

李敬丹,付璇,孙嘉洛,等. 紫茉莉种子对草地贪夜蛾的生物活性[J]. 江苏农业科学,2022,50(8):5-10.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.08.002

紫茉莉种子对草地贪夜蛾的生物活性

李敬丹,付璇,孙嘉洛,梁倩

(西南林业大学林学院,云南昆明 650224)

摘要:为寻找防治草地贪夜蛾效果较好的植物资源,从 20 种植物中筛选出杀虫效果较好的紫茉莉种子,评价紫茉莉种子中石油醚、三氯甲烷、乙酸乙酯、水 4 种萃取物对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的室内杀虫活性。采用小叶碟添加法进行拒食活性测定,24、48 h 时紫茉莉种子石油醚萃取物对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的拒食中浓度(AFC_{50})分别为 0.238、0.068 g/L;采用浸叶法进行胃毒活性试验,1、3、5、7 d 时紫茉莉种子石油醚萃取物的致死中浓度(LC_{50})分别为 300.393、53.104、23.324、19.816 g/L;采用浸虫法进行触杀活性试验, LC_{50} 分别为 7.734、6.483、6.315、6.070 g/L。表明紫茉莉种子石油醚萃取物对草地贪夜蛾幼虫具有较强的拒食、胃毒和触杀活性,说明紫茉莉种子石油醚萃取物对草地贪夜蛾具有良好的杀虫活性,有望为防治草地贪夜蛾新型天然杀虫剂的开发提供依据。

关键词:紫茉莉种子;草地贪夜蛾;拒食活性;胃毒活性;触杀活性;生物防治

中图分类号:S482.3⁺9 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)08-0005-06

草地贪夜蛾(*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith)是鳞翅目(Lepidoptera)夜蛾科(Noctuidae)灰翅夜蛾属(*Spodoptera*)昆虫,主要寄主为玉米,其次还有甘蔗、高粱、谷子、小麦、薏米、花生、莠术、香蕉、生姜、竹芋、水稻、马铃薯、油菜、辣椒等作物^[1]。它具有啃食速度快、迁飞速度快、繁殖速度快和适应能力强等特点,严重威胁了重要经济作物,阻碍了农业经济的发展^[2]。草地贪夜蛾起源于美洲的亚热带和热带地区,于 2016 年传入非洲,经国际热带农业研究所鉴定为农业害虫,给尼日利亚等非洲国家的农业经济造成了极大损失^[3]。2019 年 1 月从缅甸传入我国云南江城,随后扩散至贵州、海南、广西等

多个省份,由于其暴发性强,难于防治,预测每年危害玉米、甘蔗等的面积约为 500 万 hm^2 ,给我国农业发展带来了巨大挑战^[4]。联合国粮农组织(FAO)通过对 12 个非洲国家评估发现,2018 年草地贪夜蛾造成的玉米损失达 1 770 万 t,考虑到草地贪夜蛾对全球粮食和农民生计的威胁,FAO 决定开展为期 3 年的全球草地贪夜蛾防控行动,旨在建立全球合作机制,以便随时监测草地贪夜蛾的发展动向,遏制其向新地区入侵扩散^[5]。目前有效控制草地贪夜蛾的主要手段是化学防治,化学防治易使其产生抗药性,有数据显示在草地贪夜蛾的防治过程中美洲多地区显示出抗药性,草地贪夜蛾至少对 29 种不同杀虫化学成分产生了抗性^[6-7]。除此之外苏云金芽孢杆菌(*Bt*)转基因作物也常用于草地贪夜蛾的防治,但随着 *Bt* 作物种植面积不断增加,草地贪夜蛾对其也产生了抗性,致使表达 *CryIAb*、*CryIF* 等毒素基因的许多 *Bt* 玉米在种植 3 年后即失去对草地贪夜蛾的防治作用,因此亟需找到新的防治途径来控制草地贪夜蛾的扩散^[8-9]。近年来,生物杀虫

收稿日期:2021-12-23

基金项目:国家自然科学基金(编号:31201572);西南林业大学人才引进项目(编号:111307)。

作者简介:李敬丹(1996—),女,河北衡水人,硕士研究生,从事植物学研究。E-mail:1453196180@qq.com。

通讯作者:梁倩,博士,副教授,主要从事植物资源开发与利用研究。E-mail:liangqian533@163.com。

[24]唐艺婷,李玉艳,刘晨曦,等. 蠋蝽对草地贪夜蛾的捕食能力评价和捕食行为观察[J]. 植物保护,2019,45(4):65-68.

