

孟建玉,李治模,董详立,等. 蠋蝽若虫对草地贪夜蛾 3~5 龄幼虫的捕食能力[J]. 江苏农业科学,2022,50(8):1-5.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.08.001

蠋蝽若虫对草地贪夜蛾 3~5 龄幼虫的捕食能力

孟建玉¹, 李治模², 董详立², 汪汉成¹, 谈孝凤³, 郭晓关³

(1. 贵州省烟草科学研究院, 贵州贵阳 550081; 2. 遵义市烟草公司凤冈县分公司, 贵州凤冈 564200;

3. 贵州省植保植检站, 贵州贵阳 550051)

摘要:通过室内测定 3~5 龄蠋蝽若虫对草地贪夜蛾高龄幼虫的捕食能力,评价蠋蝽对草地贪夜蛾的控害潜能。根据试验结果,蠋蝽若虫对草地贪夜蛾高龄幼虫的捕食功能反应与 Holling II 模型相符;3~5 龄蠋蝽若虫对草地贪夜蛾 3 龄幼虫表现出最强的捕食能力,日最大捕食量分别为 56.18、59.88、64.94 头,且随猎物不断成长,蠋蝽越来越难以捕食;在蠋蝽 3~5 龄期的若虫中,捕食能力最强的是 5 龄若虫,对 3、4、5 龄草地贪夜蛾幼虫的日最大捕食量分别为 64.94、24.39、12.82 头;蠋蝽的搜寻效应会因猎物更加分散而升高;从搜寻效应来看,4、5 龄若虫略比 3 龄若虫高。

关键词:草地贪夜蛾;捕食能力;生物防治;蠋蝽

中图分类号:S476.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)08-0001-04

草地贪夜蛾(*Spodoptera frugiperda*)属鳞翅目夜蛾科,起源于美洲^[1],可危害玉米、水稻、高粱、大豆、棉花等多种重要经济作物^[2-3]。该害虫迁徙速度快、适应能力强,难以防控,容易造成较大危害,当前已扩散蔓延至美洲、欧洲、亚洲及非洲 100 多个国家和地区,联合国粮食及农业组织针对此害虫向全世界发出了预警^[4-5]。草地贪夜蛾低龄幼虫能转株危害,啃食叶片呈窗纱状;高龄幼虫取食量惊人,危害初期叶片会呈现出孔洞状态,甚至整张叶子被食光,对作物的生长发育造成很大威胁^[4]。据统计,草地贪夜蛾可造成玉米产量损失 15%~73%,重者毁种绝收^[6-7]。2019 年草地贪夜蛾入侵至我国,从云南省由南向北逐渐扩散开来,至今已有近 30 个省份受到其危害。据统计,仅 2019 年,我国草地贪夜蛾见虫面积就有 100 万 hm^2 ,受害面积近 16.67 万 hm^2 ^[8-9]。目前,草地贪夜蛾已在我国定殖,给粮食生产安全带来了巨大威胁^[10-11]。

当前我国应急防控草地贪夜蛾的主要措施是

化学防治,虽然这种方式比较有效,但会严重危害生态环境,且害虫会相继产生抗药性,因此,除了化学杀虫剂外,还可采用生物防治、理化诱控等技术,实现草地贪夜蛾的可持续治理^[12]。草地贪夜蛾的天敌资源非常丰富,如益蝽(*Picromerus lewisi*)^[13-14]、异色瓢虫(*Harmonia axyridis*)^[15]、斑腹刺益蝽(*Podisus maculiventris*)^[16]、东亚小花蝽(*Orius sauteri*)^[17]、叉角厉蝽(*Eocanthecona furcellata*)^[18]、大草蛉(*Chrysopa pallens*)^[19]等。

