

王柄权,程凌寒,方宇,等.植物次生代谢物质对草地贪夜蛾解毒酶活性及相关基因表达的影响[J].江苏农业科学,2022,50(8):11-15.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.08.003

植物次生代谢物质对草地贪夜蛾解毒酶活性及相关基因表达的影响

王柄权¹,程凌寒¹,方宇¹,李维薇^{2,3},刘佳妮¹

(1. 昆明学院农学与生命科学学院/云南省都市特色农业工程技术研究中心,云南昆明 650214;

2. 中国科学院昆明动物研究所,云南昆明 650223;3. 云南农业大学植物保护学院,云南昆明 650201)

摘要:为探究草地贪夜蛾对毒害物质的反防御策略。以添加 0.5% 烟碱、0.05% 黄酮、0.5% 棉酚、0.01% 水杨酸、0.1% 香豆素 5 种植物次生代谢物质的人工饲料进行饲养草地贪夜蛾 5 龄幼虫,48 h 后分别测定草地贪夜蛾中肠和脂肪体的谷胱甘肽-S-转移酶等 4 种酶的活性,同时采用半定量 RT-PCR 方法检测 *CYP4L13*、*CYP4M14* 基因在中肠和脂肪体中的表达水平。其中取食烟碱、黄酮、棉酚、香豆素和水杨酸均能诱导中肠 GSTs 活性增强,棉酚、香豆素和水杨酸在脂肪体中可显著诱导 GSTs 的活性增强 6 倍以上。取食棉酚可诱导草地贪夜蛾中肠 CarE 活性增强 1.57 倍,而取食烟碱可诱导脂肪体 CarE 的活性显著增加。与对照相比,取食烟碱、黄酮、棉酚、香豆素后,草地贪夜蛾头部 AchE 活性分别提高 1.34、0.50、0.82、0.68 倍。草地贪夜蛾中肠和脂肪体中 *CYP11A*、*CYP11B* 可被不同植物次生代谢物质诱导表达增强,同时增加 P450 含量。与对照相比,取食黄酮、棉酚、水杨酸后,其中肠 P450 的含量分别增加 3.14、2.43、3.93 倍。草地贪夜蛾的解毒能力可通过植物次生代谢物质诱导增强,从而提高其对有毒物质的抵抗力。

关键词:植物次生代谢物;草地贪夜蛾;解毒酶;细胞色素 P450

中图分类号:S433.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)08-0011-04

对于绝大多数植食性昆虫而言,植物次生代谢物质对其生长、发育和繁殖产生重要影响,并在化学防御中发挥重要作用。现知的很多植物次生代谢物都对昆虫具有防御作用^[1]。植物次生代谢物质抗虫效果不仅取决于它们对脆弱昆虫系统的效力,还取决于昆虫对这种挑战的反应^[2]。植物和昆虫在长期的生物演化过程中,为战胜寄主植物的毒害,植食性昆虫发展了忌避取食、解毒代谢等多种适应次生代谢物质的途径,其中解毒代谢中的相关解毒酶系扮演着重要的角色^[3]。多种解毒酶的相互作用不仅能影响昆虫取食,在一定程度上还能使昆虫对杀虫剂产生耐药性和抗药性的能力增强^[4]。有研究表明,通过诱导可显著增加解毒酶活性,但针对同种诱导,不同昆虫所作出的应激响应存在显

著差异。细胞色素 P450 是一类亚铁血红素-硫醇盐蛋白超家族,普遍存在于昆虫体内,兼具氧化和单氧化相关功能,能参与部分昆虫保幼激素、蜕皮激素以及植物次生代谢有毒物质的代谢过程,在内源性和外源性代谢中发挥重要作用^[5]。大多数昆虫对寄主植物的适应性主要由细胞色素 P450 家族基因的代谢解毒作用水平决定^[6]。草地贪夜蛾 [*Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)] 属鳞翅目 (Lepidoptera) 夜蛾科 (Noctuidae) 灰翅夜蛾属 (*Spodoptera*),原产于美洲热带和亚热带地区,是一种迁飞能力极强的世界性害虫。2019 年 1 月在我国云南省首次发现,至今已在 25 个省(市、区)造成危害,该虫主要危害玉米、小麦、花生、高粱、棉花和蔬菜等作物^[7]。目前,主要依靠化学方法控制草地贪夜蛾,但长期大量使用化学药剂,不但害虫会在短时间内产生抗药性,而且造成环境污染。本试验选择烟碱、黄酮、棉酚、水杨酸和香豆素 5 种常见的植物次生代谢产物研究草地贪夜蛾的解毒酶活性和相关基因表达,探明草地贪夜蛾适应次生代谢物的生理生化机制,探索广食性害虫的耐药机制。

