

稻田常用农药对四地区二化螟盘绒茧蜂 雌成蜂的触杀毒性

吴顺凡 姚洪渭 卢增斌 李秀花 黄 佳 叶恭银*

(浙江大学昆虫科学研究所, 杭州 310058)

摘要: 为明确稻田常用农药对二化螟幼虫期优势寄生性天敌二化螟盘绒茧蜂 *Cotesia chilonis* (Matsumura) 的毒性, 采用药膜法在室内测定了 7 种杀虫剂原药以及 18 种常用农药制剂对扬州、安吉、金华和乐清 4 个地区二化螟盘绒茧蜂雌成蜂的触杀毒性。结果表明, 7 种杀虫剂原药中氟虫腈、毒死蜱和三唑磷对该蜂毒性较高, 杀虫单、吡虫啉和阿维菌素次之, 氯虫苯甲酰胺则最低。12 种杀虫剂制剂中 20% 氯虫苯甲酰胺悬浮剂和 3 种阿维菌素相关制剂对该蜂毒性相对较低, 其余均具高毒性; 4 种杀菌剂中的异稻·三环唑对该蜂高毒, 苯甲·丙环唑次之, 井冈·蜡芽菌(井冈霉素)和盐酸吗啉胍·三氯唑核苷则毒性最低; 2 种除草剂中苄嘧·丙草胺毒性高于苄·二氯。此外, 同一种药剂对不同地区雌蜂的毒性也有所不同。

关键词: 二化螟; 寄生蜂; 二化螟盘绒茧蜂; 农药; 毒力测定

Contact toxicities of various pesticides commonly applied in the paddy field to *Cotesia chilonis* female adults from four different locations

Wu Shunfan Yao Hongwei Lu Zengbin Li Xiuhua Huang Jia Ye Gongyin*

(Institute of Insect Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310058, Zhejiang Province, China)

Abstract: A bioassay was conducted using a drug contacting method to determine the contact toxicities of various pesticides commonly used in the paddy field to female adults of *Cotesia chilonis* (Matsumura) a larval and dominant endoparasitoid of the rice stem borer *Chilo suppressalis* (Walker) from four different locations including Yangzhou, Anji, Jinhua and Yueqing. The results indicated that among seven technical productions of insecticides, fipronil, chlorpyrifos and triazophos showed higher toxicity to this parasitic wasp, and monosultap, imidacloprid and avermectin showed the moderate toxicity, while chlorantraniliprole exhibited the lowest toxicity. Among twelve kinds of insecticide preparations, chlorantraniliprole SC and three preparations associated with avermectin had relatively lower toxicity to this parasitic wasp, while others had higher toxic effects. Among four kinds of germicides, tricyclazole-iprobenfos showed the highest toxicity, propiconazol difenoconazole showed moderate toxicity, and both of validamycin and moroxydine hydrochloride-ribavirin showed the lowest toxicity. As regard to two kinds of herbicides, bensulfuron-methyl pretilachlor had the higher toxicity to this parasitic wasp by comparison with quinclorac-bensulfuronmethyl. In addition, the same pesticide had different toxicity to the parasitic wasps depending on their sampled locations at some cases.

Key words: *Chilo suppressalis*; parasitic wasp; *Cotesia chilonis*; pesticide; toxicity assay

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201303017)

作者简介: 吴顺凡, 男, 1986 年生, 博士研究生, 研究方向为昆虫分子毒理学, E-mail: wsfer2008@yahoo. cn

* 通讯作者(Author for correspondence), E-mail: chu@zju. edu. cn

收稿日期: 2012-02-05

二化螟 *Chilo suppressalis* (Walker) 是水稻上重要的钻蛀性害虫,导致水稻枯心、枯鞘、白穗等,每年均造成较大的经济损失^[1]。目前对二化螟的防治仍然以化学农药为主,然而过度使用农药在害虫产生抗药性的同时,也因误杀天敌而降低了天敌的自然控害作用^[2-3]。因此合理选择药剂,避免或减轻其对天敌的杀伤作用是害虫综合防治的一个重要组成部分。

