

◆ 专论:大虫大病防治(特约稿) ◆

二化螟化学防治进展及综合治理对策探讨

钟振华¹,王旭明²,刘亮³,肖慧⁴,钟玲^{5*}

(1. 江西省分宜县农业农村局,江西分宜 336600; 2. 江西省大余县农业农村局,江西大余 341500; 3. 新余市农业科学研究中心,江西新余 338000; 4. 江西省万安县枳头镇便民服务中心,江西万安 343800; 5. 江西省农业农村产业发展服务中心,江西上饶 334600)

摘要:针对当前我国二化螟的化学防治策略、防治指标及防治适期进行综述,统计分析了当前登记用于防治二化螟农药单剂的有效成分和产品数、剂型、含量及毒性情况,指出当前二化螟化学防治存在防治指标和防治策略不适应、防治药剂老化、剂型老旧、抗药性持续增强等问题,并从提高二化螟精准测报水平、调整优化二化螟化学防治指标与防治策略、加强二化螟防治新型药剂研发推广、研究化学防治与绿色防控协同控制二化螟的技术模式等四个方面,提出了综合治理对策。

关键词:二化螟;化学防治;防治策略

中图分类号:S 435 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1671-5284.2023.06.004

Progress and Strategy Optimization on Chemical Control and Intergated Management of Striped Rice Stemborer, *Chilo suppressalis* (Walker)

ZHONG Zhenhua¹, WANG Xumin², LIU Liang³, XIAO Hui⁴, ZHONG Ling^{5*}

(1. Agriculture and Rural Affairs of Fenyi County, Fenyi 336600, China; 2. Agriculture and Rural Affairs of Dayu County, Dayu 341500, China; 3. Agriculture Research Center of Xinyu City, Xinyu 338000, China; 4. Agriculture Service Center of Jiantou Town, Wanan County, Wanan 343800, China; 5. Agriculture and Rural Affairs Development and Service Center of Jiangxi Province, Shangrao 334600, China)

Abstract: This Paper summarizes the progress on research and application of strategy, threshold, appropriate time of chemical control of the pest, analyses the effective ingredient, product, formulation, content and toxicity of chemical pesticides registered for control *Chilo suppressalis*, points out the problems or difficulties such as threshold and strategy not adapted to the current situation of rice planting systems, old pesticides and formulations, increase of resistance to pesticides. 5 suggestions including precise forecast, adjustment and optimization of threshold and strategy, consistant monitor of resistance to pesticides to provide guidance on scientific and safe use of pesticides, integrated and coordinated use of chemical control to kill larvae and non-chemical green control measures such as capturing male moth by sex pheromone, releasing of Trichogramma wasps to parasitize eggs, waterlogging rice fields to eliminate pupa, research and extending of new ingredients and products et al are proposed to enhance the level and efficacy of integrated management.

Key words: *Chilo suppressalis*(Walker); chemical control; strategy management

二化螟 [*Chilo suppressalis* (Walker)] 是我国水稻生产的一种常发性害虫^[1],其分布范围广、发生面积大、为害损失重,广泛分布于亚洲、南美洲、欧洲、北非以及大洋洲等国家或地区,而亚洲的温带和亚热带水稻产区为其主要分布区^[2-3]。我国除西藏、青海

外,各水稻种植区均有二化螟分布,其中长江中下游稻区虫害最重,其次为西南、华南和东北稻区,华北稻区发生较轻。由于二化螟虫害的常发性和为害的严重性,2023年其被农业农村部列入《一类农作物病虫害名录》。根据全国植保专业统计资料,1987—

收稿日期:2023-11-11

作者简介:钟振华(1970—),男,江西分宜人,高级农艺师,主要从事农作物病虫害测报防治研究。E-mail: 819621406@qq.com

通信作者:钟玲(1966—),女,江西南康人,硕士,推广研究员,主要从事植物保护、植物检疫和农药管理研究。E-mail: 610945329@qq.com

2019年,全国年发生二化螟虫害面积为1.5亿~2.7亿亩次,平均为2亿亩次,自然为害损失率为8.14%~27.98%;年防治面积为1.7亿~3.64亿亩次,平均为2.6亿亩次。经过防治,挽回损失率7%~24.83%,实际损失率为1.14%~3.49%。20世纪80年代以来,化学防治一直是防治二化螟的主要手段。本文针对我国二化螟化学防治技术的主要进展进行了综述,分析了当前存在的问题,并提出了对策优化路径。

