

三种杀虫剂及其混配使用对梨小食心虫 *Grapholita molesta* (Busck)卵的室内触杀效果*

姜军侠^{1**} 赵玉玉² 郭丽娜² 朱 点² 李怡萍^{2***} 仵均祥^{2***}

(1. 陕西省农药管理检定所, 西安 710003; 2. 旱区作物逆境生物学国家重点实验室,
西北农林科技大学植物保护学院, 杨凌 712100)

摘 要 【目的】筛选对梨小食心虫 *Grapholita molesta* (Busck)卵具有高效触杀作用的药剂, 旨在为梨小食心虫卵期的科学防治提供理论依据。【方法】采用浸渍法室内测定了螺虫乙酯、阿维菌素、高效氯氰菊酯 3 种药剂及阿维菌素和高效氯氰菊酯分别与螺虫乙酯混配对梨小食心虫卵的触杀效果。【结果】在供试药剂处理范围内, 高效氯氰菊酯 $240\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 处理对梨小食心虫卵的触杀效果最好, 校正死亡率达 96.42%, 其次为高效氯氰菊酯 $120\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, $60\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 和高效氯氰菊酯与螺虫乙酯 1 : 2 混配 $96\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 处理, 校正死亡率分别为 81.70%、76.73%和 70.72%。其余供试药剂处理对梨小食心虫卵的触杀效果均低于 70%, 特别是螺虫乙酯单用, 或者阿维菌素与螺虫乙酯混用, 或者高效氯氰菊酯与螺虫乙酯 1 : 4、1 : 3 混用, 对梨小食心虫卵的室内触杀效果几乎均小于 30%。【结论】高效氯氰菊酯或高效氯氰菊酯与螺虫乙酯 1 : 2 混配在生产中有较大的推广价值; 螺虫乙酯或阿维菌素均不宜在梨小食心虫的卵期防治中单独使用。

关键词 梨小食心虫, 杀虫剂, 卵, 触杀效果

Indoor contact toxicity of three insecticides, and their mixtures, on eggs of oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck)

JIANG Jun-Xia^{1**} ZHAO Yu-Yu² GUO Li-Na² ZHU Dian² LI Yi-Ping^{2***} WU Jun-Xiang^{2***}

(1. Pesticide Management Accreditation Institute of Shaanxi Province, Shaanxi 710003, China; 2. State Key Laboratory of Crop Stress
Biology for Arid Areas, College of Plant Protection, Northwest A&F University, Yangling 712100, China)

Abstract [Objectives] To provide a theoretical foundation for controlling the oriental fruit moth *Grapholita molesta* (Busck) at the egg stage. [Methods] Contact toxicities of three pesticides, including Spirotetramat, Abamectin and Beta-cypermethrin, as well as Abamectin-Spirotetramat and Beta-cypermethrin-Spirotetramat mixtures, on *G. molesta* eggs, were investigated using the dipping method in a laboratory. [Results] $240\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ of Beta-cypermethrin was the most efficient pesticide regime for *G. molesta* eggs, achieving a corrected mortality rate of 96.42%. The next best were $120\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ and $60\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ of Beta-cypermethrin, and $96\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ of a 1 : 2 mixture of Beta-cypermethrin and Spirotetramat, which had corrected mortality rates of 81.70%, 76.73% and 70.72%, respectively. The corrected mortality rates of all other treatments were < 70%. Corrected mortalities were all < 30% when Abamectin was used alone, or when it was mixed at a ratio of 1 : 4 with Spirotetramat or Beta-cypermethrin-Spirotetramat, or 1 : 3 with Beta-cypermethrin-Spirotetramat. [Conclusion] Beta-cypermethrin, or a 1 : 2 Beta-cypermethrin-Spirotetramat mixture, can be widely used to control of *G. molesta* eggs but Abamectin or Spirotetramat alone are ineffective for this purpose.

Key words *Grapholita molesta* (Busck), pesticides, egg, contact toxicity

*资助项目 Supported projects : 国家自然科学基金项目 (31272043)

**第一作者 First author, E-mail : 810384920@qq.com

***共同通讯作者 Co-corresponding authors, E-mail : junxw@nwsuaf.edu.cn ; liyiping@nwsuaf.edu.cn

收稿日期 Received : 2016-11-23, 接受日期 Accepted : 2017-05-04

梨小食心虫 *Grapholita molesta* (Busck) 又名东方蛀果蛾、桃折梢虫, 简称梨小, 是一种全球性的果树害虫 (Yang *et al.*, 2003; Choi *et al.*, 2008; 范仁俊等, 2013)。近年来, 梨小食心虫在我国南北方许多果区猖獗发生, 尤以桃、梨混栽区发生较重, 前期桃梢被害率高达 80% 以上, 后期蛀果率达 20%~50%, 而且在桃、梨混栽区, 其发育历期也有所延长 (刘玉光等, 2013; 冯娜, 2014)。2010 年梨小食心虫在新疆库勒部分果园暴发, 许多果园虫果率达 20%~31%, 作为授粉树的砀山梨虫果率高达 60%~72%, 严重的甚至达 100% (何淑英等, 2011)。山东泰安桃、梨混植和单植桃园桃树折梢率一般达 30%~40%, 桃果虫果率达 40% 左右 (郭婷婷等, 2013)。在河南郑州地区桃园梨小食心虫的折梢率和蛀果率分别为 35% 和 3.5% (朱更瑞等, 2014)。山东成武县许多桃园桃梢被害率达到 50%~70%, 枝条顶端秃梢、烂果现象严重, 给果农造成了严重的经济损失 (陈松, 2016)。2016 年在陕西商洛发现, 随樱桃栽培面积的增加, 其对部分樱桃枝条也造成了严重的危害。