二化螟盘绒茧蜂 *Cotesia chilonis* (Matsumura) 是江浙地区二化螟幼虫期的优势内寄生性天敌,其在各代二化螟幼虫的田间寄生率为 10% ~ 90%,对二化螟的田间控制作用明显^[4]。关于该蜂的生物学特性、饲养及其寄生对寄主二化螟生理生化的影响等已有一些报道^[5-7]。关于各种农药制剂对二化螟的生物活性及二化螟抗药性等方面的研究也较多^[8-9],而有关稻田常用农药对二化螟寄生性天敌,尤其是对二化螟盘绒茧蜂影响的报道相对较少。孙超等^[10]在室内研究了 13 种杀虫剂对二化螟卵寄生性天敌稻螟赤眼蜂 *Trichogramma japonicum* Ashmead 的安全性。本研究选择了生产上常用的有机磷类、沙蚕毒素类、大环内酯类、新烟碱类、苯基吡唑类以及二酰胺类等 6 类共 7 种代表性杀虫剂原药,以及生产上常用的 18 种农药制剂,采用指形管药膜法分别探讨了供试药剂对江苏扬州以及浙江安吉、金华、乐清 4 个地区二化螟盘绒茧蜂雌成蜂的触杀毒性,以期对水稻螟虫的综合防治、农药的合理使用和有效发挥该蜂的自然控害作用等提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试虫源:2009 年 3—5 月分别从江苏省扬州市(32°11'N, 119°60'E)和浙江省安吉市(30°53'N, 120°35'E)、金华市(29°06'N, 119°33'E)、乐清市(28°12'N, 121°01'E)田间采集被寄生的越冬代二化螟,室内单管饲养在恒温养虫室内,待羽化出蜂后,以 4~5 龄二化螟幼虫为寄主进行连续繁殖,具体饲养方法参见杭三保等^[7]。饲养条件为温度 25℃、相对湿度 70%~90%、光周期 16 h 光照:8 h 黑暗。成蜂羽化 4~6 h 后挑选雌成蜂供试。二化螟的饲养采用稻种苗饲养法^[11],饲养条件同二化螟盘绒茧蜂。

供试药剂:7 种杀虫剂原药:95% 毒死蜱(chlorpyrifos)、80.9% 三唑磷(triazophos)、95% 吡虫啉

(imidacloprid)、94% 杀虫单(monosultap)和 97% 阿维菌素(avermectin),浙江省农业科学院植物保护与微生物研究所赠予;87% 氟虫腈(fipronil),购自美国 Accustandard 公司;94.5% 氯虫苯甲酰胺(chlorantraniliprole),购自德国 Dr. Ehrenstorfer 公司。试验前先将原药用丙酮溶解配置成母液,试验时将上述各母液用丙酮稀释成供试浓度梯度,现配现用。18 种农药制剂:20% 三唑磷(triazophos) EC,稀释比 1:300,浙江新农化工股份有限公司;40% 氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪(福戈)(20% chlorantraniliprole + 20% thiamethoxam) WG,稀释比 1:5 000,瑞士先正达作物保护有限公司;18 g/L 阿维菌素(avermectin) EC,稀释比 1:3 000,济南中科绿色生物工程有限公司;20% 氯虫苯甲酰胺悬浮剂(康宽)(chlorantraniliprole) SC,稀释比 1:5 000,上海杜邦农化有限公司;2% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(emamectin benzoate) EC,稀释比 1:4 000,济南天邦化工有限公司;40% 毒死蜱(chlorpyrifos) EC,稀释比 1:500,扬州市苏灵农药化工有限公司;1.8% 阿维菌素(杀虫素)(avermectins) EC,稀释比 1:1 000,浙江惠光生化有限公司;25% 噻虫嗪(阿克泰)(thiamethoxam) WG,稀释比 1:10 000,瑞士先正达作物保护有限公司;10% 吡虫啉(imidacloprid) WP,稀释比 1:200,杭州泰丰化工有限公司;20% 丁硫克百威(carbosulfan) EC,稀释比 1:1 000,江苏常隆化工有限公司;10% 烯啶虫胺(nitenpyram) EW,稀释比 1:4 000,山东惠民中农作物保护有限公司;5% 氟虫腈(锐劲特)(fipronil) SC,稀释比 1:900,拜耳科学(中国)有限公司;12% 井冈·蜡芽菌(validamycin) EW,稀释比 1:200,浙江桐庐汇丰生物化工有限公司;30% 苯甲·丙环唑(propiconazol difenoconazole) EC,稀释比 1:2 000,江苏丰登农药有限公司;31% 盐酸吗啉胍·三氮唑核苷(30% moroxydine hydrochloride + 1% ribavirin) WP,稀释比 1:1 000,北京金万德科技发展有限公司;20% 异稻·三环唑(tricyclazole-iprobenfos) WP,稀释比 1:100,惠州市中讯化工有限公司;40% 苄嘧·丙草胺(bensulfuron-methyl pretilachlor) WP,稀释比 1:500,美丰农化有限公司;36% 苄·二氯(32% quinclorac + 4% bensulfuron-methyl) WP,稀释比 1:1 000,江苏金凤凰农化有限公司。由于供试药剂均可分散于水中,试验时用去离子水将其稀释备用。

1.2 方法

1.2.1 原药药膜试验

参照 Desneux 等^[12]测溴氰菊酯对阿尔蚜茧蜂 *Aphidius ervi* Haliday 所用药膜法,将原药用丙酮稀释为 5~7 个供试浓度梯度,吸取 0.5 mL 药液加入玻璃管(长:8 cm;直径:1.5 cm;内表面积为 37.7 cm²)中,设不含药剂的丙酮处理作为对照。在通风橱内,手动转动玻璃管直至管壁上没有液滴为止,在室温下静置 0.5~1 h 以确保丙酮全部挥发。每只玻璃管中引入 10 头雌蜂,用纱布封口以利于空气流通并在瓶口上滴加蜂蜜。每处理至少 3 次重复(30 头雌蜂),每重复 1 管,每管 10 头蜂,24 h 后对死亡和存活寄生蜂进行计数。加入的药液量和内表面积固定,采用每平方厘米含药量(ng/cm²)作为考查指标。

