

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2013.04.008

茚虫威对玫瑰三节叶蜂叶绿素和类胡萝卜素含量的影响

李新扬¹⁺, 徐元元¹⁺, 公玲玲¹, 周 科¹, 井维霞¹, 王 涛², 李慧婵³, 曲爱军^{1*}
¹山东农业大学植物保护学院, 山东 泰安 271018; ²山东省聊城市林业局,
山东 聊城 252000; ³山东安丘实验中学, 山东 潍坊 262100

摘要:【背景】研究昆虫体色不仅在昆虫系统学中,而且在生物学、生态学和害虫防治等中都具有重要意义。有些取食植物叶片的幼虫体色表现为绿色,该绿色是由类胡萝卜素与蓝色四吡咯色素结合所形成,叶绿素又属于四吡咯化合物。但目前尚未见昆虫体内含叶绿素的报道。【方法】在田间套笼饲养玫瑰三节叶蜂幼虫,饲养至5和6龄时,借鉴植物叶绿素测定方法,分别测定其叶绿素含量,并在6龄时用杀虫剂茚虫威处理,观测对其叶绿素含量的影响。【结果】5和6龄玫瑰三节叶蜂幼虫均含有叶绿素,且5龄幼虫含量高于6龄幼虫。其中,5龄幼虫叶绿素a含量为1.6780 mg·g⁻¹,叶绿素b为0.6847 mg·g⁻¹,类胡萝卜素为0.4797 mg·g⁻¹;6龄幼虫叶绿素a含量为1.2726 mg·g⁻¹,叶绿素b为0.5187 mg·g⁻¹,类胡萝卜素为0.4863 mg·g⁻¹。剔除幼虫消化道后,5龄幼虫叶绿素a含量为0.4008 mg·g⁻¹,叶绿素b为0.2618 mg·g⁻¹,类胡萝卜素为0.2444 mg·g⁻¹;6龄幼虫叶绿素a含量为0.4299 mg·g⁻¹,叶绿素b为0.3826 mg·g⁻¹,类胡萝卜素为0.2859 mg·g⁻¹。用茚虫威处理后,6龄幼虫体内叶绿素和类胡萝卜素含量(含消化道)显著下降,其中,叶绿素a下降约48%,叶绿素b下降约34%,类胡萝卜素下降约37%;而对于剔除消化系统的6龄幼虫,茚虫威处理后,其叶绿素和类胡萝卜素含量下降幅度较小。【结论与意义】玫瑰三节叶蜂幼虫含有叶绿素和类胡萝卜素,杀虫剂能降低其叶绿素和类胡萝卜素含量,且其体色可能与叶绿素有着密切的关系。

关键词: 玫瑰三节叶蜂; 叶绿素; 类胡萝卜素; 茚虫威

Effects of inodoxacarb on chlorophyll and carotenoid contents of *Arge geei*

Xin-yang LI¹⁺, Yuan-yuan XU¹⁺, Ling-ling GONG¹, Ke ZHOU¹,
Wei-xia JING¹, Tao WANG², Hui-chan LI³, Ai-jun QU^{1*}

¹College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China
²Forestry Bureau of Liaocheng City, Liaocheng, Shandong 252000, China
³An'qiu Experimental Middle School, Weifang, Shandong 262100, China

Abstract: 【Background】The study of insect color is significant not only in insect morphology, but also for its ecology and control management. The green color of insects is usually formed by the carotenoid and pigment porphyrin. 【Method】To explore the relationships between insect color and plant chlorophyll, the contents of chlorophyll and carotenoid of *Arge geei* Rohwer which were raised using cage in the field were tested. 【Result】The results showed that both 5th instar and 6th instars larvae had chlorophyll. The chlorophyll contents of 5th instar larvae were higher than 6th instar larvae. For fifth instars, the contents of chlorophyll a and chlorophyll b were 1.6780 mg·g⁻¹ and 0.6847 mg·g⁻¹ respectively, the content of carotenoids was 0.4797 mg·g⁻¹; for sixth instars, the contents of chlorophyll a and chlorophyll b were 1.2726 mg·g⁻¹ and 0.5187 mg·g⁻¹, the content of carotenoids was 0.4863 mg·g⁻¹. After removed the digestive system, the contents of chlorophyll a, chlorophyll b of fifth and sixth instars were respectively 0.4008 mg·g⁻¹, 0.2618 mg·g⁻¹ and 0.4299 mg·g⁻¹, 0.3826 mg·g⁻¹, the contents of carotenoids were 0.2444 mg·g⁻¹ and 0.2859 mg·g⁻¹. After treating with inodoxacarb, the chlorophyll contents of sixth instar larvae with digestive system significantly declined. Chlorophyll a dropped by about 48%, chlorophyll b by about 34%, and carotenoids by about 37%. While the chlorophyll

