

不同水生蔬菜对斜纹夜蛾药剂敏感性的影响

覃春华^{1,2} 匡晶¹ 余明华³ 李建洪^{1*}

(¹华中农业大学植物科技学院, 湖北武汉 430070; ²襄阳市烟草公司南漳烟叶分公司, 湖北襄樊 441500; ³湖北省武穴市梅川镇农业技术推广服务中心, 湖北武穴 435400)

摘要: 采用浸叶法测定了取食不同水生蔬菜的斜纹夜蛾对 5 种药剂的敏感性, 对取食不同水生蔬菜的斜纹夜蛾幼虫进行了解毒酶活性测定。结果表明: 取食莲藕、芋、水芹、人工饲料的斜纹夜蛾幼虫对氟啶脲 (chlorfluazuron)、毒死蜱 (chlorpyrifos)、茚虫威 (indoxacarb)、溴虫腈 (chlorfenapyr) 和甲维盐 (emamectin-benzoate) 的敏感性不同, 取食不同水生蔬菜的斜纹夜蛾幼虫解毒酶活性有差异, 羧酸酯酶活性依次为莲藕>人工饲料>水芹>芋, 乙酰胆碱酯酶活性依次为芋>人工饲料>莲藕>水芹, 谷胱甘肽-S-转移酶活性依次为为人工饲料>水芹>莲藕>芋, 多功能氧化酶活性依次为水芹>芋>莲藕>人工饲料, 解毒酶活性提高与取食不同水生蔬菜的斜纹夜蛾幼虫对药剂产生的敏感性差异有关。

关键词: 水生蔬菜; 斜纹夜蛾; 解毒酶活性; 药剂敏感性

中图分类号: S645 文献标识码: A 文章编号: 1000-6346 (2011) 08-0071-05

Effects of Feeding Different Aquatic Vegetables on Sensitivity to Insecticides of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae)

QIN Chun-hua^{1,2}, KUANG Jing¹, YU Ming-hua³, LI Jian-hong^{1*}

(¹College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, Hubei, China; ²Nanzhang Branch of Xiangyang Tobacco Corporation, Xiangfan 441500, Hubei, China; ³Meichuan Town Agricultural Technology Extension Centre of Wuxue City, Wuxue 435400, Hubei, China)

Abstract: In order to test *Spodoptera litura* fed by different aquatic vegetables on sensitivity of 5 different insecticides, the activity of detoxifying enzymes was assayed by leaf dipping method. The results indicated that the sensitivities of *S. litura* to chlorfluazuron, chlorpyrifos, indoxacarb, chlorfenapyr and emamectin-benzoate were different when feeding on different aquatic vegetables. Activity of detoxification enzymes of *S. litura* was different when feeding on different aquatic vegetables, and sequence of the activity of CarE was *Nelumbo nucifera*>artificial diet>*Oenanthe stolonifera*>*Colocasia esculenta*. The order of specific activity of AChE was *C. esculenta*>artificial diet>*N. nucifera*>*O. stolonifera*. The activity of GSTs was artificial diet>*O. stolonifera*>*N. nucifera*>*C. esculenta*. The activity of MFO was *O. stolonifera*>*C. esculenta*>*N. nucifera*>artificial diet. It demonstrated that high detoxification of enzymes was related to different sensitivities to insecticides of *S. litura*, when feeding on different aquatic vegetables.

Key words: Aquatic vegetables; *Spodoptera litura*; Activity of enzymes; Insecticides sensitivity

收稿日期: 2010-11-16; 接受日期: 2011-03-10

基金项目: 公益性行业 (水生蔬菜) 科研专项 (200903017)

作者简介: 覃春华, 男, 硕士研究生, 专业方向: 昆虫毒理学, E-mail: qinchl@webmail.hzau.edu.cn

* 通讯作者 (Corresponding author): 李建洪, 博士生导师, 专业方向: 农药毒理学, E-mail: jianhl@mail.hzau.edu.cn

斜纹夜蛾 (*Spodoptera litura* Fab.) 亦称莲纹夜蛾, 属鳞翅目夜蛾科昆虫 (华南农学院, 1981)。斜纹夜蛾是多食性害虫, 寄主植物涉及 109 科 389 种 (包括变种) (秦厚国等, 2006), 其中喜食的达 90 种以上, 对十字花科蔬菜、水生蔬菜及甘薯、棉花、大豆等作物的为害尤为严重 (洪晓月和丁锦华, 2007)。水生蔬菜是指生长在淡水中可作蔬菜食用的草本植物, 是我国农业的一项特殊种植业, 水生蔬菜在我国已有 2 500 多年的栽培历史, 种植面积位居世界第一。据有关部门统计, 我国的水生蔬菜种植面积已超过 6.67 万 hm^2 , 产值超过 300 亿元 (刘俐, 2006)。覃春华等 (2010) 调查发现, 斜纹夜蛾在水生蔬菜中危害严重。

