

橘小实蝇蛋白饵料中添加农药的室内毒力测定

王 波,杨 莹,黄居昌,陈家骅
(福建农林大学 益虫研究所,福建 福州 350002)

摘要:蛋白饵料中添加高效低毒农药已成为国内外防控实蝇类害虫的一项重要措施,为筛选高效低毒、与蛋白饵料兼容性好的农药,在实验室条件下,采用药膜法和饵料加毒法分别测定了多杀菌素、马拉硫磷、阿维菌素、虫螨腈和乙虫腈 5 种农药对橘小实蝇 *Bactrocera dorsalis* 的触杀和胃毒作用. 触杀试验结果表明,多杀菌素的触杀效果最好,LC₅₀ 为 72.33 mg · L⁻¹,95% 置信区间为 52.84 ~ 101.48 mg · L⁻¹. 其他农药的触杀作用效果顺序为:阿维菌素 > 马拉硫磷 > 乙虫腈 > 虫螨腈. 胃毒试验结果表明,阿维菌素和多杀菌素的胃毒作用效果较好,LC₅₀ 分别为 13.99 和 15.76 mg · L⁻¹,95% 置信区间范围分别为 11.72 ~ 16.97 和 13.09 ~ 19.23 mg · L⁻¹. 其他农药的胃毒作用效果顺序为:虫螨腈 > 乙虫腈 > 马拉硫磷. 生物测定结果表明,添加农药后,水解蛋白的引诱效果会不同程度地下降,添加多杀菌素后引诱效果最好,引诱率达到 55.83%,与水解蛋白原液相比,引诱率仅下降了 4.17%.

关键词:橘小实蝇; 农药; 触杀; 胃毒; 蛋白饵料
中图分类号:S48;Q969.456.8 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-411X(2013)01-0037-04

Toxicity of Pesticides in Protein Bait to *Bactrocera dorsalis*

WANG Bo, YANG Ying, HUANG Juchang, CHEN Jiahua
(Institute of Beneficial Insect, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: Application of protein bait adding high-efficiency and low-toxicity pesticides is an important approach controlling fruit flies in the world. Under laboratory conditions, the contact and stomach toxicity of several pesticides to *Bactrocera dorsalis* were tested for screening the pesticides of high-efficiency, low toxicity and good protein bait compatibility. The results of contact toxicity showed that spinosad was the best due to its lowest LC₅₀ of 72.33 mg · L⁻¹. The contact toxicity of other four pesticides in order was avermectins, malathion, ethiprole and chlorfenapyr. The results of stomach toxicity showed that avermectins and spinosad were better than those of other three pesticides, of which the LC₅₀ were 13.99 and 15.76 mg · L⁻¹ respectively, and 95% confidence interval range were 11.72 – 16.97 and 13.09 – 19.23 mg · L⁻¹ respectively. The effect of other three pesticides in order was chlorfenapyr, ethiprole and malathion. The bioassay results showed that the attractant effect of hydrolyzed protein dropped in various degrees after adding pesticides. The attractant rate of protein bait adding spinosad was 55.83%, only a decrease by 4.17% compared to hydrolyzed protein stock solution, which was the best among the five tested pesticides.

Key words: *Bactrocera dorsalis*; pesticides; contact toxicity; stomach toxicity; protein bait

使用含有引诱剂和农药的饵料进行点喷可追溯到 1889 年,那时的饵料或引诱剂通常是糖蜜或糖液,农药通常是具有胃毒作用的砷酸铅和巴黎绿,随后研究的重点就是饵料中农药的选择,这种方法直

到 Steiner^[1] 在 20 世纪 50 年代开始使用水解蛋白作为引诱剂时才得以改变. 目前, 蛋白饵剂中添加生物农药已成为防治橘小实蝇 *Bactrocera dorsalis* 的一项重要措施. 本试验的主要目的是筛选高效低毒、与蛋白饵剂兼容性好的农药, 从而指导蛋白饵剂的田间应用, 提高防治效果.