收稿日期(Received): 2013-07-03 接受日期(Accepted): 2013-08-10
基金项目: 山东农业大学 SRT 资助项目(2013)
作者简介: 李新扬, 男, 硕士研究生。研究方向: 杀虫剂生理生态。徐元元, 女, 本科生。研究方向: 杀虫剂生理生态
+ 同等贡献作者 (Coauthors for equation contribution in the study)
* 通讯作者 (Author for correspondence), E-mail: aijunqu1965@163.com

contents of sixth instar larvae without digestive system decreased slightly. 【Conclusion and significance】The larvae of *A. geei* contain chlorophyll and carotenoid, insecticides can reduce the contents of them. The color of *A. geei* and the chlorophyll have closely relationship.

Key words: *Arge geei* Rohwer; chlorpyrifos; carotenoids; inodoxacarb

昆虫体色是昆虫系统学研究中广泛使用的一项重要特征(程茂高等,2005;霍科科和张宏杰,2004),如棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 在全周期型分为绿色亚型与黄色亚型(张广学和钟铁森,1982),桃蚜 *Myzus persicae* (Sulzer) 分成“烟草型”和“非烟草型”2 个生物型,烟草型大多为红色,而非烟草型为绿色(程茂高等,2005)。体色在生物学上也有重要意义,如昆虫体色和栖息环境相类似,形成保护色;有的雌雄两性体色差异显著,相互吸引,与信息素共同在交配行为中起着联系信息的作用。朱道弘和阳柏苏(2004)报道,体色在飞蝗群集与扩散时起着重要作用,群居型为黑色配以橘黄色底色,散居型常表现为无黑色斑块的绿色。昆虫体色的多样化,给害虫的防治工作带来了许多不利因素,如陆承志(2001)对新疆部分棉田棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner) 6 龄幼虫体色进行分类比较,发现有 15 种变异型,如不彻底防治,则易使棉铃虫再猖獗。

昆虫体色以其形成方式的不同,分为色素色、结构色和混合色。昆虫体色常是由色素色和结构色混合形成(刘树生,1986)。结构色是昆虫表皮的特殊结构对入射光的反射、折射和干扰所产生的颜色闪光。色素色是昆虫着色的基本形式,这类体色是由于虫体一定部位有某些化合物的存在造成,这些物质通过吸收某种长光波、反射其他光波而形成各种颜色,这一般是新陈代谢的产物,如黑色素和嘌呤色素。但黄色是由类胡萝卜素表现出来,类胡萝卜素则来自食物(植物),它常与蓝色四吡咯色素结合,形成很多昆虫的绿色(雷朝亮和荣秀兰,2011)。四吡咯色素(卟啉类色素)主要包括叶绿素和血红素,而血红素只存在于少数昆虫中,因此,昆虫的绿色可能是类胡萝卜素与叶绿素作用的结果。然而,目前尚未见昆虫体内含叶绿素的报道。

玫瑰三节叶蜂 *Arge geei* Rohwer, 又称月季叶蜂,属膜翅目 Hymenoptera 三节叶蜂科 Argidae, 主要危害月季 *Rosa chinensis* Jacp、玫瑰 *R. rugosa* Thunb 和蔷薇 *R. multiflora* Thunb 等植物(孟宪水等,2000;吴志远等,1987;中国科学院动物所,

1987)。目前,在山东泰安等地危害严重。本试验选取玫瑰三节叶蜂为试验昆虫,研究其体色与植物叶绿素的相互关系,以及药剂茚虫威处理对其叶绿素和类胡萝卜素含量的影响。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

