

# 甲维盐胁迫对西花蓟马能源物质的影响\*

曹宇, 刘燕, 杨文佳, 孟永禄, 王丽娟, 曾力, 李灿  
(贵阳学院生物与环境工程学院//有害生物控制与资源利用  
贵州省高校特色重点实验室, 贵州 贵阳 550005)

**摘要:** 为研究甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对西花蓟马的控制作用, 室内采用浸叶法测定了其对西花蓟马成虫和二龄若虫的毒力。同时, 测定了甲维盐  $LC_{50}$  短时胁迫不同时间后, 西花蓟马可溶性蛋白质、可溶性糖及脂肪三种能源物质含量的变化; 其致死下, 计算了昆虫对各能源物质的利用率, 以期从生理生化角度探讨其作用机制。结果表明, 甲维盐对西花蓟马成虫和若虫的  $LC_{50}$  分别为 1.11 和 0.62 mg/L, 在其  $LC_{50}$  短时胁迫过程中, 西花蓟马成虫体内的能源物质含量均伴有显著的升高及降低, 但若虫并无显著变化; 其  $LC_{50}$  致死下, 西花蓟马对三种能源物质的利用率存在显著差异, 成虫为可溶性糖 (74.12%) > 可溶性蛋白质 (58.10%) > 脂肪 (42.13%), 若虫为可溶性糖 (64.01%) > 可溶性蛋白质 (48.12%) > 脂肪 (36.48%), 且无论何种能源物质, 西花蓟马成虫的利用率均显著高于若虫。

**关键词:** 甲维盐;  $LC_{50}$ ; 西花蓟马; 能源物质

**中图分类号:** S433 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2015) 06-0031-06

## The Effect of Emamectin Benzoate Exposure on the Energy Source of *Frankliniella occidentalis*

CAO Yu, LIU Yan, YANG Wenjia, MENG Yonglu, WANG Lijuan, ZENG Li, LI Can

(College of Biology and Engineering of Environment//Key & Special Laboratory of Guizhou High College for Pest Control and Resource Utilization, Guiyang University, Guiyang 550005, China)

**Abstract:** In order to examine the effect of emamectin benzoate to *Frankliniella occidentalis*, the toxicity of this insecticide to the adult and 2nd instar of *F. occidentalis* were studied by dip method in this paper. In addition, the content of soluble protein, soluble sugar and lipid in *F. occidentalis* were also tested after these insects were exposed to medial lethal doses of emamectin benzoate for the following exposure times: 2, 4, 6, and 8 h. Furthermore the utilization rate of the energy source in *F. occidentalis* was calculated after the insects were exposed to emamectin benzoate until dead at the medial lethal doses. The results showed that emamectin benzoate had different toxicity to the adult and 2nd instar of *F. occidentalis*, and the medial lethal doses were 1.11 and 0.62 mg/L, respectively. With the extension of exposure time at medial lethal doses of emamectin benzoate, there was significant a increase or decrease on the content of soluble protein, soluble sugar and lipid in *F. occidentalis* adult, but no significant variation on their content in *F. occidentalis* nymph. When the *F. occidentalis* was dead under the medial lethal doses expo-

\* 收稿日期: 2015-03-11

**基金项目:** 贵州省高校特色重点实验室平台建设资助项目 (黔教合 KY 字 [2011] 001, 黔教合 KY 字 [2012] 013); 贵州省联合基金资助项目 (黔科合 LH [2014] 7178 号); 贵州省重点学科基金资助项目 (黔学位合字 ZDXK [2013] 08)

**作者简介:** 曹宇 (1984 年生), 男; **研究方向:** 昆虫生态与害虫综合治理; **通讯作者:** 李灿; E-mail: lican790108@163.com

sure, there was significant difference in the utilization rate of the three kinds of energy sources in *F. occidentalis*, the utilization was soluble sugar (74.12%) > soluble protein (58.10%) > lipid (42.13%) in adult, significantly higher than that in nymph at any kind of the three energy sources, and the utilization was soluble sugar (64.01%) > soluble protein (48.12%) > lipid (36.48%) in nymph. According to the results, we could conclude that the different variation and utilization of energy source between *F. occidentalis* adult and nymph under the exposure of emamectin benzoate, may have some relationship to their different tolerance to this insecticide.