国内关于农药对橘小实蝇的作用研究主要集中在农药对橘小实蝇各发育阶段的毒力测定和农药抗药性 2 个方面, 其中毒力测定主要研究了常用农药对橘小实蝇蛹和成虫的毒杀作用, 抗药性研究主要包括抗性增长规律和相关影响因素等^[2-6], 而对于蛋白饵剂的研发及其中添加农药的筛选研究较少^[7-8]. 国外的研究除了常规的毒力测定外, 更加注重生物农药的筛选^[9-16], 目前多杀菌素 (Spinosad) 和焰红染料 B (Phloxine B) 被普遍认为可安全添加到蛋白饵剂中. 多杀菌素是在刺糖多胞菌 *Saccharopolyspora spinosa* 发酵液中提取的一种大环内酯类无公害高效生物杀虫剂, 目前已成功应用于 GF-120 ($\rho = 0.2 \text{ g/L}$, 又名猎蝇) 中.

1 材料与方法

1.1 材料

供试虫源: 橘小实蝇 *Bactrocera dorsall*, 福建农林大学益虫研究室饲养的敏感品系, 成虫饲喂人工饲料. 饲养环境条件: 温度 (25 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 (70 ± 10)%, 12 h 光: 12 h 暗.

室内测试笼为 30 cm $\times$ 30 cm $\times$ 30 cm, 不锈钢骨架外罩 100 目尼龙网纱. 多杀菌素 (2.5% 悬浮剂), 陶氏化学 (上海) 有限公司生产; 马拉硫磷 (45% EC), 天津市华宇农药有限公司; 阿维菌素 (2.0% 悬浮剂), 河北威远生物化工股份有限公司; 乙虫腈 ($100 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 悬浮剂), 拜耳作物科学公司; 虫螨腈 ($100 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 悬浮剂), 德国巴斯夫股份有限公司.

1.2 方法

1.2.1 触杀作用的毒力测定 采用药膜法. 在预备试验的基础上, 将供试农药用 φ 为 30% 丙酮配置成一定浓度的母液, 然后依次稀释 2、4、8、16 倍, 以 φ 为 30% 丙酮作为对照, 共 6 个浓度. 将 10 mL 不同浓度的药剂倒入 50 mL 三角瓶中, 摇匀, 缓慢转动倒出, 使药剂在瓶壁上形成均匀的药膜, 晾干. 随机选取 10 头橘小实蝇成虫放入已形成药膜的三角瓶中, 倒置, 10 min 后转移至干净的 50 mL 三角瓶中, 提供饲料和水, 放入人工气候箱中观察 (设置条件: 温度 $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 75%, 12 h 光: 12 h 暗), 24 h 后统计死亡数量. 每个处理 3 个重复.

1.2.2 胃毒作用的毒力测定 采用饵剂加毒法. 在预备试验的基础上, 将供试农药用水解蛋白配制成一定浓度的母液, 然后依次稀释 2、4、8、16 倍, 以水解蛋白作为对照, 共 6 个浓度. 分别量取 2 mL 不同浓度的药剂, 用 d 为 5 mm 的海绵吸取, 悬挂于自制试笼中, 放入 20 头橘小实蝇成虫 (雌虫: 雄虫 = 10: 10), 提供水, 置于人工气候箱中观察 (设置条件: 温度 $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 75%, 12 h 光: 12 h 暗), 24 h 后统计死亡数量. 每个处理 3 个重复.

1.2.3 添加农药后水解蛋白的引诱力测定 实验室条件下, 在室内测试笼中放入 5 日龄橘小实蝇成虫 40 头 (雌、雄各 20 头), 分别在水解蛋白中添加 φ 为 0.02% 的不同农药, 混匀. 在 2 个自制诱瓶中分别加入 2 mL 添加农药的水解蛋白和水 (对照), 放入养虫笼底部的对角线位置, 15 min 后对换位置, 测试时间为 30 min, 每个处理 3 个重复. 统计 2 个诱瓶中实蝇雌雄的数量, 计算引诱率.

引诱率 = (水解蛋白的引诱数量 - 对照引诱数量) / 供试虫数 $\times 100\%$.

1.3 数据统计与分析

采用 SPSS 进行数据处理分析, 计算出毒力回归方程、 LC_{50} 和 95% 置信区间.

