

## 安徽省二化螟不同地理种群对主要杀虫剂的敏感性

徐丽娜, 周子燕, 胡飞, 胡本进\*

(安徽省农业科学院植物保护与农产品质量安全研究所, 合肥 230031)

**摘要:** 化学农药的长期、连续及不合理使用, 导致了二化螟 (*Chilo suppressalis* Walker) 抗药性的发生和发展, 既增加了防治难度, 又提高了用药成本, 为了明确安徽省不同地区二化螟种群对几种常用杀虫剂的敏感性水平, 以期指导各地合理使用农药以防治二化螟为害, 于 2016 和 2017 年分别采集安徽省潜山县、庐江县、含山县、凤阳县、南陵县和六安市金安区二化螟第一代或第二代卵块, 室内用人工饲料饲养至 3 龄幼虫作为标准试虫, 采用农业部制定的农药室内生物测定试验准则之人工饲料混药法 (NY/T 1154.10-2008) 检测了 6 个二化螟田间种群对氯虫苯甲酰胺、毒死蜱、阿维菌素、甲维盐、三唑磷和杀虫单 6 种常用杀虫剂的敏感性。试验表明, 监测地区水稻二化螟对杀虫单、三唑磷和毒死蜱均产生了一定程度的抗性, 其中 2017 年, 六安种群对三唑磷的 LD<sub>50</sub> 最高, 达到 350.57 μg·g<sup>-1</sup>; 对甲维盐、阿维菌素和氯虫苯甲酰胺相对敏感, 其中 2016 年, 凤阳种群对甲维盐的 LD<sub>50</sub> 最低, 仅为 0.026 μg·g<sup>-1</sup>。

**关键词:** 二化螟; 地理种群; 生物测定; 敏感性; 抗性倍数

中图分类号: S435.112.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2018)04-0740-05

### The insecticide susceptibility of *Chilo suppressalis* in Anhui Province

XU Lina, ZHOU Ziyang, HU Fei, HU Benjin

(Institute of Plant Protection and Agro-products Safety, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031)

**Abstract:** The objective of this study is to clarify the sensitivity levels of *Chilo suppressalis* populations to some common insecticides in different areas of Anhui Province, to guide the rational use of pesticides around to prevent and control the harm caused by *C. suppressalis*. The third instars of *C. suppressalis* fed by artificial diet from the first or second generation fertilized eggs collected from Qianshan, Lujiang, Hanshan, Fengyang, Nanling, and Lu'an districts of Anhui Province in 2016 and 2017, were used as standard test insects. The sensitivity of six frequently used insecticides, chlorantraniliprole, chlorpyrifos, avermectin, emamectin, triazophos and monosultap, to six field populations of the rice stem borer were conducted by artificial diet mixed medicine bioassay (NY/T 1154.10-2008). The experiment results showed that *C. suppressalis* from the monitoring areas had a certain degree of resistance to insecticides, triazophos, and chlorpyrifos, among which the LD<sub>50</sub> of triazophos from Lu'an population was the highest at 350.57 μg·g<sup>-1</sup> in 2017. However, they were relatively susceptible to the chlorantraniliprole, avermectin, and emamectin. Fengyang population had the lowest LD<sub>50</sub> for methotrexate, being only 0.026 μg·g<sup>-1</sup> in 2016.

**Key words:** *Chilo suppressalis*; geographical population; bioassay; susceptibility; resistance ratio

二化螟 (*Chilo suppressalis* Walker) 是一种广泛分布于温带、亚热带和热带的世界性水稻害虫, 在中国各稻区都有分布<sup>[1]</sup>。该虫善钻蛀, 可直接造成水稻枯苗和白穗, 大面积发生时可直接造成绝收, 是影响我国水稻稳产高产的主要害虫之一。长期以

来, 对二化螟的防治主要依靠化学农药<sup>[2]</sup>, 常用杀虫剂主要包括杀虫单、三唑磷、毒死蜱、阿维菌素等。由于药剂的长期、连续及不合理使用, 导致了二化螟抗药性的发生和发展, 增加了防治难度, 提高了用药成本, 因此展开二化螟抗药性监测, 对于