梨小食心虫作为一种钻蛀性害虫, 整个幼虫期均在果实或新梢中危害, 所以幼虫期化学防治很难发挥有效的作用。卵期作为梨小食心虫药剂防治的关键时期之一, 曾被广泛推荐 (田忠正等, 2015)。但蔡明飞等 (2010) 通过室内测定 3 种防治梨小食心虫代表性药剂对其卵的室内触杀效果表明, 3 种供试药剂各处理对梨小食心虫卵的防效均很低甚至没有作用。螺虫乙酯、阿维菌素和高效氯氰菊酯作为近年来研发的新药剂或农业生产中的当家药剂, 当前在生产实践中应用非常广泛, 对很多害虫均具有较高的毒杀作用 (马海芹和丁佩, 2009; 叶萱, 2011; 杜婧, 2012; 刘庆娟等, 2012; 武海斌等, 2013)。但有关其对梨小食心虫卵的杀伤作用鲜有研究报道。鉴于此, 本文在室内条件下利用室内饲养所获得的梨小食心虫卵较系统地研究了这 3 种药剂及其混合使用对梨小食心虫卵的触杀效果, 旨在为梨小食心虫卵期的科学防治提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源与药剂

1.1.1 供试虫源 2008 年采自陕西省杨凌示范区, 在室内人工饲养至今。饲养条件: 温度 $(26 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$ 、RH $(70 \pm 10) \%$ 、L:D 为 15:9。幼虫用苹果和人工饲料饲喂, 成虫用 5% 的蜂蜜水补充营养 (杜鹃, 2009)。供试虫卵为初产 24 h 以内的卵。前人实验证明本研究所采用的室内种群生活力与田间种群无显著差异 (郭丽娜等, 2014)。

1.1.2 供试药剂 95% 螺虫乙酯原药、74.2% 阿维菌素原药、95.9% 高效氯氰菊酯原药 (均由中国农业大学理学院提供)。

1.2 试验方法

1.2.1 药液配制 用丙酮将供试原药配制成 $5\,000\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 母液 100 mL, 将母液用水分别稀释至供试浓度, 加入 1% 乳化剂 Span 80, 供试药剂及其混配各设 5 个处理, 按质量 (m/m) 配比, 供试药剂各处理的药剂浓度见表 1。

1.2.2 测试方法 采用药液浸渍法, 具体参考张纯胄等 (2006) 的方法。将带有 50 粒梨小食心虫初产卵的硫酸纸置于药液中浸渍 5 s 后迅速取出, 放入加有 1% 琼脂的培养皿中, 置于人工气候箱中, 饲养条件同 1.1.1。每 24 h 检查 1 次卵孵化情况, 直至卵全部孵化或死亡, 每处理重复 3 次, 同时设置清水对照。

1.3 数据处理

$$\text{卵死亡率}(\%) = \frac{\text{药前卵数} - \text{药后活卵数}}{\text{药前卵数}} \times 100,$$

$$\text{校正死亡率}(\%) =$$

$$\frac{\text{处理卵死亡率} - \text{对照卵死亡率}}{100 - \text{对照卵死亡率}} \times 100^\circ$$

采用 SPSS20.0 数据处理软件进行统计分析, 采用 Duncan's 新复极差法进行多重比较, 采用回归分析法拟合校正死亡率与供试药剂处理浓度的关系。

表 1 供试药剂各处理的药剂浓度 ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
Table 1 Concentration of tested pesticides ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)

药剂 Pesticide	浓度 1 Concentration 1	浓度 2 Concentration 2	浓度 3 Concentration 3	浓度 4 Concentration 4	浓度 5 Concentration 5
螺虫乙酯 Spirotetramat	3	6	12	24	48
阿维菌素 Abamectin	16.25	32.5	65	130	260
高效氯氰菊酯 Beta-cypermethrin	15	30	60	120	240
阿：螺=1：5 A：S=1：5	12	24	48	96	192
阿：螺=1：10 A：S=1：10	6	12	24	48	96
阿：螺=1：15 A：S=1：15	3	6	12	24	48
阿：螺=1：20 A：S=1：20	3	6	12	24	48
阿：螺=1：25 A：S=1：25	3	6	12	24	48
高：螺=1：4 B：S=1：4	3	6	12	24	48
高：螺=1：3 B：S=1：3	3	6	12	24	48
高：螺=1：2 B：S=1：2	6	12	24	48	96
高：螺=1：1 B：S=1：1	12	24	48	96	192
高：螺=2：1 B：S=2：1	12	24	48	96	192

阿：螺=阿维菌素：螺虫乙酯，高：螺=高效氯氰菊酯：螺虫乙酯。下表同。

A：S=Abamectin：Spirotetramat, B：S=Beta-cypermethrin：Spirotetramat. The same below.