[25]王燕,张红梅,尹艳琼,等. 蠋蝽成虫对草地贪夜蛾不同龄期幼虫的捕食能力[J]. 植物保护,2019,45(5):42-46.

[26]Holling C S. Some characteristics of simple types of predation and parasitism[J]. The Canadian Entomologist,1959,91(7):385-398.

[27]喻会平,王召,龙贵云,等. 不同虫态异色瓢虫对 3 种蚜虫的

捕食功能反应[J]. 江苏农业科学,2018,46(18):86-90.

[28]庄丽,李为争,杨雷,等. 瓢虫对蚜虫功能反应的影响因子[J]. 华中昆虫研究,2012,8(1):30-35.

[29]张晓军,张健,孙守慧. 蠋蝽对榆紫叶甲的捕食作用[J]. 中国森林病虫,2016,35(1):13-15,30.

[30]唐艺婷,王孟卿,李玉艳,等. 蠋蝽对斜纹夜蛾幼虫的捕食作用[J]. 中国烟草科学,2020,41(1):62-66.

剂成为研究热点,生物杀虫剂一般定义为从天然产物或自然界(包括动物、植物、微生物和矿物质)中提取的杀虫剂,植物源杀虫剂作为其中一种,具有较低的环境污染性和对哺乳动物的低毒害风险、对非目标生物体的较高特异性和安全性、较低的耐药性等特点,成为生物杀虫剂创制的重要途径和研究热点^[10]。

紫茉莉(*Mirabilis jalapa* L.)是紫茉莉科(Nyctaginaceae)紫茉莉属(*Mirabilis*)草本植物,原产于热带美洲^[11],果实为黑色瘦果,球形且表面具有皱纹,种子胚乳为细腻白粉质^[12]。现在我国南北各地常作为观赏花卉栽培,根、叶可供药用,有清热解毒、活血调经和滋补的功效^[13]。紫茉莉种子白粉状胚乳有延缓肌肤衰老、祛痘的作用,花的提取物可促进胶原蛋白合成,可用于制作化妆品^[14-15]。彭跃峰等研究发现,紫茉莉茎的提取物对菜粉蝶幼虫有拒食、胃毒以及毒杀活性,紫茉莉茎的三氯甲烷萃取物对菜粉蝶幼虫杀虫活性最强,且紫茉莉茎提取物有杀卵和抑制产卵的作用^[16-17];曹晓莉研究比较了苍耳子、艾蒿和紫茉莉3种植物叶和茎提取物的杀蚊效果,发现紫茉莉有较强的杀蚊活性^[18];此外紫茉莉粗提物对二斑叶螨雌成螨和卵均有杀虫和抑制发育活性^[19];紫茉莉乙醇粗提物处理斜纹夜蛾,会削弱斜纹夜蛾的免疫活性,且紫茉莉所含的化合物可作为斜纹夜蛾的生物杀虫剂和拒食剂^[20-21],说明紫茉莉具有杀虫作用,但目前还未发现紫茉莉提取物对草地贪夜蛾杀虫活性的报道。本试验前期测定了20种植物粗提物对草地贪夜蛾3龄幼虫的室内杀虫活性,发现紫茉莉种子粗提物的杀虫活性较强,遂用石油醚、三氯甲烷、乙酸乙酯、水为溶剂将紫茉莉种子粗提物萃取成4个部分,并进一步研究紫茉莉对草地贪夜蛾的杀虫活性。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 供试植物样品 供试植物样品于2021年4月购自云南省昆明市螺蛳湾中药材市场,经西南林业大学林学院植物学教研室杜凡教授鉴定为紫茉莉种子。将购买的样品阴干粉碎,备用。

1.1.2 供试草地贪夜蛾 虫卵由河南省济源白云实业有限公司提供,在温度为 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 $(75 \pm 5)\%$ 、光—暗周期为16 h—8 h的人工气候培养箱内培养,孵化出来的幼虫用玉米叶片饲养,筛选

生长发育状态一致且健康的3龄初期幼虫作为试虫。

1.2 试验方法与条件

1.2.1 植物提取物制备 紫茉莉种子阴干、粉碎,用95%乙醇溶液冷浸提取,减压浓缩得到浸膏。将此粗提物悬浮在水中,依次用石油醚、三氯甲烷和乙酸乙酯萃取,得到石油醚萃取物、三氯甲烷萃取物、乙酸乙酯萃取物和水萃取物。

