

致死中浓度溴氰菊酯对茄无网蚜 体内能源物质的影响*

高云雷** 韩岚岚** 赵奎军*** 张雯林 肖建飞 陈娟 高丽瞳 邓士群

(东北农业大学农学院, 哈尔滨 150030)

摘要 【目的】通过 LC_{50} 溴氰菊酯胁迫 1 龄茄无网蚜 *Acyrtosiphon solani* 测定对其生长发育及能源物质的影响, 为研究茄无网蚜抗药性产生提供理论基础。【方法】通过浸渍法用 LC_{50} 溴氰菊酯处理 1 龄茄无网蚜, 间隔 12 h 观测药剂胁迫后试虫的生长历期, 分别用蒽酮法、考马斯亮蓝 G-250 法, 香草醛试剂测定各虫龄试虫蛋白、糖类和总脂质含量并进行数据分析。【结果】药剂胁迫下显著延长了 1 龄 (1.44 倍)、2 龄 (1.26 倍) 的发育历期 ($P < 0.05$); 蛋白质比重在 2 龄 (0.75 倍)、3 龄 (0.69 倍)、成蚜 (1.17 倍) 有显著差异 ($P < 0.05$), 其他虫龄有差异但不显著; 可溶性糖比重在 2 龄 (1.39 倍) 差异显著 ($P < 0.05$); 糖原比重在 1 龄 (3.81 倍)、2 龄 (3.82 倍) 差异显著; 总脂质在 1-4 龄均有显著差异 ($P < 0.05$), 分别是对照组的 2.04、1.34、1.25、1.30 倍。【结论】药剂胁迫对茄无网蚜的生长发育及各虫龄能源物质比重均有不同程度的影响。

关键词 茄无网蚜; 致死中浓度; 溴氰菊酯; 生长历期; 能源物质

Effect of a lethal concentration of deltamethrin on the growth and nutrient content of *Acyrtosiphon solani* nymphs

GAO Yun-Lei** HAN Lan-Lan** ZHAO Kui-Jun*** ZHANG Wen-Lin
XIAO Jian-Fei CHEN Juan GAO Li-Tong DENG Shi-Qun

(College of Agriculture, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract [Objectives] To investigate the effect of deltamethrin on the growth, development and energy storage of 1st instar nymphs of *Acyrtosiphon solani* Kalténbach and thereby provide a theoretical basis for research pesticide resistance mechanisms in this pest. [Methods] First instar nymphs of *A. solani* were treated with an LC_{50} dose of deltamethrin via the impregnation method after which the growth of successive instars was monitored every 12 h. In addition, the protein, carbohydrate and total lipid of each nymph was measured by staining these with anthrone, coomassie brilliant blue G-250 and vanillin, respectively. [Results] We found that deltamethrin significantly extended the growth period of 1st and 2nd instar nymphs by 1.44 times and 1.26 times, respectively ($P < 0.05$). There was also a significant difference in the specific gravity of protein between treatment and control groups in 2nd (0.74 times), 3rd (0.69 times) and 5th instar (1.17 times) nymphs. The protein content of other treated instars also differed from their respective control group, but not significantly. There was also a significant difference in the specific gravity of soluble carbohydrate between 2nd instar treatment and control groups (1.39 times). Glycogen differed significantly between treatment and control groups in the 1st (3.81 times) and 2nd instars (3.82 times). Finally, total lipid content significantly differed between the treatment and control groups of all four instars; treatment groups having 2.04, 1.34, 1.25 and 1.30 times the total lipid content of their respective control groups. [Conclusion] An LC_{50} dose of deltamethrin effects both the growth and nutrient content of all instars of *A. solani*.

Key words *Acyrtosiphon solani*; lethal concentration; deltamethrin; instar duration; energy substances

*资助项目 Supported projects: 现代农业产业技术体系建设专项资金 (CARS-04); 黑龙江省科学基金项目 C2018011

**共同第一作者 Co-first authors, E-mail: 1210014238@qq.com; hanll_neau@aliyun.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: kjzhao@163.com