1.2.2 农药制剂药膜试验

用去离子水将各药剂按一定稀释比稀释至供试浓度,其中供试浓度的选择参照厂家推荐的田间使用剂量确定,将供试药液倒满玻璃管,静置 10 s 后倒掉药液,任其自然晾干,形成药膜。然后引入供试二化螟盘绒茧蜂雌成蜂,再用纱布封口,分别于处理后 2、4、8、12 和 24 h 检查雌成蜂死亡情况。以蜂能否爬动作为判别死活的标准。试验以去离子水处理为对照,每处理至少 3 次重复,每重复 1 管,每管 10 头蜂。

1.3 数据分析

用 DPS version 8.01 软件^[13]对试验数据进行统计,计算均值及标准差,均值差异显著性通过 LSD 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 7 种杀虫剂原药对不同地区雌成蜂的触杀毒性

7 种杀虫剂原药对 4 个地区二化螟盘绒茧蜂雌成蜂的 LC₅₀ 值由小至大依次为氟虫腈 < 毒死蜱 < 三唑磷 < 杀虫单 < 吡虫啉 < 阿维菌素 < 氯虫苯甲酰胺。其中,氟虫腈对该蜂的触杀毒性较强,氯虫苯甲酰胺较弱。氟虫腈对各地区雌成蜂的 LC₅₀ 值无显著差异,其对金华地区雌成蜂的毒性最高,为 0.0414 ng/cm²;毒死蜱对 4 个地区雌成蜂的毒性有 2 种情况,对安吉和乐清地区的雌成蜂毒性相对较高,LC₅₀ 为 0.2004 ng/cm² 和 0.1229 ng/cm²,而对扬州和金华地区雌成蜂的毒性相对较低,LC₅₀ 为 0.5818 ng/cm² 和 0.7088 ng/cm²;三唑磷对各地区雌成蜂的毒性除对安吉地区的较低(LC₅₀ 为 5.2378

ng/cm²)外,对其它地区的雌成蜂毒性相对较高且之间无显著差异;杀虫单对各地区雌成蜂的毒性无显著差异,但对乐清地区的雌成蜂毒性相对较高,LC₅₀ 为 46.3958 ng/cm²;吡虫啉对安吉地区的雌成蜂毒性相对较高,LC₅₀ 为 89.3746 ng/cm²,而对其它地区的毒性较低,LC₅₀ 均在 150 ng/cm² 以上;阿维菌素对各地区雌成蜂的毒性相对较弱,LC₅₀ 均在 200 ng/cm² 左右;相比上述 6 种药剂,氯虫苯甲酰胺对该蜂最安全,对各地区雌成蜂的 LC₅₀ 均大于 3978.7798 ng/cm²(表 1)。

2.2 18 种农药制剂对不同地区雌成蜂的触杀毒性

12 种杀虫剂对 4 个地区雌成蜂的毒性结果如表 2 所示。三唑磷、毒死蜱、丁硫克百威、吡虫啉、烯啶虫胺和氟虫腈以及 40% 氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪等杀虫剂对各地区雌成蜂在 2 h 内的死亡率均达到 100%,25% 噻虫嗪处理除乐清地区外,其余地区均在 2 h 内全部死亡。生物源农药阿维菌素类制剂对该蜂较上述杀虫剂相对友好,扬州地区的雌成蜂对 18 g/L 阿维菌素较其它地区敏感,在 8 h 时死亡率达到 51%;金华和安吉地区的雌成蜂分别对 2% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和 1.8% 阿维菌素较敏感,8 h 时死亡率分别为 89% 和 74.5%;乐清地区的雌成蜂对 3 种阿维菌素制剂均表现出一定耐性,雌成蜂接触 18 g/L 阿维菌素、2% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和 1.8% 阿维菌素药膜 24 h 后,死亡率分别为 22.9%、12.3% 和 39.7%。与原药结果类似,20% 氯虫苯甲酰胺悬浮剂对该蜂毒性相对较小,处理 12 h 后有一定的致死作用,接触药膜 24 h 后,扬州、安吉、金华和乐清的雌成蜂死亡率分别为 28.9%、21.4%、15.7% 和 8.4%。

