

金龟子绿僵菌CQMa421农药及应用情况

彭国雄¹, 张淑玲², 夏玉先^{1*}

(1. 重庆大学生命科学学院/重庆大学基因工程研究中心/重庆市杀虫真菌农药工程技术研究中心, 重庆 400030; 2. 重庆谷百奥生物研究院有限公司, 重庆 404100)

摘要: 金龟子绿僵菌 *Metarhizium anisopliae* 是一种重要的生防真菌, 具有安全、易在害虫种群中流行、环境友好、不易产生抗药性等优点, 已在中国、美国、欧盟等多个国家或地区登记和应用。本文对我国广谱金龟子绿僵菌 CQMa421 农药的菌株选育、产品登记、应用技术及产品应用情况等方面进行了概述。

关键词: 金龟子绿僵菌; CQMa421 农药; 菌株选育; 应用技术

中图分类号: S476.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9261(2020)06-0850-08

Metarhizium anisopliae CQMa421 and Its Application Status

PENG Guoxiong¹, ZHANG Shuling², XIA Yuxian^{1*}

(1. Genetic Engineering Research Center/College of Life Sciences, Chongqing University/Chongqing Engineering Research Center for Fungal Insecticides, Chongqing 400030, China; 2. Chongqing Green Biology Institute Co., Ltd., Chongqing 404100, China)

Abstract: *Metarhizium anisopliae* is an important biocontrol fungus which is safe, easily causes epidemics in the population of insect pests, and is environment-friendly. Also, it is difficult for insects to develop resistance against *M. anisopliae*. *M. anisopliae* has been registered and applied as a biocontrol agent in China, the USA, European Union, and other countries or regions. Here, various aspects of *M. anisopliae* CQMa421 were reviewed, including strain selection, product registration, application technology of CQMa421 formulations.

Key words: *Metarhizium anisopliae*; CQMa421 pesticide; strain selection; application technology

据统计,我国2012—2014年年均农作物病虫害防治农药原药使用量31.1万吨,为世界平均水平的2.5倍^[1]。农药的过量使用,不仅造成生产成本增加,也影响农产品质量和生态环境安全。为此,农业农村部2015年2月17日发布《到2020年农药使用量零增长行动方案》,明确提出发展生物农药代替化学农药的目标任务(农业农村部通知)^[2]。

杀虫真菌农药是最具潜力的一类微生物农药。与其他杀虫微生物相比,杀虫真菌具有不同寄主范围的菌株多、在昆虫种群中流行性强、土壤宿存能力强和寄主不易产生抗性等优点^[3]。杀虫真菌通过体壁直接侵染害虫,在防治刺吸式口器害虫和非取食虫态(卵、蛹等)上较其他杀虫微生物有明显的优势^[4]。绿僵菌 *Metarhizium* spp. 是最为常见的杀虫真菌之一,据不完全统计,可侵染8个目50个科200余种昆虫、螨类及线虫^[5],已成为农林和卫生害虫防治的重要品种。截至2014年7月,国内外已登记的绿僵菌产品共83个^[8]。然而,2015年之前,国内外杀虫真菌农药单品杀虫范围较窄,缺乏针对多种重要害虫(如稻飞虱)的登记产品,制约了杀虫真菌生物农药的广泛应用。因此,开发广谱、高效的杀虫真菌农药对降低防治成本、扩大使用范围、推动杀虫真菌应用具有重要意义。

收稿日期: 2020-11-10

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD0201208); 重庆市高校创新研究群体(CXQT19004)

作者简介: 彭国雄, 博士, 教授, E-mail: gxpeng@cqu.edu.cn; *通信作者, 博士, 教授, E-mail: yuxianxia@cqu.edu.cn。

DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2020.06.016

1 金龟子绿僵菌 CQMa421 农药的研发与登记

广谱金龟子绿僵菌 CQMa421 生物杀虫剂由重庆大学夏玉先教授团队和重庆聚立信生物工程有限公司联合开发。重庆大学夏玉先教授 2009 年首次提出以作物为核心的菌株选育策略, 即选育的目标菌株既能够侵染某一特定作物全生育期的主要害虫、又不侵染主要天敌。利用这一全新的菌株选育策略, 我们以水稻主要害虫为靶标, 从 1000 多个杀虫真菌菌株中选育出了能有效防治稻纵卷叶螟、二化螟、稻飞虱、稻叶蝉和稻水象甲等水稻主要害虫, 但不侵染蜻蜓、寄生蜂、蜘蛛等水稻害虫天敌的广谱、安全、高效的金龟子绿僵菌菌株 CQMa421^[9,10]。进一步杀虫测试发现, 该菌株能侵染鳞翅目、鞘翅目、直翅目、半翅目(同翅目)、双翅目、膜翅目和缨翅目等 7 个目 80 多种(类)农业、林业和卫生害虫的多种虫态。