收稿日期: 2018-01-27

基金项目: 国家重点研发计划 (2016YFD0200806) 和植物病虫害生物学国家重点实验室开放基金 (SKLOF201704) 共同资助。

作者简介: 徐丽娜, 博士, 副研究员。E-mail: caasxln@163.com

\* 通信作者: 胡本进, 博士, 副研究员。E-mail: hubenjin@126.com

开展二化螟抗性治理工作意义重大。1962 年, Ozaki 和 Kassai<sup>[3]</sup>首先发现日本香川二化螟对对硫磷产生抗性, 此后陆续在韩国和我国台湾发现二化螟抗性种群。1992 年前, 仅在少数地区发现二化螟种群对敌百虫、甲基对硫磷、杀螟松及甲胺磷有较低水平的抗性, 然而近年来, 二化螟不同地理种群对主要杀虫剂的抗药性被不断报道<sup>[4]</sup>。2001 年, 蒋学辉等<sup>[5]</sup>报道临海二化螟种群对三唑磷产生极高水平抗性, 抗性倍数为 163 倍。Cao 等<sup>[4]</sup>对浙江、江苏、安徽和江西部分稻区 4 龄二化螟幼虫对杀虫单的抗性进行监测。与黑龙江的敏感种群相比, 在监测的 9 个种群中, 除苏北的灌云种群尚处于敏感阶段, 其余二化螟种群对杀虫单均有不同程度的抗性。张扬等研究发现, 二化螟对杀虫单、丙溴磷和三唑磷的抗性较为普遍, 而对毒死蜱、氯虫苯甲酰胺、丁烯氟虫腈、醚菊酯和阿维菌素均处于敏感和抵抗水平之间<sup>[6]</sup>。水稻是安徽的主要粮食作物, 种植面积和产量均居粮食作物首位, 生产上双季早籼和双季晚籼、晚粳共存, 一季中籼、中粳混栽, 稻作类型

多样, 种植模式复杂<sup>[7]</sup>。二化螟是威胁安徽省水稻生产的主要害虫之一, 安徽和县二化螟种群对杀虫单的抗性倍数由 2001 年的 1.81 上升到 2009 年的 8.28; 对三唑磷的抗性倍数与 2001 相比增长 50 倍以上<sup>[8]</sup>。监测不同地区二化螟种群的药剂敏感性, 对于合理用药、提高药剂防效意义重大。本研究旨在分析安徽省不同稻区二化螟种群对不同药剂的抗性水平, 以期对二化螟的有效防治提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试虫源

2016 和 2017 年分别在安徽省潜山县、庐江县、含山县、凤阳县、南陵县和六安市金安区的稻田采集二化螟卵块, 在室内参照李波等<sup>[9]</sup>介绍的人工饲养技术进行室内饲养。基本饲养条件为: 温度 (27±1) °C, 相对湿度 70%~80%, 光照时间 16L/8D。以单头虫重 6~9 mg 的 3 龄幼虫为标准试虫。所有试虫的测定代次, 均为室内用人工饲料饲养的 F<sub>0</sub> 代。各种群卵块采集情况列于表 1。

表 1 二化螟卵块采集信息表

Table 1 The information of collection of *Chilo suppressalis* eggs

地点 Location	2016 年		2017 年	
	时间 (月-日) Time(Month/Data)	虫态 Developmental stage	时间 (月-日) Time(Month/Data)	虫态 Developmental stage
潜山县 Qianshan	05-18	1 代, 卵块	05-08	1 代, 卵块
庐江县 Lujiang	05-19	1 代, 卵块	05-13	1 代, 卵块
含山县 Hanshan	05-19	1 代, 卵块	05-20	1 代, 卵块
凤阳县 Fengyang	05-23	1 代, 卵块	05-24	1 代, 卵块
南陵县 Nanling	07-22	2 代, 卵块	05-21	1 代, 卵块
金安区 Jinan	05-20	1 代, 卵块	07-20	2 代, 卵块