2 结果与分析

2.1 单剂处理的室内触杀效果

从表 2 可以看出, 3 种供试药剂对梨小食心虫卵的室内触杀效果随处理浓度的增大均有升高的趋势。就 3 种药剂各个浓度处理的防效比较而言, 以高效氯氰菊酯各浓度处理对梨小食心虫卵的触杀效果最高, 在 56.87%~96.42% 之间; 但螺虫乙酯和阿维菌素各处理的防效均明显较低, 最低仅 10.17%, 最高仅 47.14%。方差分析结果表明, 供试 3 种药剂单剂不同浓度处理之间的校正死亡率差异达极显著水平 ($F=12.37$, $P<0.01$)。

2.2 混配处理的室内触杀效果

2.2.1 阿维菌素与螺虫乙酯混配的室内触杀效果

从表 3 可以得出, 阿维菌素与螺虫乙酯混配各处理对梨小食心虫卵虽然均有一定的触杀效果, 但除阿维菌素与螺虫乙酯 1：5 混配 192 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 处理的校正死亡率达到 61.42% 以外, 其

它各处理的校正死亡率均在 58.64% 以下, 最低仅为 0.78%。不同配比各个浓度总体比较而言, 阿维菌素与螺虫乙酯 1：20 混配对梨小食心虫卵的触杀效果最好, 基本均在 50% 以上, 阿维菌素与螺虫乙酯 1：15 混配和阿维菌素与螺虫乙酯 1：25 混配对梨小食心虫卵的触杀效果最差。方差分析表明, 不同混配处理各浓度之间的触杀效果差异达到了极显著水平 ($F=3.51$, $P<0.01$)。

2.2.2 高效氯氰菊酯与螺虫乙酯混配的室内触杀效果 从表 4 可以得出, 高效氯氰菊酯与螺虫乙酯混配对梨小食心虫卵的室内触杀作用与高效氯氰菊酯和螺虫乙酯的配比有很大的关系, 随高效氯氰菊酯比例的提高和螺虫乙酯比例的下降, 高效氯氰菊酯与螺虫乙酯混配对梨小食心虫卵的室内触杀效果明显提高。高效氯氰菊酯与螺虫乙酯 1：3 混配时, 6 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 浓度处理的校正死亡率甚至出现负值, 说明高效氯氰菊酯与螺虫乙酯混配药剂不仅不具有增效作用, 甚至还有拮抗作用。但当高效氯氰菊酯在两者混配中比例高于 1/3 时, 两者混配处理中各浓度的校正死亡率

表 2 3 种供试杀虫剂单剂处理对梨小食心虫卵的室内触杀效果

Table 2 Contact toxicity of 3 tested pesticides used on the eggs of *Grapholita molesta* in laboratory

药剂 Pesticide	浓度 ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) Concentration	死亡率 (%) Death rate	校正死亡率 (%) Corrected mortality
螺虫乙酯 Spirotetramat	3	28.00 $\pm$ 4.00bAB	10.17 $\pm$ 7.71aA
	6	29.33 $\pm$ 4.93bAB	11.91 $\pm$ 7.17aA
	12	30.67 $\pm$ 2.08bAB	13.45 $\pm$ 6.93aAB
	24	33.67 $\pm$ 4.04abA	17.26 $\pm$ 7.08abAB
	48	40.00 $\pm$ 7.21aA	25.18 $\pm$ 10.08abcABC
	CK	13.67 $\pm$ 4.16cB	-
阿维菌素 Abamectin	16.25	38.53 $\pm$ 10.93abA	23.53 $\pm$ 10.54abcABC
	32.5	48.73 $\pm$ 17.36abA	35.98 $\pm$ 21.53abcdABCD
	65	48.17 $\pm$ 17.03abA	35.85 $\pm$ 18.09abcdABCD
	130	52.13 $\pm$ 25.57aA	39.27 $\pm$ 23.63bcdABCD
	260	57.80 $\pm$ 6.13aA	47.14 $\pm$ 8.54cdeBCDE
	CK	15.93 $\pm$ 3.90bA	-
高效氯氟菊酯 <i>Beta</i> -cypermethrin	15	59.33 $\pm$ 8.97dC	56.87 $\pm$ 9.77defCDEF
	30	67.33 $\pm$ 2.40cdBC	65.38 $\pm$ 3.14efgDEFG
	60	78.00 $\pm$ 1.15bcB	76.73 $\pm$ 1.45fghEFG
	120	82.67 $\pm$ 0.67bAB	81.70 $\pm$ 0.51ghFG
	240	96.67 $\pm$ 1.76aA	96.42 $\pm$ 1.88hG
	CK	5.33 $\pm$ 1.76eD	-

表中数据为平均值 $\pm$ 标准误；同列数据后标有不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$, LSD)，不同大写字母表示差异极显著 ($P<0.01$, LSD)。下表同。

Data (mean $\pm$ SE) followed by different small or capital letters are significantly different ($P<0.05$, LSD) and extremely significantly different ($P<0.01$, LSD), respectively. The same below.