1 二化螟化学防治进展

1.1 二化螟化学防治策略

二化螟的年发生代数和各代的发生量、发生程度与水稻种植制度、品种和种植方式等密切相关。中华人民共和国成立以来,我国水稻种植制度由单季改为双季,再到现在的单双季(早稻和中稻、中稻和再生稻、晚稻)混栽,品种由高秆常规稻变矮秆常规稻,到20世纪70年代中后期推广杂交稻,再到近年来推广的超级稻和优质稻,种植方式由育秧手栽发展为育秧抛栽、机插以及直播(机直播),收割方式由人工改为机械,稻桩保留较高,这些变化均非常有利于二化螟种群发生与为害,造成二化螟发生面积增加、越冬基数升高、发生程度持续较重、代次间虫源有效转化率增加,由一代多发型演变为多代多发型,由水稻前期发生为害重演变为前后期均重,由早稻发生重演变为早、中、晚稻均发生较重^[49]。多代发生区的化学防治策略也由“主(狠)治一代”调整为全程综合考虑各季水稻不同代次防治。如在双季稻区和单双季混栽稻区,江西省4代发生区“狠治一代,挑治二代,巧治三代,控制4代”,3代发生区“挑治1代,狠治2代,控制3代”;湖南省“狠治1、3代压基数,巧治2、4代减损失,重治桥梁田降低

转化率”。在单季稻区,江苏省“狠治一代压基数,普治二代控危害”,上海市“狠治1代压基数,普治2代保穗数,挑治3代保丰收”,安徽省“狠治1代,重视2代,重发年注意3代”,浙江省“早稻狠治1代,单晚和双晚重视穗期第2、3代”。西南稻区重庆市“狠治1代,挑治2代”,东北稻区“主治1代”^[10-13]。

1.2 二化螟化学防治指标与防治适期

我国现阶段二化螟防治指标是20世纪80—90年代确立的,由全国各水稻主产省和二化螟主要发生区植保科研和推广机构联合开展研究,根据二化螟卵量、幼虫量、螟害率(枯鞘、枯心)与危害损失的关系以及药剂的防治成本,确定了在经济允许产量损失率1%的防治水平下,以卵量、枯鞘丛率、枯鞘株率等为水稻分蘖期一代二化螟化学防治的指标参数,具体指标各地有所差异。如江西省的防治指标为枯鞘丛率8%或枯鞘株率1%~2%^[13-15];湖南省为枯鞘株率3%,亩卵量200~240块,枯鞘丛率为11%~12%^[13,16];浙江省为枯鞘丛率2%~3%,枯鞘株率1%,亩卵量150块^[13,17-18];四川省为中稻(杂交稻)枯鞘丛率3%~5%(常规稻)^[19];广西壮族自治区为苗期至分蘖期亩卵量早稻秧田500块,本田100块,晚稻秧田600块^[13];湖北省为枯鞘丛率20%~25%、枯鞘株率3%~5%^[20]。水稻穗期二化螟的化学防治指标研究成果较少,多以上代残存虫量和当代卵量为防治指标,如江西省为2代亩卵量90块,3代亩卵量50块^[4];四川省为中稻1代亩残存虫量500条^[21]。

防治适期各省比较一致,分蘖期多在卵孵化高峰后3~7 d,穗期多在卵孵化高峰期。

在综合各地防治指标和防治适期研究和实际应用情况的基础上,GB 8246—87《水稻二化螟防治标准》规定了二化螟的防治标准,见表1。

表1 二化螟防治指标和防治适期

稻区类型	稻作类型	二化螟代别	侵入生育期	经济允许卵块密度/(块/亩)	防治适期(孵化高峰后天数)/d	防治指标		
						为害团/(个/亩)	丛害率/%	株害率/%
双季稻区	早稻	一	分蘖期	150	孵化高峰	50	1.5~2.5	0.5
					2~3	80	2~3.5	1
					5~7	100	3.5~5	2
	晚稻	二	抽穗扬花期	300	孵化高峰	100	1~1.5	0.1
					孵化高峰	50	2~5	1
					2~3	80	3~6	1.5
中稻区	中稻	一	分蘖期	150	孵化高峰	30~40	1	0.1
					2~3	50~60	1.5	0.2
					孕穗抽穗期	100	2	0.2