表 2 不同药剂浓度梯度

Table 2 The concentration of different insecticides

药剂 Insecticide	浓度梯度/μg·g <sup>-1</sup> Concentration
氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	0.01, 0.05, 0.25, 1.25, 6.25, 31.25
三唑磷 Triazophos	0.4, 2, 10, 52, 250, 1250
毒死蜱 Chlorpyrifos	0.2, 4, 5, 25, 125, 625
阿维菌素 Avermectin	0.02, 0.1, 0.5, 2.5, 12.5, 62.5
甲维盐 Emamectin	0.02, 0.1, 0.5, 2.5, 12.5, 62.5
杀虫单 Monosultap	1, 5, 25, 125, 625, 3 125

### 1.2 供试药剂

供试药剂: 95.3%氯虫苯甲酰胺, 美国杜邦公司提供; 85%三唑磷, 浙江新农化工股份有限公司提供; 97%毒死蜱, 浙江新农化工股份有限公司提供; 83.5%阿维菌素, 河北威远生化农药有限公司提供; 95%甲

维盐, 瑞士先正达作物保护有限公司提供; 95%杀虫单, 江苏辉丰农化股份有限公司提供。

### 1.3 生物测定方法

首先, 用丙酮将不同杀虫剂原药, 配制为一定浓度的母液, 并根据预实验的结果, 用 0.1%吐温

80 溶液将药剂母液按照等比或等差进行稀释, 具体药剂浓度见表 2。

二化螟生物测定采用农业部制定的农药室内生物测定试验准则之人工饲料混药法 (NY/T 1154.10-2008)。将适量稀释好的药液均匀混入制作好的二化螟人工饲料中 (有机溶剂在饲料中的含量不超过 1%), 待饲料凝固后切成小块放入 24 孔生物测定板, 每孔接入 1 头试虫, 每个浓度处理试虫 24 头, 重复 3 次, 以添加相同体积 0.1%吐温 80 溶液的处理作为空白对照。接虫后用黑布覆盖 24 孔板并用橡皮筋扎紧防止逃逸, 将 24 孔板转移至光照培养箱, 温度 (27±1) °C、光/暗为 16 h/8 h 条件下饲养和观察。处理 48 h (毒死蜱和三唑磷) 和 72 h (阿维菌素、甲维盐、杀虫单和氯虫苯甲酰胺) 后观察试虫死亡情况, 以毛笔触动幼虫虫体不动为死亡标准, 记录总虫数和死亡数。

1.4 数据统计

用 SAS 软件统计死亡率和校正死亡率, 计算致死中量 (lethal dosage of 50 percents, LD<sub>50</sub>)、95%置信限、直线回归方程, 并进行方差分析和 LSD 多重

比较。

2 结果与分析

2.1 2016 年各地里种群药剂敏感性

2016 年, 采用人工饲料混药法测定了安徽潜山县、庐江县、含山县、凤阳县、南陵县和六安市金安区等地 6 个种群的水稻大田二化螟 3 龄幼虫对常用杀虫剂氯虫苯甲酰胺、三唑磷、杀虫单、毒死蜱、阿维菌素和甲维盐的抗性。试验表明: 安徽各地二化螟种群对杀虫单的敏感性最低, 其中含山种群的 LD<sub>50</sub> 最高, 达到 275.39 μg·g<sup>-1</sup>; 南陵地区最低为 59.19 μg·g<sup>-1</sup>。各地二化螟种群对三唑磷的敏感度也相对较低, 只有凤阳种群比较敏感, LD<sub>50</sub> 为 0.64 μg·g<sup>-1</sup>; 庐江种群 LD<sub>50</sub> 最高, 达到 220.02 μg·g<sup>-1</sup>。甲维盐和阿维菌素对各地方二化螟种群仍具有较好的杀虫活性, 其中凤阳地方种群对甲维盐和阿维菌素的敏感性均最高, LD<sub>50</sub> 分别为 0.026 和 0.068 μg·g<sup>-1</sup>。氯虫苯甲酰胺对各地方种群的杀虫活性亦较高, 潜山地方种群的 LD<sub>50</sub> 仅为 0.11 μg·g<sup>-1</sup>, 含山地方种群 LD<sub>50</sub> 最高为 9.12 μg·g<sup>-1</sup> (表 3)。

表 3 安徽二化螟不同地理种群对主要杀虫剂的敏感性测定 (2016)  
Table 3 The insecticide susceptibility of *Chilo suppressalis* in Anhui Province (2016)