收稿日期:2021-11-08

基金项目:云南省科技厅高校联合项目(编号:2017FH001-35、2019FH001-008);中国科学院重点部署项目;国家重点研发计划(编号:2018YFD0200703)。

作者简介:王柄权(1997—),男,北京人,硕士研究生,主要从事昆虫生态与分子生物学研究。E-mail:47067521@qq.com。

通信作者:刘佳妮,博士,副教授,主要从事昆虫生态与分子生物学研究。E-mail:ljn0131@163.com。

1 材料与方法

1.1 供试材料

草地贪夜蛾幼虫采集于 2020 年 4 月昆明学院安宁象石村实习基地农场,在实验室室内饲养,温度为(26 ±2)℃,湿度为 60%~80%,光一暗周期为 14 h—10 h。刚孵化的草地贪夜蛾幼虫放入装有 人工饲料的饲养箱(30 cm×18 cm×5 cm)中^[8],每天添加新鲜饲料并观察记录^[8],清理粪便。挑选大小一致的 5 龄幼虫分别用含有 0.5% 烟碱、0.05% 黄酮、0.5% 棉酚、0.01% 水杨酸、0.1% 香豆素的人工饲料进行饲养,对照为正常取食人工饲料的草地贪夜蛾。饲喂 48 h 后,分别提取贪夜蛾中肠和脂肪体,每个处理 20 头虫,重复 3 次,−80℃保存备用。

1.2 试验方法

1.2.1 酶源提取 将 5 龄幼虫置于冰上,沿背中线剖开虫体,轻轻用镊子取出中肠,加入预冷的 0.04 mol/L 的磷酸缓冲液中冲洗,并置于离心管中,5 头幼虫合并 1 个检测样,−80℃保存备用,重复 3 次。加入 1 000 μL 0.1 mol/L 缓冲液(pH 值 7.6)匀浆,全部溶液合并后于 4℃下 10 000 g 离心 20 min,保留上清液待测。

1.2.2 各种酶活性测定 酶活性的测定采用以下方法:谷胱甘肽-S-转移酶(GST)活力测定参照文献[9]的方法;羧酸酯酶(CarE)活力测定参照文献[10]的方法;乙酰胆碱酯酶的活力参考 Ellman 的方法^[11]进行改良测定;细胞色素 P450 含量的测定参照文献[12]的方法。

1.2.3 引物设计 PCR 扩增引物根据 GenBank 中草地贪夜蛾的 *CYP4L13* (FP340412.1)和 *CYP4M14* (FP340419.1)序列设计^[13],以 *EF-1a* (Elongation factor-1a) (U20129)为内标基因,引物分别为:*CYP4L13* F(5′-ACGAACGTGAGTCTGCCTATGTG A-3′)、*CYP4L13* R(5′-ACGSCGTCCGACCAAAA ATC-3′)、*CYP4M14* F(5′-TGATCYCGGACTTGCA CTTG-3′)、*CYP4M14* R(5′-GTCCAGCGCTGAAAG GAATA-3′)、*EF-1a* F(5′-GACAAACGTACCAT CGAGAAG-3′)。

1.2.4 总 RNA 提取 采用 TRIzol Reagent (Invitrogen,USA)的方法进行总 RNA 的提取。将刚解剖的草地贪夜蛾中肠和脂肪体置于装有预冷的磷酸缓冲液(pH 值 7.8)中充分研磨,利用 Nanodrop ND-1000 检测总 RNA 浓度和纯度。