4 种杀菌剂对各地区雌成蜂的毒性如表 2 所示。井冈·蜡芽菌(井冈霉素)和盐酸吗啉胍·三氮唑核苷对各地区雌成蜂毒性相对较低,苯甲·丙环唑次之,而异稻·三环唑的毒性最高。各药剂对不同地区的雌成蜂毒性也有所不同,其中,在接触异稻·三环唑 2 h 后除安吉外其它地区的雌成蜂死亡率均为 100%;井冈·蜡芽菌(井冈霉素)对安吉的雌成蜂毒性较高,24 h 时死亡率为 27.8%,而对扬州、金华和乐清地区的雌成蜂毒性较低,24 h 时死亡率分别为 15.1%、0.0% 和 10.0%;苯甲·丙环唑对乐清的雌成蜂毒性较高,24 h 时死亡率为 44.4%,而对扬州、安吉和金华地区的雌成蜂则较低,24 h 时死亡率分别为 27.0%、28.0% 和 16.8%;盐酸吗啉胍·三

表 1 7 种杀虫剂原药对不同地区二化螟盘绒茧蜂雌成蜂的致死中浓度
Table 1 Median lethal concentration of seven technical products of insecticides
to *Cotesia chilonis* female adults from four different locations

药剂 Insecticide	地区 Location	斜率 Slope $\pm$ SE	χ^2	<i>P</i>	LC ₅₀ (95% CL) (ng/cm ²)
87% 氟虫腈 Fipronil	扬州 Yangzhou	2.3832 $\pm$ 0.4047	2.1829	0.3357	0.0614 (0.0449 ~ 0.0787)
	安吉 Anji	2.7877 $\pm$ 0.5215	0.1222	0.9408	0.0564 (0.0393 ~ 0.0730)
	金华 Jinhua	2.0899 $\pm$ 0.3951	1.5022	0.4719	0.0414 (0.0317 ~ 0.0559)
	乐清 Yueqing	1.6590 $\pm$ 0.3695	0.4754	0.7884	0.0657 (0.0421 ~ 0.0937)
95% 毒死蜱 Chlorpyrifos	扬州 Yangzhou	3.6448 $\pm$ 0.6890	5.1238	0.0772	0.5818 (0.4508 ~ 0.6840)
	安吉 Anji	3.5941 $\pm$ 0.4891	1.9357	0.3799	0.2004 (0.1708 ~ 0.2359)
	金华 Jinhua	10.7273 $\pm$ 1.7758	3.5716	0.1677	0.7088 (0.6511 ~ 0.8065)
	乐清 Yueqing	2.9559 $\pm$ 0.5056	1.8102	0.4045	0.1229 (0.0877 ~ 0.1530)
80.9% 三唑磷 Triazophos	扬州 Yangzhou	3.1170 $\pm$ 0.4457	2.1734	0.3373	3.3647 (2.7310 ~ 4.0694)
	安吉 Anji	3.5876 $\pm$ 0.7095	4.5208	0.1043	5.2378 (4.1864 ~ 6.2940)
	金华 Jinhua	3.2606 $\pm$ 0.4295	4.4760	0.1067	2.9666 (2.4334 ~ 3.4975)
	乐清 Yueqing	2.5921 $\pm$ 0.4080	1.2681	0.5305	2.8665 (2.1936 ~ 3.5397)
94% 杀虫单 Monosultap	扬州 Yangzhou	2.1300 $\pm$ 0.5239	0.2092	0.9007	69.2032 (51.0008 ~ 121.5207)
	安吉 Anji	2.2493 $\pm$ 0.4293	2.6118	0.2709	50.1579 (38.2860 ~ 67.9715)
	金华 Jinhua	1.8657 $\pm$ 0.4492	4.2070	0.1220	53.3055 (37.7108 ~ 82.8116)
	乐清 Yueqing	1.6327 $\pm$ 0.3686	4.4527	0.1079	46.3958 (32.2327 ~ 67.6315)
95% 吡虫啉 Imidacloprid	扬州 Yangzhou	1.8723 $\pm$ 0.4221	0.4045	0.8169	200.3971 (140.9630 ~ 294.1911)
	安吉 Anji	1.8048 $\pm$ 0.3441	0.3429	0.9518	89.3746 (59.0636 ~ 126.2698)
	金华 Jinhua	2.5639 $\pm$ 0.4687	4.5756	0.1015	194.0917 (151.4941 ~ 251.1872)
	乐清 Yueqing	2.0750 $\pm$ 0.3688	4.2356	0.1203	151.7370 (112.3668 ~ 193.2499)
97% 阿维菌素 Avermectin	扬州 Yangzhou	1.9434 $\pm$ 0.3944	5.1126	0.0776	206.7264 (121.3844 ~ 281.4364)
	安吉 Anji	1.5325 $\pm$ 0.3805	1.2539	0.5342	304.7922 (183.6137 ~ 444.7965)
	金华 Jinhua	2.1317 $\pm$ 0.3178	2.7373	0.2545	274.2120 (208.6791 ~ 339.8465)
	乐清 Yueqing	2.0746 $\pm$ 0.4161	0.3883	0.8235	160.7420 (114.7957 ~ 212.7299)
94.5% 氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	扬州 Yangzhou				> 3 978.7798
	安吉 Anji				> 3 978.7798
	金华 Jinhua				> 3 978.7798
	乐清 Yueqing				> 3 978.7798

