

李增鑫,李亮,朱坤森,等.华中地区稻纵卷叶螟对7种杀虫剂的敏感性监测[J].华中农业大学学报,2021,40(2):130-141.  
DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2021.02.014

## 华中地区稻纵卷叶螟对7种杀虫剂的敏感性监测

李增鑫,李亮,朱坤森,朱菁华,周涵宇,刘小青,龙慢,赵景,何月平

华中农业大学植物科学技术学院/昆虫资源利用与害虫可持续治理湖北省重点实验室,武汉430070

**摘要** 采用叶片浸渍法测定了2015—2019年湖北赤壁、武穴、武汉、孝感、黄冈,湖南长沙,江西南昌、萍乡,安徽合肥和河南信阳共10个地区稻纵卷叶螟田间种群对毒死蜱、茚虫威、乙基多杀菌素、阿维菌素、氯虫苯甲酰胺、溴氰虫酰胺和氟苯虫酰胺7种杀虫剂的敏感性,并对数据进行聚类分析和回归分析。结果显示,(1)稻纵卷叶螟田间种群对7种杀虫剂敏感性差异明显,杀虫剂的毒力次序为氟苯虫酰胺 $\geq$ 阿维菌素 $\geq$ 乙基多杀菌素 $\geq$ 氯虫苯甲酰胺 $\geq$ 茚虫威 $\geq$ 溴氰虫酰胺 $\geq$ 毒死蜱;(2)不同地区稻纵卷叶螟种群对杀虫剂的敏感性差异不明显;(3)不同年份之间差异显著。一些种群对毒死蜱、氯虫苯甲酰胺、茚虫威和溴氰虫酰胺的敏感性年度间存在明显差异。如赤壁和长沙种群对毒死蜱的敏感性从2015年至2016年下降了2.3~4.1倍;赤壁、孝感、长沙和合肥种群对毒死蜱的敏感性从2016年至2019年上升了2.1~4.9倍;赤壁、武穴和孝感种群对氯虫苯甲酰胺的敏感性从2015年至2019年下降了2.6~7.3倍;武穴种群对茚虫威的敏感性从2015年至2018年下降了4.2~4.7倍;武穴和长沙种群对溴氰虫酰胺的敏感性从2015年至2018年抗性下降了2.2~6.7倍。以上结果表明,目前华中地区稻纵卷叶螟田间种群对氯虫苯甲酰胺等的敏感性下降趋势很明显,因此对氯虫苯甲酰胺等的抗性治理显得非常重要,目前田间稻纵卷叶螟防治优先推荐阿维菌素、乙基多杀菌素和溴氰虫酰胺等交替轮换使用。

**关键词** 稻纵卷叶螟;杀虫剂;敏感性;氯虫苯甲酰胺;阿维菌素;乙基多杀菌素;抗药性;交替使用

**中图分类号** S433.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2021)02-0130-12

稻纵卷叶螟(*Cnaphalocrocis medinalis* Guenée)属鳞翅目螟蛾科,是危害我国水稻生产主要的害虫之一。因其具有突发性和暴发性等特点,从而决定了化学防治在稻纵卷叶螟的防治中占居中心地位。但由于大量频繁使用杀虫剂防治该种害虫,导致田间稻纵卷叶螟种群对杀虫剂的敏感性不断下降<sup>[1-3]</sup>。苏建坤等<sup>[4]</sup>采用点滴法测定了江苏省稻纵卷叶螟种群在5年间对11种杀虫剂的抗性变化,发现对甲基对硫磷、杀虫单和溴氰菊酯产生了中低水平的抗药性,而敏感性下降的药剂为久效磷和对硫磷,依然保持敏感的药剂有巴丹、辛硫磷、敌百虫、甲胺磷、杀螟硫磷和六六六;卢鹏等<sup>[5]</sup>对2008年湖北省监利、鄂州、枝江、武穴4个地区稻纵卷叶螟种群做了抗药性监测,发现大部分地区对毒死蜱和阿维菌素还比较敏感。

为了连续监测华中地区稻纵卷叶螟田间种群抗药性动态,笔者测定了2015—2019年间湖北、湖南、

江西、安徽和河南等地稻纵卷叶螟田间种群对7种常用杀虫剂的敏感性,旨在了解不同地区稻纵卷叶螟对防治药剂的敏感性现状,为稻纵卷叶螟的防治提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试虫源

稻纵卷叶螟田间种群于2015—2019年7—9月分别采自湖北省赤壁市蒲圻办事处苦竹桥村、武穴市梅川镇白石村、孝感市孝南区徐山村、武汉市江夏区乌龙泉黑屋潘村、黄冈市团风县梅家敦村;湖南省长沙市长沙县春花镇龙王庙村周边;河南省信阳市新县八里畈王李何村;江西省南昌市莲塘镇、萍乡市芦溪县中埠村和安徽省合肥市长丰县岗集镇水稻种植区。每个种群采集1000多头稻纵卷叶螟高龄幼虫或蛹,于室内玉米叶上饲养繁殖,下一代初孵幼虫作为供试虫源。饲养温度为(25±1)℃,相对湿度

收稿日期:2020-11-12

基金项目:农业农村部公益性行业(农业)科研专项(201503107)

李增鑫, E-mail:1350655328@qq.com

通信作者:何月平, E-mail:heyp@mail.hzau.edu.cn

60%~70%,光:暗周期为14 h:10 h。

## 1.2 供试药剂

毒死蜱(Chlorpyrifos) 98%原药,武汉康宝泰精细化工有限公司;氯虫苯甲酰胺(Chlorantraniliprole) 95%原药,武汉康宝泰精细化工有限公司;溴氰虫酰胺(Cyantraniliprole) 95%原药,武汉康宝泰精细化工有限公司;茚虫威(Indoxacarb) 95.5%原药,武汉康宝泰精细化工有限公司;阿维菌素(Abamectin) 97.75%原药,凯利化工有限公司;乙基多杀菌素(Spinetoram) 60 g/L悬浮剂,陶氏益农公司;氟苯虫酰胺(Flubendiamide) 10%悬浮剂,江苏龙灯化学公司。

## 1.3 敏感性测定方法

在监测田间种群对杀虫剂敏感性之前,首先对敏感性测定方法进行优化改进。本研究首先采用水稻苗叶浸渍法<sup>[6]</sup>和玉米苗叶浸渍法来进行测定比较。玉米苗叶浸渍法参照Zhang等<sup>[6]</sup>,将水稻叶片替换为玉米叶片,其余皆相同。将测试原药分别用丙酮或DMSO配制1%(m/V)的母液,再将母液用蒸馏水配成所需的不同浓度药液,其中加1/1 000(m/V)乳化剂曲拉通,或直接将制剂用蒸馏水配成所需浓度药液。药剂的具体质量浓度(mg/L)参考前人的文献<sup>[7]</sup>以及室内敏感性测定预实验来确定,分别为:毒死蜱(1.25、2.5、5、10、20、40)、氯虫苯甲酰胺(0.078、0.156、0.312 5、0.625、1.25)、溴氰虫酰胺(0.156、0.312 5、0.625、1.25、2.5)、茚虫威(0.039、0.078、0.156、0.312 5、0.625)、阿维菌素(0.003 9、0.015 6、0.062 5、0.25、1)、乙基多杀菌素(0.031 25、0.062 5、0.125、0.25、0.5)、氟苯虫酰胺(0.009 75、0.019 5、0.039、0.078、0.156)。截取营养液无土培育的2周龄水稻苗(高20 cm左右)的上部叶片(约5 cm)或营养土培育的2周龄玉米苗(高20 cm左右)的上部叶片(约5 cm),浸没到药液中30 s,然后在滤纸上自然晾干,直至无明水。在培养皿(直径7 cm)中倒入1.5%琼脂。将10张左右晾干后的水稻叶片或玉米叶片铺放在培养皿的琼脂上。用软毛笔轻轻将1龄幼虫转移到培养皿的叶片上。每个质量浓度重复4次,每次重复10头,采用含有乳化剂的蒸馏水溶液浸渍作为空白对照。

