² 产量为 566.7 kg, 比常规管理区增加 47.3 kg, 增产 9.1%。双减示范区化肥用量为 40 kg, 较常规管理区减少 10 kg, 减少用肥 20%。双减示范区比常规管理区用药量减少 150 g, 减少用药 31.2%。双减示范区每 667 m² 药剂成本为 98.20 元, 比常规防治区增加 20 元。扣除防治成本, 双减示范区每 667 m² 纯收益增加 79.40 元。

1.2 柑桔农药减量使用技术模式

柑桔农药减量使用技术模式采用“灯诱+食物诱剂+生物农药+化学农药, 全程专业化统防统治”。2018 年, 秀山县在雅江镇桂平村开展柑桔农药减量增效示范, 示范面积 23.3 hm²。3—11 月, 示范区专业化统防统治施药 8 次, 食诱剂 6 次, 球形诱捕器悬挂 2 次, 常规区施药 10 次。示范区 667 m² 物资成本为 209 元, 比常规区增加 89 元; 示范区农药用量为 1.5 kg (其中生物农药 1.1 kg), 比常规区减少 0.33 kg, 降低 17.66%; 示范区每 667 m² 产量比常规防治区增加 267.7 kg, 增产 15.3%, 扣除防治成本, 每 667 m² 纯收入比常规防治区增加 744.10 元。

1.3 茶叶农药减量使用技术模式

茶叶农药减量使用技术模式采用“灯诱+诱虫板+毒·蜂杀虫卡+生物农药+化学农药, 全程专业化统防统治”^[8]。

2018 年, 秀山县在峨溶镇峨溶居委会开展茶叶农药减量使用示范, 示范面积 46.7 hm²。3—10 月, 茶园统防统治施药共计 6 次。生物农药选用绿僵菌、蛇床子素、春雷霉素、枯草芽孢杆菌、印楝素。示范区每 667 m² 用药量 0.43 kg, 其中生物农药 0.3 kg, 高效低毒低残留化学农药 0.13 kg。常规区每 667 m² 用药量 0.50 kg, 其中生物农药 0.10 kg, 化学农药 0.40 kg。示范区比常规防治区用药量减少 0.075 kg, 其中, 化学农药每 667 m² 减少 0.27 kg。示范区每 667 m² 产量 315 kg, 比常规防治区增加 8 kg。示范区 667 m² 产值 5 700 元, 比常规防治区增加 390 元, 扣除成本, 收益增加 309.90 元。

2019 年, 秀山县在洪安镇溜沙村河边组开展茶叶农药减量增效示范, 示范面积 28 hm², 3—10 月, 茶园统防统治施药共计 7 次。生物农药选用绿僵菌、蛇床子素、短稳杆菌、乙基多杀菌素、印楝素。示范区比常规防治区用药次数减少 1 次, 用药总量减少 28.4%。示范区每 667 m² 茶叶产量为 476 kg, 比常规防治区增加 60 kg, 增产 14.4%。示范区每 667 m² 产值 5 215 元, 比常规防治区增加 500 元。扣除成本, 每 667 m² 增加收益 235.70 元。示范区使用生物农药及绿色防控产品保护和利用天敌, 对环境更加友好, 提高了茶叶品质。

连续 2 年的示范结果表明, “灯诱+诱虫板+寄生杀虫+生物农药, 配合部分高效低用量化学农药, 全程专业化统防统治”的技术模式, 在茶叶生产上完全可以大面积推广应用。

1.4 李子农药减量使用技术模式

李子农药减量使用技术模式为“诱虫板+太阳能杀虫灯+生物农药(配合少量高效低毒低用量化学农药), 全程统防统治防治病虫害”^[9]。

2018—2019 年, 秀山县在官庄街道大杉村连续 2 年开展李子农药减量示范, 示范面积 16 hm², 从花期到果实膨大期, 统防统治共施药 5 次。

2018 年, 示范区每 667 m² 物资成本为 170 元, 比常规区增加 126 元。3—7 月, 示范区全程施药 5 次, 比常规区减少施药 1 次, 示范区未使用化学农药。生物农药用量为 0.65 kg, 生物农药种类有木醋液、印楝素、春雷霉素、短稳杆菌、枯草芽孢杆菌。常规防治区每 667 m² 施用化学农药 0.51 kg。示范区物资成本为 170 元, 比常规区增加 126 元。示范结果表明: 示范区比常规防治区产量略低, 但示范区全程未使用化学农药, 示范区李子价格是常规区的 1.5 倍, 扣除成本, 示范区每 667 m² 增收 1 344 元, 增收 37.7%。

2019 年,示范区选用的生物农药种类有木醋液、绿僵菌、短稳杆菌、乙基多杀菌素等.示范区全程专业化统防统治施药 5 次,减少施药 1 次.示范区 667 m² 物资成本为 233 元,比常规区增加 121 元.农药使用量减少 0.27 kg,减少 29.3%.示范区比常规防治区增产 5.7%,扣除成本,示范区增收 226 元,增收 3.9%.

1.5 油菜农药减量使用技术模式

油菜农药减量技术主要围绕油菜菌核病防控开展.油菜菌核病农药减量技术有以下 2 种模式^[10].

一是每 667 m² 用生物农药 2 亿/g 小盾壳霉 CGMCC8325 可湿性粉剂 100~150 g,在油菜移栽前、或移栽期喷施土表,取代油菜初花期化学农药菌核净、多菌灵、甲基硫菌灵等,每 667 m² 减少(取代)化学农药 100 g 左右,药剂成本 15 元,比化学农药增加 5 元左右.2015 年,秀山县在清溪场镇油菜示范区开展 2 亿/g 小盾壳霉 CGMCC8325 可湿性粉剂预防油菜菌核病示范,示范面积 15 hm²,防效平均为 67.3%,比化学农药菌核净防效提高 2.9%,油菜单产增加 14.0%,扣除防治成本,每 667 m² 收益增加 65.50 元.

二是推广使用农药减量增效助剂,直接减少化学农药使用.2019 年,秀山县在清溪场镇开展油菜病虫害综合防治示范,示范面积 200 hm².施药时期为油菜初花期,示范区药剂按照常规防治区减量 30% 进行配方,药剂配方及每 667 m² 用量为 40% 菌核净 70 g+70% 吡虫啉 6 g+1.8% 阿维菌素 50 mL+醇硼(液态)40 mL+激健 22.5 mL.常规防治区药剂配方及每 667 m² 用量为 40% 菌核净 100 g+70% 吡虫啉 9 g+1.8% 阿维菌素 70 mL+醇硼(液态)40 mL.按照 2019 年市场价格计算,示范区每 667 m² 药剂(含助剂、硼肥)成本为 20.90 元,常规防治区药剂成本 21 元,2 个处理成本相差不大.结果表明,示范区减少化学农药 30%,防治效果为 63.5%,比常规防治区防效(60.0%)增加 3.5 个百分点,示范区产量增加 9.1%,扣除成本,示范区每 667 m² 增加纯收入 84.02 元.