昆虫的解毒酶是一类异质酶系, 能够代谢大量的内源或外源底物, 直接影响外源有毒物质在昆虫体内的作用。已有的研究表明, 植物次生物质在植物对植食性昆虫的化学防御中起重要作用, 能引起植食性昆虫忌避、拒食、中毒, 或干扰其消化和对营养成分的吸收 (钦俊德, 1995)。国内外已有一些取食不同寄主植物对斜纹夜蛾幼虫药剂敏感性影响的研究报道, Lal 和 Nayak (1963) 研究了取食烟草、大白菜、蓖麻的斜纹夜蛾对药剂敏感性的影响, 发现取食不同寄主植物的斜纹夜蛾对药剂的敏感性不同。陈洪国和袁天文 (2003) 也对取食不同寄主植物的斜纹夜蛾的药剂敏感性进行比较, 并得出相似结论。但对于取食不同水生蔬菜的斜纹夜蛾幼虫对药剂敏感性的研究鲜见报道。因此, 测定取食不同水生蔬菜的斜纹夜蛾幼虫对常用杀虫剂的敏感性、解毒酶活性, 对为害水生蔬菜的斜纹夜蛾防治提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

斜纹夜蛾于 2008 年采自广西南宁, 在室内多代连续饲养, 用不同水生蔬菜饲养种群的第二代 3 龄幼虫测定药剂敏感性, 5 龄幼虫测定酶活性。

1.2 供试寄主植物

寄主植物为莲藕 (*Nelumbo nucifera* Gaertn.)、芋 [*Colocasia esculenta* (L.) Schott]、水芹 [*Oenanthe javanica* (Bl.) DC], 以人工饲料为对照。以上寄主植物均在华中农业大学农药教研室试验田种植, 常规管理, 未施用任何农药。人工饲料配方参照朱丽梅等 (2001) 的方法配制。

1.3 供试药剂及仪器

供试药剂: 5% 茚虫威乳油 (EC) (粤科植保生产), 10% 溴虫腈 EC (河北威远生物化工股份有限公司生产), 5% 氟啶脲 EC (粤科植保生产), 95% 毒死蜱原药 (湖北沙隆达化工股份有限公司生产), 50.3% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐原药 (天惠生物工程有限公司生产)。

供试仪器: 台式冰冻离心机 (S804R) (Eppendorf), 紫外可见分光光度计 (T6 新世纪) (北京市普析通用仪器有限责任公司), 电热恒温水浴锅 (SY21-K) (北京市长风仪器仪表公司)。

1.4 试验方法

1.4.1 杀虫剂对斜纹夜蛾的室内生物活性测定 以斜纹夜蛾 3 龄幼虫 [(12 ± 3) $\text{mg} \cdot \text{头}^{-1}$] 为试验材料, 采用浸叶法测定。将原药用丙酮溶解后用吐温-100 稀释成 6~7 个浓度, 而制剂直接使用吐温-100 稀释, 把未接触过药剂的莲藕叶片置于药液中浸泡 30 s, 晾干后置于培养皿中, 然后接入幼虫, 每个浓度处理 20 头, 3 次重复, 对照组用 0.1% 吐温-100 的溶液处理, 置于 28 °C 培养箱内, 48 h 或 72 h 后检查死虫数, 数据用 DPS 数据处理系统处理。

1.4.2 酶源的制备 选定取食每种水生蔬菜的斜纹夜蛾 5 龄幼虫各 3 头, 称质量后用磷酸缓冲液漂洗, 加入磷酸缓冲液 5 mL 冰浴匀浆, 然后在 4 °C 下, 10 000 $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 离心 10 min, 取上清液备用。用时再用磷酸缓冲液稀释 100 倍。

1.4.3 酶活性的测定 羧酸酯酶 (CarE) 活性测定参考 van Asperen (1962) 的方法, 乙酰胆碱酯

酶 (AChE) 活性测定参照 Gorun 等 (1978) 的方法, 谷胱甘肽-S-转移酶 (GST) 活性测定参照 Habig 和 Jakoby (1981) 的方法, 多功能氧化酶 (MFO) 活性测定参照 He (2003) 的方法, 蛋白质含量测定参照 Bradford (1976) 记述的考马斯亮蓝 G-250 染色法。