重庆聚立信生物工程有限公司利用该菌株先后研制和登记了 150 亿孢子/g 金龟子绿僵菌 CQMa421 原药(PD20171745, 简称 421 原药)、80 亿孢子/mL 金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂(PD20171744, 简称 421 油悬浮剂)、80 亿孢子/g 金龟子绿僵菌 CQMa421 可湿性粉剂(PD20182111, 简称 421 可湿性粉剂)以及 2 亿活孢子/g 金龟子绿僵菌 CQMa421 颗粒剂(PD20190001, 简称 421 颗粒剂)等系列制剂, 已登记防治对象包括水稻、玉米、茶叶、果树、林木等 18 种(类)植物上的 19 种(类)害虫(表 1)。在开发大规模集灭菌、接种和发酵一体化固态发酵罐的基础上, 重庆聚立信生物科技有限公司 2017 年以来投资 2.2 亿元人民币在重庆建成了世界最大的杀虫真菌农药生产基地, 极大地提升生产线自动化程度, 目前年产金龟子绿僵菌 CQMa421 产品 3000 吨以上^[11], 大幅降低产品的生产成本。

表 1 金龟子绿僵菌 CQMa421 制剂登记情况
Table 1 Registration status of *Metarhizium anisopliae* CQMa421 formulations

金龟子绿僵菌 CQMa421 种类及剂型 Formulations of <i>Metarhizium anisopliae</i> CQMa421	作物 Crop	害虫 Pests
可分散油悬浮剂 OD (8 billion spores/mL)	水稻	稻纵卷叶螟、稻飞虱、二化螟、叶蝉
	茶树	茶小绿叶蝉
	小麦	蚜虫
	玉米	草地贪夜蛾
	甘蓝	黄条跳甲、菜青虫
	茎瘤芥	菜青虫
	豇豆	甜菜夜蛾
	苦瓜	蚜虫
	黄瓜	蚜虫
	番茄	白粉虱
	茄子	蓟马
	桃树	蚜虫
	柑橘	木虱
	烟草	蚜虫
	草地	蝗虫
	林木	松毛虫、天牛
2 亿活孢子/g 颗粒剂 GR (200 million spores/g)	萝卜	地老虎
	甘蔗	蛴螬
可湿性粉剂 WP (8 billion spores/mL)	水稻	稻纵卷叶螟、稻飞虱、二化螟

2 金龟子绿僵菌CQMa421制剂的应用技术

2.1 金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂防控水稻害虫的应用技术

2017—2018年,全国农业技术推广服务中心统一安排在全国14个水稻主要生产省(市)34个试验点进行金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂防治水稻稻飞虱、稻纵卷叶螟和二化螟的田间应用技术研究和示范试验(农技植保便函2017年57号、2018年46号),对水稻稻飞虱、稻纵卷叶螟和二化螟的平均防效分别为72.5%、68.8%和70.9%。通过大量的田间应用研究形成以下3个应用技术。

2.1.1 基于金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂的无化药水稻害虫的防控技术 水稻主要害虫的无化药防控体系中可采用金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂作为单一杀虫剂在全生育期使用。根据杀虫真菌杀虫速度慢和触杀的特点,需要提前防治低龄幼虫(1~2龄),尽量避免在老熟期(4~5龄)施用,为此制定防治时期、防治指标、用量和施药技术,当虫口密度高、错过最佳防治时期时需要增加剂量或次数(表2)。田间试验表明,利用金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂防治褐飞虱^[12]、稻纵卷叶螟^[15]、二化螟^[16]的效果达到60%~85%,对环境友好,不影响蜘蛛、黑肩绿盲蝽、寄生蜂等害虫天敌种群数量^[12-14]。金龟子绿僵菌 CQMa421 农药田间增产效果明显,较空白对照提高15%~30%,与化学农药相当^[17,18]。

此外,还可采用金龟子绿僵菌 CQMa421 与其他生物杀虫剂,如苏云金芽胞杆菌(*Bacillus thuringiensis*, Bt)等,或助剂、引诱技术(性诱剂等)联合使用,能起到增效作用。如与高浓缩有机硅,对稻飞虱防效达到90%以上,显著高于化学对照药剂^[17]。

表2 金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂防控水稻害虫的应用技术

Table 2 The application technique of *Metarhizium anisopliae* CQMa421 OD for controlling rice pests