**Key words:** emamectin benzoate; medial lethal doses; *Frankliniella occidentalis*; energy source

西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* Pergande 是一种世界范围内的检疫性害虫, 受到各国学者的广泛关注<sup>[1-3]</sup>。该虫世代短、繁殖快, 在农林业生产上往往呈暴发性危害, 因此, 长期以来其防治主要依赖化学药剂<sup>[4]</sup>。随着杀虫剂的广泛应用, 西花蓟马的抗药性问题逐渐成为研究热点<sup>[5-7]</sup>。许多研究从谷胱甘肽 S-转移酶 (glutathione S-transferase, GST)、羧酸酯酶 (carboxylesterase, CarE)、乙酰胆碱酯酶 (acetylcholinesterase, AChE) 等不同的靶标酶, 探讨了西花蓟马的抗药性的形成机制<sup>[4, 8-10]</sup>, 但目前鲜有关于西花蓟马能源物质变化应对化学药剂胁迫的研究。

甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 (以下简称甲维盐) 属于阿维菌素类化合物, 在西花蓟马防治上有较多应用, 已有研究表明西花蓟马甲维盐抗性种群体内的多功能氧化酶细胞色素 P<sub>450</sub>、谷胱甘肽 S-转移酶和羧酸酯酶的活性均显著高于敏感种群<sup>[11]</sup>, 但尚无甲维盐作用下, 西花蓟马体内能源物质变化的研究。糖类、脂肪与蛋白质等能源物质之间可发生相互转化, 进而影响昆虫对周围不良因子的忍耐能力<sup>[12]</sup>。相关研究表明, 嗜卷书虱 *Liposcelis bostrychophilus* 和嗜虫书虱 *Liposcelis entomophila* 体内多糖、可溶性蛋白质及甘油三酯的不同代谢, 可应对不同的化学药剂胁迫<sup>[13]</sup>, 在大豆蚜 *Aphis glycines* 上也有类似报道<sup>[14]</sup>; 嗜卷书虱对 CO<sub>2</sub> 的抗性水平与其对甘油三酯的利用率呈正相关<sup>[15]</sup>; 而高低温逆境胁迫下, 昆虫体内的能源物质也具有不同程度的变化, 以适应逆境<sup>[16]</sup>。

因此, 为在一定程度上探讨甲维盐对西花蓟马的毒力机制及害虫的抗性机制, 为甲维盐西花蓟马防治的抗性风险及可持续控制探讨提供基础数据。本文测定了甲维盐对西花蓟马的室内毒力作用, 其 LC<sub>50</sub> 短时胁迫下西花蓟马能源物质 (可溶性蛋白质、可溶性糖及脂肪含量) 的变化, 及 LC<sub>50</sub> 致死作用下各能源物质的利用率。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试药剂

生物源药剂:  $w = 2.5\%$  甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 WG (有效成分甲氨基阿维菌素苯甲酸盐), 上海禾本药业有限公司生产。

### 1.2 供试昆虫

西花蓟马采自贵州省贵阳市白云区玫瑰园, 室内 (25 ± 1) °C、相对湿度 (70 ± 5)% 条件下, 在养虫盒中用切花月季饲养建立种群, 以二龄若虫和成虫为供试虫态。

### 1.3 主要试剂及仪器设备

蒽酮 (Anthrone) 为天津市科密欧化学试剂有限公司产品; 考马斯亮蓝 G-250 (Coomassie brilliantblue G-250) 为 Sigma 公司产品; 牛血清白蛋白 (ABS, Albumin bovine serum) 为 Sigma 公司产品; 高速冷冻离心机 (Allegra X-30 Series Centrifuges), Beckman Coulter 公司生产; 754PC 紫外-可见分光光度计, 上海菁华科技仪器有限公司生产; 自动双纯水系统 (KL-RO-20), 唐氏康宁科技发展有限公司生产; ME36S 微量天平 (0.001 mg), 赛多利斯科学仪器 (北京) 有限公司生产。