1.2.2 供试溶液配制 分别精确称取一定量的萃取物于玻璃瓶中,用0.5%吐温80水溶液配成不同浓度。用0.5%吐温80水溶液作阴性对照,用除虫菊酯和印楝素分别作阳性对照。

1.2.3 室内毒力测定

1.2.3.1 拒食活性测定 采用小叶碟添加法^[22]测定各萃取物对草地贪夜蛾的拒食活性。用圆形打孔器将新鲜的玉米叶片打成直径为2 cm的叶碟,通过预试验确定萃取物的浓度梯度,将叶碟在不同浓度的溶液中浸渍5 s后取出,置于滤纸上自然晾干,再放入带盖塑料盒中,每盒放入2片叶碟,将经过饥饿处理4 h的试虫放入盒中饲养,每盒1头。以0.5%吐温80水溶液作阴性对照,印楝素作阳性对照。每种萃取物每个浓度处理幼虫10头,重复5次。24、48 h时分别用1 mm×1 mm的方格纸测量幼虫的取食面积并记录,根据公式(1)计算拒食率,通过拒食率计算拒食中浓度(AFC₅₀)。

$$\text{拒食率} = (CK - T) / CK \times 100\% \quad (1)$$

式中: T 为处理组叶片消耗量; CK 为对照组叶片消耗量。

1.2.3.2 胃毒活性测定 采用浸叶法^[23]测定各萃取物对草地贪夜蛾3龄幼虫的胃毒活性。通过预试验确定各萃取物的浓度梯度,每个萃取物分别设置5个浓度梯度进行胃毒活性试验。将玉米叶片剪成5 cm左右的叶段,选取1~2片分别在各个浓度萃取物溶液中浸渍5 s,自然晾干后置于塑料盒中。选取发育一致且饥饿处理4 h后的草地贪夜蛾3龄幼虫放入盒中,放入人工气候培养箱培养,以0.5%吐温80水溶液作阴性对照,除虫菊酯做阳性对照。每种萃取物每个浓度处理幼虫10头,5次重复。处理1、3、5、7 d时检查幼虫存活状态,用毛笔轻触幼虫体表,若虫体僵直无反应则判定为死亡,记录死亡数、存活数,并根据公式(2)、公式(3)计算死亡率及校正死亡率。

$$\text{死亡率} = \text{死亡虫数} / \text{处理总虫数} \times 100\%; \quad (2)$$

$$\text{校正死亡率} = (\text{处理组死亡率} - \text{对照死亡率}) /$$

(1 - 对照组死亡率) × 100%。(3)

1.2.3.3 触杀活性测定 采用浸虫法^[24]测定各萃取物对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的杀虫活性。通过预试验确定萃取物的浓度梯度,选取发育一致且饥饿处理 4 h 后的 3 龄幼虫浸渍在不同浓度的溶液中 5 s 后放入盒中饲养。以 0.5% 吐温 80 水溶液作阴性对照,除虫菊酯作阳性对照。每种提取物每个浓度处理幼虫 10 头,重复 5 次。处理 1、3、5、7 d 时检查幼虫存活状态,并根据公式(2)、公式(3)计算死亡率及校正死亡率。

1.4 数据处理

采用 Microsoft Excel 对数据进行整理,采用 SPSS 18.0 软件进行分析,计算紫茉莉种子石油醚、

三氯甲烷、乙酸乙酯和水萃取物的拒食中浓度(AFC₅₀)、半数致死浓度(LC₅₀)、LC₅₀ 值与 AFC₅₀ 值的 95% 置信区间及卡方等参数。

2 结果与分析

2.1 紫茉莉种子萃取物对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的拒食活性

紫茉莉种子 4 部分萃取物及阳性对照印楝素对草地贪夜蛾 3 龄幼虫 24、48 h 的拒食活性见表 1。从表 1 可以看出,24、48 h 时,紫茉莉种子石油醚萃取物对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的拒食活性较强,AFC₅₀ 分别为 0.238、0.068 g/L,明显好于三氯甲烷相、乙酸乙酯相和水相的拒食活性。