2 结果与分析

2.1 农药对橘小实蝇触杀作用的毒力

结果 (表 1) 表明, 多杀菌素的触杀效果最好, LC_{50} 是 $72.33 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 95% 置信区间范围为 $52.84 \sim 101.48 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. 其他农药的触杀作用效果顺序为: 阿维菌素 > 马拉硫磷 > 乙虫腈 > 虫螨腈, LC_{50} 分别为 237.06 、 711.04 、 $1\,229.92$ 和 $1\,483.62 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. 拟合优度检验结果 P 均大于 0.05, 说明拟合良好.

表 1 几种农药对橘小实蝇的触杀作用测定结果
Tab. 1 The results of contact toxicity of several pesticides to *Bactrocera dorsalis*

农药	回归方程式	$\text{LC}_{50}/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	95% 的置信区间/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$P^{(1)}$
多杀菌素	$y = -3.07 + 1.65 x$	72.33	52.84 ~ 101.48	0.84
马拉硫磷	$y = -5.13 + 1.80 x$	711.04	551.40 ~ 1021.63	0.73
阿维菌素	$y = -4.47 + 1.88 x$	237.06	179.36 ~ 333.80	0.62
虫螨腈	$y = -7.75 + 2.44 x$	1 483.62	1 178.91 ~ 1 896.87	0.93
乙虫腈	$y = -9.15 + 2.96 x$	1 229.92	1 002.65 ~ 1 514.85	0.97

1) P 为拟合优度检验值, $P > 0.05$ 表明模型拟合良好.

2.2 农药对橘小实蝇胃毒作用的毒力

结果 (表 2) 表明, 阿维菌素和多杀菌素的胃毒作用效果较好, LC_{50} 分别为 13.99 和 $15.76 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,

95% 置信区间范围小,分别为 11.72 ~ 16.97 mg · L⁻¹ 和 13.09 ~ 19.23 mg · L⁻¹. 其他农药的胃毒作用效果顺序为:虫螨腈 > 乙虫腈 > 马拉硫磷,LC₅₀ 分别为 135.01、150.41 和 261.52 mg · L⁻¹. 拟合优度检验结果 *P* 均大于 0.05,说明拟合良好.

表 2 几种农药对橘小实蝇的胃毒作用测定结果
Tab.2 The results of stomach toxicity of several pesticides to *Bactrocera dorsalis*

农药	回归方程式	LC ₅₀ / (mg · L ⁻¹)	95% 的置信 区间/(mg · L ⁻¹)	<i>P</i> ¹⁾
多杀菌素	$y = -2.39 + 2.00 x$	15.76	13.09 ~ 19.23	0.58
马拉硫磷	$y = -4.76 + 1.97 x$	261.52	199.70 ~ 349.31	0.67
阿维菌素	$y = -2.46 + 2.15 x$	13.99	11.72 ~ 16.97	0.23
虫螨腈	$y = -5.05 + 2.37 x$	135.01	113.99 ~ 163.65	0.58
乙虫腈	$y = -6.37 + 2.93 x$	150.41	130.26 ~ 175.17	0.44

1) *P* 为拟合优度检验值, *P* > 0.05 表明模型拟合良好.

2.3 水解蛋白中添加农药后的引诱力

方差分析结果表明,添加 φ 为 0.02% 的不同农药后水解蛋白的引诱率差异显著 (*P* < 0.05, *F* = 17.04, *v* = 4),结果(表 3)显示,添加不同农药后水解蛋白的引诱率会不同程度地下降,添加多杀菌素后引诱效果最好,引诱率达到 55.83%,而水解蛋白原液的平均引诱率为 60.00%,引诱率仅下降了 4.17%;添加阿维菌素和乙虫腈的引诱效果间差异不显著,引诱率分别为 52.50% 和 49.17%;添加马拉硫磷和虫螨腈与其他处理间差异显著,引诱率分别为 35.83% 和 26.67%,与水解蛋白原液相比,下降幅度分别达到 40.28% 和 55.55%.