### 1.4 试验方法

1.4.1 昆虫毒力测定 试验采用浸叶法, 参照王健立和郑长英的方法<sup>[17]</sup>。将供试药剂在预实验的基础上用清水按比例稀释成 5 个梯度质量浓度。取生长良好、形态大小一致的切花月季花瓣, 将花瓣放进盛有药液、容积为 500 mL 的浸叶盒中, 以药液浸叶 10 s, 取出风干。将 10 片花瓣放入 150 mL 的塑料杯中, 用吸虫器移入 60 头西花蓟马, 用保鲜膜将塑料杯封口, 扎眼通风置于温度为 (25 ± 1) °C、相对湿度 (70 ± 5)% 的气候箱中 (RXZ 系列多段可编程智能人工气候箱, 宁波江南仪器厂生产), 48 h 后观察西花蓟马的死亡情况, 以用毛笔轻触后西花蓟马不能爬行为标准判定是否死亡。重复 3 次, 以清水处理作为空白对照, 以 Abbott 公

式求得校正死亡率<sup>[18]</sup>。

#### 1.4.2 LC<sub>50</sub>药剂胁迫处理

1) 短时胁迫 根据毒力曲线分别求得成虫、二龄若虫的 LC<sub>50</sub> 值, 采用浸叶法, 分别以各自甲维盐 LC<sub>50</sub> 对西花蓟马两种虫态胁迫 2, 4, 6 和 8 h, 每处理供试昆虫为 100 头, 胁迫后选取活虫 50 头, 测定可溶性蛋白质、可溶性糖的含量; 脂肪含量测定时, 每胁迫处理供试昆虫 150 头, 胁迫后选取 120 头活虫测定其含量。试验以清水处理作为空白对照。重复 3 次。

2) 致死胁迫 供试昆虫各为 60 头, 甲维盐 LC<sub>50</sub> 胁迫至所有西花蓟马死亡, 收集死亡昆虫 50 头, 测定可溶性蛋白质、可溶性糖的含量; 供试昆虫 150 头胁迫至全部死亡, 收集死亡昆虫 120 头测定脂肪含量。试验以清水处理作为空白对照。重复 3 次。

以室内切花月季上自然生长的西花蓟马能源物质作为参照, 能源物质利用率计算公式为<sup>[15]</sup>:

$$\text{利用率} = \frac{\text{对照} - \text{药剂致死含量}}{\text{对照}} \times 100\%$$

#### 1.4.3 能源物质含量测定

1) 可溶性蛋白质 参考 Bradford<sup>[19]</sup>、程伟霞等<sup>[13]</sup>的考马斯亮蓝 G-250 法。挑取药剂作用后的西花蓟马 50 头, 加入 pH 7.0、0.04 mol/L 的磷酸缓冲液 2 mL 于冰水浴中匀浆, 匀浆液于 10 000 r/min、4 °C 离心 15 min, 取其上清液加入  $w = 1\%$  考马斯亮蓝 G-250 反应, 在 595 nm 处测定其  $A$  值。根据标准曲线, 将测定结果转换成  $\mu\text{g}/\text{头}$ 。标准曲线利用牛血清白蛋白制作。试验重复 3 次。

2) 可溶性糖 采用王红等<sup>[14]</sup>的方法, 取甲维盐处理后的 50 头, 加  $w = 30\%$  KOH 溶液 1 mL 研磨, 沸水浴 30 min, 加入 3 mL 无水乙醇, 混匀, 4 500 r/min 离心 5 min, 取上清液, 加 3 mL 0.6 mol/L 盐酸溶液, 沸水浴 2 h, 过滤, 加入 5 mL 萘酚试剂, 混匀。沸水浴加热 10 min, 取出后在自来水中冷却 20 min, 于 620 nm 处测定  $A$  值。根据标准曲线, 将测定结果转换成  $\mu\text{g}/\text{头}$ 。标准曲线利用葡萄糖制作。试验重复 3 次。