1.6 玉米农药减量使用技术模式

玉米病虫害防治用药较少,农药减量技术主要针对玉米螟防治,采用毒·蜂杀虫卡(俗称“生物导弹”)防治玉米螟.2018 年,秀山县在官庄街道新庄村开展“生物导弹”防治玉米螟示范,示范面积 6.7 hm²,从玉米苗期到抽雄期,间隔 7~10 d,连续投放 3 次,减少化学农药 100 g 以上.防治成本,示范区为 45 元,常规区 8~10 元.示范表明,“生物导弹”示范区玉米螟防治效果为 80.9%,常规防治区玉米螟防治效果为 81.8%,示范区与常规防治区防治效果相当.毒蜂杀虫卡防治玉米螟完全可以取代化学农药,且安全、环保、投放简便、功效高,可以大面积推广.

2 存在的问题

2.1 对农药减量使用技术模式推广重视不够

植保技术是农业生产的基础性保障措施,农业行政主管部门,一般重视规划、种植、加工及销售问题,对具体的农作物病虫害防控技术重视不够.农药减量使用技术模式,是植保技术人员积极探索总结出来的技术成果,部分分管农业的领导、农业种植业主及农民重视程度不够,思想陈旧,接受新技术较为困难.

2.2 农药减量使用技术成本较高

生物农药由于研发成本较高、周期较长,加之生产与运输环节的影响,其价格普遍偏高.农药减量技术依赖的生物农药及绿色防控产品(包含施药器械),价格比普通药剂及普通器械要高,如有的生物农药品种,价格是普通农药的 2~3 倍.静电喷雾器价格也是普通喷雾器的 2 倍以上.农药减量使用技术配套推广的技术模式,防治成本偏高,这是这些技术模式推广较为困难的主要原因.

2.3 农药减量使用技术防治效果偏低

生物农药由于其固有特性,其防治效果一般不如化学农药.部分品种还存在使用受限的问题,如有的不能与杀菌剂混用,有的需要提前使用,有的需要多次使用才有效果.杀虫灯与诱虫板等产品又不能完全代替化学防治,不分害虫与益虫通杀,农田生物多样性环境受到一定影响.

2.4 农药减量使用技术模式与化肥减量使用、简便栽培技术组合推广不力

农药减量使用行动,是植保部门的工作主线.目前,农药减量使用技术模式、肥料减量使用技术模式、简便栽培模式都很多,但存在农技、植保、土肥、农环等部门各自为战的现象.上述技术模式组合推广不

力, 综合技术优势不能得到充分发挥.

2.5 农药减量使用技术模式推广投入不足

农药减量使用技术, 投入较高, 有的产品周期较长, 需要持续不断的经费投入. 目前, 农药减量使用技术投入, 多为农业部门示范性投入, 业主及农民投入较少. 同时, 农药减量使用技术, 配合专业化统防统治技术, 需要植保部门积极试验示范, 不断优化技术模式, 也需要争取投入. 投入不足是当前农药减量使用技术推广的现实问题.

3 意见及建议

3.1 加强组织领导, 提高认识水平

农药减量使用技术模式是农药减量使用集成技术配套措施的综合运用. 农药减量使用技术推广是农药减量使用行动的核心内容, 是关系农业安全生产、农业产业健康发展的重要举措. 各级各部门要自觉把农药减量使用行动作为农业生产的重要保障措施. 各级植保部门, 更是要把农药减量使用作为植保工作的主线, 把农药减量使用技术模式的试验、示范和推广, 作为植保工作的核心内容.

3.2 加大投入, 扩大示范推广面积, 提高示范推广的辐射带动效应

农药减量使用技术, 特别是太阳能杀虫灯、高效施药器械、生物农药等, 成本较高, 前期投入大. 各级农业部门要加大投入, 进一步扩大成熟技术模式示范推广面积. 同时, 要积极引导社会资本投入, 多方引导农民、家庭农场、种植业主、农业公司等资本投入, 探讨农药减量使用财政补贴制度, 提高财政资金使用效果, 进一步扩大示范推广的辐射带动效应, 扩大社会影响.

3.3 加强合作, 积极开展新技术引进, 不断优化技术方案

目前, 部分重大病虫害如水稻稻飞虱、稻瘟病、柑桔溃疡病、蔬菜疫病等没有相应的高效的生物农药品种, 因此, 筛选高效低毒低残留低用量的化学农药, 仍然是农药减量使用行动的重要内容之一. 在农药减量使用行动中, 应充分发挥植保专业服务部门的技术优势, 并加强与科研院所、农药与绿色防控产品研发机构的横向合作, 积极引进植保新技术、新产品和新器械, 开展试验示范; 同时, 对已有的技术进一步优化升级, 不断优化技术方案, 进一步抓好技术储备.

3.4 规划、种植与管理相结合, 组合推广成熟的技术模式

在条件适宜区域, 规划综合示范区, 开展农药与化肥减量使用技术与作物简便栽培技术组合示范推广. 近年来, 秀山县的直播稻、直播油菜栽培模式, 与农药化肥减量使用技术组合推广, 效果明显. 今后应该积极摸索其他作物的组合推广模式, 向用工少、功效高、效果好方向发展.

3.5 开展多种方式的宣传培训活动, 提高农民技术水平

充分利用各种会议、培训班、院坝会、座谈会、手机、报纸、杂志、网络、专栏、标语等媒介, 开展多样化的宣传培训活动, 提高农药减量使用技术社会知晓度, 解决技术入户“最后一公里”问题, 特别是积极探索 LED 显示屏远程控制滚动播放、手机短信、微信公众号等新型宣传方式的应用.