1.3 二化螟化学防治药剂

1.3.1 有效登记状态农药单剂的有效成分和产品数

截至2022年底,处于有效登记状态用于防治二化螟的农药单剂共34种有效成分469个产品,其中化学农药单剂25种有效成分389个产品,分别占总登记药剂的73.53%、82.94%;生物农药单剂9种有效成分80个产品,分别占26.47%、17.06%。

(1) 化学农药单剂。有机磷类农药占主导,10种有效成分225个产品,占化学农药产品的57.84%;其次为沙蚕毒素类农药,有4种有效成分106个产品,占化学农药产品的27.25%;双酰胺类农药有4种有效成分16个产品,见表2。

表2 登记用于防治二化螟的化学农药单剂

农药类别	有效成分	登记产品数
有机磷类	三唑磷	126
	毒死蜱	43
	二嗪磷	16
	乙酰甲胺磷	16
	啶硫磷	10
	丙溴磷	4
	乐果	3
	稻丰散	3
	杀螟硫磷	3
	敌百虫	1
沙蚕毒素类	杀虫双	44
	杀虫单	36
	杀虫环	23
	杀虫环	3
双酰胺类	氯虫苯甲酰胺	12
	四唑虫酰胺	2
	环虫酰胺	1
新烟碱类	溴氰虫酰胺	1
	呋虫胺	14
双酰胺类	甲氧虫酰胺	18
氨基甲酸酯类	克百威	6
	甲萘威	1
缩氨基脲类	氰氟虫腙	1
噁二嗪类	茚虫威	1
苯基吡唑类	丁虫脒	1

(2) 生物农药单剂:以农用抗生素为主,共3种有效成分71个产品,占生物农药产品的88.75%,其中阿维菌素和甲氨基阿维菌素苯甲酸盐分别占57.5%、30%;微生物源类共5种有效成分8个产品;植物源类共1种有效成分1个产品,见表3。

1.3.2 有效登记状态农药单剂的毒性

高毒农药产品克百威占1%,中等毒农药(有机

磷农药、沙蚕毒素类农药和阿维菌素为主)产品占62.65%,低毒农药产品占32.31%,微毒农药占4.04%。

表3 登记用于防治二化螟的生物农药单剂

类别	有效成分	登记产品数
农用抗生素类	阿维菌素	46
	甲氨基阿维菌素苯甲酸盐	24
	多杀霉素	1
	苏云金杆菌	3
微生物源类	金龟子绿僵菌CQMa421	2
	金龟子绿僵菌	1
	乙基多杀菌素	1
植物源类	球孢白僵菌	1
	印楝素	1

1.3.3 有效登记状态农药单剂的剂型

共有乳油、可溶粉剂、悬浮剂、水剂、颗粒剂、微乳剂等17种剂型,其中乳油占54.58%,有机磷农药产品的95.11%为乳油;可溶粉剂占14.71%,沙蚕毒素类农药97.1%为可溶粉剂;悬浮剂占5.97%,甲氧虫酰胺全为悬浮剂;水剂27个产品,全部为杀虫双;颗粒剂占4.9%;微乳剂占4.48%;水分散粒剂占2.56%;可溶粒剂、可湿性粉剂、大粒剂、水乳剂产品各5~7个,超低容量液剂、可分散悬浮油剂、泡腾粒剂、微囊悬浮剂、油悬浮剂、种子处理悬浮剂产品仅1~2个,这些剂型产品合计仅占7.04%,见表4。