收稿日期 Received: 2019-03-20; 接受日期 Accepted: 2019-05-27

茄无网蚜 *Acyrtosiphon solani* Kaltenbach 属半翅目蚜科, 又名茄粗额蚜、茄无网长管蚜。世界性范围均有分布, 寄主包括茄科、豆科等多种农作物, 是我国大豆主产区的主要刺吸类害虫, 全株危害, 偏好老叶, 能传播病毒病。近年来调查结果表明, 茄无网蚜在大豆田中的危害呈上升趋势(郭井泉和张明厚, 1989; 韩岚岚等, 2016), 已成为潜在的威胁。目前对其防治仍是以化学防治为主, 其中拟除虫菊酯是防治茄无网蚜的常用药剂之一, 它具有高效性、低毒性、广谱性, 在世界范围内广泛应用(Birolli *et al.*, 2018; Lv *et al.*, 2019)。近年来研究表明, 昆虫在受到胁迫时, 糖类、蛋白质、脂质也随之发生相应的变化, 从而提高昆虫对不良环境的忍耐能力(王红等, 2014; 曹宇等, 2015; 张天澍等, 2016; 崔佳丽等, 2018)。昆虫对拟除虫菊酯类农药产生抗性的速度快, 还易产生交互抗性(陈澄宇等, 2016)。为了解除虫菊酯胁迫后, 对茄无网蚜生长发育、内源物质代谢的影响, 本文通过研究除虫菊酯对茄无网蚜生长发育历和其体内主要能源物质——糖类、蛋白质、脂质代谢的影响, 进而明确茄无网蚜对拟除虫菊酯胁迫的应对策略, 为茄无网蚜的防治、揭示其产生抗性的机理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源和药剂

1.1.1 供试虫源 供试虫源茄无网蚜采集地为黑龙江省哈尔滨市东北农业大学向阳农场。在不接触任何药剂的前提下, 基于茄无网蚜喜好老叶, 选取大豆第一对真叶剪切至约 2 cm² 贴于 1% 琼脂培养皿上, 单头转接, 置于实验室恒温光照饲养扩繁, 培养至性状稳定, 培养箱温度为 (25±1)、光照 14 L: 10 D、相对湿度 RH 75%。供试大豆品种为“东农 46”。

1.1.2 供试药剂 25 g/L 溴氰菊酯乳油药剂(浙江威尔达化工有限公司), 其他试验试剂均为分析纯试剂。

1.2 溴氰菊酯对茄无网蚜的胁迫方法

毒力测定方法: 选用长势一致的大豆第一对真叶并裁剪至 2 cm², 用不同浓度溴氰菊酯分别

浸渍叶片 5 s, 贴于 1% 琼脂培养基上, 用吸水纸吸净叶片表面多余药剂, 以清水为对照处理, 将培养皿中 12 h 内产生 1 龄茄无网若蚜转接至培养皿中, 36 h 计算茄无网蚜亚致死浓度。

本试验选择溴氰菊酯 LC₅₀ (Lethal concentration 50%, LC₅₀) 作为供试处理浓度对 1 龄茄无网若蚜进行饲药处理。每次处理同毒力测定处理方法一致, 将处理后茄无网蚜培养至成蚜。其中每个药剂处理培养皿中转接 4 头茄无网若蚜, 选择处理后茄无网若蚜数量减少的培养皿中的蚜虫, 做为试虫, 每个清水对照处理培养皿中转接 2 头茄无网若蚜。间隔 12 h 观察一次茄无网若蚜蜕皮情况, 及时清理虫蜕, 共选择 60 头处理后的 1 龄茄无网若蚜进行历期观察, 成蚜为第 4 次脱皮到第一次产蚜的历期。分别对 1 龄(1 龄处理 24 h 后)、2 龄、3 龄、4 龄、成蚜进行采集, 采集数量分别为 25、20、15、10、5 头, 每个处理重复 3 次。

1.3 茄无网蚜各虫龄体内能源物质参数的测定方法

本试验测定了茄无网蚜各虫龄体内蛋白质、糖和总脂质比重, 茄无网蚜各虫龄蛋白质、糖和总脂质比重测定方法参见吕宁(2015), 每个处理重复 3 次。

待测样蛋白质含量 = 待测样蛋白质浓度 × 缓冲液体积, 待测样蛋白质比重 = 待测样蛋白质含量 (待测样蛋白浓度 × 缓冲液体积) / 待测样虫重。

待测样可溶性糖含量 = (待测样可溶性糖浓度 × 缓冲液体积 × 稀释倍数) / 待测样虫数, 待测样可溶性糖比重 = (待测样可溶性糖浓度 × 缓冲液体积 × 稀释倍数) / 待测样虫重。

待测样糖原含量 = (待测样糖原浓度 × 缓冲液体积 × 稀释倍数) / 待测样虫数, 待测样糖原比重 = (待测样糖原浓度 × 缓冲液体积 × 稀释倍数) / 待测样虫重。