2 结果与分析

2.1 取食不同水生蔬菜的斜纹夜蛾对药剂敏感性的差异

用不同水生蔬菜及人工饲料饲养斜纹夜蛾幼虫, 采用浸叶法测定了 5 种药剂对各寄主种群的斜纹夜蛾 3 龄幼虫的毒力, 比较取食不同寄主植物的斜纹夜蛾幼虫对药剂的敏感性差异。

由表 1 可以看出, 寄主植物影响了斜纹夜蛾幼虫对药剂的敏感性。其中, 取食人工饲料幼虫对氟啶脲的敏感性最高, 其 LC_{50} 值为 $1.106\ 1\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 取食芋的斜纹夜蛾幼虫对甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 (甲维盐) 敏感性最高, 其 LC_{50} 值为 $1.427\ 6\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 取食莲藕的幼虫对毒死蜱的敏感性最高, 其 LC_{50} 值为 $12.881\ 8\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 取食芋的斜纹夜蛾幼虫对溴虫腈的敏感性最高, 其 LC_{50} 值为 $4.461\ 7\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 取食水芹的斜纹夜蛾幼虫对茚虫威的敏感性最高, 其 LC_{50} 值为 $5.472\ 7\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

表 1 取食不同水生蔬菜的斜纹夜蛾幼虫对药剂的敏感性

| 药剂 | 寄主 | $LC_{50}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ | 95%置信区间 | 斜率 \pm 标准误 | 比值 |
|-----|------|---|--------------------|---------------------|---------|
| 氟啶脲 | 水芹 | 1.110 8 | 0.668 9 ~ 1.941 6 | $1.765\ 4 \pm 0.25$ | 1.004 2 |
| | 莲藕 | 1.962 4 | 1.719 6 ~ 2.276 7 | $1.508\ 4 \pm 0.24$ | 1.774 2 |
| | 芋 | 3.549 9 | 1.791 1 ~ 47.279 3 | $1.682\ 8 \pm 0.25$ | 3.209 4 |
| | 人工饲料 | 1.106 1 | 0.596 0 ~ 2.211 1 | $1.788\ 6 \pm 0.28$ | 1.000 0 |
| 甲维盐 | 水芹 | 1.934 9 | 1.443 1 ~ 2.851 1 | $1.929\ 3 \pm 0.27$ | 1.355 4 |
| | 莲藕 | 1.494 0 | 1.028 5 ~ 2.423 4 | $1.632\ 2 \pm 0.23$ | 1.046 5 |
| | 芋 | 1.427 6 | 0.829 6 ~ 3.107 5 | $2.318\ 0 \pm 0.38$ | 1.000 0 |
| | 人工饲料 | 1.538 8 | 1.040 8 ~ 2.595 2 | $1.874\ 4 \pm 0.30$ | 1.077 9 |
| 毒死蜱 | 水芹 | 15.755 4 | 8.178 3 ~ 47.475 1 | $5.016\ 1 \pm 0.30$ | 1.223 1 |
| | 莲藕 | 12.881 8 | 5.221 6 ~ 20.850 4 | $1.939\ 3 \pm 0.31$ | 1.000 0 |
| | 芋 | 15.659 9 | 7.832 0 ~ 51.110 7 | $1.769\ 8 \pm 0.32$ | 1.215 7 |
| | 人工饲料 | 13.272 0 | 9.148 0 ~ 21.536 5 | $1.606\ 8 \pm 0.30$ | 1.030 3 |
| 溴虫腈 | 水芹 | 7.479 5 | 7.256 8 ~ 7.714 2 | $4.663\ 3 \pm 0.24$ | 1.676 4 |
| | 莲藕 | 11.792 1 | 7.558 0 ~ 22.652 9 | $5.057\ 5 \pm 0.27$ | 2.643 0 |
| | 芋 | 4.461 7 | 4.026 6 ~ 4.994 5 | $5.481\ 9 \pm 0.30$ | 1.000 0 |
| | 人工饲料 | 7.433 1 | 6.447 8 ~ 8.721 3 | $4.446\ 1 \pm 0.32$ | 1.666 0 |
| 茚虫威 | 水芹 | 5.472 7 | 3.977 8 ~ 8.459 7 | $3.040\ 6 \pm 0.30$ | 1.000 0 |
| | 莲藕 | 10.965 9 | 5.155 4 ~ 48.239 1 | $1.991\ 0 \pm 0.21$ | 2.003 7 |
| | 芋 | 8.391 4 | 5.464 3 ~ 15.959 6 | $2.042\ 2 \pm 0.41$ | 1.533 3 |
| | 人工饲料 | 7.423 4 | 4.457 0 ~ 17.262 7 | $2.300\ 4 \pm 0.30$ | 1.356 4 |