蠋蝽(*Arma chinensis*)属半翅目蝽科,在我国南、北方都有分布,是农林业害虫的重要捕食性天敌。该虫有卵、若虫与成虫 3 种虫态,属不完全变态,若虫分为 5 个龄期,其若虫和成虫的捕食能力很强,能够捕食近 40 种害虫,包括双翅目、鳞翅目等,特别喜食斜纹夜蛾(*Spodoptera litura*)^[20]、黏虫(*Mythimna separate*)^[21]、小菜蛾(*Plutella xylostella*)^[22]、棉铃虫(*Helicoverpa armigera*)^[23]、草地贪夜蛾^[24-25]等鳞翅目幼虫,具有广阔的应用前景。目前国内初步实现商品化供应,其应用十分广泛,多种作物上的害虫均可防治,如烟草、园林、蔬菜等。唐艺婷等前期测验了蠋蝽的捕食适应性,即蠋蝽成虫、5 龄若虫分别对草地贪夜蛾 3~5、6 龄幼虫的捕食特性^[24-25]。为更加全面评估蠋蝽的控害能力,本试验基于室内条件,进行蠋蝽 3~5 龄若虫对草地贪夜蛾 3~5 龄幼虫的日捕食量测定,分析其捕食功能和搜寻效应,为草地贪夜蛾的田间生物防治技术提供数据支撑。

收稿日期:2021-08-09

基金项目:中国烟草总公司贵州省公司科技项目(编号:201937、2021XM09);中国烟草总公司科技重大专项[编号:110202001032(1S-01)];贵州省农业农村厅委托项目。

作者简介:孟建玉(1981—),女,山西怀仁人,博士,副研究员,从事农业昆虫与害虫防治研究。E-mail:mengji0417@163.com。

通信作者:郭晓关,硕士,高级农艺师,从事病虫害防治研究。

E-mail:23533805@qq.com

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

2020 年 6 月于贵州省凤冈县的玉米田采集草地贪夜蛾幼虫,在室内通过饲喂玉米幼苗进行种群扩繁,成虫供以浓度为 10 g/100 mL 的蜂蜜水。蠋蝽由贵州省烟草公司遵义市公司凤冈天敌繁育中心饲养。饲养条件为温度为 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$,湿度为 $(60 \pm 5)\%$,光—暗周期为 16 h—8 h。

1.2 试验方法

选取蠋蝽 3、4、5 龄若虫,分别单头置于塑料培养皿(直径 9 cm、高 1.5 cm)内,饥饿处理 24 h,之后将蠋蝽与 3、4、5 龄草地贪夜蛾幼虫共同放入养虫盒内(直径 15 cm、高 10 cm),蠋蝽 1 头/盒;不同龄期的草地贪夜蛾幼虫设置不同的密度梯度,3 龄幼虫为 10、20、40、60、80 头/盒,4 龄为 5、10、15、20、30 头/盒,5 龄为 3、6、9、12、15 头/盒。为避免草地贪夜蛾幼虫自残现象发生,将适量玉米叶放入养虫盒中。24 h 后检查草地贪夜蛾的存活数量。

1.3 数据分析

捕食功能反应方程及搜寻效应方程分别为:

$$N_a = aNT_r / (1 + aT_h N); S = a / (1 + aT_h N)。$$

式中: N_a 、 a 分别表示天敌对害虫的捕食数量及瞬时攻击率; N 、 T_r 、 T_h 分别表示害虫密度、试验总时间(1 d)、天敌捕食 1 头害虫所用时间^[26-27]。

试验数据采用 Excel 2010 及 Graphad Prism 6.01 进行分析并作图。

2 结果与分析

2.1 捕食能力

对于草地贪夜蛾 3~5 龄幼虫,蠋蝽 3~5 龄若虫的捕食功能反应与 Holling II 模型相符(图 1 至图 3),表 1 所示为捕食功能反应方程。3~5 龄蠋蝽若虫对草地贪夜蛾 3 龄幼虫表现出了最强的捕食能力,日最大捕食量分别为 56.18、59.88、64.94 头,处理时间最短,分别为 0.018、0.017、0.015 d,瞬时攻击率分别为 0.861、0.854、0.936。随着草地贪夜蛾幼虫龄期的增大,蠋蝽对其瞬时攻击率逐渐升高,捕食能力则越来越弱,相较于草地贪夜蛾 3 龄幼虫,4~5 龄幼虫的幼虫被捕食量更低。对于草地贪夜蛾 4 龄幼虫,3、4、5 龄蠋蝽若虫的日最大捕食量分别为 13.74、20.96、24.39 头,处理时间为 0.073、0.048、0.041 d,瞬时攻击率为 1.094、1.161、1.107;对于草地贪夜蛾 5 龄幼虫,蠋蝽的捕食能力最弱,3、4、5 龄若虫的日最大捕食量分别为 8.90、11.81、12.82 头,瞬时攻击率最高,分别为 1.504、1.287、1.155,处理时间最长,分别为 0.112、0.085、0.078 d。由此可见,蠋蝽对同龄期草地贪夜蛾幼虫的捕食能力大小表现为 5 龄若虫 > 4 龄若虫 > 3 龄若虫,处理时间顺序为 3 龄若虫 > 4 龄若虫 > 5 龄若虫。