接入幼虫的培养皿置在(25±1)℃、相对湿度60%~70%和14 h:10 h光暗周期的培养箱中饲养,接虫72 h后检查结果。死亡标准以毛笔轻触虫体,幼虫不能协调运动为死亡标准,对照死亡率小于

20%为有效试验。

## 1.4 数据处理

采用PoloPlus软件分析测试数据,计算出LC<sub>50</sub>值及其95%置信限等。采用PoloPlus程序的相等性假设(hypothesis of equality)和平行性假设(hypothesis of parallelism)测验来分析不同测定方法得到的毒力回归线间是否相等或平行。以LC<sub>50</sub>的95%置信限不重叠为判断不同地区间毒力差异显著的标准。采用SAS v8软件(SAS Institute, Cary, NC)对监测的LC<sub>50</sub>值分别以年份、地区和杀虫剂为变量进行差异显著性分析。采用Sigmaplot软件对不同年份的LC<sub>50</sub>值数据进行回归曲线拟合。

## 2 结果与分析

### 2.1 水稻苗叶浸渍法和玉米苗叶浸渍法的比较

本研究中采用毒死蜱和室内连续繁殖3年多的稻纵卷叶螟品系来比较2种方法测试结果的差异(图1)。结果显示,水稻苗叶浸渍法和玉米苗叶浸渍法处理3 d后对照试虫存活率均大于90%(分别为95.0%和92.5%, $P>0.05$ ),且同一毒死蜱浓度2种方法处理的试虫存活率之间差异均不显著( $P>0.05$ )。2种方法测定的LC<sub>50</sub>值分别为6.187和6.278 mg/L(表1),相等性假设检验表明2种方法测定结果的毒力回归线相等(卡平方=0.54,自由度=2, $P>0.05$ )。因此,2种方法测定同一药剂对同一种群的毒力没有显著差异。

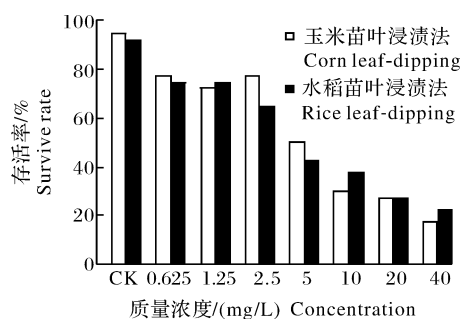


图1 毒死蜱处理稻纵卷叶螟初孵幼虫3 d存活率

Fig.1 The survival rates of the newly hatched larvae of *Cnaphalocrocis medinalis* treated with chlorpyrifos after three days

由于室内饲养发现稻纵卷叶螟在玉米叶片上生长发育很好,且玉米叶片比水稻叶片在培养皿中保鲜期要长,更利于生物测定,且玉米苗在室内更易培育,加上玉米叶片和水稻叶片浸渍法测定的毒力没有差异,因此本研究采用玉米苗叶浸渍法来测定杀虫剂对稻纵卷叶螟不同田间种群的毒力。

表 1 2 种方法测定毒死蜱对稻纵卷叶螟室内品系的毒力比较

Table 1 The toxicities of chlorpyrifos against the *Cnaphalocrocis medinalis* determined by two methods

方法 Method	虫数/头 Number of insects	斜率±标准误 Slope±SE	致死中质量浓度/(mg/L) (95%置信区间) LC <sub>50</sub> (95%FL)	卡方值 (自由度) $\chi^2$ (df)	相对毒力指数 Relative toxicity index
玉米苗浸渍法 Corn leaf-dipping	320	0.994±0.156	6.278(4.151~9.599)	2.112(5)	1.0
水稻苗浸渍法 Rice leaf-dipping	280	1.159±0.181	6.187(2.899~11.678)	5.300(4)	1.015(0.583~1.766)

相等性测验 Hypothesis of equality:  $\chi^2=0.54, df=2, P>0.05$

表 2 2015—2019 年稻纵卷叶螟田间种群对毒死蜱的敏感性

Table 2 Susceptibilities of field populations of *Cnaphalocrocis medinalis* to chlorpyrifos in 2015—2019

种群 Population	年度 Year	斜率±标准误 Slope±SE	致死中质量浓度/(mg/L) LC <sub>50</sub>	95%置信区间 95% CL	卡平方(自由度) $\chi^2$ (df)
赤壁 Chibi	2015	2.76±0.46	5.41	2.03~8.62	8.52(4)
	2016	1.12±0.24	22.14	14.70~44.23	2.94(3)
	2017	1.82±0.26	9.82	4.67~20.28	5.70(4)
	2018	2.83±0.64	8.25	5.59~11.13	1.11(3)
	2019	2.05±0.39	4.49	3.07~6.21	1.37(3)
孝感 Xiaogan	2015	1.83±0.29	5.59	3.73~7.78	2.10(3)
	2016	1.71±0.21	10.88	3.85~16.35	6.55(4)
	2017	3.51±0.93	8.28	5.67~10.71	1.65(2)
	2018	2.81±0.74	8.30	5.51~11.41	1.03(2)
	2019	2.44±0.45	5.29	1.87~8.76	0.80(3)
武穴 Wuxue	2015	0.92±0.17	8.38	4.74~16.61	1.29(4)
	2017	2.35±0.46	13.87	7.52~23.54	3.04(3)
	2018	2.25±0.32	12.27	5.93~32.67	7.06(3)
武汉 Wuhan	2015	1.06±0.21	5.07	3.25~8.30	0.82(4)
长沙 Changsha	2015	1.59±0.29	5.32	3.27~7.95	1.97(2)
	2016	1.38±0.23	12.47	8.74~18.52	1.06(2)
	2017	1.90±0.50	4.74	2.51~6.90	0.75(2)
	2018	1.80±0.34	11.75	2.72~26.00	7.04(4)
	2019	2.15±0.43	4.86	2.84~7.57	5.16(4)
南昌 Nanchang	2017	1.61±0.28	8.20	3.52~14.67	3.60(3)
	2018	3.34±0.84	9.78	6.17~12.92	1.59(2)
	2019	2.16±0.44	4.32	2.62~5.96	2.35(3)
合肥 Hefei	2016	2.61±0.51	21.07	16.24~27.78	1.00(2)
	2017	1.91±0.47	7.91	4.19~11.31	1.59(2)
	2018	2.84±0.73	10.17	6.45~15.11	0.17(1)
	2019	2.90±0.52	5.05	2.51~7.76	3.76(4)
信阳 Xinyang	2015	3.87±0.95	11.39	7.75~14.14	1.04(2)
黄冈 Huanggang	2016	2.11±0.42	12.91	6.13~24.41	3.38(3)
萍乡 Pingxiang	2016	1.61±0.32	10.98	5.14~22.96	3.21(3)

注:所有未标星的毒力数据均符合机率值模型(卡方测验  $P>0.05$ )。下同。Note: All of the toxicity data without “\*” fit to the probit value model (Chi square test  $P>0.05$ ). The same as below.