氮唑核苷对乐清地区雌成蜂毒性较高,24 h 时死亡率为 22.8%,而对扬州、安吉和金华的雌成蜂毒性较低,24 h 时死亡率分别为 9.1%、0.0% 和 7.4%。

在测定的 2 种除草剂中,苄嘧·丙草胺毒性较高,各地区雌成蜂在 24 h 时的死亡率均在 50% 以上,其中乐清地区雌成蜂死亡率为 100%;相比之下,苄·二氯的毒性较低,24 h 时各地区的雌成蜂的死亡率均小于 19% (表 2)。

综上所述,三唑磷、毒死蜱、氟虫腈、氯虫苯甲酰胺、噻虫嗪、噻虫啉、吡虫啉、烯啶虫胺和丁硫克百威以及异稻·三环唑对该蜂毒性较高;阿维菌素相关制剂、苯甲·丙环唑以及苄嘧·丙草胺等对该蜂的毒性次之;氯虫苯甲酰胺悬浮剂、井岗·蜡芽菌

(井冈霉素)和盐酸吗啉胍·三氮唑核苷以及苄·二氯对该蜂毒性较低。

3 讨论

水稻害虫的生物防治是稻田内害虫综合防治的重要组成部分。然而,大田内用于害虫防治的杀虫剂大多对非靶标节肢动物包括寄生蜂具有很高的毒性^[14]。因此评价稻田常用农药对寄生蜂如二化螟盘绒茧蜂的影响,进而筛选出对害虫毒力高、防效好且对寄生蜂毒性低的农药具有重要意义^[9]。

参照我国农药对蜜蜂的毒性等级划分标准:剧毒 LC₅₀ $\leq$ 0.5 mg/L,高毒 0.5 mg/L < LC₅₀ $\leq$ 20 mg/L,中毒 20 mg/L < LC₅₀ $\leq$ 200 mg/L,低毒 LC₅₀ > 200

表 2 18 种农药制剂对不同地区二化螟盘绒茧蜂雌成蜂的触杀毒性

Table 2 Contact toxicities of eighteen pesticides to *Cotesia chilonis* female adults from four different locations