供试昆虫为玫瑰三节叶蜂。于 2013 年 5 ~ 6 月采用套笼饲养于山东农业大学南校区月季园,待幼虫长至 5 和 6 龄时进行测试。

无药剂处理的试虫为完整的 5 和 6 龄幼虫,以及剔除消化系统的 5 和 6 龄幼虫;药剂处理的试虫为完整和剔除消化系统的 6 龄幼虫。

幼虫消化系统的剔除:将蜡盘表面铺上硫酸纸,然后用昆虫针将幼虫固定在蜡盘上,用解剖刀将其腹面划开,再用挑针仔细清除消化系统尤其是植物残渣,其余部分收集起来待测。

1.2 供试杀虫剂与药剂处理方法

供试杀虫剂为 $150 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 茚虫威悬浮剂(上海杜邦农化有限公司),由山东农业大学植物保护学院慕卫教授提供。在参照实际生产应用浓度的基础上,以丙酮为溶剂,将茚虫威稀释至 5000 倍液。用微量注射器移液枪取 $5 \mu\text{L}$ 药剂,滴定在幼虫前胸背板,24 h 后测定虫体叶绿素和类胡萝卜素含量。每个处理 30 头,重复 5 次。

1.3 叶绿素和类胡萝卜素含量的测定

测定方法参照张悦等(2012)对植物叶绿素含量的测定。选取玫瑰三节叶蜂幼虫 0.50 g,放入研钵中,加入少量石英砂和 2 ~ 3 mL 80% 丙酮,研磨成匀浆,再加丙酮 10 mL 研磨至样品组织变白,暗处静置 5 min,过滤至 50 mL 棕色容量瓶中,洗涤研钵和残渣数次,定容后备测。以 80% 丙酮作为参比,在 663、646、470 nm 下,用日本岛津 UV-2450 紫外分光光度计测定光密度。

$$C_a = 12.21A_{663} - 2.81A_{646}$$

$$C_b = 20.13A_{646} - 5.03A_{663}$$

$$C_T = C_a + C_b$$

$$Cx \cdot c = \frac{1000A_{470} - 3.27C_a - 104C_b}{229}$$

式中: C_a 、 C_b 、 C_T 和 $Cx \cdot c$ 分别为叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、叶绿素总量和类胡萝卜素含量; A_{663} 、 A_{646} 和 A_{470} 分别为叶绿体色素提取液在波长 663、646 和 470 nm 下的光密度(徐笑等,2012)。

2 结果与分析

2.1 玫瑰三节叶蜂幼虫叶绿素和类胡萝卜素含量

从表 1 可以看出,5 和 6 龄玫瑰三节叶蜂幼虫均含有叶绿素,且 5 龄幼虫的叶绿素含量明显高于

6 龄幼虫;但叶绿素总量仅相当于植物如烟草(刘修堂等,2013;张悦等,2013)、玉米(杜宝贞等,2013;张悦等,2012)、棉花、红薯和花生(李晴晴等,2013)的 10% 左右。同时,6 龄幼虫的叶绿素 a/b 略高于 5 龄幼虫。此外,玫瑰三节叶蜂 5 和 6 龄幼虫均含有类胡萝卜素,且 6 龄幼虫含量略高于 5 龄幼虫。

表 1 玫瑰三节叶蜂 5 和 6 龄幼虫的叶绿素及类胡萝卜素含量
Table 1 The chlorophyll and carotenoid contents of *A. geei* at 5th instar and 6th instar

幼虫虫龄 Instar	叶绿素 a 含量 Chlorophyll a content	叶绿素 b Chlorophyll b content	叶绿素总含量 Total chlorophyll content	类胡萝卜素含量 Carotenoid content	叶绿素 a/b Chlorophyll a/b
5	1.6780 + 0.3214	0.6847 + 0.0947	2.3627 + 0.4998	0.4797 + 0.0762	2.4507 + 0.5266
6	1.2726 + 0.2100	0.5187 + 0.0816	1.7913 + 0.3422	0.4863 + 0.0796	2.4534 + 0.5280

2.2 不含消化系统的玫瑰三节叶蜂幼虫叶绿素和类胡萝卜素含量

据表 2 可知,不含消化系统的玫瑰三节叶蜂 5 和 6 龄幼虫的叶绿素含量,均较含消化系统的同龄幼虫有显著下降。其中,5 龄幼虫叶绿素 a 下降约 76%,叶绿素 b 下降约 62%,类胡萝卜素下降约 49%;6 龄幼虫叶绿素 a 下降约 66%,叶绿素 b 下降约 26%,类胡萝卜素下降约 41%。