表 3 添加不同农药对水解蛋白引诱效果的影响
Tab.3 The influence of attractant effect of protein bait to *Bactrocera dorsalis* with different pesticides

农药	引诱率/%		
	雌性	雄性	平均
多杀菌素	61.67 ± 1.67a	50.00 ± 5.00a	55.83 ± 2.20a
马拉硫磷	43.33 ± 4.41b	28.33 ± 1.67b	35.83 ± 3.00b
阿维菌素	56.67 ± 4.41ac	48.33 ± 1.67a	52.50 ± 2.50a
虫螨腈	33.33 ± 3.33b	20.00 ± 2.89b	26.67 ± 2.20b
乙虫腈	55.00 ± 2.89ac	43.33 ± 7.26a	49.17 ± 4.41a

1) 表中数据为平均值 ± 标准误,同列数据后凡具有一个相同小写字母者,表示差异不显著 (Tukey' s 多重比较, *P* > 0.05).

3 结论

试验结果发现,所有农药的触杀作用均小于胃毒作用,这与农药的作用原理相符,触杀的作用原理

是药剂通过虫体的表皮进入虫体内使害虫中毒死亡,胃毒的作用原理是药剂通过害虫的口器和消化道进入虫体使害虫中毒死亡. 所以防治橘小实蝇,应用饵剂的效果优于直接喷洒农药,一是农药的胃毒作用效率高,二是饵剂中农药添加量少,成本低,污染小.

不同农药的触杀和胃毒作用效果比较结果表明,多杀菌素是最适合用于防治橘小实蝇的农药,触杀和胃毒作用的 LC₅₀ 分别为 72.33 和 15.76 mg · L⁻¹,其触杀效果在所测试农药中效果最佳,胃毒作用仅次于阿维菌素. 对于饵剂而言,添加的农药最好是无色无味的,以避免农药的挥发性气味掩盖了饵剂本身的挥发性味道,增加了害虫的趋避作用,降低了饵剂的引诱作用,而阿维菌素的刺激性味道明显超过多杀菌素,所以多杀菌素是最适宜添加至蛋白饵剂的生物农药.

与其他研究者的研究方法 with 结果比较,本试验的最大区别是药膜法的触杀时间,本试验采用的时间是 10 min,然后转移至干净的环境中,主要考虑的因素是橘小实蝇成虫在田间的生活行为习性,橘小实蝇在寄主植物上的歇息停留、危害产卵时间一般不超过 10 min,而其他研究者一般采用传统的毒力测定方法,24 h 后开始记录死亡个数. 同时由于作用时间的不同而导致结果差异较大,对于同一供试农药而言,阿维菌素的 LC₅₀ 分别是 237.06 和 0.607 4 mg · L⁻¹.

虽然马拉硫磷在此研究结果中的毒力比多杀菌素低,但试验中发现其作用明显,成虫一般几分钟内就能致死,特别适宜于田间生物测定,所以为了全面评价一种农药是否适合毒杀橘小实蝇,除了测定 LC₅₀ 外,在以后的研究中还将测定致死时间、致死剂量等参数.

此外,本试验的试虫为室内饲养敏感品系,对于野生虫源的毒力测试仍需进行. 对于添加农药,我们除了测试生物农药和用于田间生物测定的常用农药外,正在开发研究对橘小实蝇具有致死作用的生物菌类,这将是橘小实蝇蛋白饵剂中的理想添加成分.

参考文献:

[1] STENIER L F. Fruit fly control in Hawaii with poison bait sprays containing protein hydrolysates [J]. J Econ Entomol, 1952, 45: 838-843.
[2] 赵菊鹏, 田世尧, 曾杨, 等. 几种杀虫剂对橘小实蝇成虫的毒力测定 [J]. 植物检疫, 2001, 15(6): 342-343.
[3] 张志祥, 徐汉虹等. EXCEL 在毒力回归计算中的应用