表 3 阿维菌素与螺虫乙酯混配对梨小食心虫卵的室内触杀效果

Table 3 Contact toxicity of abamectin and spirotetramat mixtures on the eggs of *Grapholita molesta* in laboratory

药剂 Pesticide	浓度 ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) Concentration	死亡率 (%) Death rate	校正死亡率 (%) Corrected mortality
阿:螺=1:5 A:S=1:5	12	43.20 $\pm$ 21.20abAB	30.31 $\pm$ 26.72abcdefABCD
	24	40.00 $\pm$ 15.28abAB	24.17 $\pm$ 22.07abcdeABCD
	48	39.47 $\pm$ 12.35abAB	23.59 $\pm$ 18.76abcdABCD
	96	54.93 $\pm$ 4.37aAB	43.98 $\pm$ 3.99defABCD
	192	69.33 $\pm$ 5.33aA	61.42 $\pm$ 8.01fD
	CK	19.73 $\pm$ 4.89bB	-
阿:螺=1:10 A:S=1:10	6	24.67 $\pm$ 7.00 cC	23.07 $\pm$ 7.16abcdABCD
	12	37.33 $\pm$ 7.69 bcBC	21.01 $\pm$ 12.18abcABCD
	24	56.00 $\pm$ 7.21abAB	43.24 $\pm$ 14.37cdefABCD
	48	62.00 $\pm$ 1.16aA	52.23 $\pm$ 4.37efBCD
	96	64.67 $\pm$ 7.51aA	54.31 $\pm$ 13.21efBCD
	CK	19.33 $\pm$ 6.36cC	-

续表 3 (Table 3 continued)

药剂 Pesticide	浓度 ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) Concentration	死亡率 (%) Death rate	校正死亡率 (%) Corrected mortality
阿：螺=1：15 A：S=1：15	3	26.87±4.67bcBC	12.66±9.91abABC
	6	18.63±11.21cC	17.51±0.00abcABCD
	12	27.30±3.44bcBC	17.89±9.63abcABCD
	24	40.30±6.75abAB	24.11±11.81abcdeABCD
	48	74.00±3.90aA	33.76±9.78bcdefABCD
	CK	19.37±3.97cC	-
阿：螺=1：20 A：S=1：20	3	58.00±2.31aA	51.53±1.97efBCD
	6	60.67±5.93aA	54.50±6.84efBCD
	12	44.00±11.55aA	35.49±12.35bcdefABCD
	24	59.33±8.82aA	52.14±12.00efBCD
	48	64.67±4.67aA	58.64±7.22fCD
	CK	13.33±3.53bB	-
阿：螺=1：25 A：S=1：25	3	28.00±13.50bcAB	12.13±2.74abABC
	6	26.13±5.66bcAB	9.65±6.87abAB
	12	19.13±6.47cB	0.78±12.05aA
	24	39.20±11.96abAB	25.62±14.98abcdeABCD
	48	47.13±2.91aA	35.34±3.23bcdeABCD
	CK	18.20±3.70cB	-

表 4 高效氯氰菊酯与螺虫乙酯混配对梨小食心虫卵的室内触杀效果
Table 4 Contact toxicity of spirotetramat and Beta-cypermethrin mixtures on the eggs
of *Grapholita molesta* in laboratory

药剂 Pesticide	浓度 ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) Concentration	死亡率 (%) Death rate	校正死亡率 (%) Corrected mortality
高：螺=1：4 B：S=1：4	3	19.60±3.02bC	0.60±9.67aA
	6	23.20±5.67bBC	4.95±12.50abAB
	12	20.00±1.83bC	2.18±7.38aA
	24	32.80±6.16aAB	16.76±12.36bcABCD
	48	38.40±4.33aA	23.93±7.24cdCDEF
	CK	18.80±4.85bC	-
高：螺=1：3 B：S=1：3	3	20.40±4.80bB	0.30±8.48aA
	6	19.60±0.69bB	- 0.65±4.96aA
	12	29.60±3.67abAB	11.80±7.68abcABC
	24	30.80±5.00aAB	13.37±7.38abcABC
	48	37.20±9.82aA	21.58±10.98cdBCDE
	CK	19.40±3.67bB	-
高：螺=1：2 B：S=1：2	6	54.93±4.03cB	44.54±5.16efgGHI
	12	62.93±6.06bcAB	54.49±6.37ghiHIJK
	24	67.73±11.57abAB	60.53±12.98hijIJK
	48	71.47±3.33abA	64.87±4.36ijkAB
	96	76.27±2.44aA	70.72±4.16jK
	CK	18.67±3.33dC	-

续表 4 (Table 4 continued)

药剂 Pesticide	浓度 (μg·g ⁻¹) Concentration	死亡率 (%) Death rate	校正死亡率 (%) Corrected mortality
高: 螺=1:1 B: S=1:1	12	52.00±7.91aA	40.56±7.28efgFGH
	24	53.30±3.90aA	42.03±1.10efgFGHI
	48	58.93±1.50aA	48.77±5.09fghGHIJ
	96	57.20±3.44aA	46.86±1.48efghGHIJ
	192	60.23±0.75aA	50.46±3.41ghGHIJ
	CK	19.50±5.20bB	-
高: 螺=2:1 B: S=2:1	12	46.01±4.71bA	32.42±9.78deDEFG
	24	48.24±6.96bA	35.25±11.04defEFGH
	48	54.05±6.19abA	42.85±5.98efgGHI
	96	54.49±0.77abA	43.23±3.21efgGHI
	192	58.07±2.79aA	47.72±3.70fghGHIJ
	CK	19.65±5.07cB	-

均在 40%以上。其中高效氯氰菊酯与螺虫乙酯 1:2 混配 96 μg·g⁻¹ 对梨小食心虫卵的室内触杀校正死亡率达到 70.72%。但当高效氯氰菊酯在两者混配中所占比例超过 2/3 时, 两者混配对梨小食心虫卵的室内触杀效果又有下降的趋势。方差分析表明, 高效氯氰菊酯与螺虫乙酯混配各浓度处理之间的校正死亡率差异达极显著水平 ($F=24.01, P<0.01$)。