玫瑰三节叶蜂 5 龄幼虫体绿色,6 龄幼虫体黄

色。叶绿素 a 呈蓝绿色,叶绿素 b 呈黄绿色,类胡萝卜素呈橙黄色(孟庆伟和高辉远,2011)。在含消化系统的玫瑰三节叶蜂幼虫中,5 龄偏蓝色的色素(叶绿素 a)约占色素总量的 59%,偏黄色的色素(叶绿素 b 和类胡萝卜素)占 41%;6 龄偏蓝色的色素(叶绿素 a)占色素总量的 56%,偏黄色的色素(叶绿素 b 和类胡萝卜素)占 44%。这说明叶蜂幼虫体表的颜色可能与其体内叶绿素含量有一定关联度。

表 2 不含消化系统的玫瑰三节叶蜂幼虫的叶绿素及类胡萝卜素含量
Table 2 The chlorophyll and carotenoid contents of *A. geei* larvae without digestive system

幼虫虫龄 Instar	叶绿素 a 含量 Chlorophyll a content	叶绿素 b Chlorophyll b content	叶绿素总含量 Total chlorophyll content	类胡萝卜素含量 Carotenoid content	叶绿素 a/b Chlorophyll a/b
5	0.4008 + 0.0712	0.2618 + 0.0388	0.6626 + 0.0920	0.2444 + 0.0344	1.5309 + 0.3114
6	0.4299 + 0.0732	0.3826 + 0.0446	0.8125 + 0.1602	0.2859 + 0.0404	1.1236 + 0.2024

2.3 茼虫威对玫瑰三节叶蜂 6 龄幼虫叶绿素和类胡萝卜素含量的影响

由表 3 可知,茼虫威能降低玫瑰三节叶蜂 6 龄幼虫的叶绿素含量。其中,含消化道的幼虫,叶绿

素 a 下降约 48%,叶绿素 b 下降约 34%,类胡萝卜素下降约 37%;而剔除消化系统的 6 龄幼虫,叶绿素和类胡萝卜素含量下降幅度较小。此外,施用茼虫威后,叶绿素 a/b 均显著下降。

表 3 茼虫威对玫瑰三节叶蜂 6 龄幼虫叶绿素及类胡萝卜素含量的影响
Table 3 Effects of indoxacarb on chlorophyll and carotenoid contents of *A. geei* 6th instar larvae

处理 Treatment	叶绿素 a 含量 Chlorophyll a content	叶绿素 b Chlorophyll b content	叶绿素总含量 Total chlorophyll content	类胡萝卜素含量 Carotenoid content	叶绿素 a/b Chlorophyll a/b
含消化道 With digestive system	0.6657 + 0.0922	0.3424 + 0.0476	1.0081 + 0.1808	0.3088 + 0.0485	1.9448 + 0.3683
不含消化道 Without digestive system	0.2683 + 0.0402	0.2215 + 0.0366	0.4998 + 0.0946	0.2668 + 0.0386	1.2113 + 0.2420

3 讨论

从试验结果来看,玫瑰三节叶蜂 5 和 6 龄幼虫均含有叶绿素,但 5 龄幼虫叶绿素含量高于 6 龄幼虫。同时,不含消化系统的玫瑰三节叶蜂 5 和 6 龄幼虫的叶绿素含量,均较含消化系统的同龄幼虫有显著下降,表明玫瑰三节叶蜂 5 和 6 龄幼虫所含叶绿素大部分集中在消化系统内。

绝大多数叶绿素 a 和全部叶绿素 b,在植物细胞器中,主要起吸收光能的作用,叶绿素 b 是由叶绿素 a 转化而来。从试验结果来看,玫瑰三节叶蜂 5 和 6 龄幼虫经茼虫威处理后,叶绿素 a 和叶绿素 b 同步减少,可以推断玫瑰三节叶蜂幼虫并未将叶绿素作为营养物质加以利用。因此,叶蜂幼虫的绿色可能并非叶绿素与类胡萝卜素发生反应所形成,而是由这几种色素所体现出来的颜色。