## 2.2 2015—2019 年华中地区稻纵卷叶螟对不同杀虫剂敏感性的监测

毒死蜱:2015—2019 年 5 a 间赤壁、武穴、武汉、孝感、黄冈、长沙、南昌、萍乡、合肥和信阳共 10 个地区稻纵卷叶螟对毒死蜱的敏感性监测结果见表 2。稻纵卷叶螟对毒死蜱的 LC<sub>50</sub> 值为 4.32~22.14

mg/L。5 a 内赤壁、长沙、南昌和合肥种群对毒死蜱的敏感性有明显变化。赤壁和长沙种群从 2015 年到 2016 年敏感性分别下降了 4.1 倍和 2.3 倍。赤壁、孝感、长沙和合肥种群从 2016 年到 2019 年分别上升了 4.9 倍、2.1 倍、2.6 倍和 4.2 倍。

茚虫威:2015—2019 年 5 a 间赤壁、武穴、武汉、

孝感、黄冈、长沙、南昌、合肥和信阳共 9 个地区稻纵卷叶螟对茚虫威的  $LC_{50}$  值为 0.15~0.71 mg/L。5 a 内卷叶螟对茚虫威的敏感性检测结果见表 3。稻纵卷叶螟仅武穴种群对茚虫威的敏感性有显著下降, 2015—

表 3 2015—2019 年稻纵卷叶螟田间种群对茚虫威的敏感性

Table 3 Susceptibilities of field population of *Cnaphalocrocis medinalis* to indoxacarb in 2015—2019

种群 Population	年度 Year	斜率 Slope±SE	致死中质量浓度/(mg/L) $LC_{50}$	95%置信区间 95% CL	卡平方(自由度) $\chi^2$ (df)
赤壁 Chibi	2015	2.86±0.45	0.28	0.19~0.44	3.51(3)
	2016	2.69±0.32	0.20	0.11~0.45	4.00(3)
	2017	1.68±0.25	0.29	0.16~0.50	6.05(4)
孝感 Xiaogan	2015	2.38±0.35	0.22	0.14~0.35	3.68(3)
	2016	2.70±0.42	0.27	0.22~0.34	0.98(2)
	2017	3.64±0.66	0.22	0.17~0.26	0.73(3)
武穴 Wuxue	2015	3.27±0.53	0.15	0.11~0.18	1.56(3)
	2017	1.43±0.45	0.71	0.44~3.18	1.08(3)
	2018	3.55±0.79	0.63	0.48~0.80	2.91(3)
武汉 Wuhan	2015	3.29±0.50	0.21	0.10~0.34	6.28(3)
长沙 Changsha	2015	2.75±0.39	0.28	0.22~0.35	1.16(3)
	2016	3.02±0.41	0.27	0.23~0.33	0.20(2)
	2017	2.15±0.38	0.20	0.08~0.38	6.95(4)
	2018	2.20±0.69	0.42	0.29~0.79	0.80(3)
南昌 Nanchang	2017	2.28±0.64	0.51	0.39~0.91	0.87(3)
	2018	2.74±0.73	0.37	0.22~0.51	1.46(3)
	2019	1.75±0.34	0.15	0.10~0.21	2.08(3)
合肥 Hefei	2016	1.83±0.31	0.19	0.09~0.40	4.42(3)
	2017	1.42±0.33	0.11	0.06~0.17	0.24(3)
	2018	1.67±0.38	0.22	0.13~0.32	1.54(3)
信阳 Xinyang	2019	2.03±0.36	0.15	0.08~0.26	3.38(3)
	2015	3.31±0.78	0.22	0.15~0.30	0.31(2)

表 4 2015—2019 年稻纵卷叶螟田间种群对乙基多杀菌素的敏感性

Table 4 Susceptibilities of field population of *Cnaphalocrocis medinalis* to spinetoram in 2015—2019

种群 Population	年度 Year	斜率 Slope±SE	致死中质量浓度/(mg/L) $LC_{50}$	95%置信区间 95% CL	卡平方(自由度) $\chi^2$ (df)
赤壁 Chibi	2015	2.58±0.39	0.16	0.10~0.25	3.47(3)
	2017	1.78±0.24	0.23	0.073~0.53	4.29(3)
	2019	2.20±0.44	0.06	0.04~0.08	0.87(3)
孝感 Xiaogan	2015	3.23±0.51	0.14	0.076~0.21	4.25(3)
	2016	2.13±0.39	0.15	0.10~0.20	2.55(4)
	2017	1.79±0.33	0.17	0.12~0.25	0.89(3)
	2019	2.15±0.41	0.06	0.04~0.08	1.28(3)
武穴 Wuxue	2015	2.64±0.37	0.13	0.11~0.17	2.84(4)
	2018	2.56±0.42	0.19	0.08~0.32	3.66(3)
武汉 Wuhan	2015	1.50±0.28	0.16	0.11~0.23	1.94(4)
长沙 Changsha	2015	1.61±0.27	0.08	0.03~0.16	8.13(4)
	2016	2.51±0.31	0.09	0.06~0.13	3.90(3)
	2017	2.13±0.43	0.20	0.08~0.38	6.95(4)
	2018	3.79±0.67	0.12	0.07~0.17	5.16(4)
	2019	2.86±0.58	0.07	0.04~0.09	0.72(3)
南昌 Nanchang	2017	1.20±0.29	0.31	0.18~0.95	1.24(3)
	2018	2.05±0.41	0.17	0.06~0.32	5.82(4)
	2019	1.90±0.33	0.11	0.07~0.14	0.73(3)
合肥 Hefei	2016	2.66±0.44	0.18	0.11~0.27	5.11(4)
	2017	2.89±0.61	0.17	2.89~0.61	1.91(2)
信阳 Xinyang	2015	5.30±1.14	0.16	0.13~0.19	0.21(1)

2018 年敏感性下降了 4.2~4.7 倍。

乙基多杀菌素:2015—2019 年赤壁、武穴、武汉、孝感、黄冈、长沙、南昌、合肥和信阳共 9 个地区稻纵卷叶螟对乙基多杀菌素的敏感性监测结果如表 4 所示。稻纵卷叶螟对乙基多杀菌素的  $LC_{50}$  值为 0.06~0.31 mg/L。5 a 内每个种群对乙基多杀菌素

的敏感性均没有显著下降。

阿维菌素:2015—2019 年赤壁、武穴、武汉、孝感、黄冈、长沙、南昌、合肥和信阳共 9 个地区稻纵卷叶螟对阿维菌素的敏感性测定结果如表 5 所示。稻纵卷叶螟对阿维菌素的  $LC_{50}$  值为 0.03~0.29 mg/L。5 a 内每个种群对阿维菌素的敏感性均没有

表 5 2015—2019 年稻纵卷叶螟田间种群对阿维菌素的敏感性

Table 5 Susceptibilities of field population of *Cnaphalocrocis medinalis* to abamectin in 2015—2019

种群 Population	年度 Year	斜率 Slope±SE	致死中质量浓度/(mg/L) $LC_{50}$	95%置信区间 95% CL	卡平方(自由度) $\chi^2$ (df)
赤壁 Chibi	2015	1.49±0.24	0.10	0.04~0.21	3.14(3)
	2017	2.22±0.42	0.09	0.05~0.16	3.57(3)
	2018	0.90±0.24	0.08	0.03~0.20	1.69(3)
	2019	1.08±0.20	0.06	0.03~0.11	2.01(3)
孝感 Xiaogan	2015	1.44±0.26	0.03	0.02~0.05	0.43(2)
	2016	1.06±0.18	0.13	0.04~0.42	3.87(3)
	2017	1.78±0.37	0.18	0.11~0.27	1.64(3)
	2018	1.03±0.26	0.12	0.05~0.27	2.74(3)
	2019	1.06±0.18	0.08	0.05~0.14	2.38(3)
武穴 Wuxue	2015	1.63±0.28	0.08	0.03~0.18	3.79(3)
	2017	2.92±0.65	0.17	0.13~0.22	0.02(3)
	2018	1.97±0.33	0.29	0.13~0.51	6.46(4)
武汉 Wuhan	2015	1.30±0.30	0.04	0.03~0.07	1.88(3)
	2016	1.26±0.18	0.05	0.008~0.168	6.52(3)
长沙 Changsha	2015	2.38±0.47	0.06	0.04~0.08	0.48(3)
	2016	1.25±0.16	0.06	0.04~0.10	2.48(3)
	2017	1.80±0.39	0.10	0.05~0.16	1.50(2)
	2018	1.91±0.44	0.11	0.06~0.17	2.04(3)
	2019	2.15±0.43	0.09	0.05~0.16	1.64(3)
南昌 Nanchang	2017	1.63±0.24	0.15	0.06~0.35	4.15(3)
	2018	0.74±0.18	0.23	0.10~0.80	1.30(3)
	2019	1.22±0.19	0.05	0.02~0.13	3.23(3)
合肥 Hefei	2017	1.69±0.42	0.13	0.06~0.20	0.47(3)
	2018	1.08±0.20	0.08	0.02~0.27	3.26(3)
	2019	0.97±0.18	0.19	0.10~0.39	1.40(3)
信阳 Xinyang	2015	1.41±0.26	0.06	0.03~0.10	0.51(2)