参考文献:

- [1] 纪宗锐, 李正喜. 农药的危害及绿色植保技术推广应用 [J]. 安徽农学通报, 2019, 25(11): 90-91.
- [2] 李哲敏, 刘磊, 刘宏. 保障我国农产品质量安全面临的挑战及对策研究 [J]. 中国科技论坛, 2012(10): 132-137.
- [3] 顾慧丹, 李榕, 乔玲. 农药残留危害探析 [J]. 食品安全导刊, 2015(32): 52.
- [4] 欧高财, 林党恩, 王勇. 农业绿色发展新形势下实现农药减量的途径 [J]. 中国植保导刊, 2018, 38(12): 83-85.
- [5] 胡英华, 张慧玲, 曹增, 等. 农药减量使用替代技术的探索与评价 [J]. 中国农技推广, 2019, 35(7): 82-83, 18.
- [6] 丁伟, 周红. 植物医学的新概念——精准用药 [J]. 植物医生, 2019, 32(4): 1-8.
- [7] 肖晓华, 刘映红, 刘春, 等. 秀山县 2018 年水稻病虫害农药减量控害增效示范成效 [J]. 农业科技通讯, 2019(5): 193-196.
- [8] 肖晓华. 秀山县 2018 年茶树病虫害绿色防控示范成效与经验总结 [J]. 南方农业, 2018, 12(34): 75-77, 86.
- [9] 肖晓华, 吴金钟, 刘春, 等. 秀山县李子病虫害全程绿色防控试点做法及成效 [J]. 农业科技通讯, 2019(3): 159-164.
- [10] 肖晓华, 杨昌洪, 刘春, 等. 秀山县 2019 年油菜农药减量增效示范工作及成效 [J]. 植物医生, 2019, 32(4): 67-70.

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2020.01.014

辣椒主要病害田间诊断及发生规律^①

黄阔¹, 张永强¹, 刘烈花¹, 李国慧², 况觅³

1. 西南大学植物保护学院, 重庆 400715;
2. 四川省北川羌族自治县农业农村局, 四川 北川 622750;
3. 重庆市农业技术推广总站 重庆 401120

摘要: 辣椒是我国一种传统的种植作物, 具有极高的经济价值和广阔的市场前景, 但由于连作障碍, 辣椒病害逐年加重, 造成了巨大的经济损失. 本文综述了辣椒主要病害包括疫病、炭疽病、菌核病、青枯病、疮痂病、病毒病的发生为害规律及田间诊断, 以期对辣椒病害防控提供一定参考.

关键词: 辣椒; 病害; 发生规律; 田间诊断

中图分类号: S436.418 **文献标志码:** B **文章编号:** 1007-1067(2020)01-0069-03

辣椒是人们喜食的蔬菜之一, 也是食物烹调中重要的调味品, 具有健脾、开胃、助消化和提升食欲等功效^[1]. 伴随着辣椒种植结构的不断改变, 种植面积不断增加, 品种也逐渐增多, 但在辣椒种植过程中面临的病害问题日益加重. 因此, 准确识别田间病害的种类, 了解其发生流行规律, 掌握病害的关键防控技术十分重要^[2]. 本文阐述了辣椒主要病害及发生流行规律, 并针对这些病害提出了综合防控技术.

1 辣椒主要真菌性病害的发生与诊断

1.1 疫病

病原症状: 辣椒疫病的病原为辣椒疫霉菌(*Phytophthora capsici* Leonian), 鞭毛菌亚门. 孢囊梗呈菌丝状, 顶生椭圆形孢子囊, 孢子囊顶端具乳状凸起. 游动孢子具双鞭毛. 卵孢子圆球形, 直径15~28 μm. 厚壁孢子单胞球形.

田间诊断方法: 该病发生十分迅猛, 在整个生育期均可发病, 主要为害茎秆、叶片、果实等, 极具毁灭性. 苗期发病, 茎基部呈暗绿色水浸状或猝倒, 最终立枯状死亡; 叶部发病, 病斑近圆形, 扩大后边缘黄绿色, 中间暗绿色, 湿度大时发病部位有白色霉层, 叶片易脱落; 茎秆发病, 初期水浸状, 茎基部黑褐色, 容易造成软腐, 发病部位缢缩, 湿度大时可见白色霉层; 果实发病, 初期可形成水浸状不规则病斑, 果实变色变腐干枯, 影响整个果实. 辣椒疫病对辣椒的产量、品质影响很大, 严重时可能造成大面积减产, 甚至绝收.

发生规律: 辣椒疫病主要是以其卵孢子在土壤或病残体中越冬, 通过风、雨水等传播流行. 病原菌生长发育的适宜温度范围为20~30℃, 空气相对湿度超过90%时蔓延迅速. 有性生殖可产生卵孢子, 无性生殖产生厚垣孢子. 孢子囊的萌发方式主要有2种: 一种是释放游动孢子, 游动孢子借助鞭毛在水中游动, 随后运动状态终止, 再产生芽管进行萌发. 另一种为在缺水条件下, 孢子囊直接产生芽管萌发. 在辣椒收获后, 病原菌可在土壤或病残体中休眠, 成为来年的初侵染源^[3-5].

① 收稿日期: 2019-07-15

基金项目: 重庆市农业农村委调味品产业技术体系项目[2019(7)号].

作者简介: 黄阔(1966—), 男, 硕士研究生, 主要从事天然产物农药研究. E-mail: 417579908@qq.com

通信作者: 张永强(1980—), 男, 副教授, 主要从事天然产物农药研究. E-mail: zyqiang@swu.edu.cn

1.2 炭疽病

病原症状：辣椒炭疽病的病原类型较多，主要是炭疽菌属(*Colletotrichum* Cord)，属半知菌亚门。在我国为害辣椒的主要有红色炭疽病菌(*Colletotrichum gloeosporioides*)、黑色炭疽病菌(*Colletotrichum nigrum*)和黑点炭疽病菌(*Colletotrichum capsici*)3类病原。

田间诊断方法：该病是辣椒常见病害，高温高湿季节更易发生，主要为害果实、叶片。果实发病，呈水浸状不规则病斑，向内凹陷，病斑处有同心轮纹橙红色小点，逐渐变为黑色，病斑边缘为红褐色，中间灰褐色或灰色。叶片发病，多为老熟叶片，初呈水浸状褪绿斑，后为褐色圆形斑，中间灰白色，病斑处产生轮状排列的黑色小点，发病严重时可导致叶片脱落。

发生规律：菌丝、分生孢子可附着在种子表面，菌丝体、分生孢子盘可在病残体上越冬^[6]。多由伤口侵入，借助风力、雨水等途径传播扩散。分生孢子萌发的适宜生长温度为 25~30℃，空气相对湿度 95%更利于该病害发生；病害潜伏期可达 3~5 年。

1.3 菌核病

病原症状：辣椒菌核病的病原为核盘菌(*Sclerotinia sclerotiorum*)，属于囊菌亚门，盘囊菌纲，柔膜菌目，核盘菌科，核盘菌属。菌核初期为白色，成熟后与菌丝体集合呈黑色鼠粪状。子囊盘为乳白色小芽，其表面为子实层，由侧丝和子囊杂生而成^[7]。