表4 实时荧光定量PCR反应条件

剂型	产品数	不同农药有效成分产品数
乳油	256	有机磷类214个、农用抗生素类44个(阿维菌素38个、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐4个)
可溶粉剂	69	沙蚕毒素类67个(杀虫单22、杀虫环3、杀螟丹42个)、敌百虫1个、乙酰甲胺磷1个
悬浮剂	28	阿维菌素1个、环虫酰胺1个、甲氧虫酰胺18个、氯虫苯甲酰胺3个、四唑虫酰胺2个、氰氟虫腙1个、苏云金杆菌1个、茚虫威1个
水剂	27	杀虫双27个
颗粒剂	23	呋虫胺5个、克百威6个、甲萘威1个、氯虫苯甲酰胺5个、杀虫双3个、杀螟丹2个、球孢白僵菌1个
微乳剂	21	阿维菌素3个、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐13个、多杀霉素1个、三唑磷4个
水分散粒剂	12	阿维菌素2个、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐5个、氯虫2个、呋虫胺1个、乙基多杀菌素1个、印楝素1个
可溶粒剂	7	呋虫胺5个、乙酰甲胺磷2个

(续表 4)

剂型	产品数	不同农药有效成分产品数
可湿性粉剂	7	呋虫胺 3 个、甲氨基阿维苯甲酸盐 1 个、金龟子绿僵菌 CQMa421 (1 个)、苏云金杆菌 2 个
大粒剂	6	杀虫双 6 个
水乳剂	5	阿维菌素 1 个、甲氨基阿维苯甲酸盐 1 个、毒死蜱 1 个、三唑磷 2 个
超低容量液剂	2	二嗪磷 1 个、氯虫苯甲酰胺 1 个
可分散悬浮油剂	2	溴氰虫酰胺 1 个、金龟子绿僵菌 CQMa421 (1 个)
泡腾粒剂	1	杀虫单 1 个
微囊悬浮剂	1	毒死蜱 1 个
油悬浮剂	1	金龟子绿僵菌 1 个
种子处理悬浮剂	1	氯虫苯甲酰胺 1 个

1.3.4 有效登记状态农药单剂含量

处于有效登记状态农药单剂含量以低含量产品为主,高含量产品较少。如三唑磷 120 个产品中,20%乳油产品为 102 个,占登记产品的 85%,40%、60%乳油分别仅占 11.1%和 0.8%;阿维菌素 46 个产品中,1.8%乳油产品 21 个,占 45.65%,5%乳油仅占 26.1%;杀螟丹 44 个产品中,50%可溶粉剂产品 34 个,占 77.27%;毒死蜱 43 个产品中,45%乳油产品 21 个,占 48.84%;杀虫双 36 个产品中,18%水剂 16 个,占

44.44%。

1.3.5 有效登记状态农药单剂的登记证有效期

67.59%的产品为 2018—2019 年登记或续展登记的,有效期至 2023 年、2024 年;近两年登记的产品仅占 20.46%。

2 二化螟化学防治存在的问题

(1) 化学防治指标和防治策略基本上是 30~40 年前根据当时的水稻生产和病虫害防治水平确定的,与现在的水稻品种、种植制度、种植方式、产量水平、药剂种类及特性、施药机械及作业水平等不相适应。

(2) 药剂老化。化学农药仍以有机磷农药为主,生物农药以抗生素类的阿维菌素和甲氨基阿维菌素苯甲酸盐为主,且低含量产品多,高含量产品少。

(3) 剂型老旧。目前仍以乳油和可溶性粉剂为主,适合植保无人机作业的微乳剂、水分散粒剂、超低容量液剂、可分散悬浮油剂、微囊悬浮剂、油悬浮剂产品以及适合轻简施药的颗粒剂、大粒剂、可溶粒剂、种子处理剂的产品较少。

(4) 抗药性持续增强。长期施药造成长江中下游水稻主产区二化螟抗药性持续维持高抗水平,见表 5。

表 5 二化螟对几种常用农药的抗药性

农药	抗性水平(倍数)					
	2021年	2020年	2019年	2018年	2017年	2015年
氯虫苯甲酰胺	152~1 293	312~2 060	291~2 088	159~537	13~259	7.1~70
阿维菌素	11~173	20~413	12~142	10~307	1~18	3.5~11
三唑磷	13~113	13~103	12~73	24~223		7.7~80
毒死蜱	12~35	12~45	12~40	16~48	12~64	5.8~14