种群 Strains	甲维盐 Emamectin	阿维菌素 Avermectin	杀虫单 Monosultap	三唑磷 Triazophos	氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	毒死蜱 Chlorpyrifos
潜山 Qianshan	Y=5.81+0.90X	Y=5.24+0.91X	Y=3.45+0.75X	Y=3.09+0.93X	Y=5.77+0.77X	Y=4.29+0.91X
含山 Hanshan	Y=4.47+0.59X	Y=4.43+0.39X	Y=3.36+0.67X	Y=4.27+0.47X	Y=4.32+0.66X	Y=4.34+0.68X
凤阳 Fengyang	Y=5.50+0.32X	Y=5.86+0.74X	Y=3.76+0.64X	Y=5.17+0.75X	Y=4.97+0.53X	Y=4.90+0.82X
庐江 Lujiang	Y=5.13+0.65X	Y=4.69+0.85X	Y=3.31+0.87X	Y=3.51+0.64X	Y=4.68+0.64X	Y=3.37+0.81X
六安 Luan	Y=4.52+0.75X	Y=4.69+0.69X	Y=3.22+0.90X	Y=3.48+0.79X	Y=4.59+0.65X	Y=3.77+0.70X
南陵 Nanling	Y=5.12+0.67X	Y=4.97+0.71X	Y=3.81+0.67X	Y=3.70+0.87X	Y=5.36+0.75X	Y=4.09+0.67X
LD <sub>50</sub> /μg·g <sup>-1</sup> (95%置信区间)						
潜山	0.16 <sup>c</sup>	0.48 <sup>b</sup>	124.09 <sup>b</sup>	102.52 <sup>ab</sup>	0.11 <sup>e</sup>	6.45 <sup>c</sup>
Qianshan	(0.15~0.17)	(0.45~0.51)	(73.54~209.39)	(96.28~109.17)	(0.099~0.12)	(6.04~6.89)
含山	9.14 <sup>a</sup>	30.15 <sup>a</sup>	275.39 <sup>a</sup>	33.88 <sup>b</sup>	9.12 <sup>a</sup>	9.12 <sup>c</sup>
Hanshan	(7.99~10.46)	(24.13~37.66)	(252.77~30.05)	(30.30~37.89)	(8.23~10.11)	(8.23~10.11)
凤阳	0.026 <sup>c</sup>	0.068 <sup>b</sup>	84.01 <sup>bc</sup>	0.64 <sup>b</sup>	1.16 <sup>d</sup>	1.37 <sup>c</sup>
Fengyang	(0.0054~0.13)	(0.038~0.12)	(77.43~91.15)	(0.59~0.69)	(1.05~1.28)	(1.27~1.48)
庐江	0.63 <sup>c</sup>	2.34 <sup>b</sup>	95.03 <sup>bc</sup>	220.02 <sup>a</sup>	3.15 <sup>c</sup>	99.76 <sup>a</sup>
Lujiang	(0.58~0.68)	(2.18~2.51)	(88.79~101.71)	(98.66~490.64)	(2.87~3.45)	(93.17~106.81)
六安	4.33 <sup>b</sup>	2.73 <sup>b</sup>	92.10 <sup>bc</sup>	89.47 <sup>ab</sup>	4.28 <sup>b</sup>	54.73 <sup>b</sup>
Luan	(3.99~4.70)	(1.87~4.01)	(86.44~98.13)	(83.34~96.04)	(3.89~4.70)	(31.55~94.96)
南陵	0.66 <sup>c</sup>	1.12 <sup>b</sup>	59.19 <sup>c</sup>	31.39 <sup>b</sup>	0.33 <sup>de</sup>	22.71 <sup>c</sup>
Nanling	(0.38~1.14)	(0.65~1.92)	(54.72~64.01)	(19.63~50.20)	(0.20~0.55)	(20.84~24.75)

注: 表中数据为平均值 (置信区间); 同一列中不同字母表示不同地区二化螟种群对该药剂的 LC<sub>50</sub> 差异显著 (P<0.05, LSD)。下同。

Note: The number in the table is mean (Confidence interval); different lowercase letters in the same column represent significant difference (P<0.05, LSD). The same below.