显著下降。

氯虫苯甲酰胺:2015—2019 年赤壁、武穴、武汉、孝感、长沙、南昌、萍乡、合肥和信阳共 9 个地区稻纵卷叶螟对氯虫苯甲酰胺的敏感性测定结果见表 6。稻纵卷叶螟对氯虫苯甲酰胺的  $LC_{50}$  值为 0.06~0.55 mg/L。2015—2019 年赤壁、孝感种群对氯虫苯甲酰胺的敏感性显著下降,分别下降了 7.3 倍、2.6 倍;2016—2018 年武穴种群下降了 4.2 倍。

溴氰虫酰胺:2015—2019 年赤壁、武穴、武汉、孝感、黄冈、长沙、南昌、合肥和信阳共 9 个地区稻纵

卷叶螟对溴氰虫酰胺的敏感性结果如表 7 所示。稻纵卷叶螟对溴氰虫酰胺的  $LC_{50}$  值为 0.17~1.30 mg/L。地区间差异不明显。5 a 内武穴和长沙种群对溴氰虫酰胺的敏感性有显著下降,2015—2018 年敏感性分别下降了 2.2 倍和 6.7 倍。

氟苯虫酰胺:2015—2019 年赤壁、武穴、武汉、孝感、黄冈、长沙、南昌、合肥和信阳共 9 个地区稻纵卷叶螟对氟苯虫酰胺的敏感性测定结果如表 8 所示。稻纵卷叶螟对氟苯虫酰胺的  $LC_{50}$  值为 0.009 7~0.10 mg/L。5 a 内每个种群对氟苯虫酰胺的抗药性均没有显著上升。



表 6 2015—2019 年稻纵卷叶螟田间种群对氯虫苯甲酰胺的敏感性

Table 6 Susceptibilities of field population of *Cnaphalocrocis medinalis* to chlorantraniliprole in 2015—2019

种群 Population	年度 Year	斜率 Slope±SE	致死中质量浓度/(mg/L) LC <sub>50</sub>	95%置信区间 95%CL	卡平方(自由度) χ <sup>2</sup> (df)
赤壁 Chibi	2015	2.69±0.49	0.06	0.04~0.07	4.32(4)
	2016	2.64±0.35	0.17	0.12~0.24	4.38(4)
	2017	2.64±0.43	0.39	0.19~0.68	9.13(4)
	2018	3.91±1.04	0.55	0.35~0.71	2.77(3)
	2019	1.65±0.38	0.44	0.30~0.67	3.79(3)
孝感 Xiaogan	2015	3.22±0.51	0.09	0.07~0.11	1.14(3)
	2016	2.96±0.42	0.16	0.08~0.24	10.02(4)
	2017	4.50±0.77	0.38	0.31~0.45	0.91(3)
	2018	3.71±0.84	0.26	0.18~0.33	1.66(2)
	2019	2.55±0.42	0.23	0.11~0.37	3.91(3)
武穴 Wuxue	2015	4.09±0.70	0.11	0.09~0.14	1.59(3)
	2017	2.80±0.48	0.38	0.19~0.58	4.27(3)
	2018	4.80±1.15	0.46	0.35~0.55	1.65(2)
武汉 Wuhan	2015	3.74±0.71	0.13	0.07~0.18	6.16(4)
	2016	2.60±0.33	0.14	0.09~0.19	4.63(4)
长沙 Changsha	2015	4.62±0.73	0.20	0.16~0.23	1.64(2)
	2016	2.53±0.35	0.17	0.13~0.22	3.85(4)
	2017	3.44±0.59	0.24	0.19~0.30	2.42(3)
	2018	4.56±0.77	0.39	0.26~0.57	3.82(3)
南昌 Nanchang	2017	2.73±0.35	0.24	0.11~0.42	12.45(4) *
	2018	2.86±0.49	0.22	0.16~0.28	0.95(3)
	2019	3.19±0.59	0.18	0.13~0.23	0.12(3)
合肥 Hefei	2016	4.28±0.79	0.15	0.12~0.18	0.66(3)
	2017	4.00±0.94	0.10	0.07~0.12	1.38(3)
	2018	3.39±0.60	0.20	0.11~0.32	3.96(3)
信阳 Xinyang	2015	2.89±0.63	0.15	0.10~0.21	0.14(1)
萍乡 Pingxiang	2016	2.86±0.59	0.27	0.18~0.35	2.21(3)

注: 标有“\*”的毒力数据不符合机率值模型(卡方测验  $P < 0.05$ )。Note: The toxicity data marked with “\*” do not fit to the probit value model (Chi square test  $P < 0.05$ ).

表 7 2015—2019 年稻纵卷叶螟田间种群对溴氰虫酰胺的敏感性

Table 7 Susceptibilities of field population of *Cnaphalocrocis medinalis* to cyantraniliprole in 2015—2019

种群 Population	年度 Year	斜率 Slope±SE	致死中质量浓度/(mg/L) LC <sub>50</sub>	95%置信区间 95%CL	卡平方(自由度) χ <sup>2</sup> (df)
赤壁 Chibi	2015	4.16±0.62	0.84	0.70~0.98	3.27(4)
	2017	2.61±0.41	0.50	0.22~0.80	1.96(4)
孝感 Xiaogan	2015	3.84±0.67	0.82	0.47~1.13	6.73(4)
	2016	1.10±0.18	0.49	0.20~1.31	1.86(3)
	2017	5.71±1.12	1.08	0.89~1.27	1.47(2)
武穴 Wuxue	2015	2.67±0.45	0.60	0.35~0.86	5.02(4)
	2018	5.21±1.10	1.30	1.04~1.55	0.81(3)
武汉 Wuhan	2015	3.44±0.54	0.76	0.48~1.04	6.00(4)
长沙 Changsha	2015	1.21±0.37	0.17	0.03~0.30	0.03(2)
	2017	3.78±1.15	0.59	0.30~0.76	0.37(3)
	2018	5.08±1.26	1.14	0.86~1.39	3.47(4)
南昌 Nanchang	2017	3.76±0.71	0.71	0.49~0.10	4.99(3)
	2016	1.99±0.27	0.77	0.58~0.99	1.82(4)
合肥 Hefei	2017	4.56±0.94	0.52	0.41~0.64	0.03(2)
	2019	2.66±0.5	0.64	0.46~0.82	1.77(3)
	2015	1.86±0.41	0.18	0.08~0.29	0.75(2)

表 8 2015—2019 年稻纵卷叶螟田间种群对氟苯虫酰胺的敏感性

Table 8 Susceptibilities of field population of *Cnaphalocrocis medinalis* to flubendiamide in 2015—2019