2.2.3 室内触杀效果与供试药剂浓度之间的回归分析 相关分析表明, 螺虫乙酯、高效氯氰菊酯、阿维菌素与螺虫乙酯 1:5 混配、阿维菌素与螺虫乙酯 1:15 混配、高效氯氰菊酯与螺虫乙酯 1:4 混配、高效氯氰菊酯与螺虫乙酯 1:2 混配的室内触杀效果与供试药剂处理浓度之间均具有显著的相关关系 (表 5), 即供试药剂的浓度越大, 梨小食心虫卵的室内触杀死亡率越高。

3 讨论

试验结果表明, 供试 3 种药剂单剂处理中, 高效氯氰菊酯对梨小食心虫卵的室内触杀效果较好, 特别是高效氯氰菊酯 240 μg·g⁻¹ 浓度处理的校正死亡率达到 96.42%, 其次是高效氯氰菊酯 120 μg·g⁻¹、60 μg·g⁻¹ 和高效氯氰菊酯与螺虫乙酯 1:2 混配 96 μg·kg⁻¹ 浓度处理, 校正死亡率分别为 81.70%、76.73%和 70.72%, 具有很

好的推广前景。其余药剂处理的校正死亡率均在 70%以下。特别是螺虫乙酯单剂、阿维菌素与螺虫乙酯 1:15 混配、阿维菌素与螺虫乙酯 1:25 混配、高效氯氰菊酯与螺虫乙酯 1:4 混配以及高效氯氰菊酯与螺虫乙酯 1:3 混配的各浓度处理对梨小食心虫卵的室内触杀效果一般不超过 30%, 可以认为在生产实践中不宜用于梨小食心虫的卵期防治。

刘中方等 (2014) 研究发现氯虫苯甲酰胺对梨小食心虫卵有很好的防治效果, 200 g/L 氯虫苯甲酰胺悬浮剂 2 000 倍液添加 0.1%有机硅对梨小食心虫卵的孵化抑制率高达 98.99%; 陈江玉等 (2011) 室内筛选发现 4.5%高效氯氰菊酯乳油 1 000~2 000 倍液对梨小食心虫卵的触杀效果大于 50%; 韦德卫等 (2011) 发现 4.5%高效氯氰菊酯乳油 1 000 倍液对荔枝蒂蛀虫 *Conopomorpha sinensis* (Bradley) 卵的触杀效果达 100%; 廖世纯等 (2015) 研究发现 2.5%高效氯氰菊酯乳油 1 000 倍液对荔枝蛀蒂虫卵的杀伤率为 93%, 而 1.8%阿维菌素乳油 1 000 倍液的杀伤率仅为 50%左右; 于欣等 (2012) 研究表明 4.5%高效氯氰菊酯乳油对桃小食心虫 *Carposina nipponensis* (Walsingham) 卵具有高效防治作用; 武海斌等 (2013) 发现 4.5%高效氯氰菊酯乳油对小地老虎 *Agrotis ypsilon* (Rottemberg) 卵具有

表 5 不同药剂处理与梨小食心虫卵校正死亡率之间的回归分析

Table 5 Linear regression between tested pesticides and their contacting toxicity on the eggs of *Grapholita molesta*

药剂 Pesticide	回归方程 Regression equation	相关系数 R^2 Correlation coefficient	F	P
螺虫乙酯 Spirotetramat	$y=0.8715x+24.6362$	0.9972	0.0011	0.0000
阿维菌素 Abamectin	$y=0.0922x+35.0792$	0.7535	9.1700	0.0564
高效氯氰菊酯 Beta-cypermethrin	$y=0.1581x+60.7179$	0.9025	27.7843	0.0133
阿：螺=1：5 A：S=1：5	$y=0.2756x+28.3171$	0.8799	21.9756	0.0183
阿：螺=1：10 A：S=1：10	$y=0.3617x+25.3184$	0.6300	6.9190	0.0783
阿：螺=1：15 A：S=1：15	$y=1.0122x+13.3740$	0.9682	91.3868	0.0024
阿：螺=1：25 A：S=1：25	$y=0.6007x+15.8760$	0.7582	9.4095	0.0547
高：螺=1：4 B：S=1：4	$y=0.7583x+10.9811$	0.8491	16.8794	0.0261
高：螺=1：3 B：S=1：3	$y=1.1550x - 20.5997$	0.7100	7.3433	0.0732
高：螺=1：2 B：S=1：2	$y=0.4545x+52.3347$	0.7861	11.0260	0.0450
高：螺=1：1 B：S=1：1	$y=0.0820x+75.1101$	0.6581	5.7757	0.0956
高：螺=2：1 B：S=2：1	$y=0.1299x+58.7205$	0.7633	9.6760	0.0529

回归方程中 x 表示稀释倍数, y 表示校正死亡率。

x represents dilution multiple, y represents corrected mortality in regression equation.