表 4 安徽二化螟不同地理种群对主要杀虫剂的敏感性测定 (2017)

Table 4 The insecticide susceptibility of *Chilo suppressalis* in Anhui Province (2017)

种群 Strains	甲维盐 Emamectin	阿维菌素 Avermectin	杀虫单 Monosultap	三唑磷 Triazophos	氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	毒死蜱 Chlorpyrifos
潜山 Qianshan	$Y=5.47+0.70X$	$Y=5.11+0.95X$	$Y=3.39+0.72X$	$Y=3.84+0.434X$	$Y=5.67+0.66X$	$Y=2.14+1.65X$
含山 Hanshan	$Y=4.50+0.36X$	$Y=4.48+0.36X$	$Y=3.27+0.75X$	$Y=4.46+0.44X$	$Y=4.21+0.72X$	$Y=3.73+0.56X$
凤阳 Fengyang	$Y=5.36+0.41X$	$Y=5.83+0.72X$	$Y=3.53+0.73X$	$Y=5.23+1.37X$	$Y=4.59+0.48X$	$Y=4.77+0.69X$
庐江 Lujiang	$Y=5.076+0.70X$	$Y=4.72+0.81X$	$Y=2.86+1.01X$	$Y=3.50+0.58X$	$Y=4.54+0.62X$	$Y=3.41+0.75X$
六安 Luan	$Y=4.18+0.77X$	$Y=4.15+0.81X$	$Y=2.86+1.03X$	$Y=3.30+0.81X$	$Y=4.33+0.70X$	$Y=3.54+0.71X$
南陵 Nanling	$Y=4.99+0.80X$	$Y=4.73+0.78X$	$Y=3.23+0.87X$	$Y=3.69+0.82X$	$Y=5.16+0.79X$	$Y=3.81+0.73X$
LD <sub>50</sub> /μg·g <sup>-1</sup> (95%置信区间)						
潜山 Qianshan	1.04 <sup>c</sup> (0.73~1.47)	2.20 <sup>c</sup> (1.52~3.20)	107.69 <sup>e</sup> (100.84~115.01)	39.67 <sup>cd</sup> (36.96~42.58)	0.63 <sup>c</sup> (0.59~0.68)	41.24 <sup>bc</sup> (37.80~44.99)
含山 Hanshan	0.22 <sup>c</sup> (0.20~0.24)	0.77 <sup>c</sup> (0.72~0.82)	172.6 <sup>b</sup> (159.70~186.55)	479.32 <sup>a</sup> (391.94~586.19)	0.099 <sup>c</sup> (0.090~0.11)	54.05 <sup>bc</sup> (51.60~56.62)
凤阳 Fengyang	23.9 <sup>a</sup> (19.06~29.97)	28.65 <sup>a</sup> (22.61~36.30)	199.83 <sup>a</sup> (185.26~215.55)	17.37 <sup>d</sup> (15.49~19.47)	12.59 <sup>a</sup> (11.32~13.99)	190.59 <sup>a</sup> (163.68~221.92)
庐江 Lujiang	0.131 <sup>c</sup> (0.11~0.15)	0.07 <sup>c</sup> (0.065~0.077)	103.28 <sup>e</sup> (95.83~111.32)	0.68 <sup>d</sup> (0.64~0.71)	7.00 <sup>b</sup> (6.08~8.057)	2.15 <sup>c</sup> (1.99~2.33)
六安 Luan	0.78 <sup>c</sup> (0.45~1.34)	2.22 <sup>c</sup> (1.34~3.68)	133.84 <sup>c</sup> (126.13~142.03)	380.57 <sup>b</sup> (331.22~437.27)	5.64 <sup>b</sup> (2.72~11.71)	124.42 <sup>ab</sup> (115.67~133.82)
南陵 Nanling	11.4 <sup>b</sup> (10.36~12.54)	11.34 <sup>b</sup> (6.79~18.94)	119.35 <sup>d</sup> (112.56~126.47)	126.09 <sup>c</sup> (117.66~135.11)	9.00 <sup>ab</sup> (8.14~9.95)	126.35 <sup>a</sup> (69.29~230.42)