待测样总脂质含量 = 待测样总脂质浓度 × 缓冲液体积, 待测样总脂质比重 = (待测样总脂质含量待测样总脂质浓度 × 缓冲液体积) / 待测样虫重。

1.4 数据处理

利用 Excel 表格进行对数据初步处理, 并利用 DPS v7.05 版软件采用 Student *t*-检验进行数据的差异性分析。

2 结果与分析

2.1 LC₅₀ 溴氰菊酯对茄无网蚜各虫龄历期的影响

从图 1 可知, 经溴氰菊酯 LC₅₀ 胁迫 1 龄茄无网蚜后, 其 1 龄若蚜的龄期延长, 为对照组的 1.44 倍, 差异显著 ($P < 0.05$); 2 龄若蚜龄期长于对照组的 1.29 倍, 差异显著 ($P < 0.05$), 3 龄、4 龄若蚜龄期是对照组的 1.05 倍、1.04 倍, 差异不显著 ($P > 0.05$), 成蚜历期是对照组的 0.94 倍, 差异不显著 ($P > 0.05$)。结果表明, 用 LC₅₀ 溴氰菊酯处理 1 龄茄无网若蚜后, 显著延长了其 1 龄、2 龄若蚜的虫龄历期, 而 3 龄、4 龄若蚜及成蚜历期未受明显影响。

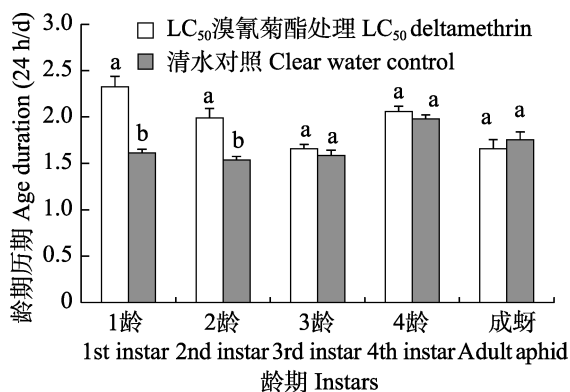


图 1 LC₅₀ 溴氰菊酯对茄无网蚜各虫龄历期的影响
Fig. 1 Effect of LC₅₀ deltamethrin on the different instars of *Acyrtosiphon solani*

柱上标有不同小写字母表示经 Student *t*-检验法检验差异显著 ($P < 0.05$)。下图同。

Histograms with different lowercase letters indicate significant difference at the 0.05 level by Student *t*-test. The same below.

2.2 LC₅₀ 溴氰菊酯对茄无网蚜体内能源物质的影响

2.2.1 LC₅₀ 溴氰菊酯对茄无网蚜体内蛋白质比重的影响 从图 2 可知, 对照组和处理组茄无网蚜体内蛋白质含量随虫龄的增加呈上升趋势, 且

仅在 2 龄对照组与处理组茄无网蚜蛋白含量差异显著, 是对照组的 0.55 倍 ($P < 0.05$), 而 1 龄、3-4 龄和成蚜体内蛋白比重分别是对照组的 0.75、0.99、0.94 和 1.04 倍, 差异不显著 ($P > 0.05$)。

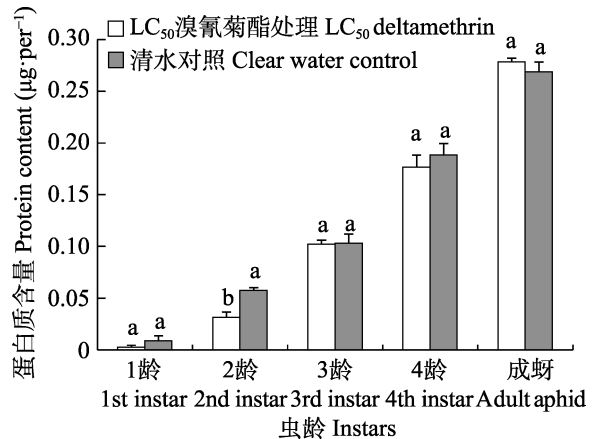


图 2 LC₅₀ 溴氰菊酯对茄无网蚜蛋白质含量的影响
Fig. 2 Effect of LC₅₀ deltamethrin on the protein content of *Acyrtosiphon solani*

从图 3 可知, 对照组茄无网蚜蛋白质比重在 2 龄达到最高 ($0.017 \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$), 成蚜蛋白质比重值最低 ($0.0106 \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$); 处理组茄无网蚜蛋白质比重值在 2 龄达到最低 ($0.0125 \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$), 且与对照组差异显著 ($P < 0.05$), 是对照组的 0.74 倍; 2-3 龄若蚜蛋白质比重值随虫龄的增加逐渐升高, 3 龄达到最高 ($0.0166 \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$), 然后又下降; 成蚜蛋白质比重值显著高于对照组 ($P < 0.05$), 是对照组的 1.17 倍; 1 龄、2 龄和 4 龄若蚜蛋白质比重分别是对照组的 0.92 倍、0.75 倍