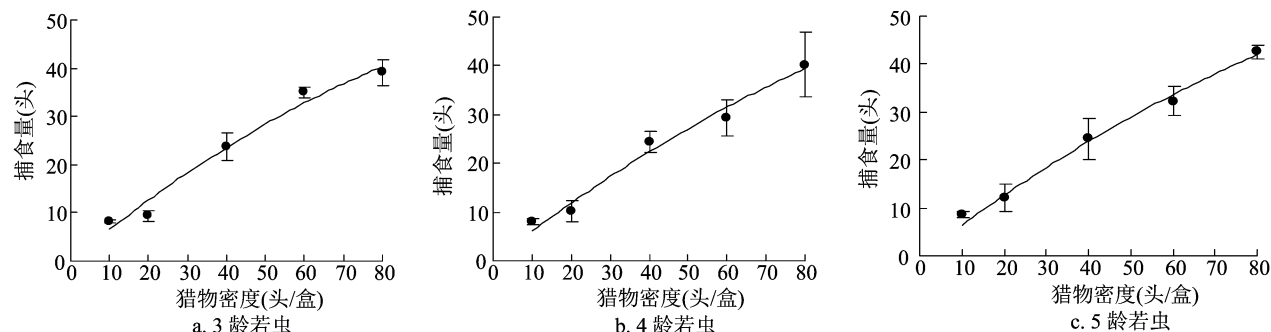


图1 不同龄期蠋蝽若虫对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的捕食功能反应

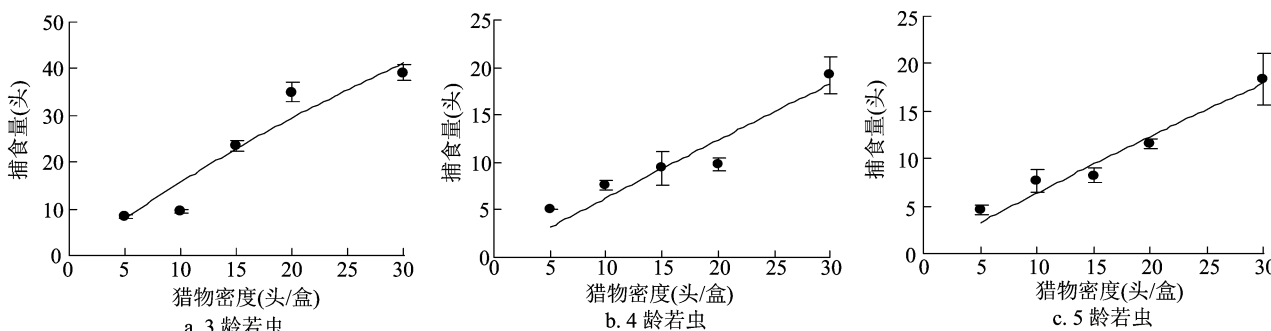


图2 不同龄期蠋蝽若虫对草地贪夜蛾 4 龄幼虫的捕食功能反应

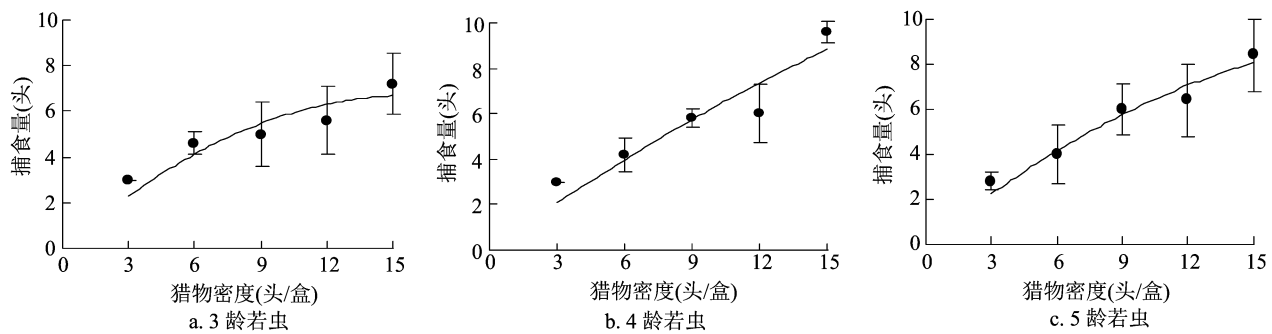


图3 不同龄期蝥蛄若虫对草地贪夜蛾 5 龄幼虫的捕食功能反应

表 1 蝥蛄 3~5 龄若虫对草地贪夜蛾 3~5 龄幼虫的捕食功能反应

蝥蛄	草地贪夜蛾	捕食功能方程	相关系数	瞬时攻击率	处理时间 (d)	日最大捕食量 (头)
3 龄若虫	3 龄幼虫	$N_a = 0.861N / (1 + 0.015N)$	0.855	0.861	0.018	56.18
	4 龄幼虫	$N_a = 1.094N / (1 + 0.080N)$	0.832	1.094	0.073	13.74
	5 龄幼虫	$N_a = 1.504N / (1 + 0.169N)$	0.969	1.504	0.112	8.90
4 龄若虫	3 龄幼虫	$N_a = 0.854N / (1 + 0.014N)$	0.915	0.854	0.017	59.88
	4 龄幼虫	$N_a = 1.161N / (1 + 0.055N)$	0.932	1.161	0.048	20.96