种群 Population	年度 Year	斜率 Slope±SE	致死中质量浓度/(mg/L) LC <sub>50</sub>	95%置信区间 95%CL	卡平方(自由度) χ <sup>2</sup> (df)
赤壁 Chibi	2015	3.78±0.60	0.040	0.025~0.046	4.11(4)
	2017	3.37±0.45	0.030	0.030~0.040	3.51(4)
孝感 Xiaogan	2015	2.38±0.32	0.020	0.010~0.030	7.63(4)
	2016	0.75±0.20	0.100	0.050~0.420	0.25(4)
	2017	4.07±0.81	0.006	0.005~0.008	0.22(2)
武穴 Wuxue	2015	2.15±0.38	0.040	0.027~0.055	0.23(2)
	2017	2.30±0.37	0.020	0.016~0.030	0.34(3)
	2018	2.87±0.53	0.040	0.031~0.050	1.46(3)
武汉 Wuhan	2015	3.29±0.52	0.028	0.022~0.034	1.26(3)
长沙 Changsha	2015	2.14±0.34	0.036	0.016~0.058	7.52(4)
	2017	3.41±0.62	0.043	0.033~0.054	1.08(3)
	2018	2.20±0.47	0.047	0.030~0.069	0.69(2)
南昌 Nanchang	2017	5.70±0.89	0.015	0.013~0.017	1.14(4)
合肥 Hefei	2016	2.56±0.39	0.035	0.026~0.044	3.86(4)
	2017	1.40±0.33	0.011	0.006~0.017	1.07(3)
信阳 Xinyang	2015	2.44±0.68	0.010	0.004~0.015	0.06(1)

2.3 聚类分析

选取 2015—2019 年 7 个杀虫剂对赤壁、孝感、武穴、长沙、南昌和合肥 6 个地区稻纵卷叶螟田间种群的 LC<sub>50</sub> 值,分别以年份、地区、药剂、同药剂不同地区和同药剂不同年份为变量进行聚类分析。

1) 年度间比较。以年份为变量,对所测 LC<sub>50</sub> 值进行聚类分析,统计分析表明年份之间没有显著差异( $P > 0.05$ )(图 2)。

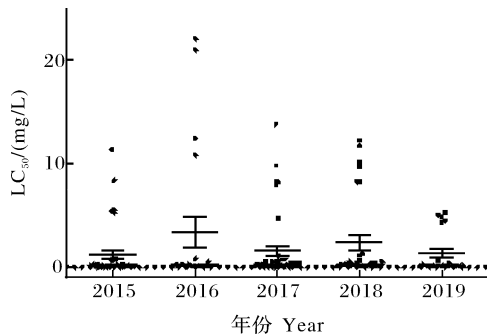


图 2 LC<sub>50</sub> 值年度间比较

Fig.2 Comparison of LC<sub>50</sub> values between years

2) 地区间比较。以地区为变量,对所测 LC<sub>50</sub> 值进行聚类分析,统计分析表明地区之间没有显著差异( $P > 0.05$ )(图 3)。

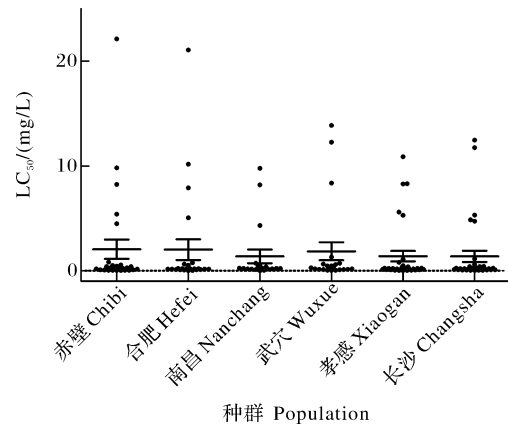


图 3 稻纵卷叶螟对杀虫剂的 LC<sub>50</sub> 值种群间比较

Fig.3 Comparison of LC<sub>50</sub> values of *Cnaphalocrocis medinalis* to insecticides in different populations

3) 药剂间分析。以药剂为变量,对所测 LC<sub>50</sub> 值进行聚类分析,统计分析表明药剂之间存在极显著差异( $F = 67.10, P < 0.0001$ )(图 4)。毒力次序为氟苯虫酰胺 ≥ 阿维菌素 ≥ 乙基多杀菌素 > 氯虫苯甲酰胺 ≥ 茚虫威 > 溴氰虫酰胺 > 毒死蜱。

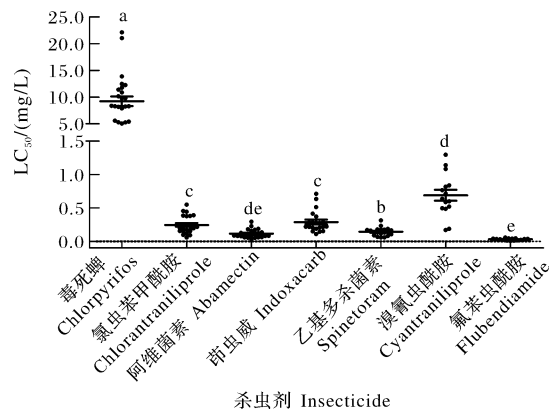
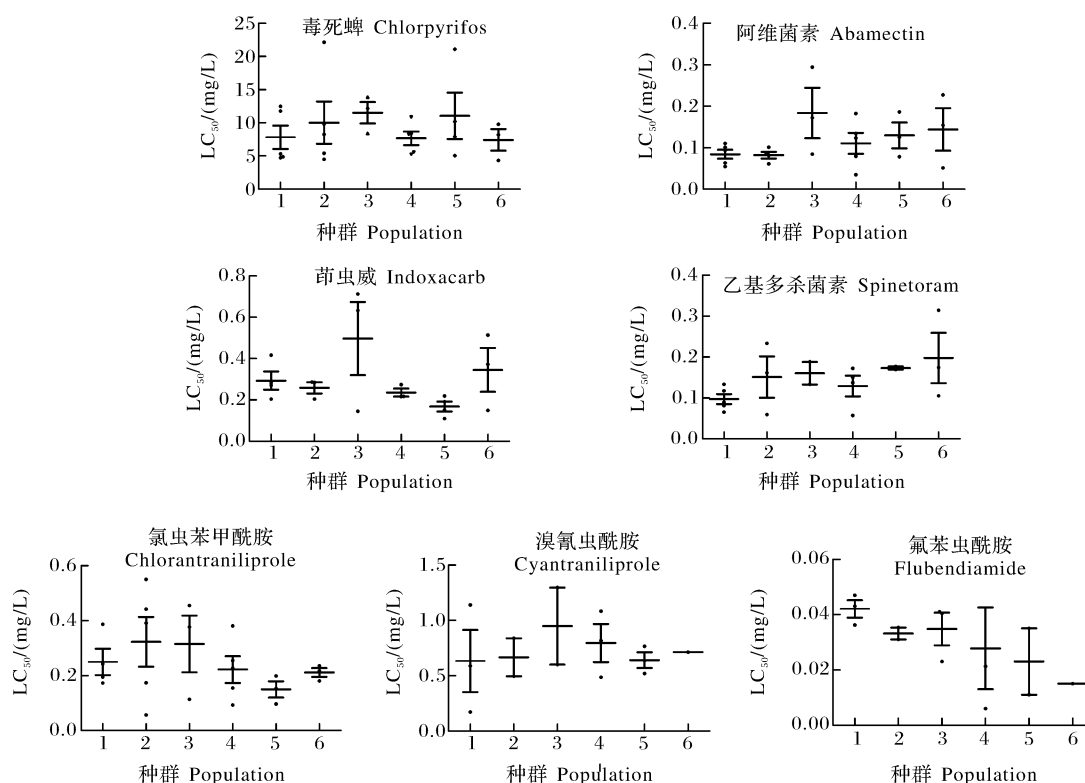


图 4 稻纵卷叶螟对杀虫剂的 LC<sub>50</sub> 值药剂间比较

Fig.4 Comparison of LC<sub>50</sub> values of *Cnaphalocrocis medinalis* to insecticides in different insecticides

4)同药剂不同地区间比较。以地区为变量,分别对同种杀虫剂的  $LC_{50}$  值进行聚类分析,统计分析

表明稻纵卷叶螟对同种杀虫剂的敏感性地区之间没有明显差异( $P>0.05$ )(图5)。



1.赤壁 Chibi; 2.合肥 Hefei; 3.南昌 Nanchang; 4.武穴 Wuxue; 5.孝感 Xiaogan; 6.长沙 Changsha.