1.2.5 半定量 RT-PCR 检测 依据 iScript cDNA Synthesis kit (Bio-Rad,USA)方法进行 cDNA 合成。半定量 RT-PCR 采用 25 μL 反应体系:10×Buffer 2.5 μL; cDNA 模板 1.0 μL; 2.5 mmol dNTP 2.0 μL; ddH₂O 18.3 μL; r *Taq* 聚合酶 0.2 μL; 上下游引物各 0.5 μL。反应条件为 94℃ 3 min; 94℃ 30 s, 60℃ 30 s, 72℃ 45 s, 35 个循环。电泳后凝胶成像系统检测目的基因表达量。

1.3 数据统计分析

采用 SPSS 19.0 进行试验数据统计与分析。

2 结果与分析

2.1 植物次生代谢物质对草地贪夜蛾幼虫乙酰胆碱酯酶活性的影响

研究发现,人工饲喂含有 0.5% 烟碱、0.05% 黄酮、0.5% 棉酚、0.1% 香豆素的人工饲料 48 h 后,幼虫头部 AChE 活性较对照分别提高 1.34、0.50、0.82、0.68 倍($F=18.146, P<0.001$)。而饲喂 0.01% 水杨酸人工饲料 48 h 后幼虫头部 AChE 活性有所降低。表明通过饲喂烟碱、黄酮、棉酚、香豆素能够显著诱导增强草地贪夜蛾头部 AChE 活性(表 1)。

表 1 5 种植物次生代谢物质对草地贪夜蛾幼虫 AChE 活性的影响

植物次生代谢物质	AChE 活性 (U/mg)
0.5% 烟碱	0.131 ±0.022a
0.05% 黄酮	0.084 ±0.032bc
0.5% 棉酚	0.102 ±0.009b
0.1% 香豆素	0.094 ±0.014b
0.01% 水杨酸	0.032 ±0.005e
对照	0.056 ±0.001d

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。表 2 至表 4 同。

2.2 植物次生代谢物质对草地贪夜蛾 GSTs 活性的影响

与对照相比,5 龄幼虫饲喂含有 0.5% 烟碱、0.05% 黄酮、0.5% 棉酚、0.1% 香豆素、0.01% 水杨酸的人工饲料 48 h 后,其中肠中的 GSTs 活性分别增加 1.69、0.97、0.41、1.41、2.05 倍($F=19.217, P<0.001$)。而在脂肪体中,所有的植物次生物质都可显著诱导增强 GSTs 的活性,其中棉酚、香豆素和水杨酸 GSTs 活性与对照相比显著增强 6 倍以上($F=33.147, P<0.001$)(表 2)。表明人工饲喂烟碱、黄酮、棉酚、香豆素、水杨酸均能在一定程度上诱导增强草地贪夜蛾中肠和脂肪体中的 GSTs 活性。

表 2 5 种植物次生代谢物质对草地贪夜蛾幼虫 GSTs 活性的影响

植物次生 代谢物质	GSTs 活性[mmol/(min · mg)]	
	中肠	脂肪体
0.5% 烟碱	0.312 ± 0.006b	0.089 ± 0.003c
0.05% 黄酮	0.228 ± 0.008c	0.068 ± 0.003c
0.5% 棉酚	0.164 ± 0.014d	0.107 ± 0.006b
0.1% 香豆素	0.279 ± 0.004bc	0.121 ± 0.002a
0.01% 水杨酸	0.354 ± 0.004a	0.109 ± 0.014b
对照	0.116 ± 0.003e	0.014 ± 0.004d

2.3 植物次生代谢物质对草地贪夜蛾 CarE 活性的影响

草地贪夜蛾 5 龄幼虫取食含有 0.5% 棉酚的人工饲料 48 h 后,其中肠中 CarE 活性显著增加 0.57 倍 ($F = 21.317, P < 0.001$),而饲喂 0.1% 香豆素、0.01% 水杨酸的中肠 CarE 活性受到抑制,分别为对照的 0.83、0.91 倍,且与对照相比存在显著差异。而在脂肪体中,0.01% 水杨酸 CarE 活性受到抑制,为对照的 0.68 倍,其余次生代谢物质与对照相比有所增加,其中 0.5% 烟碱诱导 CarE 的活性显著增加,其余无显著差异(表 3)。综上所述,草地贪夜蛾取食植物次生物质后,其中肠和脂肪体中的 CarE 活性的变化存在一定差异,且中肠中 CarE 活性表现得更为敏感。