	5 龄幼虫	$N_a = 1.287N / (1 + 0.109N)$	0.933	1.287	0.085	11.81
5 龄若虫	3 龄幼虫	$N_a = 0.936N / (1 + 0.014N)$	0.955	0.936	0.015	64.94
	4 龄幼虫	$N_a = 1.107N / (1 + 0.045N)$	0.952	1.107	0.041	24.39
	5 龄幼虫	$N_a = 1.155N / (1 + 0.090N)$	0.966	1.155	0.078	12.82

2.2 搜寻效应

由图 4 可知,蝥蛄若虫的搜寻效应与草地贪夜蛾幼虫的密度呈负相关关系,草地贪夜蛾幼虫密度越大,蝥蛄若虫的搜寻效应越低。蝥蛄的搜寻效应

还与其龄期大小有关,呈正相关关系,5 龄蝥蛄若虫对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的搜寻效应高于其 3~4 龄若虫,而对于草地贪夜蛾 4~5 龄幼虫,4~5 龄的蝥蛄若虫较其 3 龄若虫具有较高的搜寻效应。

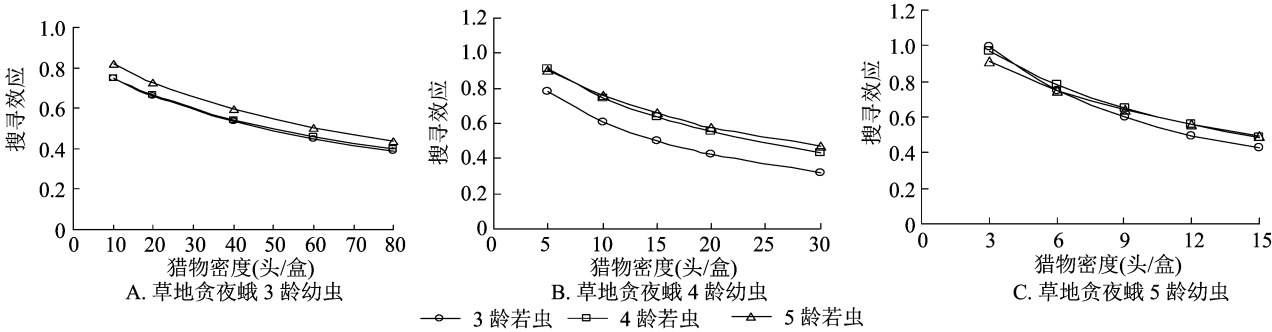


图4 不同龄期蝥蛄若虫对草地贪夜蛾 3~5 龄幼虫的搜寻效应曲线

3 讨论与结论

评价不同龄期蝥蛄对草地贪夜蛾的捕食能力,能为科学利用天敌昆虫来防治草地贪夜蛾提供基础数据和理论指导。用功能反应测定来研究昆虫天敌对害虫的控制效能是评价和预测生物防控有效性的关键标尺,具有重要的实践参考意义^[28]。