## 2.2 2017 年各地里种群药剂敏感性

2017 年, 采用人工饲料混药法测定了安徽潜山县、庐江县、含山县、凤阳县、南陵县和六安市金安区等地 6 个种群的水稻大田二化螟 3 龄幼虫对常用杀虫剂氯虫苯甲酰胺、三唑磷、杀虫单、毒死蜱、阿维菌素和甲维盐的抗性。试验表明: 甲维盐对安徽二化螟各种群均具有较好的杀虫活性, 其中, 凤阳种群的敏感性最好, LD<sub>50</sub> 仅为 0.13 μg·g<sup>-1</sup>; 含山二化螟种群对甲维盐的 LD<sub>50</sub> 最高, 达到 23.90 μg·g<sup>-1</sup>。安徽二化螟不同地理种群对阿维菌素的敏感水平与甲维盐相当, 其中, 凤阳种群的敏感性最好, LD<sub>50</sub> 仅为 0.07 μg·g<sup>-1</sup>; 含山二化螟种群对阿维菌素的 LD<sub>50</sub> 最高, 达到 28.65 μg·g<sup>-1</sup>。安徽二化螟各地理种群对杀虫单的敏感性较差, LD<sub>50</sub> 分布于凤阳种群 103.28 μg·g<sup>-1</sup> 和含山种群 199.83 μg·g<sup>-1</sup> 之间。安徽二化螟各地理种群对三唑磷的药剂敏感性差异较大, 其中, 凤阳种群对三唑磷的敏感性最好, 其 LD<sub>50</sub> 仅为 0.68 μg·g<sup>-1</sup>, 而潜山种群的 LD<sub>50</sub> 达到 479.32 μg·g<sup>-1</sup>, 远远高于凤阳种群。安徽各地二化螟种群对氯虫苯甲酰胺的敏感性普遍较好, LD<sub>50</sub> 分布于潜山种群 0.099 μg·g<sup>-1</sup> 和含山种群 12.59 μg·g<sup>-1</sup> 之间。安徽各地二化螟种群对毒死蜱的敏感性差距较大, 其中凤阳地理种群的敏感性最好, LD<sub>50</sub> 仅为 2.15

μg·g<sup>-1</sup>, 含山地理种群敏感性最差, LD<sub>50</sub> 达到 190.59 μg·g<sup>-1</sup> (表 4)。

## 3 讨论与结论

二化螟是危害安徽水稻生产的主要害虫, 目前生产上对该虫的防治主要依赖于化学药剂, 由于药剂的不合理使用或过度使用, 引起不同稻区二化螟种群对杀虫剂的敏感性下降。2001—2009 年研究发现, 安徽和县二化螟种群对阿维菌素和氟虫腈的抗性发展不明显, 但对杀虫单的抗性有一定程度的发展, 对三唑磷的抗性呈现快速增长趋势<sup>[8]</sup>。安徽庐江二化螟种群对三唑磷产生了极高水平抗性, 对杀虫单和毒死蜱产生了中等水平抗性, 对氟虫腈和阿维菌素仅表现为敏感性降低<sup>[10]</sup>, 然而目前尚无关于安徽省不同地区二化螟种群对主要杀虫剂敏感性的系统分析。

本研究于 2016 和 2017 年采集安徽省潜山县、庐江县、含山县、凤阳县、南陵县和六安市金安区二化螟第一代或第二代卵块, 在室内通过生物测定的方法分析了不同地理种群对氯虫苯甲酰胺、毒死蜱、阿维菌素、甲维盐、三唑磷、及杀虫单 6 种常用杀虫剂的敏感性。试验表明, 监测地区水稻二化螟对杀虫单、三唑磷和毒死蜱均产生了一定程度的

抗性,对甲维盐、阿维菌素和氯虫苯甲酰胺相对敏感,而且抗药性水平和发展速度各地区之间有所差异。

抗药性的发展与栽培制度、药剂的使用历史及用药水平关系密切。20世纪80到90年代,杀虫单在安徽省大面积应用,用药量较大,用药次数多,据报道,2002年安徽望江地区二化螟对杀虫单的抗性高达400多倍<sup>[1]</sup>。21世纪以来,由于防治效果下降,该药用量较以前下降了90%,二化螟对杀虫单的抗性水平有所下降,本次研究发现各种植区二化螟种群对杀虫单均表现出一定抗性。2003年以后,三唑磷替代杀虫单大面积使用,成为防治螟虫的首推药剂,也是农民防治螟虫的首选药剂。然而随着用药量的增大,造成三唑磷对二化螟的选择压力迅速加大。经过5年的使用,二化螟对三唑磷的抗性已由2004年度的敏感性下降阶段迅速提高到2009年度的高水平抗性阶段。本研究发现,三唑磷对凤阳种群的杀虫活性最差,而庐江种群对三唑磷还保持着一定的敏感性。