表 3 5 种植物次生代谢物质对草地贪夜蛾幼虫 CarE 活性的影响

植物次生 代谢物质	CarE 活性($\mu\text{mol}/\text{mg}$)	
	中肠	脂肪体
0.5% 烟碱	0.979 ± 0.032b	0.963 ± 0.013a
0.05% 黄酮	0.956 ± 0.008b	0.867 ± 0.021ab
0.5% 棉酚	1.344 ± 0.015a	0.799 ± 0.069b
0.1% 香豆素	0.715 ± 0.044d	0.814 ± 0.046b
0.01% 水杨酸	0.769 ± 0.067d	0.532 ± 0.008c
对照	0.854 ± 0.003c	0.788 ± 0.033b

2.4 植物次生代谢物质对草地贪夜蛾细胞色素 P450 含量的影响

与对照相比,各处理中细胞色素 P450 含量变化存在一定差异,其中饲喂含有 0.05% 黄酮、0.5% 棉酚、0.01% 水杨酸人工饲料 48 h 后的中肠 P450 的含量分别增加 3.14、2.43、3.93 倍,且饲喂黄酮和水杨酸的增加效果更为显著;而饲喂 0.5% 烟碱、0.1% 香豆素对其含量无显著影响。在脂肪体中,取食含有 0.5% 烟碱、0.05% 黄酮、0.01% 水杨酸人工饲料 48 h 后,其 P450 含量与对照相比分别增加 0.56、1.69、2.25 倍,且存在显著差异;而饲喂 0.5% 棉酚、0.1% 香豆素对 P450 含量无显著影响(表 4)。

表 4 5 种植物次生代谢物质对草地贪夜蛾幼虫细胞色素 P450 含量的影响

植物次生 代谢物质	P450 含量(nmol/mg)	
	中肠	脂肪体
0.5% 烟碱	0.019 ± 0.033cd	0.025 ± 0.007b
0.05% 黄酮	0.058 ± 0.048a	0.043 ± 0.023a
0.5% 棉酚	0.048 ± 0.015b	0.015 ± 0.009c
0.1% 香豆素	0.021 ± 0.006c	0.014 ± 0.046c
0.01% 水杨酸	0.069 ± 0.028a	0.052 ± 0.018b
对照	0.014 ± 0.003cd	0.016 ± 0.076c

2.5 植物次生代谢物质对草地贪夜蛾 CYP4L13、CYP4M14 表达的影响

草地贪夜蛾 5 龄幼虫经饲喂含有不同植物次生代谢物质的人工饲料后,其体内 2 部位中的 CYP4L13、CYP4M14 均有所表达,且不同处理间诱导程度呈现一定差异。其中取食含有 0.5% 烟碱、0.05% 黄酮、0.5% 棉酚的人工饲料 48 h 后,中肠 CYP4L13 的表达量和对照无明显差异,没有被诱导表达;取食含有 0.01% 水杨酸、0.1% 香豆素的人工饲料其中肠 CYP4L13 的表达量明显减少。草地贪夜蛾幼虫在取食含有 0.05% 黄酮、0.5% 棉酚的人工饲料 48 h 后,其中肠 CYP4M14 的表达量与对照相比均明显增加,而取食含有 0.5% 烟碱、0.01% 水杨酸、0.1% 香豆素人工饲料 48 h 后的 CYP4M14 均未被诱导。在脂肪体中,取食含有 0.05% 黄酮、0.5% 棉酚的人工饲料 48 h 后 CYP4L13 的表达量略有增加,而其余的无明显表达;同时在各处理中 CYP4M14 的表达量均呈现不同程度的增加,且 CYP4L13、CYP4M14 表达量在中肠与脂肪体 2 部位中存在一定差异(图 1)。