注: 氟啶脲为 72 h 后检查死虫数, 其余药剂为 48 h 后检查结果。

2.2 取食不同水生蔬菜的斜纹夜蛾解毒酶活性差异

2.2.1 取食不同水生蔬菜对斜纹夜蛾羧酸酯酶活性的影响 从表 2 可以看出, 用不同水生蔬菜饲喂的斜纹夜蛾幼虫羧酸酯酶活性有一定差异, 但差异不显著。以活性最低的为对照, 取相对倍数为 1 (下同)。其中, 取食芋的斜纹夜蛾幼虫羧酸酯酶活性最低, 为

表 2 取食不同水生蔬菜对斜纹夜蛾幼虫羧酸酯酶活性的影响

| 寄主 | CarE 活性/ $\mu\text{mol} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ | 相对倍数 |
|------|---|---------|
| 水芹 | $11.841\ 2 \pm 3.085\ 2\ \text{a}$ | 1.008 7 |
| 莲藕 | $16.746\ 6 \pm 5.036\ 6\ \text{a}$ | 1.426 6 |
| 芋 | $11.738\ 8 \pm 1.868\ 8\ \text{a}$ | 1.000 0 |
| 人工饲料 | $14.987\ 2 \pm 2.637\ 6\ \text{a}$ | 1.276 7 |

11.738 8 $\mu\text{mol} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; 取食莲藕叶片的幼虫羧酸酯酶活性最高, 为 16.746 6 $\mu\text{mol} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 为取食水芹的幼虫的 1.426 6 倍。

2.2.2 取食不同水生蔬菜对斜纹夜蛾乙酰胆碱酯酶活性的影响 从表 3 可以看出, 用不同水生蔬菜饲喂的斜纹夜蛾幼虫乙酰胆碱酯酶活性差异显著。其中, 取食水芹的斜纹夜蛾幼虫羧酸酯酶活性最低, 为 0.649 6 $\mu\text{mol} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; 取食芋的斜纹夜蛾幼虫羧酸酯酶活性最高, 为 1.221 2 $\mu\text{mol} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 为取食水芹的幼虫的 1.87 倍, 显著高于取食其他两种水生蔬菜的斜纹夜蛾幼虫。

2.2.3 取食不同水生蔬菜对斜纹夜蛾谷胱甘肽-S-转移酶活性的影响 从表 4 可以看出, 取食芋的斜纹夜蛾幼虫谷胱甘肽-S-转移酶活性最低, 为 0.105 3 $\text{mmol} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; 取食人工饲料的斜纹夜蛾幼虫谷胱甘肽-S-转移酶活性最高, 为 0.194 4 $\text{mmol} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, 为取食芋的幼虫的 1.846 1 倍, 显著高于取食其他 3 种水生蔬菜的斜纹夜蛾幼虫。

2.2.4 取食不同水生蔬菜对斜纹夜蛾多功能氧化酶活性的影响 从表 5 可以看出, 用不同水生蔬菜饲喂的斜纹夜蛾幼虫多功能氧化酶活性具有差异。其中, 取食人工饲料的斜纹夜蛾幼虫多功能氧化酶活性最低, 为 6.416 8 $\text{nmol} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; 取食水芹的斜纹夜蛾幼虫多功能氧化酶活性最高, 为 11.356 0 $\text{nmol} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 为取食人工饲料的幼虫的 1.769 7 倍, 显著高于其他 3 种水生蔬菜饲养的斜纹夜蛾幼虫, 但其他 3 种水生蔬菜饲养的斜纹夜蛾幼虫体内多功能氧化酶活性差异不显著, 多功能氧化酶活性由大到小为水芹 > 芋 > 莲藕。