毒死蜱和阿维菌素是在报导二化螟对三唑磷和杀虫单产生高度抗性之后,作为替代药剂在各稻区开始使用的。除了螟虫以外,毒死蜱近年来在水稻田还用于防治稻飞虱,年使用频率较高,2006年起监测发现湖南、四川、浙江和江苏等省的部分地区对毒死蜱产生了中高水平抗性,浙江象山种群和安徽庐江种群对毒死蜱产生高水平抗性,浙江苍南、瑞安、金华种群,江西泰和种群,湖北孝感种群和江苏邪江种群对毒死蜱产生了中等水平抗性,且抗性年度间有上升趋势,这可能与该药剂近年在水稻田使用频率较高有关<sup>[10]</sup>。本研究发现,安徽各地理种群对毒死蜱敏感性差异较大,其中庐江种群仍保持着较高敏感性,而含山种群敏感度最差。

阿维菌素在我国稻区已使用十余年,但到目前为止,只检测到部分地区二化螟对其产生低水平抗性,浙江苍南、瑞安、金华和江西泰和种群对阿维菌素产生低水平抗性,苍南种群年年度间抗性也无明显差异,说明二化螟对阿维菌素的抗性发展较为

缓慢。本研究发现,安徽各地理种群对阿维菌素及其同类药剂甲维盐的敏感性均较高。

氯虫苯甲酰胺2008年进入中国市场,目前在我国稻区已广泛推广使用,各地方种群对氯虫苯甲酰胺的敏感性存在一定差异<sup>[12]</sup>。本研究发现安徽各地二化螟种群对氯虫本甲酰胺均保持着较高的敏感性,目前仍是田间应用的理想药剂。

## 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 曹明章,沈晋良,张金振,等. 二化螟抗药性监测和对三唑磷抗性的遗传分析[J]. 中国水稻科学,2004,18(1): 73-79.
- [3] OZAKI K, KASSAI T. Biochemical genetics of malathion resistance in the smaller brown planthopper, *laodelphax striatellus*[J]. Entomol Exp Appl, 1970, 13(2): 162-172.
- [4] CAO M Z, SHEN J L, LIU X Y, et al. The insecticide resistance in stripped stemborer, *chilo suppressalis* (walker)[J]. Chinese J Rice Sci (English), 2001, 9(1): 6-7.
- [5] 蒋学辉,章强华,胡仕孟,等. 浙江省水稻二化螟抗性现状与治理对策[J]. 植保技术与推广,2001,21(3): 27-29.
- [6] 张扬,王保菊,韩平,等. 二化螟抗药性检测方法比较和抗药性监测[J]. 南京农业大学学报,2014,37(6): 37-43.
- [7] 李泽福. 安徽省水稻育种现状及展望[C]//安徽省科学技术协会,安徽省农业委员会. 现代农业理论与实践:安徽现代农业博士科技论坛论文集. 合肥:2007.
- [8] 刘成社,周群芳,张立良,等. 安徽沿江稻区二化螟抗药性动态及治理对策[J]. 中国植保导刊,2011,31(4): 43-45.
- [9] 李波,韩兰芝,彭于发. 二化螟人工饲养技术[J]. 应用昆虫学报,2015,52(2): 498-503.
- [10] 胡君,陈文明,张真真,等. 长江流域稻区二化螟抗药性监测[J]. 中国水稻科学,2010,24(5): 509-515.
- [11] 李权生,徐进才,汪朋春,等. 沿江地区水稻二化螟的抗药性测定[J]. 安徽农业科学,2002,30(6): 928-928.
- [12] 张真真. 二化螟抗药性监测及其对氯虫苯甲酰胺敏感基线的建立[D]. 南京:南京农业大学,2012.