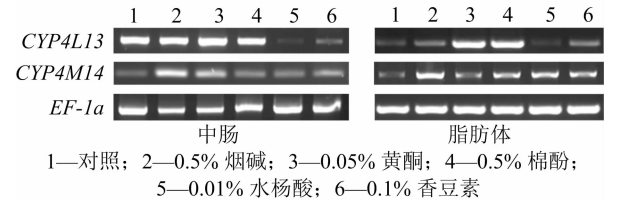


图1 半定量 RT-PCR 检测草地贪夜蛾幼虫中肠和脂肪体 CYP4L13、CYP4M14 的影响

3 讨论与结论

黄敏燕等通过向斜纹夜蛾 5 龄幼虫饲喂不用浓度没食子酸、芸香苷等植物次生代谢物质的方法研究斜纹夜蛾的解毒机制,发现不同类型的植物次生代谢物质和解毒酶活性基因的表达共同影响了斜纹夜蛾的解毒代谢^[14]。Zou 等发现,不同寄主植物对斜纹夜蛾幼虫的取食适应从高到低依次为甘蓝、黄瓜、甘薯、花生和辣椒,其谷胱甘肽 - S - 转移酶

SIGSTE1 可能与寄主植物的摄食适应有关^[15]。10 种宿主植物对草地贪夜蛾 GSTs 的诱导作用不同,欧洲防风诱导能力最强,棉花诱导能力最弱^[16]。与此同时,植物次生代谢物质不同,作用于昆虫体内解毒酶系的效果也有所差异,王瑞龙等研究发现,水杨酸、花椒毒素、香豆素能够诱导增强斜纹夜蛾中肠和脂肪体中 GSTs 的活性^[17]。本研究结果表明,0.5% 烟碱、0.05% 黄酮、0.5% 棉酚、0.1% 香豆素、0.01% 水杨酸能够有效增强中肠 GSTs 活性,其中棉酚、香豆素和水杨酸在脂肪体中可诱导 GSTs 活性显著增强 6 倍以上。另外,0.5% 棉酚可诱导草地贪夜蛾中肠 CarE 活性增加,而 0.1% 香豆素和 0.01% 水杨酸诱导后 CarE 活性受到抑制,而在脂肪体中 0.5% 烟碱诱导 CarE 的活性显著增加。刘佳妮等通过对马铃薯块茎蛾进行连续 5 代的含烟碱饲料饲喂,发现烟碱处理后其体内解毒酶 CarE 和 GST 的含量呈逐渐降低的趋势,可能是马铃薯块茎蛾为了适应烟碱而作出的响应^[18]。

细胞色素 P450 是昆虫体内的主要解毒酶系,对昆虫的生长、发育以及抵御外界胁迫等方面发挥着重要作用^[19]。目前已鉴定的细胞色素 P450 大多属于 CYP4 等 27 个家族,其中 CYP4 家族主要参与生物合成与代谢、外源有毒物质代谢以及响应外部环境胁迫,同时也与适应寄主植物和耐药性、抗药性的形成密切相关^[20]。张继红等通过向饲料中添加烟碱和棉酚的方法研究次生物质对棉铃虫生长以及体内酶系的影响时发现 2 个处理对其生长无明显影响,但其中肠 P450 酶系的组成以及酶活性存在一定差异^[21]。本研究发现,草地贪夜蛾仅在取食含有黄酮和棉酚人工饲料后,CYP14 在中肠的表达量增加,而取食含有烟碱、黄酮、棉酚、水杨酸和香豆素 5 种次生代谢物质后,脂肪体 CYP14 表达量均有增加。草地贪夜蛾中肠 CYPL13 表达量的变化趋势与 CYPL14 一致,仅在取食含有黄酮和棉酚人工饲料后,脂肪体中 CYPL13 的表达量略有增加,其余的无明显表达。在中肠中,饲喂水杨酸和香豆素人工饲料后,CYPL13 表达量减少。表明不同植物次生代谢物质能诱导草地贪夜蛾中肠和脂肪体中 CYP14 和 CYPL13 的表达增强,同时增加 P450 含量。烟草天蛾(*Manduca sexta*)的幼虫可以通过增加体内 P450 含量来提高对次生代谢物质的解毒作用^[22]。薛明等发现,甜菜夜蛾幼虫取食转 *Bt* 基因棉后,其体内 AchE 活性较取食普通棉花相比显著增

高^[23]。本研究中草地贪夜蛾取食各植物次生物质后表现出其头部 AchE 活性增强的结论与之一致。

植物次生代谢产物在昆虫和植物的共同进化中起关键作用,植物次生代谢物的类型很多,阐明次生代谢物诱导和调控昆虫解毒酶的机制,对于揭示植物与昆虫之间的协同进化关系以及制定害虫防治策略都具有重要意义。