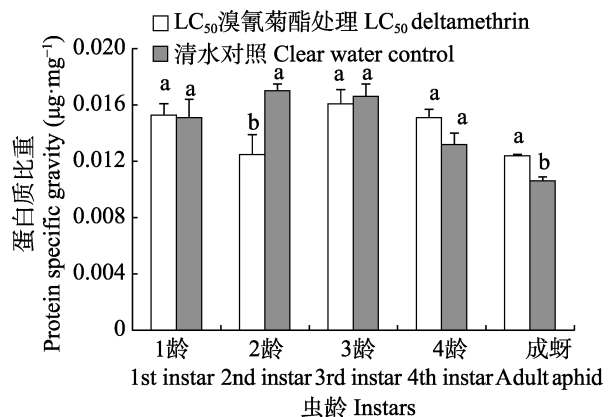


图 3 LC₅₀ 溴氰菊酯对茄无网蚜蛋白质比重的影响
Fig. 3 Effect of LC₅₀ deltamethrin on the protein specific gravity of *Acyrtosiphon solani*

和 1.16 倍, 且差异不显著 ($P > 0.05$), 其中两个拐点出现在 2 龄和 3 龄。结果表明, LC_{50} 溴氰菊酯处理 1 龄茄无网蚜后, 对其各龄的蛋白质比重值的变化趋势产生明显的影响。

2.2.2 LC_{50} 溴氰菊酯对茄无网蚜体内可溶性糖比重的影响 从图 4 可知, 对照组、处理组茄无网蚜体内可溶性糖含量从 1 龄至成蚜呈现上升变化趋势, 受药剂胁迫后, 4 龄若蚜体内可溶性糖含量显著低于对照组 ($P < 0.05$), 是对照组的 0.72 倍, 而成蚜体内可溶性糖含量显著高于对照组 ($P < 0.05$), 是对照组的 1.15 倍, 1-3 龄分别是对照组的 0.94、1.00、0.72 倍, 差异不显著 ($P > 0.05$)。

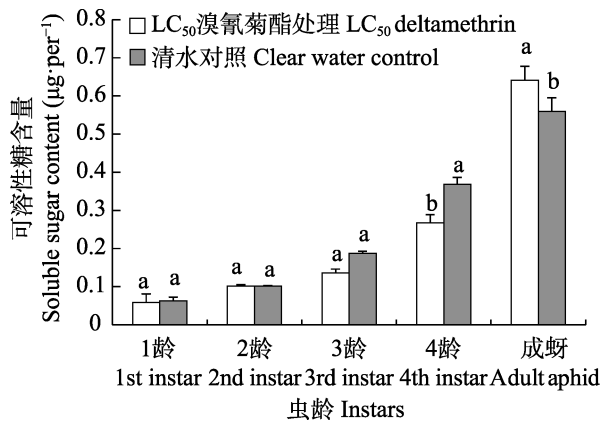


图 4 LC_{50} 溴氰菊酯对茄无网蚜可溶性糖含量的影响
Fig. 4 Effect of LC_{50} deltamethrin on the soluble sugar content of *Acyrthosiphon solani*

从图 5 可知, 对照组茄无网蚜体内可溶性糖比重随虫龄的增加呈先升高后降低的变化趋势, 在 2 龄若蚜达到最高 ($0.1200 \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$), 1、3、4 龄若蚜、成蚜之间可溶性糖比重值差异不显著 ($P > 0.05$), 成蚜体内可溶性糖比重值最低 ($0.0884 \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$); 处理组各龄茄无网蚜可溶性糖比重值变化趋势与对照组一致, 2 龄若蚜比重值达到最高 ($0.1669 \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$), 4 龄若蚜比重值最低 ($0.1045 \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$)。处理组 2 龄若蚜可溶性糖比重值显著高于对照组 ($P > 0.05$), 为对照组的 1.39 倍; 1 龄、3 龄、4 龄若蚜和成蚜分别是对照组的 1.19 倍、1.21 倍、1.13 倍和 1.29 倍, 但差异不显著 ($P > 0.05$)。结果表明, 经 LC_{50} 溴氰菊酯处理 1 龄茄无网蚜后其体内可溶性