3) 脂肪 参照 Colinet 等<sup>[20]</sup>的方法, 将药剂处理后的西花蓟马 120 头置于 60 °C 恒温培养箱中

干燥 48 h 后称量虫体干质量 (dry mass, DM)。取干燥后的昆虫于玻璃匀浆器中加入 6 mL 氯仿和甲醇提取液 ( $V(\text{氯仿}) : V(\text{甲醇}) = 2:1$ ) 研磨匀浆, 转移至离心管中以 4 500 r/min 离心。转移上清, 沉淀中再加入氯仿和甲醇提取液, 再次离心。转移上清后剩余沉淀在 60 °C 恒温培养箱中干燥 24 h 至恒质量 (lean dry mass, LDM)。则脂肪含量 (lipid content, LC) = DM - LDM。试验重复 3 次。

#### 1.5 数据统计与分析

利用 SPSS 18.0 软件处理西花蓟马的死亡率、存活率, 拟合甲维盐作用下西花蓟马成虫、二龄若虫的毒力回归方程, 采用 Duncan 氏新复极差检测法比较不同处理下, 西花蓟马可溶性蛋白质、可溶性糖及脂肪含量的显著性差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 甲维盐对西花蓟马的毒力作用

甲维盐对西花蓟马成虫和二龄若虫具有不同的毒力作用, 毒力回归方程如表所示 (表 1)。成虫和二龄若虫的 LC<sub>50</sub> 分别为 1.11 和 0.62 mg/L, 说明甲维盐对西花蓟马二龄若虫的控制效果较好。

### 2.2 LC<sub>50</sub>质量浓度胁迫对西花蓟马能源物质的影响

#### 2.2.1 LC<sub>50</sub>胁迫对西花蓟马成虫能源物质的影响

西花蓟马成虫在其 LC<sub>50</sub> (1.11 mg/L) 胁迫不同时间后, 其能源物质含量有不同的变化 (表 2)。对照组, 西花蓟马成虫自然种群的可溶性蛋白质、可溶性糖及脂肪的含量分别为 18.44, 7.67 和 12.44  $\mu\text{g}/\text{头}$ 。相对于对照, 胁迫 2 和 6 h 后, 可溶性蛋白质含量显著升高, 分别为 20.85 和 18.89  $\mu\text{g}/\text{头}$ ; 胁迫 4 和 8 h 后, 其含量则显著降低, 分别为 17.23 和 14.44  $\mu\text{g}/\text{头}$ 。可溶性糖在胁迫 2 h 后, 含量显著降低为 6.04  $\mu\text{g}/\text{头}$ , 胁迫 4 和 6 h 时的含量无显著差异, 但两者的含量显著高于对照, 分别为 8.84 和 8.93  $\mu\text{g}/\text{头}$ ; 胁迫 8 h 后, 可溶性糖的含量降到最低, 为 5.12  $\mu\text{g}/\text{头}$ 。胁迫 2 h 后, 脂肪含量有显著上升到 12.66  $\mu\text{g}/\text{头}$ , 4 h 后则进一步上升为 13.75  $\mu\text{g}/\text{头}$ , 胁迫 6 和 8 h 后, 其含量显著下降, 分别为 11.89 和 11.36  $\mu\text{g}/\text{头}$ 。

表 1 甲维盐对西花蓟马的室内毒力

Table 1 The toxicity of Emamectin benzoate to *F. occidentalis*

虫态	回归方程	相关系数 $r$	LC <sub>50</sub> (95% 置信区间) / ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )
成虫	$y = 0.12 + 2.65x$	0.91	1.11 (0.89 ~ 1.30)
二龄若虫	$y = 0.39 + 1.88x$	0.93	0.62 (0.42 ~ 0.78)

表 2 西花蓟马成虫能源物质含量测定<sup>1)</sup>Table 2 The content of energy source in *F. occidentalis* adult