表 1 紫茉莉种子萃取物及印楝素对草地贪夜蛾的拒食活性

处理时间 (h)	萃取物	AFC ₅₀ (g/L)	AFC ₅₀ 的 95% 置信区间 (g/L)	斜率 ± 标准差	χ ²	P 值
24	石油醚相	0.238	0.081 ~ 0.852	0.241 ± 0.041	3.261	0.353
	三氯甲烷相	21.906	2.525 ~ 4 881.716	0.166 ± 0.041	3.576	0.311
	乙酸乙酯相	102.788	5.397 ~ 2 476 295.687	0.137 ± 0.041	4.523	0.210
	水相	15.239	2.671 ~ 513.397	0.209 ± 0.042	1.198	0.753
	印楝素	0.006	0.002 ~ 0.012	0.975 ± 0.083	6.484	0.090
48	石油醚相	0.068	0.013 ~ 0.309	0.180 ± 0.040	0.481	0.923
	三氯甲烷相	0.421	0.087 ~ 4.774	0.163 ± 0.040	0.138	0.987
	乙酸乙酯相	16.643	1.231 ~ 289 509.175	0.123 ± 0.041	2.155	0.541
	水相	15.184	2.157 ~ 1 303.023	0.179 ± 0.042	1.069	0.784
	印楝素	0.006	0.002 ~ 0.015	1.073 ± 0.088	9.058	0.029

2.2 紫茉莉种子萃取物对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的胃毒作用

紫茉莉种子石油醚相、三氯甲烷相和乙酸乙酯相萃取物在 100 g/L(预试验所得浓度)浓度下对草地贪夜蛾 3 龄幼虫进行胃毒处理,校正死亡率见表 2。从表 2 可以看出,浓度为 100 g/L 时,1 d 时石油醚、三氯甲烷、乙酸乙酯和水萃取物对草地贪夜蛾的校正死亡率均小于 50%,紫茉莉种子石油醚萃取物的校正死亡率最高,为 46.00%。3 d 时,石油醚萃取物对草地贪夜蛾的校正死亡率大于 50%,三

氯甲烷相、乙酸乙酯相、水相的校正死亡率均小于 50%,石油醚萃取物对草地贪夜蛾的校正死亡率最高,为 74.00%。5 d 时,石油醚萃取物和三氯甲烷萃取物的校正死亡率大于 50%,分别为 82.00%、56.89%,其余均小于 50%。7 d 时,石油醚萃取物和三氯甲烷萃取物对草地贪夜蛾的校正死亡率分别为 86.00%、60.89%,其余均小于 50%。

将胃毒试验校正死亡率大于 50% 的石油醚和三氯甲烷萃取物设置 5 个浓度梯度,采用浸叶法进行胃毒试验,数据见表 3。由表 3 可知,1、3、5、7 d 时,

表 2 紫茉莉种子萃取物在 100 g/L 浓度下对草地贪夜蛾的胃毒校正死亡率

萃取物	校正死亡率(%)			
	1 d	3 d	5 d	7 d
石油醚相	46.00 ± 2.45a	74.00 ± 2.45a	82.00 ± 3.74a	86.00 ± 4.00a
三氯甲烷相	8.00 ± 2.00b	36.00 ± 2.45b	56.89 ± 3.11b	60.89 ± 4.68b
乙酸乙酯相	12.67 ± 2.40b	19.67 ± 4.48c	28.57 ± 8.23c	28.57 ± 8.23c
水相	10.00 ± 0.00b	14.00 ± 2.45c	20.44 ± 4.23c	20.44 ± 4.23c

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 4 同。

表 3 紫茉莉种子石油醚相和三氯甲烷相萃取物对草地贪夜蛾的胃毒活性

萃取物	处理时间 (d)	LC ₅₀ (g/L)	LC ₅₀ 的 95% 置信区间 (g/L)	斜率 ± 标准差	χ ²	P 值
石油醚相	1	300.393		1.109 ± 0.207	19.036	0.000
	3	53.104	31.294 ~ 185.497	1.668 ± 0.172	10.056	0.018
	5	23.324	14.925 ~ 37.798	1.911 ± 0.161	8.730	0.033
	7	19.816	17.029 ~ 23.065	1.889 ± 0.162	5.260	0.154
三氯甲烷相	1	867.339	298.983 ~ 67 300.372	1.518 ± 0.478	1.776	0.620
	3	133.082	90.273 ~ 2 762.921	3.513 ± 0.566	7.991	0.046
	5	94.019	84.360 ~ 108.162	4.301 ± 0.526	4.357	0.225
	7	88.959	80.283 ~ 101.048	4.391 ± 0.514	3.235	0.357
除虫菊酯	1	0.159	0.125 ~ 0.216	1.861 ± 0.230	1.387	0.709
	3	0.072	0.019 ~ 2.820	1.313 ± 0.117	23.552	0.000
	5	0.030	0.009 ~ 0.118	1.619 ± 0.125	20.793	0.000
	7	0.020	0.000 ~ 31.492	2.177 ± 0.174	43.916	0.000