农药 Pesticides	地区 Locations	累计死亡率 Cumulative mortality (%)				
		2 h	4 h	8 h	12 h	24 h
20% 三唑磷 EC Triazophos	扬州 Yangzhou	100.0 ± 0.0 a				
	安吉 Anji	100.0 ± 0.0 a				
	金华 Jinhua	100.0 ± 0.0 a				
	乐清 Yueqing	100.0 ± 0.0 a				
40% 毒死蜱 EC Chlorpyrifos	扬州 Yangzhou	100.0 ± 0.0 a				
	安吉 Anji	100.0 ± 0.0 a				
	金华 Jinhua	100.0 ± 0.0 a				
	乐清 Yueqing	100.0 ± 0.0 a				
40% 氯虫苯甲酰胺 · 噻虫嗪 WG Chlorantraniliprole and thiamethoxam	扬州 Yangzhou	100.0 ± 0.0 a				
	安吉 Anji	100.0 ± 0.0 a				
	金华 Jinhua	100.0 ± 0.0 a				
	乐清 Yueqing	100.0 ± 0.0 a				
25% 噻虫嗪 WG Thiamethoxam	扬州 Yangzhou	100.0 ± 0.0 a				
	安吉 Anji	100.0 ± 0.0 a				
	金华 Jinhua	100.0 ± 0.0 a				
	乐清 Yueqing	71.4 ± 20.9 a	76.7 ± 19.3 a	79.5 ± 20.5 a	82.1 ± 17.9 a	100.0 ± 0.0 a
20% 丁硫克百威 EC Carbosulfan	扬州 Yangzhou	100.0 ± 0.0 a				
	安吉 Anji	100.0 ± 0.0 a				
	金华 Jinhua	100.0 ± 0.0 a				
	乐清 Yueqing	100.0 ± 0.0 a				
5% 氟虫腈 SC Fipronil	扬州 Yangzhou	100.0 ± 0.0 a				
	安吉 Anji	100.0 ± 0.0 a				
	金华 Jinhua	100.0 ± 0.0 a				
	乐清 Yueqing	100.0 ± 0.0 a				
10% 吡虫啉 WP Imidacloprid	扬州 Yangzhou	100.0 ± 0.0 a				
	安吉 Anji	100.0 ± 0.0 a				
	金华 Jinhua	100.0 ± 0.0 a				
	乐清 Yueqing	64.3 ± 11.3 a	100.0 ± 0.0 a			
10% 烯啶虫胺 EW Nitenpyram	扬州 Yangzhou	100.0 ± 0.0 a				
	安吉 Anji	100.0 ± 0.0 a				
	金华 Jinhua	100.0 ± 0.0 a				
	乐清 Yueqing	100.0 ± 0.0 a				
18 g/L 阿维菌素 EC Avermectin	扬州 Yangzhou	24.0 ± 9.8 a	34.3 ± 7.5 a	51.0 ± 3.5 a	54.8 ± 4.3 a	69.8 ± 5.0 a
	安吉 Anji	5.6 ± 2.8 b	5.6 ± 2.8 b	5.6 ± 2.8 b	11.2 ± 5.7 b	28.0 ± 5.9 b
	金华 Jinhua	13.1 ± 1.9 ab	13.1 ± 1.9 b	29.4 ± 2.4 c	36.1 ± 7.3 c	50.0 ± 0.0 c
	乐清 Yueqing	2.0 ± 2.0 b	9.5 ± 2.5 b	11.5 ± 1.7 bc	13.4 ± 2.7 b	22.9 ± 4.5 b
2% 甲氨基阿维菌素 苯甲酸盐 EC Emamectin benzoate	扬州 Yangzhou	29.8 ± 14.1 a	46.6 ± 33.4 a	53.6 ± 31.5 b	58.7 ± 28.4 b	72.3 ± 24.2 b
	安吉 Anji	0.0 ± 0.0 b	28.0 ± 11.7 a	59.3 ± 29.6 ab	65.1 ± 24.2 b	73.9 ± 21.1 ab
	金华 Jinhua	35.5 ± 34.2 a	79.0 ± 26.0 b	89.0 ± 22.6 a	92.0 ± 18.3 a	93.6 ± 13.5 a
	乐清 Yueqing	0.0 ± 0.0 b	0.0 ± 0.0 c	8.1 ± 3.2 c	8.1 ± 3.2 c	12.3 ± 6.2 c
1.8% 阿维菌素 EC Avermectins	扬州 Yangzhou	20.2 ± 7.2 b	32.5 ± 7.2 b	39.5 ± 6.2 b	40.7 ± 6.7 b	41.7 ± 5.8 b
	安吉 Anji	40.1 ± 10.8 a	50.0 ± 0.0 a	74.5 ± 2.5 a	89.1 ± 3.1 a	91.5 ± 1.4 a
	金华 Jinhua	19.3 ± 9.3 b	44.6 ± 9.2 ab	39.7 ± 3.4 b	42.8 ± 2.7 b	55.6 ± 30.3 c
	乐清 Yueqing	0.0 ± 0.0 c	10.7 ± 5.6 c	24.1 ± 8.8 b	24.1 ± 8.8 c	39.7 ± 9.7 b
20% 氯虫苯甲酰胺 SC Chlorantraniliprole	扬州 Yangzhou	0.0 ± 0.0 a	0.0 ± 0.0 a	0.0 ± 0.0 a	14.3 ± 7.1 a	28.9 ± 6.8 a
	安吉 Anji	0.0 ± 0.0 a	0.0 ± 0.0 a	0.0 ± 0.0 a	3.0 ± 3.0 b	21.4 ± 7.5 b
	金华 Jinhua	0.7 ± 0.7 a	3.2 ± 1.5 a	5.9 ± 2.5 a	8.1 ± 3.5 b	15.7 ± 6.6 b
	乐清 Yueqing	0.0 ± 0.0 a	8.4 ± 5.1 a	8.4 ± 5.1 a	8.4 ± 5.1 b	8.4 ± 5.1 b