注:资料引自全国农业有害生物抗药性监测通报。

3 二化螟综合治理对策

(1) 精准测报。收集整理二化螟测报调查历史资料,耦合二化螟生态学、生物学以及栽培、气象等资料,应用现代统计分析软件系统和方法,建立不同生态区、不同种植模式的二化螟发生危害数字化预报模型,提高二化螟化学防治对象田、防治适期、防治面积预报的精准性和时效性。

(2) 调整优化二化螟化学防治指标与防治策略。组织开展二化螟化学防治指标与防治策略的协作研究,分区域确定不同种植制度、种植方式和产量水平下的二化螟的防治策略和防治指标。

(3) 加强二化螟的抗药性监测。明确各地二化

螟的抗药性水平,为精准选药提供指导。以长江中下游稻区为重点,按照全国统一的监测方法和敏感基线,持续开展二化螟抗药性监测,各地根据抗药性监测结果,提出适宜选用高效、敏感或低水平抗性的药剂,及时停用高抗性水平药剂。

(4) 研究化学防治与绿色防控协同控制二化螟的技术模式。开展耕沤灭螟、性诱剂、释放赤眼蜂、稻田综合种养等非化学绿色防控措施对二化螟的防治效果评估,集成组装“绿色防控+科学安全用药”综合治理二化螟技术模式,有效治理二化螟抗药性,提高二化螟防治的经济、社会和生态效益,促进水稻绿色高质、高效生产。

(5) 加强二化螟防治药剂研发。如研发新的高

效低毒化合物,开发适合植保无人机作业的高含量、水基化剂型,以及适合轻简化栽培、轻简化施药的剂型。

参考文献

- [1] 章士美,汪广,胡湘源,等.江西二化螟的初步考察[J].昆虫学报,1954,4(1):11-22.
- [2] 舒畅,汪笃栋.二化螟成灾规律与控制[M].北京:中国农业科学技术出版社,2009.
- [3] 章士美,赵泳祥.中国农林昆虫地理分布[M].北京:中国农业出版社,1996.
- [4] 方继朝,杜正文,程遐年.水稻螟害上升态势与控害减灾对策分析[J].昆虫知识,1998,35(4):193-197.
- [5] 杜正文.中国水稻病虫害综合防治策略与技术[M].北京:农业出版社,1991.
- [6] 周圻.水稻品种和稻螟种群消长的关系[J].昆虫知识,1988,25(4):201-203.
- [7] 周圻,林德芝,姚忠生,等.我国目前稻螟优势种群区域化成因的调查研究[J].昆虫知识,1990(6):321-324.
- [8] 盛承发,王红托,盛世余,等.我国稻螟灾害的现状与损失估计[J].昆虫知识,2003,40(4):289-294.
- [9] 秦厚国,罗任华,叶正襄,等.二化螟大发生原因及控制对策[J].华东昆虫学报,2005,14(1):91-93.
- [10] 舒平平,姚英娟,朱雪晶,等.建国以来江西二化螟的发生、危害

及药剂防治回顾[J].江西农业学报,2011,23(7):129-132.

- [11] 钟玲,唐玉珍.江西稻螟的历史演变及今后的防治对策[J].江西植保,1998,21(1):1-4.
- [12] 潘战胜,乐丽红,江红梅.余干县水稻二化螟发生特点及回升原因[J].江西农业,2017,88(5):102-104.
- [13] 淦城,陈前武,盛勇,等.永修县历年二化螟发生原因分析与防治对策[J].生物灾害科学,2017,40(2):112-114.
- [14] 汤金仪,王建强.水稻螟虫灾变与治理对策[M].北京:中国农业科学技术出版社,2003.
- [15] 夏林元,李炳华,陈萍金,等.二化螟在水稻穗期的危害研究初报[J].江西植保,1984(1):14-18.
- [16] 秦厚国,胡水秀,方荣.杂交水稻二化螟防治指标的研究[J].植物保护学报,1991,18(3):193-198.
- [17] 魏凯.水稻二化螟防治指标研究II:二化螟为害和产量损失率及经济阈值静态模型探讨[J].湖南农学院学报,1987,14(1):39-47.
- [18] 徐卫,张左生,贾绍良,等.二化螟的为害损失与防治指标研究[J].浙江农业科学,1988,26(2):75-79.
- [19] 高君川,李为民,蒋国荣.二化螟防治指标的研究[J].植物保护学报,1987,14(2):107-114.
- [20] 李顺清,李文占,周世国,等.水稻二佛审为害损失与防治指标试验研究[J].湖北农业科学,1986,25(5):18-20.
- [21] 范仰东,程鲁远,苏立同.水稻分蘖期二化螟的为害损失与防治指标研究[J].昆虫知识,1988,25(1):1-4.