紫茉莉种子石油醚萃取物对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的 LC₅₀ 分别为 300.393、53.104、23.324、19.816 g/L。7 d 时,紫茉莉种子石油醚萃取物对草地贪夜蛾的杀虫活性达到最高。1、3、5、7 d 时,紫茉莉种子三氯甲烷萃取物对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的 LC₅₀ 分别为 867.339、133.082、94.019、88.959 g/L,比较 2 种萃取物的 LC₅₀ 可知,紫茉莉种子石油醚萃取物的胃毒活性要明显好于三氯甲烷相。

2.3 紫茉莉种子各萃取物对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的触杀作用

紫茉莉种子石油醚相、三氯甲烷相、乙酸乙酯相和水相在 100 g/L 的浓度下对草地贪夜蛾 3 龄幼虫进行触杀试验,校正死亡率见表 4。从表 4 可以

看出,浓度为 100 g/L 时,1 d 时石油醚、三氯甲烷、乙酸乙酯萃取物对草地贪夜蛾的校正死亡率均大于 50%,紫茉莉种子石油醚萃取物的校正死亡率最高,为 92.00%。3 d 时,石油醚相、三氯甲烷相、乙酸乙酯相的校正死亡率均大于 50%,石油醚萃取物对草地贪夜蛾的校正死亡率最高,为 96.00%。5 d 时,石油醚相、三氯甲烷相、乙酸乙酯相的校正死亡率大于 50%,分别为 96.00%、64.00%、80.00%。7 d 时,石油醚、三氯甲烷、乙酸乙酯萃取物的校正死亡率和 5 d 时相同,水相的校正死亡率小于 50%。将校正死亡率大于 50% 的石油醚、三氯甲烷、乙酸乙酯萃取物设置 5 个浓度梯度,采用浸虫法进行触杀试验,结果见表 5。

表 4 紫茉莉种子各萃取物在 100 g/L 浓度下对草地贪夜蛾的触杀校正死亡率

萃取物	校正死亡率(%)			
	1 d	3 d	5 d	7 d
石油醚相	92.00 ± 2.00a	96.00 ± 2.45a	96.00 ± 2.45a	96.00 ± 2.45a
三氯甲烷相	62.00 ± 2.00a	64.00 ± 2.45a	64.00 ± 2.45a	64.00 ± 2.45a
乙酸乙酯相	80.00 ± 0.00a	80.00 ± 0.00a	80.00 ± 0.00a	80.00 ± 0.00a
水相	0.00 ± 0.00b	2.00 ± 2.00b	2.00 ± 2.00b	4.00 ± 2.45b

由表 5 可知,1、3、5、7 d 时,紫茉莉种子石油醚萃取物对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的 LC₅₀ 分别为 7.734、6.483、6.315、6.070 g/L。7 d 时,紫茉莉种子石油醚萃取物对草地贪夜蛾的触杀作用达到最强;1、3、5、7 d 时,紫茉莉种子三氯甲烷萃取物对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的 LC₅₀ 分别为 92.614、91.061、91.061、88.782 g/L,乙酸乙酯萃取物对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的 LC₅₀ 分别为 54.674、49.821、49.821、49.821 g/L,三者对比可知紫茉莉种子石油醚萃取

物的杀虫效果明显优于三氯甲烷萃取物和乙酸乙酯萃取物。

3 结论与讨论

有研究表明,在没有人干预的条件下,非洲 12 个国家每年会因草地贪夜蛾造成 830 万 ~ 2 060 万 t 的玉米损失,相当于这 12 个国家 3 年平均玉米产量的 21% ~ 53%^[25]。由于玉米是撒哈拉以南非洲地区人民的主要粮食作物,草地贪夜蛾对非洲人