田间诊断方法：该病在整个生育期内均可发生，但主要在开花期和着果期，可造成整株枯萎死亡。苗期发病，茎基部呈水浸状浅褐色病斑，后呈棕褐色，湿度较大时呈现白色棉絮状菌丝，易腐；干燥时立枯状死亡。成株期茎秆分叉处易发病，茎表皮皮层霉烂，呈灰白色，湿度大时也有白色棉絮状菌丝。拨开病斑可见鼠粪状菌核。叶片发病，初期呈水浸状软腐，容易脱落。果实发病，从果脐到果蒂，变褐呈水浸状逐渐腐烂，长出白色菌丝和鼠粪状菌核。

发生规律：在温室大棚环境中，如果田间管理不足，持续的低温潮湿、通透性不足等环境出现，露地环境中大水漫灌或持续的积水均将导致辣椒菌核病的发生。

2 辣椒主要细菌性病害的发生与诊断

2.1 青枯病

病原症状：辣椒青枯病的病原为青枯雷尔氏菌(*Ralstonia solanacearum*)，短杆状，两端圆，1~3 根鞭毛极生，单胞，单生或双生。革兰氏染色呈阴性。

田间诊断方法：发病植株须根多坏死，主要侵染茎基部，呈 1~2 cm 大小褐色病斑。剖开发病茎秆，可见维管束变褐，横切面处有乳白色菌脓，有异味。叶片呈现萎蔫下垂，逐渐萎蔫凋零。发病后，植株迅速萎蔫，3~4 d 后全株枯萎死亡，茎叶仍然保持绿色，但是色泽变淡。

发生规律：病原菌主要存在于土壤和病残体中，侵染能力极强。土壤 pH 值较低，更利于此病害发生。该病为系统性土传病害，植株局部染病均可导致全株发病。该病一旦发生，整株死亡，严重时可能造成绝收，严重影响辣椒的生长。

2.2 疮痂病

病原症状：辣椒疮痂病又叫辣椒细菌性斑点病，俗称落叶瘟，病原为野油菜黄单胞菌辣椒斑点致病型(*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*)，病原菌呈杆状，两端圆形，单鞭毛，极生。菌体呈链状排列，具有荚膜，革兰氏染色呈阴性。

田间诊断方法：苗期发病，子叶上先产生银白色小斑点，呈水浸状，逐渐变暗，病斑向内凹陷，最终导致叶片脱落，植株死亡。成株期发病，主要为害叶片，也可为害果实。发病初期叶片呈现水浸状黄绿色病斑，逐渐变为黑绿色或黄褐色，病斑边缘凸起，内部凹陷，表皮表面粗糙，病斑变为疮痂状，叶边缘变黄，叶片易脱落；叶柄、果梗染病后呈不规则病斑，逐渐隆起变疮痂状。果实发病，初期病斑暗褐色凸起，呈水浸状，湿度大时病斑处有菌脓，果实腐烂变质。

发生规律：该病在辣椒的整个生育期内均可发生。高温高湿，田间积水等环境更利于该病害的发生。

3 辣椒病毒性病害的发生与诊断

病原症状:辣椒病毒病包括黄瓜花叶病毒(CMV)、烟草花叶病毒(TMV)和番茄斑萎病毒(TSMV)。其中CMV为无包膜等轴对称的二十面体, TMV为单链RNA病毒。

田间诊断方法:病毒病也是影响辣椒生产的主要病害,可造成严重的为害^[8-9]。根据其田间发病症状主要有4种类型。①花叶型。发病时期多在苗期和幼果期,发病叶片、果实呈不规则褪绿、浓绿与淡绿相间的斑状花叶,表面凹凸不平,植株矮小,果实小且僵,难以转红。②黄化型。发病部位主要是叶片。发病叶片呈淡黄色,严重时上部叶片全部变黄,植株矮小且叶片易脱落。③坏死型。发病部位的植株细胞和组织呈坏死状,上部叶片变褐坏死,影响整株长势,发病植株易落叶、落花、落果,甚至整株枯萎死亡。④畸形型。发病叶片生长不自然,主要表现为叶片畸形或丛簇型,叶片颜色褪绿,皱缩,斑驳不均,并逐渐形成黄绿相间坏死病斑。幼叶发病,狭窄呈线状,节距缩短丛簇生,但发病叶片不易脱落。果实发病,表面呈不均匀花斑,畸形且易脱落。

发生规律:辣椒病毒病一旦发生,会产生落花、落叶、落果现象。种子、苗株、土壤、病残体、蚜虫等均能导致病毒病的发生。

参考文献:

- [1] 周 娜,陶伟林,黄启中,等.重庆地区高山辣椒标准化栽培技术[J].辣椒杂志,2017,15(2):12-15.
- [2] 黄 贞,常绍华.南方辣椒主要病虫害综合防治技术[J].辣椒杂志,2008,6(2):17-19.
- [3] 姜鼎煌.大棚辣椒病害病原的鉴定与诊断[J].湖北植保,2015(2):11-15.
- [4] 陈小均,陈 文,谭清群,等.贵州省主要辣椒病害的诊断及综合防治[J].现代农业科技,2014(17):163-164,169.
- [5] 马 军.辣椒疫病的综合防治方法[J].农村实用科技信息,2011(12):47.
- [6] 刘仁遵.辣椒主要病害的鉴别与防治[J].安徽农业科学,2008,36(13):5565-5566.
- [7] 王绍祥,李 云,赵水灵,等.文山州辣椒种质资源概况及开发利用[J].辣椒杂志,2015,13(4):25-29,37.
- [8] 万俊玲,姚凤坤.辣椒病毒病的识别与综合防治技术[J].现代农业,2008(7):31.
- [9] 袁 华,汤玉海.辣椒常见病害的发生与防治[J].吉林蔬菜,2015(8):31-31.

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2020.01.015

40%苯甲·嘧菌酯悬浮剂防治水稻稻瘟病的田间药效^①

范家平, 汪惠群, 陈磊

重庆市石柱土家族自治县农业委员会, 重庆石柱 409100

摘要: 为了验证 40%苯甲·嘧菌酯悬浮剂对水稻稻瘟病防治的效果, 筛选适宜的剂量及调查其对作物的安全性, 对该药剂进行防治水稻稻瘟病的田间药效试验. 结果表明: 40%苯甲·嘧菌酯悬浮剂可以有效防治水稻稻瘟病, 每 667 m² 制剂用量 8~16 g; 第 1 次施用后 10 d 防效达 59.76%~71.87%, 第 2 次药后 10 d 防效达 69.64%~85.86%; 最佳施药时间是水稻破口期, 推荐最佳用药量为每 667 m² 制剂用量 16 g, 施用方法推荐手动常规喷雾.