很高的触杀活性。何玉仙等 (2001) 认为阿维菌素乳油对小菜蛾 *Plutella xylostella* (Linnaeus) 卵不具触杀毒力; 徐丽君等 (2008) 研究表明阿维菌素无杀卵作用; 王海娜 (2013) 研究发现阿维菌素乳油对烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 卵几乎没有毒力; 洪珊珊等 (2014) 研究发现阿维菌素的杀卵活性较差, 但是在田间推荐剂量下, 阿维菌素可以降低小菜蛾卵的孵化率, 并与对照差异显著。本研究结果与上述报道基本相似或结论比较一致。叶萱 (2011) 研究表明螺虫乙酯可使蜜蜂卵孵化过程终止; 刘庆娟等 (2012) 研究发现 240 g/L 螺虫乙酯悬浮剂对二斑叶螨 *Tetranychus urticae* (Koch) 卵基本没有毒力; 谢文等 (2011) 研究发现 96% 螺虫乙酯原药对烟粉虱卵有非常高的触杀效果; 熊忠华等 (2011) 研究发现 24% 螺虫乙酯悬浮剂 3 000 倍液对柑橘全爪螨 *Panonychus citri* (McGreger) 的杀卵效果达 100%。但本试验发现螺虫乙酯对梨小食心虫卵并没有显著的触杀作用, 这可能与不同种类害虫的卵壳构造或生理代谢差异有关, 也可能与供试药剂处理浓度、试验条件等的差异有关。

农药混配又叫农药混用, 农药混配制剂的研

究对于延长新农药品种的使用寿命、缓解靶标生物的抗性、扩大防治谱、降低防治成本、提高药效和环境安全性等方面具有重要的意义 (王小艺等, 2005)。早在 1975—1976 年间, 北美市场上出售的 5 000 余种农药制剂中, 混剂约为 1 000 种 (张瑞亭, 1987); 截止到 2014 年 7 月, 我国共登记农药混配制剂产品 8 404 个, 约占制剂产品总数的 34%, 产品和配比数量最多的配方是阿维高氯 (朱春雨等, 2015)。本试验结果表明, 在供试的 3 种药剂中, 仅高效氯氰菊酯与螺虫乙酯混配, 且高效氯氰菊酯在两者混配中比例高于 1/3 时, 才有较好的触杀效果, 其中高效氯氰菊酯与螺虫乙酯 1:2 混配 $96 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 对梨小食心虫卵的室内触杀校正死亡率达到 70.72%。但当高效氯氰菊酯在两者混配中所占比例超过 2/3 时, 两者混配对梨小食心虫卵的室内触杀效果又有下降的趋势。但阿维菌素与螺虫乙酯混配后对梨小食心虫卵的室内触杀效果与单剂使用一样, 均不理想。由于梨小食心虫室内饲养难度较大, 各虫态在室内饲养过程中自然死亡率均较高。本试验进行过程中, 卵的自然死亡率可能对试验结果有一定的影响, 特别是无法计算两种药剂混配

后, 引起增效作用或拮抗作用的主导因子。但本试验是采用系统饲养的梨小食心虫卵进行杀虫剂生测得出的试验结果, 依据本试验结果客观地指导实际生产应该是可行的, 但是由于梨小食心虫卵具有体积小、田间分布分散、在外裸露时间短等特点, 致使药剂防治效果差异较大, 因此本论文中室内生物测定的几种药剂应在田间试验验证后推广应用。

参考文献 (References)