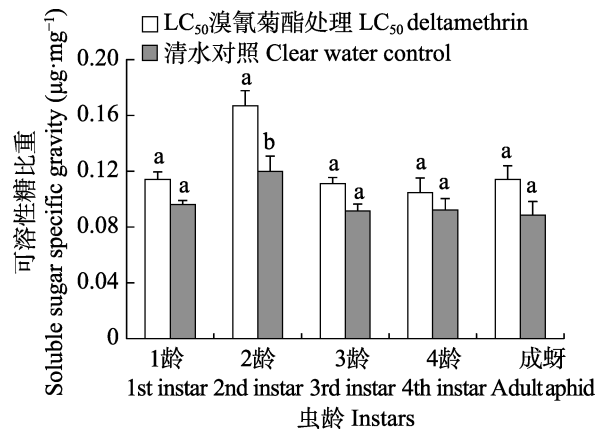


图 5 LC_{50} 溴氰菊酯对茄无网蚜可溶性糖比重的影响
Fig. 5 Effect of LC_{50} deltamethrin on the soluble sugar specific gravity of *Acyrthosiphon solani*

糖比重值在 2 龄升高最显著。

2.2.3 LC_{50} 溴氰菊酯对茄无网蚜体内糖原比重的影响 从图 6 可知, 对照组、药剂处理组茄无网蚜体内糖原含量由 1-4 龄至成蚜呈上升变化趋势, 处理组茄无网蚜 1 龄、2 龄若蚜糖原含量显著高于对照组 ($P < 0.05$), 是对照组的 2.62 倍、2.93 倍, 处理组成蚜糖原含量显著低于对照组 ($P < 0.05$), 是对照组的 0.86 倍, 处理组在 3 龄、4 龄若蚜分别是对照组的 0.73 倍、0.88 倍, 差异不显著 ($P > 0.05$)。

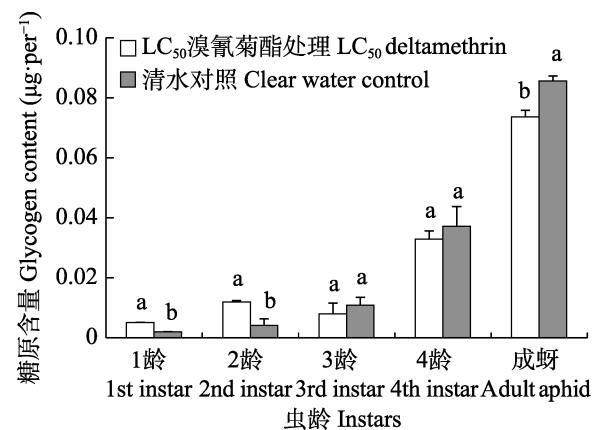


图 6 LC_{50} 溴氰菊酯对茄无网蚜糖原含量的影响
Fig. 6 Effect of LC_{50} deltamethrin on the glycogen content of *Acyrthosiphon solani*

从图 7 可知, 对照组茄无网蚜糖原比重从 1-4 龄至成蚜逐渐升高, 成蚜糖原比重值达到最高 ($0.0121 \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$), 1 龄糖原比重值最低 ($0.0030 \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$); 处理组茄无网蚜体内糖原比

重值在 2 龄若蚜最高 ($0.018\ 36\ \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$), 3 龄若蚜最低 ($0.005\ 07\ \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$)。处理组 1 龄、2 龄若蚜糖原比重值显著高于对照组 ($P < 0.05$), 分别是对照组的 3.81 倍、3.82 倍; 3 龄、4 龄若蚜、成蚜糖原比重分别是对照组的 0.85 倍、1.09 倍、1.09 倍, 差异不显著 ($P > 0.05$)。结果表明, 经 LC_{50} 溴氰菊酯处理 1 龄茄无网蚜后, 显著提高了茄无网蚜体内 1 龄、2 龄若蚜体内糖原比重值, 其它虫龄茄无网蚜体内糖原比重差异不显著。

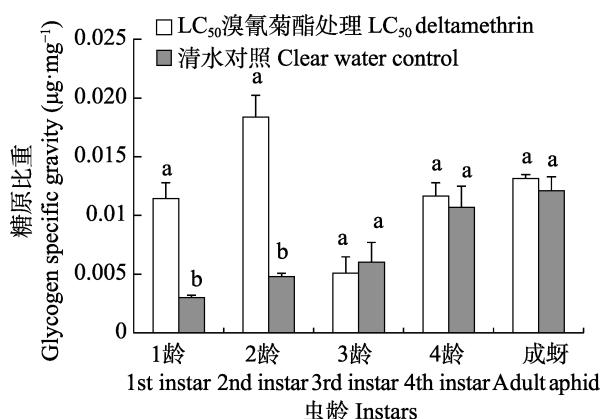


图 7 LC_{50} 溴氰菊酯对茄无网蚜糖原比重的影响

Fig. 7 Effect of LC_{50} deltamethrin on the glycogen specific gravity of *Acyrthosiphon solani*