参考文献:

- [1] 陈澄宇,康志娇,史雪岩,等. 昆虫对植物次生物质的代谢适应机制及其对昆虫抗药性的意义[J]. 昆虫学报,2015,58(10): 1126 - 1139.
- [2] Zhu - Salzman K, Zeng R S. Insect response to plant defensive protease inhibitors[J]. Annual Review of Entomology, 2015, 60: 233 - 252.
- [3] 董钧锋,张继红,王琛柱. 植物次生物质对烟青虫和棉铃虫食物利用及中肠解毒酶活性的影响[J]. 昆虫学报,2002,45(3): 296 - 300.
- [4] Berenbaum M R. Comparative processing of allelochemicals in the *Papilionidae* (Lepidoptera)[J]. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 1991, 17(4): 213 - 221.
- [5] Pedrini N, Zhang S Z, Juárez M P, et al. Molecular characterization and expression analysis of a suite of cytochrome P450 enzymes implicated in insect hydrocarbon degradation in the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*[J]. Microbiology, 2010, 156(8): 2549 - 2557.
- [6] Claudianos C, Ranson H, Johnson R M, et al. A deficit of detoxification enzymes: pesticide sensitivity and environmental response in the honeybee[J]. Insect Molecular Biology, 2006, 15(5): 615 - 636.
- [7] 赵胜国,罗倩明,孙小旭,等. 草地贪夜蛾与斜纹夜蛾的形态特征和生物学习性比较[J]. 中国植保导刊,2019,39(5): 26 - 35.
- [8] 王世英,朱启旋,谭煜婷,等. 草地贪夜蛾室内人工饲料群体饲养技术[J]. 环境昆虫学报,2019,41(4): 742 - 747.
- [9] 杨秀清,高希武,郑炳宗. 烟粉虱与温室白粉虱羧酸酯酶、谷胱甘肽转移酶和乙酰胆碱酯酶性质的比较研究[J]. 农药学报, 2001, 3(4): 38 - 43.
- [10] van Asperen K. A study of housefly esterases by means of a sensitive colorimetric method[J]. Journal of Insect Physiology, 1962, 8(4): 401 - 416.
- [11] Gao X W. Introduction of Ellman procedure for assay of cholinesterases in crude enzymatic preparations modified by Gorun[J]. Entomological Knowledge, 1987, 24(4): 245 - 246.
- [12] Omura T, Ito A. Biosynthesis and intracellular sorting of mitochondrial forms of cytochrome P450 [J]. Methods in Enzymology, 1991, 206: 75 - 81.
- [13] Giraudo M, Hilliou F, Fricaux T, et al. Cytochrome P450s from the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*): responses to plant allelochemicals and pesticides[J]. Insect Molecular Biology, 2015, 24(1): 115 - 128.

任雪敏,徐志文,赵 斌,等. 草地贪夜蛾的捕食性天敌昆虫研究进展[J]. 江苏农业科学,2022,50(8):15-22.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.08.004

草地贪夜蛾的捕食性天敌昆虫研究进展

任雪敏¹, 徐志文², 赵 斌¹, 路纪芳¹, 孙亚茹¹

(1. 贵州省遵义市林业科学研究所, 贵州遵义 563000; 2. 贵州省遵义市林业局, 贵州遵义 563000)

摘要:草地贪夜蛾是一种杂食性农业害虫,具有适应性强、繁殖力迅猛、危害严重等特点。自 2019 年 1 月侵入我国云南以来,快速在云南省、贵州省等省(区、市)传播,对我国农业生产和粮食安全构成严重威胁。汇总了草地贪夜蛾的捕食性天敌昆虫,涉及蜻、瓢虫、草蛉、螳螂等 5 目 12 科 58 种,而不同目的捕食天敌对草地贪夜蛾的捕食行为存在一定差异。归纳不同虫态的捕食者对草地贪夜蛾幼虫和卵的捕食功能反应,均为 Holling II 模型。通过日最大捕食量、瞬时攻击率、处理时间、捕食行为等捕食功能指标,分析成虫和幼虫(若虫)时的捕食天敌猎食草地贪夜蛾卵和不同龄期幼虫的捕食能力。可知半翅目的天敌对草地贪夜蛾的中高龄幼虫具有较好捕食效果,鞘翅目、脉翅目和革翅目的天敌对其卵和低龄幼虫的捕食能力强。同时概述当前防治研究存在的不足,并提出防治建议和研究方向。本文将作为筛选出优势捕食天敌昆虫及合理制定草地贪夜蛾防控技术体系提供参考。