- Cai MF, Shen J, Wu JX, 2010. Indoor control efficiency of six pesticides on eggs and adults oriental fruit moth, *Grapholita molesta*. *Journal of Fruit Science*, 27(4): 636–640. [蔡明飞, 沈健, 仵均祥, 2010. 不同杀虫剂对梨小食心虫卵和成虫的室内防效. *果树学报*, 27(4): 636–640.]
- Chen JY, Yu LG, Li HS, Zhu FJ, Fan QY, Cui LJ, 2011. Occurrence regularity and control of oriental fruit moth in pear orchard. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 15(5): 44–47. [陈江玉, 于利国, 李海山, 褚凤杰, 樊庆跃, 崔乐军, 2011. 梨园梨小食心虫的发生规律及其防治技术研究. *河北农业科学*, 15(5): 44–47.]
- Chen S, 2016. Occurrence regularity and integrated control of oriental fruit moth, (*Grapholita molesta*) in chengwu country. *Deciduous Fruits*, 48(5): 43–45. [陈松, 2016. 成武县梨小食心虫发生规律与综合防治. *落叶果树*, 48(5): 43–45.]
- Choi KH, Lee SW, Lee DH, Kim DA, Kim SK, 2008. Recent occurrence status of two major fruit moths, oriental fruit moth and peach fruit moth in apple orchards. *Korean Journal of Applied Entomology*, 47(1): 17–22.
- Du J, 2009. The studies on the biology and rearing of *Grapholita molesta* (Busck). Master dissertation. Yangling: Northwest A&F University. [杜娟, 2009. 梨小食心虫生物学特性及人工饲料研究. 硕士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学.]
- Du J, 2012. Effects of the three Pyrethroid insecticides on the contents of chlorophyll and carotenoid in pakchoi seedling leaves. *Journey of Anhui Agri. Sci.*, 40(15): 8522–8524. [杜婧, 2012. 3种拟除虫菊酯类杀虫剂对小白菜幼苗叶绿素和类胡萝卜素含量的影响. *安徽农业科学*, 40(15): 8522–8524.]
- Fan RJ, Liu ZF, Lu JJ, Feng YT, Yu Q, Gao Y, Zhang RX, 2013. Progress in the application of IPM to control the oriental fruit moth (*Grapholitha molesta*) in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(6): 1509–1513. [范仁俊, 刘中芳, 陆俊姣, 封云涛, 庾琴, 高越, 张润祥, 2013. 我国梨小食心虫综合防治研究进展. *应用昆虫学报*, 50(6): 1509–1513.]
- Feng N, 2014. The effect of host fruit on the infestation and growth development of *Grapholita molesta* Busck and the primary physico-chemical mechanism. Master dissertation. Baoding: Hebei Agricultural University. [冯娜, 2014. 寄主果实对梨小食心虫为害、生长发育的影响及其理化机制初探. 硕士学位论文. 保定: 河北农业大学.]
- Guo LN, Fang C, Li YP, Xu XL, Wu JX, 2014. Comparison of biological characteristics between the natural population and the laboratory population of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). *Acta Entomologica Sinica*, 57(2): 226–234. [郭丽娜, 方程, 李怡萍, 许向利, 仵均祥, 2014. 梨小食心虫自然种群与室内继代饲养种群生物学特性比较. *昆虫学报*, 57(2): 226–234.]
- Guo TT, Zhang SY, Ling F, Yu S, Li LL, Xu YY, 2013. Occurrence and damage investigation of *Grapholita molesta* (Busck) in Taian peach orchard. *Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science)*, 44(2): 211–216. [郭婷婷, 张顺益, 凌飞, 于松, 李丽莉, 许永玉, 2013. 泰安桃园梨小食心虫发生与危害规律. *山东农业大学学报(自然科学版)*, 44(2): 211–216.]
- He SY, Ma JJ, Zhao AH, Wu DM, Guan JZ, Tunishaguli TED, 2011. Occurrence reasons and control measures of *Grapholita molesta* (Busck) in Korla of 2010. *Xinjiang Agricultural Science and Technology*, (2): 57–58. [何淑英, 马建江, 赵安辉, 武冬梅, 管吉钊, 吐尼沙古丽·吐尔地, 2011. 2010年库尔勒市梨小食心虫大发生的原因及防治措施. *新疆农业科技*, (2): 57–58.]
- He YX, Yang XJ, Weng QY, Huang J, 2001. Biological toxicity of Abamectin to *Plutella xylostella* (L.). *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 16(2): 24–27. [何玉仙, 杨秀娟, 翁启勇, 黄建, 2001. 阿维菌素对小菜蛾的生物活性研究. *福建农业学报*, 16(2): 24–27.]
- Hong SS, Jia BT, Li Q, Zhang YF, 2014. Bioactivity of 6 insecticides to different developmental stages of *Plutella xylostella* (L.). *Modern Agrochemicals*, 13(5): 43–47. [洪珊珊, 贾变桃, 李琴, 张琰锋, 2014. 6种杀虫剂对小菜蛾不同虫态室内活性研究. *现代农药*, 13(5): 43–47.]
- Liao SC, Li LF, Wang FY, Liao RZ, 2015. Control effect of 13 insecticides against the eggs of *Conopomorpha sinensis* Bradley. *Guangdong Agricultural Sciences*, 18(18): 73–76. [廖世纯, 黎柳锋, 王凤英, 廖仁昭, 2015. 13种杀虫剂对荔枝蛀蒂虫卵的杀伤效果. *广东农业科学*, 18(18): 73–76.]
- Liu QJ, Liu YJ, Zhou XH, Zhang AS, Li LL, Meng XY, Zhang SC, Yu Y, 2012. Differences in the sensitivities of the eggs of four *Tetranychus urticae* geographical strains to ten acaricides. *Plant Protection*, 38(4): 178–180. [刘庆娟, 刘永杰, 周仙红, 张安盛, 李丽莉, 门兴元, 张思聪, 于毅, 2012. 四个二斑叶螨地理种群卵对 10 种杀螨剂的敏感性差异. *植物保护*, 38 (4): 178–180.]
- Liu YG, Gu SD, Li LL, Zhang B, Yu Y, Zheng CY, 2013. The frequency of occurrence of *Grapholitha molesta* (Busck) in single pear, peach and mixed pear-peach orchards in Laiyang. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(6): 1538–1545. [刘玉光, 顾松东, 李丽莉, 张彬, 于毅, 郑长英, 2013. 莱阳地区梨园、桃园、混栽桃园梨小食心虫发生规律. *应用昆虫学报*, 50(6): 1538–1545.]