2.2.4 LC_{50} 溴氰菊酯对茄无网蚜体内总脂质比重的影响 从图 8 可知, 对照组茄无网蚜总脂质含量在 1-2 龄和 3-4 龄-成蚜均呈现上升变化趋势, 2-3 龄呈现下降趋势; 处理组茄无网蚜总脂质含量在 1-2 龄呈现上升变化趋势, 2-4 龄-成蚜差异不显著, 处理组 1 龄若蚜体内总脂质含量显著高于对照组 ($P < 0.05$), 是对照组的 1.34 倍, 2-4 龄若蚜、成蚜总脂质分别是对照组的 0.96 倍、1.14 倍、1.07 倍和 0.84 倍, 差异不显著 ($P > 0.05$)。

从图 9 可知, 对照组茄无网蚜总脂质比重值在 1-2 龄呈上升趋势, 2-4 龄至成蚜呈下降趋势, 2 龄总脂质比重值达到最高 ($1.112\ 9\ \text{ng}\cdot\text{mg}^{-1}$), 成蚜总脂质比重值最低 ($0.177\ 1\ \text{ng}\cdot\text{mg}^{-1}$); 处理组茄无网蚜总脂质比重值 1-4 龄至成蚜呈现下降趋势, 1 龄总脂质比重值达到最高 ($1.958\ 4\ \text{ng}\cdot\text{mg}^{-1}$), 成蚜总脂质比重值最低 ($0.169\ 3\ \text{ng}\cdot\text{mg}^{-1}$)。处理组 1-4 龄若蚜总脂质显著高于对照组 ($P < 0.05$),

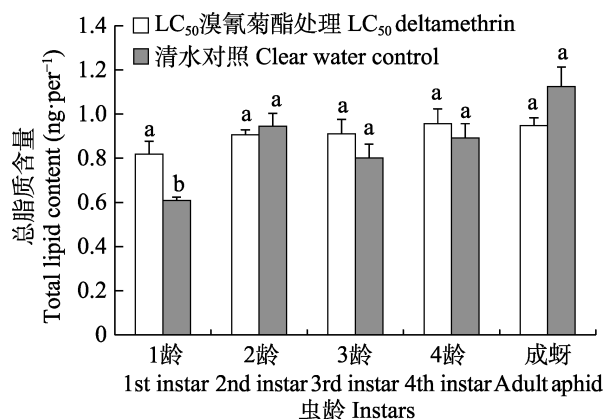


图 8 LC_{50} 溴氰菊酯对茄无网蚜总脂质含量的影响

Fig. 8 Effect of LC_{50} deltamethrin on the total lipid content of *Acyrthosiphon solani*

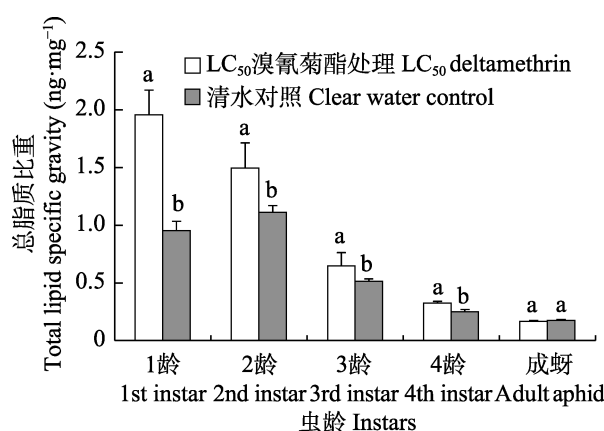


图 9 LC_{50} 溴氰菊酯对茄无网蚜总脂质比重的影响

Fig. 9 Effect of LC_{50} deltamethrin on the total lipid specific gravity of *Acyrthosiphon solani*

分别是对照组的 2.04 倍、1.34 倍、1.25 倍和 1.30 倍; 成蚜总脂质是对照组的 0.95 倍, 差异不显著 ($P > 0.05$); 结果表明, 经 LC_{50} 溴氰菊酯处理 1 龄茄无网蚜后, 显著提高了茄无网蚜体内 1-4 龄若蚜体内总脂质比重值。