关键词: 40%苯甲·嘧菌酯悬浮剂; 水稻稻瘟病; 田间药效

中图分类号: S435.111.41 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-1067(2020)01-0072-03

稻瘟病是由稻瘟病菌引起的水稻重要病害之一, 会引起水稻大幅度减产, 严重时减产 40%~50%, 造成严重的经济损失, 水稻的高产稳产也因此受到严重阻碍. 在我国各稻区均有发生, 病菌可依靠昆虫、风等媒介传播, 造成水稻叶部、节部等位置为害严重, 其中穗颈瘟或节瘟发生早而重, 可造成白穗以致绝产. 近年来, 重庆市石柱县稻瘟病发病面积和发病率也出现逐年增高的趋势, 然而常年使用稻瘟灵等常规药剂, 加上该病原菌小种遗传复杂性和致病多样性等特点, 石柱县水稻稻瘟病的发生逐渐严重. 研究开发不同作用位点的新型高效复配剂, 对克服和延缓病菌抗药性、降低药剂用量, 有效地控制水稻稻瘟病的为害, 保障水稻稳产高产具有十分重要的意义^[1-3].

本文选用山东省青岛瀚生生物科技股份有限公司生产的 40%苯甲·嘧菌酯悬浮剂对水稻稻瘟病防治进行田间药效试验, 进而筛选出最佳的防治剂量, 为该药在实际生产推广中提供科学理论依据.

1 材料与方法

1.1 试验对象、作物和品种的选择

供试药剂: 40%苯甲·嘧菌酯悬浮剂, 山东省青岛瀚生生物科技股份有限公司生产;

对照药剂: 25%咪鲜胺乳油, 江苏长青农化股份有限公司生产.

供试水稻品种为 Q 优 6. 防治对象为水稻稻瘟病(rice blast).

1.2 环境或设施栽培条件

试验地设在重庆市石柱县三河镇川祖村, 海拔 680 m 的低山丘陵稻区. 所选水稻田为一季杂交中稻, 土壤为灰棕紫泥冲积壤, pH 值为 7.0, 土壤肥沃富含有机质, 肥水管理同大田生产. 环境植被以柑桔、桃、桑树为主.

1.3 试验设计和安排

本试验施药剂量和编号见表 1, 试验共设置 5 个处理, 每个处理设 3 个重复, 随机排列, 每小区面积为 25 m².

① 收稿日期: 2020-01-03

作者简介: 范家平(1985-), 男, 农艺师, 主要从事植保和农业技术推广等工作. E-mail: 342494886@qq.com

表 1 供试药剂试验设计

处理	药剂	每 667 m ² 制剂用量/g
1	40%苯甲·嘧菌酯悬浮剂	8
2	40%苯甲·嘧菌酯悬浮剂	12
3	40%苯甲·嘧菌酯悬浮剂	16
4	25%咪鲜胺乳油	40
5	清水对照	

1.4 施药方法

施药方法为常规叶面喷雾法,施药器械为 HD400-16 型手动喷雾器,喷药密度以药液喷洒呈露水状,每 667 m² 对水 40 kg.

2 调查内容和方法

2.1 调查方法、时间和次数

2.1.1 调查时间和次数

2018 年 8 月 1 日调查药前病情指数,8 月 2 日进行第 1 次施药,8 月 12 日进行第 1 次药后调查,并施第 2 次药,8 月 22 日进行第 2 次药后调查.

2.1.2 调查方法

根据文献报道对稻瘟病进行科学严谨的调查^[4]:每小区对角线随机 5 点取样,每点调查 50 穗.分级标准:0 级为无病;1 级为每穗损失 5%以下(个别枝梗发病);3 级为每穗损失 6%~20%(1/3 左右的枝梗发病);5 级为每穗损失 21%~50%(穗颈或主轴发病,谷粒半瘪);7 级为每穗损失 51%~70%(穗颈发病,大半瘪谷);9 级为每穗损失 71%~100%(穗颈发病,造成白穗).

2.1.3 药效计算方法

$$\text{病情指数} = \frac{\sum[\text{各级病穗数} \times \text{相对级数值}]}{\text{调查总穗数} \times 9} \times 100$$

$$\text{防治效果} = \left(1 - \frac{CK_0 \times PT_1}{CK_1 \times PT_0}\right) \times 100\%$$

公式中 CK_0 为清水对照区施药前病情指数, CK_1 为清水对照区施药后病情指数, PT_0 为药剂处理区施药前病情指数, PT_1 为药剂处理区施药后病情指数.

2.2 对作物的安全性调查

施药后及成熟收割时观察试验区,对供试水稻进行矮化、失绿、发黄、灼伤、畸形等药害情况进行调查.

3 结果与分析

3.1 对稻瘟病的防治效果

供试药剂处理后对水稻稻瘟病的防治效果如表 2、表 3 所示.每 667 m² 使用 40%苯甲·嘧菌酯悬浮剂 8、12、16 g,在第 1 次药后其平均防治效果分别为 59.76%、65.43%和 71.87%,制剂用量为 8 g 和 12 g 时防效没有显著性差异,对照药剂 25%咪鲜胺乳油防效都极显著低于试验药剂.第 2 次施药后,药剂对水稻稻瘟病的防效明显增强,40%苯甲·嘧菌酯悬浮剂每 667 m² 用量为 8 g 和 12 g 时,其平均防治效果分别为 69.64%和 73.92%,特别是在用量为 16 g 时对水稻稻瘟病的防治效果达到了 85.86%,防治效果较第 1 次喷雾处理有明显提升,水稻稻瘟病发病率也明显降低,对照药剂 25%咪鲜胺乳油的平均防治效果为 60.19%,并极显著低于试验药剂.