靶标害虫 Target pest	防治时期 Control period	防治指标 Control index	用量 Dose	施药部位 Action position
稻纵卷叶螟 <i>Cnaphalocrocis medinalis</i> Guenée	卵孵化高峰期(蛾高峰期后 5~8 d, 1龄期)	分蘖期: 幼虫20头/100丛, 或有新卷叶尖20个/100丛; 孕穗期: 幼虫10~15头/100丛或新卷叶尖10~15个/100丛	60~90 mL/亩	叶面
稻飞虱 <i>Rice planthopper</i>	成虫迁入高峰期或在若虫孵化高峰至1~2龄若虫发生盛期	300~500头/百丛	60~90 mL/亩	茎秆基部
二化螟 <i>Chilo suppressalis</i> (Walker)	卵孵化高峰期至1龄幼虫高峰期 施药	田间枯鞘率达3%~5%	60~90 mL/亩	叶面

2.1.2 基于金龟子绿僵菌 CQMa421 的水稻主要害虫减药控害技术 昆虫病原真菌杀虫作用较慢,化学农药具有速效性,两者结合将能有效缩短真菌制剂侵染时间,大幅度降低化学农药用量,提高防治效果^[18],并减缓或克服害虫抗药性的产生^[19]。金龟子绿僵菌 CQMa421 油悬浮剂与多种化学杀虫剂具有良好的兼容性^[20],结果表明:金龟子绿僵菌 CQMa421 与减量化学杀虫剂联合使用,防治水稻主要害虫能达到速效和持效的作用。金龟子绿僵菌 CQMa421 与甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(甲维盐)联用对稻飞虱和螟虫的防效达到85%以上,较空白对照增产29.3%,显著高于甲维盐单剂22.5%的增产率^[18]。根据田间试验结果,制定出基于金龟子绿僵菌 CQMa421 油悬浮剂的水稻主要害虫的减药控害技术(表3)。

表3 金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂对水稻害虫的减药控害技术

Table 3 Pesticide reduction control plan of rice pests based on *Metarhizium anisopliae* CQMa421 OD

主要防治对象 Control object	防治指标与时期 Control indicators and period	防治措施 Prevention	备注 Remarks
稻蓟马 <i>Chloethrips oryzae</i> (Wil.)	500~1000头/百丛	421油悬浮剂(20~40 mL/亩)+减量30%~50%	1、常量喷雾或无人机喷雾。
二化螟 <i>Chilo suppressalis</i> (Walker)	成虫高峰期至卵孵化高峰期(枯鞘期)	421油悬浮剂(20~40 mL/亩)+减量30%~50%	2、根据虫情预测预报和实际田间调查摸清虫情及规律,及时调整防治时间。
稻纵卷叶螟 <i>Cnaphalocrocis medinalis</i> Guenée	卵孵化高峰至1~2龄高峰	421油悬浮剂(20~40 mL/亩)+减量30%~50%	3、可根据发生的害虫种类,组合使用相应化学杀虫剂。
稻飞虱 <i>Rice planthopper</i>	500~1000头/百丛	421油悬浮剂(20~40 mL/亩)+减量30%~50%	4、根据虫口密度调整剂量。

2.1.3 基于金龟子绿僵菌 CQMa421 油悬浮剂的稻田种养模式害虫防控技术 稻田种养模式中要求病虫害防控须用对养殖的水生动物和家禽无害的生物源农药或减量的氯虫苯甲酰胺。2018—2020 年在湖北、四川、湖南、江苏、安徽、贵州等 10 多个省市稻田综合种养区，开展金龟子绿僵菌 CQMa421 油悬浮剂联合其他生物农药（苏云金杆菌、短稳杆菌、井冈霉素、春雷霉素、枯草芽胞杆菌）或减量 50% 的氯虫苯甲酰胺防治水稻病虫害的田间试验和大面积应用示范。结果显示：金龟子绿僵菌 CQMa421 油悬浮剂与其他生物农药联合使用，对稻飞虱、稻纵卷叶螟、二化螟的防效达到 60%~90%，减少化学农药用量 50%~100%。

表 4 基于金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂的稻田种养模式害虫防控方案

Table 4 Controlling plan of pests in the paddy field, in which raising the animals, based on *Metarhizium anisopliae* CQMa421 OD

