DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2019.06.001

植物医学的新概念——系统控制①

丁 伟, 赵志模

西南大学植物保护学院,重庆 400715

摘 要: 植物医学上的病害泛指由生物因素(害虫、病原菌、杂草、害鼠等有害生物)、非生物因素(水分、光照、温度、营养、农药等环境胁迫)和自身免疫力下降引起的,影响植物健康的一切异常生命活动过程.对植物有害生物控制是一个系统工程,靠单一的措施或者技术很难达到理想的效果,仅仅靠技术层面的工作也很难获得整体的效应.本文分析了植物有害生物治理的各种措施和策略,结合历史经验和科技发展趋势,提出了植物健康调控与有害生物防治的新概念——系统控制(Systematic control of plant diseases, SCPD).系统控制是指在系统论、控制论思想指导下,以农田生态系统为对象,以维护植物健康为核心,从而维持系统正常运转和良性循环,充分发挥系统功能为目标的有害生物防控的技术和管理体系;是从资源利用、运作效率、系统弹性和可持续性的整体维度进行思考和实施的系统工程.系统控制概念的提出不仅是植物健康维护理论上的创新和生产实践的需要,而且也是植物有害生物持续控制发展的必然趋势,对于丰富植物医学理论,推进植物医学事业的发展具有重要意义.

关键词: 植物病害;系统控制;植物健康;植物医学

中图分类号: S471 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-1067(2019)06-0001-11

植物的一生每时每刻都处于系统之中,植物生命系统以及植物与环境构成的生态系统的正常运转是植物健康生长的基础.农作物种植的本质是协调植物的基因很好地适应生命系统所处的环境,并使其基因潜力充分表达.2019 年初,美国国家科学院、工程院和医学院联合发布了未来农业发展的 5 个大方向,提出了整体思想和系统认知分析技术是实现农业科技突破的首要前提[1],跨学科研究和系统方法是实现农业技术突破、解决农业重大问题的关键.因此,维护植物健康,解决植物病虫害问题,保障植物及其产品安全,提升农产品的品质和产量,必须理解系统、系统控制和系统工程的概念,在系统思想的指导下,开辟植物健康维护和病虫等有害生物控制的新局面.

1 植物有害生物控制的基本对策

有害生物控制的基本对策是指根据有害生物发生危害的原因和防控的基本原理提出的行动路线或指导思想,每种对策都包含了众多的防控方法或措施.人们在维护植物健康的长期实践中,发现病虫等有害生物是影响植物健康的最为直观的因素,因此,一直以来人们总是把控制病虫等有害生物作为植物保护的基本出发点,并由此探索出了多种多样的防控措施.早期的有害生物防控主要是针对昆虫和兽类对植物的伤害;19 世纪 40 年代之后,植物病害问题受到重视,植物保护剂和杀菌剂得到快速发展;到 20 世纪 40 年

① 收稿日期:2019-11-01

基金项目:重庆市科委重点项目(CSTC2018JSCX-MSZDX0047);国家烟草专卖局绿色防控重大专项(110201601025LS-05;110201901042LS-5).

作者简介:丁 伟(1966—),男,教授,主要从事天然产物农药、植物与有害生物互作研究.E-mail:dingw@swu.edu.cn

代，化学合成的杀虫剂、杀菌剂、除草剂空前发展，人们把植物健康维护的工作集中在了对有害生物的化学控制上. 但随着化学农药大量使用出现的越来越明显的毒副作用，这才促使人们不断反思化学防治方法的利弊，从而逐渐认识到病虫害防治的出发点应该是维护植物健康，而植物健康维护也是有效控制病虫害的关键. 植物医学的诞生正是建立在以植物健康维护为目标、以病虫等有害生物防治为中心的传统植物保护思想的发展的基础上. 为了深刻理解植物医学及系统控制的概念，本文将分析的重点放在对有害生物的控制和管理方面.

1.1 植物病害控制的基本对策

1929 年，Whetel 最早提出按照防治原理把植物病害的防控对策分成：杜绝、歼灭、保护和免疫等 4 类. 1968 年，美国国家科学院在《植物病害的发展和防治》专刊中，把病害的防控对策归纳为：回避、杜绝、歼灭、保护、抗性提升和治疗等 6 类[2]. 各类防控对策所包括的具体方法，包括近年来出现的新的方法，见表 1 中的左列. 1963 年，Van Der Plank 按照各类防治方法在控制病害中的作用，将其区分为 2 个大类：一类是减少初始菌量(Xo)，另一类是降低病害流行速率(γ)[3]；这 2 类作用没有考虑到植物自身抗性提升的效果，因此对植物病害控制的作用还应包括增强植物自身的抵抗力(R). 在采取的病害防控措施中，有些只能起到一种作用，而有些方法 2 种作用兼备，甚至 3 种作用都可以表现出来(见表 1 中的右 3 列).

表 1 病害防治的一般方法和它们的主要作用

植物病害防治原理和措施	主要作用		
A. 病原物的回避			
1.地理区域的选择	Xo	γ	
2.在局部地区内种植位置的选择	Xo	γ	
3.种植日期的选择	Xo	γ	
4.应用无病的种植材料(脱毒)	Xo	γ	
5.栽培作物的变更(轮作)		γ	R
6.生物多样性的应用(间作)		γ	
B. 病原物的杜绝			
1.种子或种植材料的处理(种子包衣)	Xo		
2.育苗环节的更新(漂浮育苗、基质拌菌)	Xo		
3.检验和证明	Xo		
4.由植物检疫杜绝和限制	Xo		
5.消灭昆虫介体	Xo	γ	
C. 病原物的歼灭			
1.植物病原物的药剂防治	Xo	γ	
2.种植有抑制病害发生的前茬植物	Xo		
3.感染性植物或植物受病部分的除去和毁灭			
a.剔除	Xo	γ	
b.消灭转主寄生和杂草寄生	Xo		
c.卫生法(清洁田园)	Xo		
4.用于种植材料的热处理和化学处理	Xo		
5.土壤处理(熏蒸和土壤消毒)	Xo		
D.保护植物以避病			
1.喷雾或撒粉或处理植物幼苗以保护不受侵染	Xo		
2.对病原物的昆虫介体的防治(传毒蚜虫)		γ	
3.根际微生态调控(生物屏障)		γ	R
4.在易感病作物上喷洒保护剂	Xo	γ	
5.良好栽培环境的营造(地膜、起垄、排水)		γ	R
E. 抗性寄主的培育			
1.抗性病选择和培育			
a.垂直抗性	Xo		
b.水平抗性		γ	R
c.二维抗性	Xo	γ	R

续表 1

植物病害防治原理和措施	主要作用		
d.群体抗性(多系)		γ	R
2.由于化学治疗的抗病性		γ	
3.通过营养的抗病性(施微量元素)		γ	R
4.接种一种良性病毒以对抗一种病毒(弱毒株系)		γ	R
5.植物刺激素和抗性诱导剂		γ	R
F. 受病植物的治疗			
1.化学治疗(化学治疗剂)		γ	
2.热处理(物理的方法)	Xo		
3.外科(剖病株茎、刮疗、去除病组织)	Xo	γ	

注:Xo 表示减少初始菌量,γ 表示降低病害流行速率,R 表示增强植物自身的抵抗力.

从以上措施可以看出,植物病害防控对策的关键是把握好植物、病原物及其环境之间的关系,杀菌剂的使用只是多种措施中的一种,而且它不一定是最为重要的措施.

1.2　植物虫害控制的基本对策

1971 年,日本科学家深谷昌次等根据防治的目标将害虫防控对策区分为 3 类[4]:(1)持续压低害虫虫口密度;(2)暂时压低虫口密度;(3)彻底消灭或者持续减少害虫.从控制害虫的目标出发,在生产实践中还有物理阻隔以及增强植物抗性等一系列措施,因此在防控对策中还可以增加局部或者一定区域隔离害虫以及增强植物的抗虫性等.这些措施的主要作用可归纳为:(1)降低植物受害程度(L);(2)杜绝危害(N);(3)协同进化(X)(表 2).

表 2　害虫防治的一般方法和它们的主要作用

植物害虫主要控制原理与措施	作用效果		
A.以持续压低害虫密度			
1.寄生性天敌	L		X
2.捕食性天敌	L		X
3.自然性感染微生物	L		X
B.以暂时压低害虫种群密度为目标			
1.直接杀灭害虫(杀虫剂、物理能等)	L	N	
2.利用趋性(性信息素、光诱、食诱、电磁波、色诱等)	L		
3.扰乱生活机能(激素、性信息素、光波等)	L		
C.彻底消灭或持续减少害虫为目标			
1.昆虫辐射不育;	L	N	
2.引进遗传性致死基因或生态性致死基因;	L	N	
3.引进替代的竞争种	L	N	
D.局部或者一定区域内隔离害虫			
1.检疫措施		N	
2.防虫网阻隔		N	
3.种植诱虫植物	L		
4.套袋或者防虫膜		N	
E.增强植物的抗虫性			
1.抗性品种	L		X
2.应用抗性诱导物质	L		
3.改变温湿度条件	L		
4.营养调控	L		X
5.种植密度调控	L		X
6.修剪、压顶	L		

注:L 表示降低植物受害程度;N 表示杜绝危害;X 表示协同进化.

1.3 植物病虫害控制的方法

在目前的教学和生产实践中，对于植物病虫害的控制方法按其性质和原理通常分为 5 类：(1)植物检疫. 这是一类集法规、行政和技术于一体的防治方法，其主要目的是预防和控制危险性有害生物的入侵和蔓延. (2)农业防治. 包括采用抗性品种，科学合理的作物布局、耕作制度、种植密度、栽种时间、土壤耕作以及田园清洁、施肥、灌水、除草等田间管理措施，其目的主要是创造有利于作物生长而不利于病虫发生的条件. (3)物理机械防治. 常用的方法包括人工或机械捕杀、阻隔为害、分离除虫和利用光、热、电、声、温度、湿度等物理、机械因子直接杀伤或排除有害生物的为害. (4)生物防治. 主要包括保护、利用农田生态系统内固有的天敌，人工繁殖、释放和助迁天敌，引进和移植外来天敌等；广义的生物防治还包括利用生物的代谢产物、昆虫激素及昆虫不育等措施. (5)化学防治. 利用化学合成农药控制病虫草害，仍然是国内外当前和今后相当长一段时间内的重要手段. 此外，还有健康栽培、理化诱控、生态调控等一些控制方法，但从方法论上讲，仍然可以归纳到以上 5 类防控方法中. 这种分类简单清晰，便于掌握，在实际操作过程中，措施的针对性和具体化是决定防控成效的关键.

2 有害生物治理的主要策略

控制有害生物为害的方法很多，各种方法具有各自的优点，也存在各自的不足. 实践证明，仅仅采用某项单一的措施都不能圆满解决有害生物为害的问题. 加拿大著名昆虫学家 Pickett 曾明确指出："现在我们虽然能控制或防治任何一种害虫或害螨，但虫害问题并没有解决，反而比过去更为尖锐，而且防治费用在不断上涨，将来的情况无法预测"[5]. 上世纪 40 年代以来，单一地大量使用甚至滥用化学农药带来的病虫抗药性、再猖獗、潜在害虫暴发以及环境污染等问题，使人们逐渐认识到，措施和目的是 2 个不同的概念，要解决病虫对植物的危害，绝不仅仅是一个简单的杀灭病虫的问题，而应该把病虫害防治提升到管理策略的层面，其最终的目标是建立一个新的稳定的农业生态体系，以获得优质高产的农产品. 在总结经验教训的基础上，有害生物综合治理(integrated pest management，IPM)、全种群治理(total population management，TPM)、生态治理(ecological pest management，EPM)、绿色防控(green control measures，GCM)等有害生物治理策略应运而生，这不仅体现了人们对病虫害防治认识上的一次次质的飞跃，而且也带来了病虫害防治发展历史上的一个个转折[6].

2.1 有害生物综合治理(Integrated pest management，IPM)

加拿大的 Dicket (1948)和美国的 Bartlet(1956)与 Stern(1959)提出综合防治这一主张时，主要是从农业生产的经济学观点出发，重点放在谋求化学防治与生物防治的协调上[7-8]. 1965 年在联合国粮农组织(FAO)召开的有害生物综合防治学术讨论会上，Smith 和 Reynolds 给综合防治下了一个定义："综合防治是以互不矛盾的方式使用一切适当的技术，使害虫种群减少到经济受害允许水平以下，并维持这个低水平的害虫管理系统"[9-10]. 20 世纪 70 年代以来，"预防为主，综合防治"一直是我国植物保护的工作方针. 在 1986 年在成都召开的全国植保学术讨论会上，众多专家学者经过充分讨论提出了有害生物综合治理的定义："综合防治是对有害生物进行科学管理的一种体系，它从农业生态系统的整体出发，根据有害生物与环境之间的相互关系，充分发挥自然控制因素的作用，因地制宜协调应用必要的措施，将有害生物控制在经济受害允许水平以下，以获得最佳的经济、生态和社会效益"[11]. 显然，这一定义对以往的综合防治概念，无论是在内涵或外延上都有很大发展，对指导我国植物保护工作，合理使用化学农药作出了重要贡献. 但是综合防治的这一定义，其基本出发点仍然是针对有害生物本身. "综合防治"无论是从字面上还是在实践中很难体现出管理的特色和管理的对象是整个农业生态系统，特别是在植物的健康维护方面. 随着人们对客观世界的认识逐渐加深，多学科的相互交叉和渗透以及农林业生产发展的需要，新的有害生物治理策略的出现是事物发展的必然趋势.

2.2 全种群治理(Total population management，TPM)

20 世纪 60 年代，在美国东部发生了一种由螺旋锥蝇传播的牲畜疾病，这种疾病不仅使养殖业遭受重

大损失,而且也给养殖人员带来了困扰. 为了解决螺旋锥蝇的问题,全种群治理策略被提出;策略的指导思想是要将害虫种群彻底绝灭,因此必须通过行政手段统一行动,其关键措施是首先应用化学农药压低害虫发生基数,然后大量释放不育性昆虫. 这一策略实施后取得的成功,似乎为人们解决农作物害虫问题带来了新的曙光. 棉铃象甲是当时美国棉区为害十分严重的害虫,当把全种群治理策略推行到这种农业害虫的治理上时,却出现了许多意想不到的困难. 例如在地域广阔、面积极大的棉区很难应用行政手段统一行动;大量使用化学农药对其他农作物害虫、天敌以及环境带来的负面影响;应用遗传不育防治害虫本身的局限性;此外,在是否真正绝灭了这一害虫的效果评价上也存在困难[12]. 全种群治理和提倡 100%杀灭害虫的概念如出一辙,它不仅有违生态学的基本观念,而且对于指导生产实践也是不科学的. 对于植物病害的全种群治理,包括局部的全封闭处理,土壤熏蒸处理,高效消毒品、杀菌剂的大量使用等,其目标也是企图灭绝一种或多种植物病原微生物,显然这一防控策略和预期目标在跨区域的大面积上很难实现,而且对于维护生态系统平衡和植物健康来说也不是最佳选择. 正是由于这些原因和人们越来越对环境的关注,全种群治理策略并没有持续多长时间就被放弃,但是全种群治理策略注重新的有效防治措施的开发,同时运用行政手段统一规划,统一行动等管理方法是值得借鉴的.

2.3　生态治理(Ecological pest management, EPM)

20 世纪 90 年代以来,生态学观点和可持续发展的思想逐渐被人们接受,正是在这种形势下 Tshernyshev 在 1995 年提出了有害生物生态治理的概念[13]. 实践证明,大面积单纯种植农林作物的农田生态系统,其结构的单一性往往容易诱发病虫害的猖獗和流行. 因此从生态学观点出发,强调采用以保护利用本地天敌为主的生物防治方法,创造使生态系统中群落结构复杂化、有天敌替代寄主或转换寄主存在的环境条件,例如提倡留存果园、田间杂草,不同作物或品种混作、间作,在田地四周设置植物篱笆,助迁天敌,甚至人为补充害虫本身或替代寄主等. 生态治理的策略和方法,对于维护生态系统的稳定和提高系统的自我调控能力具有重要作用,但是这种使生态系统群落结构复杂化的方法不应无原则地推行,毕竟维护作物健康,使系统产出最优才是有害生物管理策略的最终目的. 此外,生态治理策略,几乎排除了使用其他的应急措施,如在作物病虫突然暴发、迁飞性害虫大量入侵时采取的化学防治措施,因而单纯的生态治理也存在一定的局限性[14].

2.4　绿色防控(Green control measures, GCM)

绿色防控是在 2006 年全国植保工作会议上提出“公共植保,绿色植保”理念的基础上,根据“预防为主,综合防治”的植保方针,结合现阶段植物保护的现实需要和可采用的技术措施形成的一个技术性概念. 2012 年 11 月,农业部在广西南宁召开全国农作物病虫害绿色防控工作会议,正式将绿色防控作为农作物病虫害防控的主导思路,推动农作物病虫害进入了绿色防控的时代[15]. 2014—2018 年,从国家层面上组织实施国家重点研发计划“化学肥料和农药减施增效综合技术研发”试点专项,先后启动了近 50 个项目,全面系统地推进了不同作物病虫害绿色防控技术的创新、研发与应用. 2016 年,国家烟草专卖局启动绿色防控重大专项,针对烟草的烟蚜、烟青虫/斜纹夜蛾、地老虎、青枯病/黑胫病、赤星病/野火病以及病毒病等 6 大类靶标生物,实施绿色防控技术研发、产品研发和防控模式构建,要求全面取得绿色防控在理论层面、技术层面、应用层面和产业层面上的四大突破. 目前,绿色防控已经成为植物病虫害控制的一个基本概念和思路,其内涵就是按照“生态优先,绿色发展”的理念,采用健康栽培、理化诱控、生物防治、生态调控以及精准减量用药、用肥等技术,达到有效控制农作物病虫害,确保农作物生产安全、农产品质量安全和农业生态环境安全,促进农业增产、增收的目的[16-18]. 绿色防控考虑到了各种措施对生态环境的影响,希望取得多方面的突破,但其根本点仍然是病虫害防控措施的优化,主要是强调对化学农药、化学肥料的减施增效,强调各个环节的生态安全,从总体上看,仍然是技术层面的推进,而没有更多地考虑理论创新和实践创新,特别是没有从系统与系统控制的角度来深层次地构建维护作物健康和病虫害防控的技术体系和管理体系.

3 有害生物系统控制

3.1 系统及系统论

系统(system)是指具有特定功能、按一定秩序或因果关系相互联系、相互作用和相互制约着的一组事物(要素)所构成的整体. 由生命系统及其相应环境系统构成的生态系统，不仅涵盖了从基因、细胞、组织、器官、个体到种群、群落乃至生物圈等微观至宏观的不同生命层次，而且还涉及到农业、林业、畜牧业、渔业乃至与生物有关的工业、服务业等不同的经济社会领域. 农田生态系统是人类以农作物为中心，经过人为改建，充分利用生物措施固定、转化太阳能，获取一系列社会必需的生活与生产资料的人工生态系统；它与自然生态系统一样，不断与环境交换物质和能量，并在系统内流动和转化，从而维持系统的结构与功能；同时系统内部复杂的反馈关系，使农田生态系统具有一定的自然调节、发展、演化的自组织能力. 但是在农田生态系统的能量流动与物质循环中，人总是处于核心位置，人类的主观能动性虽然能利用和改造生态系统，但是却不能超越生态系统客观规律的制约[2].

系统论最早由奥地利科学家 Bertalanffy 在 1937 年提出，他在“一般系统论”(General system theory)中指出，把孤立的各个组成部分简单相加，不能说明高一级水平的活动性质和活动方式，为了认识事物的整体性，既要了解其组成部分，更要了解它们相互间的关系[19]. 系统论认为，现实世界和世间一切事物都是由各种系统组成的，任何问题的产生都不是一个孤立的偶然现象，而往往是系统失衡或系统内的某个部分出现了问题，因此在解决问题时，都要应用系统的观点，分析系统各个组成要素之间的相互关系，考虑多方面的因素，分清主次，从表面现象看到事物或问题的本质，这样才能得到预期的结果.

植物医学的最终目的是维护植物的健康，以获得更多更优质的产品. 植物病虫害的暴发与流行是影响植物健康的一个重要因素，从系统论的观点出发，要解决病虫为害问题，不应该仅仅是针对病虫，更重要的是从维护植物健康着手，充分关注植物、病虫及环境之间的相互关系，考虑是否是由于植物本身长势衰弱或某些组织器官徒长，免疫力下降，抗逆性降低，或者是由于某些人为措施，例如过分使用化学农药或化学肥料，使害虫天敌受到抑制，土壤酸碱度、营养元素、根际和叶际微生态平衡受到干扰等而引起. 总之，生命现象是物质运动更高级的形式，其表现千姿百态，因此更需要应用系统的思想和综合的方法，推动植物医学乃至整个生物学、生态学的发展[20].

3.2 控制论与系统控制

维纳 1948 年发表的专著《控制论——关于在动物和机器中控制和通信的科学》被认为是控制论的奠基性著作[21]. 控制论认为，任何一个系统，无论是自然系统还是人工系统，都存在输入和输出，当系统某一成分的输出作为一个因素返回来影响输入时，这种现象称为反馈(feedback). 反馈有正反馈和负反馈之分. 如果输出对输入的影响是同向的则称为正反馈，显然正反馈是系统偏离平衡的机制，要么促进系统发展，要么迫使系统衰亡；而如果输出对输入的影响是反向的则称为负反馈，显然负反馈是系统维持平衡的机制. 控制论认为，反馈机制不仅存在于系统的内部，也同时存在于系统的外部. 农田生态系统同样蕴含着复杂的反馈机理. 在系统内，栽培植物与病原菌、害虫之间，有益微生物与病原菌之间，天敌与害虫之间；在系统外，使用化学农药与病虫、天敌之间，翻耕、施肥、除草、起垄等田间管理与农作物之间，都存在着正负反馈的相互交替. 由于作物种植密度过大或果树开花结实过多而出现的自然稀疏现象，当害虫数量过高出现的密度制约现象，天敌对害虫在数量、时间、空间上的跟随现象以及周期循环法则等是负反馈促使系统维持平衡的重要机制；不合理使用化学农药，导致天敌衰退，病虫抗药性增加，从而出现病虫害发生越来越重，农药越施越多的恶性循环，这是系统正反馈机制导致系统失衡的典型实例. 正负反馈在一定条件下可以相互转化，只有了解和掌握转化的条件或阈值，才能正确发挥人的主观能动性，维持系统的良性循环. 向系统无限索取，不考虑系统的承受能力，从而使系统失衡甚至崩溃的情况在农田、森林、渔业生态系统中时有发生. 系统具有自身的运行规律，在正常条件下能够维持动态平衡，但在整体出现平衡时，在局部的

某一作用过程中,也可能因为正负反馈机制存在瞬间不平衡的现象. 正因为反馈机制能实现对系统的调节与控制,才能使人类在改造客观世界中发挥其合理的作用.

2007 年,丁伟在《植物医生》上发表了"有害生物的系统控制(pest system control)"的专题论述,提出了有害生物系统控制的概念. 有害生物系统控制的观点在园林植物、果树、温室蔬菜病害防控上发挥了重要作用[22]. 在当今气候变化和耕作制度变革的新形势下,植物病虫害防控面临的形势更为复杂和严峻,迫切需要寻求新的理论和策略来指导病虫控制的实践. 实践证明,从系统的整体出发,通过系统内在的调节机制和系统外的人为干扰,对系统出现的问题进行有效调控,以维持系统的正常运转和良性循环,是实现作物健康维护和病虫害持续控制的有效途径.

3.3　系统工程

系统工程(Systems engineering)是从系统的观点出发,应用系统论、控制论的思想,以最优化的方法求得系统整体最优的、综合化的组织管理、技术和方法的总称. 作为一门横跨多学科的高度综合性的新兴技术,系统工程的形成和发展与一系列的基础学科如运筹学、控制论、信息论、基础数学和计算机科学等有着十分密切的联系. 系统工程也被称为关于组织管理的技术. 应用系统工程的方法对社会政治、经济、军事、教育、科技、人口、卫生等大系统和巨系统定量地进行状态分析、态势预测、政策评价、优化和仿真等,已成为各社会管理部门广泛的工程实践[23-25].

植物医学是维护植物健康的科学,它面对的是以植物为中心的农田生态系统,系统的组成结构包含了众多的生物和非生物成分,并且与特定的空间密切联系,因而区域性特点十分明显;系统还具有生长、发育、衰亡的特征,其代谢作用通过复杂的能量流动、物质循环和信息传递而完成;系统的动态平衡不仅在于生物的种内、种间和生物与环境之间的功能协调,而且在整体出现平衡时,可能在亚系统或局部的某一作用过程中存在正负反馈的瞬间不平衡,尤其是农林生态系统需要不断地从系统外输入能量和物质,使系统受到更多人为因素的影响. 因此,应该把植物医学和对有害生物的治理作为一项系统工程来对待.

丁伟(2007)提出有害生物系统控制必须着力建设 3 个体系:一是有害生物控制的信息支撑体系;二是有害生物控制的规范化技术体系;三是农作物生产过程中的规范化管理与实施体系. 3 个体系的建设,将会把有害生物控制从单纯针对病虫害发展到针对植物健康,从单纯的防控技术层面发展到系统管理的层面[22].

3.4　有害生物系统控制的内涵和外延

3.4.1　植物有害生物系统控制的内涵

内涵是一个概念所反映的事物本质属性的总和,亦即概念的内容. 有害生物系统控制是在系统论、控制论思想指导下,以农田生态系统为对象,以维护植物健康为核心,以维持系统正常运转和良性循环,充分发挥系统功能为目标的植物有害生物防控的技术体系和管理体系;是从资源利用、运作效率、系统弹性和可持续性的整体维度进行思考和实施的一项系统工程. 长期以来,人们想尽办法与为害植物健康的有害生物作斗争,但着眼点往往只是针对病虫害本身而采取某种或某几种措施,这些措施可能在局部和短时间内有一定效果,但最终病虫害还会卷土重来,甚至造成更大损失. 惨痛的历史教训使我们认识到,在植物有害生物控制上,我们面对的并不仅仅是数量繁多、不断繁衍的植物病原微生物和害虫,而是千姿百态、纷繁复杂的整个生态系统,我们试图着力去消灭某种病原菌或者害虫,结果是顾此失彼,甚至是因小失大,最终导致系统失控,病虫害暴发流行. 有害生物系统控制策略要求,任何一项措施都要符合维持系统平衡、保证植物健康的基本原则,即使在作物生长期内采取药剂处理措施控制病虫危害,也应当应用系统工程的方法,系统分析病虫害发生的原因、规律和措施对植物和其他生物、非生物成分的影响,并且在技术培训、人力组织、药剂选择与准备、药剂喷洒时间与技术、安全性保障、残留控制、经济效益、生态效益的评价等方面加强管理,才能实现每项措施反馈最优和输出最优. 有害生物系统控制综合了有害生物综合治理(IPM)和生态治理(EPM)的基本观点和方法,但又有别于有害生物的综合治理和生态治理,它更强调的是

系统的思想、系统分析的方法和管理对系统控制的重要作用，把有害生物治理当作一项系统工程，并作为整个农田生态系统管理的一个组成部分. 有害生物系统控制策略虽然并不成熟完善，但需要人们给予更多的关注和在实践中发展.

3.4.2 有害生物系统控制的外延

外延是指一个概念所概括的思维对象在时间、空间和概念上的延伸. 就时间来看，植物和有害生物具有随时间表现出的静态和动态特征，静态反映了时间的阶段性，例如春、夏、秋、冬气候条件，特定时间作物的发育阶段和害虫发生的世代或虫态；动态反映了时间的连续性或不可逆性，例如环境条件的变化，农田生物群落的演替，作物的生长发育过程，害虫的数量变动和在空间上的收缩或扩张等. 因此有害生物系统控制也反映了时间的静态和动态特点，前者要求系统控制充分考虑不同时间的环境因素，作物的发育阶段和有害生物种群结构、数量多少，为害程度等；后者要求系统控制无论在策略还是措施上做到因时制宜，而不是一成不变. 就空间或其范围来看，有害生物系统控制的地域范围涉及不同的层面，它可以是一块农田、一个果园或一片林地的某一种或几种有害生物的管理，也可以是一个地区、一个县、一个省甚至整个国家对所有不同种植作物、不同种类有害生物的管理，这是作物种植者和不同层次植保部门或组织分别承担的职责. 有害生物系统控制不仅受地域气候、生物区系等的影响，而且也受到地域经济、社会、文化等方面的制约，从而使有害生物控制的规划、设计、研制、运行、更新等方面都有所不同. 在概念的延伸方面内容很多，系统控制不仅要维护植物健康的安全，也要考虑植物产品及生态环境的安全；不仅关注当前效益，更要关注长远效益. 遵循生物学、生态学和经济学规律，保障系统平衡及发展的可持续性.

4 植物有害生物系统控制的实践问题

4.1 用系统分析的方法实施系统控制

系统分析是从系统的观点出发，始终着眼于构成要素之间、整体与部分之间以及整体与外部环境之间的相互关系，综合地、定量地考察研究对象，以达到最佳决策的一种方法和工具. 自 WattKEF 发表《生态学中系统分析》论文集以来[26]，系统分析方法在生态学研究领域受到了广泛重视，尤其是在生态学应用中的一个重要分支——植物有害生物治理上，由于系统分析方法的引入和推动，由单一的防治发展为综合防治，并推进到对植物有害生物进行科学管理这一崭新领域.

系统分析主要包含以下步骤：确立目标、收集资料、提出方案、建立模型、系统优化和系统评价. 系统分析的显著特点是整体性、综合性和最佳化. 整体性是系统分析的基本出发点，它把整体作为管理和研究的对象，并认为整体的性质和规律存在于各组成要素的相互联系与相互作用中，而不是各组成要素孤立的特征和行为的总和；综合性表现为对任何一个系统的管理和研究都必须从它的成分、结构、功能、联系以及历史发展等方面进行综合系统的考察；最佳化是通过协调整体与部分的关系，使部分的功能和作用服从系统整体的目标和要求，以实现总体最佳. 系统分析方法不仅应用于对整个系统的管理，而且对系统中出现的任何问题也可以通过系统目标分析、系统要素分析、系统环境分析、系统资源分析和系统管理分析，深刻揭示问题的起因，提出有效解决问题的方案和措施.

农田生态系统是一个由众多生物、非生物成分构成的整体. 其生物成分包括栽培作物及其有害生物，以及存在于系统内与之有千丝万缕联系的其他生物和微生物；非生物成分亦即环境包括太阳辐射、温度、湿度以及土壤水分和营养物质等. 在生物种内、种间以及生物和环境之间存在着十分复杂的联系. 有害生物系统控制是农田生态系统管理的一个组成部分，按照系统分析的步骤，在确立管理目标时不应当仅仅是针对有害生物本身，而是以维护植物健康获得优质、高产、低成本为最终目的；系统分析需要收集的资料包括对作物、有害生物及其天敌的田间实时监测资料、历史资料以及有关的生物学、生态学信息，此外还包括对环境的监测资料，例如土壤水分、土壤营养物质、田间温湿度、降水量、蒸发量、积温以及区域范围内的气象预报等；在分析相关资料的基础上提出可供选择的多种方案，方案的主要对象是栽培植物和有害生

物及其天敌,方案的措施包括管理措施、技术措施以及需要的资金、设备及物资等;应用数学模型模拟系统状态和系统行为是系统分析的显著特点,用于有害生物系统控制上的模型主要有栽培植物的生长模型、有害生物及其天敌的发生动态模型及预测模型,作物受害损失与经济阈值模型、对策及管理模型等.根据需要和掌握的信息和知识,数学模型的形式可以是统计的、判别或离析的、分量的等;系统优化主要是在遵循约束条件的情况下,通过模型推演、模拟和实地考察,把外部条件与内部条件、当前利益与长远利益、局部利益与整体利益结合起来,选择最适合的方案,维持系统的良性循环;最后是效果评价,即分析方案中每项管理措施和技术措施对系统的影响,系统的反馈作用以及最终获得的经济效益、社会效益和生态效益,为改进或更新系统管理提供依据.

4.2　把握实施系统控制的关键

4.2.1　加深对系统控制的认识和理解

有害生物系统控制是在综合防治、生态控制等策略的基础上提出的一种崭新的有害生物治理策略,实施这一策略的关键是加深对系统、系统控制理论的认识和理解.首先,这一策略的指导思想是以农田生态系统为对象,以维护作物健康为核心,有害生物治理仅仅是维护植物健康的一项措施,属于农田生态系统管理的一个组成部分.其次,它强调管理的重要性,任何一项技术,无论是有关作物栽培的还是有害生物防治的都离不开事先计划、资金投入、人力组织、物资准备、设备使用等管理范畴的措施.第三,它是应用系统分析的方法,综合地、定量地考察整体与部分之间以及整体与外部环境之间的相互关系,以达到决策最佳、系统优化的目的.有害生物系统控制策略与综合防治策略一样,一定会在不断实践和发展的过程中,逐渐获得人们的认可.

4.2.2　着眼于系统,推进有害生物系统控制大数据平台建设

大数据已被确定为国家重大战略,信息资料是进行大数据平台建设的基础和依据.有害生物系统控制的信息资料主要包含:农田生态系统内各种生物的信息,如栽培植物、有害生物及其天敌的主要种类、生物生态学特性、发生发展规律,生物种内、种间关系等;系统内各环境要素的信息,如地形、地貌,农田小气候、耕作制度、栽培条件、土壤条件、灌溉条件等;系统输入和输入的信息,如施肥、灌水、除草、耕作、修剪等栽培措施,使用药剂、释放天敌、诱集害虫等防治有害生物的措施以及这些措施涉及的物资储备、市场供销等.信息资料的来源除了从历史资料和相关知识中获得外,还应特别强调深入细致的调查研究和对作物、有害生物、天敌以及环境的田间实时监测.收集、整理、计算、分析有关信息资料涉及范围广,工作量大,但借助于计算机数据库、人工智能技术及其信息处理系统,这些问题可以得到圆满解决[27-28].

4.2.3　科学合理运用多种技术

对有害生物的系统控制仍然要求集成和科学合理使用多种技术或措施,所谓科学合理包括以下几个观点或原则:(1)分清措施和目的是两个不同的概念,使用任何技术措施的目的,都是为了维护植物健康,保证植物高产、优质和低成本,从而获得较高的经济效益、社会效益和生态效益;(2)各项措施之间尤其是化学防治和生物防治之间协调配合,互不矛盾;(3)坚持因地制宜、因时制宜的原则;(4)明确措施的科学依据,特别是田间实时监测、预测预报等提供的依据;(5)遵守系统的约束条件,例如经济阈值、投入和产出比、环境污染和农药残留、社会效应和生态效应等.

4.3　着力构建有害生物系统控制的管理体系

有害生物系统控制的本质是对整个农田生态系统以及作物生长系统、有害生物系统、天敌系统、环境系统等的管理.建立科学合理的、适应系统需求的管理体系是有害生物系统控制与有害生物综合治理的重要差别.