叶绿素 a/b 在植物生理学中常被作为评定作物品种的抗逆性指标,指标越高,抗逆性越强。本研究表明,玫瑰三节叶蜂 6 龄幼虫的叶绿素 a/b 略高于 5 龄幼虫。该结果是否也说明 6 龄幼虫抗药性高于 5 龄幼虫,还有待于进一步探讨;但从防治角度而言,龄期越高,防治越困难。施用茼虫威后,叶绿素 a/b 均显著下降,表明使用茼虫威后,昆虫抵抗不良环境的能力下降。

类胡萝卜素是绿色植物体内(张悦等,2012)和动物体内(李业国等,2005)一类重要的内源抗氧化剂。玫瑰三节叶蜂 6 龄幼虫类胡萝卜素含量略高于 5 龄幼虫,表明 6 龄幼虫抗氧化能力高于 5 龄幼虫。而茼虫威处理后,玫瑰三节叶蜂幼虫类胡萝卜素含量减少,证明茼虫威可以降低玫瑰三节叶蜂幼虫的抗氧化能力。

有关玫瑰三节叶蜂幼虫体内的叶绿素是否直接从植物中吸收而来,还是幼虫本身就含有叶绿素,叶绿素在昆虫体内起什么作用,以及茼虫威导致叶蜂幼虫体内叶绿素含量下降的机理等问题,均有待于进一步研究。

参考文献

程茂高,乔卿梅,原国辉. 2005. 昆虫体色分化研究进展. 昆虫知识, 42(5): 502–505.
杜宝贞,王家尧,莫飘,曲爱军. 2013. 吡虫啉在不同施药

时间对玉米叶绿素含量的影响. 农药科学与管理, 34(3): 57–59.
霍科科,张宏杰. 2004. 食蚜蝇科昆虫体色变异的研究进展. 汉中师范学院学报: 自然科学版, 22(2): 60–66.
雷朝亮,荣秀兰. 2011. 普通昆虫学. 北京: 中国农业出版社.
李晴晴,丁艳梅,徐笑,曲爱军. 2013. 基于叶绿素评价高效氯氟氰菊酯对三种农作物生态安全性. 农药科学与管理, 34(4): 54–56.
李业国,周光宏,高峰,李学斌,于小领. 2005. 类胡萝卜素在动物体内的生理功能及其吸收代谢研究进展. 畜牧与兽医, 33(3): 55–58.
刘树生. 1986. 温度对蚜茧蜂成虫体色形成的影响. 科技通报, 2(1): 44–45.
刘修堂,张悦,王涛,曲爱军. 2013. 阿维菌素和烟碱类杀虫剂对烟草幼苗叶绿素含量的影响. 中国烟草科学, 34(2): 64–68.
陆承志. 2001. 棉铃虫幼虫体色的研究. 塔里木农垦大学学报, 13(1): 12–14.
孟庆伟,高辉远. 2011. 植物生理学. 北京: 中国农业出版社.
孟宪水,赵敏,郭永来,王庆文. 2000. 玫瑰三节叶蜂的发生及防治. 植保技术与推广, 20(2): 21.
吴志远,王炎林,涂育合. 1987. 玫瑰三节叶蜂的研究初报. 福建林学院学报, 7(2): 25–34.
徐笑,周科,刘峰,闫克岚,张悦,李新扬,曲爱军. 2012. 基于叶绿素评价氟啶胺对几种农作物的生态安全性. 生物灾害科学, 33(3): 333–336
张广学,钟铁森. 1982. 几种蚜虫生活周期的研究. 动物学集刊, (2): 7–17.
张悦,刘修堂,王涛,曲爱军. 2012. 几种无公害杀虫剂对烟草幼苗叶绿素含量的影响. 农药科学与管理, 33(5): 55–58.
张悦,王涛,刘修堂,曲爱军. 2013. 基于叶绿素评价安打和虫螨苯甲酰胺对烟草幼苗生态安全性. 农药科学与管理, 34(1): 49–51.
张悦,郑方强,朱承美,曲爱军. 2012. 以叶绿素为标准评价阿维菌素和甲维盐对玉米幼苗的安全性评价. 世界农药, 34(3): 47–48.
中国科学院动物所. 1987. 中国农业昆虫. 北京: 中国农业出版社.
朱道弘,阳柏苏. 2004. 飞蝗变型及体色多型的内分泌控制机理. 动物学研究, 25(5): 460–464.

(责任编辑:杨郁霞)