胁迫时间/h	可溶性蛋白质/( $\mu\text{g}\cdot\text{头}^{-1}$ )	可溶性含糖量/( $\mu\text{g}\cdot\text{头}^{-1}$ )	脂肪/( $\mu\text{g}\cdot\text{头}^{-1}$ )
对照	18.44 ± 0.92 c	7.67 ± 0.46 b	12.44 ± 0.94 c
2	20.85 ± 1.03 a	6.04 ± 0.39 c	12.66 ± 0.87 b
4	17.23 ± 0.84 d	8.84 ± 0.59 a	13.75 ± 1.06 a
6	18.89 ± 1.04 b	8.93 ± 0.61 a	11.89 ± 0.83 d
8	14.44 ± 0.95 e	5.12 ± 0.37 d	11.36 ± 0.79 e

1) 表中数据为平均数 ± 标准误, 同一列中小写字母不同, 表示不同处理之间差异达到显著水平 ( $P < 0.05$ ; Duncan 氏新复极差测验法)。

### 2.2.2 $\text{LC}_{50}$ 胁迫对西花蓟马若虫能源物质的影响

西花蓟马二龄若虫在其  $\text{LC}_{50}$  (0.62 mg/L) 胁迫不同时间后, 其能源物质含量也有不同的变化 (表 3)。对照组, 西花蓟马二龄若虫可溶性蛋白质、可溶性糖及脂肪的含量分别为 14.58, 5.26 和 8.27  $\mu\text{g}/\text{头}$ 。在胁迫 2, 4 和 6 h 后, 可溶性蛋白质的含量都表现为升高, 但与对照无显著差异, 胁迫 8 h 后, 显著降低为 12.07  $\mu\text{g}/\text{头}$ 。相对于对照, 可溶性糖的含量胁迫不同时间后都降低, 其中 2 h

(4.86  $\mu\text{g}/\text{头}$ ) 和 4 h (4.83  $\mu\text{g}/\text{头}$ ) 之间无显著差异, 但显著低于对照, 6 h (5.23  $\mu\text{g}/\text{头}$ ) 和 8 h (5.19  $\mu\text{g}/\text{头}$ ) 的含量与对照均无显著差异。胁迫 2 h 下, 脂肪含量降低为 8.23  $\mu\text{g}/\text{头}$ , 4 h 后则升高到 8.29  $\mu\text{g}/\text{头}$ , 但两者与对照均无显著差异; 6 h 下, 脂肪含量降到最低, 为 8.06  $\mu\text{g}/\text{头}$ , 显著低于对照; 8 h 后略有上升, 为 8.20  $\mu\text{g}/\text{头}$ , 但与对照无显著差异。

表 3 西花蓟马二龄若虫能源物质含量测定<sup>1)</sup>Table 3 The content of energy source in *F. occidentalis* 2nd instar

胁迫时间/h	可溶性蛋白质/( $\mu\text{g}\cdot\text{头}^{-1}$ )	可溶性含糖量/( $\mu\text{g}\cdot\text{头}^{-1}$ )	脂肪/( $\mu\text{g}\cdot\text{头}^{-1}$ )
对照	14.58 ± 1.05 a	5.26 ± 0.47 a	8.27 ± 0.53 a
2	14.60 ± 1.21 a	4.86 ± 0.36 b	8.23 ± 0.62 a
4	14.67 ± 0.99 a	4.83 ± 0.43 b	8.29 ± 0.49 a
6	14.69 ± 0.87 a	5.23 ± 0.48 a	8.06 ± 0.77 b
8	12.07 ± 0.93 b	5.19 ± 0.46 a	8.20 ± 0.64 a

1) 表中数据为平均数 ± 标准误, 同一列中小写字母不同, 表示不同处理之间差异达到显著水平 ( $P < 0.05$ ; Duncan 氏新复极差测验法)。

### 2.3 $\text{LC}_{50}$ 浓度致死下西花蓟马能源物质利用率

2.3.1 不同能源物质利用率比较 西花蓟马成虫在其  $\text{LC}_{50}$  的甲维盐致死下, 对可溶性蛋白质、可溶性糖及脂肪三种能源物质的利用率存在显著差异 (图 1)。其对可溶性糖的利用率最高, 为 74.12%; 其次为可溶性蛋白质, 为 58.10%; 最低为脂肪, 为 42.13%。西花蓟马二龄若虫在其  $\text{LC}_{50}$  的药剂致死下, 对三种能源物质的利用关系与成虫相似 (图 2), 为可溶性糖 (64.01%) > 可溶性蛋白质 (48.12%) > 脂肪 (36.48%), 且差异显著。