- [J]. 昆虫知识, 2002, 39(1):67-70.
- [4] 章玉苹, 曾玲, 陆永跃, 等. 橘小实蝇对敌百虫抗性稳定性及再增长趋势[J]. 昆虫学报, 2008, 51(10): 1044-1049.
- [5] 潘志萍, 陆永跃, 曾玲, 等. 橘小实蝇实验种群对敌百虫、高效氯氰菊酯和阿维菌素的抗性增长规律[J]. 昆虫学报, 2008, 51(6):609-617.
- [6] 章玉苹, 曾玲, 陆永跃, 等. 橘小实蝇对敌百虫抗药性遗传分析[J]. 华南农业大学学报, 2008, 28(1):39-43.
- [7] 杜迎刚, 苗青, 季清娥, 等. 多杀菌素和荧光桃红 B 对橘小实蝇取食的影响[J]. 昆虫知识, 2009, (3):441-444.
- [8] 王波, 黄居昌, 陈家骅. 酶解啤酒废酵母生产橘小实蝇蛋白饵剂的研究[J]. 江西农业大学学报, 2010, 32(2):299-302.
- [9] MCQUATE G T, CUNNINGHAM R T, PECK S L, et al. Suppression oriental fruit fly populations with phloxine B-protein bait sprays[J]. Pesti Sci, 1998, 55(5):574-576.
- [10] VARGAS R I, MILLER N W, STARK J D. Field trial of spinosad as a replacement for naled, DDVP, and malathion in methyl eugenol and cue-lure bucket traps to attract and kill male oriental fruit flies and melon flies (Diptera: Tephritidae) in Hawaii[J]. J Econ Entomol, 2003, 96(6):1780-1785.
- [11] BARRY J D, POLAVARAPU S. Feeding and survivorship of blueberry maggot flies (Diptera: tephritidae) on protein baits incorporate with insecticides[J]. Florida Entomol, 2005, 88(3):268-277.
- [12] VARGAS R I, PROKOPY R. Local attraction and feeding response of melon flies and oriental fruit flies (Diptera: Tephritidae) to various protein baits with and without spinosad[J]. Hawaiian Entomo Soc Proc, 2006, 38:49-60.
- [13] ALCANTARA-LICUDINE J P, CUNNINGHAM R T, LIQUIDO N J, et al. Dissipation of phloxine B and uranine in protein bait sprayed in a coffee field for the suppression of Mediterranean fruit fly[J]. Bull Environ Contam Toxicol, 1999, 62(3):344-351.
- [14] MCQUATE G T, PECK S L, BARR P G, et al. Comparative laboratory evaluation of spinosad and phloxine B as toxicants in protein baits for suppression of three fruit fly (Diptera: Tephritidae) Species[J]. J Econ Entomol, 2005, 98(4):1170-1178.
- [15] VARGAS R I, MILLER N W, PROKOPY R J. Attraction and feeding responses of Mediterranean fruit fly and a natural enemy to protein baits laced with two novel toxins, phloxine B and spinosad[J]. Entom Exp Appl, 2002, 102: 273-282.
- [16] VARGAS R I, PROKOPY R. Attraction and feeding responses of melon flies and oriental fruit flies (Diptera: Tephritidae) to various protein baits with and without toxicants[J]. Proc Hawaiian Entomol, 2006, 38: 49-60.

【责任编辑 周志红, 霍 欢】

(上接第31页)

- [5] 冷怀琼, 刘襄成, 沈言章. 柑橘炭疽菌次生分生孢子形成研究[J]. 植物病理学报, 1984, 14(2): 95-100.
- [6] 叶琪明. 浙江桔园农药使用现状及减少用药对策[J]. 农药科学与管理, 2001, 22(增刊): 39-41.
- [7] 黄彰欣. 植物化学保护实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993:9-15
- [8] 杨叶, 何书海, 张淑娟, 等. 海南芒果炭疽菌对多菌灵的抗药性测定[J]. 热带作物学报, 2008, 29(1): 73-77.
- [9] JAYASINGHE C K, FERNANDO T H P S. Growth at different temperatures and on fungicide amended media: Two characteristics to distinguish *Colletotrichum* species pathogenic to rubber[J]. Mycopathologia, 1998, 143: 93-95.
- [10] 胡美姣, 李敏, 杨凤珍, 等. 两种芒果炭疽病菌生物学特性的比较[J]. 西南农业学报, 2005, 18(3): 306-310.
- [11] 徐大高, 潘汝谦, 郑仲, 等. 芒果炭疽菌对多菌灵的抗药性监测[J]. 华南农业大学学报:自然科学版, 2004, 25(2): 34-36.
- [12] 詹儒林, 李伟, 郑服丛. 芒果炭疽菌对多菌灵的抗药性[J]. 植物保护学报, 2005, 32(1): 71-76.
- [13] 姜于兰, 周小燕. 不同杀菌剂对柑橘炭疽病菌的室内毒力测定[J]. 贵州农业科学, 2010, 38(8): 94-95.

【责任编辑 周志红】