表 2 40%苯甲·嘧菌酯悬浮剂防治水稻稻瘟病试验结果(第 1 次施药 10 d 后)

药剂及每 667 m ² 制剂用量	发病率/%		病情指数		防治效果/%
	施药前	施药后	施药前	施药后	
40%苯甲·嘧菌酯悬浮剂 8 g	8.6±0.35abAB	4.3±0.30bB	1.8±0.12aA	0.77±0.08bcBC	59.76±1.05bB
40%苯甲·嘧菌酯悬浮剂 12 g	8.4±0.16abAB	3.4±0.48cBC	1.76±0.03aA	0.64±0.06cdBC	65.43±0.50abAB
40%苯甲·嘧菌酯悬浮剂 16 g	9.8±0.53abA	2.4±0.28cC	1.76±0.1aA	0.51±0.04dcC	71.87±2.53aA
25%咪鲜胺乳油 40 g	9.9±0.50aA	4.3±0.41bB	1.81±0.14aA	0.94±0.05bB	49.6±3.13cC
清水对照	6.7±0.57cB	7.1±0.30aA	1.79±0.06aA	1.88±0.10aA	—

注: 同列数值后不同大写字母表示处理间差异在 1% 水平有统计学意义, 不同小写字母表示处理间差异在 5% 水平有统计学意义. 表 3 同.

表 3 40%苯甲·嘧菌酯悬浮剂防治水稻稻瘟病试验结果(第 2 次施药 10 d 后)

药剂及每 667 m ² 制剂用量	发病率/%		病情指数		防治效果/%
	施药前	施药后	施药前	施药后	
40%苯甲·嘧菌酯悬浮剂 8 g	8.6±0.35abAB	4.0±0.59bB	1.8±0.12aA	0.6±0.06cBC	69.64±0.8bB
40%苯甲·嘧菌酯悬浮剂 12 g	8.4±0.16abAB	2.2±0.12cC	1.76±0.03aA	0.47±0.03cCD	73.92±2.7bB
40%苯甲·嘧菌酯悬浮剂 16 g	9.8±0.53abA	2.0±0.16cC	1.76±0.1aA	0.27±0.03dD	85.86±1.98aA
25%咪鲜胺乳油 40 g	9.9±0.5aA	4.2±0.26bB	1.81±0.14aA	0.78±0.03bB	60.19±2.1cC
清水对照	6.7±0.57cB	10.4±0.16aA	1.79±0.06aA	1.96±0.09aA	—

3.2 对环境和其他生物影响

药后田间调查结果显示, 供试药剂对各处理区的水稻纹枯病等病害有一定的控制作用, 并且在施用浓度范围内, 对非靶标生物及环境无不良影响, 并且水稻生长良好, 无药害现象, 可判定为安全的防治稻瘟病的药剂.

4 结论与讨论

研究表明, 不同单剂嘧菌酯和苯醚甲环唑及其混合试剂对水稻稻瘟病都具有一定的毒力效应, 且其复配的防治效果更佳^[5]. 嘧菌酯作为甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂, 其杀菌谱广、杀菌活性高和兼具保护和治疗作用等优点; 苯醚甲环唑是三唑类杀菌剂中安全性较高的杀菌剂, 具有持久的保护和治疗作用, 通过复配两种药剂可避免稻瘟病菌抗药性的产生, 为水稻稻瘟病的防治提供更科学的理论和实践基础.

目前对稻瘟病的防治主要是化学防治. 试验结果表明, 山东省青岛瀚生生物科技股份有限公司生产的 40% 苯甲·嘧菌酯悬浮剂对水稻稻瘟病防治效果优良. 40% 苯甲·嘧菌酯悬浮剂每 667 m² 用量为 16 g 时, 第 1 次药后平均防治效果为 71.87%, 第 2 次药后平均防治效果为 85.86%, 防治效果最好. 从防治效果、生态和经济角度考虑, 防治水稻稻瘟病建议施用山东省青岛瀚生生物科技股份有限公司生产的 40% 苯甲·嘧菌酯悬浮剂, 施用方法以手动常规喷雾为佳, 最佳施药时间是水稻破口期, 同时根据实际操作经验发现, 每 667 m² 施用复配 80% 戊唑醇可湿性粉剂 12 g 也可达到较好的防治效果.

参考文献:

- [1] 董丽英, 赵秀兰, 刘树芳, 等. 28% 三环唑·嘧菌酯悬浮剂对水稻稻瘟病的防治效果 [J]. 植物保护, 2019, 45(1): 226-229.
- [2] 周方, 杨佛, 马珂, 等. 嘧菌酯·苯醚甲环唑复配剂对稻瘟病和水稻纹枯病的防治效果 [J]. 安徽农业科学, 2018, 46(3): 117-119.
- [3] 汤志良, 刘佳, 李听, 等. 吡唑醚菌酯·稻瘟酰胺 SC 防治水稻稻瘟病田间药效试验 [J]. 南方农业, 2015, 9(6): 41-42.
- [4] 曾庆华. 25% 嘧菌酯 SE 防治水稻稻瘟病的效果 [J]. 农技服务, 2010, 27(1): 45-46.
- [5] 张蕊蕊, 胡伟群, 朱卫刚. 嘧菌酯与苯醚甲环唑混配防治水稻稻瘟病的毒力测定及田间药效 [J]. 农药, 2018, 57(4): 294-296, 301.

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2020.01.016

水稻早衰的原因及防控技术^①

周世明¹, 杜泽坚²

1. 重庆市万州区白羊镇农业服务中心, 重庆 万州 404022;

2. 重庆市垫江第一中学校, 重庆 垫江 408300

摘要: 本文总结了水稻早衰的原因及防控技术要点。水稻早衰的原因主要包括地力条件差、种子选择不当、播种时间过早、栽培管理不当、病虫害严重等。防控要点主要包括选好种子、培育壮秧、合理密植、科学施肥、合理灌水、改水改土、轮作深耕、叶面施肥、病虫害防治等。本文可为了解水稻早衰原因及实施防控提供参考。

关键词: 水稻早衰; 原因分析; 科学防控

中图分类号: S511

文献标志码: B

文章编号: 1007-1067(2020)01-0075-03

水稻早衰是指水稻从移栽到成熟期间, 出现了生理性或病理性的机能衰退, 例如茎叶枯萎, 光合作用下降, 籽粒灌浆时, 营养元素供应不上, 形成秕粒等。水稻早衰使水稻品质和产量大大降低, 轻者减产, 重者绝收, 严重影响水稻种植者的经济效益^[1]。因此, 加强水稻早衰的科学防控工作十分重要。在实际生产中要针对水稻早衰原因, 采取切实可行的措施, 加强栽培管理, 创造良好的种植环境, 优化种植资源, 促进水稻体内有机物质的合成, 同时有效防控病虫害, 从而达到提高水稻产质量的目的。