蝥蛄若虫和成虫均可捕食草地贪夜蛾幼虫。王燕等在室内条件下测定了蝥蛄成虫对草地贪夜蛾的捕食能力,结果发现雄成虫对草地贪夜蛾 3、4、5

龄幼虫的最大捕食量分别为 58.9、22.5、8.3 头/d,雌成虫最大捕食量分别为 59.7、23.4、9.0 头/d;雌性成虫略高于雄性^[25]。唐艺婷等开展的室内蝥蛄若虫捕食能力的检测发现,5 龄蝥蛄若虫也能有效捕食 6 龄草地贪夜蛾幼虫,最大捕食量达到 3.175 头/d^[24]。为全面评价蝥蛄不同龄期若虫对草地贪夜蛾的控害潜力,本研究在室内测定了 3、4、5 龄的蝥蛄若虫捕食草地贪夜蛾 3、4、5 龄幼虫的能力,结果表明,其捕食功能反应符合 Holling II 模型,蝥蛄的捕食能力受到草地贪夜蛾幼虫密度的影响,其捕食量随着草

地贪夜蛾密度的增加而增加,搜寻效应随着草地贪夜蛾幼虫密度的增加而降低。3 龄蠋蝻若虫对 3、4、5 龄草地贪夜蛾幼虫的最大捕食量分别是 56.18、13.74、8.90 头/d,4 龄的蠋蝻若虫最大捕食量分别是 59.88、20.96、11.81 头/d,5 龄的蠋蝻若虫最大捕食量分别是 64.94、24.39、12.82 头/d,说明蠋蝻的捕食能力与其龄期有关,捕食草地贪夜蛾的数量随着龄期的增长而增加。结合王燕等的研究结果,综合比较蠋蝻各龄期若成和成虫对草地贪夜蛾幼虫捕食能力,5 龄蠋蝻若虫捕食能力最强,4 龄蠋蝻若虫则与雌、雄成虫的捕食能力相近,3 龄蠋蝻若虫则相对较弱^[25]。张晓军等研究表明,3 龄蠋蝻若虫对榆紫叶甲的捕食能力较弱,捕食量低于其成虫和 5 龄若虫^[29]。高强等研究蠋蝻对斜纹夜蛾幼虫的捕食作用时,发现 3 龄蠋蝻若虫捕食能力较其成虫和 5 龄若虫弱^[20]。王燕等研究表明,益蝽对草地贪夜蛾幼虫的日最大捕食量顺序为 5 龄若虫 > 成虫 > 4 龄若虫 > 3 龄若虫,推测可能是因为高龄期蠋蝻在羽化为成虫之前需要更多的物质能量^[14]。天敌的捕食能力与害虫龄期相关,害虫龄期越小,被捕食量就越大^[13-14,20,25]。在本研究中,蠋蝻对不同龄期草地贪夜蛾幼虫的捕食能力表现为 3 龄幼虫 > 4 龄幼虫 > 5 龄幼虫,且 4、5 龄幼虫的被捕食量远低于 3 龄幼虫,说明害虫龄期越小防治效果越好。

搜寻效应是天敌昆虫在捕食过程中对害虫攻击的一种行为效应。本试验结果表明,蠋蝻的搜寻效应与草地贪夜蛾幼虫的密度呈负相关,害虫密度越大,搜寻效应越低。当害虫密度相同时,4、5 龄蠋蝻若虫较 3 龄若虫具有较高的搜寻效应。这与前人提出的蠋蝻捕食斜纹夜蛾的搜寻效应规律^[30]一致。

本试验通过蠋蝻对草地贪夜蛾的功能反应模型研究,进一步验证蠋蝻 3、4、5 龄若虫对草地贪夜蛾具有较强的防控潜能。根据其捕食能力,建议在草地贪夜蛾低龄幼虫发生期进行防治,以选用蠋蝻成虫或 4、5 龄若虫为佳。本研究在室内条件下完成,田间应用还会受到气候、寄主植物、周围环境等因素的影响,田间释放数量、时间、定殖等还须进一步深入研究,从而探究蠋蝻的田间实际控害能力。

参考文献:

[1] Todd E L, Poole R W. Key and illustrations for the armyworm moths of the noctuid genus *Spodoptera* Guenée from the Western Hemisphere [J]. Annals of the Entomological Society of America, 1980, 73(6): 722 - 738.