图5 稻纵卷叶螟对同种杀虫剂  $LC_{50}$  值的不同地区间比较

Fig.5 Comparison of  $LC_{50}$  values of *Cnaphalocrocis medinalis* to the same insecticide in different regions

5)同药剂不同年份之间分析。以年份为变量,分别对同种杀虫剂的  $LC_{50}$  值进行聚类分析。统计分析表明稻纵卷叶螟对毒死蜱的敏感性年份之间差异极显著( $F=10.83, P<0.0001$ )(图6),相对于2015年,2016年敏感性显著下降3.4倍;2017—2018年敏感性有所上升,分别是1.4倍、1.7倍;2019年敏感性上升为0.8倍。稻纵卷叶螟对氯虫苯甲酰胺的敏感性年份之间差异显著( $F=3.43, P<0.05$ ),相对于2015年,2016—2019年敏感性下降,分别是1.6倍、2.5倍、3.0倍和2.5倍(图6)。稻纵卷叶螟对其他杀虫剂的敏感性年份之间没有明显差异( $P>0.05$ )(图6)。

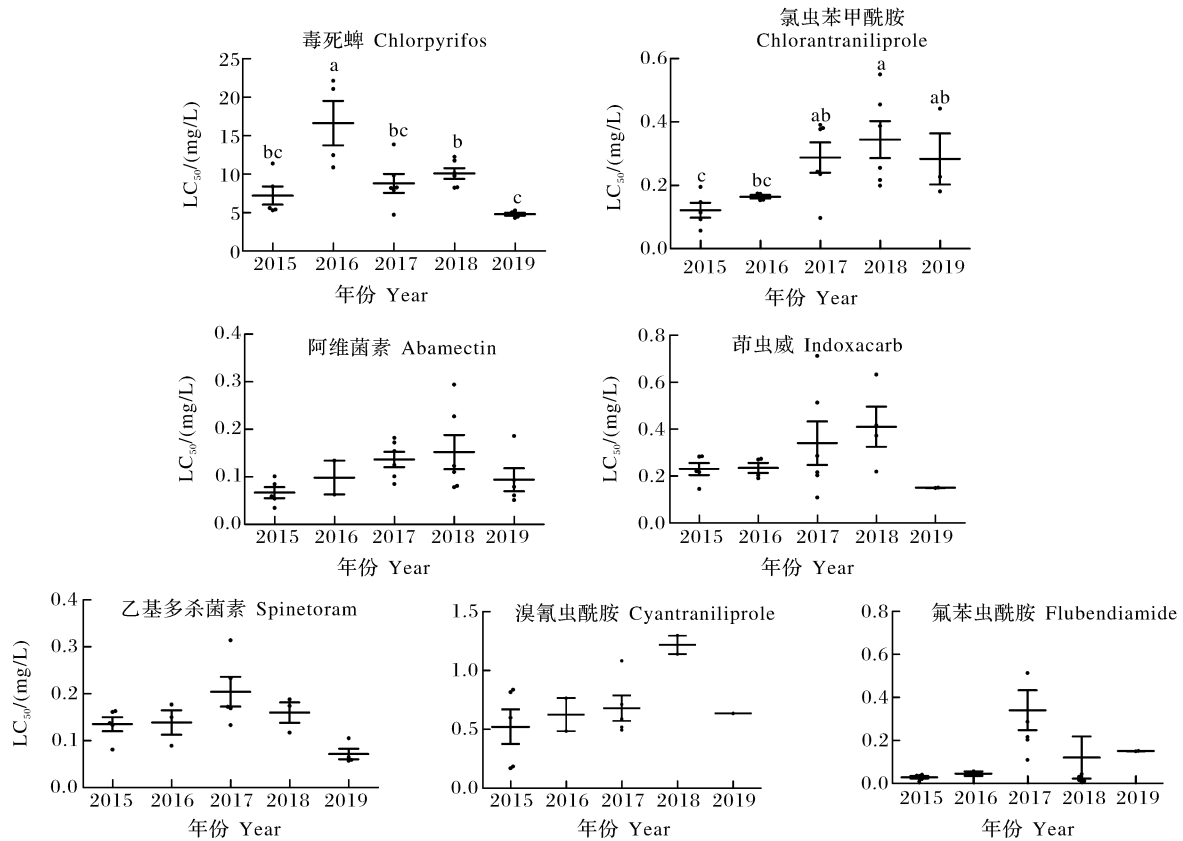
### 3 讨论

目前已报道的对稻纵卷叶螟的抗药性监测方法主要有点滴法、饲喂法和浸渍法<sup>[1,3-4,6-9]</sup>。其中点滴法或者浸虫法可有效地评估以触杀作用为主的杀虫剂的毒力,但浸渍法更适用于测定氯虫苯甲酰胺、乙基多杀菌素、茚虫威和阿维菌素等以胃毒作用为主

的杀虫剂。廖怀建等<sup>[10]</sup>尝试过利用玉米苗代替水稻叶片来饲养稻纵卷叶螟,发现在温度( $27 \pm 0.5$ ) $^{\circ}C$ 、RH为 $80\% \pm 5\%$ 、光周期为L:D=14h:10h的环境条件下,玉米苗可以充分达到稻纵卷叶螟幼虫对生长所必需的营养需求,室内连续饲养3代后,通过统计稻纵卷叶螟的存活率、繁殖率以及幼虫活动能力等评价指标均在正常范围内,并且稻纵卷叶螟幼虫的存活率较之水稻苗显著提高,在化蛹率以及成虫的产卵量上二者并没有显著性差异。笔者所在实验室长期室内饲养发现稻纵卷叶螟在玉米叶片上生长发育很好,且玉米叶片比水稻叶片在培养皿中保鲜期要长,玉米苗在室内更易培育,更便于生物测定。本研究发现分别用玉米叶片和水稻叶片浸渍法测定的杀虫剂对稻纵卷叶螟幼虫的毒力并没有明显差异。因此本研究采用玉米苗叶浸渍法来测定杀虫剂对稻纵卷叶螟不同田间种群的毒力。

2015—2019年5a的监测数据分析表明,华中地区不同地区间差异不明显;不同杀虫剂之间毒力





图中无字母标示的为差异不显著,  $P > 0.05$ 。If there is no letter in the figure, the difference is not significant,  $P > 0.05$ .