正确的系统控制方案需要完备的技术体系来支持,但是,如何施行这些技术措施,使其准确、及时、有效地发挥作用,却必须应用管理的手段和方法,例如实施这些措施的计划、宣传动员、人力资源、资金筹措、物质准备、设备购置、技术咨询、效果评价等都属于管理的范畴.我国农业生产的集约化程度还较低,

有害生物系统控制在一个相当长的时期，将面对的是具有不同知识、文化和素质背景的种植者，因此建立完整的管理体系、组织体系甚至采用必要的行政手段是必须的. 在有害生物治理实践中我们深刻体会到，有不少防治措施和技术对控制有害生物都是成熟而有效的，但实施起来总是措施不到位，执行不彻底，效果不理想，究其原因还是管理问题.

构建自上而下的植物医学管理体系是实现有害生物系统控制的重要举措. 我国各级植保行政机构主要是政策性和技术指导性的，但要实现植物健康维护和有害生物的系统控制就需要针对每一种作物的关键影响因子，实现“保健-预警-系统控制”的一体化运行和操作，这仅仅靠农业行政主管部门是不够的，就像人体医学，需要有卫生管理部门进行行政管理，但更需要不同层级的各类医院来落实具体对象、具体病因的诊治，需要疾病预防控制中心，也需要健康检查和保健指导机构. 比较而言，植物的健康维护和有害生物系统控制的管理与实施体系还是十分薄弱的.

5 展望

有害生物的系统控制是以维护植物健康为核心的植物医学中的一个重要研究领域，它涉及面很广，病、虫、草、鼠等有害生物为害仅仅是影响植物健康的一个因素，而来自作物本身的遗传性、抗逆性等，环境因素中的大气候、田间小气候、土壤营养、微量元素、微生物圈等，人为因素中的施肥、灌水、耕作等，也都会对植物健康带来不利影响. 维护植物健康面对的是复杂的农田生态系统，需要从多方面分析影响植物健康的原因和机理，区分主要矛盾和次要矛盾，抓住事物的本质，用科学的理念和有效的管理指导植物医学的研究和实践. 目前有害生物治理的基础研究处于两个极端：一个极端是过分注重微观上分子生物学的研究，把靶点、功能基因等当作研究的核心；另一个极端是过分注重宏观的生物生态学的研究，以为掌握了生物生态学特性就能解决有害生物为害的问题. 我们认为，对有害生物系统控制的研究当前应该特别关注以下 3 个方面：一是把微观和宏观的研究有机地结合起来，借助系统分析的方法来解析植物有害生物发生、流行的原因和机理；二是借助于系统控制技术来制定对有害生物的调控方案，实现系统的稳定性和对环境的适应性；三是迅速建立起以大数据平台为核心的，集信息、技术、物资、实施、管理五位一体的组织管理体系；四是要以植物医学和植物健康管理的观念来指导有害生物系统控制的实践，建立自上而下的植物医院平台，信息及数据终端服务平台，发挥植物医生作用，并通过政府管理职能的发挥和调控来实现植物健康、植物产品安全、生态环境安全. 有害生物系统控制策略尚需要实践的检验，它的完全实施还有一段艰难的路程要走，但是它对于丰富植物医学理论，推进植物医学事业的发展具有十分重要的意义.

参考文献：

[1] National Academies of Science, Engineering and Medicine. Science Breakthroughs to Advance Food and Agricultural Research by 2030[M]. Washington, DC: National Academies Press, 2019. DOI: 10.17226/25059.

[2] WASHINGTONDC. Plant-Disease Development and Control[M]. Washington, DC: NationalAcademy of Sciences, 1968.

[3] VANDER PLANK J E. Plant Diseases[M].NEW YORK: Academic PressInc, 1963.

[4] 深谷昌次，桐谷圭治. 综合防治[M]. 忻介六，梁来荣译. 上海：上海科学技术出版社，1980.

[5] PICKETT A D. A Critique on Insect Chemical Control Methods [J]. The Canadian Entomologist, 1949, 81(3): 67-76.

[6] 杨 伟，周祖基，黄 琼，等. 浅议有害生物可持续控制策略 [J]. 四川林业科技，2004，25(4)：22-28.

[7] STERN V M. The Integrated Control Concept[J]. Hilgadia, 1959, 29: 81-101.

[8] 张福山. 植物保护对中国粮食生产安全影响的研究 [D]. 福州：福建农林大学，2007.

[9] 尤子平，张孝羲. 美国有害生物综合治理(IPM)的现状 [J]. 世界农业，1983(2)：16-19.

[10] SMITH R F, APPLE J L, BOTTRELL D G. The Origins of Integrated Pest Management Concepts for Agricultural Crops[M]//Integrated Pest Management.Boston, MA: Springer US, 1976: 1-16. DOI: 10.1007/978-1-4615-7269-5_1.

[11] 佘 刚. 第二次全国农作物病虫害综合防治学术讨论会在蓉召开 [J]. 四川农业科技，1987(1)：44.

[12] 张宗炳. 全部种群治理(TPM)———一种害虫防治的新策略[J]. 昆虫知识，1985(3)：44-46.

[13] TSHERNYSHEV W B. Ecological Pest Management (EPM): General Approaches [J]. Journal of Applied Entomology, 1995, 119(1-5): 379-381.

[14] 赵志模，周新远.生态学引论[M]. 重庆：科学技术文献出版社重庆分社，1984
[15] 梁宝忠.农业部全面部署农作物病虫害绿色防控工作[J]. 农业技术与装备，2012(22)：82-83.
[16] 肖永清. 绿色植保的生物防治技术 [J]. 河北果树，2019(2)：49-51.
[17] 赵中华，尹　哲，杨普云. 农作物病虫害绿色防控技术应用概况 [J]. 植物保护，2011，37(3)：29-32.
[18] 丁　伟，关博谦，谢会川. 烟草药剂保护[M]. 北京：中国农业科学技术出版社，2007.
[19] BERTALANFFYV. 一般系统论[M]. 林康义译. 北京：社会科学文献出版社，1987.
[20] 管致和. 植物医学导论[M]. 北京：北京农业大学出版社，1996.
[21] 维纳. 控制论：或关于在动物和机器中控制和通信的科学[M]. 北京:北京大学出版社，2007.
[22] 丁　伟. 有害生物的系统控制 [J]. 植物医生，2007，20(5)：4-6.
[23] 赵驯洪. 线性离散时滞大系统最优控制的灵敏度参数法研究 [D].青岛：中国海洋大学，2004.
[24] 陈芳启，徐永武，徐玉芳，等. 系统分析法在害虫防治理论上的应用研究 [J]. 山东农业大学学报，1994，25(4)：413-418.
[25] 汪海粟，曾维新. 中国国防领域自主创新及其专利战略优化[J].福建论坛，2019(9)：124-131.
[26] WATT K E F. Systems Analysis in Ecology[M]. New York：AcademicPress，1966.
[27] 张　野，张跃进."互联网＋植物医生"的理论与实践[J]. 植物医生，2019，32(3)：7-10.
[28] 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.

Systematic Control of Plant Diseases —A New Concept of Phytomedicine

DING Wei，　ZHAO Zhi-mo

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

Abstract：Diseases in plant medicine generally refer to all abnormal life activities that are caused by biological factors (pests，pathogens，weeds，rodents and other harmful organisms)，abiotic factors (water，light，temperature，nutrition，pesticides and other environmental stresses) and the decline of self immunity and affect the health of plants. The control of plant pests is a systematic project and，therefore，it is difficult to achieve the ideal results with a single measure or technology，and it is difficult to achieve the overall effect only by the work at the technical level. This paper analyzes various measures and different strategies of plant pest management and，combining them with historical experience and the development trend of science and technology，proposes a new concept of plant health control and pest management-systematic control of plant diseases (SCPD). SCPD is the technical system and management system of pest control-which is guided by the principles of systematology and cybernetics，takes the farmland ecosystem as the object and plant health as the core and aims at maintaining the normal operation and virtuous cycle of the system and giving full play to the system functions. It is a systematic project to be considered and implemented from the overall dimensions of resource utilization，operation efficiency，system flexibility and sustainability. Not only does the formation of the concept of systematic control result from the need of theoretical innovation and production practice of plant health maintenance，it also reflects the inevitable trend of the sustainable development of plant pest control. Thus it should be of great significance to the enrichment of the theory of phytomedicine and the promotion of its development.

Key words：plant disease；systematic control；plant health；phytomedicine

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2019.06.002

我国烟草青枯菌的种下多样性及统一用名问题商榷①

刘 颖, 谭万忠, 丁 伟

西南大学植物保护学院,重庆 400715

摘 要:烟草青枯病在我国许多烟区普遍发生,17 个主要烟草种植区中有 14 个发生了青枯病,近年来,该病的危害范围有逐渐向北和冷凉地区扩展蔓延之势,造成了严重的经济损失.在传统分类中烟草青枯菌属于生理小种 1 号;在生化变种及演化型分类中,我国大多数烟草菌株为生化变种 3(但也有部分为生化变种 4),演化型 I,而美洲的烟草青枯菌则属于生化变种 1,演化型 II;烟草青枯菌具有序列变种多样性,美洲菌株可聚类为序列变种 7 和 25 等,中国烟草青枯菌则属于序列变种 13,14,15,17,34,44,54 和 55.学者们基于 DNA-DNA 杂交、基因组、蛋白质组及代谢组等证据提议将青枯菌这一复合种重新划分为 3 个新的种,即 *Ralstonia solanacearum* sp. nov.(原本的演化型 II 菌株),*R. syzygii* sp. nov.(原本的演化型 IV 菌株,包括苏门答腊病的病原及香蕉血液病细菌),*R. pseudosolanacearum* sp. nov.(原本的演化型 I 和演化型 III 菌株).基于此,美洲烟草青枯菌菌株为 *R. solanacearum*,而我国的烟草青枯菌菌株为 *R. pseudosolanacearum*,建议将我国烟草青枯病菌的中文名称为:假茄科雷尔氏菌.

关键词:烟草青枯菌;分类地位;种下多样性;新分类及命名

中图分类号:S435.72 **文献标志码**:A **文章编号**:1007-1067(2019)06-0012-06

烟草青枯病(tobacco bacterial wilt)最早于 1880 年在美国北卡罗莱纳州格兰维尔被发现,故又称为格兰维尔青枯病(granville bacterial wilt),其病原青枯菌,具有复杂的多样性,美国科学家 Buddenhagen 曾如此评价青枯菌:“有如此之多的青枯病,和如此之多的青枯菌”.在我国,烟草青枯病在许多烟区普遍发生,17 个主要烟草种植区中有 14 个发生了青枯病,经济损失严重.近年来,由于种植区域的地理、气候、环境等诸多方面的原因,该病的危害范围有逐渐向北和冷凉地区扩展蔓延之势.本文主要对烟草青枯菌的分类及多样性进行全面总结,旨在为今后深入地研究烟草青枯病提供基础支撑.

1 青枯菌的命名历程

烟草青枯病菌的属名在分类学进展历程中曾经有过几次变更.19 世纪末期在烟草、马铃薯和番茄上发现萎蔫型病害,当时以“粘液病”(slime disease)来称呼其病原;植物病理学家 Erwin Frink Smith 在 1896 年首次对青枯菌进行了正规的鉴定描述,并将其命名为 *Bacillus solanacearum*,属芽孢杆菌属[1];1914 年,Smith 又将病原菌属名改为假单孢杆菌属,更名为 *Pseudomonas solanacearum*(Smith 1896) Smith 1914,该命名于 1980 年首次以青枯菌的学名被《Approved Lists of Bacterial Names》正式收录[2];之后日本细菌

① 收稿日期:2019-11-05
基金项目:国家烟草专卖局重大专项(110201601025LS-05;110201901042LS-5)
作者简介:刘 颖(1991—),女,博士研究生,主要从事青枯雷尔氏菌适应不同因子胁迫的机制及其调控效应的相关研究.E-mail:lyying1201@163.com
通信作者:丁 伟(1966—),男,教授,主要从事天然产物农药、植物与有害生物互作研究.E-mail:dingw@swu.edu.cn

分类学家 Yabuuchi 等于 1992 年再次对其进行了修改，他们综合了该病原菌表型特征、细胞脂类和脂肪酸的组成、RNA 和 DNA 同源性测定以及 16S rRNA 序列测定等结果，建议将 7 个种(包括青枯菌)从假单胞菌属中划分出来，建立伯克氏菌属(*Burkholderia*)，青枯菌被命名为 *Burkholderia solanacearum* (Smith 1896) Yabuuchi et al. 1992 [3]；几年后，Yabuuchi 又通过进一步研究，发现 *B. solanacearum* 与伯克氏菌属的其他种特征不符，而更接近于引起丁香(*Syzygium aromaticum*)苏门答腊病(Sumatra disease)和香蕉血液病(Blood Disease Bacterium，BDB)的植物病原细菌雷尔氏菌属 *Ralstonia*，建议把 *B. solanacearum* 归入到雷尔氏菌属(*Ralstonia*)中，以此确定青枯菌的学名为 *Ralstonia solanacearum* (Smith 1896) Yabuuchi et al. 1996 [4]，并受到国际细菌学杂志《International Journal of Systematic Bacteriology》和学术届的认可. 该命名一直沿用至今.

基于以上背景可知，植物青枯菌属原核生物界(Procaryotae)、变形菌门(Proteobacteria)、β-变形菌纲(Betaproteobacteria)、伯克氏菌目(Burkholderiales)、伯克氏菌科(Burkholderiaceae)、雷尔氏菌属(*Ralstonia*)，学名 *Ralstonia solanacearum*.

2　烟草青枯菌的种下多样性

目前国内外公认的用于青枯菌种下分类的方法有 3 种，包括根据寄主范围、生理生化特性进行分类的生理小种(Race)和生化变种(Biovar)，以及基于分子特性的演化型分类框架(Phylotype classification shemes).

2.1　青枯菌的生理小种(Race)分化

青枯菌具有非常广泛的寄主范围，据报道，有 54 个科超过 250 余种植物能被该菌侵染致病，而菌株间对不同寄主的致病性存在明显差异，具有寄主专化性. 生理小种(Race)就是依据菌株对不同种类植物的致病性差异来划分的. 需要指出，这里的生理小种并非植物病理学中的一般概念的生理小种，其实质相当于形式种(forma species)或者致病变种(pathovar)等分类阶元级别.

1962 年，Buddenhagen 等首先提出依据在不同寄主上的致病力差异这一特性将青枯菌分为 3 个小种. 其中，1 号生理小种(Race 1)能侵染烟草和其他茄科植物且寄主范围较广，不侵染香蕉类植物，分布于全球不同的地区；2 号生理小种(Race 2)只侵染香蕉、大蕉和海里康等香蕉类植物，不侵染其他植物；3 号生理小种(Race 3)主要侵染马铃薯，偶尔侵染西红柿、茄子，但对烟草致病力很弱[5]. 其后于 1969 年从姜上分离得到 4 号生理小种，该小种对其他植物如西红柿、马铃薯等的致病力很弱[6]. 何礼远先生等于 1983 年发现对桑具有强致病力的青枯菌，将其归为新的 5 号小种，该小种对西红柿、马铃薯、茄子、龙葵和辣椒的致病力很弱，对普通烟、花生、芝麻、蓖麻、甘薯和姜则不致病[7]. 不同的生理小种还可以通过侵润烟叶的反应及对 L-酪氨酸培养基的反应进行区分. 烟草青枯病菌均属于 1 号生理小种[8].

2.2　生化变种(Biovar)分化

生化变种(biovar)，以前也被称为生化型(biotype)，是 1964 年 Hayward 等提出的，主要依据菌株的生理生化反应差异来区分[9]. 基础的生化变种分类是依据菌株对 3 种双糖(麦芽糖、乳糖、纤维二糖)和 3 种己醇(甘露醇、山梨醇、甜醇)的氧化产酸能力来区分的，可分为 5 个生化变种[7, 9]. 除了 5 个主要的生化变种外，还有生化变种 2T，可依据菌株对海藻糖等物质的利用来鉴定[10-11]. 据报道，分离自美国和巴西的烟草青枯菌均属于生化变种 1(biovar 1)，而我国烟草上分离的青枯菌大部分属于生化变种 3 (biovar 3)，还有部分属于生化变种 4 (biovar 4)[12-15]. 由此可知，不同地理区域(美洲、亚洲)的烟草青枯菌属于不同的生化变种.

2.3　演化型(Phylotype)分化

因生理小种和生化变种划分手段并不能有效地解释青枯菌在地理起源上的差异，随着分子生物学的深入研究，学者们发现，从分子水平进行划分能更好地将青枯菌的划分与地理区域密切联系起来.

较早用于分析青枯菌分化的分子生物学手段是限制性片段长度多态性(Restriction Fragment Length Polymorphism，RFLP)，该方法将青枯菌分为 2 个分支，分支 1 包含了属于生化变种 3,4 和 5 的亚洲菌株(Asiaticum)；分支 2 包括属于生化变种 1,2 和 N2 的美洲菌株(Americanum)；后续的 16S rRNA 序列分析、16S-23S rRNA、聚半乳糖醛酸酶及内切葡聚糖酶基因序列的分析均认为青枯菌应分为 3 分支，即亚洲分支、美洲分支以及印度尼西亚分支；此后，Poussier 等于 2000 年依据 hrpB 基因和内切葡聚糖酶基因(*egl*)的部分序列的系统发育分析，确定了非洲分支菌株的存在. 由此，加深了对于青枯雷尔氏菌与地理区域密切相关的遗传分组的认识. 2005 年，Allen 等在此基础上共同提出演化型分类框架(Phylotype classification shemes)用于区分青枯菌，这一新分类体系以 4 种不同水平的分类单元划分青枯雷尔氏菌，包括种(Species)、演化型(Phylotype)、序列变种(Sequevar)以及克隆(Clone)[16].

演化型分类充分体现了青枯菌的种下分化与地理起源的密切关系，依据现有的研究报道，对演化型及其对应的生理小种、生化变种等分组进行整理(表 1)：演化型Ⅰ起源于亚洲(包含生化变种 3,4 和 5)；演化型Ⅱ起源于美洲(包含生化变种 1,2 和 2T)，它又可分为演化型 IIA 和演化型 IIB；演化型Ⅲ是来自非洲及其周边岛国的菌株(含生化型 1 和 2T)；演化型Ⅳ是源自印度尼西亚的菌株及与青枯雷尔氏菌相近的 *R. syzygii* 和 BDB 菌株[17]. 但就现今各个区域的遗传多样性分析来看，各演化型菌株除了在可能的起源地理区域分布外在其他区域也有分布，这可能是受人为传播等因素的影响.

表 1 青枯菌多样性各分类标准

演化型	起源	进化枝*	序列变种(基于 *egl* 基因)#	生化变种	生理小种
I	亚洲	1	13,14,15,17,18 30,31,32,33,34 44,45,46,47,48,54,55	3,4	1
			16	4	4
			12	5	5
IIA	美洲	2	6,24		2
			5,35,36,37,38	1	
			39,41,50,52,53	2	1
IIB	美洲	3	7		
		4	4A,4SFR	1	2
			4NPB,51	1	
		5	1,2	2	3
			3	1	2
		ND	25,26,27 28,54B,55B,56,57	1, 2T, 2	
III	非洲	6	19,20,21,22,23 42,43,44,48,49	1	ND
			29	2T	
IV	印度尼西亚	7	8	2T	ND
			10	BDB	
		8	9a,9b	RSY	
		ND	11	2	

注：* 表示菌株依据明显的进化模式划分的组群[17]；# 表示基于 *egl* 部分序列分析，其中 phylotypeI-54/55 分离自中国烟草，因与同期报道的 phylotype II-54/55 命名重复，故在 phylotype II 的后面加上后缀 B 表示；ND 表示未明确或未进行鉴定.

2.4 烟草青枯菌的演化型及序列变种多样性

青枯菌的 4 个与地理起源有关的演化型又被进一步区分为若干序列变种(Sequence variant，简称 Se-

quevar). 序列变种是指某一个基因中具有一段高度保守序列的菌株群. 青枯菌的序列变种是根据其内切葡聚糖酶基因(endoglucanase gene，*egl*)序列的差异划分的. 从各地区和各种寄主植物上发现的序列变种已有约 60 个，而且这个数量还可能不断增加. 序列变种的划分方法包容性较好，只要以后研究发现新的序列变种都可以加入进来.

烟草青枯菌具有丰富的序列变种多样性. 据报道，美国的烟草青枯菌属于演化型 IIA 序列变种 7 (phylotype IIA-sequevar 7)[12]；巴西的烟草青枯菌属于演化型 IIB 序列变种 25 (phylotype IIB-sequevar 25)[13]. 在中国，烟草青枯菌菌株都属于演化型 I，并进一步分为 8 个序列变种，包含 13，14，15，17，34，44，54 和 55[15,18].

对前期的研究报道进行整理，我国烟草种植的 8 个大生态区中有 7 个发生青枯病，由统计结果看，序列变种在各植烟生态区的分布存在差异(图 1). 由统计结果可知，序列变种 54 仅存在于整体海拔偏高的西南高原生态区、黔桂山地生态区和武陵秦巴生态区，而序列变种 15 则在低海拔的南岭丘陵生态区、武夷丘陵生态区、黄淮平原生态区及沂蒙丘陵生态区广泛流行. 序列变种 14 仅在南岭丘陵生态区和武夷丘陵生态区发现. 整体来看，海拔偏高的植烟区与海拔偏低的植烟区在序列变种分布上存在显著差异，并且南方植烟区比北方植烟区的序列变种多样性更丰富.

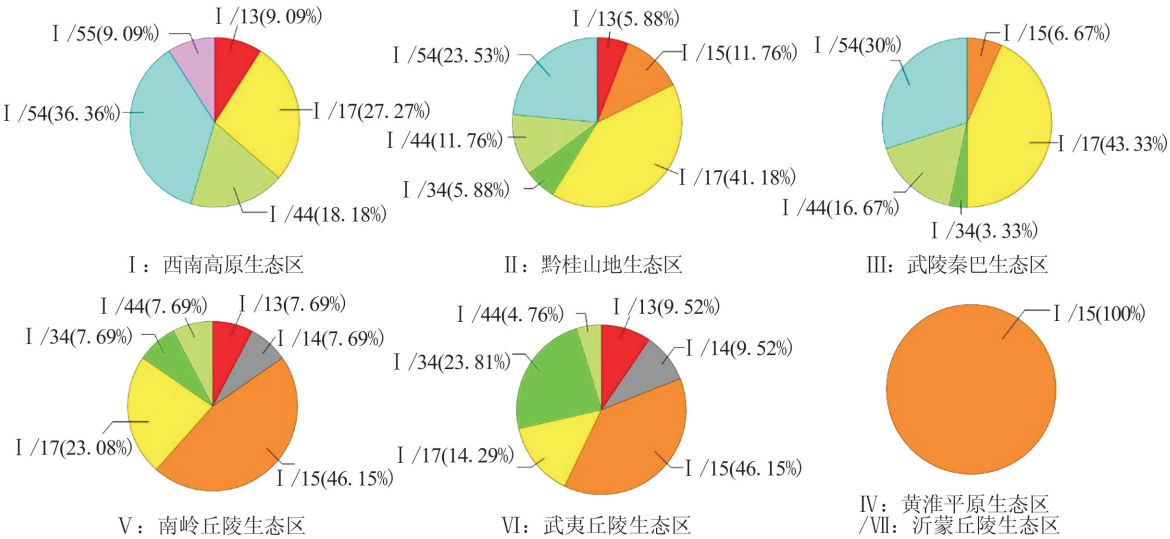


图 1　中国不同植烟生态区青枯菌序列变种统计图

3　我国烟草青枯菌的中文通用名称建议

近来，随着大数据时代的发展，青枯菌基因组及蛋白质组数据越来越多，基于 DNA-DNA 杂交等方法及大数据分析，学者们对青枯菌的分类及命名有了新的思路，为进一步解析青枯菌这一复合种提供了新的理论依据.

利用全基因组分类方法，Remenant 等发现，青枯菌演化型 I (phylotype I，典型代表 GMI 1000)和演化型 III (phylotype III，典型代表 CMR15)的基因组高度一致，*R. syzygii* 和 BDB 菌株的基因组与演化型 IV 更为接近，因此整个青枯菌种被分为主要的 3 大支，即演化型 I 和 III 为 1 个分支，演化型 II 为 1 个分支，演化型 IV 包括 *R. syzygii* 和 BDB 菌株，为第 3 个分支，并提议分别将其作为基因组种(genomic species)重新命名为 *R. sequeirae*，*R. solanacearum* 和 *R. haywardii*. *R. haywardii* 种以下因表型和生活史的差异又可进一步分为 3 个致病变种：*R. haywardii* subspecies *solanacearum*，*R. haywardii* subspecies *celebensis* 和 *R. haywardii* subspecies *syzygii*[19]. 2014 年，Safni 等通过多个区域序列的系统进化及 DNA-

DNA 杂交等方法进一步证实青枯菌这一复合种应该被分为 3 个基因种(genospecies)，但在命名上与 Remenant 等的论文有些出入：他们认为原本的演化型 II 菌株保留命名 *R. solanacearum*；演化型 IV 菌株命名为 *R. syzygii*，同样的，依据表型的差异进一步分为 3 个亚种，分别为 *R. syzygii* subsp. *syzygii* subsp. nov.(引起丁香苏门答腊病的病原)、*R. syzygii* subsp. *indonesiensis* subsp. nov.和 *R. syzygii* subsp. *celebesensis* subsp. nov.(BDB 菌株)；而原本的演化型 I 和演化型 III 则作为 *R. pseudosolanacearum* sp. nov.[20]. Prior 等又在 2016 年提供了蛋白质组学和代谢组学的证据，结合之前的 DNA-DNA 杂交实验的结果，进一步确定青枯菌这一复合种应被分为 3 个独立的种[21]，分类及命名同 Safni 等的报道. 新的分类与命名已经被越来越多的学者们接受和认可.

综合以上依据，烟草青枯菌，在传统分类中属于生理小种 1 号，我国的菌株大多数为生化变种 3(但也有部分为生化变种 4)，同时作为演化型 I 菌株，在新的分类中属于 *R. pseudosolanacearum*，另外，依据 *egl* 部分序列的系统发育分析可进一步分为 8 个序列变种(sequevar13,14,15,17,34,44,54 和 55). 基于学者们提供的基因组、蛋白质组及代谢组等证据，建议今后在研究我国烟草青枯菌时种名使用 *Ralstonia pseudosolanacearum*，中文通用名称为假茄科雷尔氏菌，以达到表述的统一性和规范性.

参考文献：

[1] SMITH E F. A Bacterial Disease of Tomato, Pepper, Eggplant and Irish Potato (*Bacillus solanacearum* nov. sp.)[J]. US Dep Agric Div Vegetable Physiol Pathol Bull, 1896, 12: 1-28.

[2] SKERMAN V B D, SNEATH P H A, MCGOWAN V. Approved Lists of Bacterial Names [J]. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 1980, 30(1): 225-420.

[3] YABUUCHI E, KOSAKO Y, OYAIZU H, et al. Proposal of *Burkholderia* gen. Nov. and Transfer of Seven Species of the Genus *Pseudomonas* Homology Group II to the New Genus, with the Type Species *Burkholderia cepacia* (Palleroni and Holmes 1981) Comb. Nov.[J]. Microbiology and Immunology, 1992, 36(12): 1251-1275.

[4] YABUUCHI E, KOSAKO Y, YANO I, et al. Transfer of Two Burkholderia and an *Alcaligenes* Species to *Ralstonia* Gen. Nov. : Proposal of *Ralstonia pickettii* (Ralston, Palleroni and Doudoroff 1973) comb. Nov. , *Ralstonia solanacearum* (Smith 1896) Comb. Nov. nd *Ralstonia eutropha* (Davis 1969) Comb. Nov. [J]. Microbiology and Immunology, 1995, 39(11): 897-904.

[5] BUDDENHAGEN IW, SEQUEIRA L, KELMAN A. Designation of Races in *Pseudomonas solanacearum*[J]. Phytopathology, 1962, 52(8): 726.

[6] PEGGK G, MOFFETTML. Host Range of the Ginger Strain of *Pseudomonas solanacearum* in Queensland[J]. Australian Journal of Experimental Agriculture, 1971, 11(53): 696-698. DOI: 10.1071/ea9710696.

[7] HE L Y. Characteristics of Strains of *Pseudomonas solanacearum* from China[J]. Plant Disease, 1983, 67(12): 1357.

[8] 周训军，王 静，杨玉文，等. 烟草青枯病研究进展 [J]. 微生物学通报，2012，39(10)：1479-1486.

[9] HAYWARD A C. Characteristics of *Pseudomonas solanacearum*[J]. Journal of Applied Bacteriology, 1964, 27(2): 265-277.

[10] JANSE J D. Potato Brown Rot in Western Europe-History, Present Occurrence and some Remarks on Possible Origin, Epidemiology and Control Strategies [J]. EPPO Bulletin, 1996, 26(3-4): 679-695.

[11] SAGAR V, JEEVALATHA A, MIAN S, et al. Potato Bacterial Wilt in India Caused by Strains of Phylotype I, II and IV of *Ralstonia solanacearum*[J]. European Journal of Plant Pathology, 2014, 138(1): 51-65.

[12] HONG J C, NORMAN D J, REED D L, et al. Diversity Among *Ralstonia solanacearum* Strains Isolated from the Southeastern United States [J]. Phytopathology, 2012, 102(10): 924-936.

[13] RODRIGUES L M R, DESTEFANO S A L, SILVA M J D, et al. Characterization of *Ralstonia solanacearum* Strains from Brazil Using Molecular Methods and Pathogenicity Tests.[J]. Journal of Plant Pathology, 2012, 94(3): 505-516. DOI: 10.4454/JPP.FA.2012.052.

[14] XU J, PAN Z C, PRIOR P, et al. Genetic Diversity of *Ralstonia solanacearum* Strains from China[J]. European Journal of Plant Pathology, 2009, 125(4): 641-653. DOI: 10.1007/s10658-009-9512-5.

[15] LI Y Y, FENG J, LIU H L, et al. Genetic Diversity and Pathogenicity of *Ralstonia solanacearum* Causing Tobacco Bacterial Wilt in China [J]. Plant Disease, 2016, 100(7): 1288-1296.

[16] ALLEN C, PRIOR P, HAYWARD A C. Bacterial Wilt Disease and the *Ralstonia solanacearum* Species Complex[M]. StPaul, MN: American Phytopathological Society Press, 2005: 449-461.

[17] WICKER E, LEFEUVRE P, DE CAMBIAIREJ C, et al. Contrasting Recombination Patterns and Demographic Histories of the Plant Pathogen *Ralstonia solanacearum* Inferred from MLSA [J]. The ISME Journal, 2012, 6(5): 961-974.
[18] 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.
[19] REMENANT B, DE CAMBIAIRE J C, CELLIER G, et al. *Ralstonia syzygii*, the Blood Disease Bacterium and some Asian *R. solanacearum* Strains Form a Single Genomic Species Despite Divergent Lifestyle [J]. PloSOne, 2011, 6(9): e24356. DOI: 10.1371/journal.pone.0024356.
[20] SAFNI I, CLEENWERCK I, DE VOS P, et al. Polyphasic Taxonomic Revision of the *Ralstonia solanacearum* Species Complex: Proposal to Emend the Descriptions of *Ralstonia solanacearum* and *Ralstonia syzygii* and Reclassify Current *R. syzygii* Strains as *Ralstonia syzygii* Subsp. *syzygii* Subsp. Nov., *R. solanacearum* Phylotype IV Strains as *Ralstonia syzygii* Subsp. Indonesiensis Subsp. Nov., Banana Blood Disease Bacterium Strains as *Ralstonia syzygii* Subsp. *Celebesensis* Subsp. Nov. and *R. solanacearum* Phylotype I and III Strains as *Ralstonia pseudosolanacearum* sp. Nov.[J]. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 2014, 64(Pt 9): 3087-3103.
[21] PRIOR P, AILLOUD F, DALSING B L, et al. Genomic and Proteomic Evidence Supporting the Division of the Plant Pathogen *Ralstonia solanacearum* into Three Species [J]. BMC Genomics, 2016, 17: 90.

The Sequevar Diversity of Tobacco Bacterial Wilt Pathogen in China and Recommendation of the Standardized Nomenclature for It

LIU Ying, TAN Wan-zhong, DING Wei
School of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: Tobacco bacterial wilt occurs widely in tobacco-growing areas in China, in 14 of the 17 tobacco-growing provinces. In recent years, the disease has been spreading from the warm lowlands to the cool highlands or the north areas of China, resulting in great economic losses. Traditionally, the pathogen of Chinese tobacco bacterial wilt (*Ralstonia solanacearum* species complex) belongs to Race 1, Biovar 3 (some are Biovar 4), Phylotype I, in taxonomy, while the pathogen of American and Brazilian tobacco bacterial wilt belongs to Race 1, Biovar 1, Phylotype II. This pathogen has sequevar diversity: American strains can be clustered into Sequevars 7 and 25, but Chinese strains belong to Sequevars 13,14,15,17,34, 44,54 and 55. Based on the evidences obtained in DNA-DNA hybridization, genomic comparison, proteomic analysis and metabolic characterization, *R. solanacearum* species complex is reclassified into three new species: *R. solanacearum* sp. nov. (containing the original Phylotype II strains), *R. syzygii* sp. nov. (including the original Phylotype IV strains, the pathogen of Sumatran disease and Banana Blood Disease Bacteria), and *R. pseudosolanacearum* sp. nov. (containing the original Phylotypes I and III strains). According to the new classification, the pathogen of tobacco bacterial wilt from Americas is *R. solanacearum*, and the strain of Chinese tobacco bacterial wilt is *R. pseudosolanacearum*. Therefore, the authors of this paper recommend that the strain of Chinese tobacco bacterial wilt be re-named *R. pseudosolanacearum*-假茄科雷尔氏菌 in Chinese.