[2] Montezano D G, Specht A, Sosa - Gómez D R, et al. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas [J]. African Entomology, 2018, 26(2): 286 - 300.

[3] Prasanna B, Huesing J E, Eddy R, et al. Fall armyworm in Africa: a guide for integrated pest management [M]. New Haven: CAB International, 2018.

[4] 郭井非, 赵建周, 何康来, 等. 警惕危险性害虫草地贪夜蛾入侵中国 [J]. 植物保护, 2018, 44(6): 1 - 10.

[5] International Plant Protection Convention. Fall armyworm - an emerging food security global threat [EB/OL]. (2018 - 10 - 25) [2021 - 08 - 01]. <https://www.ippc.int/en/news/fall-armyworm-an-emerging-food-security-global-threat/>.

[6] Hruska A J, Gould F. Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea lineolata* (Lepidoptera: Pyralidae): impact of larval population level and temporal occurrence on maize yield in Nicaragua [J]. Journal of Economic Entomology, 1997, 90(2): 611 - 622.

[8] 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.

[9] 陈辉, 杨学礼, 湛爱东, 等. 我国最早发现为害地草地贪夜蛾的入侵时间及其虫源分布 [J]. 应用昆虫学报, 2020, 57(6): 1270 - 1278.

[10] 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.

[11] 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.

[12] 梁沛, 谷少华, 张雷, 等. 我国草地贪夜蛾的生物学、生态学 and 防治研究概况与展望 [J]. 昆虫学报, 2020, 63(5): 624 - 638.

[13] 王燕, 王孟卿, 张红梅, 等. 益蝽成虫对草地贪夜蛾不同龄期幼虫的捕食能力 [J]. 中国生物防治学报, 2019, 35(5): 691 - 697.

[14] 王燕, 张红梅, 李向永, 等. 益蝽不同龄期若虫对草地贪夜蛾幼虫的捕食能力 [J]. 中国生物防治学报, 2020, 36(4): 520 - 524.

[15] 赵英杰, 郑亚强, 符成悦, 等. 异色瓢虫对草地贪夜蛾 2 龄幼虫的捕食功能反应 [J]. 植物保护, 2019, 45(5): 75 - 78.

[16] Shapiro J P, Legaspi J C. Assessing biochemical fitness of predator *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae) in relation to food quality: effects of five species of prey [J]. Annals of the Entomological Society of America, 2006, 99(2): 321 - 326.

[17] 代晓彦, 王瑜, 翟一凡, 等. 东亚小花蝽对草地贪夜蛾 1 龄幼虫的捕食能力 [J]. 昆虫学报, 2020, 63(5): 649 - 654.

[18] 范悦莉, 谷星慧, 洗继东, 等. 叉角厉蝽对草地贪夜蛾的捕食功能反应 [J]. 环境昆虫学报, 2019, 41(6): 1175 - 1180.

[19] 徐庆宣, 王松, 田仁斌, 等. 大草蛉对草地贪夜蛾捕食潜能研究 [J]. 环境昆虫学报, 2019, 41(4): 754 - 759.

[20] 高强, 王迪, 张文慧, 等. 蠋蝻对斜纹夜蛾幼虫的捕食作用研究 [J]. 中国烟草科学, 2019, 40(6): 55 - 59.

[21] 李娇娇, 张长华, 易忠经, 等. 三种猎物对蠋蝻生长发育和繁殖的影响 [J]. 中国生物防治学报, 2016, 32(5): 553 - 561.

[21] 李娇娇, 张长华, 易忠经, 等. 三种猎物对蠋蝻生长发育和繁殖的影响 [J]. 中国生物防治学报, 2016, 32(5): 553 - 561.

[22] 唐艺婷, 郭义, 潘明真, 等. 蠋蝻对小菜蛾幼虫的捕食作用 [J]. 植物保护, 2020, 46(4): 155 - 160.

[23] 邹德玉, 徐维红, 刘佰明, 等. 天敌昆虫蠋蝻的研究进展与展望 [J]. 环境昆虫学报, 2016, 38(4): 857 - 865.

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.