生育期 Growth period	主要防治对象 Control object	防治指标 Control indicators	防治措施 Prevention	备注 Remarks
苗期（送嫁药） Seedling stage	二化螟	二化螟：成虫高峰期至卵孵化高峰期（枯鞘期）	421 油悬浮剂（20~80 mL/亩）+Bt 或短稳杆菌或减量 50% 氯虫苯甲酰胺	1、根据病虫害实际发生情况灵活调整用药量。
分蘖期（封行） Tillering stage	二化螟、稻纵卷叶螟、稻飞虱	二化螟：成虫高峰期至卵孵化高峰期（枯鞘期） 稻纵卷叶螟：成虫高峰期后 5~7 d 或卵孵化始期至高峰期 稻飞虱：300~1000 头/百丛	甲酰胺 杀虫灯/性诱剂/赤眼蜂	2、根据虫害实际发生情况灵活调整（如虫害暴发应加重用量）。
破口抽穗期 Heading stage	二化螟、稻纵卷叶螟、稻飞虱	二化螟：成虫高峰期至卵孵化高峰期（枯鞘期） 稻纵卷叶螟：成虫高峰期后 5~7 d 或卵孵化始期至高峰期 稻飞虱：300~1000 头/百丛	蜂	3、根据虫情预测预报和实际田间调查摸清虫情及规律，及时调整防治时间和剂量。
灌浆乳熟期 Pustulation period	稻飞虱	稻飞虱：300~1000 头/百丛		

2.2 金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂防控玉米草地贪夜蛾的应用技术

玉米草地贪夜蛾是突发性重大入侵害虫，极大地威胁着我国农业生产安全。为了提供草地贪夜蛾可持续的防控技术，我们开展了室内生物活性测定，结果表明金龟子绿僵菌 CQMa421 能够有效侵染草地贪夜蛾卵、低龄幼虫和蛹，明显降低卵的孵化率、新孵化幼虫存活率和蛹羽化率^[21]。利用金龟子绿僵菌 CQMa421 能够防控多种虫态的特性，我们建立了基于金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂的草地贪夜蛾无化药和减药防控技术体系。

2.2.1 基于金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂的无化药草地贪夜蛾防控技术 草地贪夜蛾卵块覆盖物是阻碍杀虫剂接触卵粒的主要障碍，早期控制草地贪夜蛾十分困难，杀虫剂必须要突破其卵块覆盖物。为此，重庆聚立信生物有限公司研制出了能够渗透卵块覆盖物的有机硅类助剂，该助剂能够使绿僵菌 CQMa421 渗透卵块覆盖物后接触卵粒，显著提高金龟子绿僵菌 CQMa421 对草地贪夜蛾卵的侵染作用。室内测试表明，金龟子绿僵菌 CQMa421 与该有机硅助剂混用，对草地贪夜蛾卵侵染率由 30% 提高到 90% 以上。在此基础上，我们制定出了金龟子绿僵菌 CQMa421 油悬浮剂与有机硅助剂混用的无化药防控草地贪夜蛾的技术方案：在草地贪夜蛾卵孵化盛期至 1~2 龄幼虫期，采用 40~80 mL/亩的金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂与有机硅助剂 5~10 mL/亩混合后喷雾。该方案在广西钦州玉米地卵孵化盛期喷雾，喷雾后 7 d 对草地贪夜蛾防效达到 65.7%。

此外，还测试了金龟子绿僵菌 CQMa421 联合 BtG033A^[22] 防控草地贪夜蛾的增效作用，两者混用防效可达 90% 以上，为田间利用不同微生物农药防控草地贪夜蛾提供了无化药的防控依据。

2.2.2 基于金龟子绿僵菌 CQMa421 油悬浮剂的玉米草地贪夜蛾减药控害技术 为了在玉米草地贪夜蛾大面积防控中减少化学农药用量，我们筛选出了 4 种与金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂联合使用后能够达到全量化药防效的化学杀虫剂，包括甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、乙基多杀菌素、氯虫苯甲酰胺和虫螨腈。在此基础上，开展了田间试验验证，并结合国家对不同区域草地贪夜蛾防控指标的要求，制定了不同区域草地贪夜蛾的减药控害方案（表 5）。田间应用结果表明，金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂与减量化学杀虫剂联合使用防效良好^[23]，能有效提高对草地贪夜蛾的杀虫活性，达到防控指标要求。2020 年，在广西钦州钦北区、云南省普洱澜沧县等地 50 亩的玉米地，采用 421 油悬浮剂+甲氨基阿维菌素苯

甲酸盐+有机硅助剂防治卵孵化盛期至1~2龄幼虫期的草地贪夜蛾,3d防效达到90%以上,为大面积的草地贪夜蛾减量防控技术提供依据。

表5 基于金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂不同区域草地贪夜蛾的减药控害方案

编号 Numbering	药剂组合 Drug combination	周年繁殖区	迁飞过度区	重点防控区
		Anniversary breeding area	Migration zone	Prevention and control area
		亩用量/减量 Dosage per mu/ decrement (%)	亩用量/减量 Dosage per mu/ decrement (%)	亩用量/减量 Dosage per mu/ decrement (%)
1	421 油悬浮剂	40~80 mL	20~40 mL	10~20 mL
	甲氨基阿维菌素苯甲酸盐	0.25 g/50%	0.35 g/30%	0.4 g/20%
2	421 油悬浮剂	40~80 mL	20~40 mL	10~20 mL
	乙基多杀菌素	0.60 g/50%	0.80 g/30%	1.00 g/20%
3	421 油悬浮剂	40~80 mL	20~40 mL	10~20 mL
	氯虫苯甲酰胺	1.0 g/50%	1.4 g/30%	1.60 g/20%
4	421 油悬浮剂	40~80 mL	20~40 mL	10~20 mL
	虫螨腈	3.5 g/50%	5.0 g/30%	5.5 g/20%

注: 化学杀虫剂用量为有效含量。

Note: The dosage of chemical insecticide is the effective content.