3 讨论

本研究表明, 茄无网蚜 1 龄若虫经 LC_{50} 溴氰菊酯胁迫后, 对其不同虫龄的历期、体内的能源物质 (蛋白质、可溶性糖、糖原、总脂) 均产生了不同程度的影响。茄无网蚜 1 龄、2 龄的发育历期明显长于对照组, 王泽华等 (2017) 用亚致死浓度氟啶虫胺胍处理桃蚜的试验也得到了相似的结果, 即显著延长了 1 龄、2 龄若蚜的发育历期, 对 3 龄、4 龄若蚜历期均无显著影响。

经 LC_{50} 溴氰菊酯胁迫后的茄无网蚜，其 1 龄、2 龄若虫的蛋白质含量高于对照组，但 2 龄若虫的蛋白质比重显著低于对照组，说明此时的若虫脱水严重；但 2 龄若虫的可溶性糖比重显著高于对照组，推测可能与解毒等代谢加快有关（汤方等，2012）；1 龄、2 龄若蚜糖原比重和总脂质比重显著高于对照组，而成蚜糖原比重对照组一致，且 3 龄、4 龄若虫的总脂质比重含量显著高于对照组，但至成蚜时，其总脂质比重与对照组无差异，可能是因为部分可溶性糖转化为脂质，加强虫体的保护，以降低农药毒害（王红等，2014）。茄无网蚜通过代谢调节，逐渐适应溴氰菊酯压力，进而形成抗性。印建莉等（2008）及张洁等（2011）发现用杀虫剂胁迫褐飞虱后，该虫体的可溶性糖、粗脂肪、游离氨基酸含量也产生显著变化，这与本研究中的一些结果相吻合。

通过比较分析药剂胁迫后昆虫内源物质的表达变化，发现可溶性糖、蛋白在茄无网蚜受到药剂胁迫后，并非短期的响应，而是在茄无网蚜的整个生长发育过程中都受到影响，而糖原、脂质短期响应药剂胁迫后，会回归正常水平。因此，在受到药剂胁迫后，茄无网蚜体内一系列的生理活动会在整个生长发育过程中都受到影响，促使茄无网蚜的某些重要生理活动回归相对稳定水平，使得茄无网蚜得以生长发育。

4 结论

本文通过研究分析了 LC_{50} 溴氰菊酯胁迫 1 龄茄无网蚜后，其各虫龄历期及主要能源物质含量变化趋势，发现茄无网蚜 1 龄、2 龄发育历期显著延长；胁迫后的茄无网蚜体内蛋白质、可溶性糖、糖原、总脂质在 2 龄均呈显著差异。我们通过研究药剂胁迫后茄无网蚜体内源物质的变化，能够更直观清楚的了解茄无网蚜响应药剂胁迫后的生理活动，从而为昆虫耐药性的产生提供理论依据，而这种胁迫效应哪些可以遗传、哪些仅仅是受药剂胁迫后才会发生的效应，期待进一步的研究。

参考文献 (References)

Birolli WG, Vacondio B, Alvarenga N, Selegim MHR, Porto ALM,

2018. Enantioselective biodegradation of the pyrethroid ($\pm$)-lambda-cyhalothrin by marine-derived fungi. *Chemosphere Oxford*: S0045653518300626.

Cao Y, Liu Y, Yang WJ, Meng YL, Wang LJ, Zeng L, Li C, 2015. The effect of emamectin benzoate exposure on the energy source of *Frankliniella occidentalis*. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 54(6): 31–36. [曹宇, 刘燕, 杨文佳, 孟永禄, 王丽娟, 曾力, 李灿, 2015. 甲维盐胁迫对西花蓟马能源物质的影响. 中山大学学报(自然科学版), 54(6): 31–36.]

Chen CY, Shi XY, Gao XW, 2016. Mechanism of insect metabolic resistance to pyrethroid insecticides. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 18(5): 545–555. [陈澄宇, 史雪岩, 高希武, 2016. 昆虫对拟除虫菊酯类杀虫剂的代谢抗性机制研究进展. 农药学报, 18(5): 545–555.]

Cui JL, Wang JG, Zhong L, Li WJ, 2018. Effects of mepiquat chloride (DPC) on energy substances in *Aphis gossypii*. *Journal of Environmental Entomology*, 40(2): 446–451. [崔家丽, 王俊刚, 钟亮, 李文杰, 2018. 缩节胺对棉蚜体内能源物质的影响. 环境昆虫学报, 40(2): 446–451.]

Guo JQ, Zhang MH, 1989. Study on the main mediator of soybean mosaic virus (SMV) and its transmission efficiency. *Soybean Science*, (1): 55–63. [郭井泉, 张明厚, 1989. 大豆花叶病毒 (SMV) 主要介体及其传毒效率研究. 大豆科学, (1): 55–63.]