1 水稻早衰的原因

1.1 土壤地力条件差

由于土壤浸渍、瘠薄、缺水等原因, 使土壤环境条件变差。例如冷浸田、锈水田、烂泥田、深脚田等, 这些田块大多地下水位较高, 积水难排, 水土温度较低, 泥烂缺氧, 通气不良, 有机质难分解, 土壤养分供应失调, 有害还原物质(硫化氢、二价铁离子)大量积累, 使水稻根系生理功能和根系活力下降; 严重时, 水稻根系变黑或腐烂, 逐渐失去吸收营养元素能力, 造成水稻植株早衰现象。再如砂子田、顽泥田、结板田、黄泥田等, 这些田块基础肥力和通气性很差, 有毒有害物质降解速度慢, 保水保肥差, 水稻根少而短, 吸收营养能力很弱, 生长缓慢, 落黄速度快, 造成水稻植株早衰现象。

1.2 种子选择不当

水稻种子的选择, 一定要与当地气温、地势等条件相适应, 否则, 水稻会出现早衰现象。例如选用与当地气温不相适应的水稻种子, 水稻抗逆性差, 营养生长和生殖生长不协调, 氮、碳代谢失衡, 造成水稻植株早衰; 再如只能适应种植矮秆水稻的地方, 选用高秆水稻, 由于高秆水稻根系活力和通气能力没有矮秆水稻强, 后期生长的叶片没有矮秆水稻厚, 水稻叶片内水分和营养分布不平衡, 造成水稻植株早衰。

1.3 播种时间过早

水稻播种时间过早, 也会造成水稻早衰。原因是水稻秧苗生长期会遇到低温寒潮天气, 出现冻害、病害现象, 根系发育不良, 吸收水分和营养的功能下降, 秧苗质量变差, 导致水稻植株早衰; 到了水稻抽穗和灌

① 收稿日期: 2019-04-22

作者简介: 周世明(1956—), 男, 机械工程师, 主要从事种植业和养殖业新技术推广工作。E-mail: xj58600036@163.com

浆期,受 7~8 月高温影响,根系、叶片代谢机能受到阻碍,不能维持水稻的正常生理活动,造成植株脱肥而出现早衰.

1.4 栽培管理不当

由于水稻栽植密度过大,出现苗弱秆瘦,造成水稻植株早衰;由于重施氮肥,轻施磷钾肥,忽略有机肥,使土壤中的化学元素失衡,造成水稻植株缺乏某种元素而早衰;由于前期田间灌水较深,水稻根系呼吸功能下降,衰老速度加快,后期断水过早,根系吸水吸肥能力下降,植株得不到正常养分需求,造成水稻不同程度的早衰现象.

1.5 病虫害严重

由于水稻穗颈瘟病、纹枯病、稻飞虱等的危害,使水稻植株输送水分的渠道受到破坏,根系吸收的养分和水分不能准时到达叶面,使水稻营养不良而早衰;由于叶枯病、稻纵卷叶螟、蝗虫等危害,使水稻叶片绿色面积减少,光合作用下降,植株生长营养供不上,造成水稻早衰.

2 水稻早衰的科学防控技术

2.1 选用抗性强品种

各个水稻品种都有其自身特性,因此要根据当地气候、地理条件、日照长短等因素,选择抗逆性强、叶片较厚、通气组织强、后期根系发达的中熟水稻品种,确保水稻不会出现早衰.

2.2 土壤改良

土壤改良是防治水稻早衰的基础.大力推广胡豆-水稻、蔬菜-水稻、油菜-水稻等轮作方式,改善土壤理化性质,增加土壤有机质含量,减少稻田病虫害发生量,增强水稻抗衰能力;每年冬闲时,要对稻田进行深翻,熟化土壤,使田间滞留的有毒有害物质还原分解,减少翌年稻田病害发生,增强水稻抗衰能力.对地下水水位较高的稻田,要修好排水工程,减少稻田积水,减少水稻病害发生,增强水稻抗衰能力;对无水源的稻田,要多修水库、堰塘、渠堰等,以保证天干时有足够水源灌溉,满足水稻生长需水要求,增强水稻抗衰能力.对瘠瘦的砂子稻田,要多种绿肥、多施农家肥、多加池塘淤泥和粉碎的秸秆,增加稻田有机质含量,疏松土壤,增强土壤透气性,提高水稻抗衰能力^[2].

2.3 培育壮秧

推广旱地育秧技术,施足底肥,稀播匀播,加强田间管理确保秧苗健壮.旱地育秧可提高水稻根系活力和叶片叶绿素含量,促进水稻后期水分、养分的吸收和同化产物的积累,减慢水稻叶片衰老速度.

2.4 合理密植

水稻种植实践证明,水稻种植密度越密,后期衰老速度越快,所以,水稻适当稀植,有良好的通风透气条件,可提高后期抗衰能力.在常规栽培条件下,采用宽行窄株(行距 20 cm,株距 10 cm)栽培方式,可防止水稻早衰.

2.5 科学施肥

科学施肥是防止水稻早衰的重要措施.科学施肥的策略是:基肥足施,蘖肥早施,穗肥稳施,粒肥补施.科学施肥方法是:氮肥在基肥中占 40%、在分蘖肥中占 30%、在抽穗肥中占 20%、在饱粒肥中占 10%;磷肥在基肥中占 60%、在分蘖肥中占 10%、在抽穗肥中占 20%、在饱粒肥中占 10%;钾肥在分蘖肥中占 40%、在抽穗肥中占 50%、在饱粒肥中占 10%.

施用叶面肥亦可以防止水稻早衰.水稻在抽穗扬花后,根系吸肥能力开始变弱,水稻生长得不到养分满足,易使水稻早衰,所以,叶面施肥能迅速缓解水稻生长营养紧缺问题.叶面施肥试验表明,喷洒“喷施宝”^[3-4],与对照组相比,不但防止水稻早衰,每 667 m² 还可增产 26.7 kg.在水稻叶面施肥时,一是要注意施肥时期,必须在水稻抽穗扬花后进行;二是要注意用肥量,“喷施宝”每 667 m² 用肥量为 20 mL,磷酸二氢钾每 667 m² 用肥量为 150 g.

2.6 合理灌水

水稻种植的实践经验告诉我们,在干旱天气时,水是水稻的命;在冷雨天气时,水是水稻的病.所以,

要想水稻少得病,并且保住命,就得做到合理灌水,保证水稻正常生长.在水稻生长期,正确的灌水方法是间歇浅灌.即在水稻移栽期,采取浅水插秧返青;在水稻分蘖拔节期,先采取短时深灌,然后保持田间浅水即可;在水稻抽穗扬花期,采取放干、灌水交叉进行;在水稻籽粒成熟期,采取缓慢放水,保证水稻根系呼吸需氧要求,养根保叶.采取这些灌水方法,可有效防治水稻早衰和病虫害.