2.3 金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂防治茶叶害虫的应用技术

茶园具有适于使用活体微生物农药持续控害的良好生态环境,茶小绿叶蝉是茶叶生产中最重要害虫。金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂是目前唯一登记的防控茶小绿叶蝉的微生物农药,在室内测试和田间试验验证的基础上,先后建立了茶叶害虫无化药或减药防控技术。

2.3.1 基于金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂的茶叶害虫无化药防控技术 以金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂为核心,开展对茶小绿叶蝉的无化药防控技术研究。试验结果表明,金龟子绿僵菌 CQMa421 油悬浮剂单剂对茶小绿叶蝉有良好的持续控制作用,防效能到 60%~80%^[24,25],对茶叶蓟马、茶毛虫和茶尺蠖也具有良好的控制效果,对低龄虫的防效达到 65%以上,成为有机、绿色茶园主要害虫防治的有效微生物农药。在此基础上我们利用金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂与苦参碱等生物农药联用的增效作用,制定了基于金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂的茶叶害虫无化药防控方案(表 6),对茶小绿叶蝉、茶蓟马等防效达到 80%以上。

表6 金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂防控茶叶害虫的应用技术

Table 6 The application technique of *Metarhizium anisopliae* CQMa421 OD for controlling tea pests

靶标害虫 Target pest	防治指标 Control index	措施 Measures	备注 Remarks
茶小绿叶蝉 <i>Empoasca pirusuga</i> Matumura	5~10 只/100 叶	421 油悬浮剂 (40 mL/亩)	用水量 60 L/亩,喷透,让雾滴直接接触害虫;根据虫口情况间隔 7~10 d 施药 2 次;在剪枝后施药最好。
	10~100 只/100 叶	421 油悬浮剂 (40 mL/亩) + 苦参碱	
	100 只以上/100 叶	421 油悬浮剂 (80 mL/亩) + 苦参碱	
茶蓟马 <i>Scirtothrips dorsalis</i> Hood	50~100 只/100 叶	421 油悬浮剂 (40 mL/亩)	
	100~500 只/100 叶	421 油悬浮剂 (40 mL/亩) + 苦参碱	
	1000 只以上/100 叶	421 油悬浮剂 (80 mL/亩) + 苦参碱	

2.3.2 基于金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂的茶叶害虫减药防控技术 为了达到速效和长效防治茶叶主要害虫的目的,我们研究了金龟子绿僵菌 421 油悬浮剂与减量化学杀虫剂联用增效技术,形成了化学减量方案(表 7)。金龟子绿僵菌 421+减量 30%~50%的虫螨腈、金龟子绿僵菌 421+30%~50%联苯菊酯,对茶小绿叶蝉、茶蓟马等防效达到 90%以上,为茶叶虫害减药防控提供了有力的技术支持。

表 7 基于金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂的茶叶害虫减药控害方案

Table 7 Pesticide reduction control plan of tea pests based on *Metarhizium anisopliae* CQMa421 OD

靶标害虫 Target pest	防治指标 Control index	措施 Measures	备注 Remarks
茶小绿叶蝉 <i>Empoasca pirusuga</i> Matumura	5~10 只/100 叶	421 油悬浮剂 (40 mL/亩)	用水量 60 L/亩, 喷透, 让雾滴直接接触害虫; 根据虫口情况间隔 7~10 d 施药 2 次; 在剪枝后施药最好。
	10~100 只/100 叶	421 油悬浮剂 (80 mL/亩) + 减量 50% 的虫螨腈 (或联苯菊酯)	
	100 只以上/100 叶	421 油悬浮剂 (80 mL/亩) + 减量 30% 的虫螨腈 (或联苯菊酯)	
茶蓟马 <i>Scirtothrips dorsalis</i> Hood	50~100 只/100 叶	421 油悬浮剂 (40 mL/亩)	
	100~500 只/100 叶	421 油悬浮剂 (80 mL/亩) + 减量 50% 的虫螨腈 (或联苯菊酯)	
	1000 只以上/100 叶	421 油悬浮剂 (80 mL/亩) + 减量 30% 的虫螨腈 (或联苯菊酯)	