(责任编辑:胡新宇)

(上接第16页)

- 学报,1981,8(1):47-52.
- [7] ZHANG M, YANG C, DUAN Y, et al. Efficiency of chemotherapy coupled with thermotherapy against citrus HLB[J]. Journal of Citrus Pathology, 2015, 2(1): 48.
- [8] FAN G, XIA Y, LIN X, et al. Evaluation of thermotherapy against Huanglongbing (citrus greening) in the greenhouse[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2016, 15(1): 111-119.
- [9] 赵学源,邱柱石,苏维芳,等.柑桔黄龙病对青霉素和四环素的反应[J].中国南方果树,1981(4):4.
- [10] 广西柑橘黄龙病研究小组(赵学源).利用四环素、土霉素治疗柑桔黄龙病的效果(初报)[J].柑橘科技通讯,1975(1):31-34.
- [11] 广西柑橘黄龙病研究小组(赵学源).柑桔黄龙病病原及防治的初步研究[J].中国农业科学,1978(3):84-86.
- [12] ZHAO X. Citrus yellow shoot disease (Huanglongbing) in China--a review [J]. Proceedings of the International Society of Citriculture, 1981, 1: 466-469.
- [13] PUTTAMUK T, ZHANG S, DUAN Y, et al. Effect of chemical treatments on 'Candidatus Liberibacter asiaticus' infected pomelo (Citrus maxima)[J]. Crop Protection, 2014, 65: 114-121.
- [14] 杨川毓.柑橘黄龙病的化学防治以及宏基因组分析[D].福州:福建农林大学,2015.
- [15] 姚廷山.土霉素防控柑橘黄龙病的效果及其在树体中的转运机理研究[D].重庆:西南大学,2019.
- [16] 周常勇.对柑橘黄龙病防控对策的再思考[J].植物保护,2018,44

(5):30-33.

- [17] LIU S H, RAWAL T B, SOLIMAN M, et al. Antimicrobial Zn-based "TSOL" for Citrus greening management: insights from spectroscopy and molecular simulation[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2019, 67: 6970-6977.
- [18] 黄俊源,姚伟,张金珠,等.柑桔黄龙病植株显症差异叶片内生细菌群落结构分析[J].中国南方果树,2020,49(5):20-27.
- [19] YANG C, POWELL C, DUAN Y, et al. Mitigating citrus Huanglongbing via effective application of antimicrobial compounds and thermotherapy[J]. Crop Protection, 2016, 84: 150-158.
- [20] YANG C, ZHONG Y, POWELL C, et al. Antimicrobial compounds effective against Candidatus Liberibacter asiaticus discovered via graft-based assay in citrus[J]. Scientific Reports, 2018, 8: 17288.
- [21] HUANG C Y, ARAUJO K, JONATAN N S, et al. A stable antimicrobial peptide with dual functions of treating and preventing citrus Huanglongbing[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2021, 118(6): e2019628118.
- [22] 陈艺芳,罗鑫,王余,等.含磺酰胺结构的1,3,4-噁二唑啉类化合物的设计、合成及抗菌活性研究[J].有机化学,2023,43(1):274-284.
- [23] 崔宗胤.从控梢和治虫两方面探讨柑橘木虱的化学防治技术[D].南昌:江西农业大学,2021.

(责任编辑:高蕾)