Key words: tobacco bacterial wilt (*Ralstonia solanacearum* species complex); taxonomic status; sequevar diversity; new classification and nomenclature

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2019.06.003

10 种杀菌剂及其复配剂对小麦纹枯病菌的室内毒力①

段学兰[1,2], 秦庆连[1], 宋春霖[1], 赵彦翔[1], 黄金光[1]

1. 青岛农业大学植物医学学院/山东省植物病虫害综合防控重点实验室, 山东 青岛 266109;
2. 中国农业大学植物保护学院/农业生物技术国家重点实验室和农业部植物病理重点实验室, 北京 100193

摘 要: 小麦纹枯病是由禾谷丝核菌(*Rhizoctonia cerealis*)引起的冬小麦种植区的一种重要土传真菌病害. 为筛选防治小麦纹枯病的高效低毒杀菌剂, 缓解和治理生产中病原菌对药剂的抗性, 在室内离体条件下采用菌丝生长速率法测定了 10 种杀菌剂(原药)对禾谷丝核菌的毒力. 结果表明: 98%戊唑醇原粉、95%氟环唑原粉、96%烯唑醇原粉、96%三唑醇原粉、97%吡唑醚菌酯原粉、95%丙环唑原油的 EC_{50} 分别为 0.115, 0.158, 0.237, 0.432, 0.652 和 1.426 mg/L, 表明小麦纹枯病菌对上述杀菌剂比较敏感; 95%苯菌灵原粉、97%咪鲜胺原油和 98%噻菌灵原粉的 EC_{50} 分别为 8.034, 9.225 和 14.894 mg/L, 病菌对药剂的敏感程度相对较低; 97.56%甲基硫菌灵原粉的 EC_{50} 为 587.362 mg/L, 抑菌活性较差. 将不同作用机理的杀菌剂吡唑醚菌酯分别与烯唑醇、三唑醇、噻菌灵和甲基硫菌灵按照有效成分1∶1的比例复配, 联合毒力测定和评价结果表明, 上述复配药剂对抑制小麦纹枯病菌具有明显增效作用.

关键词: 禾谷丝核菌; 小麦纹枯病; 杀菌剂; 毒力测定; 复配

中图分类号: S432.4+2 **文献标志码**: A **文章编号**: 1007-1067(2019)06-0018-06

小麦纹枯病(wheat sharp eyespot)又称小麦尖眼点病, 是一种分布范围甚广的世界性病害. 近年来, 由于水肥条件改善、种植密度增加及品种更换, 小麦纹枯病在长江中下游地区和黄淮平原麦区逐年加重, 成为小麦生产上的主要病害之一[1]. 受小麦纹枯病的影响, 一般田块减产 10%左右, 严重田块减产可达 20%~40%, 已严重威胁小麦的高产稳产[2-5]. 目前, 尽管已获得稳定的小麦纹枯病抗病资源, 但抗病品种较少[6-7], 生产中主要依靠三唑酮、苯醚甲环唑和戊唑醇种子处理结合春季喷雾来进行化学防治[8].

2017—2018 年, 经过实地调查, 发现山东省青岛市、潍坊市小麦纹枯病发生较为严重, 部分调查田块发病率达到 100%. 在明确了其病原菌的基础上[9], 为找出防治小麦纹枯病更有效的药剂, 减少病原菌抗药性的产生, 针对不同作用靶标的药剂, 笔者进行了几种杀菌剂及其复配剂对小麦纹枯病菌的室内毒力测定试验, 为筛选防治小麦纹枯病的高效低毒杀菌剂配方提供依据.

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试菌株: 2017 年 3 月在青岛平度、胶州、即墨、莱西等地区采集小麦纹枯病标本, 带回实验室内进行病原菌的分离纯化, 在 PDA 斜面上于 4 ℃冰箱中保存备用. 经鉴定, 该病菌为禾谷丝核菌(*Rhizoctonia*

① 收稿日期: 2019-08-26
基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD0201705); 国家自然科学基金(31471735; 31871916).
作者简介: 段学兰, 硕士研究生, 主要从事分子植物病理学研究. E-mail: 1415666418@qq.com
通信作者: 黄金光(1973-), 男, 教授, 主要从事分子植物病理学研究. E-mail: jghuang@qau.edu.cn

cerealis)CAG-1(AG-D)融合群.

培养基：马铃薯葡萄糖琼脂(potato dextrose agar，PDA)培养基. 马铃薯 200 g、葡萄糖 20 g、琼脂粉 15 g、蒸馏水 1 L.

供试药剂及试剂：98%戊唑醇(tebuconazole)原粉、96%烯唑醇(diniconazole)原粉、95%氟环唑(epoxiconazole)原粉、96%三唑醇(triadimenol)原粉、95%丙环唑(propiconazole)原油、97%咪鲜胺(prochloraz)原油、97%吡唑醚菌酯(pyraclostrobin)原粉、95%苯菌灵(benomyl)原粉、98%噻菌灵(thiabendazole)原粉、97.56%甲基硫菌灵(thiophanate-methyl)原粉，以上原药均购买于德国巴斯夫股份有限公司，用有机溶剂二甲基亚砜(DMSO)配制成 1.0×10^4 mg/L 母液. 氨苄青霉素(Amp)贮存液，工作使用质量浓度为 100 μg/mL.

仪器：SW-CJ-2FD 型超净工作台，苏州净化设备有限公司；GXZ-280B 光照培养箱，宁波东南仪器有限公司；LCD CONTROL 高温灭菌锅；移液器.

1.2　试验方法

采用菌丝生长速率法测定禾谷丝核菌对杀菌剂的敏感性. 每种药剂(或吡唑醚菌酯与其他 9 种杀菌剂分别以有效成分 1∶1 比例配制的复配剂)在预试验的前提下无菌操作，将供试药剂分别配成一系列原药药剂浓度的含药 PDA 平板，用打孔器在预培养的菌落边缘的同一圆周上打取直径为6 mm的菌饼，菌丝面朝下接入平板中央，每皿接种一个菌饼. 以不加药剂但含等量溶剂的 PDA 平板为对照，每个处理设 3 次重复. 于 25 ℃培养箱中倒置培养，待对照组的菌落边缘接近皿壁时，采用十字交叉法测量菌落直径，并计算各浓度药剂处理对菌丝生长的抑制率.

菌丝生长抑制率计算公式如下：

$$\text{菌丝生长抑制率}=\frac{\text{对照菌落直径平均数}-\text{处理菌落直径平均数}}{\text{对照菌落直径平均数}-\text{菌饼直径}}\times100\%$$

利用 Excel 和 SPSS 软件处理试验数据，将菌丝生长抑制率换算成概率值(Y)，药剂浓度换算成浓度对数(X)，按浓度对数与概率值线性回归法求出各药剂对供试病菌的毒力回归方程 $Y=aX+b$、致死中浓度(EC_{50})及相关系数. 复配试验以单剂吡唑醚菌酯为标准药剂，根据以下公式计算各单剂的相对毒力指数，复配剂的毒力指数和共毒系数：

①相对毒力指数 TI=(标准药剂 EC_{50} 值 / 供试药剂 EC_{50} 值)×100；

②复配剂的实际毒力指数 ATI=(标准药剂 EC_{50} 值 / 混剂 EC_{50} 值)×100；

③复配剂的理论毒力指数 TTI= 单剂 A 的相对毒力指数 TI×PA + 单剂 B 的相对毒力指数 TI×PB(PA 和 PB 分别为复配剂中各单剂的百分含量)；

④共毒系数 CTC= 复配剂的实际毒力指数 ATI/ 复配剂的理论毒力指数 TTI×100.

根据谭福杰(1986 年)[10]对共毒系数类型的划分标准，增效作用判断的依据是：

CTC≥170 为明显增效；

120≤CTC<170 略有增效；

70≤CTC<120 具有相加作用；

CTC<70 为拮抗作用.

2　结果与分析

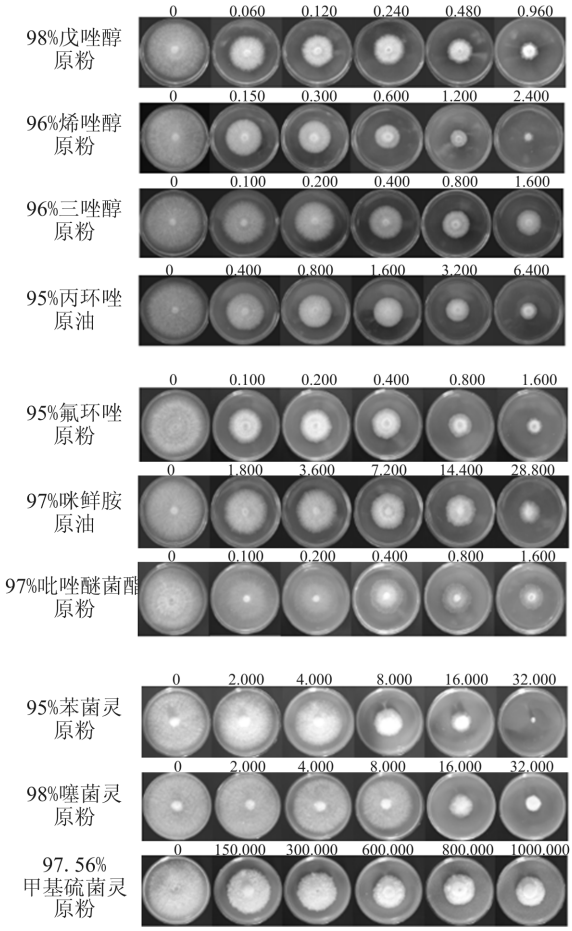
2.1　禾谷丝核菌菌株对单剂药剂的敏感性

根据菌丝生长速率法测定的 EC_{50} 结果表明，98%戊唑醇原粉、95%氟环唑原粉、96%烯唑醇原粉、

96%三唑醇原粉、97%吡唑醚菌酯原粉、95%丙环唑原油的 EC_{50} 分别为 0.115,0.158,0.237,0.432,0.652 和 1.426 mg/L，对青岛地区的小麦纹枯病菌具有较强的抑制活性，其中 98%戊唑醇原粉 EC_{50} 最小，说明其抑菌效果最好；其次是 95%苯菌灵原粉、97%咪鲜胺原油、98%噻菌灵原粉，EC_{50} 分别为 8.034，9.225 和 14.894 mg/L；97.56%甲基硫菌灵原粉的 EC_{50} 为 587.362 mg/L，相比其他 9 种药剂的 EC_{50}，其数值最大，说明其抑菌效果最差(表 1、图 1).

表 1 10 种杀菌剂单剂对禾谷丝核菌的室内毒力

药剂	毒力回归方程	EC_{50}/mg·L^{-1}	相关系数
98%戊唑醇原粉	$Y=0.587X+5.552$	0.115	0.948
95%氟环唑原粉	$Y=0.699X+5.560$	0.158	0.930
96% 烯唑醇原粉	$Y=1.057X+5.661$	0.237	0.986
96%三唑醇原粉	$Y=0.877X+5.320$	0.432	0.967
97%吡唑醚菌酯原粉	$Y=1.184X+5.220$	0.652	0.955
95%丙环唑原油	$Y=0.818X+4.874$	1.426	0.997
95%苯菌灵原粉	$Y=2.445X+2.787$	8.034	0.939
97%咪鲜胺原油	$Y=0.595X+4.426$	9.225	0.905
98%噻菌灵原粉	$Y=2.641X+1.902$	14.894	0.975
97.56%甲基硫菌灵原粉	$Y=0.569X+3.423$	587.362	0.760



注：数字为各原药药剂质量浓度值(mg/L)，图 2 同.

图 1 10 种杀菌剂对禾谷丝核菌的抑菌效果

2.2　禾谷丝核菌菌株对复配剂的敏感性

吡唑醚菌酯分别与烯唑醇、三唑醇、戊唑醇、噻菌灵、甲基硫菌灵、丙环唑、氟环唑、苯菌灵、咪鲜胺以有效成分 1∶1 的比例复配，测定的 EC_{50} 值分别为：0.088，0.198，0.204，0.323，0.365，0.536，0.719，0.802 和 1.305 mg/L. 根据公式计算得到各单剂的相对毒力指数（TI）、复配剂的理论毒力指数（TTI）和实际毒力指数（ATI），最后计算出共毒系数（CTC）（表 2、表 3、图 2）.

根据谭福杰对共毒系数类型的划分标准[10]，由计算出的共毒系数数据可以看出：吡唑醚菌酯与烯唑醇、三唑醇、噻菌灵、甲基硫菌灵以 1∶1 比例复配，对防治小麦纹枯病具有明显增效作用，效果好于各单剂；吡唑醚菌酯与丙环唑、苯菌灵以 1∶1 比例复配，对防治小麦纹枯病均略有增效作用，不同的是，吡唑醚菌酯与丙环唑复配后的 EC_{50} 值均小于两单剂的 EC_{50} 值，而吡唑醚菌酯与苯菌灵复配后的 EC_{50} 值是位于两单剂的 EC_{50} 值之间；吡唑醚菌酯与戊唑醇、咪鲜胺以 1∶1 比例复配，对防治小麦纹枯病均具有相加作用，且两种混剂的 EC_{50} 值均位于单剂的 EC_{50} 值之间；吡唑醚菌酯与氟环唑以 1∶1 比例复配，对防治小麦纹枯病具有拮抗作用，效果差于各单剂.

表 2　吡唑醚菌酯与 9 种杀菌剂 1∶1 复配剂对禾谷丝核菌的室内毒力

药剂	毒力回归方程	EC_{50} / mg·L^{-1}	相关系数
98%戊唑醇原粉	$Y=1.037X+5.716$	0.204	0.951
95%氟环唑原粉	$Y=1.639X+5.235$	0.719	0.991
96%烯唑醇原粉	$Y=1.070X+6.128$	0.088	0.918
96%三唑醇原粉	$Y=1.294X+5.912$	0.198	0.729
95%丙环唑原油	$Y=1.046X+5.283$	0.536	0.994
95%苯菌灵原粉	$Y=1.268X+5.121$	0.802	0.894
97%咪鲜胺原油	$Y=0.746X+4.914$	1.305	0.989
98%噻菌灵原粉	$Y=0.622X+5.305$	0.323	0.709
97.56%甲基硫菌灵原粉	$Y=0.597X+5.261$	0.365	0.838

表 3　吡唑醚菌酯与 9 种杀菌剂 1∶1 复配剂对禾谷丝核菌的毒力指数及增效情况

药剂	单剂相对毒力指数（TI）	复配剂实际毒力指数（ATI）	复配剂理论毒力指数（TTI）	共毒系数（CTC）	增效情况
98%戊唑醇原粉	566.957	319.608	333.479	95.841	相加作用
95%氟环唑原粉	412.658	90.682	256.329	35.377	拮抗作用
96%烯唑醇原粉	275.105	740.909	187.553	395.040	明显增效
96%三唑醇原粉	150.926	329.293	125.463	262.462	明显增效
95%丙环唑原油	45.722	121.642	72.861	166.951	略有增效
95%苯菌灵原粉	8.116	81.297	54.058	150.388	略有增效
97%咪鲜胺原油	7.068	49.962	53.534	93.328	相加作用
98%噻菌灵原粉	4.378	201.858	52.189	386.783	明显增效
97.56%甲基硫菌灵原粉	0.111	178.630	50.056	356.860	明显增效

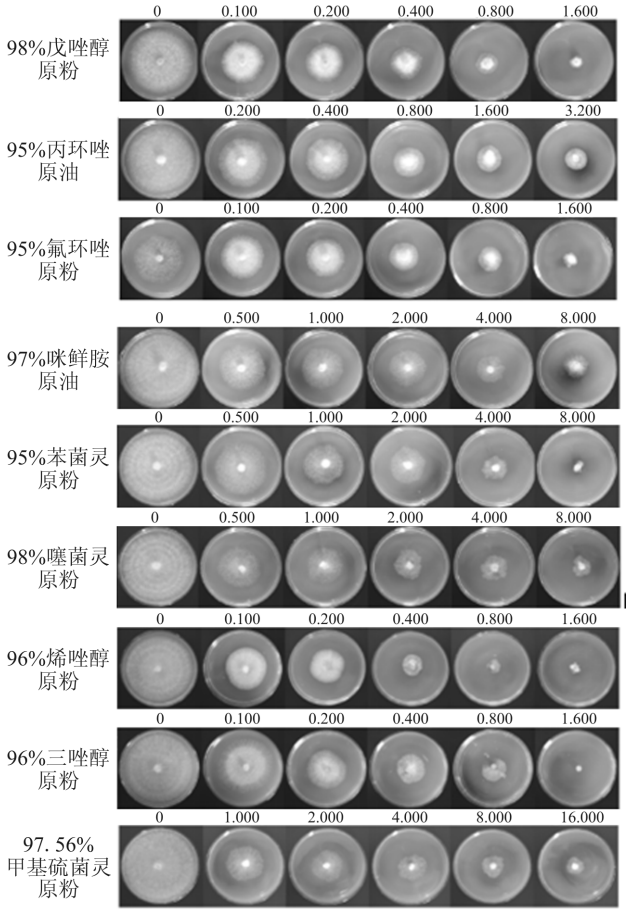


图 2 吡唑醚菌酯与 9 种杀菌剂 1∶1 复配剂对禾谷丝核菌的抑菌效果

3 结论与讨论

本研究测定了 10 种杀菌剂及其复配剂对小麦纹枯病菌的室内毒力. 单剂药效试验结果表明：三唑类杀菌剂和甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂对小麦纹枯病菌的抑菌效果较好. 其中三唑类的戊唑醇 EC_{50} 最小，抑菌效果最好，其次是氟环唑、烯唑醇和三唑醇，这与王文桥等的研究结果较为一致[11]. 三唑类杀菌剂属于甾醇生物合成抑制剂，该类杀菌剂主要作用于甾醇生物合成中的 14α-脱甲基酶(CYP51)，影响麦角甾醇的生物合成，破坏细胞膜功能，起到杀菌的功能[12]. 以吡唑醚菌酯为代表的甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂主要作用于真菌的线粒体呼吸，破坏能量合成，从而抑制真菌生长或将病菌杀死.

长期、大量使用单一药剂容易使病菌产生抗药性，将药剂科学混用能有效延缓抗药性的产生并提高防治效果[13]. 三唑类杀菌剂防治小麦纹枯病具有高效、低毒等特点，可以用作种子处理及叶面喷雾，其中戊唑醇与福美双、甲基异柳磷的混剂得到广泛的的推广应用[14-15]. 而在本试验中，针对不同作用机理的药剂以及单剂的毒力测定试验结果，进行了以吡唑醚菌酯为代表的甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂分别与包括三唑类、咪唑类在内的甾醇生物合成抑制剂和苯并咪唑类杀菌剂进行复配；吡唑醚菌酯与烯唑醇、三唑醇、甲基硫菌灵、噻菌灵、丙环唑、苯菌灵以 1∶1 比例复配，对防治小麦纹枯病均具有增效作用，其中与烯唑醇、三唑醇、甲基硫菌灵、噻菌灵复配具有明显增效作用，效果好于各单剂. 这一试验结果为开发防治小麦纹枯病的复配制剂提供了重要的理论依据.

由于本试验是在室内离体条件下进行的，而药剂在田间的防治效果会受到许多因素的影响，药剂在培养皿内的抑菌活性和在田间的作用效果不一定完全一致，因此还需要进一步进行田间防治效果试验.

参考文献：

[1] 陈健华，邢锦城，张茸茸，等. 不同地区小麦纹枯病菌的生物学特性及种类鉴定研究 [J]. 江西农业大学学报，2010，32(1)：73-77.

[2] 张会云，陈荣振，冯国华，等. 中国小麦纹枯病的研究现状与展望 [J]. 麦类作物学报，2007，27(6)：1150-1153.

[3] 姜莉莉，乔　康. 我国小麦纹枯病抗药性研究进展 [J]. 农药研究与应用，2010，14(3)：11-14.

[4] 陈健华，张炽昌，徐东方，等. 小麦纹枯病的研究进展 [J]. 现代农业科技，2011(1)：169-170.

[5] 汪　敏，吕柏林，邢小萍，等. 河南省小麦纹枯病菌的群体组成及其致病力分化研究 [J]. 植物病理学报，2011，41(5)：556-560.

[6] 路兴波. 小麦品种抗纹枯病鉴定 [J]. 植物保护学报，1999，26(3)：283-284.

[7] 史建荣，王裕中，陈怀谷，等. 小麦纹枯病品种抗性鉴定技术及抗病资源的筛选与分析 [J]. 植物保护学报，2000，27(2)：107-112.

[8] ZHOU M G，JIA X J. Fungicide Resistance in Plant Pathogens：Principles and aGuide to Practical Management [J]. Netherlands Journal of Plant Pathology，2015(1)：313-328.

[9] 段学兰，王健力，刘　婷，等. 青岛市小麦纹枯病病原菌鉴定及其病害分析 [J]. 中国植保导刊，2018，38(2)：17-20.

[10] 谭福杰. 杀虫剂混用的生物测定方法 [J]. 昆虫知识，1986，23(6)：279-281.

[11] 王文桥，韩秀英，张小风，等. 防治小麦纹枯病的杀菌剂筛选 [J]. 华北农学报，2007，22(S2)：230-234.

[12] SIEGEL M R. Sterol-Inhibiting Fungicides：Effects on Sterol Biosynthesis and Sites of Action [J]. Plant Disease，1981，65(12)：986.

[13] 全　鑫，薛保国，杨丽荣，等. 井冈霉素枯草芽孢杆菌对小麦纹枯病菌室内毒力测定及药效试验[J]. 中国农学通报，2011，27(7)：245-248.

[14] 吴学宏，刘西莉，王　锋，等. 含戊唑醇种衣剂防治小麦苗期纹枯病的研究 [J]. 莱阳农学院学报，2000，17(2)：93-97.

[15] 王怀训，王开运，姜兴印，等. 甲柳·福·戊醇种衣剂对小麦纹枯病的控制研究 [J]. 山东农业大学学报(自然科学版)，2001，32(4)：513-517.

Laboratory Toxicity Determination of Ten Fungicides and Their Mixtures to *Rhizoctonia cerealis*

DUAN Xue-lan[1,2]，　QIN Qing-lian[1]，　SONG Chun-lin[1]，
ZHAO Yan-xiang[1]，　HUANG Jin-guang[1]

1. *Key Laboratory of Integrated Crop Disease and Pest Management of Shandong Province / College of Plant Health and Medicine，Qingdao Agricultural University，Qingdao Shandong 266109，China*；
2. *State Key Laboratory of Agrobiotechnology，MOA Key Laboratory of Plant Pathology / College of Plant Protection，China Agricultural University，Beijing 100193，China*

Abstract：Wheat sharp eyespot (*Rhizoctonia cerealis*) is an important soil-borne fungal disease in winter wheat growing regions of China. In order to select high-efficiency and low-toxicity fungicides against wheat sharp eyespot and to delay the emergence of drug resistance in the pathogen，ten fungicides and their mixtures were used for determination of their toxicity to *Rh. cerealis* in laboratory with the mycelium growth rate method. The results showed that the EC_{50} values of tebuconazole，epoxiconazole，diniconazole，triadimenol，pyraclostrobin and propiconazole were 0.115，0.158，0.237，0.432，0.652 and 1.426 mg/L，respectively，thus indicating that the above fungicides had significant inhibitory activity on mycelium growth. The EC_{50} of benomyl，prochloraz and thiabendazole were 8.034，9.225 and 14.894 mg/L，respectively，which indicated that the susceptibility of pathogen to these agents was relatively low. Thiophanate-methyl was least effective for wheat sharp eyespot control，its EC_{50} value being 587.362 mg/L. In addition，pyraclostrobin was mixed with diniconazole，triadimenol，thiabendazole and thiophanate-methyl at an active ingredient (a.i.) ratio of 1∶1，respectively，and these fungicide mixtures showed an obvious synergistic effect.

Key words：*Rhizoctonia cerealis*；wheat sharp eyespot；fungicide；toxicity determination；mixture

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2019.06.004

阿维菌素与噻唑膦混配对南方根结线虫的联合毒力测定①

王泊理， 赵江克

广东真格生物科技有限公司，广州 510642

摘 要：为延缓根结线虫的抗药性发展，同时减少药剂使用剂量，对阿维菌素和噻唑膦进行了混配，测定这 2 种单剂及不同配比对南方根结线虫的毒力. 结果表明，阿维菌素和噻唑膦原药单剂都有较高的杀线虫活性，LC_{50} 值分别为 23.8 和 56.55 mg/L；阿维菌素＋噻唑膦(原药比例)1∶4，1∶2，1∶1，2∶1，4∶1 比例混配 LC_{50} 值分别为 40.07，31.67，28.38，27.15 和 24.64 mg/L，对南方根结线虫的共毒系数 CTC 分别为 110.84，122.67，118.36，108.97和 109.62. 阿维菌素＋噻唑膦(原药比例)1∶2 有明显增效作用，具有广阔的应用前景和开发价值.

关键词：南方根结线虫；阿维菌素；噻唑膦；混配

中图分类号：S432.45 **文献标志码**：A **文章编号**：1007－1067(2019)06－0024－04

根结线虫(*Meloidogyne* spp) 在全世界广泛分布，因其寄主范围广，成为农作物的重要病原生物之一[1]. 植物根际线虫病发生以后，一般可减产 10%，严重的可高达 75%以上，同时，根结线虫侵染植物根系产生的伤口易于真菌和细菌病原菌侵染，诱发植物其他病害的发生[2]. 植物根结线虫主要包括南方根结线虫(*M. incognita*)、花生根结线虫(*M. arenaria*)、爪哇根结线虫(*M. javanica*)和北方根结线虫(*M. hapla*)[3]. 根结线虫可侵染数百种作物，给我国农业生产造成严重影响[4]. 目前，根结线虫的防治以化学防治为主，化学防治具有防效好、可操作性强的特点. 随着毒性高、残留时间长的有机磷及氨基甲酸酯类杀线虫剂如克百威和灭线膦等药剂的禁用，农业生产上对高效、低毒、低残留的阿维菌素和噻唑膦等药剂的依赖性增强，但近年来，由于长期大量的使用，根结线虫的抗药性增加，致使这 2 种药剂对根结线虫的田间防治效果有所下降. 为延缓根结线虫抗药性的产生并减少农药的使用，对阿维菌素和噻唑膦进行混配并筛选出最佳配比对根结线虫病的防治具有重要意义.

1 材料与方法

1.1 试验药剂

96.6%噻唑膦(fosthiazate)原药，由日本石原产业株式会社北京代表处提供；

95.0%阿维菌素原药，河北威远生物化工有限公司生产.

1.2 根结线虫 2 龄幼虫悬浮液制备

试验对象为南方根结线虫 2 龄幼虫. 从海南大学热带农林学院温室的番茄根部分离出根结线虫的卵块，将单卵块接种在番茄根部进行纯化培养后，采集病根，将病根剪成约 2 cm 的小段，在 1%的次氯酸钠

① 收稿日期：2019－09－19

作者简介：王泊理(1974－)，男，主要从事植物根结线虫防治相关研究. E-mail：13756124@qq.com.

溶液中漂洗约 4 min,利用 200 目与 500 目线虫筛冲洗并收集线虫卵,用蒸馏水稀释成 200 个/mL 卵悬浮液,将卵悬浮液滴加到铺有 2 层面巾纸的浅盘上放置 3 d,然后收集孵化的 2 龄幼虫制成悬浮液用于生测试验.

1.3　试验设计与方法

药剂混配质量浓度如表 1 所示. 用移液器从低浓度到高浓度依次吸取 3 mL 药液分别加入试管中,然后吸取制备好的线虫悬浮液 3 mL 加入试管内,使药液与线虫悬浮液等量混合均匀. 用移液器移取一定体积的上述混合液于 24 孔(6×4)细胞培养板中,每孔滴入混合液 2 mL,加盖,于 25 ℃恒温培养 24 h,从各处理中取 1 mL 混合液在解剖镜下观测线虫死亡情况,分别记录总线虫数和死亡虫数. 每处理 4 次重复,以加 0.05%吐温-80 的清水处理为对照.

表 1　阿维菌素和噻唑膦及其混剂对根结线虫的试验剂量设计

供试药剂	质量浓度/mg·L^{-1}				
阿维菌素原药	50	40	30	20	10
噻唑膦原药	100	80	60	40	20
阿维+噻(1∶4)	100	80	60	40	20
阿维+噻(1∶2)	50	40	30	20	10
阿维+噻(1∶1)	50	40	30	20	10
阿维+噻(2∶1)	50	40	30	20	10
阿维+噻(4∶1)	50	40	30	20	10

1.4　数据处理与统计方法

1.4.1　死亡率、校正死亡率计算方法

据处理组和对照组的死虫数和总虫数,计算死亡率和校正死亡率,单位为百分率(%).

$P1=(K/N)\times100\%$,式中:$P1$ 表示死亡率;K 表示死亡虫数;N 表示处理总虫数.

$P2=(Pt-P0)/(1-P0)\times100\%$,式中:$P2$ 表示校正死亡率;Pt 表示处理死亡率;$P0$ 表示空白对照死亡率.

1.4.2　LC_{50},LC_{90}的计算方法

采用机率值分析法,数据采用 DPS 处理系统进行分析.

1.4.3　共毒系数计算方法

参照孙云沛的共毒系数法,以单剂阿维菌素作标准对照药剂,其毒力指数为 100.

标准杀线剂 A(阿维菌素)的毒力指数为 100;

标准杀线剂 B(噻唑膦)的毒力指数=(标准杀线剂 A 的 LC_{50}/标准杀线剂 B 的 LC_{50})×100;

混剂的实测毒力指数 ATI=(标准杀线剂 A 的 LC_{50}/混剂的 LC_{50})×100;

混剂的理论毒力指数 TTI=A 药剂毒力指数×A 在混剂中的含量(%)+B 药剂的毒力指数×B 在混剂中的含量(%);

混剂的共毒指数 CTC=(混剂的实测毒力指数 ATI/混剂的理论毒力指数 TTI)×100.

若混剂的共毒系数 CTC 大于 120,则表明有增效作用;CTC 低于 80,表明有拮抗作用;CTC 介于 80 到 120 之间,则表现为相加作用.

2 结果与分析

试验结果表明，阿维菌素和噻唑膦对根结线虫都有较高的毒力，LC_{50}值分别为 23.89 和 56.55 mg/L. 阿维菌素＋噻唑膦(原药比例)1∶4，1∶2，1∶1，2∶1，4∶1 比例混配 LC_{50}值分别为 40.07，31.67，28.38，27.15 和 24.64 mg/L，对根结线虫的共毒系数 CTC 分别为 110.84，122.67，118.36，108.97 和 109.62. 阿维菌素＋噻唑膦(原药比例)1∶2 混配有明显增效作用，1∶4，1∶1，2∶1 和 4∶1 配比都为相加作用(表 2). 综上所述，阿维菌素和噻唑膦配比为 1∶2 的配方为最佳.

表 2 阿维菌素和噻唑膦复配对根结线虫的室内毒力

药剂名称	毒力回归方程 ($y=a+bx$)	相关系数 (r)	LC_{50}/ mg·L^{-1}	LC_{50} 95%置信限/ mg·L^{-1}	毒力指数	共毒系数 (CTC)
阿维菌素原药	$y=3.90x-0.38$	0.999 1	23.89	23.01～24.80	100.00	—
噻唑膦原药	$y=4.42x-2.74$	0.998 9	56.55	54.70～58.46	42.24	—
阿维＋噻(1∶4)	$y=3.76x-1.03$	0.999 1	40.07	38.39～41.82	59.62	110.84
阿维＋噻(1∶2)	$y=2.73x+0.90$	0.999 4	31.67	30.07～33.35	75.43	122.67
阿维＋噻(1∶1)	$y=3.03x+0.60$	0.998 6	28.38	27.14～29.67	84.18	118.36
阿维＋噻(2∶1)	$y=2.84x+0.93$	0.999 9	27.15	25.91～28.44	87.99	108.97
阿维＋噻(4∶1)	$y=2.80x+1.10$	0.999 6	24.64	23.50～25.82	96.96	109.62

3 结论与讨论

阿维菌素是一种神经毒剂类抗生素农药，具有高效、广谱的优点，对植物根结线虫有较好的防治效果[5]. 朱卫刚等[6]检测了阿维菌素对南方根结线虫的生物活性，结果表明，1.8%阿维菌素的杀线虫活性明显高于 10%噻唑膦，这与本文的研究结果一致. 阿维菌素的杀线虫机理为激发线虫神经末梢放出神经传递抑制剂 γ-氨基丁酸(GABA)，延长开放 GABA 门控的氯离子通道，从而使氯离子大量涌入，造成神经膜电位超极化，神经传导被阻断，从而使线虫麻痹死亡[7].

噻唑膦为有机磷类杀线虫剂，主要作用方式为抑制根结线虫乙酰胆碱酯酶的合成，是当前应用最为广泛的杀线虫剂之一[8-9]. 选用阿维菌素和噻唑膦混配进行根结线虫室内生物活性测定发现：两种农药对南方根结线虫都有较高的杀虫活性，阿维菌素和噻唑膦配比为 1∶2 时共毒系数为 122.67，有明显增效作用. 阿维菌素与噻唑膦的复配药剂可有效提高其对根结线虫的毒杀作用，减少药剂使用剂量，降低选择压力，延缓抗药性的发展.

参考文献：

[1] 黄耀师，梁 震，李 丽. 我国植物线虫研究和防治进展[J]. 农药，2000，39(2)：11-13.
[2] 汪来发，杨宝君，李传道. 根结线虫生物防治研究进展[J]. 南京林业大学学报(自然科学版)，2002，26(1)：64-68.
[3] 廖金铃，蒋 寒，孙龙华，等. 中国南方地区作物根结线虫种和小种的鉴定[J]. 华中农业大学学报，2003，22(6)：544-548.
[4] 金 娜，刘 倩，简 恒. 植物寄生线虫生物防治研究新进展[J]. 中国生物防治学报，2015，31(5)：789-800.
[5] 陈 兵，韩佩娥，朱凤香，等. 生物农药阿维菌素防治果蔬根结线虫病试验[J]. 浙江农业科学，2003，44(2)：87-89.
[6] 朱卫刚，胡伟群，陈定花. 阿维菌素对南方根结线虫的生物活性[J]. 现代农药，2008，7(4)：38-39，48.
[7] 岳向国，张姗姗，郑兴荣，等. 阿维菌素 B2a 对南方根结线虫的活性评价[J]. 农药，2018，57(5)：373-376，386.
[8] 符 伟，王 培，唐 涛，等. 甲维盐与噻唑膦对西瓜根结线虫活性的影响及田间防效[J]. 湖南农业科学，2015(8)：37-38，42.
[9] 鲁旭鹏，段玉玺，陈立杰，等. 阿维菌素和噻唑磷对根结线虫病的田间防效[J]. 中国植保导刊，2015，35(1)：63-64.

Combined Virulence Determination of Compounded Abamectin and Fosthiazate for *Meloidogyne incognita*

WANG Bo-li,　ZHAO Jiang-ke

Guangdong Zhenge Biotechnology Co., Ltd, Guangzhou 510642, China

Abstract: In order to delay the development of drugresistance of root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita*)and reduce the dosage of pesticides, abamectin and fosthiazate were used singly or in combination, and their virulence on root-knot nematodes was determined. Both abamectin and fosthiazate applied singly showed fairly high nematicidal activity against *M. incognita*, with an LC_{50} of 23.89 mg/L and 56.55 mg/L, respectively. Compounding of abamectin and fosthiazateat an original ratio of 1∶4,1∶2,1∶1,2∶1 and 4∶1 gave an LC_{50} of 40.07,31.67,28.38,27.15 and 24.64 mg/L, respectively, and their co-toxicity coefficient (CTC) was 110.84,122.67,118.36,108.97 and 109.62, respectively. In conclusion, compounding of abamectin and fosthiazate at an original ratio of 1∶2 showed an obvious synergistic effect in this study and, therefore, has broad application prospects. It is well worth exploiting.