2.4 金龟子绿僵菌 CQMa421 农药防治茄子西花蓟马的应用技术

蓟马是蔬菜种植中难防的主要害虫, 对多种化学杀虫剂都容易产生抗药性。我们先后制定出了防控茄子蓟马的无化药或减药防控方案, 田间大面积应用防效良好。

2.4.1 基于金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂的茄子蓟马无化药防控技术 由于金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂能够侵染蓟马等茄子主要害虫, 我们建立了单用该生物农药的无化药防控技术体系或与生物农药 (阿维菌素、印楝素) 混用 (表 8)。2017—2018 年, 在重庆的蔬菜基地采用 80 亿孢子/mL 金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂替代化学农药防治茄子全生育期蓟马, 结果表明, 金龟子绿僵菌 CQMa421 处理区茄子蓟马种群数量、产量与化学对照区一致, 金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂作为一种化学农药的替代品来控制田间的西花蓟马是切实可行的^[26], 单用金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂作为茄子蓟马的无化药防控方案有效。

表 8 金龟子绿僵菌 CQMa421 农药防控茄子西花蓟马的应用技术

Table 8 The application technique of *Metarhizium anisopliae* CQMa421 formulations for controlling *Frankliniella occidentalis* in eggplant

种植阶段 Planting stage	指标 Index	措施 Measures	备注 Remarks
育苗 Seeding	—	421 颗粒剂, 5~10 kg/亩	混土
移栽 Transplantation	—	421 颗粒剂, 5 kg/亩	穴施
定植期 Planting period	1~10 只/花	421 油悬浮剂 (稀释 800~1000 倍)	在阴天或下午 5 点之后施药; 上午施用时要 在茄花闭合前 (在 10 点前), 施药时重点喷花; 施药频率 2~4 次/月。
	10~25 只/花	421 油悬浮剂 (稀释 400~500 倍)	
	25 只以上/花	421 油悬浮剂 (稀释 400~500 倍) + 生物农药 (阿维菌素、印楝素)	

2.4.2 基于金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂的茄子蓟马减药防控技术 为了在大面积应用中减少化药用量, 我们制定了基于金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂的茄子蓟马减药防控技术体系 (表 9)。2019 年, 采用金龟子绿僵菌 CQMa421 + 减量生物农药 (阿维菌素、印楝素) 或减量 50% 化药杀虫剂 (艾绿士、吡虫啉) 防治全生育期茄子蓟马, 结果表明, 对茄子蓟马种群控制效果显著优于化学农药对照 (艾绿士、菜悠乐、吡虫啉轮换或联合使用), 全生育期化学减量 70% 以上。

表 9 基于金龟子绿僵菌 CQMa421 农药的茄子西花蓟马减药控害方案

Table 9 Pesticide reduction control plan of *Frankliniella occidentalis* in eggplant based on *Metarhizium anisopliae* CQMa421 formulations

种植阶段 Planting stage	指标 Index	措施 Measures	备注 Remarks
育苗 Seeding	—	421 颗粒剂, 5~10 kg/亩	混土
移栽 Transplantation	—	421 颗粒剂, 5 kg/亩	穴施
定植期 Planting period	1~10 只/花	421 油悬浮剂 (稀释 800~1000 倍)	在阴天或下午 5 点之后施药; 上午施用时要 在茄花闭合前 (在 10 点前), 施药时重点喷花; 施药频率 2~3 次/月。
	10~25 只/花	421 油悬浮剂 (稀释 400~500 倍) 或 421 油悬浮剂 (稀释 800~1000 倍) + 减量 30%~50% 生物农药 (阿维菌素、印楝素)	
	25 只以上/花	421 油悬浮剂 (稀释 400~500 倍) + 减量 50% 化药杀虫剂 (艾绿士、吡虫啉)	