不同小写字母表示可溶性蛋白质、可溶性糖及脂肪的利用率差异显著 ( $P < 0.05$ ; Duncan 氏新复极差测验法)

2.3.2 不同虫态能源物质利用率比较 西花蓟马成虫和二龄若虫在各自  $\text{LC}_{50}$  的药剂致死下, 两者

对于可溶性蛋白质、可溶性糖及脂肪的利用率均差异显著 (图 3), 但无论何种能源物质, 其成虫的利用率均显著高于二龄若虫, 说明在甲维盐胁迫致死过程中, 成虫具有更高的耗能量。

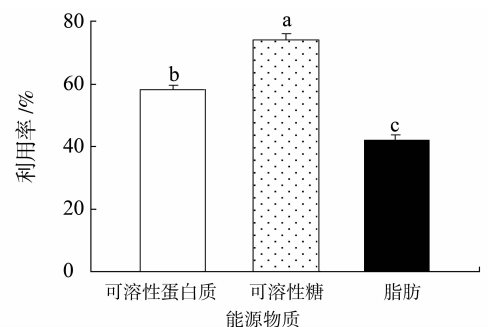


图 1 西花蓟马成虫能源物质利用率

Fig. 1 The utilization rate of energy source in *F. occidentalis* adult

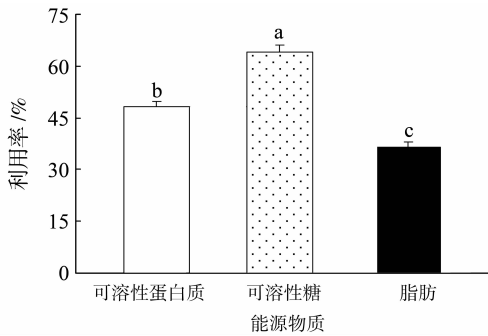


图 2 西花蓟马二龄若虫能源物质利用率

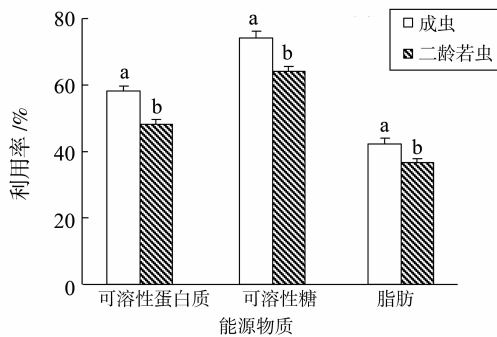
Fig. 2 The utilization rate of energy source in *F. occidentalis* 2nd instar

图 3 西花蓟马成虫与二龄若虫能源物质利用率比较

Fig. 3 The difference of energy source utilization between *F. occidentalis* adult and 2nd instar

不同小写字母表示可溶性蛋白质、可溶性糖及脂肪的利用率在西花蓟马成虫和二龄若虫之间经独立样本 T 检验差异显著

### 3 讨 论

甲维盐作用下的西花蓟马成虫，不同研究有不同的  $LC_{50}$  值，如  $0.32 \text{ mg/L}$ <sup>[21]</sup>、 $7.35 \text{ mg/L}$ <sup>[11]</sup>，与本文研究结果也存在不同程度的差异，这可能与试验方法、试验条件及甲维盐的原药浓度差异相关。另外，本文发现甲维盐对西花蓟马成虫的  $LC_{50}$  值高于二龄若虫，与张安盛等<sup>[21]</sup>的研究结论一致，说明西花蓟马成虫和若虫对于药剂的敏感性不同，但其对药剂耐受机制的差异性需进一步探讨。除此之外，西花蓟马还具有卵、一龄若虫、预蛹及蛹期等发育阶段，甲维盐对其的毒力作用如何，需进一步研究，根据不同阶段施以相应的防治浓度，以达到对西花蓟马的有效防治。