Key words: *Meloidogyne incognita*; abamectin; fosthiazate; compounding

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2019.06.005

不同微生物菌剂对烟草根结线虫病控制效果研究①

黄　阔[1]，　李石力[1]，　张永强[1]，
王　勇[2]，　江连强[2]，　龙　岗[3]

1. 西南大学植物保护学院，重庆 400715；
2. 四川省烟草公司凉山州公司，四川 西昌 6150000；
3. 凉山州烟草公司会理县分公司，四川 会理 615100

摘　要：根结线虫病是一种重要的烟草土传病害，在局部烟区发生严重，为了筛选有效的微生物菌剂或药剂，本研究选取枯草芽孢杆菌、淡紫拟青霉、荧光假单胞杆菌、哈茨木霉等微生物菌剂和阿维菌素、阿维·丁硫等化学药剂，按照推荐使用方法提前处理土壤，调查病害发生情况和防治效果. 结果表明，不同微生物菌剂处理对烤烟田间生育期影响不大，阿维菌素处理、荧光假单胞杆菌处理、阿维·丁硫微乳剂处理有效促进了烟草农艺性状，荧光假单胞杆菌处理后烤烟旺长期的各项农艺性状均显著高于对照处理. 与对照处理相比，微生物菌剂处理后烤烟根结线虫病发生程度减轻，淡紫拟青霉处理对烟草根结线虫的防控效果最佳，达到 79.45%；阿维菌素效果仅次之，相对防效为 56.16%.

关键词：微生物菌剂；烟草；根结线虫；田间筛选

中图分类号：S435.72　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1007－1067(2019)06－0028－06

烟草根结线虫病是烟草的重要病害之一，每年因根结线虫为害引起的损失巨大，严重制约烟叶的生产发展，并且由于该病侵染的特殊性、为害的隐蔽性而防治较为困难，因此难以取得理想的防治效果[1]. 目前，主要采用化学杀线虫剂防治烟草根结线虫，虽有一定防效，但因其选择性差、高残留和不易降解，破坏农作物的生态环境，造成土壤沙化，同时抗药性问题也日益突出[2-4]. 随着国家烟草专卖局提倡绿色防控理念，减少化学农药使用，采用微生物菌剂或其他绿色防控措施替代化学农药，已经成为烟草病虫害防控的主要思路. 因此，筛选有效的微生物菌剂，并评价其对烟草根结线虫的防控效果，意义重大[5].

1　材料与方法

1.1　试验材料

供试烟草：品种为红花大金元.

供试药剂：1 000 亿活孢子/g 枯草芽孢杆菌，购自济宁玉园生物科技有限公司；3 000 亿活孢子/g 荧光假单胞杆菌，购自江苏省常州兰陵制药有限公司；50 亿活孢子/g 淡紫拟青霉，购自济宁玉园生物科技有限

① 收稿日期：2019－07－10
基金项目：中国烟草总公司四川省公司科技项目(SCYC201704；SCYC201908).
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

公司;20 亿活孢子/g 哈茨木霉菌,购自山东省泰安市泰山现代农业科技有限公司;0.5%阿维菌素颗粒剂,购自山东省泰安市泰山现代农业科技有限公司;15%阿维·丁硫微乳剂,购自内蒙古清源保生物科技有限公司.

1.2　试验地点

四川省凉山州会理县益门镇大磨村,试验地海拔 2 110 m、经度 E 102°16′56″、纬度 N 26°49′44″,红壤土,地块平整,试验田连续 3 年发生根结线虫病.

1.3　试验方法

1.3.1　试验设计

设置 7 个处理,每个处理 3 次重复,共 21 个小区,小区面积为 72 m^2(约 120 株烟),设置保护行.

处理 1:667 m^2 用 0.5%阿维菌素颗粒剂 2 kg 拌土窝施;处理 2:667 m^2 用 50 亿活孢子/g 淡紫拟青霉 2 kg拌土窝施;处理 3:667 m^2 用 1 000 亿活孢子/g 枯草芽孢杆菌 100 g 拌土窝施;处理 4:667 m^2 用 3 000 亿活孢子/g 荧光假单胞杆菌 50 g 拌土窝施;处理 5:667 m^2 用 15%阿维·丁硫微乳剂 1 kg 对水灌根;处理 6:667 m^2 用 20 亿活孢子/g 哈茨木霉菌 5 kg 拌土窝施;处理 7:空白对照.

1.3.2　生育期调查

按 YC/T 142－1998《烟草农艺性状调查方法》标准,对试验区各处理烟草生育期(主要包括移栽期、伸根期、团棵期、现蕾期、打顶期、采收期)进行调查记录.

1.3.3　烟株农艺性状调查

各处理小区选择有代表性的 5～10 株烟株挂牌标记,按 YC/T 142－1998《烟草农艺性状调查方法》的标准,定点定株在烟草团棵期、旺长期测定烟株的农艺性状.其主要包括烟株的株高、茎围、有效叶片数、最大叶长、最大叶宽,并利用公式(1)计算叶面积.

叶面积(cm^2)＝0.634 5×叶长(cm)×叶宽(cm)　　(1)

1.3.4　病害调查

烟草病害发生情况按 GB/T23222－2008《烟草病虫害分级及调查方法》的国家标准进行调查.结合当地病害发生特点,主要针对烟草根结线虫病,调查每个小区的发病株数及发病级数,并计算发病率、病情指数和防治效果,病害调查可与测定烟草农艺性状同步进行.根据根结线虫病的发生情况,从发病初期开始调查,每隔 10 d 调查 1 次,连续调查 4 次以上.

生长期地上部观察:除生长正常的 0 级植株外,其余各级植株拔根检查确证为根结线虫病后分级记载.

0 级:植株生长正常;

1 级:病株生长基本正常,叶缘或叶尖部分变黄但不干尖;

3 级:病株比健株矮 1/4 至 1/3,或叶片轻度干尖、干边;

5 级:病株比健株矮 1/3 至 1/2,或大部分叶片干尖、干边或有枯黄斑;

7 级:病株比健株矮 1/2 以上,全部叶片干尖、干边或有枯黄斑;

9 级:植株严重矮化,全株叶片基本干枯.

收获期检查植株根部并进行分级.

0 级:根部正常,无可见根结;

1 级:1/4 以下根上有少量根结;

3 级:1/4 至 1/3 根上有少量根结;

5 级:1/3 至 1/2 根上有根结;

7 级:1/2 以上根上有根结,少量次生根产生根结;

9 级:所有根上,包括次生根上亦长满根结.

2 结果与分析

2.1 不同处理对烟草生育期的影响

不同处理对烟草生育期的影响见表 1. 各处理 5 月 20—23 日陆续进入团棵期，6 月 13—15 日进入旺长期，7 月 1—5 日进入现蕾期，7 月 21—22 日进入打顶期，8 月 3 日进入采收期. 各处理间从移栽期到达各生育期的时间均不存在显著差异.

表 1 不同处理对烟草生育期的影响

月-日

处理	移栽期	团棵期	旺长期	现蕾期	打顶期	采收期
1	04-20	05-20	06-14	07-02	07-21	08-03
2	04-20	05-21	06-14	07-03	07-21	08-03
3	04-20	05-20	06-13	07-01	07-21	08-03
4	04-20	05-21	06-13	07-02	07-21	08-03
5	04-20	05-22	06-14	07-04	07-21	08-03
6	04-20	05-22	06-13	07-03	07-21	08-03
7	04-20	05-23	06-15	07-05	07-22	08-03

注:处理 1 至 7 分别为阿维菌素、淡紫拟青霉、枯草芽孢杆菌、荧光假单胞杆菌、阿维·丁硫、哈茨木霉和空白对照.表 2 至表 4 同.

2.2 不同处理对烟草农艺性状的影响

不同微生物菌剂(或药剂)处理后团棵期烟株农艺性状见表 2. 各处理株高范围在 23.09～34.52 cm，茎围范围在 5.28～6.88 cm，有效叶片数为 9～11 片. 除株高外，其他各项指标差异没有统计学意义. 处理 5(阿维·丁硫微乳剂处理)显著提高了烟株株高，达到 34.52 cm，与对照差异有统计学意义.

表 2 不同处理对烟草团棵期(5 月 22 日)农艺性状的影响

处理	株高/cm	茎围/cm	有效叶数/片	最大叶长/cm	最大叶宽/cm	叶面积/cm^2
1	33.31±10.87ab	6.88±1.31a	11.44±1.59a	48.28±3.16a	23.03±3.59a	711.05±151.10a
2	24.28±7.24a	6.14±0.69a	10.22±1.09a	45.72±5.97a	22.61±4.25a	668.33±202.07a
3	24.42±7.28a	5.99±0.78a	10.33±1.50a	45.26±5.66a	22.32±2.25a	645.78±128.77a
4	27.07±10.07a	5.73±1.10a	10.67±2.29a	45.24±5.20a	23.18±3.26a	673.32±167.07a
5	34.52±8.16b	6.78±0.72a	10.89±0.78a	48.30±4.74a	24.00±3.28a	739.10±146.03a
6	26.76±6.40a	5.89±0.97a	9.89±1.62a	44.08±6.70a	20.33±3.33a	580.60±168.71a
7	23.09±5.90a	5.28±0.93a	9.22±1.30a	42.74±7.45a	20.22±3.61a	560.28±182.47a

注:表中数值为平均值±标准误.同列数值后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、表 4 同.

由表 3 可知，不同处理后烟草旺长期农艺性状均表现出不同程度的差异. 其中处理 1(阿维菌素处理)、处理 4(荧光假单胞杆菌处理)、处理 5(阿维·丁硫微乳剂处理)表现出较好的促进生长作用. 其中促进生长作用最强的是荧光假单胞杆菌处理，株高达到 58.33 cm，茎围 7.64 cm，有效叶片数 16 片，最大叶长 51.60 cm，最大叶宽 24.07 cm，与对照差异均具有统计学意义.

表 3　不同处理对烟草旺长期(6 月 13 日)农艺性状的影响

处理	株高/cm	茎围/cm	有效叶数/片	最大叶长/cm	最大叶宽/cm	叶面积/cm²
1	57.62±1.29b	7.11±0.47ab	15.67±1.00bc	50.71±2.88c	22.54±1.24bc	725.44±58.95bc
2	56.24±2.05a	7.42±0.51bc	15.22±0.97abc	48.00±2.59b	21.10±2.06ab	643.88±84.27ab
3	54.95±2.43a	7.03±0.35ab	14.67±0.87ab	45.90±2.01ab	20.39±1.78a	593.30±34.80a
4	58.33±2.33b	7.64±0.61c	16.00±1.50c	51.60±3.04c	24.07±1.72c	788.74±81.84c
5	57.67±1.39b	7.17±0.65ab	15.97±1.45bc	50.56±2.36c	22.98±1.65bc	754.13±46.97bc
6	56.78±2.15a	7.32±0.53bc	15.86±0.45abc	48.08±2.54b	21.78±2.56ab	633.45±87.98ab
7	53.67±2.09a	7.42±0.27ab	14.45±0.54ab	44.68±1.89ab	20.65±1.65a	587.45±43.52a

2.3　不同处理对烟草根结线虫病的防治效果

根据田间长势、地上部症状和拔出观察根系确认，试验地从 5 月 18 日开始出现轻微发病症状. 本试验分别于 5 月 18 日、5 月 28 日、6 月 08 日、6 月 18 日和 6 月 28 日进行各小区烟草根结线虫发病率、病情指数的调查.

不同处理烟草根结线虫病发病率和病情指数见图 1 和图 2，各菌剂(或药剂)处理在各调查时段的发病率均低于对照组，表明具有抑制病害的效果. 6 月 28 日，对照的田间发病率达到 11.32%，病情指数为7.34，而淡紫拟青霉处理发病率为 4.66%，病情指数为 1.52，防控效果为 79.45%. 其次是阿维菌素和枯草芽孢杆菌处理，病情指数分别为 3.21 和 3.62，防控效果分别为 56.16%和 50.68%，后期发病趋势减缓. 哈茨木霉、荧光假单胞杆菌处理对烟草根结线虫的防控效果分别为 42.23%和 39.65(表 4).

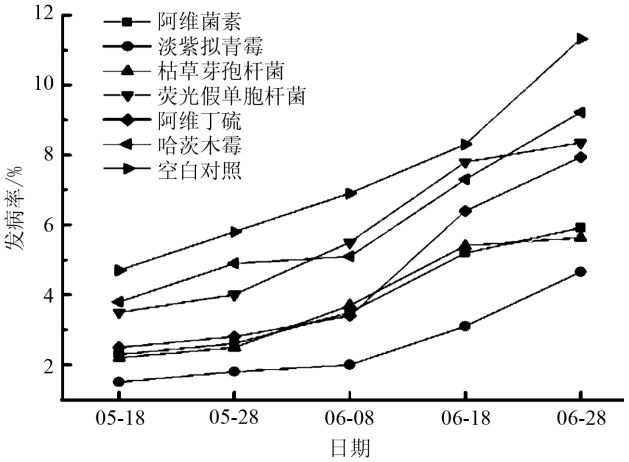


图 1　不同处理烟草根结线虫病发病率

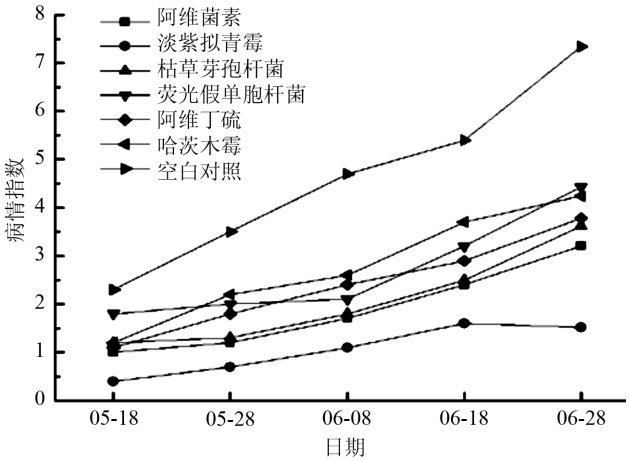


图 2　不同处理烟草根结线虫病病情指数

表 4 6 月 28 日各处理发病率、病情指数及防治效果

处理	发病率/%	病情指数	防治效果/%
1	5.92±0.15a	3.21±0.14b	56.16±3.43b
2	4.66±0.23a	1.52±0.08a	79.45±5.21c
3	5.63±0.21a	3.62±0.04bc	50.68±4.64ab
4	8.35±0.07b	4.43±0.03c	39.65±6.54a
5	7.94±0.24b	3.78±0.12bc	48.50±2.31ab
6	9.22±1.32bc	4.24±0.29c	42.23±3.64a
7	11.32±1.41c	7.34±0.23d	—

3 结论与讨论

生育期调查结果表明，不同微生物菌剂(或药剂)处理烟草后，对烟草的生育期影响不大. 通过对团棵期、旺长期烟株农艺性状的调查，发现化学药剂阿维·丁硫处理对烟草团棵期株高有一定的促进作用，同时荧光假单胞杆菌处理显著提高了旺长期烟草农艺性状，与对照差异有统计学意义，表明微生物菌剂能够促进烟草生长，尤其是后期效果更为明显. 微生物菌剂淡紫拟青霉、枯草芽孢杆菌、荧光假单胞杆菌、哈茨木霉有效缓解了烟草根结线虫病害的发生程度，尤其是淡紫拟青霉处理烟草根结线虫的发病率为 4.66%，病情指数为 1.52，防控效果达 79.45%.

随着农业绿色防控的不断推进，生物制剂在烟草病虫害的防控上发挥着愈发重要的作用. 烟草根结线虫病属于一种难防难治的烟草土传病害，采用微生物菌剂优化土壤微生态环境，进而有效防治烟草根结线虫病害，不失为一种安全、有效的绿色防控技术. 本项研究通过筛选和评价 4 种微生物菌剂和 2 种化学药剂，发现淡紫拟青霉能够有效地减轻烟草根结线虫病的发生. 淡紫拟青霉是一种非常重要的线虫卵寄生菌，同时可以侵染幼虫和成虫[6-8]. 淡紫拟青霉在土壤特别是植物根际中大量存在，既对植物生长有利，又能够减缓、抑制病害的发生. 因此，对烟草根结线虫病的防控，建议使用淡紫拟青霉等微生物菌剂替代选择性差、残留多的化学药剂，减轻化学残留问题.

参考文献：

[1] WILLIAMSON V M, HUSSEY R S. Nematode Pathogenesis and Resistance in Plants [J]. The Plant Cell, 1996, 8(10): 1735.
[2] 郑云峰，李建生，邱美强. 根结线虫生防菌研究进展 [J]. 中国农村小康科技，2006(11)：62-65.
[3] 金 娜，刘 倩，简 恒. 植物寄生线虫生物防治研究新进展 [J]. 中国生物防治学报，2015，31(5)：789-800.
[4] SHARON E, BAR-EYAL M, CHET I, et al. Biological Control of the Root-Knot Nematode Meloidogyne Javanica by Trichoderma Harzianum [J]. Phytopathology, 2001, 91(7): 687-693.
[5] 黄金玲，刘志明，刘纪霜，等. 植物寄生线虫生防细菌的研究进展 [J]. 广西农业生物科学，2008，27(3)：288-293.
[6] 郭永霞，金永玲. 蔬菜根结线虫综合防治研究进展 [J]. 中国农学通报，2007，23(3)：376-379.
[7] CHITWOOD D J. Phytochemical Based Strategies for Nematode Control [J]. Annual Review of Phytopathology, 2002, 40(1): 221-249.
[8] MOJTAHEDI H,SANTO G S,HANG A N, et al. Suppression of Root-knot Nematode Populations with Selected Rapeseed Cultivars as Green Manure[J]. Journal of Nematology, 1991, 23(2): 170-174.

Control Effects of Different Microbial Agents on Tobacco Root-Knot Nematode

HUANG Kuo[1], LI Shi-li[1], ZHANG Yong-qiang[1], WANG Yong[2], JIANG Lian-qiang[2], LONG Gang[3]

1. School of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China;
2. Liangshan Prefecture Branch of Sichuan Tobacco Company, Xichang Sichuan 615000, China;
3. Huili County Branch of Liangshan Tobacco Company, Huili Sichuan 615100, China

Abstract: Root-knot nematode is an important tobacco soil-borne disease, and it occurs severely in some tobacco-growing areas. In order to screen effective microbial and chemical agents against this pest, microbial agents (*Bacillus subtilis*, *Paecilomyces lilacinus*, *Pseudomonas fluorescens* and *Trichoderma harzianum*) and chemical agents (avermectin and avermectin-butyl sulfate) were used to treat the soil before tobacco planting according to the recommended methods, and the occurrence of the disease was investigated and their control effects were evaluated. The results showed that compared with the control, treatments with different microbial agents had little effect on the growth period of flue-cured tobacco. Avermectin, *P. fluorescens* and avermectin-butyl sulfate effectively improved the agronomic traits of tobacco plants, and after *P. fluorescens* treatment, various agronomic traits of the flue-cured tobacco plants were significantly better than those of the control. Compared with the control, treatments with microbial agents reduced the incidence of root-knot nematode disease in the flue-cured tobacco field. *P. lilacinus* gave the best control effect on tobacco root-knot nematodes, the relative control efficacy being 79.45%. Avermectin ranked second, with a relative control efficacy of 56.16%.

Key words: microbial agent; tobacco; root-knot nematode; field screening

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2019.06.006

98%棉隆微粒剂对烟草生长和青枯病发生的影响①

秦平伟[1], 陈代明[2], 陈瑜欣[2], 陈庆明[1],
任江波[1], 付建军[2], 廖帮红[2], 江其朋[3]

1. 重庆市烟草科学研究所,重庆 400715;
2. 重庆市烟草公司彭水分公司,重庆 彭水 409699;
3. 西南大学植物保护学院,重庆 400715

摘 要: 土壤熏蒸消毒处理这一措施尚未在烟草生产中大范围应用,为评估 98%棉隆微粒剂土壤消毒后对烟草生长和青枯病发生的影响,为今后应用该技术提供参考,笔者在重庆市彭水县润溪乡烟草基地单元开展了相关试验.田间试验结果表明,98%棉隆微粒剂土壤消毒处理可有效抑制田间杂草的生长,抑制率可达 100%,持续期在 86 d 以上;使烟草青枯病晚发病 27 d,显著降低发病率,防效在 70%以上;有效促进烟株生长,提高烟株株高、有效叶片数、最大叶面积等农艺性状,提高烟叶产量和质量,大幅提高上等烟比例,提升烟叶烤后颜色,实现 667 m^2 产值增加 1 134 元.

关键词: 98%棉隆微粒剂;土壤消毒;烟草青枯病;烟叶

中图分类号: S435.72 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-1067(2019)06-0034-05

随着连作年限的增加及大量化学品的投入,烟田土壤环境恶化日益严重,土壤酸化、板结和病原菌积累等问题十分突出[1],由此导致的烟株生长不良[2]、根茎类病害发生加重[3]、烟叶产质量不佳和特色彰显不足等问题也逐渐成为烟草行业可持续发展的重要限制因子,尤其是烟草根茎病害的发生,往往对烤烟产量和质量造成极大影响,带来较为严重的损失.彭水县是重庆市最大的烤烟产区,烤烟产业在政府财政收入及农村脱贫工作中占有重要地位.彭水烟区发生的主要根茎病害为烟草青枯病,该病早期侵染,后期暴发,造成严重损失,因此,烟草青枯病的有效防控是彭水烟区亟待解决的问题.

土壤熏蒸剂是指施用于土壤后产生具有杀虫、杀菌、杀杂草种子作用的气体,从而防治土传病虫草害的一类农药[4].而土壤熏蒸消毒技术则是指应用土壤熏蒸剂进行土壤熏蒸消毒,从而解决土壤毒化,实现土传病虫草害有效防控的一项重要措施.棉隆(dazomet)是一种土壤熏蒸消毒剂,在土壤中能分解出异硫氰酸甲酯、甲醛和硫化氢等,这些气体能迅速扩散至土壤团粒间杀灭土壤中的细菌、真菌、线虫及杂草种子等[5-7].目前,棉隆多用于我国北方大棚或设施经济作物土传性病害的防治[8-9],在烟草生产上尚未见报道.因此,笔者在重庆市彭水县润溪乡烟草基地单元白果坪试验点开展棉隆土壤熏蒸消毒试验,以评估 98%棉隆(垄鑫)微粒剂烟田土壤消毒对烟田杂草生长、烟株生长、烟草青枯病发生以及烟叶产量和质量的影响,为今后烟田土壤消毒提供参考.

① 收稿日期:2019-10-28
作者简介:秦平伟(1982—),男,农艺师,长期从事农业技术示范推广工作.E-mail:897955448@qq.com

1　材料与方法

1.1　试验材料

供试药剂：98%棉隆(垄鑫)微粒剂，南通施壮化工有限公司生产.

供试品种：云烟 87.

1.2　试验地情况

试验地安排在重庆市彭水县润溪乡白果坪种植单元，海拔 1 200 m，北纬 29°8′11″，东经 107°56′31″，地块较平整.

试验所用烟苗采用漂浮育苗法育苗，试验区均按相关技术标准进行统一大田管理，2019 年 5 月 5 日移栽. 种植行距 115 cm、株距 55～60 cm，平均每 667 m^2 种植 1 100 株左右. 7 月 11 日中心花开放时打顶，并用 12.5%氟节胺乳油控制腋芽. 8 月 5 日第 1 次采烤.

1.3　试验设计

试验共设 2 个处理，每个处理 4 次重复，每个处理面积为 90 m^2，约 140 株烟株. 熏蒸消毒处理区于 3 月 27 日均匀撒施 98%棉隆微粒剂后覆膜熏蒸 10 d，98%棉隆微粒剂用量 35.7 g/m^2，空白对照区正常翻压.

1.4　调查方法与内容

1.4.1　烟田杂草生物量调查

起垄前(4 月 20 日)及烟苗移栽 45 d(6 月 30 日)，对各处理每平方米杂草生物量(地上和地下部分鲜质量)进行测定，每个小区调查 3 个样方.

1.4.2　烟草青枯病害调查

按 GB/T23222－2008《烟草病虫害分级及调查方法》的国家标准，在烟草青枯病零星发生时，对各处理小区全部烟株青枯病发病情况进行调查，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，计算发病率、病情指数和防治效果.

1.4.3　烟草农艺性状调查

按照 YC/T 142－1998《烟草农艺性状调查方法》的标准测定烟株的农艺性状，每个处理选择有代表性的 20 株烟株挂牌标记，旺长期(6 月 29 日)测定烟株的有效叶片数、最大叶片长、最大叶片宽、株高. 采收期(8 月 20 日)测定有效叶片数、平均叶片长、株高、平均茎直径.

1.4.4　烟草产量和质量调查

烟叶采收和烘烤完成后(10 月 20 日)，测定熏蒸处理和空白对照区的产量和中上等烟比例，并按收购价计算其产值.

2　结果与分析

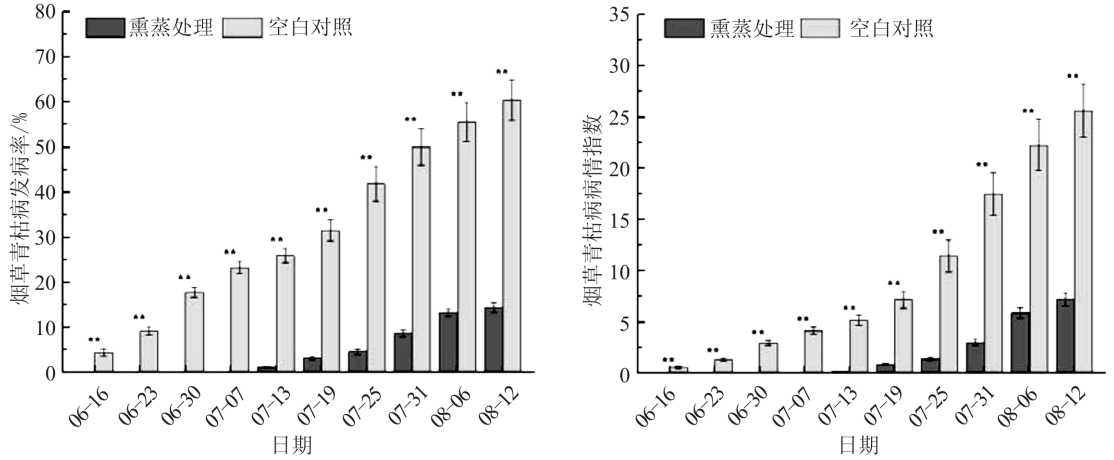
2.1　棉隆土壤熏蒸消毒处理对杂草生长的影响

田间试验结果显示，熏蒸消毒处理区在烟苗移栽 45 d(6 月 30 日)后垄间和垄体内仍未见明显杂草生长，而空白对照区平均杂草生物量为 0.75 kg/m^2，抑制率达 100%，表明熏蒸消毒处理能有效抑制杂草生长且具有较长的持效性，持效在 86 d 以上(4 月 4 日至 6 月 30 日).

2.2　棉隆土壤熏蒸消毒处理对烟草青枯病发生的影响

田间烟草青枯病数据分析结果表明，熏蒸处理可推迟烟田青枯病发病时间约 27 d. 整个发病调查期间(6 月 16 日至 8 月 12 日)，熏蒸处理发病率和病情指数均显著低于空白对照(图 1). 发病后期(8 月 12 日)，空白对照发病率为 60.37%，病情指数为 25.64，而熏蒸处理后的发病率仅为 14.46%，病情指数为 7.20. 发病前期，熏蒸处理对于烟草青枯病防效可达 100%，随烟株生育期和病害发展，防效略有降低，但相对防效

仍然维持在 70%以上，表明土壤熏蒸处理对烟草青枯病有较好的防治效果.



* 表示处理间差异在 5%水平有统计学意义；* * 表示处理间差异在 1%水平有统计学意义.

图 1 棉隆土壤熏蒸处理对烟田青枯病发病率及病情指数的影响

2.3 棉隆土壤熏蒸消毒处理对烟草农艺性状的影响

对棉隆土壤熏蒸处理后烟株旺长期(6 月 29 日)农艺性状的调查结果显示，熏蒸处理组烟株的有效叶片数，株高、最大叶片宽和最大叶片长均显著优于空白对照. 其中，熏蒸处理组烟株平均有效叶片数、株高、最大叶片宽增加 9.20 cm，表明熏蒸处理有助于促进烟株生长(表 1).

表 1 棉隆土壤熏蒸处理对烟株旺长期农艺性状的影响

处理	有效叶片数/片	最大叶片长/cm	最大叶片宽/cm	株高/cm
棉隆熏蒸	14.8±0.61*	33.60±0.63**	72.35±1.02**	80.65±2.35**
对照(空白)	12.9±0.43	27.75±1.00	63.15±1.13	55.00±1.66

注：* 表示处理间差异在 5%水平有统计学意义；** 表示处理间差异在 1%水平有统计学意义. 表 2 同.

2.4 棉隆土壤熏蒸消毒处理对烟叶产量和质量的影响

对棉隆土壤熏蒸处理组和空白对照组烟叶采收期烟株农艺性状以及烘烤后烟叶产量和质量进行测定，结果如表 2 所示. 结果显示，采收期，熏蒸处理组烟株长势明显优于对照组，表现为有效叶片数达 18～19 片，高出对照 3～7 片；平均叶片长度达 77 cm，高出对照 15～23 cm；平均株高达 180 cm，高出对照 67 cm；平均茎直径为 4.2 cm，超出对照 2.1 cm.

烘烤后，棉隆熏蒸处理组烟叶产量和质量均明显优于对照处理组. 熏蒸处理组烟叶亩产量为 151.2 kg，超出对照 37.8 kg. 熏蒸处理组上等烟比例达 70%，中上等烟比例为 100%；对照处理组上等烟比例仅为 45%，中上等烟叶比例为 90%. 相较于对照处理组，熏蒸处理组烟叶 667 m^2 产值增加 1 134 元，表明熏蒸处理具有明显增产效应(表 2).

表 2 棉隆土壤薰蒸处理对烟株采收期农艺性状及烘烤后烟叶产量的影响

处理	有效叶片数/片	叶片长/cm	株高/cm	茎直径/cm	烘烤后 667 m^2 产量/kg
棉隆熏蒸	18.6±1.45*	77±2.12**	180±3.25**	4.20±0.22**	151.2
对照(空白)	13±2.76	58±4.81	113±2.33	2.12±0.14	113.4

3　结论与讨论

棉隆是一种广谱的土壤熏蒸剂，对土壤微生物以及土壤酶活性均有显著的影响[10-12]. 许多研究表明，棉隆土壤熏蒸处理能显著降低土壤病原菌数量，减轻土传病害的为害程度[13-15]，保证作物产量和质量. 本试验结果表明，采用“垄鑫”98%棉隆微粒剂 35.7 g/m^2 对土壤进行熏蒸处理具有良好的病害防控和增产效果，具体表现为：

(1)有效抑制田间杂草的生长，抑制率可达 100%，持续期在 86 d 以上；

(2)推迟烟草青枯病的发病时间 27 d，显著降低烟草青枯病发病率，防效在 70%以上，前期可达 100%；

(3)熏蒸处理可有效促进烟株生长，提高烟株株高、有效叶片数、最大叶面积等农艺性状；

(4)熏蒸处理能有效提高烟叶产量和质量，大幅提高上等烟比例，每 667 m^2 产值增加 1 134 元.

综上所述，“垄鑫”98%棉隆微粒剂土壤熏蒸消毒处理能有效抑制田间杂草生长，促进烟株生长，防控烟草青枯病，提高烟叶产量和质量，在烟草生产上具有较好的应用前景. 但熏蒸处理对烟草青枯病的防控机理，对土壤微生物以及病原青枯菌数量的影响情况仍不明确，因此，建议今后开展多点、大面积试验，明确其熏蒸控病机理的同时，验证其控病的持效性，为今后的推广应用提供参考.

参考文献：

[1] 侯　慧，董　坤，杨智仙，等. 连作障碍发生机理研究进展[J]. 土壤，2016，48(6)：1068-1076.

[2] 李　杨. 不同肥力条件下冬小麦生育后期水分亏缺的生理生态效应研究[D].郑州：河南农业大学，2010.

[3] STIRLING GR，RAMES E，STIRLING AM，et al. Factors Associated with the Supressiveness of Sugarcane Soils to Plant-Parasitic Nematodes[J]. Journal of Nematology. 2011，43(3-4)：135.

[4] 毛连纲，颜冬冬，吴篆芳，等. 土壤化学熏蒸效果的影响因素述评[J]. 农药，2013，52(8)：547-551.

[5] 王秋霞，颜冬冬，王献礼，等. 土壤熏蒸剂研究进展[J]. 植物保护学报，2017，44(4)：529-543.

[6] FRAEDRICH S W，DWINELL L D. An Evaluation of Dazomet Incorporation Methods on Soilborne Organisms and Pine Seedling Production in Southern Nurseries[J]. Southern Journal of Applied Forestry，2003，27(1)：41-51.

[7] PRIDER J，WILLIAMS A. Using Dazomet to Reduce Broomrape Seed Banks in Soils with Low Moisture Content [J]. Crop Protection，2014，59：43-50.

[8] 曹坳程，刘晓漫，郭美霞，等. 作物土传病害的危害及防治技术[J]. 植物保护，2017(2)：6-16

[9] 莫　娟，刘小娟，王文慧，等. 3 种土壤消毒剂对芹菜根腐病的田间防效[J]. 中国蔬菜，2018(9)：51-53.

[10] 刘恩太，李园园，胡艳丽，等. 棉隆对苹果连作土壤微生物及平邑甜茶幼苗生长的影响[J]. 生态学报，2014，34(4)：847-852.

[11] WANG Q J，MA Y，YANG H，et al. Effect of Biofumigation and Chemical Fumigation on Soil Microbial Community Structure and Control of Pepper Phytophthora Blight [J]. World Journal of Microbiology and Biotechnology，2014，30(2)：507-518.

[12] NICOLA L，TURCO E，ALBANESE D，et al. Fumigation with Dazomet Modifies Soil Microbiota in Apple Orchards Affected by Replant Disease [J]. Applied Soil Ecology，2017，113：71-79.

[13] 王会芳，王三勇，符美英，等. 棉隆对番茄根结线虫病的防治效果[J]. 热带生物学报，2014，5(3)：249-252.

[14] 刘春艳，王万立，霍建飞，等. 98%棉隆微粒剂防治黄瓜根结线虫田间药效试验[J]. 北方园艺，2011(23)：128-130.

[15] 张　鑫，卜东欣，张　超，等. 四种熏蒸剂对辣椒疫霉和南方根结线虫的毒力[J]. 植物保护学报，2013，40(5)：463-467.