图 6 稻纵卷叶螟对同种杀虫剂的  $LC_{50}$  值的年份间比较

Fig.6 Comparison of  $LC_{50}$  values of *Cnaphalocrocis medinalis* to the same insecticide in different years

差异明显,毒力次序依次为氟苯虫酰胺>阿维菌素>乙基多杀菌素>氯虫苯甲酰胺>茚虫威>溴氰虫酰胺>毒死蜱。邱良妙等<sup>[11]</sup>2018年测定了福建省稻纵卷叶螟田间种群对于6种杀虫剂的敏感性,结果显示6种杀虫剂的毒力大小顺序为阿维菌素>乙基多杀菌素>甲氨基阿维菌素>氯虫苯甲酰胺>茚虫威>毒死蜱,与本研究监测的结果基本一致。本研究中发现有些地区对常用杀虫剂的敏感性随着年份而变化,例如从2016年起各地区种群对毒死蜱的抗性均明显下降;2015—2019年赤壁、武穴和长沙等地对氯虫苯甲酰胺的抗性上升明显,武穴和长沙等地对阿维菌素的抗性上升趋势明显,长沙和武穴等地对茚虫威的抗性上升明显。李忠良等<sup>[12]</sup>测定了2017年5月至9月间湖南省洞庭湖区稻纵卷叶螟对7种杀虫剂的抗性水平,其中抗性增长最为明显的药剂是甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(甲维盐),抗性增长最少的是氯虫苯甲酰胺。

毒死蜱一直作为主要的药剂防治水稻上的稻纵

卷叶螟、二化螟和褐飞虱,但随着新药剂的出现,目前毒死蜱更多的作为辅助药剂复配使用,因而减少了田间的用药量,延缓了其抗性的产生,这可能是本次监测结果显示5a间各地种群对毒死蜱的抗性呈现略微下降趋势的原因。

氯虫苯甲酰胺自2008年在我国取得商业登记以来,随着其在田间应用量的不断增大,抗性报道也在不断增多。Lai等<sup>[13]</sup>通过对18个不同地区的甜菜夜蛾田间种群进行监测,分析得知其中8个地区的田间种群已经对其达到了中等水平抗性。Wang等<sup>[14]</sup>报道在很短的时间内,广东地区小菜蛾已经对氯虫苯甲酰胺产生了极高水平的抗性,甚至个别地区的田间种群对其的抗性倍数更高,经过分析比较已经达到2000倍以上。蒋田田<sup>[15]</sup>连续2a对小菜蛾田间种群进行多个省份、不同地区的抗药性监测,结果发现2012—2013年间监测的小菜蛾种群中江西泰和及江苏无锡的小菜蛾种群已经对氯虫苯甲酰胺分别产生了中至高水平抗药性和高至极高水平抗

药性。胡珍娣<sup>[16]</sup>连续3a在广西和广东省进行多个不同地区的田间小菜蛾种群抗药性监测,发现在3a田间小菜蛾对于氯虫苯甲酰胺的抗药性有明显的上升趋势。赵丹丹等<sup>[17]</sup>通过测定2015年我国7省19地二化螟田间种群对氯虫苯甲酰胺抗药性发现浙江余姚和苍南种群对氯虫苯甲酰胺已产生了高水平抗性。氯虫苯甲酰胺由于防治效果显著,使其目前成为在水稻田中进行防治稻纵卷叶螟的主要杀虫剂之一,但是近几年来由于长期大量及不合理的使用,随之面临的却是抗性水平上升的风险,并且经过研究在其他害虫中也已出现了较高水平的抗药性,通过对近几年的监测结果进行分析得出目前华中地区稻纵卷叶螟田间种群对氯虫苯甲酰胺的抗药性呈现上升趋势,因此对于氯虫苯甲酰胺的抗性治理尤为重要。

近年来有研究报道称在化学防治斜纹夜蛾、小菜蛾以及番茄斑潜蝇等农业害虫的过程中,发现氯虫苯甲酰胺、溴氰虫酰胺及氟苯虫酰胺之间有着一定的交互抗性<sup>[18-21]</sup>,赵丹丹等<sup>[17]</sup>对双酰胺类杀虫剂的抗药性监测中同样也发现,在浙江余姚和象山地区的二化螟田间种群对氯虫苯甲酰胺和溴氰虫酰胺存在交互抗性。本次对稻纵卷叶螟的监测中发现长沙种群对于溴氰虫酰胺和氯虫苯甲酰胺的抗药性均有明显上升,因此在田间务必避免这2种杀虫剂的同步选择(交替或轮换使用)。

综上,基于这5a的抗药性监测结果,针对稻纵卷叶螟的防治,本研究提出几点建议:首先,应当持之以恒地对稻纵卷叶螟进行田间抗药性监测工作,包括目前常用的几种常规以及新型杀虫剂。及时了解并掌握稻纵卷叶螟的抗药性发展动态,并及时反馈监测的结果,更好地对田间用药起到指导作用。其次,由于其迁飞特性,稻纵卷叶螟抗药性在华中水稻区的地区间差异不明显,不过不同的地区采取不同的化学防治策略也有利于延缓迁飞性害虫抗药性的发展。第三,合理混用和轮用杀虫剂,避免同类杀虫剂之间交替轮换使用,特别是氯虫苯甲酰胺、溴氰虫酰胺等双酰胺类药剂。虽然氟苯虫酰胺是本次研究所测杀虫剂中毒力最高的药剂,但是由于其安全性原因,目前氟苯虫酰胺已经被禁止在水稻上应用。本研究中显示阿维菌素、乙基多杀菌素和溴氰虫酰胺依然具有很高的毒力效果,可以通过药剂的混配和轮用来延长药剂的使用寿命。最后,可以结

合一些有效的非化学防治措施来治理稻纵卷叶螟,例如改变水稻的种植结构,在发生严重的田间释放天敌寄生蜂从而控制稻纵卷叶螟的数量,通过这些非化学防治措施以减少稻纵卷叶螟的危害,并达到减缓抗性发展的目的。

**致谢** 感谢湖南省农业科学院彭兆普,江西省农业科学院姚英娟,安徽省农业科学院胡本进,黄冈市农业科学院陈杰,长沙地区、赤壁、武穴、孝感、萍乡和信阳等植保站在试虫采集上的大力帮助,感谢本科实习生朱威鹏、赵晓艳、雷子耀、刘洋、田晨、蒋坡、王宇鑫、刘力宁、葛洋、肖婉玲、赵依、杨淑芳等在试虫采集、饲养和测定工作中的辛苦付出。

## 参考文献 References

- [1] 肖整玉,黄彰欣,黄瑞平.广东稻纵卷叶螟对杀虫剂的抗药性研究[J].广东农业科学,1994,21(3):35-37.XIAO Z Y, HUANG Z X, HUANG R P. Research of insecticide resistance of *Cnaphalocrocis medinalis* in Guangdong[J].Guangdong agricultural sciences,1994,21(3):35-37(in Chinese).
- [2] 龙丽萍,邓业成,林明珍,等.稻纵卷叶螟对几种杀虫剂敏感性研究[J].广西农业科学,1996(5):240-242.LONG L P, DENG Y C, LIN M Z. Research of insecticides sensitivity of *Cnaphalocrocis medinalis* [J].Guangxi agricultural sciences,1996(5):240-242(in Chinese).
- [3] 程英,李忠英,金剑雪,等.稻纵卷叶螟对杀虫剂的敏感性调查[J].现代农药,2007,6(5):44-46.CHENG Y, LI Z Y, JIN J X. Investigation of *Cnaphalocrocis medinalis* sensitivity to insecticides[J].Modern agrochemicals,2007,6(5):44-46(in Chinese with English abstract).
- [4] 苏建坤,褚柏,陈伟民.稻纵卷叶螟抗药性测定方法初探及抗性监测[J].上海农业学报,2003,19(4):81-84.SU J K, CHU B, CHEN W M. Preliminary study on method of determining rice leaf roller's resistance to insecticides and resistance monitoring [J].Acta agriculturae Shanghai,2003,19(4):81-84(in Chinese with English abstract).
- [5] 卢鹏,李建洪,张智科,等.湖北省稻纵卷叶螟的抗药性监测[J].湖北植保,2009(4):14-15.LU P, LI J H, ZHANG Z K, et al. Monitoring of insecticide resistance of *Cnaphalocrocis medinalis* in Hubei[J].Hubei plant protection,2009(4):14-15(in Chinese).
- [6] ZHANG S K, REN X B, WANG Y C, et al. Resistance in *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera:Pyralidae) to new chemistry insecticides[J].Journal of economic entomology,2014,107(2):815-820.
- [7] 李凤良,金剑雪,李忠英,等.21种杀虫剂对稻纵卷叶螟幼虫触杀毒力比较[J].植物保护,2005,31(2):85-87.LI F L, JIN J X, LI Z Y, et al. Comparison of the antitoxin of 21 insecticides a-

