

蠋蝽对茄二十八星瓢虫的捕食功能反应

廖江花, 何浩锋, 张江*

中国农业科学院农业基因组研究所, 广东 深圳 518120

摘要:【目的】明确蠋蝽对茄二十八星瓢虫的捕食能力。【方法】在实验室条件下测定蠋蝽5龄若虫对茄二十八星瓢虫2和4龄幼虫的捕食功能反应及搜寻效应。【结果】蠋蝽5龄若虫对茄二十八星瓢虫2和4龄幼虫的捕食行为均符合II型功能反应;随着茄二十八星瓢虫密度的增加,蠋蝽的搜寻效应逐渐降低,蠋蝽5龄若虫对茄二十八星瓢虫2龄幼虫的搜寻效应明显大于4龄幼虫;蠋蝽5龄若虫对茄二十八星瓢虫2和4龄幼虫的实际最大捕食量分别为15和10头。【结论】蠋蝽5龄若虫对茄二十八星瓢虫幼虫具有较好的捕食作用。

关键词: 茄二十八星瓢虫; 蠋蝽; 捕食功能; 搜寻效应



开放科学标识码
(OSID 码)

Study on the predatory functional response of *Arma chinensis* (Fallou) to *Henosepilachna vigintioctopunctata* (Fabricius)

LIAO Jianghua, HE Haofeng, ZHANG Jiang*

Agricultural Genomics Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Shenzhen, Guangdong 518120, China

Abstract:【Aim】To examine the predatory capacity of *Arma chinensis* on *Henosepilachna vigintioctopunctata*.【Method】We measured the predatory function response and searching efficiency of the 5th instar nymphs of *A. chinensis* to the 2nd and 4th instar larvae of the *H. vigintioctopunctata*.【Result】Our results demonstrated that the predatory function responses of the 5th instar nymphs of *A. chinensis* to the 2nd and 4th instar larvae of *H. vigintioctopunctata* conformed to the type II functional response. When the density of *H. vigintioctopunctata* increased, the searching efficiency of *A. chinensis* gradually decreased. In addition, the searching efficiency of the 5th instar nymphs for the 2nd instar larvae was significantly higher than that for the 4th instar larvae. The maximum numbers of 2nd and 4th instar larvae of *H. vigintioctopunctata* predated by the 5th instar nymphs were 15 and 10, respectively.【Conclusion】In summary, our data indicated that *A. chinensis* has a beneficial predation effect on *H. vigintioctopunctata*.

Key words: *Henosepilachna vigintioctopunctata*; *Arma chinensis*; predation function; searching efficiency

茄二十八星瓢虫 *Henosepilachna vigintioctopunctata* (Fabricius) 属鞘翅目 Coleoptera 瓢虫科 Coccinellidae, 其幼虫和成虫均取食马铃薯 *Solanum tuberosum* L.、茄子 *Solanum melongena* L.、龙葵 *Solanum nigrum* L. 等茄科植物叶片, 虫害严重时也危害幼果、嫩茎等部位, 对作物的产量和质量都造成严重影响 (Ghosh & Senapati, 2001; Kawazu, 2014), 该害虫对温度适应能力强, 繁殖力强, 1 a 发生 3~5 代, 在我国多个地区频繁爆发, 每年最早 4 月初在马铃薯、茄子等植物上可发现茄二十八星瓢虫的活

动, 危害直至 10 月下旬 (刘亚萍, 2012; 王娅玲等, 2019; Wang *et al.*, 2017)。

目前, 对茄二十八星瓢虫的防治方法主要包括人工摘除卵块, 利用茄二十八星瓢虫成虫的假死性收集成虫后再集中杀灭, 或者喷洒 4.5% 高效氯氟氰菊酯乳油等化学药剂, 但物理防治效果有限, 长期使用化学药物会使害虫产生抗药性且污染环境 (涂小云和王国红, 2010)。生物防治是一种绿色友好且可持续的防控措施, 利用天敌昆虫来控制虫害是生物防治的常用方法之一 (Chailleux *et al.*,

收稿日期 (Received): 2023-06-14 接受日期 (Accepted): 2024-03-06

基金项目: 国家自然科学基金 (32271912)

作者简介: 廖江花, 女, 博士研究生。研究方向: 质体转基因植物安全性评价。E-mail: 1752875624@qq.com

* 通信作者 (Author for correspondence), 张江, E-mail: zhangjiang@hubu.edu.cn

2014)。蠋蝽 *Arma chinensis* (Fallou) 隶属半翅目 Hemiptera 蝽科 Pentatomidae, 又名蠋敌、欧亚蠋蝽、茶色蠋蝽, 其若虫和成虫可捕食鳞翅目、鞘翅目等 10 余个目的昆虫, 是农林业上一种重要的捕食性天敌昆虫, 具有分布广、适应能力强、捕食范围广、易繁殖、耐储存等特点, 可作为多种害虫的天敌, 如棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner) (孙婧婧等, 2021)、草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (Smith) (王燕等, 2019)、荔枝蝽 *Tessaratomia papillosa* Drury (郭义等, 2020) 等。蠋蝽对鞘翅目许多昆虫也有较好的控制效果, 如马铃薯甲虫 *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (刘娟等, 2021; Liu *et al.*, 2022)、黄栌胫跳甲 *Ophrida xanthospilota* Baly (陈倩等, 2020)。目前对茄二十八星瓢虫天敌的研究发现, 中华微刺盲蝽 *Campylomma chinensis* Schuh 可取食茄二十八星瓢虫的卵(余金咏等, 2012), 瓢虫柄腹姬小蜂 *Pediobius foveolatus* Crawford 可寄生茄二十八星瓢虫 2、3、4 龄幼虫(王国红和涂小云, 2005)。本研究选取蠋蝽捕食能力较强的 5 龄若虫为研究对象, 评价蠋蝽是否对茄二十八星瓢虫幼虫具有捕食能力, 为茄二十八星瓢虫的生物防治提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 供试植物及虫源