Effects of Fumigation with 98% Dazomet on Tobacco Growth and Tobacco Bacterial Wilt

QIN Ping-wei[1], CHEN Dai-ming[2], CHEN Yu-xin[2], CHEN Qing-ming[1], REN Jiang-bo[1], FU Jian-jun[2], LIAO Bang-hong[2], JIANG Qi-peng[3]

1. Chongqing Institute of Tobacco Science, Chongqing 400715, China;
2. Pengshui Branch of Chongqing Tobacco Company, Pengshui Chongqing 409699, China;
3. School of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: Soil disinfestation with fumigation in tobacco fields has not been reported in China. A field experiment was carried out in Pengshui, Chongqing, in which 98% dazomet was applied as a fumigantto the tobacco field so as to evaluate its efficacy of promoting tobacco growth and controlling bacterial wilt. The results showed that 98% dazomet treatment effectively inhibited the growth of weeds in the field with an inhibition rate of 100% lasting for 86 days; it delayed the outbreak of tobacco bacterial wilt by 27 days and significantly reduced the incidence rate of the disease, the control effect being more than 70%. The 98% dazomet treatment significantly promoted the growth of tobacco, increased the plant height, the number of productive leaves and the maximum leaf area of tobacco, improved tobacco yield and quality, raised the rate of first-and second-class tobacco leaves, and improved the color characteristics of flue-cured tobacco. The output value of tobacco was increased by 1 134 RMB yuan/*mu* (1 *mu* = 667 m^2).

Key words: 98% dazomet micro granule; soil disinfestation; tobacco bacterial wilt; tobacco

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2019.06.007

重庆烟草棒孢霉叶斑病防治药剂筛选①

冉 茂[1,2], 李 晗[3], 吴 杰[1], 孙现超[3]

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

摘 要: 为了筛选出防治重庆烟草棒孢霉叶斑病(*Corynespora cassiicola*)的有效药剂, 本试验选取代森锰锌、百菌清、多菌灵、克菌丹、木霉复合菌剂和枯草芽孢杆菌共 6 种药剂, 采用叶面喷施的施药方式对田间烟草棒孢霉叶斑病进行防治. 田间试验结果表明, 80%代森锰锌悬浮剂、50%多菌灵可湿性粉剂与 75%百菌清可湿性粉剂对烟草棒孢霉叶斑病的防治效果最佳, 相对防效分别为 89.08%,87.74%和 83.88%. 同时, 将代森锰锌和百菌清混配在叶面喷施可以有效降低烟草棒孢霉叶斑病的发病率, 防效为 80.68%, 但无增效作用. 由于多菌灵残效期较长,建议今后在烟草棒孢霉叶斑病的防控中轮换施用代森锰锌和百菌清, 以减缓病菌抗药性的产生, 保证防控效果.

关键词: 药剂; 烟草棒孢霉叶斑病; 防治效果

中图分类号: S435.72 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-1067(2019)06-0039-05

烟草叶斑类病害主要发生在烟叶成熟期, 多数通过空气或雨水传播, 是威胁烟草生产的一类重要病害[1]. 叶斑类病害病菌主要通过伤口和自然孔口侵染叶片[2], 烟叶组织被侵染发病后, 病菌在组织上产生大量病原子实体, 借助风、雨或气流传播, 引起病菌再侵染. 叶斑类病害直接导致烟草产量下降, 品质降低, 甚至无法达到烤烟要求, 丧失经济价值, 严重挫伤烟农生产积极性, 威胁烟草行业的健康发展.

近年来, 伴随着全球气候变化、栽培耕作制度改变、连作烟田增加以及连作年限延长, 重庆市烟区烟草叶部病害流行范围变广, 持续时间变长, 烟草赤星病、野火病与角斑病等常发性叶斑类病害呈现出潜育期短、间歇暴发和流行速度快的特点. 新的叶斑类病害——烟草棒孢霉叶斑病也在重庆开始发生, 且在高温高湿环境下, 短时间内即可形成大流行, 造成巨大损失[3]. 然而, 目前对于重庆新发的烟草棒孢霉叶斑病在生产上还缺少有效的防治技术. 因此, 笔者选择多种药剂开展了相关田间病害防控试验, 旨在筛选能有效防控烟草棒孢霉叶斑病的药剂和技术, 为重庆地区该病害的防治提供参考.

1 材料与方法

1.1 试验材料

本次田间试验地点选择在重庆市涪陵区罗云乡池沱坝烟草实验站示范田, 供试烟草品种为 K326. 供试药剂共 6 种, 包括:

① 收稿日期: 2019-11-06
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: 冉 茂(1976-), 男, 硕士, 重庆市烟草公司涪陵区公司, 主要从事烟叶生产和科技管理工作. E-mail: 970426034@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

(1)80%代森锰锌悬浮剂(爱利思达生物化学有限公司);

(2)75%百菌清可湿性粉剂(爱利思达生物化学有限公司);

(3)50%多菌灵可湿性粉剂(延边春雷生物药业有限公司);

(4)50%克菌丹可湿性粉剂(河北冠龙农化有限公司);

(5)木霉复合菌剂(贵州益百亿生物科技有限公司);

(6)10 亿个/g 枯草芽孢杆菌微囊粒剂(成都特普生物科技股份有限公司).

设置清水对照.

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计

药剂筛选试验共设立 7 个处理,每个处理 3 次重复,采用随机区组试验. 每个小区 60 株烟苗,每个处理共 180 株,处理间设保护行. 在棒孢霉叶斑病发病初期前 10 d 开始施药,施药时间分别为 6 月 14 日、6 月 24 日、7 月 4 日,共施药 3 次.

为确定 80%代森锰锌悬浮剂和 75%百菌清可湿性粉剂 500 倍液复配剂对烟草棒孢霉叶斑病的防治效果,试验设立复配剂和清水对照 2 个处理,每个处理 3 次重复. 施药时间与上述试验一致.

1.2.2 施药方法

表 1 供试药剂用量和施用方式

处理	药剂名称	用量	施用方法
处理 1	80%代森锰锌悬浮剂	40 g 对水 20 L	喷雾
处理 2	75%百菌清可湿性粉剂	40 g 对水 20 L	喷雾
处理 3	50%多菌灵可湿性粉剂	80 g 对水 20 L	喷雾
处理 4	清水(CK)	清水 20 L	喷雾
处理 5	50%克菌丹可湿性粉剂	50 g 对水 20 L	喷雾
处理 6	木霉复合菌剂	330 g 对水 20 L	喷雾
处理 7	10 亿个/g 枯草芽孢杆菌微囊粒剂	28 g 对水 20 L	喷雾

1.2.3 调查时间及调查方法

调查时间:每次施药前 1 d 以及最后 1 次施药后 10 d.

调查方法:叶斑病发生情况在每个处理中调查 3 个点,每点定点调查 30 株.

烟草病害严重度分级标准采用中华人民共和国国家标准 GB/T 23222—2008.

0 级:全株无病;

1 级:全株病斑很少,即小病斑(直径≤2 mm)不超过 15 个,大病斑(直径>2 mm)不超过 2 个;

3 级:全株叶片有少量病斑,即小病斑 50 个以内,大病斑 2~10 个;

5 级:1/3 以下叶片上有中量病斑,即小病斑 50~100 个,大病斑 10~20 个;

7 级:1/3 至 2/3 叶片上有病斑,病斑中量到多量,即小病斑 100 个以上,大病斑 20 个以上,下部个别叶片干枯;

9 级:2/3 以上叶片有病斑,病斑多,部分叶片干枯.

调查内容:按照公式(1)和(2)计算病害的发病率和病情指数,并按照公式(3)计算相对防效.

发病率=(发病株/调查总株数)×100% (1)

病情指数=Σ(各级病株×该病级值)/(调查总株×最高病级值)×100 (2)

防治效果=(对照区病情指数-处理区病情指数)/对照区病情指数×100% (3)

2　结果与分析

2.1　不同药剂处理对烟草棒孢霉叶斑病的防治作用

田间烟草棒孢霉叶斑病发生情况如图 1 所示. 6 月 14 日进行 1 次药剂保护性喷施，田间未出现感病植株. 6 月 23 日后田间开始出现烟草棒孢霉发病植株，代森锰锌、百菌清、多菌灵、枯草芽孢杆菌处理组发病率在 10%以下. 后期由于气温升高，田间湿度增加以及田间小气候等外界条件完全适宜，致使烟草棒孢霉发生流行，7 月 4 日清水组发病率由之前的 15%上升到 92%，而代森锰锌、百菌清、多菌灵 3 个处理组则在病害暴发期将发病率控制在 20%以下.

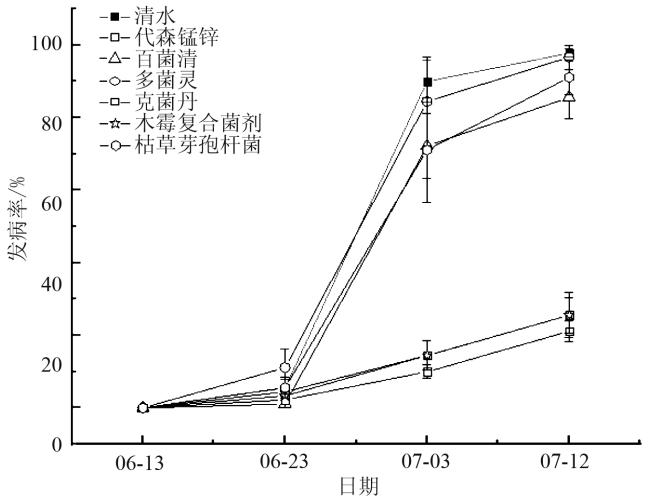


图 1　不同处理烟草棒孢霉叶斑病发生情况

不同药剂叶面喷雾处理后田间烟草棒孢霉叶斑病发生情况调查结果如表 2 所示(7 月 14 日). 结果表明，80%代森锰锌悬浮剂对棒孢霉叶斑病防控效果最好，防效可达 89.08%. 75%百菌清和 50%多菌灵可湿性粉剂防治次之，防效分别为 83.88%和 87.74%，但由于多菌灵残效期较长，所以不建议推广使用. 50%克菌丹可湿性粉剂和 10 亿个/g 枯草芽孢杆菌微囊粒剂的防治效果一般，防效仅为 30.12%和 14.26%. 而木霉复合菌剂对病害防控没有效果. 代森锰锌和百菌清处理的病情指数在 1%水平下与清水对照差异仍具有统计学意义.

表 2　不同处理对烟草棒孢霉叶斑病田间发病率和病情指数及防效的影响

药剂	发病率/ %	病情指数	防效/ %
80%代森锰锌悬浮剂	21.11±1.35	4.07±0.23Cd	89.08
75%百菌清可湿性粉剂	25.56±2.73	6.01±0.80Cd	83.88
50%多菌灵可湿性粉剂	20.00±2.19	4.57±0.74Cd	87.74
10 亿个/克枯草芽孢杆菌微囊粒剂	96.67±3.23	31.98±1.24ABbc	14.26
50%克菌丹可湿性粉剂	85.56±3.56	26.05±1.50Bc	30.12
木霉复合菌剂	91.11±6.01	39.01±2.43Aa	−4.64
清水对照	97.78±1.89	37.28±2.06Aab	

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

2.2 代森锰锌和百菌清复配剂对棒孢霉叶斑病发生的影响

用 80%代森锰锌悬浮剂与 75%百菌清可湿性粉剂 500 倍液复配剂进行叶面喷雾处理，田间烟草棒孢霉叶斑病发生情况如图 2 所示. 6 月 14 日进行第 1 次药剂喷施，全田无发病烟株，6 月 22 日首次在田中发现棒孢霉叶斑病病株，6 月 22 日后烟草棒孢霉叶斑病开始在田间流行暴发. 7 月 14 日清水对照组发病率达 97.78%，处理组发病率仅为 18.89%，处理组相对防效为 80.68%.

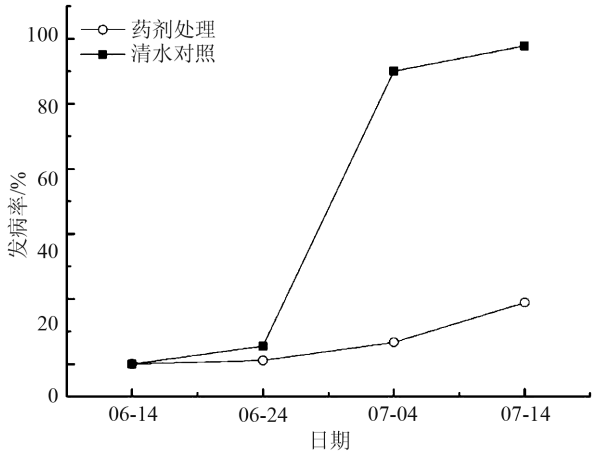


图 2 混配药剂处理与清水对照烟草棒孢霉叶斑病发生情况

3 讨论

烟草棒孢霉叶斑病在我国许多烟区属于新出现的病害，有关该病害在不同烟区的发生流行规律及防治方法鲜有报道. 重庆市涪陵烟草种植区是我国优质烟叶产区之一，但近年来烟草棒孢霉叶斑病的发生流行给当地烟农造成重大经济损失，而且该地区烟草棒孢霉叶斑病有逐年加重的趋势[4]. 研究表明，影响烟草棒孢霉叶斑病发生流行的因素复杂，其中品种抗性和气候条件对病害发生和流行至关重要. 本试验结果表明，在烟草棒孢霉叶斑病发生区域，病害发生前采用 80%代森锰锌悬浮剂和 75%百菌清可湿性粉剂进行叶面喷雾可有效防控该病，但两者混配施用并无增效作用，因此，建议在今后田间病害防控过程中轮换施用两种药剂，以降低病原菌抗药性产生速度，保证防控效果. 同时，重庆各植烟区生态条件(如海拔、温度等)和烟草棒孢霉叶斑病发生情况均存在一定差异，药剂防控效果可能不同，影响药剂防控效果的相关因素还有待进一步研究.

参考文献：

[1] 易 龙. 烟草主要叶斑病害的诊断及防治技术 [J]. 植物医生，2002，15(6)：7-9.
[2] 谭海文，卢燕回，王 雅，等. 广西烤烟棒孢霉叶斑病病原分子鉴定及其生物学特性 [J]. 植物保护，2012，38(5)：35-39，50.
[3] 关国经，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.
[4] 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.

Screening of Fungicides Against *Corynespora* Leaf Spot on Tobacco in Chongqing

RAN Mao[1,2], LI Han[3], WU Jie[1], SUN Xian-Chao[3]

1. Fuling Tobacco Company of Chongqing, Fuling Chongqing 408000, China;
2. Chongqing Tobacco Science Research Institute, Chongqing 400715, China;
3. School of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: In order to screen out effective fungicides for the prevention of *Corynespora* leaf spot on tobacco in Chongqing, a field experiment was made, in which mancozeb, chlorothalonil, carbendazim, trichoderma, trichoderma compounds or *Bacillus subtilis* was foliar sprayed on tobacco plants, with water spray as the control (CK). The results showed that 80% mancozeb suspension, 50% carbendazim wettable powder and 75% chlorothalonil wettable powder gave the best control result, their relative control effect being 89.08%, 87.74% and 87.74%, respectively. However, the residue period of carbendazim was too long to be recommended. Compounding of 80% mancozeb and 75% chlorothalonil also effectively reduced the incidence of *Corynespora* leaf spot of tobacco before the occurrence of the disease, with no synergism detected, though. Due to the long residual preiod of carbendazim, alternate application of mancozeb and chlorothalonil is recommended so as to delay the development of drug resistance in the pests and ensure the effects of disease control.

Key words: fungicide; *Corynespora* leaf spot of tobacco; control efficacy

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2019.06.008

育苗基质中添加不同微生物菌剂对烟草抗病性及产质量的影响①

杨会款[1], 徐传涛[2], 刘蔺江[2], 姜光平[2]

1. 西南大学植物保护学院, 重庆 400715
2. 四川省烟草公司泸州市公司, 四川 泸州 646000

摘 要: 土传病害给烟草的产质量造成严重损失, 而在大田施用生物菌剂进行生物防治往往因生防菌剂在土壤中适应增殖困难而效果不理想. 本研究采用基质拌菌的方法, 选取 4 种常用拮抗微生物菌剂(枯草芽孢杆菌菌剂、荧光假单胞杆菌菌剂、解淀粉芽孢杆菌菌剂和多粘类芽孢杆菌菌剂), 探究不同微生物菌剂早期根际定殖对烟草青枯病的防控效果及对烟株农艺性状和产量的影响. 结果表明: 在育苗基质中加入微生物菌剂可以优化烟草苗期和团棵期农艺性状, 提高烟草对青枯病的抗病性, 其中以培育 1 000 株烟苗的育苗基质中加入多粘类芽孢杆菌 500 g(有效芽孢量 5×10^3 亿 cfu)效果最好. 本试验结果为育苗基质拌菌技术在烟草促生和抗病方面提供理论支撑.

关键词: 微生物菌剂; 烟草产质量; 烟草抗病性; 育苗基质

中图分类号: S572; S435.72 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-1067(2019)06-0044-08

近年来, 由于烟区烤烟的长时间连作, 土壤中病原菌积累, 微生物结构失调, 植株生长不良, 抗性下降, 导致根茎病害逐年加重. 青枯病是烟草主要的一种根茎病害, 给烟草生产造成巨大损失, 严重威胁烟草行业的可持续发展. 以往在烟草种植过程中, 对根茎病害的防治主要依靠化学药剂, 随之带来了众多土壤环境问题. 随着生物防治越来越受到人们重视, 采用拮抗微生物防治土传性病害成为最具潜力的方式之一. 有研究表明, 土壤微生物组成和功能在初始时期的微小变化可以决定在自然田间条件下植物-病原体相互作用的结果, 即植物苗期根际土壤细菌群落结构和功能能决定植物未来的健康[1]. 同时也有研究证明: 育苗基质中添加芽孢杆菌后, 辣椒根际微生物区系将从低肥力的"真菌型"向高肥力的"细菌型"转化, 根际微生物多样性和酶活性提高, 从而促进辣椒幼苗生长, 并提高产量[2]. 芽孢杆菌属和假单胞杆菌属是土壤中非核糖体抗菌肽和聚酮化合物的主要生产者, 与抑制病原物有关[3-4]. 为了探究在育苗基质中添加微生物菌剂, 能否达到持续高效控病和减少投工及投入成本的目的, 本次试验在大田条件下, 选取枯草芽孢杆菌、荧光假单胞杆菌、解淀粉芽孢杆菌和多粘类芽孢杆菌 4 种微生物菌剂, 采用基质拌菌的方法, 评价不同微生物菌剂对烟草生长及根茎病害的防控效果, 为进一步筛选出有效控制烟草根茎病害的微生物菌剂, 推广育苗基质拌菌技术奠定基础.

① 收稿日期: 2019-09-19
基金项目: 国家烟草专卖局重大专项(110201901042LS-05); 中国烟草总公司四川省公司科技项目(SCYC201908).
作者简介: 杨会款(1995—), 女, 硕士研究生, 主要从事拮抗菌与烟草青枯病互作的研究. E-mail: 1745615391@qq.com

1　材料与方法

1.1　试验材料

1.1.1　试验药剂

A：10 亿个/g 枯草芽孢杆菌可湿性粉剂(云南星耀生物制品有限公司)；

B：3 000 亿个/g 荧光假单胞杆菌粉剂(常州兰陵制药有限公司)；

C：10 亿 cfu/g 解淀粉芽孢杆菌可湿性粉剂(云南星耀生物制品有限公司)；

D：10 亿 cfu/g 多粘类芽孢杆菌可湿性粉剂(武汉科诺生物科技股份有限公司).

1.1.2　供试品种

云烟 85.

1.2　试验地点

试验安排在四川省泸州市古蔺县双沙基地，海拔 1 129 m，北纬 27°83′37.68″，东经 105°79′10.4″；地块较为平整，烟草种植密度：行距 120 cm，株距 55～60 cm，每 667 m^2 平均种植 1 000 株左右；烟草连作 10 年以上，且青枯病高发，2018 年采收末期，试验地烟草青枯病发病率在 50% 以上.

栽培条件：试验所用烟苗采用漂浮育苗. 试验地 2019 年 4 月 15 日移栽，6 月 25 日盛花期打顶，7 月 10 日开始采收下部叶，8 月 25 日采收完成.

1.3　试验设计

试验共设 5 个处理，重复 3 次，共 15 个小区，小区面积约 50 m^2，小区四周设立隔离带，试验地面积约为 2 667 m^2. 具体试验处理方式及用量见表 1，烟苗在基质育苗盘上培育 85 d 后移栽.

表 1　试验处理方法及用量

处理	处理方法	每 1 000 株烟草育苗基质制剂用量/ g	每 1 000 株烟草育苗基质有效芽孢量
1	在育苗基质中加入 10 亿个/g 枯草芽孢杆菌 WP	100	1×10^3 亿个
2	在育苗基质中加入 3 000 亿个/g 荧光假单胞杆菌 DP	500	1.5×10^6 亿个
3	在育苗基质中加入 10 亿 cfu/g 解淀粉芽孢杆菌 WP	100	1×10^3 亿 cfu
4	在育苗基质中加入 10 亿 cfu/g 多粘类芽孢杆菌 WP	500	5×10^3 亿 cfu
对照	常规处理		

1.4　试验方法

1.4.1　生育期烟株农艺性状调查

按 YC/T 142－1998《烟草农艺性状调查方法》标准，对各处理烟草生育期(主要包括移栽期和团棵期)进行调查. 各处理选择有代表性的 5～10 株烟株挂牌标记，定点定株在烟草团棵期测定烟株的农艺性状. 农艺性状主要包括烟株的株高、茎围、最大叶长、最大叶宽，并利用公式(1)计算叶面积

$$叶面积(cm^2)=0.634\ 5\times叶长(cm)\times叶宽(cm) \quad (1)$$

1.4.2　病害调查

烟草病害发生情况按 GB/23222－2008《烟草病虫害分级及调查方法》调查. 结合当地的病害发生特点，主要对青枯病进行系统调查，调查每个小区的发病株数及发病级数，计算发病率和病情指数，病害调查可与测定烟草农艺性状同步进行. 根据病害的发生情况，在发病初期开始调查，每隔 4 d 调查 1 次，连续调查

4 次以上. 以株为单位分级调查.按公式(2)和(3)分别计算病株率和病情指数.

0 级：全株无病；

1 级：茎部病斑不超过茎围的 1/3，或 1/3 以下叶片凋萎；

3 级：茎部病斑环绕茎围 1/3 至 1/2，或 1/3 至 1/2 叶片轻度凋萎，或下部少数叶片出现病斑；

5 级：茎部病斑超过茎围的 1/2，但未全部环绕茎围，或 1/2 至 2/3 叶片凋萎；

7 级：茎部病斑全部环绕茎围，或 2/3 以上叶片凋萎；

9 级：病株全部叶片凋萎或枯死.

$$病株率=\frac{发病株数}{调查总株数}\times 100\% \tag{2}$$

$$病情指数=\frac{\sum(发病株数\times 该病级代表值)}{调查总株数\times 最高级代表值}\times 100 \tag{3}$$

2 结果与分析

2.1 对田间生育期的影响

不同处理对烟株生育期的影响见表 2. 解淀粉芽孢杆菌处理比对照组早 4 d 进入团棵期，荧光假单胞杆菌和多粘类芽孢杆菌处理比对照组早 2 d 进入团棵期. 说明育苗基质中加入有益微生物可以促进烟株的早生快发，以解淀粉芽孢杆菌效果最佳.

表 2 育苗基质中添加不同微生物菌剂对烟株田间生育期的影响

处理	移栽期	团棵期	现蕾期	打顶期
枯草芽孢杆菌	4 月 25 日	5 月 30 日	6 月 14 日	6 月 20 日
荧光假单胞杆菌	4 月 25 日	5 月 28 日	6 月 14 日	6 月 20 日
解淀粉芽孢杆菌	4 月 25 日	5 月 26 日	6 月 14 日	6 月 20 日
多粘类芽孢杆菌	4 月 25 日	5 月 28 日	6 月 14 日	6 月 20 日
常规对照	4 月 25 日	5 月 30 日	6 月 14 日	6 月 20 日

2.2 对移栽烟苗农艺性状的影响

由表 3 和图 1 可见，在移栽期，荧光假单胞杆菌、解淀粉芽孢杆菌、多粘类芽孢杆菌可显著增加烟草株高，其中解淀粉芽孢杆菌表现最为明显，比对照组高 2.54 cm；各处理最大叶长均显著增加，解淀粉芽孢杆菌的最大叶长最长，比对照长 4.20 cm；同样各处理的整株干质量也显著增加，其中差异最大的是多粘类芽孢杆菌，比对照组多 0.70 g；各处理的最大叶宽、最大根长和茎围虽未表现出显著的差异性，但是菌剂处理的各项农艺性状指标均优于对照组. 综合来看：多粘类芽孢杆菌对烟草移栽期农艺性性状影响最大，其茎杆较粗，叶片偏长，干物质较多.

表 3 育苗基质中添加不同微生物菌剂对移栽期烟苗农艺性状的影响

处理	株高/cm	茎围/cm	最大叶长/cm	最大叶宽/cm	最大根长/cm	整株干质量/g
枯草芽孢杆菌	4.60±0.06Aa	1.90±0.10Aa	14.77±0.46Ab	6.77±0.19Aa	6.30±0.38Aa	1.50±0.38Abc
荧光假单胞杆菌	5.57±0.32Ab	1.93±0.03Aa	17.40±1.46Abc	6.50±0.31Aa	6.53±0.19Aa	1.30±0.19Ab
解淀粉芽孢杆菌	6.87±0.88Bbc	1.90±0.06Aa	18.37±0.70Abc	6.70±0.31Aa	7.03±0.94Aa	1.53±0.94Abc
多粘类芽孢杆菌	5.57±0.32Ab	1.90±0.06Aa	17.40±1.46Abc	6.50±0.31Aa	6.53±0.19Aa	1.77±0.19Bc
常规对照	4.33±0.23Aa	1.73±0.07Aa	14.17±0.38Aa	6.50±0.46Aa	6.20±0.92Aa	1.07±0.92Aa

注：表中数值为平均值±标准误差，同列数值后不同小写字母表示处理间差异在 5%水平有统计学意义，不同大写字母表示处理间差异在 1%水平有统计学意义. 表 4、表 5、表 7 同.

多粘类芽孢杆菌　枯草芽孢杆菌　解淀粉芽孢杆菌　荧光假单胞杆菌　常规对照

图 1　育苗基质中添加不同微生物菌剂处理烟苗移栽前长势

2.3　对田间烟株团棵期农艺性状的影响

由表 4 可见,不同处理对烟草移栽 40 d 后(团棵期)的农艺性状影响较小,除最大叶长外,各处理在株高、茎围、最大叶宽、最大叶面积上与对照组均未表现出统计学意义上的差异性.但解淀粉芽孢杆菌与多粘类芽孢杆菌的最大叶长之间差异有统计学意义,前者的最大叶长为 57.47 cm,后者为 61.81 cm,两者相差 4.34 cm.

表 4　育苗基质中添加不同微生物菌剂对烟草团棵期农艺性状的影响(移栽后 40 d)

处理	株高/cm	茎围/cm	最大叶长/cm	最大叶宽/cm	最大叶面积/cm
枯草芽孢杆菌	62.61±4.99Aa	6.68±0.21Aa	59.08±1.22Ab	24.91±0.92Aa	934.56±49.20Aa
荧光假单胞杆菌	62.49±3.01Aa	6.83±0.12Aa	60.57±1.92Ab	25.04±0.52Aa	963.57±49.87Aa
解淀粉芽孢杆菌	64.69±2.28Aa	7.15±0.23Aa	57.47±1.40Aa	25.22±0.40Aa	919.47±8.19Aa
多粘类芽孢杆菌	63.84±3.66Aa	7.02±0.07Aa	61.81±1.48Ab	26.40±0.62Aa	1036.44±48.49Aa
常规对照	61.48±5.77Aa	7.05±0.41Aa	58.45±0.29Ab	24.53±0.95Aa	909.65±34.91Aa

2.4　对根系生长状况的影响

移栽 60 d 后烟株根系生长状况如表 5 所示.枯草芽孢杆菌、荧光假单胞杆菌、解淀粉芽孢杆菌、多粘类芽孢杆菌的根系鲜质量显著优于对照组,其中多粘类芽孢杆菌的根系鲜质量最大,为 146.67 g,比对照组重 26.67 g;在根体积方面,各处理与对照组间也同样存在着显著差异,其中最明显的是多粘类芽孢杆菌,其根体积为 195.07 cm^3,比对照组大 35.47 cm^3;在最大根长上各处理间无显著差异,整体上多粘类芽孢杆菌表现最好,最大根长最长,比对照长 4.67 cm.根系是烟株吸收土壤中水分和养分以及合成激素、生物碱的重要器官,其大小、分布及活力在很大程度上决定着烟株吸收的养分数量,对烟株的生长发育及烟叶产量、品质有着很大的影响.该试验表明:施用微生物菌剂可以促进烟株根系生长,其中以多粘类芽孢杆菌促进效果最明显.

表 5　育苗基质中添加不同微生物菌剂对烟草移栽 60 d 根系生长状况的影响(6 月 27 日)

处理	根系鲜质量/	最大根长/cm	根体积/ cm^3
枯草芽孢杆菌	123.33±8.82Ab	61.93±4.52Aa	164.03±11.63Ab
荧光假单胞杆菌	141.67±6.01Ab	62.00±4.62Aa	188.42±7.99Ab
解淀粉芽孢杆菌	136.67±17.64Ab	62.37±3.98Aa	181.77±23.46Ab
多粘类芽孢杆菌	146.67±8.82Ab	65.00±1.73Aa	195.07±11.73Ab
常规对照	120.00±5.77Aa	60.33±3.18Aa	159.60±7.68Aa

2.5 对田间烟草青枯病发生的影响

从 8 月上旬至 8 月中旬，对烟草青枯病的发生为害情况每隔 4 d 调查 1 次，共调查 4 次. 调查结果如图 2 所示. 各菌剂处理的发病率与对照组相比均有所减低，在发病初期(8 月 3 日)以多粘类芽孢杆菌的发病率最低，枯草芽孢杆菌次之. 在最后一次调查中，多粘类芽孢杆菌的发病率依旧为最低，较对照组低了 8.89%. 各处理的病情指数与对照组比均有所降低，在最后一次调查中，多粘类芽孢杆菌的相对防效最高，为 49.20%(表 6). 综上所述:各处理对烟草青枯病有一定的控制作用，多粘类芽孢杆菌效果最佳.

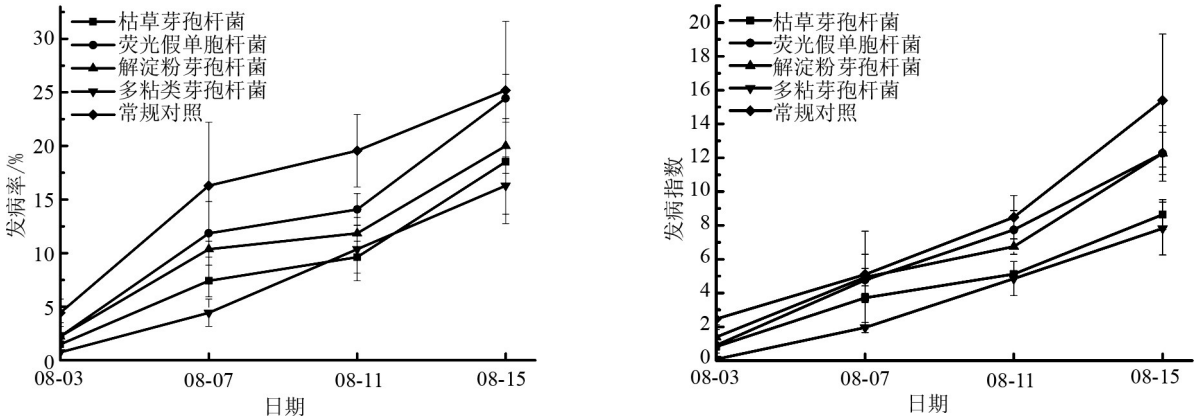


图 2 育苗基质中添加不同微生物菌剂处理烟草青枯病的发病率(左)与病情指数(右)

表 6 育苗基质中添加不同微生物菌剂在不同时期对烟草青枯病的相对防效

%

处理	8 月 3 日	8 月 7 日	8 月 11 日	8 月 15 日
枯草芽孢杆菌	66.67	27.18	39.51	43.85
荧光假单胞杆菌	63.33	6.45	8.74	20.32
解淀粉芽孢杆菌	43.33	3.23	20.39	20.32
多粘类芽孢杆菌	96.67	61.53	42.72	49.20
常规对照				

2.6 对烟草产量的影响

由表 7 可见，与对照相比施用微生物菌剂可以提高烟草的产量，其中以多粘类芽孢杆菌产量最高，667 m^2达到 147.47 kg，比对照组增加 6.84 kg，产值增加 334.72 元. 而且施用微生物菌剂在一定程度上提高了烟草的中上等烟叶比例，以多粘类芽孢杆菌的增加比例最大，说明育苗基质用菌剂处理对烟叶保质增产具有促进作用.

表 7 育苗基质中添加不同微生物菌剂对烤烟产值的影响

处理	667 m^2 产量/kg	上等烟叶比例/%	中上等烟叶比例/%	667 m^2 产值/元
枯草芽孢杆菌	144.50±2.18ABCab	33.99±3.60Aa	80.20±1.08Aa	3 715.77±56.01BCb
荧光假单胞杆菌	144.94±1.13ABCb	31.34±3.61Aa	79.80±1.08Aa	3 655.78±28.52Bb
解淀粉芽孢杆菌	144.08±0.59ABab	31.86±2.67Aa	79.76±0.80Aa	3 612.58±14.74ABb
多粘类芽孢杆菌	147.47±1.14CDcd	32.74±0.64Aa	80.44±0.78Aa	3 835.50±29.51Cc
常规对照	140.63±1.52Aa	31.46±1.47Aa	79.74±0.61Aa	3 500.78±37.79Aa

3　结论与讨论

3.1　结论

在育苗基质中施用多粘类芽孢杆菌(培育 1 000 株烟苗的育苗基质中施用 500 g)，在一定程度上可促进烟草地上部分和地下部分的生长，提高烟草本身的抗性，减轻烟草青枯病的发生，并且增加烟株中、上部叶片的质量，从而提高烟叶产量，增加中上等烟叶的比例，从而提高烟叶的品质.

3.2　讨论

植物根际促生菌(Plant growth-promoting rhizobacteria，PGPR)是指自由生活在土壤或附生于植物根际的一类可促进植物生长、防治病害、增加作物产量的有益菌类[5-6]. 自 1978 年首次报道植物根际促生菌后，现已发现荧光假单胞杆菌、芽孢杆菌、根瘤菌、沙雷氏菌属等 20 多个种属的根际微生物具有防病促生的潜能，效果最好的是假单胞菌，其次为芽孢杆菌属和农杆菌属等. 植物根际促生菌大多可以诱导植物产生生长激素，产嗜铁素的促生菌可以提高土壤铁活性，溶磷菌能提高土壤可溶性磷[7]，从而达到增强植物对病原菌和环境胁迫的抗性和忍耐力[8-9]和促进植物生长的目的.