- gainst the larva of *Cnaphalocrocis medinalis*[J]. Plant protection, 2005, 31(2): 85-87 (in Chinese).
- [8] ENDO S, KAZANO H, MASUDA T. Insecticide susceptibility of the rice leaf roller larvae, *Cnaphalocrocis medinalis*[J]. Applied entomology and zoology, 1983, 22(2): 145-152.
- [9] ZHENG X S, REN X B, SU J Y. Insecticide susceptibility of *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae) in China[J]. Journal of economic entomology, 2011, 104(2): 653-658.
- [10] 廖怀建, 黄建荣, 刘向东. 利用玉米苗饲养稻纵卷叶螟的方法[J]. 应用昆虫学报, 2012, 49(4): 1078-1082. LIAO H J, HUANG J R, LIU X D. The method for mass rearing of rice leaf folder *Cnaphalocrocis medinalis* using maize seedlings[J]. Chinese journal of applied entomology, 2012, 49(4): 1078-1082 (in Chinese with English abstract).
- [11] 邱良妙, 刘其全, 卢学松, 等. 福建省水稻纵卷叶螟田间种群对6种杀虫剂的敏感性测定[J]. 南方农业学报, 2018, 49(1): 62-67. QIU L M, LIU Q Q, LU X S, et al. Susceptibility of *Cnaphalocrocis medinalis* (Güenée) in Fujian to six insecticides[J]. Journal of southern agriculture, 2018, 49(1): 62-67 (in Chinese with English abstract).
- [12] 李忠良, 杨卓玛, 吴兰军, 等. 洞庭湖区稻纵卷叶螟对防治药剂的抗药性监测[J]. 现代农业科技, 2018(16): 100-102. LI Z L, YANG Z M, WU L J, et al. Monitoring of insecticide resistance of *Cnaphalocrocis medinalis* in Dongting Lake area[J]. Modern agricultural science and technology, 2018(16): 100-102 (in Chinese with English abstract).
- [13] LAI T C, SU J Y. Effects of chlorantraniliprole on development and reproduction of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hubner)[J]. Journal of pest science, 2011, 84(3): 381-386.
- [14] WANG X L, WU Y D. High levels of resistance to chlorantraniliprole evolved in field populations of *Plutella xylostella* [J]. Journal of economic entomology, 2012, 105(3): 1019-1023.
- [15] 蒋田田. 小菜蛾的抗药性监测以及对啮虫酰胺的抗性风险评估[D]. 南京: 南京农业大学, 2014. JIANG T T. Resistance monitoring and risk assessment of tolfenpyrad in diamondback moth, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: plutellidae) [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2014 (in Chinese with English abstract).
- [16] 胡珍娣. 小菜蛾对氯虫苯甲酰胺的抗药性及其解毒机理研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2016. HU Z D. Study on resistance and detoxification mechanism of diamondback moth, *Plutella xylostella* L. to chlorantraniliprole [D]. Beijing: China Agricultural University, 2016. (in Chinese with English abstract).
- [17] 赵丹丹, 周丽琪, 张帅, 等. 二化螟对双酰胺类杀虫剂的抗药性监测和交互抗性研究[J]. 中国水稻科学, 2017, 31(3): 307-314. ZHAO D D, ZHOU L Q, ZHANG S, et al. Resistance monitoring and cross-resistance to the diamides in the rice stem borer, *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Pyralidae) [J]. Chinese journal of rice science, 2017, 31(3): 307-314 (in Chinese with English abstract).
- [18] LIU X, WANG H Y, NING Y B, et al. Resistance selection and characterization of chlorantraniliprole resistance in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) [J]. Journal of economic entomology, 2015, 108(4): 1978-1985.
- [19] WANG X L, KHAKAME S K, YE C, et al. Characterisation of field-evolved resistance to chlorantraniliprole in the diamondback moth, *Plutella xylostella*, from China [J]. Pest management science, 2013, 69(5): 661-665.
- [20] SANG S, SHU B S, YI X, et al. Cross-resistance and baseline susceptibility of *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) to cyantraniliprole in the south of China [J]. Pest management science, 2016, 72(5): 922-928.
- [21] CAMPOS M R, SILVA T B, SILVA W M, et al. Susceptibility of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) Brazilian populations to ryanodine receptor modulators [J]. Pest management science, 2015, 71(4): 537-544.

## Susceptibility monitoring of *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée to seven insecticides in central China

LI Zengxin, LI Liang, ZHU Kunmiao, ZHU Jinghua, ZHOU Hanyu,  
LIU Xiaoqing, LONG Man, ZHAO Jing, HE Yueping

*College of Plant Science and Technology of Huazhong Agricultural University,  
Insect Resources Utilization and Sustainable Pest Management Hubei Key Laboratory,  
Wuhan 430070, China*

**Abstract** Continuous monitoring of the field population susceptibility to insecticides is an important measure to control *Cnaphalocrocis medinalis*. The present study aimed to detect the susceptibility of the *C. medinalis* field populations to common insecticides in Hubei, Hunan, Jiangxi, Anhui and Henan provinces. Leaf-dipping method was used to detect the susceptibility of the *C. medinalis* field population to seven insecticides in Chibi, Wuxue, Wuhan, Xiaogan, Huanggan, Changsha, Nanchang, Pingxiang, Hefei and Xinyang during 2015–2019. In addition, cluster and regression analysis were performed on the detected data. The results showed that: (1) The toxicities among seven insecticides were significant different, with an order of fluorobenzamide  $\geq$  abamectin  $\geq$  spinetoram  $>$  chlorantraniliprole  $\geq$  indoxacarb  $>$  cyantraniliprole  $>$  chlorpyrifos. (2) No significant difference of the susceptibility was detected among different populations of *C. medinalis*. (3) There were significant differences between the years. Significant changes of sensitivity in different years were found among some populations to chlorpyrifos, chlorantraniliprole, indoxacarb and cyantraniliprole. For example, the susceptibility of Chibi and Changsha populations of *C. medinalis* to chlorpyrifos decreased by 2.3–4.1 times from 2015 to 2016, and that of Chibi, Xiaogan and Changsha populations increased 2.1–4.9 times from 2016 to 2019, the susceptibility of Chibi, Wuxue and Xiaogan populations to chlorantraniliprole decreased 2.6–7.3 times from 2015 to 2019, the susceptibility of Wuxue population to indoxacarb decreased by 4.2–4.7 times from 2015 to 2018, and the susceptibility of Wuxue and Changsha population to cyantraniliprole decreased by 2.2–6.7 times from 2015 to 2018. The above results indicated that the susceptibilities of the *C. medinalis* field populations to chlorantraniliprole and other insecticides in central China are decreasing significantly, so that the resistance management for these insecticides is very important currently. Abamectin, spinetoram and cyantraniliprole are preferentially recommended for the control of *C. medinalis*, under a rotation manner.

**Keywords** *Cnaphalocrocis medinalis*; insecticide; susceptibility; chlorantraniliprole; abamectin; spinetoram; resistance; alternate use

(责任编辑:边书京)