3 金龟子绿僵菌CQMa421农药防治水稻害虫应用情况

重庆聚立信生物工程有限公司依托金龟子绿僵菌 CQMa421 农药, 通过中试、生产调试, 建立了杀虫真菌农药的大规模生产线。项目执行期间, 销售 150 亿孢子/g 金龟子绿僵菌 CQMa421 原药、80 亿孢子/mL 金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂和 2 亿活孢子/g 金龟子绿僵菌 CQMa421 颗粒剂共计 673.82 吨。2018—2020 年, 金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂被全国农技中心列为水稻重大害虫防治推荐产品 (农技植保 2018 年 7 号、农技植保 2019 年 17 号)、农技植保 2020 年 40 号, 被多个省市列为推荐农药, 在湖北、重庆、广东、广西、海南、贵州、辽宁等 14 个省 (市) 的水稻上大面积示范和推广应用, 应用面积约 200 万亩。其中, 采用基于金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂的无化药水稻主要害虫的防控技术应用面积约为 22 万亩, 减少化学杀虫剂用量 17.6~26.4 吨 (按化学杀虫剂 80~120 g/亩计)。采用基于金龟子绿僵菌 CQMa421 的水稻主要害虫减药控害技术的应用面积超过 143 万亩, 水稻平均增产 5% 以上, 减少化学杀虫剂用量 50% 以上, 达到 57.2~85.8 吨 (按化学杀虫剂 80~120 g/亩计)。在稻田综合种养区应用面积超过 35 万亩, 水稻增产 6% 以上, 平均减少化学杀虫剂用量 60% 以上, 达 16.8~25.2 吨 (按化学杀虫剂 80~120 g/亩计)。金龟子绿僵菌 CQMa421 农药在水稻上的应用, 带来了显著的社会、经济和生态效益。另外, 采用基于绿僵菌 CQMa421 油悬浮剂无化药防控技术和减药防控技术, 在云南、贵州、重庆、湖北、福建等地进行防治茶叶主要害虫试验示范, 面积约 1 万亩; 采用基于金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂的减药防控技术, 在重庆、云南、湖北、广西等地进行防治玉米草地贪夜蛾使用示范, 累计面积约 0.8 万亩。该产品入选 2017 年度“全国农业农村十大新产品”, 获得中国农药化工协会颁发的“2019 年全国植保市场生物农药畅销品牌产品”称号。

4 金龟子绿僵菌CQMa421农药产品应用展望

农作物在全生育期会遭受多种病虫害为害, 杀虫、防病、促生是保证农作物高产稳产的必须措施。微生物杀虫剂、微生物杀菌剂和微生物肥料已在杀虫、防病和促进植物生长等方面表现出了巨大的应用潜力。然而, 已有的微生物制剂功能较为单一, 通常只具有杀虫、防病、促生中的一种活性, 常常作用靶标单一, 不仅产品成本高、施用效率低, 而且它们之间往往不能相容, 直接限制了微生物制剂的大规模应用。研究发现杀虫真菌在杀虫、抗病和促进植物生长等方面都显示出了良好的应用潜力^[27]。充分利用我国丰富的微生物资源, 开发杀虫、防病、促进生长等多功能的微生物菌株是今后生防微生物菌株选育的重要研究方向, 我们正在开发金龟子绿僵菌 CQMa421 防控更多的杀虫靶标, 和在防病、促进生长方面的新功能, 重点解决减药控害中许多作物病虫害防控中“无生物农药可用”的局面; 在制剂开发方面, 通过菌株改良、制剂组成剂加工工艺优化等方法进一步提高微生物制剂在储藏和环境中的稳定性, 通过菌株选育和复配技术进一步提高产品的速效性和持效性, 真菌类生物农药必将更加“管用”; 在应用技术方面, 要针对害虫活动的时空规律和植物栽培措施进一步优化田间应用技术, 尤其是要更加重视土壤等病虫害滋生地的防控技术, 通过活体微生物制剂调控土壤生态系统抑制有害生物繁殖生长、促进有益生物繁殖生长; 要进一步研究与其他防控措施协同应用的生态调控作用, 使害虫防控理念从“基于化学杀虫的应急防治为主”转变为“基于生态调控的预防为主、化学应急防治为辅”, 活体微生物制剂必将更加“好用”。然而, 许多作物的重要病虫害防治都还没有开发出生物农药或没有生物农药登记, 尤其是缺乏具有生态调控作用的活体微生物农药登记, 面临着无生物农药可用或违规使用的局面, 建议相关主管部门进一步加强生物农药研发、改善生物农药登记管理, 为减药控害提供更多、管用、好用的生物农药产品。我们相信在农业和农药绿色高质量发展的需求驱动下, 我国生物农药产业必将克服发展中存在的问题, 促使新的生物产品种类和产量快速增加、质量不断提高、应用技术更加完善, 为减药控害提供足够的产品和技术支撑, 不断满足日益增长的病虫害绿色防控的需要。

参 考 文 献

- [1] 赵根. 浅谈化肥农药污染控制与防治[J]. 农业科技通讯, 2018(1): 188-190.