多粘类芽孢杆菌是一类具有对植物非致病性且同时具有防病作用和促生作用的极富潜力的生防菌种，是一种很典型的根际促生菌(PGPR)[10]，已被农业部列为免做安全鉴定的一级菌种[11]. 郭芳芳等[12]在温室试验中发现，多粘类芽孢杆菌 CF05 菌株的发酵液和菌悬液对番茄幼苗均具有明显的促生效果，其中发酵液处理最佳，鲜质量增加 272.0%，干质量增加 266.7%. 徐玲等[13]在温室中采用浸根法发现，多粘类芽孢杆菌 HY96-2 发酵液施用后 21 d，对番茄青枯病防效可达 77.8%. 荧光假单胞菌是一种重要的植物病害生防菌和根际促生菌(PGPR)[14-15]. 顾金刚等[16]研究发现，荧光假单胞杆菌 RB42 和 RB49 通过促进烟草对磷和钾的吸收，从而促进烟草的生长. 柳辉林等[17]通过田间药效试验发现，667 m^2 使用 3 000 亿个/g 荧光假单胞杆菌粉剂 512.5～662.5 g，在烟叶收获 80%时对烟草青枯病的防治效果达到 54.1%以上，增产率达到 25%以上. 枯草芽孢杆菌在防治植物病害的发生、提高农作物产量、促进农作物生长等方面都有显著的作用，并且不会污染环境和危害人类健康，是较为理想的生防微生物[18]. 王美琴等[19]研究发现：枯草芽孢杆菌 Thhy1 菌株培养液能显著促进番茄幼苗的生长. 张秀玉等[20]从枯草芽孢杆菌中提取的抗菌蛋白在温室盆栽试验中防治烟草青枯病的效果为 70.80%，田间示范试验中防治效果最高达 48.86%. 解淀粉芽孢杆菌在自然界分布广泛，易分离培养，对人畜无毒无害，不污染环境，其代谢产物较为丰富，具有广谱抗菌活性和较强的抗逆能力，生长快，稳定性较好，很适合作为生防菌大量生产和应用[21]. 杨晓云等[22]研究发现，解淀粉芽孢杆菌生防菌株 B1619 对番茄生长具有显著促进作用，同时有研究证明解淀粉芽孢杆菌 B011 的发酵液在大田中对烟草青枯病的防效可达 40.49%[23]. 吴亚胜研究发现在育苗基质中添加丛枝菌根真菌菌剂，能够显著促进辣椒幼苗的生长，提高辣椒幼苗的菌根侵染率，且该方法省工高效，显著提高了育苗基质的使用效果[24]. 本试验在育苗基质中添加多粘类芽孢杆菌、解淀粉芽孢杆菌等微生物菌剂促进烟草生长，提高了烟叶的产量，并抑制了烟草青枯病发生的结果与前人研究结果是一致的，该结果也证明了在育苗基质中添加微生物菌剂既能发挥微生物菌剂促进植物生长防治病害的效果，也实现了减少投工和投入成本的目的. 生防芽孢杆菌施用后，稳定的定殖能力是其发挥生防、促生作用的关键因素[25]. 而施用不同微生物菌剂后对青枯病的防治效果和烟草促生效果不同的原因可能与微生物菌剂在烟草上的定殖能力和数量有关.

参考文献：

[1] WEI Z, GU Y A, FRIMAN V P, et al. Initial Soil Microbiome Composition and Functioning Predetermine Future Plant Health [J]. Science Advances, 2019, 5(9): eaaw0759. DOI:10.1126/sciadv.aaw0759.

[2] 王其传，孙 锦，束 胜，等. 微生物菌剂对日光温室辣椒生长和光合特性的影响 [J]. 南京农业大学学报，2012，35(6)：7-12.

[3] GARBEVA P, POSTMA J, VAN VEEN J A, et al. Effect of Above-ground Plant Species on Soil Microbial Community Structure and Its Impact on Suppression of Rhizoctonia Solani AG3 [J]. Environmental Microbiology, 2006, 8(2): 233-246.

[4] MENDES R, KRUIJT M, DE BRUIJN I, et al. Deciphering the Rhizosphere Microbiome for Disease-Suppressive Bacteria [J]. Science, 2011, 332(6033): 1097-1100.

[5] 孙 磊，宋 未. 非培养方法在植物内生和根际细菌研究中的应用 [J]. 自然科学进展，2006，16(2)：140-145.

[6] 胡江春，薛德林，马成新，等. 植物根际促生菌(PGPR)的研究与应用前景 [J]. 应用生态学报，2004，15(10)：1963-1966.

[7] KLOEPPER J W, LEONG J, TEINTZE M, et al. Enhanced Plant Growth by Siderophores Produced by Plant Growth-promoting Rhizobacteria [J]. Nature, 1980, 286(5776): 885-886.

[8] STURZ A. Bacterial Endophytes: Potential Role in Developing Sustainable Systems of Crop Production [J]. Critical Reviews in Plant Sciences, 2000, 19(1): 1-30.

[9] GLICK B R, PENROSE D M, LI J P. A Model for the Lowering of Plant Ethylene Concentrations by Plant Growth-promoting Bacteria [J]. Journal of Theoretical Biology, 1998, 190(1): 63-68.

[10] CHOIS K, PARK S Y, KIM R, et al. Identification and Functional Analysis of the Fusaricidin Biosynthetic Gene of Paenibacillus Polymyxa E681 [J]. Biochemical and Biophysical Research Communications, 2008, 365(1): 89-95.

[11] 宋永燕，李 平，郑爱萍，等. 生防细菌 LM-3 的鉴定及其抗菌蛋白的研究 [J]. 四川大学学报(自然科学版)，2006，43(5)：1110-1115.

[12] 郭芳芳，谢 镇，卢 鹏，等. 一株多粘类芽孢杆菌的鉴定及其生防促生效果初步测定 [J]. 中国生物防治学报，2014，30(4)：489-496.

[13] 徐 玲，王 伟，魏鸿刚，等.多粘类芽孢杆菌 HY96-2 对番茄青枯病的防治作用 [J]. 中国生物防治，2006，22(3)：216-220.

[14] 马成涛，胡青，杨德奎. 土壤有益微生物防治植物病害的研究进展 [J]. 山东科学，2007，20(6)：61-67.

[15] 杨 毅，李 治，高玲霞，等. 荧光假单胞菌抗生性代谢产物合成相关基因的研究现状 [J]. 中国生物工程杂志，2012，32(8)：100-106.

[16] 顾金刚，方敦煌，李天飞，等.荧光假单胞杆菌 RB-42、RB-89 促烟草生长机理初探 [J]. 植物营养与肥料学报，2002，8(4)：493-496.

[17] 柳辉林，张 剑，徐隆根，等. 荧光假单胞菌 3000 亿个/克粉剂防治烟草青枯病田间药效试验 [J]. 农药科学与管理，2008，29(6)：24-26.

[18] 张彩凤. 生防菌枯草芽孢杆菌的研究进展 [J]. 现代农村科技，2015(21)：47.

[19] 王美琴，刘慧平，韩巨才. 内生枯草芽孢杆菌 Thhy1 的促生与定殖力研究 [J]. 中国农学通报，2011，27(16)：196-199.

[20] 张秀玉，孔凡玉，王 静，等. 枯草芽孢杆菌 SH7 抑菌蛋白的分离纯化及对烟草青枯病菌的抑制作用 [J]. 中国烟草科学，2010，31(1)：13-15.

[21] 吴一晶，林艺芬，林河通，等. 生防菌解淀粉芽孢杆菌研究进展 [J]. 包装与食品机械，2012，30(6)：49-52.

[21] 杨晓云，陈志谊，蒋盼盼，等. 解淀粉芽孢杆菌 B1619 对番茄的促生作用 [J]. 中国生物防治学报，2016，32(3)：349-356.

[23] 夏 艳，徐 茜，董 瑜，等. 烟草青枯病菌拮抗菌的筛选、鉴定及生防特性研究[J]. 中国生态农业学报，2014，22(2)：201-207.

[24] 吴亚胜，王其传，祁红英，等. 育苗基质中添加丛枝菌根真菌菌剂对辣椒幼苗生长和光合参数的影响 [J]. 蔬菜，2018(7)：12-16.

[25] FAN B, BORRISS R, BLEISS W, et al. Gram-positive Rhizobacterium Bacillus Amyloliquefaciens FZB42 Colonizes Three Types of Plants in Different Patterns [J]. The Journal of Microbiology, 2012, 50(1): 38-44.

Effects of Different Microbial Agents Mixed with Tobacco Seedling-Nursing Substrates on Disease Resistance and Yield and Quality of Tobacco

YANG Hui-kuan[1], XU Chuan-tao[2], LIU Lin-jiang[2], JIANG Guang-ping[2]

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

2. Luzhou Branch of Sichuan Tobacco Company, Luzhou Sichuan 646000, China

Abstract: Soil-borne diseases cause serious losses to tobacco production. However, the application of biological agents in the field for biological control often gives unsatisfactory results due to the difficulty in adapting the biocontrol agents to the soil. In orderto provide a theoretical support to the seedling-substrate mixing technology for its promotion effects on tobacco growth and disease resistance, four commonly used antagonistic microbial agents (*Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *B. amyloliquefaciens* and *B. polymyxa*) were mixed with the seedling-nursing substrate of tobacco to explore the effect of early rhizosphere colonization of the microbial agents on tobacco bacterial wilt and on the agronomic characteristics and yield of tobacco plants. The results showed that the addition of microbial agents to the seedling-nursing substrate could enhance the agronomic traits of tobacco seedlings at the rosette stage and improve the resistance of tobacco to bacterial wilt. Of the treatments studied,the addition of *B. polymyxa* 500 g to the seedling-nursing substrate for 1 000 seedlings had the best effect.

Key words: microbial agent; yield and quality of tobacco; tobacco disease resistance; seedling-nursing substrate

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2019.06.009

植物诱抗剂与拮抗菌剂联用对烟草生长及青枯病的影响①

韩松庭[1], 王开宇[2], 何 楷[2], 黄纯杨[3]

1. 西南大学植物保护学院,重庆 400715;
2. 贵州省遵义市烟草公司正安县公司,贵州 正安 563400;
3. 贵州省遵义市烟草公司,贵州 遵义 563000

摘 要:为探究植物诱抗剂与拮抗菌剂联用对烟草生长及青枯病的影响,采用多粘类芽孢杆菌、水杨酸和 2,6-二氯异烟酸单独和联用处理进行田间小区试验,并设置空白对照,通过分析烟株农艺性状、青枯病发病情况和产量产值,系统评价了植物诱抗剂与拮抗菌剂联用的效果.结果表明,多粘类芽孢杆菌与水杨酸或 2,6-二氯异烟酸联用均能有效促进烟株的生长;多粘类芽孢杆菌与 2,6-二氯异烟酸联用对青枯病的防控效果显著高于其他处理;在单叶均质量和产量产值上,多粘类芽孢杆菌与 2,6-二氯异烟酸联用处理效果最好.本研究为烟草青枯病的生物防治提供了新的方法和思路.

关键词:多粘类芽孢杆菌;水杨酸;2,6-二氯异烟酸;烟草青枯病

中图分类号:S435.72 **文献标志码**:A **文章编号**:1007-1067(2019)06-0052-06

烟草青枯病是由茄科雷尔氏菌(*Ralstonia solanacearum*)引起的毁灭性土传病害.该病通过植物根系的微伤口侵入,引起植物叶片枯萎、维管束腐烂变黑,最终导致植株死亡[1].烟草青枯病的发生给我国烟叶生产带来了严重威胁,同时也是限制我国烟草行业发展的原因之一[2].本次试验选用的多粘类芽孢杆菌(*Paenibacillus polymyxa*)是一类产芽孢的革兰氏阳性细菌,属于类芽孢杆菌属.它能够产生多类抗菌物质,也能够通过固氮和溶磷作用为植物提供养料[3],促进植株生长,是一类同时兼具防病和促生作用的极富潜力的生防菌种.水杨酸、2,6-二氯异烟酸等植物诱抗剂是诱导植物产生系统获得抗性的关键信号分子之一[4-7],能诱导植物对病毒、真菌和细菌产生抗性[8-9].目前对单用植物诱抗剂和单用微生物菌剂的研究较多,但植物诱抗剂与微生物菌剂的联用对烟草青枯病的防治作用却鲜有报道,为寻求防治该病的方法,特进行了诱抗剂诱导效果及其与拮抗菌剂混用的效果评价,以期为烟草青枯病防治提供一条新途径.

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 试验药剂

2,6-二氯异烟酸(INA),上海毕得医药科技有限公司,纯度 99.6 %,分子式 $C_6H_3Cl_2NO_2$,相对分子量 192;水杨酸(SA),成都市科隆化学品有限公司,纯度 99.5 %,分子式 $C_7H_6O_3$,相对分子量 192;二甲亚砜(DMSO),成都市科龙化工试剂厂,纯度 99 %,分子式 C_2H_6OS,相对分子量 138.12;多粘类芽孢杆菌

① 收稿日期:2019-10-28
基金项目:国家烟草专卖局绿色防控重大专项(110201601025LS-05;110201901042LS-05).
作者简介:韩松庭(1995—),男,硕士研究生,主要从事天然产物农药研究.E-mail:han960216@163.com

(*Paenibacillus polymyxa*，*PP*)，总含量 10 亿 cfu/g.

1.1.2　供试品种

云烟 87.

1.2　试验地情况

试验地安排在贵州省遵义市正安县市坪乡龙坪组，海拔 1 200 m，北纬 28°15′2.74″、东经 107°35′51.34″；地块较为平整，烟草种植密度：行距 115 cm、株距 55～60 cm，平均 667 m^2 为 1 100 株左右；试验地选取连作青枯病高发地块，土壤 pH 值为 4.5～5.5.

1.3　试验设计

试验共 6 个处理(见表 1)，重复 3 次，采用单因素随机区组设计，共计 18 个小区，每个小区面积约 67 m^2，共1 200 m^2. 试验药剂先溶解于二甲亚砜中，最后用水进行稀释到指定浓度，施用方式采用灌根＋喷雾. 小团棵期(小培土)和打顶期对烟株全株叶面均匀喷施，同时在移栽和小培土时使用生防菌剂对烟株进行灌根处理.

表 1　试验处理药剂及施用方法

处理	药剂及 667 m^2 药剂用量	施用方法
1	多粘类芽孢杆菌 250 g ＋2,6-二氯异烟酸 2.5 g	灌根＋喷雾
2	多粘类芽孢杆菌 250 g ＋水杨酸 4.5 g	灌根＋喷雾
3	2,6-二氯异烟酸 2.5 g	喷雾
4	水杨酸 4.5 g	喷雾
5	多粘类芽孢杆菌 250 g	灌根
对照	清水	

1.4　调查方法与内容

1.4.1　烟株农艺性状调查

各小区选择有代表性的烟株 5～10 株挂牌标记，按 YC/T 142-1998《烟草农艺性状调查方法》标准，在烟草团棵期、现蕾期、打顶后 7 d 测定烟株的农艺性状，主要包括烟株的株高、茎围、有效叶片数、最大叶长、最大叶宽，并利用公式(1)和公式(2)分别计算单叶面积和叶面积指数.

$$\text{单叶面积}(cm^2)=0.634\ 5\times\text{叶长}(cm)\times\text{叶宽}(cm) \tag{1}$$

$$\text{叶面积指数}=\frac{\text{平均单叶面积}(cm^2)\times\text{有效叶片数}}{\text{平均单株占地面积}(cm^2)} \tag{2}$$

1.4.2　烟草青枯病调查

结合当地病害发生特点，按 GB/T23222—2008《烟草病虫害分级及调查方法》对病害进行系统调查，记录每个小区的发病株数及发病级数. 病害调查可与测定烤烟农艺性状同步进行. 根据病害的发生情况，从发病初期开始，每隔 5 d 调查 1 次，连续调查 4 次以上. 按公式(3)计算发病率，按公式(4)计算病情指数，按公式(5)计算相对防效.

$$\text{病株率}=\frac{\text{发病株数}}{\text{调查总株数}}\times 100\% \tag{3}$$

$$\text{病情指数}=\frac{\sum(\text{发病株数}\times\text{该病级代表值})}{\text{调查总株数}\times\text{最高级代表值}}\times 100 \tag{4}$$

$$\text{相对防效}=\frac{\text{对照病情指数}-\text{处理病情指数}}{\text{对照病情指数}}\times 100\% \tag{5}$$

1.4.3　测产取样

在烤烟结束后，分小区测定产量、产值. 选取烟株上、中、下叶各 10 片，测量单叶均质量和中上等烟叶

比例.

1.5 数据分析

采用 Excel 2003 对试验数据进行基本处理，采用 SPSS 16.0 统计软件 Duncan 氏新复极差法比较分析相关数据在 $p \leqslant 0.05$ 时的差异性是否有统计学意义.

2 结果与分析

2.1 植物诱抗剂与拮抗菌剂联用对烟草生长发育的影响

如表 2、表 3、表 4 所示，诱抗剂与拮抗菌剂联用对烤烟团棵期、旺长期和打顶期农艺性状有较好的提升作用，其中在株高、叶面积系数上与对照差异有统计学意义.

表 2 植物诱抗剂与拮抗菌剂联用对烤烟团棵期农艺性状的影响

处理	株高/cm	有效叶数/片	平均叶长/cm	平均叶宽/cm	最大叶面积/cm²	叶面积系数
1	38.89±0.80a	11.89±0.29a	42.26±0.76a	18.45±0.28ab	792.00±19.74a	1.14±0.04a
2	39.33±0.84a	11.44±0.11ab	37.70±1.59b	19.07±0.48a	768.73±54.07ab	1.03±0.08a
3	35.56±0.44b	10.22±0.22c	37.19±0.39b	16.71±0.07c	667.64±47.90bc	0.79±0.02b
4	35.67±0.58b	10.22±0.49c	36.89±0.28b	16.78±0.55c	691.71±34.36abc	0.80±0.03b
5	35.44±0.11b	10.78±0.11bc	36.44±0.22b	16.71±0.10c	622.94±8.22c	0.82±0.01b
对照	34.44±0.11b	10.22±0.45c	36.55±0.33b	17.44±0.17bc	668.48±18.76bc	0.82±0.03b

注：表中数值为平均值±标准误，同列数值后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 至表 5 同.

表 3 植物诱抗剂与拮抗菌剂联用对烤烟旺长期农艺性状的影响

处理	株高/cm	有效叶数/片	平均叶长/cm	平均叶宽/cm	最大叶面积/cm²	叶面积系数
1	96.11±0.62a	16.22±0.11a	56.44±0.84ab	24.00±0.95a	1 225.57±39.84a	2.66±0.11a
2	95.22±1.78a	16.33±0.19a	58.15±1.27a	23.04±0.84ab	1 257.37±89.54a	2.67±0.11a
3	87.22±1.60b	15.44±0.59ab	54.59±2.41ab	20.33±0.50c	990.10±53.03b	2.08±0.07b
4	85.56±0.80b	15.22±0.40ab	53.92±2.99ab	20.56±1.23bc	995.74±39.69b	2.03±0.06b
5	86.67±2.22b	15.44±0.48ab	50.56±2.00b	21.97±0.30abc	1 010.34±52.13b	2.06±0.04b
对照	89.45±1.47b	14.67±0.67b	51.59±1.92ab	21.63±0.48abc	997.43±27.95b	1.96±0.04b

表 4 植物诱抗剂与拮抗菌剂联用对烤烟打顶期农艺性状的影响

处理	株高/cm	有效叶数/片	平均叶长/cm	平均叶宽/cm	最大叶面积/cm²	叶面积系数
1	120.78±0.95a	19.89±0.11a	67.41±1.36a	28.66±0.91a	1 721.05±40.97a	4.61±0.13a
2	124.22±6.32a	21.00±0.33a	68.85±3.13a	27.41±0.21ab	1 638.35±73.85ab	4.66±0.11a
3	115.00±3.87a	20.00±0.39a	63.33±2.51a	25.78±0.45bc	1 478.81±47.95bc	3.92±0.10b
4	118.00±6.69a	20.45±0.22a	61.44±0.79a	26.59±0.62bc	1 480.29±28.77bc	4.04±0.08b
5	125.11±4.32a	20.78±0.40a	67.19±3.72a	25.37±0.19c	1 452.86±69.63bc	4.15±0.17b
对照	118.78±0.29a	20.55±0.40a	64.89±1.38a	25.37±0.48c	1 446.31±63.65c	3.94±0.13b

2.2 植物诱抗剂与拮抗菌剂联用对烟草青枯病的防控效果

INA＋多粘类芽孢杆菌、INA、多粘类芽孢杆菌处理青枯病发病率和病情指数均低于对照，其中以 INA＋多粘类芽孢杆菌对青枯病的防控效果最佳. 在发病高峰期，INA＋多粘类芽孢杆菌处理相对防效保持 50%以上，高于单用 INA 和单用多粘类芽孢杆处理，表现出较强的增效，具有很高的实用价值(图 1、图 2).

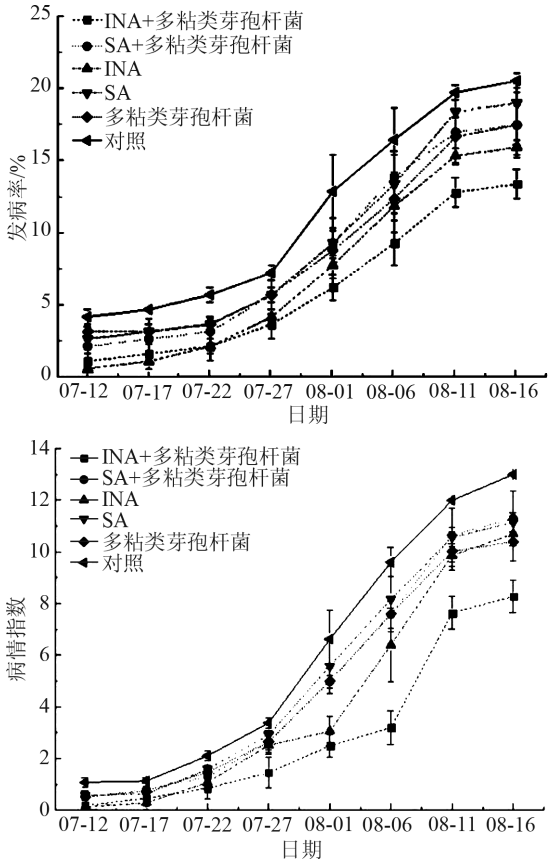
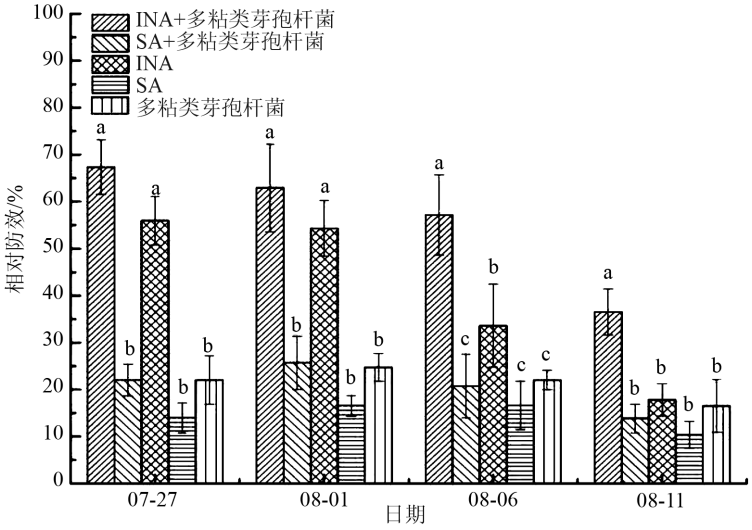


图 1　植物诱抗剂与拮抗菌剂联用对烤烟青枯病发病率和病情指数的影响



注：同一日期柱上不同小写字母表示处理间差异在 5%水平有统计学意义，图 3 同.

图 2　植物诱抗剂与拮抗菌剂联用在发病高峰期时相对防效变化

2.3　植物诱抗剂与拮抗菌剂联用对烟草产量产值的影响

2.3.1　对单叶均质量的影响

植物诱抗剂与拮抗菌剂联用处理对后期烤烟的烟叶质量的影响如图 3 所示：各处理对烤烟下部叶单叶均质量没有显著的影响；INA＋多粘类芽孢杆菌处理中部单叶均质量为 14.37 g，显著高于对照；INA＋多

粘类芽孢杆菌、多粘类芽孢杆菌的上部单叶均质量分别为 15.05 g 和 15.43 g，与对照无显著差异.

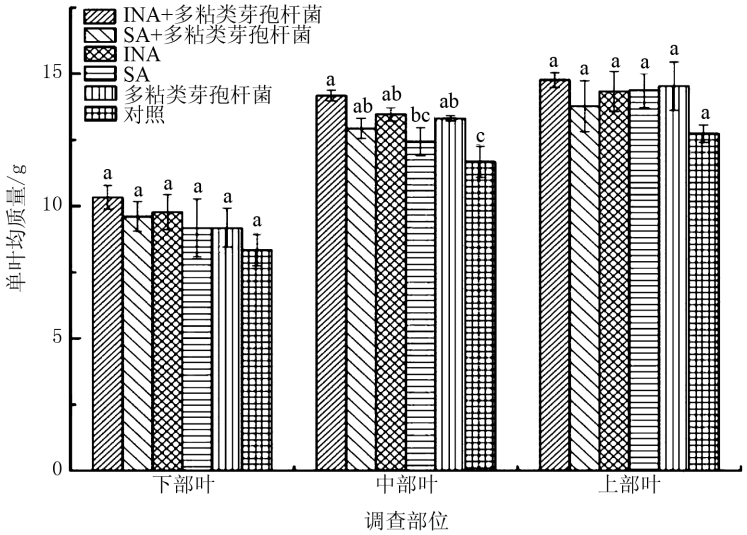


图 3 植物诱抗剂与拮抗菌剂联用对烟草单叶均质量的影响

2.3.2 对产量产值的影响

植物诱抗剂与拮抗菌剂联用对产量产值的影响如表 5 所示，各处理的产量产值较对照均增加，其中效果最好的是处理 1，667 m^2 产值平均增加 500.40 元，中上等烟叶率提高 8.7 个百分点，表明试验处理能较好提高烤烟烟叶产量，并提高中上等烟叶的产率.

表 5 植物诱抗剂与拮抗菌剂联用对烤烟产量产值的影响

处理	667 m^2 产量/kg	667 m^2 产值/元	均价/元·kg^{-1}	中上等烟叶比例/%
1	150.5±3.5a	3 869.00±10.70a	25.70±2.00a	89.2±0.60a
2	155.8±5.2a	3 654.60±60.60b	23.50±3.10a	87.5±0.73ab
3	149.6±3.8a	3 609.80±20.60b	24.10±1.20a	85.4±0.52bc
4	150.4±5.7a	3 459.10±44.00c	23.00±3.00a	83.4±0.96c
5	145.3±6.2a	3 661.10±16.30b	25.20±4.50a	87.2±0.53ab
对照	143.3±7.7a	3 368.60±56.30c	23.50±1.40a	80.5±0.67d

3 结论与讨论

本研究结果表明，多粘类芽孢杆菌与 INA 和 SA 联合处理对烤烟团棵期、旺长期和打顶期农艺性状均有显著的促进效果，表现为对烟株株高和叶面积系数的促进. 在病害方面，INA＋多粘类芽孢杆菌处理对烟草青枯病有较好的防治效果，并显著优于单用多粘类芽孢杆菌和单用 INA 处理. 在产量产值方面，INA＋多粘类芽孢杆菌处理的单叶均质量和 667 m^2 产值显著高于其余处理.

拮抗菌剂是利用有益微生物杀灭或压低病原生物数量以控制植物病害发生和促进植物生长的一类生物制剂[10]. 植物诱抗剂可以诱导植物的系统获得抗性的建立，引起细胞壁的修饰、植物抗毒素的产生和相关蛋白翻译，从而抵御病原菌的侵染[11]. 相关文献证明，青枯病发生的影响因素很多[12]，因此在防治烟草青枯病上要多种措施相互配合. 拮抗菌剂灌根结合诱抗剂叶面喷施，不仅可以抑制青枯病菌的侵染，而且还能诱导烟株自身产生抗性，从而提高了烟草青枯病的防治效果.

参考文献：

[1] HONGJ C, TIMUR MOMOL M, JI P S, etal. Management of Bacterial Wilt in Tomatoes with Thymol and Acibenzolar-S-Methyl [J]. Crop Protection, 2011, 30(10): 1340-1345.

[2] 袁晓霞. 浅析我国烟叶生产面临的主要问题 [J]. 中国烟草科学, 2009, 30(5): 77-80.

[3] KHAN Z, KIM S, JEON Y, et al. A Plant Growth Promoting Rhizobacterium, Paenibacillus Polymyxa Strain GBR-1, Suppresses Root-Knot Nematode[J]. Bioresource Technology, 2008, 99(8): 3016-3023.

[4] 王瑞霞, 王振中, 纪春艳, 等. 水杨酸诱导水稻抗菌物质对稻瘟病菌的抑制作用 [J]. 华中农业大学学报, 2011, 30(2): 193-196.

[5] 黄雪梅, 张　灿, 庞学群, 等. INA 诱导的香蕉果实抗病性与早期活性氧积累的关系 [J]. 园艺学报, 2011, 38(2): 265-272.

[6] ALVAREZ M E. Salicylic Acid in the Machinery of Hypersensitive Cell Death and Disease Resistance[M]//Programmed Cell Death in Higher Plants. Dordrecht:SpringerNetherlands, 2000: 185-198. DOI:10.1007/978-94-010-0934-8_14

[7] HIJWEGEN T, VERHAAR M A. Effects of Cucumber Genotype on the Induction of Resistance to Powdery Mildew, Sphaerotheca Fuliginea, by 2, 6-dichloroisonicotinic Acid [J]. Plant Pathology, 1995, 44(4): 756-762.

[8] WHITE R F. Acetylsalicylic Acid (Aspirin) Induces Resistance to Tobacco Mosaic Virus in Tobacco [J]. Virology, 1979, 99(2): 410-412.

[9] BASSON A E, DUBERY I A. Identification of a Cytochrome P450 cDNA (CYP98A5) from Phaseolus Vulgaris, Inducible by 3,5-dichlorosalicylic Acid and 2,6-dichloro Isonicotinic Acid [J]. Journal of Plant Physiology, 2007, 164(4): 421-428.

[10] 李玉福. 现代蔬菜病虫害的生物防治 [J]. 吉林蔬菜, 2014(4): 31-32.

[11] JAIN D, KHURANA J P. Role of Pathogenesis-Related (PR) Proteins in Plant Defense Mechanism[M]//Molecular Aspects of Plant-Pathogen Interaction. Singapore: Springer Singapore, 2018: 265-281. DOI:10.1007/978-981-10-7371-7_12

[12] 王　震. 水培番茄青枯病发生条件及防治研究 [D].武汉:华中农业大学, 2008.

Effects of Combined Application of Plant Inducers with Antagonistic Microbial Agents on Tobacco Growth and Bacterial Wilt

HAN Song-ting[1], WANG Kai-yu[2], HE Kai[2], HUANG Chun-yang[3]

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

2. Zheng'an County Company, Guizhou Tobacco Company, Zheng'an Guizhou 563400, China;

3. Zunyi City Company, Guizhou Tobacco Company, Zunyi Guizhou 563000, China

Abstract: In order to provide new ideas for biological control of tobacco bacterial wilt and overcome the limitations of microbial antagonist application, a field plot experiment was carried out, in which tobacco plants were treated with *Paenibacillus polymyxa*, salicylic acid and 2,6-dichloroisonicotinic acid separately or in combination, with a blank group as the control. The agronomic characters of the tobacco plants, the occurrence of bacterial wilt and the production output were analyzed, and the field control effect of combination of plant inducers and antagonistic microbial agents for tobacco bacterial wilt was systematically evaluated. The results showed that the combination of *P. polymyxa* with salicylic acid or 2,6-dichloroisonicotinic acid could significantly promote the growth of tobacco plants, the prevention and control effect of *P. polymyxa* combined with 2,6-dichloroisonicotinic acid on bacterial wilt was significantly higher than that of other treatments; and single-leaf weight and output value of *P. polymyxa* combined with 2, 6-dichloroisnicotinic acid were significantly higher than those of other treatments.

Key words: *Paenibacillus polymyxa*; salicylic acid; 2,6-dichloroiso-nicotinic acid; tobacco bacterial wilt

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2019.06.010

苹果病虫害农药防控改进方案的构建与应用研究①

明广增

山东省郓城县林业局,山东 菏泽 274700

摘 要:本研究针对我国山东省郓城县苹果病虫害发生为害日益严重的问题,在苹果树不同的生长期,采用不同的农药配方,连续 2 年对其进行改进农药防控和传统农药防控的对比试验,同时连续 3 年进行了大面积推广试验示范.结果表明,采用农药防控改进方案,用药种类及用药量明显减少,商品果率提高 10.86~11.29 个百分点,增产 8.48%~8.78%,产值增加 11.08%~11.35%.本研究构建的苹果病虫害农药防控改进方案,可为苹果病虫害化学防控提供指导.

关键词:苹果;防控改进试验;方案推广

中图分类号:S436.611 **文献标志码**:A **文章编号**:1007-1067(2019)06-0058-04

目前,山东省郓城县苹果种植存在果农管理水平低、种植面积大、病虫害发生为害严重、化学防治不规范等问题[1].为了更好地对该县苹果病虫害进行化学防治,保证苹果生产安全,笔者在总结郓城县苹果病虫害种类、发生规律以及发生趋势的基础上开展了苹果病虫害农药防控改进方案的构建及其应用研究,并取得较好的防治效果,以期为苹果病虫害防控提供方案和指导.

1 材料与方法

1.1 苹果病虫害药效防控改进田间试验

1.1.1 试验地块

试验地位于郓城县苹果园,设 3 个试验区,分别为:

A 区,郭屯镇七陵碑 8 hm^2;

B 区,玉皇庙镇西陈庄 14 hm^2;

C 区,陈坡镇尹庄 5 hm^2.

1.1.2 试验时间

试验时间为 2 年:2015 年和 2016 年.

1.1.3 试验材料

A 区:富士 8 年生苹果;

B 区:新红星 8 年生苹果;

C 区:烟富 5 号 5 年生苹果.

1.1.4 栽培措施

园地土壤肥力一般,统一采取清园、加强肥水、精细修剪、疏花疏果、放性引诱剂、悬挂防虫板及黑光

① 收稿日期:2019-08-30

作者简介:明广增(1972—),男,高级工程师,主要从事林果新技术推广应用.E-mail:hzycmgz@163.com.