- Liu ZF, Wang Z, Geng Q, Feng YT, Gao Y, Zhang RX, Fan RJ, 2014. Synergism of organosilicone to chlorantraniliprole against the egg of oriental fruit moth, *Grapholitha molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Fruit Science*, 31(1): 96–100. [刘中芳, 王振, 庾琴, 封云涛, 高越, 张润祥, 范仁俊, 2014. 氯虫苯甲酰胺添加有机硅对梨小食心虫卵的增效作用. 果树学报, 31(1): 96–100.]
- Ma HQ, Ding P, 2009. The application, problems and countermeasures of Abamectin. *Pesticide Science and Administration*, 30(10): 20–23. [马海芹, 丁佩, 2009. 阿维菌素的研究应用、存在问题及对策. 农药科学与管理, 30(10): 20–23.]
- Tian ZZ, Ding Q, Wu JX, 2015. Contact toxicity of ten pesticides against *Grapholita molesta* (Busck) eggs. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 24(9): 140–144. [田中正, 丁茜, 仵均祥, 2015. 10 种杀虫剂对梨小食心虫 *Grapholita molesta* (Busck) 卵的室内触杀效果. 西北农业学报, 24(9): 140–144.]
- Wang HN, 2013. The susceptibility monitoring of *Bemisia tabaci* to insecticides in parts areas of China. Master dissertation. Taian: Shandong Agricultural University. [王海娜, 2013. 中国部分地区烟粉虱对杀虫剂敏感性的监测. 硕士学位论文. 泰安: 山东农业大学.]
- Wang XY, Wang YL, Ou XM, 2005. The primary probe of a practical method for seeking the optimum proportions of pesticide mixtures. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 7(1): 40–44. [王小艺, 王跃龙, 欧晓明, 2005. 农药混剂配比研究的一种实用寻优方法初探. 农药学报, 7(1): 40–44.]
- Wei DW, Li LF, Yu YH, Zeng XR, Wang ZY, Zeng T, 2011. Contact toxicity and field trial efficiency of several pesticides on the eggs and adults of *Conopomorpha sinensis* Bradley. *Journal of Southern Agriculture*, 42(12): 1489–1492. [韦德卫, 黎柳锋, 于永浩, 曾宪儒, 王助引, 曾涛, 2011. 几种农药对荔枝蒂蛀虫卵和成虫的触杀作用及田间药效. 南方农业学报, 42(12): 1489–1492.]
- Wu HB, Fan K, Zhang KP, Gong QT, Zhang RH, 2013. Biological activity of 13 insecticides to eggs and larva of *Agrotis ypsilon* Rottemberg. *Journal of Environmental Entomology*, 35(3): 409–414. [武海斌, 范昆, 张坤鹏, 宫庆涛, 张瑞红, 2013. 13 种杀虫剂对小地老虎卵和幼虫的生物活性. 环境昆虫学报, 35(3): 409–414.]
- Xie W, Wu QJ, Xu BY, Wang SL, Zhang YJ, 2011. Evaluation on the effect of Spirotetramat on controlling *Bemisia tabaci* (Gennadius). *China Vegetables*, (14): 69–73. [谢文, 吴青君, 徐宝云, 王少丽, 张友军, 2011. 螺虫乙酯对烟粉虱的防治效果评价. 中国蔬菜, (14): 69–73.]
- Xiong ZH, Xiong JM, Luo L, 2011. Effect of diesel oil and its mixture with Abamectin on the eggs of *Panonychus citri* (McGregor). *Jiangxi Plant Protection*, 34(3): 103–106. [熊忠华, 熊件妹, 罗丽, 2011. 柴油及其与阿维菌素混配对柑橘全爪螨卵的作用. 江西植保, 34(3): 103–106.]
- Xu LJ, Wang YM, Xu JT, 2008. Research and applied prospect of Abamectin. *Modern Agricultural Science and Technology*, (21): 166–170. [徐丽君, 王英满, 徐建陶, 2008. 阿维菌素的研究与应用前景探析. 现代农业科技, (21): 166–170.]
- Yang CY, Han KS, Jin KJ, Boo KS, Yiem MS, 2003. Control of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) by mating disruption with sex pheromone in pear orchards. *Journal Asia-Pacific Entomology*, 6(1): 97–104.
- Ye X, 2011. New pesticide and acaricide with novel mechanism of action-Spirotetramat. *World Pesticides*, (5): 54–55. [叶萱, 2011. 具新颖作用机制杀虫杀螨剂——螺虫乙酯. 世界农药, (5): 54–55.]
- Yu X, Wu HB, Zhang KP, Yang F, Zhang XP, Song RH, 2012. Toxicity of nineteen insecticides to eggs of *Carposina nipponensis* Walsingham. *Journal of Shandong Agricultural Sciences*, 44(5): 96–98. [于欣, 武海斌, 张坤鹏, 杨福, 张学萍, 孙瑞红, 2012. 19 种杀虫剂对桃小食心虫卵的毒力测定. 山东农业科学, 44(5): 96–98.]
- Zhang CZ, Hu LQ, Yang J, Chen WH, 2006. Killing rate tests by new biopesticides, Banlep and AcMNPV, against larvae and eggs of *Prodenia litura*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 43(2): 248–250. [张纯青, 胡丽秋, 扬捷, 陈文华, 2006. 阿维菌素苯甲酸盐和苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒对斜纹夜蛾幼虫和卵的毒力试验. 应用昆虫学报, 43(2): 248–250.]
- Zhang RT, 1987. Mixing of Pesticides and Combined Pesticides. Beijing: Chemical Industry Publishing House Press. 17. [张瑞亭, 1987. 农药的混用与混剂. 北京: 化学工业出版社. 17.]
- Zhu CY, Ji Y, Jiang H, Li XB, Zhou YM, Bai XN, 2015. Analysis of registration status of mixed pesticide products in China. *Pesticide Science and Administration*, 36(7): 20–25, 60. [朱春雨, 季颖, 姜辉, 李贤宾, 周艳明, 白小宁, 2015. 我国农药混配制剂登记现状分析. 农药科学与管理, 36(7): 20–25, 60.]
- Zhu GR, Wang XW, Fang WC, Feng YB, Wang XL, Chen LY, Hu XJ, 2014. Occurrence regularity of oriental fruit moth and its taxis to different catchers' applied in peach orchard. *Journal of Fruit Science*, 31(2): 282–287. [朱更瑞, 王新卫, 方伟超, 冯义彬, 王小丽, 陈领豫, 胡晓晶, 2014. 桃园梨小食心虫发生规律及成虫对不同诱捕器的趋性研究. 果树学报, 31(2): 282–287.]