2.7 病虫害防治

一是狠抓3个用药关口.水稻播前,要做好药剂拌种工作;水稻栽插前,要喷施送嫁药;水稻抽穗前,要喷施保穗药.只要抓好这3个用药关口,水稻就不易早衰.

二是治好“四虫”^[5].每667 m²用48%毒死蜱乳油100 g,对水35 kg喷雾,可有效防治钻心虫;每667 m²用10%吡虫啉可湿性粉剂50 g,对水40 kg喷雾,可有效防治稻飞虱;每667 m²用60%甲维·杀虫单100 g,对水35 kg喷雾,可有效防治稻纵卷叶螟;用4.5%高效氯氰菊酯乳油1500倍液喷雾,可有效防治蝗虫.只要治好了这“四虫”,水稻就不易早衰.

三是治好“三病”.每667 m²用75%三环唑可湿性粉剂30 g,对水40 kg喷雾,可有效防治稻瘟病;每667 m²用12.5%烯唑醇可湿性粉剂50 g,对水35 kg喷雾,可有效防治纹枯病;用5%锐劲特浸种或拌种水稻,可有效防治黑条矮缩病.只要治好了这“三病”,水稻就不易早衰.

控制病虫害是防止水稻早衰的关键.水稻病虫害的防治应根据田间调查情况科学用药,提高防治效果,确保后期水稻的叶片能有效地伸展开,提高其叶面光合能力和光合效率,促进水稻的良好生长,进而提升水稻的产质量.

参考文献:

- [1] 朱虹霞,郭士伟,王荣富.杂交水稻早衰的研究进展[J].安徽农业科学,2009,37(5):1945-1947.
- [2] 李桂艳.浅谈水稻早衰的原因及防治对策[J].现代农业,2012(1):46.
- [3] 岑爱梅,李秋原.“喷施宝”叶面肥防水稻早衰应用效果[J].农家致富顾问,2014(12):127-128.
- [4] 陈彬,曲芳,祝梅.喷施宝在水稻上应用效果试验[J].北方水稻,2014,44(3):70,72.
- [5] 辛学.水稻“四虫”的防治[J].农家科技,2009(7):13.

《植物医生》 DOCTOR

PLANT

征稿简则

《植物医生》创刊于1985年,是由教育部主管、西南大学主办的全国公开发行的植物医学研究与应用领域的综合性期刊。2019年起,本刊进行全新改版,以学术性为主,兼顾关键的创新应用技术。主要刊载植物生命运动与生长发育、植物健康保障与提高、植物病虫害预防及医治等方面的论文。设置专题综述、植物病害与病理、植物虫害与生态、植物药剂与药理、植物草害与防除、植物保健与免疫、植物健康综合管理等栏目。

本刊来稿要求与注意事项:

1.选题与内容:按本刊所设栏目及关注范围撰稿。投稿必须是首发稿,文中不涉及属于国家科技保密的数据及资料。稿件要求主题突出、内容新颖、材料真实、数据准确可靠、层次清楚、文字精练,能真实反映当前农业科研与生产中的新成果、新问题。论文的格式顺序为:题目、作者姓名、作者单位(注明所在地及邮编)、中文摘要(100~300字)、中文关键词(3~8个)、英文摘要、英文关键词、正文(层次标题连续编号,如“1”,“2.1”,“3.1.2”等,左顶格)、参考文献;第一作者的性别、出生年、学历、职称、主要研究方向等;属于基金资助的,注明基金项目名称和批准号。

2.计量单位符号、数字用法使用标准:文稿中的量和单位符号、数字用法等必须符合国家标准和国际标准。外文字母应注意正确区分正斜体和大小写。上、下角的字母、数码和符号,其位置的高低应有明显的区别。

3.图和表:图表要力求精练,且有电子文件(TIF格式或JPG格式,分辨率至少达到300 dpi)。照片(最好是彩色)要清晰。表格设计应合理,采用三线表形式,图序和表序用阿拉伯数字。

4.汉字及专用名词术语使用要求:病、虫、草、鼠等有害生物名称要用学名(拉丁学名属及其以下的应排为斜体,科以上的学名正体书写)。农药名称一律用农药登记证上的农药名称(中文通用名称),含量及剂型不能省略,商品名称只能在括弧内注明。

5.参考文献:参考文献著录采用顺序编码制,即依引用处出现先后顺序用阿拉伯数字排序,在文中引用处右上角用方括号标注。文献著录项目、顺序、格式要符合GB/T 7714—2015《信息与文献参考文献著录规则》的有关规定。

6.编辑部对来稿有权作技术性和文字性修改。

本刊以网上投稿为主,请进入西南大学期刊社网站(<http://xbgjxt.swu.edu.cn>),选择“植物医生”,点击“作者投稿系统”进行投稿(首次投稿须注册)。

为便于审稿和统计,电子邮箱投稿已于2019年9月1日终止,本刊现在只接受网上投稿。由此给您带来的不便,敬请谅解。

新年度,我们将继续努力,以办好《植物医生》为己任,不辜负广大作者和读者对本刊的信任。

感谢您对本刊的关注和支持,欢迎您的投稿!

如果您有任何问题,请与本刊编辑部联系。

E-mail:zwys78@sina.com

电话:(023)68250657,(023)68250218

西南大学期刊社
《植物医生》编辑部
2020年2月25日



拜耳®

拿敌稳®

稳稳的收获 稳稳的幸福



扫一扫，关注拜耳

有效成分及含量：75%肟菌·戊唑醇
登记证号：PD20102160

拜耳服务热线：4008236582



植物医生

双月刊 1985年创刊

第33卷第1期(总第195期)

2020年2月

主管单位：中华人民共和国教育部

主办单位：西南大学

编辑出版：西南大学期刊社

地址：重庆市北碚区天生路2号

邮编：400715

电话：(023) 68250657

传真：(023) 68252538

投稿网址：<http://xbgjxt.swu.edu.cn>

国际标准连续出版物号：ISSN 1007-1067

国内统一连续出版物号：CN 50-1086/S

编委会主任：王进军

主编：丁伟

编辑部主任：王胜

责任编辑：王新娟

编辑：王丹 李石力 刘晓姣 杨亮 刘颖

张淑婷 周红 江其朋 刘烈花 王鑫

英文审校：王一民

封面设计：王玉菊

发行单位：重庆市邮政局

发行范围：公开发行

邮发代号：78-69

印刷单位：重庆邮政印务有限公司

广告发布登记证：碚工商广登(19)002号

出刊日期：双月25日

每期定价：10元