Han LL, Wang K, Li DP, Zhang WL, Cheng Y, Zhao KJ, 2016. Effects of the potato-soybean, and maize-soybean, intercropping modes on the population dynamics of main piercing-sucking pests, and other pests, in soybean fields. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(4): 723–730. [韩岚岚, 王坤, 李东坡, 张雯林, 程媛, 赵奎军, 2016. 马铃薯-大豆、玉米-大豆邻作对大豆田主要刺吸式害虫以及其他害虫的种群动态影响. 应用昆虫学报, 53(4): 723–730.]

Lv N, 2015. Studies on the intracellular bacterial symbionts of two color morphs of *Acyrtosiphon pisum* Harris. Masteral dissertation. Lanzhou: Gansu Agricultural University. [吕宁, 2015. 两种色型豌豆蚜胞内共生菌研究. 硕士学位论文. 兰州: 甘肃农业大学.]

Tang F, Liang P, Gao XW, 2012. Induction of glutathione S-transferases activity by plant allelochemicals in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(6): 1513–1518. [汤方, 李丽, 高希武, 2012. 植物次生物质和杀虫剂对分月扇舟蛾谷胱甘肽 S-转移酶的抑制作用. 应用昆虫学报, 49(6): 1513–1518.]

Wang H, Xu ZX, Zhao KJ, Han LL, 2014. Effects of median lethal concentration of imidacloprid on accumulation of energy

- substances in *Aphis glycines* (Homoptera: Aphididae). *Chinese Journal of Biological Control*, 30(5): 654–659. [王红, 徐忠新, 赵奎军, 韩岚岚, 2014. 致死中浓度吡虫啉对大豆蚜体内能源物质含量的影响. *中国生物防治学报*, 30(5): 654–659.]
- Wang ZH, Fan JM, Chen JC, Gong YJ, Wei SJ, 2017. Sublethal effects of sulfoxaflor on the growth and reproduction of the green peach aphid *Myzus persicae*. *Scientia Agricultura Sinica*, 50(3): 496–503. [王泽华, 范佳敏, 陈金翠, 宫亚军, 魏书军, 2017. 氟啶虫胺腈亚致死浓度对桃蚜生长和繁殖的影响. *中国农业科学*, 50(3): 496–503.]
- Yin JL, Hu JH, Xu HW, Wu JC, Wang F, Yang GQ, 2008. Comparisons of levels of crude fat, soluble sugars, and free amino acids in offsprings of the immigrant and non-immigrant populations of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål)(Homoptera: Delphacidae), under insecticide stress. *Acta Entomologica Sinica*, 51(11): 1103–1112. [印建莉, 胡君欢, 徐海伟, 吴进才, 王飞, 杨国庆, 2008. 杀虫剂胁迫下褐飞虱迁飞虫和本地虫后代体内粗脂肪、可溶性糖及氨基酸含量的比较. *昆虫学报*, 51(11): 1103–1112.]
- Zhang J, Qin XW, Yuan FH, Liu J, Huang J, Zhang RJ, 2011. Effects of sub-lethal concentration of nitenpyram on soluble protein, glyceride, free amino acid and soluble sugar of brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae). *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 50(6): 88–93. [张洁, 秦小娃, 袁凤辉, 刘杰, 黄婕, 张润杰, 2011. 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. *中山大学学报(自然科学版)*, 50(6): 88–93.]
- Zhang TS, Chang XL, Teng HY, Yuan YD, Wang DS, 2016. Profile of protein and carbohydrate in *Spodoptera exigua* treated with sublethal concentration of methoxyfenozide. *Acta Agriculture Shanghai*, 32(6): 87–91. [张天澍, 常晓丽, 滕海媛, 袁永达, 王冬生, 2016. 亚致死浓度甲氧虫酰肼对甜菜夜蛾蛋白质和糖类含量的影响. *上海农业学报*, 32(6): 87–91.]



封面介绍

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (Smith)成虫

草地贪夜蛾隶属于鳞翅目 (Lepidoptera) 夜蛾科 (Noctuidae) 原产地为美洲热带和亚热带气地区。2016 年入侵非洲, 2018 在亚洲的印度首先发现并在南亚和东南亚快速扩散到周边国家, 2019 年 1 月入侵中国云南并迅速扩散到 20 多个省区。

草地贪夜蛾发育速度会随着气温的提升而变快, 一年可繁殖 1-6 代。雌性成虫通常在羽化当天不会产卵, 而在随后的 4-5 d 产下大部分卵, 产卵最多可持续 2 周以上。一只雌蛾一生可产卵超过 1 000 粒。

(张润志, 中国科学院动物研究所)