续表 2

农药 Pesticides	地区 Locations	累计死亡率 Cumulative mortality (%)				
		2 h	4 h	8 h	12 h	24 h
20% 异稻·三环唑 WP	扬州 Yangzhou	100.0 ± 0.0 a				
Tricyclazole-Iprobenfos	安吉 Anji	70.2 ± 5.3 a	76.9 ± 8.7 a	80.2 ± 5.5 a	93.3 ± 6.7 a	96.7 ± 3.3 a
	金华 Jinhua	100.0 ± 0.0 ab				
	乐清 Yueqing	100.0 ± 0.0 a				
12% 井冈·蜡芽菌 (井冈霉素) EW	扬州 Yangzhou	2.8 ± 4.8 a	5.3 ± 4.6 a	5.3 ± 4.6 a	5.3 ± 4.6 a	15.1 ± 1.7 b
Validamycin	安吉 Anji	1.9 ± 3.2 a	1.9 ± 3.2 a	1.9 ± 3.2 a	7.4 ± 6.4 a	27.8 ± 14.7 a
	金华 Jinhua	0.0 ± 0.0 a	0.0 ± 0.0 a	0.0 ± 0.0 a	0.0 ± 0.0 a	0.0 ± 0.0 c
	乐清 Yueqing	0.0 ± 0.0 a	0.0 ± 0.0 a	2.2 ± 3.8 a	5.0 ± 4.4 a	10.0 ± 8.8 b
30% 苯甲·丙环唑 EC	扬州 Yangzhou	12.0 ± 3.2 a	20.0 ± 2.9 a	17.0 ± 2.9 a	27.0 ± 8.0 a	27.0 ± 8.0 a
Propiconazol	安吉 Anji	8.5 ± 7.8 a	8.5 ± 7.8 ab	11.0 ± 11.6 ab	17.3 ± 11.7 ab	28.0 ± 7.0 b
difenoconazole	金华 Jinhua	0.0 ± 0.0 a	2.6 ± 4.4 b	2.6 ± 4.4 b	12.2 ± 9.7 b	16.8 ± 7.1 ab
	乐清 Yueqing	10.8 ± 6.4 a	10.8 ± 6.4 ab	10.8 ± 6.4 ab	26.4 ± 8.6 a	44.4 ± 9.5 c
31% 盐酸吗啉胍·三氮唑核苷 WP	扬州 Yangzhou	9.1 ± 9.1 a	9.1 ± 9.1 a	9.1 ± 9.1 ab	9.1 ± 9.1 ab	9.1 ± 9.1 ab
Moroxydine	安吉 Anji	0.0 ± 0.0 a	0.0 ± 0.0 a	0.0 ± 0.0 b	0.0 ± 0.0 b	0.0 ± 0.0 b
hydrochloride and Ribavirin	金华 Jinhua	0.0 ± 0.0 a	0.0 ± 0.0 a	0.0 ± 0.0 b	0.0 ± 0.0 b	7.4 ± 12.8 b
	乐清 Yueqing	6.3 ± 5.7 a	8.8 ± 8.0 a	14.0 ± 15.6 a	14.0 ± 15.6 a	22.8 ± 15.4 a
40% 苄嘧·丙草胺 WP	扬州 Yangzhou	0.0 ± 0.0 b	13.9 ± 12.7 ab	22.4 ± 7.1 b	29.9 ± 3.0 b	60.9 ± 14.4 b
Bensulfuron-methyl pretilachlor	安吉 Anji	0.0 ± 0.0 b	2.6 ± 4.4 b	2.6 ± 4.4 b	24.1 ± 7.1 b	54.1 ± 4.2 b
	金华 Jinhua	14.0 ± 11.1 ab	27.9 ± 14.1 a	44.5 ± 25.5 a	77.2 ± 15.8 a	91.1 ± 10.5 a
	乐清 Yueqing	24.2 ± 18.0 a	37.6 ± 15.6 a	51.0 ± 15.2 a	93.9 ± 10.5 a	100.0 ± 0.0 a
36% 苄·二氯 WP	扬州 Yangzhou	6.1 ± 10.5 a	9.8 ± 9.2 a	14.2 ± 3.6 a	14.2 ± 3.6 a	14.2 ± 3.6 a
Quinclorac and Bensulfuronmethyl	安吉 Anji	3.0 ± 5.2 a	3.0 ± 5.2 a	3.0 ± 5.2 a	11.4 ± 12.6 a	18.6 ± 18.8 a
	金华 Jinhua	0.0 ± 0.0 a	0.0 ± 0.0 a	2.6 ± 4.4 a	7.9 ± 7.7 a	10.7 ± 9.3 a
	乐清 Yueqing	2.8 ± 4.8 a	2.8 ± 4.8 a	6.9 ± 6.4 a	11.1 ± 2.4 a	11.1 ± 2.4 a

注:表中数据为平均数 ± 标准差 (n = 30)。同一农药同列数据后具有相同小写字母表示经 LSD 检验差异不显著 ($P > 0.05$)。

Note: The data are expressed as mean ± standard deviation (n = 30). For the same pesticide data within a column followed by the same letters indicate not significantly different ($P > 0.05$) according to least significant difference test.

mg/L^[15],本研究供试的 7 种杀虫剂原药对二化螟盘绒茧蜂雌成蜂的毒性可分成以下几类:氟虫腈和毒死蜱为剧毒,三唑磷为高毒,而杀虫单和吡虫啉为中毒,阿维菌素和氯虫苯甲酰胺为低毒。因此,生产上宜选用以阿维菌素和氯虫苯甲酰胺为原药加工而成的制剂,以减轻对二化螟盘绒茧蜂的毒性,更有利于发挥其自然控害作用。18 种农药制剂的生测结果与 7 种杀虫剂原药生测结果相符合,除阿维菌素类制剂及氯虫苯甲酰胺类制剂对二化螟盘绒茧蜂存活的影响相对较小外,有机磷和苯基吡唑类杀虫剂等均对该蜂有显著影响。即使有些单剂对寄生蜂毒性较低,但与其它毒性较强单剂的混合制剂的毒性则不一定低,如氯虫苯甲酰胺对二化螟盘绒茧蜂毒性很低,但是 40% 氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪混合制剂对该蜂的毒性则很高,处理 2 h 时该蜂 100% 死亡,其原因可能是混剂中所添加的噻虫嗪引起的,因