表 5 紫茉莉种子各萃取物及除虫菊酯对草地贪夜蛾的触杀活性

萃取物	处理时间 (d)	致死中浓度 LC ₅₀ (g/L)	LC ₅₀ 的 95% 置信区间 (g/L)	斜率 ± 标准差	χ ²	P 值
石油醚相	1	7.734	6.203 ~ 9.699	3.854 ± 0.294	5.602	0.133
	3	6.483	3.130 ~ 17.177	2.815 ± 0.203	29.494	0.000
	5	6.315	3.386 ~ 13.825	2.752 ± 0.199	23.798	0.000
	7	6.070	3.540 ~ 11.542	2.647 ± 0.194	18.584	0.000
三氯甲烷相	1	92.614	72.898 ~ 145.302	5.694 ± 0.775	7.685	0.053
	3	91.061	70.599 ~ 145.167	5.713 ± 0.761	8.375	0.039
	5	91.061	70.599 ~ 145.167	5.713 ± 0.761	8.375	0.039
	7	88.782	56.248 ~ 934.691	5.180 ± 0.600	18.932	0.000
乙酸乙酯相	1	54.674	39.473 ~ 80.892	3.716 ± 0.317	10.598	0.014
	3	49.821	30.409 ~ 89.912	3.642 ± 0.298	18.902	0.000
	5	49.821	30.409 ~ 89.912	3.642 ± 0.298	18.902	0.000
	7	49.821	30.409 ~ 89.912	3.642 ± 0.298	18.902	0.000
除虫菊酯	1	0.033	0.026 ~ 0.042	2.222 ± 0.230	0.649	0.885
	3	0.032	0.025 ~ 0.040	2.255 ± 0.235	0.485	0.922
	5	0.026	0.001 ~ 1.038	1.524 ± 0.123	35.509	0.000
	7	0.023	0.002 ~ 0.406	1.375 ± 0.107	32.280	0.000

的生活和粮食安全构成了严重威胁。不仅如此,有研究发现在不防治的情况下,草地贪夜蛾对我国玉米的潜在经济损失平均值为 1 432.26 亿元^[26]。许多农民尝试使用化学合成农药来应对草地贪夜蛾,但考虑到化学农药的安全性或草地贪夜蛾对其产生的抗性。因此,结构复杂、靶标多样、机制独特的植物源杀虫剂的研究迫在眉睫^[27]。

紫茉莉含有葫芦巴碱、多肽、黄酮、萜类、香豆素等多种化学成分^[28-30],且具有一定的杀虫作用。为了寻找对草地贪夜蛾具有显著杀虫活性的植物源杀虫剂,本研究将杀虫效果较好的紫茉莉种子粗提物分为石油醚相、三氯甲烷相、乙酸乙酯相和水相 4 个部分,进一步研究紫茉莉种子萃取物对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的杀虫活性。研究结果表明,紫茉莉种子石油醚萃取物对草地贪夜蛾 3 龄幼虫有很强的拒食活性,24 h 时 AFC₅₀ 为 0.238 g/L,48 h 时 AFC₅₀ 为 0.068 g/L,48 h 的 AFC₅₀ 小于 24 h 的 AFC₅₀,其原因可能是由于试虫在取食了少量的紫茉莉种子石油醚萃取物后,引起食欲减退所致。由此表明萃取物中可能存在某种化合物抑制了消化酶,使试虫食欲降低或消化速度减缓,但还需通过进一步试验来确定。紫茉莉种子石油醚萃取物对草地贪夜蛾的胃毒活性也较强,1、3、5、7 d 时的 LC₅₀ 分别为 300.393、53.104、23.324、19.816 g/L;触杀活性测定中,1、3、5、7 d 时的 LC₅₀ 分别为 7.734、6.483、6.315、6.070 g/L。试虫的死亡率随着萃取物浓度的增加而上升,且触杀试验的 LC₅₀ 小于胃毒试

验的 LC₅₀,原因可能是萃取物中的有效成分主要作用于草地贪夜蛾幼虫体表组织;胃毒试验中发现,草地贪夜蛾取食萃取物浸渍的叶子 7 d 后,再喂以新鲜未处理的叶子,整个生长过程中草地贪夜蛾均有不同程度的生长抑制作用,如体型减小、生命周期延长、蛹的质量减小,死亡率比对照明显增加等。其原因可能是试虫取食萃取物后引起体内代谢紊乱而使生长发育受到抑制的结果。