关键词:草地贪夜蛾;天敌昆虫;捕食;综述

中图分类号:S433.4;S476.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)08-0015-08

草地贪夜蛾 [*Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)], 别称草地夜蛾、秋黏虫、秋行军虫、伪黏虫, 属鳞翅目 (Lepidoptera) 夜蛾科 (Noctuidae)^[1]。它是一种起源美洲的外来入侵害虫,其成虫迁飞能力

强,传播距离能超过 100 km/d^[2];繁殖迅速,雌虫一生产卵量最高可达 2 000 粒^[3];幼虫食性广泛,可取食 76 科 353 种植物^[4],低龄幼虫取食叶片会使叶脉呈半透明窗纱状,高龄幼虫取食可将幼苗基部切断,对玉米、高粱、小麦、大豆、马铃薯和甘蔗等多种农作物造成严重危害。2019 年 1 月该虫入侵我国云南^[1],目前已扩散至多个省(直辖市、自治区)。为掌握草地贪夜蛾生物学等习性,有效控制其在我国进一步扩散威胁粮食安全,众多学者对其做了大量研究。在中国知网中以“草地贪夜蛾”进行主题搜索,在 1984—2018 年期间国内对该虫的研究仅有 45 篇文献,年均仅为 1 篇,2019—2021 年下半年有

收稿日期:2021-11-14

基金项目:中央引导地方科技发展资金(编号:黔科中引地[2019]4004号);贵州省遵义市科技计划(编号:遵市科合支撑 NS[2020]2号)。

作者简介:任雪敏(1994—),女,云南祥云人,硕士,工程师,主要从事有害生物防治研究。E-mail:1685800140@qq.com。

通信作者:徐志文,硕士,工程师,主要从事农林资源保护与利用。E-mail:978115111@qq.com。

[14]黄敏燕,李雪峰. 植物次生物质对斜纹夜蛾解毒酶活性的影响[J]. 基因组学与应用生物学,2018,37(8):3495-3502.

[15]Zou X P, Xu Z B, Zou H W, et al. Glutathione S-transferase SIGSTE1 in *Spodoptera litura* may be associated with feeding adaptation of host plants[J]. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 2016, 70:32-43.

[16]Yu S J. Interactions of allelochemicals with detoxication enzymes of insecticide-susceptible and resistant fall armyworms[J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 1984, 22(1):60-68.

[17]王瑞龙,孙玉林,梁笑婷,等. 6种植物次生物质对斜纹夜蛾解毒酶活性的影响[J]. 生态学报,2012,32(16):5191-5198.

[18]刘佳妮,黄鹤平,黄金珠,等. 烟碱对马铃薯块茎蛾幼虫保护酶和解毒酶的影响[J]. 贵州农业科学,2015,43(3):78-81.

[19]李易芯,万 群,徐文君,等. 代谢抑制剂与 P450s 抑制剂对上海青

吸收噻虫嗪的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(4):172-176.

[20]Fleming I. The cytochrome P450 pathway in angiogenesis and endothelial cell biology[J]. Cancer Metastasis Reviews, 2011, 30(3/4):541-555.

[21]张继红,董钧锋,王琛柱,等. 棉酚和烟碱对棉铃虫的生长和细胞色素 P-450 单加氧酶活性的影响[J]. 昆虫知识,2001,38(4):276-278.

[22]Snyder M J, Glendinning J I. Causal connection between detoxification enzyme activity and consumption of a toxic plant compound[J]. Journal of Comparative Physiology A, 1996, 179(2):255-261.

[23]薛 明,董 杰,张成省. 取食转 Bt 基因棉等植物对甜菜夜蛾生长发育和药剂敏感性的影响[J]. 植物保护学报,2002,29(1):13-18.