25% 噻虫嗪对该蜂毒性很高,处理 2 h 时扬州、安吉和金华地区的雌蜂死亡率达 100%,乐清地区的雌蜂死亡率也高达 71.4%。因此,在配制杀虫剂混合制剂时,要考虑其中单剂的毒性,毒性高的单剂在作混配时应该谨慎对待。另外,在生产中一般考虑更多的是杀虫剂对寄生蜂等天敌的毒性,很少关注杀菌剂和除草剂的毒性,且一般认为后二者对寄生蜂等天敌昆虫是安全的。其实不然,本研究结果表明,不论杀菌剂还是除草剂,如异稻·三环唑、苯甲·丙环唑和苄嘧·丙草胺对二化螟盘绒茧蜂均有较高毒性。因此,生产上为了保护寄生蜂等天敌昆虫的自然控制作用,在选用杀菌剂和除草剂时也应评价其对寄生蜂等的安全性。

本研究结果表明,7 种杀虫剂原药对二化螟盘绒茧蜂雌成蜂的毒性因地区不同而有所差异,即不同地区的雌成蜂对各药剂的敏感性不同。而 18 种

农药制剂的测定除高毒性药剂外也得到了类似的结果。因此,在选择药剂控制二化螟并保护其寄生蜂时,应该考虑地区差异。本研究探讨了多种稻田常用农药对二化螟盘绒茧蜂雌成蜂的影响,并从中筛选出阿维菌素和氯虫苯甲酰胺等毒性相对较低的杀虫剂,对指导二化螟防治并保护其寄生蜂有一定的指导意义。但因考查指标较少、评价方法单一,并且未进行田间试验验证等,尚不能全面地反映出 2 种农药对该蜂的安全性。还应开展这些药剂在亚致死剂量条件下对二化螟盘绒茧蜂发育与繁殖的影响,以评价其慢性毒性。另外,本研究采用药膜法评价了各药剂对二化螟盘绒茧蜂雌成蜂的毒性,所关注的仅是触杀毒性,其胃毒毒性还需深入研究。

致谢:浙江省农业科学院植物保护与微生物研究所惠赠供试农药原药,特此致谢。

参 考 文 献(References)

- [1] 盛承发,王红托,盛世余,等. 我国稻螟灾害的现状与损失估计. 昆虫知识,2003,40(4):289-294
- [2] 韩招久,韩召军,陈长琨,等. 二化螟对杀虫单和甲胺磷抗性监测及田间抗性动态. 植物保护学报,2002,29(1):93-94
- [3] 李秀峰,韩召军,陈长琨,等. 二化螟对杀虫单等 4 种杀虫剂的抗药性. 南京农业大学学报,2001,24(1):43-46
- [4] 蒋明星,祝增荣,朱金良,等. 不同生境中水稻二化螟的自然寄生情况. 中国生物防治,1999,15(4):145-149
- [5] 杭杉葆,林冠伦. 二化螟绒茧蜂生物学特性的研究. 生物防治通报,1989,5(1):16-19
- [6] 杭三保,陆自强. 二化螟幼虫被二化螟绒茧蜂寄生后血淋巴的生理生化变化. 昆虫学报,1991,34(4):427-432
- [7] 杭三保,戴志一,沈国清,等. 一种室内累代饲养二化螟绒茧蜂的方法. 昆虫学报,1994,37(4):504-505
- [8] 张广林,韩成香,姚洪渭,等. 水稻螟虫对 4 种 Bt 杀虫蛋白的敏感性测定. 植物保护,2007,33(6):78-80
- [9] 李保同,裴春梅,石庆华,等. 阿维菌素对二化螟和稻纵卷叶螟的生物活性及稻田天敌的影响. 植物保护学报,2009,36(6):550-554
- [10] 孙超,苏建亚,沈晋良,等. 杀虫剂对二化螟卵寄生性天敌稻螟赤眼蜂室内安全性评价. 中国水稻科学,2008,22(1):93-98
- [11] 尚稚珍,王银淑,邹永华. 二化螟饲养方法的研究. 昆虫学报,1979,22(2):164-167
- [12] Desneux N, Denoyelle R, Kaiser L. A multi-step bioassay to assess the effect of the deltamethrin on the parasitic wasp *Aphidius ervi*. Chemosphere, 2006, 65(10):1697-1706
- [13] 唐启义,冯明光. DPS 数据处理系统:实验设计、统计分析及数据挖掘. 北京:科学出版社,2007
- [14] Wu G, Miyata T, Kang C Y, et al. Insecticide toxicity and synergism by enzyme inhibitors in 18 species of pest insect and natural enemies in crucifer vegetable crops. Pest Management Science, 2007, 63(5):500-510
- [15] 卜元卿,单正军,周军英,等. 农药对蜜蜂生物毒性及安全性评价研究回顾. 农药,2009,48(6):399-401,426