灯等栽培管理措施，套袋后定期喷施波尔多液 200 倍液，生长季节的化学防控按试验设计用药.

1.1.5　试验设计

田间试验设置 2 个处理：农药防控改进试验区、传统农药防治试验区. 每个处理重复 3 次，随机排列. A 区 2 个处理：A1 为农药防控改进试验区，面积 6.67 hm^2；A2 为传统农药防治区，面积 1.33 hm^2. B 区 2 个处理：B1 为农药防控改进试验区，面积 13.33 hm^2；B2 为传统药农药防治区，面积0.67 hm^2. C 区 2 个处理：C1 为农药防控改进试验区，面积 4.33 hm^2；C2 为传统农药防治区，面积 0.67 hm^2. 各处理试验区的用药时间、用药次数及药剂品种(或组合)见表 1.

表 1　各试验区不同处理的用药方案

处理	花前	花后	套袋前	套袋后	膨大期	采收后
A1	十三吗啉乳油 1 000 倍液＋48% 毒死蜱乳油 1 000倍液(1 次)	80%大生 M-45 可湿性粉剂 800 倍液＋10% 蚍虫林可湿性粉剂 3 000 倍液＋5%噻螨酮乳油 1 500 倍液(1 次)	75%代森锰锌水分散粒剂 800 倍液＋10%吡虫啉可湿性粉剂 2 000 倍液＋5%霸螨灵悬浮剂 1 000倍液(1～2 次)	10%多抗霉素可湿性粉剂 1 500 倍液＋1.8%阿维菌素水乳剂 3 000 倍液＋ 20%阿维・螺螨酯悬浮剂 4 000 倍液(1～2 次)	10%多抗霉素可湿性粉剂 1 500 倍液＋22%高氯氟・噻虫嗪微胶囊悬浮剂 2 000 倍液(1～2 次)	3.2% 高氯甲维盐微乳剂 1 500 倍液＋70%代森联干悬浮剂 800 倍液(1 次)
A2	70%甲基托布津可湿性粉剂 800 倍液＋48%乐斯本乳油 800 倍液(1 次)	80%代森锰锌可湿性粉剂 800 倍液＋4.5%高效氯氰菊酯乳油 3 000 倍液(2 次)	70%甲基托布津可湿性粉剂 1 000 倍液＋15%螨死净乳油 2 500 倍液＋25%阿克泰水分散粒剂 8 000 倍液(2 次)	10%宝丽安可湿性粉剂 3 000 倍液＋20%灭扫利乳油 2 000 倍液＋25%灭幼脲 3 号悬浮剂 2 000 倍液＋5%霸螨灵悬浮剂 1 000 倍液(2 次)	50%扑海因可湿性粉剂 1 500 倍液＋20%灭扫利乳油 2 000 倍液(2 次)	10%蚍虫林可湿性粉剂 3 000 倍液＋70%甲基托布津可湿性粉剂 1 000 倍液(1 次)
B1	43%戊唑醇悬浮剂 5 000 倍液＋1.8%阿维菌素乳油 3 000 倍液(1 次)	1.5%多抗霉素可湿性粉剂 400 倍液＋1.8%阿维菌素乳油 4 000 倍液＋20%哒螨灵可湿性粉剂 2 500 倍液(1 次)	10%世高水分散粒剂 2 500倍液＋5%甲维盐水分散粒剂 5 000 倍液＋10%四螨嗪可湿性粉剂 1 500 倍液(1～2 次)	68.75%恶唑菌酮・锰锌水分散粒剂 1 500 倍液＋1.5%除虫菊素水乳剂 1 000 倍液＋10%阿维・哒螨灵水分散粒剂 1 500 倍液(1～2 次)	10%多抗霉素可湿性粉剂 1 500 倍液＋5%甲维盐水分散粒剂 5 000 倍液(1～2 次)	3.2% 高氯甲维盐微乳剂 1 500 倍液＋70%代森联干悬浮剂 800 倍液(1 次)
B2	50%多菌灵可湿性粉剂 800 倍液＋48%乐斯本乳油 800 倍液(1 次)	1.5%多抗霉素可湿性粉剂 400 倍液＋80%代森锰锌可湿性粉剂 800 倍液＋4.5%高效氯氰菊酯乳油 3 000倍液(2 次)	80%代森锰锌可湿性粉剂 800 倍液＋5%啶虫脒乳油 2 000 倍液＋24%螨威悬乳剂 5 000 倍液(2 次)	50%扑海因可湿性粉剂 1 500 倍液＋70%甲基托布津可湿性粉剂 1 000 倍液＋20%灭扫利乳油 2 000倍液＋24%螨威悬乳剂 5 000 倍液(2 次)	10%宝丽安可湿性粉剂 3 000 倍液＋20%灭扫利乳油 2 000 倍液(2 次)	10%多抗霉素可湿性粉剂 1 500 倍液＋1.8%阿维菌素水乳剂 3 000 倍液(1 次)
C1	12.5%烯唑醇超微可湿性粉剂 3 000 倍液＋1.8%阿维菌素乳油 3 000 倍液(1 次)	3%中生菌素可湿性粉剂 400 倍液＋0.3%苦参碱水剂 800 倍液＋20%哒螨灵可湿性粉剂 2 500 倍液(1 次)	70%甲基硫菌灵水分散粒剂 1 000 倍液液＋5%甲维盐水分散粒剂 5 000 倍液＋10%四螨嗪可湿性粉剂 1 500 倍液(1 次)	1%中生菌素水剂 1 000 倍液＋1.8%阿维菌素水乳剂 3 000 倍液＋10%阿维・哒螨灵水分散粒剂 1 500 倍液(1～2 次)	80%戊唑醇水分散粒剂 5 000 倍液＋5%甲维盐水分散粒剂 5 000倍液(1～2 次)	3.2% 高氯甲维盐微乳剂 1 500 倍液＋70%代森联干悬浮剂 800 倍液(1 次)
C2	40%信生可湿性粉剂 6 000倍液＋10%天王星乳油 3 000 倍液(1 次)	80%代森锰锌可湿性粉剂 800 倍液＋4.5%高效氯氰菊酯乳油 3 000 倍液＋20%哒螨灵可湿性粉剂 2 500倍液(2 次)	80%代森锰锌可湿性粉剂 800 倍液＋4.5%高效氯氰菊酯乳油 3 000 倍液＋5%霸螨灵悬浮剂 1 000倍液(2 次)	70%代森锰锌可湿性粉剂 800 倍液＋70%多菌灵可湿性粉剂 800 倍液＋1.8%阿维菌素水乳剂 3 000 倍液＋24%螨威悬乳剂 5 000 倍液(2 次)	70%甲基托布津可湿性粉剂 1 000 倍液＋5%阿克泰水分散粒剂 8 000 倍液(2 次)	70%多菌灵可湿性粉剂 800 倍液＋1.8%阿维菌素水乳剂 3 000 倍液(1 次)

1.1.6　调查方法和时间

各处理 5 点取样，每点固定调查 1 株苹果树. 每株树东、西、南、北、中固定调查当年生枝条，每个枝

条取 20 片叶，共计 500 片叶，喷药 30 d 后对螨类以百叶口数进行统计[2].

9 月 10 日进行叶部病虫害调查(如斑点落叶病、褐斑病、炭疽病、黑点病、潜叶蛾等)；叶部病害(斑点落叶病、褐斑病等)以病叶率进行统计，叶部虫害如潜叶蛾以虫叶率进行统计[3].

果实采收时，对每处理固定的 5 株树整株果实进行调查，以病果率(炭疽病、黑点病等)进行统计，同时对商品果率(特级、一级、二级果所占比例)、样树果品总质量及销售总额进行统计，折算为 667 m^2 商品果率、增产率及产值增加情况[4].

1.2 苹果病虫害药效防控改进试验的推广

在田间药效试验的基础上，于 2016—2018 年在郓城县 20 个乡镇 96 个果园推广该项技术，其中农药防控改进试验区总面积 700 hm^2，传统农药防治试验区面积 33.33 hm^2. 分别在 2 个处理区对每个果园随机选取 5 株苹果树作为观测样本树，叶部病害、螨类及潜叶蛾发生情况调查方法同上. 苹果成熟期每处理人工采摘就地单独存放，计算每处理 5 株树结果数量，结合果实商品性状进行等级分类，病果率观测统计，称取质量并进行记录. 按照 96 个果园农药防控改进试验区和传统农药防治对照区进行统计，计算平均值及标准差，进行统计学分析.

2 结果与分析

2.1 田间防效试验

2015 年和 2016 年农药防控改进试验结果如表 2 所示，农药防控改进试验区病叶率、百叶螨数、潜叶蛾虫叶率及病果率均显著低于常规防治区；果实个数均显著高于常规防治区；商品果率均高于常规防治区，2015 年 A、C 2 个果园和 2016 年 B、C 2 个果园不同处理间商品果率 1%水平上差异有统计学意义；农药防控改进区果品总质量均显著高于传统防治区，增产 8.15%以上，果个均匀；产值增加 11.12%以上. 这些结果表明：在苹果生产中采用本研究的防控改进方案对其病虫害防控取得了良好的防治效果.

表 2 田间药效试验效果

年份	处理	病叶率/%	百叶螨数/头	潜叶蛾虫叶率/%	果数/个	病果率/%	商品果率/%	果品总质量/kg	增产率/%	产值增加率/%
2015 年	A1	2*	214**	2**	1 553**	1.09**	84**	317.13*	11.59	13.28
	A2	3.6	425	3.6	1 407	2.02	73	284.21		
	B1	1.6**	226**	2.4**	1 496**	0.94**	82*	275.72**	9.03	12.10
	B2	3.6	407	4	1 405	2.03	71	252.9		
	C1	2**	219**	2**	1 608**	0.93**	84**	447.59**	8.15	11.12
	C2	3.93	387	3.6	1 504	2.15	75	413.86		
2016 年	A1	2.4**	201**	1.6**	1 621*	0.88**	84	345.24**	8.34	11.27
	A2	3.2	387	3.6	1 503	2.4	76	318.65		
	B1	2**	209**	1.6**	1 576*	0.95**	83**	305.11**	9.8	12.15
	B2	3.6	369	3.6	1 424	2.36	72	277.88		
	C1	2**	213**	1.6**	1 685**	0.83**	84**	458.56**	10.34	12.88
	C2	3.6	408	3.2	1 537	2.88	72	415.62		

注：A、B、C 分别代表 3 个试验区，同一区内 2 个处理之间比较，* 表示在 5%水平上差异有统计学意义，** 表示在 1%水平上差异有统计学意义.

2.2 田间药效试验推广

推广农药防控改进的结果如表 3 所示，2016 年 96 个果园中农药防控改进区比传统农药试验区的平均商品果率提高 10.86 个百分点，增产 8.52%，产值增加 11.08%；2017 年农药防控改进区比传统农药试验区的平均商品果率提高 11.1 个百分点，增产 8.78%，产值增加 11.35%；2018 年农药防控改进区比传统农药试验区的平均商品果率提高 11.29 个百分点，增产 8.48%，产值增加 11.24%.

这些研究结果表明:农药防控改进效果十分显著,大面积推广应用可提高商品果率,增加产值,该项技术切实可行,适于在苹果生产中推广.

表 3　田间药效试验推广效果

年份	处理	病叶率/%	百叶螨数/头	潜叶蛾虫叶率/%	商品果率/%	增产率/%	产值增加率/%
2016	改进	2.42	217	2.61	85.04	8.52	11.08
	传统	4.11	418	4.05	74.18		
2017	改进	2.32	214	2.52	85.60	8.78	11.35
	传统	4.23	423	4.12	74.50		
2018	改进	2.38	218	2.59	85.54	8.48	11.24
	传统	4.24	421	4.16	74.25		

3　结论与讨论

在加强果树清园、肥水管理、精细修剪、疏花疏果、果实套袋、释放性引诱剂、悬挂防虫板及黑光灯等绿色防控的基础上,2016－2018 年在郓城县 700 hm^2 苹果园推广了农药防控改进技术,强化绿色农药的使用. 试验证明,用药种类及用药量明显减少,防治成本明显降低,苹果病虫害明显减轻,同时商品果率提高 10.86～11.29 个百分点,增产 8.48%～8.78%,产值增加 11.08%～11.35%. 本次苹果病虫害绿色农药防控大面积推广应用非常成功,并且取得了明显的经济效益,实现了降本提质、确保安全的生产目标.

参考文献:

[1] 赵承真,王敬廷,黄美华,等. 郓城县苹果主要病虫害发生规律调查 [J]. 植物医生,2018,31(11):58-60.
[2] ZHOU H, ZHANG Y Q, LAI T, etal. Acaricidal Mechanism of Scopoletin Against *Tetranychus cinnabarinus*[J]. Frontiers in Physiology, 2019, 10: 164.
[3] 谢超杰,君广斌,史录印,等. 渭北苹果常见叶部病害的主要种类及防病对策 [J]. 果农之友,2013(12):28,30.
[4] 许兰兰,黄　曦,李昆志,等. 海洋真菌的筛选及其对离体荔枝果霜霉病和炭疽病的防效 [J]. 中国生物防治学报,2011,27(2):214-220.

Construction and Application of an Apple Disease and Pest Green Control Scheme

MING Guang-zeng

Shandong Yuncheng Forestry Bureau, Heze Shandong 274700, China

Abstract: Apple diseases and insect pests are an increasingly serious problemin Yuncheng County, Shandong Province, China. In a two-year experiment different pesticide formulations were used to treat apple trees at different growth periods, and the results were compared with those of traditional chemical control. Then, large-scale demonstration experiments were carried out in three consecutive years for the extension of the improved control scheme. The results showed that compared with the method of traditional chemical control, the improved control scheme significantly reduced the types and amount of drugs used, and increased commercial fruit rate, apple yield and the output value by 10. 86%～11. 29%, 8. 48%～8. 78% and 11. 08%～11. 35%, respectively. In conclusion, the improved control scheme developed in this study may provide a guidance for the control of apple diseases and insect pests.

Key words: apple; improved control test; scheme extension

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2019.06.011

苏云金杆菌 G033A 对萝卜黄曲条跳甲的防治效果研究①

孙光忠[1], 方国斌[1], 匡 辉[1],
司升云[2], 王 攀[2], 望 勇[2]

1. 湖北省植物保护总站, 武汉 430070; 2. 湖北省武汉市农业科学院蔬菜研究所, 武汉 430065

摘 要: 黄曲条跳甲是为害十字花科蔬菜的重要害虫之一, 威胁湖北省蔬菜产业的生产和发展. 为了探究苏云金杆菌 G033A 可湿性粉剂对黄曲条跳甲的防治效果, 设计了 3 个不同处理浓度进行试验, 结果表明, 667 m^2 用量为 100、150、200 g, 其药后 7 d 防效分别为 72.4%、85.6%和 87.4%, 其中 667 m^2 用 150～200 g 的防效显著高于对照药剂 5%啶虫脒乳油. 从经济有效角度出发, 在成虫盛发初期施用苏云金杆菌 G033A 效果最佳. 施药时间应选择阴天或晴天傍晚, 其推荐用药量为 667 m^2 施用 150～200 g.

关键词: 苏云金杆菌 G033A; 黄曲条跳甲; 防治效果

中图分类号: S433.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-1067(2019)06-0062-03

黄曲条跳甲(*Phyllotreta striolata* Fabricius)是为害十字花科植物的重要害虫之一, 成虫取食植物叶部造成叶片孔洞, 幼虫严重为害根部使叶片发黄萎蔫, 严重时造成幼苗死亡[1-2]. 近年来, 随着湖北省种植结构调整及精准扶贫战略的深入开展, 蔬菜产业规模逐年上升. 据统计, 截至 2017 年, 全省蔬菜种植面积达 124.8 万 hm^2, 其中白菜、甘蓝、萝卜、油菜、芥菜等十字花科蔬菜的种植面积 60.07 万 hm^2, 占蔬菜总面积的 48.12%, 且呈持续增长态势. 湖北省种植产业结构的精细调整为黄曲条跳甲等蔬菜害虫提供了良好的生存环境和为害条件, 对十字花科蔬菜产业的生产和发展构成极大威胁[3]. 苏云金芽胞杆菌因其药效快、杀虫效果佳、无残留、对非靶标生物安全等特点成为目前推广最为广泛的生物杀虫剂. 武汉科诺生物科技股份有限公司研发的生物杀虫剂苏云金芽胞杆菌(Bt)工程菌 G033A, 可同时防治鳞翅目、鞘翅目叶甲科害虫[4]; 该药剂对萝卜黄曲条跳甲的防治效果较好, 但使用不规范. 为此, 笔者于 2018 年进行了 32 000 IU/mg 苏云金杆菌 G033A 可湿性粉剂不同浓度对萝卜黄曲条跳甲防治效果的试验, 以期为田间施药提供参考.

1 材料与方法

1.1 试验药剂

32 000 IU/mg 苏云金杆菌 G033A 可湿性粉剂, 武汉科诺生物科技股份有限公司提供; 5%啶虫脒乳油, 江西中迅农化有限公司产品(市售).

① 收稿日期: 2019-08-09
作者简介: 孙光忠(1968-), 女, 推广研究员, 主要从事农药生物测定和田间试验工作. E-mail: 1803145998@qq.com
通信作者: 司升云(1970-), 男, 高级农艺师, 主要从事农药生物测定和田间试验工作. E-mail: 370129204@qq.com

1.2　试验地概况

在山西省晋中市榆次区上丁里村萝卜地中进行试验. 试验地土壤为壤土，pH 值中性，土壤较肥沃，栽培管理与常规管理相同. 萝卜品种为新科 791，播种时间为 2018 年 7 月 18 日.

1.3　试验设计

试验设 3 个处理，分别为每 667 m^2 喷施 32 000 IU/mg 苏云金杆菌 G033A 可湿性粉剂 100、150、200 g·mL^{-1}，5%啶虫脒乳油 90 g·mL^{-1}为对照药剂，以喷施清水为不施药对照. 每处理 4 次重复，共计 20 个小区，采用随机区组排列，每小区面积约 18 m^2，区组间、小区间设隔离行，四周设保护行.

1.4　施药时间和方法

试验于 2018 年 8 月 21 日施药 1 次. 此时萝卜处于莲座期，叶片生长旺盛，黄曲条跳甲处于发生盛期. 按上述试验设计用量，每 667 m^2 对水 40 L，用 AGROLEX SPRAYER 利农- HD400 型喷雾器对萝卜植株进行均匀喷雾.

1.5　调查内容、时间和方法

每小区随机 10 点取样，每点取相邻 2 株，定株编号挂牌，共计 20 株，调查整株苗上的活成虫数. 施药前进行基数调查，分别于施药后 2 d 和 7 d 调查固定植株上的残留虫量，共计调查 3 次.

1.6　数据处理

根据调查数据计算防治效果，计算公式参照《农药田间药效试验准则》[5]，并采用 DPS(Data Process System)数据处理系统对防效进行邓肯氏新复极差法(DMRT)差异显著性测验[6].

$$虫口减退率=\frac{药前活虫数-药后活虫数}{药前活虫数}\times 100\%$$

$$防治效果=(1-\frac{ck_0\ 活虫数\times pt_1\ 活虫数}{ck_1\ 活虫数\times pt_0\ 活虫数})\times 100\%$$

其中，ck_0 表示对照区药前，ck_1 表示对照区药后，pt_0 表示处理区药前，pt_1 表示处理区药后.

2　结果与分析

试验结果看出，32 000 IU/mg 苏云金杆菌 G033A 可湿性粉剂 667 m^2 施用 100、150、200 g·mL^{-1}时可用于防治萝卜黄曲条跳甲，施药后 2 d 其防效分别为 67.9%，72.2%，78.6%，每 667 m^2 用 200 g 与化学药剂 5%啶虫脒乳油的防效差异不大，此时 667 m^2 用 100、150 g·mL^{-1}的防效低于化学药剂 5%啶虫脒乳油的防效，且差异有统计学意义；药后 7 d 防治效果分别达 72.4%，85.6%，87.4%，667 m^2 用量 150、200 g·mL^{-1}的防效高于化学药剂 5%啶虫脒乳油的防效，667 m^2 用量为 100 g·mL^{-1}的防效与化学药剂 5%啶虫脒乳油的防效差异不大(表 1).

表 1　苏云金杆菌 G033A 可湿性粉剂对萝卜黄曲条跳甲的防治效果

处理	667m^2 用量/g·mL^{-1}	药前基数	施药后第 2 d			施药后第 7 d		
		活虫数/头	活虫数/头	减退率/%	防效/%	活虫数/头	减退率/%	防效/%
苏云金杆菌 G033A	100	27.8±4.1	8.8±1.3	68.3±2.0	67.9±1.6cB	7.0±0.8	74.5±0.8	72.4±1.2bB
	150	25.3±3.0	7.0±1.1	72.3±2.4	72.2±1.4bcAB	3.5±0.9	86.8±1.4	85.6±1.6aA
	200	29.0±3.1	6.3±1.1	78.3±2.2	78.6±1.5abAB	3.5±1.0	88.3±2.1	87.4±2.2aA
5%啶虫脒乳油	90	28.3±1.6	4.8±0.8	83.0±2.3	83.0±2.1aA	5.5±0.3	80.5±0.7	78.9±0.9bAB
清水对照		28.5±1.9	28.3±1.6	0.70±2.9		26.5±1.7	6.9±2.2	

注：表中所列数值为 4 次重复的平均值. 数据采用邓肯氏新复极差法(DMRT)统计分析，同列数值后不同小写字母表示处理间差异在 0.05 水平有统计学意义，不同大写字母表示处理间差异在 0.01 水平有统计学意义.

3 结论与讨论

试验结果表明，32 000 IU/mg 苏云金杆菌 G033A 可湿性粉剂是防治萝卜黄曲条跳甲较为理想的药剂，其速效性一般，使用 1 周后防效显著优于化学药剂啶虫脒，且在使用剂量范围内对萝卜安全，可以大面积推广应用. 从经济有效角度出发，32 000 IU/mg 苏云金杆菌 G033A 可湿性粉剂对萝卜黄曲条跳甲防治的田间推荐有效用药量为 667 m^2 施用 150、200 g·mL^{-1}，按药量 667 m^2 对水 40 L 在成虫盛发初期进行施药. 施用该药剂应根据黄曲条跳甲成虫活动特点及习性，选择在成虫羽化盛发初期施药以达到最佳的防治效果. 施药时药液要从外围向中心包围，以防止黄曲条跳甲跳跃或飞逃；同时，要注意向作物根部和叶背喷施，使假死的成虫和根部的幼虫均能得到有效控制[7]. 药后 24 h 内如遇有大雨，天晴后应补施 1 次，注意不能与碱性农药混配. 在晴朗天气可早晚趁露水未干时喷药，夜间喷药效果尤佳，阴天可全天喷药.

参考文献：

[1] 贤振华，齐秀玲，孙 晋，等. 6 种药剂对黄曲条跳甲的活性及药效 [J]. 农药，2010，49(3)：223-224，227.
[2] 伍海森. 几种杀虫剂防治黄曲条跳甲田间药效试验 [J]. 广西热带农业，2005(1)：1-3.
[3] 万 利，韩 英，张占英，等. 黄曲条跳甲无公害综合防治研究现状 [J]. 湖北植保，2019(2)：57-60.
[4] 刘华梅，许国建. 微生物农药苏云金杆菌 G033A [J]. 农药科学与管理，2018，39(4)：59-60.
[5] 国家质量技术监督局. 农药田间药效试验准则(一)[M]. 北京：中国标准出版社，2000.
[6] 唐启义，冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京：科学出版社，2002.
[7] 韦瑞敏，潘善斌，蒲红英. 1.45%阿维.吡虫啉防治黄曲条跳甲的药效试验[J].中国农业信息，2013(3)：104.

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2019.06.012

乳山大姜健康栽培中存在的问题及改进措施①

修明霞[1], 李 配[2], 姜小堂[1], 王 炜[2], 李登云[2]

1. 山东乳山市果茶蚕工作站,山东 乳山 264500;2. 山东乳山市植保站,山东 乳山 264500

摘 要: 大姜是我国重要的经济栽培作物,也是我国的重要蔬菜品种.近年来,大姜种植已成为乳山地区农民增收致富的一大支柱产业,并已实现了产业化经营.然而随着种植规模的逐渐增加,栽培措施不当、常年连作、肥料与农药使用不科学、病虫害发生普遍等问题也逐渐成为影响乳山地区大姜生产发展的关键.针对近年来该地区大姜生产中的问题,笔者进行了较系统的分析,并提出相应的解决措施.

关键词: 乳山;大姜;连作;农药;病虫害

中图分类号: S436.32 **文献标志码:** B **文章编号:** 1007-1067(2019)06-0065-04

大姜是我国重要的经济作物,目前已在 20 多个省(市、区)种植,主要集中在山东、安徽、四川等地区.据全国农业技术推广服务中心统计,山东是我国大姜栽培面积最大的省份,乳山市为主要种植区之一,种植历史久远,是当地农民增收致富的重要支柱产业[1].该地区土质疏松、透气好,以砂壤土为主,光温等气候环境适宜于大姜生长.近年来,乳山地区的大姜种植面积逐年增加,已经达 3 000 hm^2,每公顷产量也达到了 45 000 kg 以上,具有显著的经济效益[2].然而随着乳山地区大姜生产的迅速发展,规模化程度增高,大姜的生产技术、土壤生态环境、病虫害等问题也日渐凸显.在生产技术方面,部分地区姜农种植偏早,导致大姜前期长势偏慢,不整齐,且容易受到低温的影响.其次,为了追求高产值、高效益,部分姜农轮作意识不强,连作问题逐渐凸显.伴随长期连作,也衍生出了较多土壤生态问题及有害生物发生问题等[3].如土壤酸碱度失衡,土壤酸化范围与程度增加,逐渐成为限制大姜健康生长的首要因子;土壤营养失衡,部分田块有机质含量降低、中微量元素缺失;土壤微生物群落结构被扰乱,拮抗微生物种群丰度降低,病原微生物种群丰度突增.以上问题导致了土壤微生态失衡,大姜病虫害为害加重,如姜瘟病、姜炭疽病、姜螟等[4],尤其是姜瘟病,茎腐病等.伴随着长期连作不断加剧,病虫害发生为害程度也呈现逐年递增态势,逐渐成为乳山大姜持续健康生产的重要限制因子.

针对近几年来乳山大姜生产过程中存在的问题,笔者进行了系统的调研与分析,并总结提出了解决这些问题的措施.

① 收稿日期:2019-08-07

作者简介:修明霞(1970—),女,高级农艺师,主要从事农业技术推广工作.E-mail:2073049762@qq.com

通信作者:李登云(1962—),男,高级农艺师,主要从事农业技术推广工作.E-mail:1158625678@qq.com

1 大姜健康栽培中存在的问题

1.1 栽植时间过早

大姜是一种适宜于温暖环境中生长、不耐寒、不耐霜的经济作物，出芽温度在 16 ℃以上，最适宜温度为 22～25 ℃[5]. 乳山地区是典型的沿海气候，早春气温回升较慢，种植大姜的时间为“清明”后至 4 月 20 日，而这段时间温度已经有明显回暖，最高温度可以达到 16 ℃以上. 而当前在大姜的种植中，多数姜农采用露地种植，且栽培时间提前到了 3 月底 4 月初，该时期乳山温度普遍偏低，在 10 ℃以下，易造成姜芽受冻，出芽不整齐，导致缺苗，需要后期补苗，同时也影响大姜生长期的健康与抗性.

1.2 土壤微生态恶化

由于姜农个人土地面积有限，同时大姜产业高产高效益，大姜种植的连作现象突出，有些地块连作年限长达 13 年. 生姜连作后常引发姜瘟病、茎腐病等病害发生，发病率最高可以达到 70％以上，导致减产或绝收[6]. 此外，已有研究表明，生姜连作年限超过 8 年，土壤中的微生物群落结构失衡，有害真菌与细菌增加，土壤有益微生物类群丰度降低，一定程度上造成连作障碍[7]. 许永利等对大姜连作后土壤的生态活性进行评估，发现土壤中的过氧化氢酶、蔗糖酶、磷酸酶活性都大幅下降，土壤 pH 值降低，土壤有机质下降，说明连作阻碍了土壤健康与大姜产业可持续发展[8].

1.3 施肥管理不科学

1.3.1 施用的有机肥未充分腐熟

有机肥能够有效改善土壤结构，提高肥料利用率，改善蔬菜品质[9]. 科学正确的有机肥施用是保证大姜优质生产的关键，调查发现，乳山地区多数姜农使用未充分发酵腐熟的鸡粪作为基肥. 一方面鸡舍消毒残留的火碱烧伤大姜的毛细根；另一方面未腐熟鸡粪在土壤中发酵，产生大量的热量，伤害大姜根系，影响根系吸收养分的功能[10-11]；三是鸡粪中仍存在大量病原菌，导致大姜土壤病害发生[12].

1.3.2 化学肥料施用时期不准确

大姜的施肥技术方面，部分姜农认为施肥越多，产量越高，对大姜的需肥规律不清，盲目地大量使用化肥，远远超出了大姜根系的吸收能力，造成化肥浪费与土壤污染[13]. 尤其是在出芽到三杈期为大姜的自养阶段，基本不需要从外界吸收其他养分. 然而姜农每公顷使用复合肥、磷酸二铵和钾肥 1 500～3 000 kg 作为基肥，且大部分姜农前期过量追施复合肥，整体施肥量过多. 此外，在“立秋”扶垄培土时，多数姜农施肥量过多，每公顷一次施用化肥 1 500～2 250 kg，使用 2～3 d 后，容易造成叶片干尖、黄梢现象，影响光合作用，降低光合产物积累. 9 月和 10 月是大姜生长的高峰期，是姜块膨大期和形成大姜产量的重要时期，姜块膨大需要吸收大量养分，尤其是钾元素；但多数农民认为，9 月距离大姜收获还有 40～50 d，没有必要再追施化肥，直接影响大姜产量.

1.3.3 对生物有机肥认识不足，重视不够

生物有机肥包含有益微生物、有机物以及营养元素，肥料均衡持久，尤其能缓解农药、化肥、激素性肥料对生态环境造成的危害，改善土壤结构，提高肥料利用率，改善蔬菜品质[9]. 孔祥波等研究表明，增施生物有机肥可显著提高生姜叶片色素含量及净光合速率，促进生姜生长，同等养分的生物有机肥与化肥配施，生姜植株的茎粗、分枝数分别比纯施化肥的增加 13.6％和 18.58％，茎、叶鲜质量分别增加 16.67％和 32.52％，产量提高 23.46％[14-15]. 然而，姜农对微生物有机肥的作用认识不足，重视不够，大部分姜农仍然

采用单纯的无机化肥.

1.4　病虫害防治不科学

乳山市大姜主要病虫害有姜瘟、茎基腐病、炭疽病、姜螟、根结线虫和蓟马等,然而在防治过程中存在一系列问题.

1.4.1　盲目施药

姜农未能掌握病虫害的发生规律,不了解病虫害防治的关键时期,盲目防治,随意施药且无目的性.

1.4.2　农药的选购渠道不正规

农药的购买渠道不正规,选购的农药对发生的病虫害不能对症下药.

1.4.3　农药随意配制混用

部分姜农在施用农药时,常将多种农药盲目混合,且随意加大农药的使用浓度,增加投入成本,甚至会造成药害.

2　大姜健康栽培的技术措施

大姜种植多年来,在栽培、施肥、农田管理、病虫害防治等方面都存在不少问题,为了保证大姜种植的产量和质量,必须积极落实健康栽培技术,借助于土壤健康维护、适时播种、田间管理、病虫害防治等技术,实现大姜的高效栽培.

2.1　土壤整理与健康维护

大姜的根系不够发达,在土壤中分布不深,利用肥料的能力有限.因此,保证土壤有较好的通透性和保水保肥性,富含有机质,控制土壤的 pH 值为 6.2～7.0,是大姜健康栽培的重要措施.此外,在大姜收获后,应及时进行秋冬耕作,每公顷土壤施用 4 500～5 000 kg 的有机肥,以保证土壤中有丰富的有机质,以满足大姜生长的需要.

2.2　适当加大行距,缩减株距

由于大姜为浅根性作物,根系集中在土壤表面 30 cm 土层内横向发展,行距小于 60 cm 不利于根系的扩展和植株的通风透光.因此,适当加大行距减小株距有利于大姜根系的扩展,提高根系吸收能力,一般大姜行距以 65～70 cm 为宜.

2.3　合理施肥,增施有机肥

在连作土壤中,多采用有机肥替代单纯的氮肥作为基肥,在一定程度上可以降低大姜根茎硝酸盐含量,提高淀粉、可溶性糖、蛋白质、维生素 C 等的含量,尤其显著提高挥发油含量[14].此外,可以选择腐殖酸类有机复合肥,增加土壤微生物量,提高酸性磷酸酶和蔗糖酶活性[16].在 9 月大姜成熟期,可加大钾肥使用量,促使姜块膨大,达到增产提质的目的.

2.4　加强病虫害防治工作

增施磷钾肥及中微肥,增加植株对姜瘟病、茎腐病等病害的抵抗力;进入汛期,清理排水沟,注意雨后排水,旱天及时浇水等,能有效抑制病虫害的发生为害及综合防治.病虫害高发期,结合药剂防治,推广使用生物农药和高效低毒低残留农药.在加强病虫害的预测预报的基础上,抓住姜瘟病、茎腐病、姜螟等病虫害发生与防治的关键时期,选购三证齐全,防治对象明确的高效、低毒、低残留的农药;并合理配制农药,无论是可湿性粉剂还是水剂,农药在配制前先按 1∶5 至 1∶10 的比例配制成母液,待泡 20～30 min 后再

倒入盛水的容器内，随倒随搅拌然后开始喷洒. 严格按照农药说明书和技术部门的指导意见进行配制，合理地交替使用农药. 改变随意施药、盲目混用的现象，对姜瘟病、茎腐病、姜螟等主要病虫害实行统防统治.