西花蓟马对氨基甲酸酯类杀虫剂产生抗性时，通常伴随有酯酶和谷胱甘肽 S - 转移酶活性升高，并且在同类杀虫剂之间常存在交互抗性<sup>[9-10]</sup>；王

圣印等<sup>[11]</sup>进一步证实，西花蓟马甲维盐抗性种群的羧酸酯酶、乙酰胆碱酯酶及 O - 脱甲基酶的活性均显著高于敏感种群，因此，西花蓟马对甲维盐的抗性与其相关的解毒酶系统密切相关，但目前鲜有关于甲维盐作用下，西花蓟马能源物质变化的报道。本文研究表明，在甲维盐  $LC_{50}$  胁迫下，西花蓟马成虫体内的可溶性蛋白质、可溶性糖及脂肪在作用不同时间后，均伴有显著的升高及降低；而二龄若虫则表现较为缓和，多数情况下并无显著差异。因此，甲维盐  $LC_{50}$  短时胁迫下，西花蓟马成虫与若虫能源物质不同的应激反应，可能与其不同的耐药性有关，导致西花蓟马成虫的  $LC_{50}$  值高于若虫。同时在其  $LC_{50}$  致死下，西花蓟马对三种能源物质的利用率表现出显著差异性，其成虫和二龄若虫对三种能源物质的利用关系均为可溶性糖 > 可溶性蛋白质 > 脂肪，因此，西花蓟马对能源物质的此利用关系，可能利于其应对甲维盐胁迫及相关抗药性的形成。相似的研究表明，嗜卷书虱和嗜虫书虱在丁硫克百威及毒死蜱胁迫下，多糖和可溶性蛋白质是其应对逆境的主要能源物质，造成了甘油三酯的积累，利于其抗药性的形成<sup>[13]</sup>。但在气调胁迫下，甘油三酯则是嗜卷书虱应对高浓度  $CO_2$  胁迫的主要能源物质，对其较高的利用率是嗜卷书虱对  $CO_2$  胁迫形成抗性的重要因素<sup>[15]</sup>。而在高低温胁迫下，昆虫的能源物质也有不同的表现<sup>[16]</sup>，说明昆虫的能源物质具有不同的变化以应对不同的逆境胁迫，但其对各种能源物质的利用机制需进一步研究。另外，本文中无论何种能源物质，西花蓟马成虫的利用率均显著高于若虫，这可能也是西花蓟马成虫对甲维盐具有较高耐受力的原因。

尽管甲维盐  $LC_{50}$  致死作用下，西花蓟马成虫和二龄若虫对三种能源物质具有相似的利用关系，但其短时胁迫下，成虫体内能源物质均伴有间断的显著升高，若虫并无显著的波动。因此，短时胁迫下，西花蓟马成虫相关能源物质的显著升高，可能对其生殖力的提高有促进作用，这在大豆蚜、褐飞虱 *Nilaparvata lugens* 等害虫上有类似报道<sup>[22-23]</sup>。作为 r 类对策的害虫—西花蓟马来说<sup>[1]</sup>，若短时药剂胁迫或长时药剂防治并未致死的情况下，西花蓟马利用能源物质的升高来提高生殖力应对逆境胁迫，理所当然，这也可在一定程度上为田间化学防治西花蓟马引起的再猖獗现象提供一种新的解释。当然，本文仅测定了西花蓟马部分能源物质，其更多的能源物质及相关的生理生化测定需要进行，以阐明甲维盐的控制机制及西花蓟马的应对机制。