Lima 等报道了毛脉树胡椒 (*Piper hispidum*) 叶子挥发油 48、96 h 时对草地贪夜蛾的胃毒活性,LC₅₀ 分别为 18.0、9.4 g/L^[31];Flores 等测定了蓖麻叶 (*Ricinus communis* L.) 甲醇提取物对草地夜蛾幼虫的胃毒活性,LC₅₀ 为 13 469.12 g/L^[32];树胡椒 (*P. aduncum*) 的正己烷萃取物对草地贪夜蛾的胃毒活性的 LC₅₀ 为 8.22 g/L^[33]。本研究胃毒试验的杀虫效果明显好于蓖麻叶。苦楝皮中的化学成分 7-keto-gedunin 对草地贪夜蛾的 AFC₅₀ 为 0.80 g/L;四环三萜类化合物 evodulone 和 7-deacyl-priceranone 对草地贪夜蛾的 AFC₅₀ 分别为 0.32、0.35 g/L^[34]。本研究中 24 h 时紫茉莉种子石油醚萃取物对草地贪夜蛾的 AFC₅₀ 均优于以上报道。通过气相色谱-质谱联用法 (GC-MS) 检测得到紫茉莉石油醚萃取物的主要成分为油酸乙酯,查阅文献发现樟树石油醚相分离出的油酸乙酯对朱砂叶螨有很好的杀虫活性^[35],因此紫茉莉种子石油醚相中可能是油酸乙酯在发挥杀虫作用。可见,紫茉莉具有开发为新型高效、靶点多样的植物源农药的潜在价值。

参考文献:

- [1] 姜玉英, 刘杰, 谢茂昌, 等. 2019 年我国草地贪夜蛾扩散为害规律观测[J]. 植物保护, 2019, 45(6): 10–19.
- [2] Overton K, Maino J L, Day R, et al. Global crop impacts yield losses and action thresholds for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*): a review[J]. Crop Protection, 2021, 145: 1–15.
- [3] 郭井非, 何康来, 王振营. 草地贪夜蛾的生物学特性、发展趋势及防控对策[J]. 应用昆虫学报, 2019, 56(3): 361–369.
- [4] 王磊, 陈科伟, 陆永跃. 我国草地贪夜蛾入侵扩张动态与发生趋势预测[J]. 环境昆虫学报, 2019, 41(4): 683–694.
- [5] 吴孔明. 中国草地贪夜蛾的防控策略[J]. 植物保护, 2020, 46(2): 1–5.
- [6] 赵胜国, 孙小旭, 张浩文, 等. 常用化学杀虫剂对草地贪夜蛾防效的室内测定[J]. 植物保护, 2019, 45(3): 10–14.
- [7] Rebeca G M, David M S, Blanco C A, et al. Field – evolved resistance of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to synthetic insecticides in Puerto Rico and Mexico[J]. Journal of Economic Entomology, 2019, 112(2): 792–802.
- [8] Fatoretto J C, Michel A P, Filho M C S, et al. Adaptive potential of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) limits bt trait durability in Brazil[J]. Journal of Integrated Pest Management, 2017, 8(1): 1–10.
- [9] 杨普云, 朱晓明, 郭井非, 等. 我国草地贪夜蛾的防控对策与建议[J]. 植物保护, 2019, 45(4): 1–6.
- [10] Turchen L M, Cosme L, Guedes R N C. Plant – derived insecticides under meta – analyses: status, biases, and knowledge gaps[J]. Insects, 2020, 11(8): 1–13.
- [11] Sobolev I, Weintraub P G, Gera A, et al. Phytoplasma infection in the four o'clock flower (*Mirabilis jalapa*) [J]. Bulletin of Insectology, 2007, 60(2): 281–282.
- [12] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1996, 7–8.
- [13] 吉哈利, 赛曼, 邓莉清, 等. 国产紫茉莉属药用植物研究进展[J]. 现代中药研究与实践, 2018, 32(2): 82–86.
- [14] Wang P, Huang J, Zhao L X, et al. Structural and functional properties of endosperm starch and flour from dicotyledon *Mirabilis jalapa*[J]. Starch, 2015, 67(3/4): 328–337.
- [15] 李慧, 蒋丹丹, Morgan D S, 等. 紫茉莉花提取物促进胶原蛋白功能化的功效研究[J]. 日用化学工业, 2019, 49(8): 49–53.
- [16] 彭跃峰, 鲁红学, 周勇. 紫茉莉茎提取物的生物活性研究[J]. 贵州农业科学, 2006, 34(6): 22–24.
- [17] 彭跃峰, 鲁红学, 刘铁铮. 紫茉莉茎提取物及其萃取物对菜粉蝶幼虫的生物活性[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(13): 3907–3908.
- [18] 曹晓莉, 雷桂兰, 高洁, 等. 三种植物提取物对蚊的毒杀效果比较[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(15): 3546–3547.
- [19] 赵赫南. 紫茉莉提取物对二斑叶螨的生物活性研究[D]. 沈阳: 沈阳大学, 2017: 16–18.
- [20] Maulina D, Anggraeni T. The effect of the combination of two biological control agents, *Mirabilis jalapa* and *Bacillus thuringiensis*, to *Spodoptera litura*'s immune response and their mortality[J]. American Institute of Physics, 2014, 1589: 316–319.
- [21] Maulina D, Amin M, Sumitro S B, et al. Screening and evaluation of biopesticide compounds from *Mirabilis jalapa* L. (Caryophyllales: Nyctaginaceae) and its combination with *Bacillus thuringiensis* against *Spodoptera litura* F. (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. Pertanika Journal Tropical Agriculture Science, 2020, 43(3): 289–302.
- [22] Gao R, Gao C F, Tian X, et al. Insecticidal activity of deoxypodophyllotoxin isolated from *Juniperus sabina* L, and related lignans against larvae of *Pieris rapae* L [J]. Pest Management Science, 2004, 60(11): 1131–1136.
- [23] 金涛, 林玉英, 马光昌, 等. 杀虫剂对新入侵海南草地贪夜蛾种群幼虫的毒力[J]. 热带作物学报, 2019, 40(8): 1571–1576.
- [24] 吴益东, 沈慧雯, 张正, 等. 草地贪夜蛾抗药性概况及其治理对策[J]. 应用昆虫学报, 2019, 56(4): 599–604.
- [25] Day R, Abrahams P, Bateman M, et al. Fall armyworm: impacts and implications for Africa [J]. Outlooks on Pest Management, 2017, 28(5): 196–201.
- [26] 秦誉嘉, 杨冬才, 康德琳, 等. 草地贪夜蛾对我国玉米产业的潜在经济损失评估[J]. 植物保护, 2020, 46(1): 69–73.
- [27] Bateman M L, Day R K, Rwomushana I, et al. Updated assessment of potential biopesticide options for managing fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Africa[J]. Journal of Applied Entomology, 2021, 145(5): 384–393.
- [28] Ashihara H, Watanabe S. Accumulation and function of trigonelline in non – leguminous plants[J]. Natural Product Communications, 2014, 9(6): 795–798.
- [29] 周吉银, 唐小飞, 周世文, 等. 紫茉莉提取方法、化学成分及药理作用研究概述[J]. 中国医院药学杂志, 2011, 31(16): 61–64.
- [30] Zhou J Y, Zhou S W, Zeng S Y, et al. Hypoglycemic and hypolipidemic effects of ethanolic extract of *Mirabilis jalapa* L. root on normal and diabetic mice[J]. Evidence – Based Complementary and Alternative Medicine, 2012, 2012: 257374.
- [31] Lima R K, Cardoso M G, Moraes J C, et al. Insecticidal activity of long – pepper essential oil (*Piper hispidinervum* C. DC.) on fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. Acta Amazonica, 2009, 39(2): 377–382.
- [32] Flores – Macías A, Vela – Correa G, Rodriguez – Gamiño M D L, et al. Effect of potassium nitrate on the production of ricinine by *ricinus communis* and its insecticidal activity against *Spodoptera frugiperda* [J]. Revista Fitotecnia Mexicana, 2016, 39(1): 41–47.
- [33] Lucena D C, Bertholdo V L R, Silva W C, et al. Biological activity of *Piper aduncum* extracts on *Anticarsia gemmatilis* (Hubner) (Lepidoptera: Erebidae) and *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 2017, 89(3): 1869–1879.
- [34] 张国洲, 徐汉虹. 有待进一步开发的植物性杀虫剂——萆类[J]. 湖北农学院学报, 2002, 22(4): 377–380.
- [35] Chen Y J, Dai G H. Acaricidal activity of compounds from *Cinnamomum camphora* (L.) Presl against the carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus* [J]. Pest Management Science, 2015, 71(11): 1561–1571.