- [2] 《到2020年农药使用量零增长行动方案》[R]. 农业农村部农业种植业管理司, 2015.02.17
- [3] Zimmermann G. The entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* and its potential as a biocontrol agent[J]. Pesticide Science, 1993, 37: 375-379.
- [4] 李增智, 樊美珍. 真菌生物技术与真菌杀虫剂的发展[M]//微生物农药及其产业化. 北京: 科学出版社, 2000, 115-121.
- [5] 蒲蛰龙. 昆虫病理学[M]. 广州: 广东科技出版社, 1991, 391.
- [6] Rauch H, Zelger R, Hutwimmer S, et al. Susceptibility of *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) to entomopathogenic fungi: laboratory assays and field trials[C]//Jehle J A, Bazok R, Crickmore N, et al. Biological Control-Its Unique Role in Organic and Integrated Production, IOBC/ WPRS Bulletin, 2013, 90: 27-31.
- [7] Skinner M, Parker B L, Kim J S. Role of entomopathogenic fungi in integrated pest management[M]//Abrol D P, ed. Integrated Pest Management: Current Concepts and Ecological Perspective. Academic Press, 2014, 169-191.
- [8] 农向群, 张英财, 王以燕. 国内外杀虫绿僵菌制剂的登记现状与剂型技术进展[J]. 植物保护学报, 2015, 42(5): 702-714.
- [9] Hong M, Peng G, Nemat O K, et al. Application of the entomogenous fungus, *Metarhizium anisopliae*, for leafroller (*Cnaphalocrocis medinalis*) control and its effect on rice phyllosphere microbial diversity[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2017, 101: 6793-6807.
- [10] 夏玉先, 彭国雄. 一种杀虫绿僵菌菌株及其应用: 中国, ZL201110105462.6[P]. 2012-08-01.
- [11] Zhang W J. Global pesticide use: profile, trend, cost/benefit and more[J]. Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences, 2018, 8(1): 1.
- [12] 车正明, 朱楚波, 李正祥, 等. 金龟子绿僵菌 CQMa 421 防治水稻白背飞虱试验[J]. 云南农业科技, 2018(6): 42-43.
- [13] 王硕, 胡香英, 胡恩旗, 等. 金龟子绿僵菌对稻飞虱的飞防效果[J]. 热带农业科学, 2019, 39(1): 70-74.
- [14] 欧阳传祿. 金龟子绿僵菌 CQMa421 防治稻飞虱田间药效试验初报[J]. 基层农技推广, 2018, 6(4): 24-25.
- [15] 李君保, 黎萍, 冉文浩, 等. 绿僵菌 CQMa421 对水稻稻飞虱和稻纵卷叶螟的田间防效初探[J]. 南方农业, 2019, 13(10): 37-39.
- [16] 王立平, 孙丽娜, 崔晓蕊. 金龟子绿僵菌可分散油悬浮剂防治水稻二化螟试验[J]. 农业与技术, 2019, 39(16): 40-42.
- [17] 严群, 张俊华, 郭祥云, 等. 金龟子绿僵菌等生物药剂飞防水稻虫害效果试验[J]. 湖北植保, 2020(4): 45-47.
- [18] 彭国雄, 夏玉先, 王中康, 等. 绿僵菌与菊酯类农药复配杀虫剂及其制备方法: 中国, C200510057468.5[P]. 2007.
- [19] Purwar J P, Sachan G C. Synergistic effect of entomogenous fungi on some insecticides against Bihar hairy caterpillar *Spilarctia obliqua* (Lepidoptera: Arctiidae)[J]. Microbiological Research, 2006, 161(1): 38-42.
- [20] 彭国雄, 谢佳沁, 夏玉先. 金龟子绿僵菌 CQMa421 与杀虫剂、杀菌剂的兼容性[J]. 中国生物防治学报, 2017, 33(6): 747-751.
- [21] 彭国雄, 张淑玲, 夏玉先. 杀虫真菌对草地贪夜蛾不同虫态的室内活性[J]. 中国生物防治学报, 2019, 35(5): 729-734.
- [22] 彭国雄, 张淑玲, 张维, 等. 杀虫真菌与苏云金芽孢杆菌对草地贪夜蛾的联合室内杀虫活性测定[J]. 中国生物防治学报, 2019, 35(5): 735-740.
- [23] 李涛, 陈剑山, 孙明凯, 等. 草地贪夜蛾应急防控技术优化[J]. 植物保护学报, 2020, 47(4): 900-901.
- [24] 段巧枝, 胡义元, 高庆兵, 等. 金龟子绿僵菌防治茶小绿叶蝉试验[J]. 湖北植保, 2019(2): 8-10.
- [25] 丁朝辉, 莫长安, 王啓威, 等. 生物药剂防治茶小绿叶蝉效果研究[J]. 现代农业科技, 2019(9): 91, 93.
- [26] Li J, Xie J, Zeng D, et al. Effective control of *Frankliniella occidentalis* by *Metarhizium anisopliae* CQMa421 under field conditions[J]. Journal of Pest Science, 2020, <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01223-9>.
- [27] Dara S K. Non-Entomopathogenic roles of entomopathogenic fungi in promoting plant health and growth[J]. Insects, 2019, 10(9): 27.