## 参考文献:

- [1] REITZ S R. Biology and ecology of the western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae): the making of a pest [J]. Florida Entomologist, 2009, 92: 7-13.
- [2] ELIMEM M, DA SILVA J A T, CHERMITI B. Double-attraction method to control *Frankliniella occidentalis* (Pergande) in pepper crops in Tunisia[J]. Plant Protection Science, 2014, 50(2): 90-96.
- [3] CAO Y, ZHI J R, CONG C L, et al. Olfactory cues used in host selection by *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in relation to host suitability [J]. Journal of Insect Behavior, 2014, 27(1): 41-56.
- [4] 王圣印,周仙红,张安盛,等. 西花蓟马抗辛硫磷种群的抗性机制及交互抗性[J]. 应用生态学报,2012, 23(7): 1933-1939.
- [5] JENSEN S E. Insecticide resistance in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* [J]. Integrated Pest Management Reviews, 2000, 5: 131-146
- [6] BIELZA P, QUINTO V, CONTRERAS J, et al. Resistance to spinosad in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande), in greenhouses of south-eastern Spain [J]. Pest Management Science, 2007, 63: 682-87.
- [7] BIELZA P. Insecticide resistance management strategies against the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* [J]. Pest Management Science, 2008, 64(11): 1131-38.
- [8] JENSEN S E. Acetylcholinesterase activity associated with methiocarb resistance in a strain of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 1998, 61: 191-200.
- [9] MAYO A C, CERVERA A, SAABIA R, et al. Evaluation of metabolic detoxifying enzyme activities and insecticide resistance in *Frankliniella occidentalis* [J]. Pest Management Science, 2002, 58(9): 928-934.
- [10] LOPEZ-SOLER N, ERVIAL A, OORES G D, et al. Esterase isoenzymes and insecticide resistance in *Frankliniella occidentalis* populations from the south-east region of Spain[J]. Pest Management Science, 2008, 64(12): 1258-1266.
- [11] 王圣印,于毅,刘永杰. 西花蓟马抗甲氨基阿维菌素苯甲酸盐种群的交互抗性与生化抗性机制[J]. 植物保护学报, 2012, 39(2): 159-165.
- [12] 王荫长,范加勤,田学志,等. 溴氰菊酯和甲胺磷引起稻飞虱再猖獗问题的研究[J]. 昆虫知识, 1994, 31: 257-262.
- [13] 程伟霞,王进军,陈志永. 杀虫剂胁迫下嗜卷书虱和嗜虫书虱能源物质的代谢比较[J]. 动物学研究, 2005,26(5): 545-550.
- [14] 王红,徐忠新,赵奎军,等. 致死中浓度吡虫啉对大豆蚜体内能源物质含量的影响[J]. 中国生物防治学报,2014,30(5): 654-659.
- [15] WANG J J, ZHAO Z M. Accumulation and utilization of triacylglycerol and polysaccharides in *Liposcelis bostrychophila* (Psocoptera, Liposcelididae) selected for resistance to carbon dioxide[J]. Journal of Applied Entomology, 2003, 127: 107-111.
- [16] 宋修超,崔宁宁,郑方强,等. 变温贮藏僵蚜对烟蚜茧蜂耐寒能力的影响[J]. 应用生态学报,2012, 23(9): 2515-2520.
- [17] 王健立,郑长英. 8种杀虫剂对烟蓟马的室内毒力测定[J]. 青岛农业大学学报:自然科学版, 2010, 27(4): 300-302.
- [18] ABBOTT W S. A method of computing the effectiveness of an insecticide[J]. Journal of Economic Entomology, 1925, 18: 265-267.
- [19] BRADFORD M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dry binding[J]. Analytical Biochemistry, 1976, 72: 248-254.
- [20] COLINET H, VERNON P, HANCE T. Does thermal-related plasticity in size and fat reserves influence supercooling abilities and cold-tolerance in *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Aphidiinae) mummies? [J] Journal of Thermal Biology, 2007, 32(7): 374-382.
- [21] 张安盛,张思聪,李丽莉,等. 3种环境友好型药剂对西花蓟马的室内毒力与田间防效[J]. 植物保护, 2012, 38(4): 175-177.
- [22] 高君晓,梁沛,宋敦伦,等. 高效氯氰菊酯亚致死剂量对大豆蚜实验种群的影响[J]. 植物保护学报, 2008, 35(4): 379-380.
- [23] 张洁,秦小娃,袁凤辉,等. 亚致死剂量烯啶虫胺对褐飞虱体内脂肪、蛋白质、可溶性糖及游离氨基酸含量的影响[J]. 中山大学学报:自然科学版, 2011, 50(6):88-93.