3 结论与讨论

本试验结果表明不同水生蔬菜饲喂的斜纹夜蛾的药剂敏感性及其解毒酶活性有差异。不同科的寄主植物无论是营养成分还是植物次生物质, 在种类数量、理化性质和浓度含量等方面均可能存在差异。此外, 药剂不同的作用靶标和作用机制也是导致取食不同寄主植物的斜纹夜蛾对不同药剂敏感性顺序不同的重要原因。不同药剂作用于不同靶标, 取食不同寄主植物的斜纹夜蛾因植物体内营养成分和次生物质的差异而使靶标酶敏感性产生差异, 因而导致斜纹夜蛾对不同药剂的敏感性产生差异。

Sayed 和 Wright (2001) 对小菜蛾抗茚虫威品系的增效试验发现, 小菜蛾对茚虫威的抗性与酯酶相关, 这与本试验结果一致。前人研究表明乙酰胆碱酯酶的活性下降是烟粉虱对毒死蜱产生抗性的原因之一, 有机磷和氨基甲酸酯类农药的毒理机制是抑制昆虫乙酰胆碱酯酶 (AChE) 和羧酸酯酶的活性。这与试验中斜纹夜蛾幼虫乙酰胆碱酯酶活性 (芋 > 人工饲料 > 莲藕 > 水芹), 对毒死蜱的抗性 (水芹 > 芋 > 人工饲料 > 莲藕) 基本一致, 表明斜纹夜蛾对毒死蜱的抗性与乙酰胆碱酯酶的活性上升相关, 但试验中取食水芹的斜纹夜蛾幼虫乙酰胆碱酯酶活性最低, 对毒死蜱的

表 3 取食不同水生蔬菜对斜纹夜蛾幼虫乙酰胆碱酯酶活性的影响

| 寄主 | AChE/ $\mu\text{mol} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ | 相对倍数 |
|------|--|---------|
| 水芹 | 0.649 6 ± 0.101 2 c | 1.000 0 |
| 莲藕 | 0.752 0 ± 0.206 0 bc | 1.157 6 |
| 芋 | 1.221 2 ± 0.056 8 a | 1.879 9 |
| 人工饲料 | 0.910 0 ± 0.010 0 b | 1.400 8 |

注: 表中同列数据后不同小写字母表示差异显著 ($\alpha=0.05$), 下表同。

表 4 取食不同水生蔬菜对斜纹夜蛾幼虫谷胱甘肽-S-转移酶活性的影响

| 寄主 | GST/ $\text{mmol} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ | 相对倍数 |
|------|---|---------|
| 水芹 | 0.118 6 ± 0.016 1 b | 1.126 3 |
| 莲藕 | 0.106 7 ± 0.017 7 b | 1.013 3 |
| 芋 | 0.105 3 ± 0.009 9 b | 1.000 0 |
| 人工饲料 | 0.194 4 ± 0.025 3 a | 1.846 1 |

表 5 取食不同水生蔬菜对斜纹夜蛾多功能氧化酶活性影响

| 寄主 | MFO/ $\text{nmol} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ | 相对倍数 |
|------|---|---------|
| 水芹 | 11.356 0 ± 0.656 2 a | 1.769 7 |
| 莲藕 | 7.051 4 ± 2.230 0 b | 1.098 9 |
| 芋 | 8.592 0 ± 1.400 0 ab | 1.338 9 |
| 人工饲料 | 6.416 8 ± 0.068 2 b | 1.000 0 |

敏感性却最低, 因此, 存在其他因素影响斜纹夜蛾幼虫对毒死蜱的敏感性。吴青君等 (1998) 就小菜蛾对定虫隆的抗性机理研究表明, 小菜蛾对定虫隆的抗性机制具有多因子性, 多功能氧化酶解毒代谢能力的提高可能是抗性机制之一, 本试验中斜纹夜蛾对氟啶脲的抗性为芋 > 莲藕 > 水芹 > 人工饲料, 而斜纹夜蛾多功能氧化酶活性为水芹 > 芋 > 莲藕 > 人工饲料, 表明多功能氧化酶是斜纹夜蛾对氟啶脲产生抗性的因子之一。溴虫腈是一种杀虫剂前体, 其本身对昆虫无毒杀作用。昆虫取食或接触溴虫腈后, 溴虫腈在昆虫体内多功能氧化酶的作用下转变为具杀虫活性化合物, 其靶标是昆虫体细胞中的线粒体, 而取食不同水生蔬菜斜纹夜蛾幼虫对溴虫腈的抗性顺序为莲藕 > 水芹 > 人工饲料 > 芋, 与多功能氧化酶活性顺序相似。