参考文献：

[1] 王永长，杨庆锋，杜迎辉，等. 大姜姜瘟病的生物防治技术 [J]. 中国果菜，2015，35(4)：64-65.
[2] 宫锡鸿，王晓虹，宋友玉，等. 乳山市大姜主要病虫害防治技术 [J]. 植物医生，2008，21(4)：13.
[3] ZHANG S T，LIU X J，JIANG Q P，et al. Legacy Effects of Continuous Chloropicrin-fumigation for 3-Years on Soil Microbial Community Composition and Metabolic Activity [J]. AMB Express，2017，7：178.
[4] 吴永忠. 生姜连作田病害高发原因及防治对策 [J]. 植物医生，2008，21(3)：23-24.
[5] 王文刚. 山东凌河镇大姜高效栽培技术要点 [J]. 农业工程技术，2019，39(5)：67-68.
[6] 徐 坤，康立美.生姜高产栽培技术研究 [J]. 山东农业科学，1999，31(2)：28-29.
[7] 陈 政. 连作生姜根际土壤微生物群落结构分析 [D]. 泰安：山东农业大学，2013.
[8] 许永利. 生姜连作土壤生态系统调控研究 [D]. 北京：中国农业大学，2014.
[9] 李梦梅，龙明华，黄文浩，等. 生物有机肥对提高番茄产量和品质的机理初探 [J]. 中国蔬菜，2005(4)：18-20.
[10] MONDINI C，DELL'ABATE M T，LEITA L，et al. An Integrated Chemical，Thermal，and Microbiological Approach to Compost Stability Evaluation [J]. Journal of Environment Quality，2003，32(6)：2379.
[11] 鲍艳宇，颜 丽，娄翼来，等. 鸡粪堆肥过程中各种碳有机化合物及腐熟度指标的变化 [J]. 农业环境科学学报，2005，24(4)：820-824.
[12] 张 津，刘 微，李博文. 番茄秸秆和鸡粪堆腐中微生物菌剂的筛选 [J]. 河北农业大学学报，2013，36(5)：76-81.
[13] 黄国勤，王兴祥，钱海燕，等. 施用化肥对农业生态环境的负面影响及对策[J]. 生态环境，2004，13(4)：656-660.
[14] 孔祥波，徐 坤，尚庆文，等. 生物有机肥对生姜生长及产量、品质的影响 [J]. 中国土壤与肥料，2007(2)：64-67.
[15] 孔祥波，徐 坤. 不同肥料对生姜产量及叶片光合作用和叶绿素荧光特性的影响 [J]. 植物营养与肥料学报，2008，14(2)：367-372.
[16] 刘兰兰，史春余，梁太波，等. 腐植酸肥料对生姜土壤微生物量和酶活性的影响[J]. 生态学报，2009，29(11)：6136-6144.

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2019.06.013

杨树主要病虫害的种类与治理策略①

于贺艳

辽宁省喀左县森林病虫害防治检疫站,辽宁 喀左 122300

摘 要: 杨树是辽宁省喀左县主要造林绿化树种,近几年连年发生病虫害,造成了严重的损失.为了摸清杨树主要病虫害的发生原因和发生规律,探索切实可行的防治策略,喀左县森林病虫害防治检疫站经过 3 年的调查研究与防治实践,总结了目前喀左县杨树主要病虫害的种类、发生为害规律及其环保高效、易于操作的治理策略,为今后喀左县乃至其他地区搞好杨树病虫害防治提供参考.

关键词: 杨树;病虫害;发生规律;防治策略

中图分类号: S763.7 **文献标志码:** B **文章编号:** 1007-1067(2019)06-0069-04

杨树(*Populus* L.)是杨柳科(Salicaceae)杨属(*Popnulus*)的植物,为高大乔木,具有抗旱耐寒、适应性强、生长迅速等特点,是防风固沙、环境保护等重要的树种[1-2].在辽宁省喀左县,杨树是主要的造林绿化树种之一.就杨树的生长过程来看,幼龄林和中龄林极易遭受病虫为害,一旦病虫害大发生,人工林将出现大面积死亡,给环境保护和经济发展造成严重损失[1].鉴于此,喀左县森防站进行大量的实地调查及试验研究,旨在摸清杨树主要病虫害的发生原因和发生规律.

本研究调查的地点主要包括渗津河流域、平子镇和桃花池林场等杨树人工纯林地.调查时间为 2015 年 4 月至 2018 年 3 月,调查方法包括:实地跟踪调查、采集病虫害标本、利用显微镜查找病原体,此外,还通过防治实践对防治措施进行筛选及验证.本文基于这 3 年的调查研究与防治实践,总结了喀左县杨树上发生的病虫害种类及为害规律,并归纳出一系列切实可行的防治措施.

1 病虫害种类及发生为害规律

1.1 杨树烂皮病(*Cytospora chrysosperma*)

杨树烂皮病是一种树干病害,严重发生时可引起整株死亡,危害林业生产.杨树烂皮病又被称为腐烂病,其典型症状为树皮腐烂[3].引起该病发生的病原菌是一种真菌,无性型为金黄壳囊孢菌(*Cytospora chrysosperma*),有性型为 *Valsa sordida* [4].

发病规律:病菌以菌丝、分生孢子器或子囊壳在病组织内越冬.翌年春季,产生分生孢子进行传播,孢子萌发通过各种伤口侵入寄主组织.3 月下旬开始发病,形成新病斑,老病斑继续扩展.4 月中旬至 5 月下旬为发病盛期,10 月停止发展[3-5].

1.2 杨干象(*Cryptorrhynchus lapathi* L.)

杨干象为杨树的主要蛀干害虫之一,属鞘翅目象虫科,是国内林木植物的检疫害虫之一[6].主要对 5

① 收稿日期:2019-08-19

作者简介:于贺艳(1978—),女,高级工程师,主要从事林业有害生物防控工作.E-mail:kzsfzyhy@163.com

年生以下的幼林造成为害.

发生与为害：1 年发生 1 代，以初孵幼虫和卵在树干、树皮内越冬. 翌年 3 月下旬越冬幼虫开始活动，4 月上旬越冬卵相继孵化，5 月下旬开始化蛹，6 月中旬成虫羽化，7 月为成虫期，卵寿命平均为 63 d.

1.3 白杨透翅蛾(*Paranthrene tabaniformis* Rottemburg)

白杨透翅蛾是杨树苗木和幼苗的主要枝干害虫，属鳞翅目透翅蛾科. 该虫以幼虫形态为害苗木和幼树枝干、侧枝和顶梢，被害枝干组织增生形成瘤状虫瘿，致使树木枯萎秃梢，易被风折. 因其危害日益严重，防治难度大，辽宁省于 2015 年将其补充为林木检疫性有害生物[7].

发生与为害：1 年发生 1 代，以幼虫在被害枝干木质部越冬，翌年 4 月中下旬开始活动为害，5 月下旬开始化蛹，6 月中旬至 7 月下旬成虫出现并开始产卵，7 月上旬新孵幼虫侵入树干，一直为害到 10 月进入越冬.

1.4 光肩星天牛(*Anoplophora glabripennis* Motschulsky)

光肩星天牛是杨树重要的蛀干害虫之一，属鞘翅目天牛科[8]. 光肩星天牛以幼虫蛀入木质部为害，成虫亦可取食叶片、叶柄及嫩枝皮层，对杨树造成极大危害.

发生与为害：1 年发生 1 代，以卵在树皮中越冬，翌年 4 月越冬卵孵化后，幼虫开始在蛀道中为害. 为害大树和成熟、过熟林，造成树干、大侧枝以及枝干外千疮百孔，树干内坑道密布，大枝或整株枯死.

1.5 舞毒蛾(*Lymantria dispar* Linnaeus)

舞毒蛾属鳞翅目毒蛾科毒娥属. 大面积暴发时会导致植物叶片被食光，严重影响林木生长[9].

发生与为害：1 年发生 1 代，以卵在树干或屋檐、墙角、石块处越冬，翌年 4 月下旬至 5 月上旬孵化为幼虫，幼虫期 1.5 个月，6 月中下旬老熟幼虫化蛹，蛹期 10～15 d，7 月上旬至下旬羽化成虫，卵期长达 9 个月. 在林间、疏林地和行道树上发生量大，为害较重.

1.6 杨毒蛾(*Leucoma candida*)

杨毒蛾是杨树常见的食叶害虫之一，属鳞翅目毒蛾科. 该虫多于嫩梢取食，严重时可将全株叶片食光[10].

发生与为害：1 年发生 1 代，以幼虫在树干的裂缝、树洞和枯枝落叶层中越冬. 翌年 4 月下旬至 5 月下旬恢复取食，6 月上旬老熟幼虫化蛹，蛹期 8～11 d，6 月下旬至 7 月中旬成虫期. 成虫有趋光性，羽化后即交尾产卵，卵期 10 d 左右. 幼虫白天潜伏在树干基部、树皮裂缝或爬下寄主钻入石块杂草下，于夜间上树取食. 9 月下旬幼虫下树进入越冬场所.

1.7 柳毒蛾(*Leucoma salicis*)

柳毒蛾属鳞翅目毒蛾科，是为害杨树的另一种食叶害虫，以幼虫啃食叶片为害，受害叶片呈缺刻或孔洞状[11].

发生与为害：1 年发生 2 代，以 3～4 龄幼虫在树干的裂缝、树洞和枯枝落叶层中越冬. 翌年 4 月下旬至 5 月下旬恢复取食，6 月下旬化蛹，蛹期 8～10 d. 6 月中旬第 2 代成虫出现，成虫羽化后即交尾产卵. 卵期 10 d 左右孵化幼虫. 幼虫夜间上树取食，白天潜伏于树干基部、树皮缝及地表石块杂草下. 8 月中旬第 1 代成虫羽化，10 月中旬幼虫下树，进入越冬场所. 成虫有趋光性.

1.8 白杨叶甲(*Chrysomela populi* Linnaeus)

白杨叶甲是为害杨树的重要叶部害虫，属鞘翅目叶甲科，成虫为害嫩梢幼芽，幼虫取食叶肉，严重影响树木生长[12].

发生与为害：1 年发生 1 代，以成虫在枯枝落叶或表土中越冬，翌年 4 月开始活动，成虫上树取食并交尾，5 月上旬产卵，可延长至 6 月，卵产在叶片上，呈块状. 6 月下旬出现成虫，在表土、落叶、杂草中越夏，8 月下旬又活动取食，9 月下旬下树越冬. 成虫有假死性.

2　治理策略

2.1　治理原则及综合防治策略

对于杨树病虫害的防治，需以生态学理论为依据，以保持和改善生态平衡为着眼点，采用营林措施为基础的综合治理. 综合治理是要把包括检疫检查、预测预报和林业技术中的良种壮苗、科学造林、适地适树，及时合理地修枝、培育，以及生物的、化学的 、物理的各种措施进行合理安排，使其相互协调、互为补充. 综合治理体现了预防为主、自然控制和积极消灭三者的统一，具体还需加强以下 3 方面的工作：

2.1.1　加强检疫，防止从外地传入危险性有害生物

杨树种类较多，苗木引进流出量大，因此容易通过苗木的运输而异地传播扩散，所以应加强检疫. 目前杨树的重要检疫对象包括杨干象、白杨透翅蛾.

2.1.2　加强对发生病害树木的管理

病害发生严重的树木，需加强管理，如当腐朽病发生严重时，应对不能复壮的树木适度伐除，以减少病源，预防对健康树木的侵害. 同时，要慎重选用外地树种，尽量选用本土抗病虫害的品种.

2.1.3　安全用药，科学治理

对于害虫的防治，需尽量采取绿色安全的方法，目前的人工物理方法对害虫的治理及预防具有较好的效果，如频振式杀虫灯诱集有趋光性的成虫、性引诱剂诱杀的方法. 对为害严重的树木，可适当进行药剂处理，选择药剂时，尽量选用生物农药，如 BT 制剂、病毒制剂、白僵菌制剂等；如果需要选用化学农药进行防治，需选用低毒、低残留、无污染的药剂，如灭幼脲、菊酯类等，同时，药剂需具有较强选择性，对天敌损害较小.

2.2　具体防治措施总结

根据治理原则和喀左县的防治经验，提出了一些环保高效、易于操作的防治措施.

2.2.1　物理防治

A1：冬春季翻树盘，修剪枝杈，破坏越冬期害虫的越冬场所及卵块.

A2：用佳多频振杀虫灯诱集有趋光性的成虫，诱虫灯应该设置在离发生林较近的林缘、山坳、路旁、河旁等开阔地带.

A3：对腐烂病发生严重、不能复壮的林木适度伐除. 减少病源，预防对健康林木的侵害.

A4：摘除卵块，集中烧毁或深埋.

2.2.2　生物防治

B1：在幼虫取食期，用 0.36％苦参碱水剂 150 mL，加水 800 倍，喷雾防治.

B2：保护利用天敌，比如螳螂、胡蜂、瓢虫、蜘蛛、寄生蝇、鸟类等.

2.2.3　仿生防治

C1：在幼虫 2～5 龄时使用 1.8％阿维菌素乳油 12 000 倍液喷雾防治，每株用药量 6～9 mL.

C2：用 20％灭幼脲 3 号，667 m^2 用药量 30～40 mL，对水 2 000～3 000 倍喷雾.

2.2.4　化学防治

D1：幼虫取食期，使用 20％氰戊菊酯乳油 30 mL，对水 2 000～3 000 倍喷雾.

D2：利用害虫上下树习性，用毒绳绑扎树干毒杀阻隔.

2.2.5　特定防治

E1：属国内检疫对象的，应做好产地、调运检疫工作.

E2：在幼虫为害期，用打孔机在树干基部打深 1.0～1.5 cm 的孔，每株打 4～6 孔. 用注药器或注射器每孔注入 40％乐果乳油 1∶1 药液，距注药孔 3 m 以内的幼虫均可杀死.

2.2.6　病害药物防治

F1：利用 0.1％升汞液、40％福美砷 100 倍液、50％退菌特、70％甲基托布津、50％多菌灵等刮皮涂干.

林业专用四霉毒(梧宁霉素)涂抹 10～50 倍液；喷雾 800～1 000 倍液.

2.2.7 其他防治

G1：此种有害生物在本地有分布，但未发生过为害，一般不采用专门的防治措施，只要做好监测即可.

以上为防治杨树病虫害的整体防治策略，但就不同的病虫害，需选择不同的防治方案，具体总结为表 1 所示.

表 1 辽宁省喀左县杨树主要病虫害及其具体治理策略

病虫害名称	防治措施(代码)
杨树烂皮病	A3，F1，G1
杨干象	B2，D1，E1，E2，G1
白杨透翅蛾	B2，E1，E，G1
光肩星天牛	B2，D1，E2
舞毒蛾	A1，A2，A4，B1，B2，C1，C2，D1，G1
杨毒蛾	A2，A4，B1，B2，C1，C2，D1，D2，G1
柳毒蛾	A2，A4，B1，B2，C1，C2，D1，G1
白杨叶甲	A2，A4，B2，C1，D1，G1

注：表中代码对应 2.2 中的具体防治措施.

3 讨论

本文就喀左县杨树上的 8 种主要病虫害及其发生为害规律进行了详细描述，并总结了防治这些病虫害的综合治理策略.

在进行具体治理时，需注意以下几点：①根据其生物学特性在最薄弱环节上采取综合防治技术措施，包括检疫阻截、人工物理生物防治、高效低毒无公害的化学防治等. ②确定最佳防治适期，在最关键的时期进行防治，不但防治效果好，而且使用药剂少. ③一旦发现某种病害或虫害，要防止其扩散蔓延，保护生态资源和生态环境不受到破坏. ④药物防治主张推广精准施药，减量施药，减少常规喷雾，尽量应用新技术、新机具，降低用药量，提高农药的利用率.

参考文献：

[1] 李亚杰. 中国杨树害虫[M]. 沈阳：辽宁科学技术出版社，1983.
[2] 曹晓冬，周立刚，谢光辉，等. 杨树主要病虫害的防治技术 [J]. 林业实用技术，2005(5)：24-26.
[3] 李胜邦. 杨树烂皮病综合防治技术探析 [J]. 现代园艺，2018(16)：79.
[4] 杨 冬. 高原杨树烂皮病及其发病原因 [J]. 植物保护，2004，30(5)：35.
[5] 刘伟莉，童光凡. 杨树烂皮病综合防治概述及方案 [J]. 种子科技，2019，37(3)：91-92.
[6] 姚 琪. 杨干象的识别及防治对策 [J]. 农业与技术，2018，38(8)：189.
[7] 王雪梅. 白杨透翅蛾生活史、习性调查及不同生长阶段的主要防治方法 [J]. 绿色科技，2017(19)：92-93，95.
[8] 骆有庆，黄竞芳，李建光. 我国杨树天牛研究的主要成就、问题及展望 [J]. 昆虫知识，2000，37(2)：116-122.
[9] 李文爱. 舞毒蛾的综合治理 [J]. 陕西林业科技，2001(1)：39-41.
[10] 加晓波. 陕州区杨毒蛾虫害风险分析 [J]. 河南林业科技，2017，37(1)：41-43.
[11] 康海珍. 湟源县柳毒蛾的发生与防治 [J]. 现代农业科技，2013(16)：126.
[12] 禚伟华，闫若皎，孙元凯，等. 苦参烟碱烟剂对白杨叶甲的防治效果 [J]. 吉林林业科技，2011，40(2)：56，59.

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2019.06.014

预防花生植株死亡的几项农艺措施①

张 峰[1], 段军莲[2], 王 敏[2]

1. 山东省临沭县石门镇农业技术推广站,山东 临沂 276705;
2. 山东省临沭县农业农村局,山东 临沂 276700

摘 要: 花生生长过程中植株死亡率居高不下,严重影响了花生生产.山东省临沭县多年生产实践发现,病虫害是造成植株死亡的直接因素,而农艺操作不当却是花生病虫为害的重要诱因.本文分析了花生植株死亡的农艺诱发因素,并根据不同诱因,总结出合理轮作、适期播种、合理施肥等农艺预防措施,以期改善花生生长环境,切断病原菌传播途径,减少虫源积累,促进花生苗壮,预防花生植株死亡现象的发生,为今后的花生种植业提供技术支撑.

关键词: 花生;植株死亡;农艺问题;预防措施

中图分类号: S435.652 **文献标志码:** B **文章编号:** 1007-1067(2019)06-0073-03

山东省临沭县是花生主产区之一,“临沭花生”因“荚果网纹清晰,果形大而均匀,质地香脆,有甜味,口感好”等特点于 2011 年 12 月被我国农业部批准实施农产品地理标志登记保护.临沭花生常年种植 3 万 hm^2 以上,但是,在种植过程中,花生植株死亡现象时常发生,严重影响花生生产.花生植株死亡现象不能全部归因于病虫害,农艺措施等操作不当也是重要的原因之一.部分花生种植地块自花生出苗一直到收获都会出现植株死亡现象,导致严重减产.本文着重分析了除病虫害直接影响以外引起花生植株死亡现象的农艺相关方面的问题,并总结了对应的预防措施.

1 花生植株死亡的诱因分析

1.1 农艺操作不当引起植株死亡

1.1.1 不良种粒播种

播种不良种粒是花生植株非病原菌引起的死亡较为重要的原因之一.当花生种产自死秧严重的地块时,可能造成种粒带菌;或者种子在晾晒、储存等环节发生霉变,生命力降低.这些种子播种后植株死亡几率极大,这种原因造成的植株死亡是可以通过相关农艺措施进行避免的.

1.1.2 重茬严重

随着种植业结构调整,近年来临沭花生产区约有 2/3 以上的花生种植面积由原来的两年三熟变为现在的一年两熟,种植模式逐渐演变为花生-小麦轮作.长时间的单一轮作方式,积累了大量的致花生植株死亡的病原菌和害虫虫源,这也是造成花生植株死亡的主要原因之一.新开垦的或长时间不种花生的地块,当地农户称之花生“新茬子”,其平整程度、土质、灌溉等条件与其他常年种植花生地块相同,播种花生后,不用特别防治,当年花生几乎无植株死亡现象出现,且产量较常规地块明显提高.

① 收稿日期:2019-10-30
作者简介:张 峰(1977-),男,农艺师,主要从事农业技术推广工作.E-mail:781905750@qq.com
通信作者:王 敏(1979-),女,农艺师,主要从事农业技术推广工作.E-mail:lsnyhb@163.com

1.1.3 过早播种

部分农户基于以下几个原因，提前播种花生：一是抢墒播种. 花生播种季节，适逢春旱，部分农户在“清明”前后，看到墒情允许，及早播种，甚至带壳播种，为了降低成本而不覆盖地膜. 二是习惯早播或跟风播种. 三是提早播种以便外出打工. 有报道指出，播种期对于花生的生长发育及产量均有影响[1]. 同时，早播还会造成花生的第一茬果恰逢当地雨期，使得第一茬果烂掉进而引起花生植株死亡.

1.2 管理不善引起植株死亡

1.2.1 花生幼苗放风不及时

该因素导致的植株死亡主要发生在覆盖地膜的花生田块. 在花生出苗顶土时，幼苗上方的地膜需要及时抠破，以便引导花生生长，但有时放风不及时，恰逢高温易造成花生苗灼伤，继而引起花生死苗.

1.2.2 地膜用后处理不当

长期使用厚度为 0.006 mm 甚至更薄的地膜，这种地膜不利于回收，并且当地种植户也没有地膜回收意识，只是依靠耕作及收获带出部分地膜，大致每季残留当年地膜使用量的 1/6. 地膜在土壤中长期积累，严重影响了花生的根尖下扎及水分吸收，导致花生生长不良，甚至死亡.

1.3 化学投入品问题引起植株死亡

1.3.1 除草剂药害

花生田除草剂药害大致有 2 种情况. 一是飘移性药害，由于各个种植户所种植的作物差异较大，不同种植户在使用除草剂进行其他作物的杂草防治时，对花生敏感的除草剂雾滴飘移到花生植株上产生药害. 二是花生地除草剂使用不当造成的药害. 花生播种时，适逢春旱常发期，种植者往往加大除草剂使用量、减少对水量，依靠快速喷雾来实施封地灭草，这样也很容易造成花生田除草剂药害[2].

1.3.2 施肥不合理

近年来，化肥使用量越来越大，加之施肥和花生需求之间不能同步，不仅造成生产资料的浪费，还造成花生植株生长环境的恶化，在花生田中几乎见不到优质腐熟粪肥，造成了花生田的“卫生化”，更造成了土壤酸化. 个别出现“泛红”酸化的地块，花生几乎全部死亡.

2 预防措施

2.1 农艺措施

2.1.1 选好花生留种田

选择抗病花生品种，使用不发死秧或死秧很少的夏播花生田产出的花生作种. 花生青枯病发生严重的地块，可选种丰花 3 号或小花生品种鲁花 12 号等[3]；根部土传真菌性病害发生严重的地块，可选种鲁花 3 号等品种[3]. 作种的花生收获后应及时晾晒，带壳通风保存.

2.1.2 晒种脱壳

花生播种前 10 d 左右，将带壳花生种在土场上暴晒数小时后手工剥壳，挑选籽粒饱满的健壮籽粒作种.

2.1.3 药剂拌种

播种前进行种子处理. 根据不同地块和植株不同致死病因，选用 50% 多菌灵可湿性粉剂按种量的 0.25%～0.50%拌种，或 2.5%适乐时每 10 mL 拌种 5 kg 左右，或以 2.5%咯菌腈种衣剂 1∶500 包衣[4]. 拌种后最好不要过夜，晾干后进行播种.

2.1.4 适期播种

春季播种，当土壤表层约 5 cm 处地温连续 5 d 在 15 ℃以上，墒情良好时即可播种. 一般在 5 月 1—5 日播种较为合适. 夏花生要在麦收后抢墒早播.

2.1.5 合理轮作

改变单一的小麦-花生轮作模式，可用采样小麦-甘薯、小麦-玉米、小麦-大豆等轮作模式，达到花生休

茬的目的，人为给花生提供一个相对新的生长环境，即“新茬”环境.

2.2　管理措施

2.2.1　及时开孔放风

花生出苗顶土时要及时开孔放风，可用手指或树枝抠破地膜，在苗周围盖土以利保温保湿，防止春季大风揭膜和叶片灼伤.

2.2.2　及时回收地膜

引导农户进行地膜回收，养成良好的耕作习惯. 回收地膜可采用人工或机械进行，减轻田间白色污染，增强土壤的保水保肥和透气性，提高作物抗旱能力，优化作物生存环境.

2.2.3　加强田间管理

及时浇灌抗旱，雨季排涝，防止病原菌随水传播造成花生植株死亡而烂果；发现植株叶片萎蔫，及时查治；植株出现非干旱性的整株萎蔫应及时拔除.

2.3　化学投入品的正确使用

2.3.1　正确使用除草剂

相邻作物使用对花生敏感的除草剂时，要给喷头进行防飘移处理，以防止飘移性除草剂药害发生. 花生地除草剂使用应按剂量要求，对水要足量，播种后的垄面要搂平，防止出现凹坑积水而产生药害.

2.3.2　改良土壤，合理施肥

化肥的长期使用会导致诸多土壤问题，土壤酸化是其中之一. 土壤酸化不仅影响花生的生长，还会加重病害的发生. 当土壤 pH 值低于 5.5 时，适当使用生石灰调节 pH 值，每 667 m^2 使用约 50 kg(注意：生石灰使用之后 2 年内不要再次使用)[5]. 施肥尽量少用化肥，采取测土配方施肥，增施优质腐熟粪肥，改变农田只用化肥不用土杂肥的“卫生化”现状，增加土壤有机质，从改良土壤入手从根本上控制花生植株死亡现象的发生.

2.3.3　正确使用防治病虫害的药剂

对于常见的病虫害，要做到以防为主，提前做好病虫害的预防工作. 尽量采取绿色安全的防治方法，如生物防治、物理防治、农业防治，严禁使用残留量较高、毒性较强的化学农药，尽量选择低残留农药或者低毒农药[6]. 使用药剂时，应规范操作，避免药剂使用不当引起药害.

3　主要结论与建议

花生生产中植株的死亡，受多方面因素的影响，病虫害固然是直接原因，但农艺问题造成的死苗现象也不容忽视. 预防花生死棵要以花生的健康栽培为核心，良好的农艺措施作保障. 良好的农艺措施可以切断病原菌传播途径，提供花生生长的适宜环境，培育壮苗，增强花生抗病性. 从花生播种到整个生育期的用药，都要科学合理，认真贯彻“预防为主，综合防治”的植保工作方针，达到植物病虫害绿色防控的要求.

参考文献：

[1]　杨　菲，李洪霄，宫庆友，等. 播期对不同种植模式下玉米和花生生长发育及产量的影响[J]. 山东农业科学，2019，51(6)：49-54.
[2]　王振军，茹德平，蒋福稳. 花生田除草剂产生药害的原因及对策 [J]. 农业科技通讯，2008(12)：135-136.
[3]　卓洪霞，宋丽花，吴书宝，等. 花生青枯病的综合防治 [J]. 中国植保导刊，2004，24(6)：31-32.
[4]　邢小萍，袁虹霞，孙炳剑，等. 花生根部主要土传真菌病害的发生与防治 [J]. 杂粮作物，2010，30(6)：441-444.
[5]　尉继强，彭守华，姜　勇，等. 花生良种高产高倍繁殖技术 [J]. 中国种业，2016(8)：85-86.
[6]　肖方艳. 花生栽培技术与提高种植效益的措施 [J]. 江西农业，2019(10)：14.

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2019.06.015

油菜茎象甲识别方法及防治技术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:近年来,随着油菜种植面积逐年增加,茎象甲的为害不断加重,造成产量降低,给种植户带来了一定的经济损失.本文描述了油菜茎象甲的形态特征,总结了该虫的生活习性、活动规律和为害油菜的特点,介绍了毒土防治、药剂防治和农业、人工防治等主要防治方法,旨在为田间油菜茎象甲的识别和防治提供参考.

关键词:油菜茎象甲;生活习性;防治方法

中图分类号:S435.654 **文献标志码**:B **文章编号**:1007-1067(2019)06-0076-03

近年来,国家对油菜种植户的财政资金补贴调动了广大种植户的积极性,油菜种植面积和产量逐年增加,经济效益显著.但是,随着油菜面积的增加,茎象甲为害情况也随之不断加重,造成油菜减产,给种植户带来了一定经济损失.本文描述了油菜茎象甲的形态特征,总结了该虫的生活习性、活动规律、为害特点,重点介绍了毒土防治、药剂防治、农业防治和人工防治等主要防治方法,旨在为田间油菜茎象甲的识别和防治提供参考.

1 油菜茎象甲的识别

1.1 形态特征识别

油菜茎象甲(*Ceuthorhynchus asper* Roelofs)属鞘翅目象甲科,成虫为灰黑色,近圆形,长 3.1~3.5 mm,身上长满白色绒毛和黄白色鳞片.喙为圆柱形,长 1.0~1.3 mm,向下弯曲,伸向前脚中部.口器为黑色,长在喙端,前胸背板中间有 1 条凹线并有刻点,稍向上翻;鞘翅上有纵沟 9 条,沟间有 3 行密毛;中胸后侧偏大.卵为黄色椭圆形,两端白色透明,长 0.6 mm,宽 0.3 mm;幼虫为乳白色,3 龄后变为黄白色,老熟后变为黄褐色,头部逐渐变大成纺锤形,体长 6.5 mm,胴体 12 节,有白色细毛和皱纹,背中有 1 条浅灰色纵线;蛹为裸蛹,乳白色,纺锤形,长 3.6 mm,宽 2 mm,在土壤中结茧,茧长 6 mm,椭圆形,表面光滑.

1.2 生活习性

1.2.1 成虫习性

3 月上旬油菜抽薹时,越冬茎象甲成虫开始出土取食、交尾、产卵.产卵时,雌成虫先用口器咬穿油菜

① 收稿日期:2019-04-22
作者简介:周世明(1956—),男,机械工程师,主要从事种植和养殖业新技术推广.E-mail:xjj58600036@163.com

幼嫩枝茎，然后把产卵器刺入咬穿部位产卵，每孔产 1 粒，产卵期 9 d 左右；在 4 月上旬入土作茧化蛹；5 月上旬开始羽化破土爬出地面，晴天 11：00—17：00，在油菜茎秆顶端啃食嫩枝、嫩果. 刮风下雨时，成虫潜伏在油菜叶柄下、叶基部、心叶、土壤裂缝等处避风避雨. 茎象甲成虫具假死性，在油菜植株上受到惊吓时，就会缩成一团掉落地面上保持不动[1]，由于成虫体色与泥土颜色相近，很难发现，所以在捕杀或调查茎象甲成虫时，要轻脚轻手，或先在油菜植株下面放 1 张白纸，然后碰撞油菜，成虫掉落在白纸上后，即可捕杀或统计数量；5 月中旬油菜收割后，成虫飞到阴凉潮湿的林地栖息，取食蚜虫蜜露越夏；进入 10 月下旬，开始入土或在枯枝落叶下面越冬[2].

1.2.2　幼虫习性

茎象甲幼虫孵化后随即钻入油菜茎秆内吸取茎髓，从根茎内逐渐向上取食，使油菜茎秆变空无支撑力，茎秆外部扭曲崩裂，遇到风袭极易折断，严重影响油菜生长、分枝和结果，造成油菜提早枯黄. 幼虫活动期 30 d 左右，油菜受害后，茎秆畸形，顶部无花蕾，整株结果较少.

1.2.3　化蛹习性

4 月上旬，老熟幼虫从油菜茎秆崩裂处钻出，落地入土至 3.3 cm 深处，建造土室开始化蛹，蛹期 18 d 左右，随后羽化为成虫，破土而出，为害油菜顶端嫩枝和嫩果.

1.3　活动规律

1.3.1　随环境变化的活动规律

如果油菜田位于背阴潮湿环境，茎象甲活动数量较多；如果油菜田位于向阳干旱环境，茎象甲活动数量较少.

1.3.2　随气温变化的活动规律

茎象甲成虫活动规律与气温存在密切联系. 气温在 6 ℃以上时，成虫开始出土活动；在 17 ℃以上时，开始交尾产卵；在 20 ℃左右时，成虫活动最活跃；在 25 ℃左右时，成虫很少栖息活动；在 27 ℃左右时，成虫开始在油菜根茎阴凉部位栖息；在 30 ℃左右时，成虫开始迁飞到潮湿林地越夏[3]；当气温降低到 6 ℃以下时，茎象甲成虫开始入土越冬.

1.3.3　随寄主变化的活动规律

相较于白菜型油菜，茎象甲更喜取食甘蓝型油菜，为害也较重. 油菜播种较早时，成虫迁入提前，并且数量较多，繁殖的幼虫也较多，对油菜的危害也较大. 当油菜田里有播娘蒿长出时，茎象甲更偏爱取食播娘蒿，因此对油菜的危害反而较小[2].

1.4　危害油菜的特征

茎象甲成虫在油菜茎秆上产卵，幼虫孵化后，首先钻蛀茎秆，啃食内部茎髓，造成油菜薹茎肿大、扭曲变形和崩裂[2,4]，随着为害时间延长，茎秆被蛀空，遇到大风和雨水侵袭，油菜茎秆折断或全株倒伏. 受害油菜轻则开花不结果，重则逐渐干枯死亡.

2　油菜茎象甲防治技术

2.1　毒土防治法

10 月中旬油菜播种整地时，先深耕翻土，然后每 667 m^2 用 3%毒死蜱颗粒剂 2.5 kg 拌细土 45 kg 后撒于耕翻的土壤表面，再用旋耕机反复旋耕 2 次，使药物与土壤混匀，毒杀土壤中的越冬成虫. 翌年 4—6 月，

每 667 m^2 用 40%甲基异硫磷乳油 2.5 kg 拌细土 45 kg，撒在油菜根茎部位，毒杀躲在根茎部逃避高温的茎象甲成虫.

2.2 药剂防治法

3 月上旬用 90%晶体敌百虫 950 倍液对油菜植株进行喷雾处理，灭杀茎象甲幼虫；或用 50%久效磷乳油与羊毛脂按 1∶4 的比例混合，涂在油菜茎秆产卵孔下方或茎秆崩裂部位下方，每株涂 1 cm^2，利用久效磷的内吸作用消灭茎象甲幼虫. 5 月上旬油菜果实基本成熟时，每 667 m^2 用 80%敌敌畏乳油 35 mL＋水 0.5 kg＋麦麸 10 kg，搅拌均匀后，撒在油菜根茎部位土壤表面上，可有效消灭刚羽化出土的茎象甲成虫.

2.3 农业和人工防治法

一是加强田间管理. 灌好油菜抽薹水，清除田间病枝病叶，除掉田间和路边杂草，破坏茎象甲越冬生存环境，特别是油菜收获后，及时深翻土壤，使茎象甲越冬成虫暴露在土表，被各种鸟类捕食或受寒冻冷死，减少来年虫源基数. 二是实行倒茬轮作. 实行小麦-油菜、小麦-玉米-油菜、油菜-豆类、油菜-马铃薯等轮作倒茬方式，减少茎象甲基数. 三是改进栽培管理技术. 选用抗虫能力较强的油菜品种，多施腐熟农家有机肥，培育壮苗，增强油菜抗虫能力. 四是利用茎象甲的假死习性，采取人工震动油菜茎秆，使茎象甲自然落地，即可进行人工捕捉灭杀.

参考文献：

[1] 李永红，李建厂，任军荣，等. 中国西北地区油菜茎象甲的消长与防治策略 [J]. 中国油料作物学报，2009，31(4)：509-512.
[2] 李元林，张和平，谢贤元. 油菜茎象甲生物学特性和危害 [J]. 中国油料，1989，11(4)：79-80.
[3] 王凤葵. 渭北旱塬油菜茎象甲药剂防治方法与效果 [J]. 中国油料，1994，16(2)：55-57.
[4] 郑京海，景福利. 油菜茎象甲的生物学特性及防治研究 [J]. 甘肃农业科技，2000(8)：38-39.