Robertson 等 (1990) 研究了取食人工饲料、黑莓、苹果和两种不同品种的金雀花的苹果褐卷蛾抗谷硫磷品系和敏感品系对谷硫磷的敏感性及其体内解毒酶活性的变化, 发现取食人工饲料的苹果褐卷蛾敏感品系对谷硫磷敏感性最低, 本试验中取食人工饲料的斜纹夜蛾幼虫部分解毒酶活性要高于取食其他水生蔬菜的斜纹夜蛾幼虫, 这可能与人工饲料中加入的大豆粉、玉米粉、胆固醇等物质相关, 诱导了斜纹夜蛾幼虫的解毒酶。

目前, 斜纹夜蛾在水生蔬菜上的防治主要采用物理防治与化学防治相结合的方式, 且化学防治容易产生污染、残留等问题。因此在防治上, 应当利用该虫在不同水生蔬菜上对药剂的敏感性差异, 做到合理用药, 提高防治效果和减缓斜纹夜蛾对杀虫剂的抗性发展速度。在长期的进化过程中, 为克服次生物质的毒害作用, 植食性昆虫发展了多种对次生物质适应的方式, 其中利用解毒酶系进行解毒和排毒是其适应植物次生物质的主要方式 (Lindroth, 1989), 关于不同水生蔬菜所含次生物质及次生物质对药剂敏感性产生影响的机理还需进一步研究。

参考文献

- 陈洪国, 袁天文. 2003. 寄主植物对斜纹夜蛾药剂敏感性及中肠羧酸酯酶等的影响. 湖北农业科学, (6): 65-67.
- 洪晓月, 丁锦华. 2007. 农业昆虫学. 2版. 北京: 中国农业出版社: 233-235.
- 华南农学院. 1981. 农业昆虫学·下册. 北京: 中国农业出版社: 692.
- 钦俊德. 1995. 昆虫与植物关系的研究进展和前景. 动物学报, 41 (1): 12-20.
- 秦厚国, 汪笃栋, 丁建, 黄荣华, 叶正襄. 2006. 斜纹夜蛾寄主植物名录. 江西农业学报, 18 (5): 51-58.
- 覃春华, 姚亮, 陈冲, 张聪冲, 李建洪. 2010. 武汉地区水生蔬菜昆虫群落结构及动态分析. 昆虫知识, 47 (1): 76-81.
- 吴青君, 朱国仁, 赵建周, 张兴, 高希武. 1998. 小菜蛾对定虫隆抗性种群的选育及交互抗性研究. 昆虫学报, 41 (s): 34-41.
- 朱丽梅, 倪钰萍, 曹晓宇, 黄春霞, 崔勤. 2001. 斜纹夜蛾的人工饲养技术. 昆虫知识, 38 (3): 227-228.
- Brandford M M. 1976. A rapid sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein binding. Ann Biochem, 72: 208.
- Goran V, Proinov I, Baltescu V, Balaban G, Barzu O. 1978. Modified ellman procedure for assay of cholinesterases in crude enzymatic preparations. Analytical Biochemistry, 86 (1): 324-326.
- Habig W H, Jakoby W B. 1981. Methods in enzymology. New York: Academic Press: 398-405.
- He L, Zhao Z M, Deng X P, Wang J J, Liu H. 2003. Estimation of realized heritability of resistance to fenpropathrin, abamectin, pyridaben and their mixtures in acaricide-selected strains of *Tetranychus cinnabarinus*. Entomologia Sinica, 10 (1): 35-41.
- Lal R, Nayak G N. 1963. Effect of host plant on the development of caterpillars *Spodoptera litura* Fab. and their susceptibility to different insecticides. India Journal Entomology, 25: 299-306.
- Lindroth R L. 1989. Chemical ecology of the lunamoth: effects of host plant on detoxication enzyme activity. Chem Ecol, 15 (7): 2020-2029.
- Robertson J L, Armstrong K F, Suckling D M, Preisler H K. 1990. Effects of host plants on the toxicity of azinphosmethyl to susceptible and resistant light brown apple moth (Lepidoptera: Tortricidae). J Econ Entomol, 83 (6): 2124-2129.
- Sayed A H, Wright D J. 2001. Fitness costs and stability of resistance to *Bacillus thuringiensis* in a field population of the diamondback moth *Plutella xylostella* L. Ecological Entomology, 26 (5): 502-508.
- van Asperen K. 1962. A study of housefly esterases by means as a sensitive colorimetric method. Insect Physiology, 8: 401-414.