茄二十八星瓢虫采集于河南省南阳市淅川县荆关镇的茄子田(33°14'08"N, 111°02'52"E), 用种植的龙葵在人工气候箱(HP1000GS-LED, 武汉瑞华仪器设备有限责任公司)内进行饲养、繁殖, 温度(27±1)℃, 相对湿度(70±5)%, 光周期 14 L: 10 D。

蠋蝽购买于科云生物公司, 在室内用黄粉虫蛹进行饲养、繁殖。

马铃薯、龙葵培养于湖北大学温室(温度 22℃, 相对湿度 50%, 光周期 16 L: 8 D), 当植株生长至 15~20 cm, 采集叶片饲养茄二十八星瓢虫。

1.2 蠋蝽 5 龄若虫对茄二十八星瓢虫捕食量测定

本试验选取 24 h 内蜕皮的 5 龄蠋蝽若虫, 研究其对茄二十八星瓢虫 2 和 4 龄幼虫的捕食功能反应, 分别单头放置在直径为 9 cm 的培养皿中, 于人工气候箱内进行饥饿处理 24 h。饥饿处理后, 培养皿中分别接入数量为 5、10、15、20 和 25 的茄二十八星瓢虫 4 龄幼虫以及数量为 10、15、20、25 和 30 的 2 龄幼虫。每个处理中放入 1~3 片马铃薯叶片

供茄二十八星瓢虫取食, 24 h 后检查盒内茄二十八星瓢虫幼虫的存活数量, 每个处理 5 个重复。

1.3 数据分析

蠋蝽 5 龄若虫对茄二十八星瓢虫 2 和 4 龄幼虫的捕食量均随猎物密度的升高而不断增加, 最后趋于饱和状态, 呈典型的 II 型或 III 型功能反应类型, 因而排除 I 型功能反应的可能性, 侧重于 II 型或 III 型功能反应模型的拟合。为了确定蠋蝽对茄二十八星瓢虫的捕食功能反应模型类型, 更好地描述茄二十八星瓢虫密度与蠋蝽捕食数量之间的关系, 采用“R”软件内“frair”包进行捕食功能反应类型判断, 采用 Juliano (2001) 提出的 Logistic 回归方法拟合捕食率的多项式模型(公式 1), 运行“R”软件“frair”包内的函数“frair_test”进行模型拟合(Pritchard *et al.*, 2017)。

$$\frac{N_a}{N_0} = \frac{\exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)}{1 + \exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)} \quad (1)$$

式中, N_a 为被捕食猎物数量, N_0 为初始猎物数量, N_a/N_0 为猎物被捕食率, P_0 为截距, P_1 、 P_2 与 P_3 分别为 N_0 的线性系数、二次方系数与三次方系数。用 P_1 和 P_2 来确定功能反应的类型, 当线性系数为负时($P_1 < 0$), 捕食者表现出 II 型功能反应; 当 $P_1 > 0$ 且 $P_2 < 0$ 时, 捕食者表现出 III 型功能反应。

由于本试验过程中茄二十八星瓢虫的密度未人为保持恒定, 如从 Logistic 回归方程中发现线性项的系数明显为负系数, 则采用 Rogers (1972) 提出的随机捕食者方程(Rogers' random predator equation)(公式 2)进行 II 型功能反应模型的拟合。数据在“R”软件“frair”包中采用函数“frair_fit”进行 Rogers 随机捕食模型拟合, 观察的捕食量及拟合的功能反应曲线采用 R 软件中的“ggplot2”数据包绘图(Born-Torrijos *et al.*, 2020)。

$$N_a = N_0(1 - e^{-a(T_h N_a - T)}) \quad (2)$$

式中, N_a 为茄二十八星瓢虫被捕食数量, a 为蠋蝽对猎物的瞬时攻击率, N_0 为茄二十八星瓢虫的密度, T 为试验的总时间, 本试验时间为 1 d, T_h 为处理时间(蠋蝽捕食 1 头猎物所用的时间)。

根据丁岩钦(1994)的方法计算搜寻效应 S (公式 3), 用 GraphPad Prism 9 作图。

$$S = \frac{a}{(1 + a T_h N_0)} \quad (3)$$

2 结果与分析

2.1 蠋蝽5龄若虫对茄二十八星瓢虫2和4龄幼虫的捕食功能反应

蠋蝽5龄若虫对茄二十八星瓢虫2和4龄幼虫的捕食行为均符合Ⅱ型功能反应(表1)。由图1可以看出,各处理下蠋蝽对茄二十八星瓢虫的捕食量均随着茄二十八星瓢虫密度的增加而迅速增加,

最后趋于平稳。由表2可知,蠋蝽对茄二十八星瓢虫2龄幼虫的理论最大捕食量为18.512头,实际最大捕食量为15头,瞬时攻击率为0.874,处理时间为0.093h;蠋蝽对茄二十八星瓢虫4龄幼虫理论最大捕食量为10.128头,实际最大捕食量为10头,瞬时攻击率为1.821,处理时间为0.190h。

表1 蠋蝽5龄若虫对茄二十八星瓢虫捕食作用的Logistic回归方程拟合的最大似然估计值

Table 1 Maximum likelihood estimates from Logistic regression analysis of *H. vigintioctopunctata* consumed by 5th instar *A. chinensis* nymphs

| 茄二十八星瓢虫虫态 Developmental stage of <i>H. vigintioctopunctata</i> | 最大似然估计值 Maximum likelihood estimate | P值 P value | Z值 Z value | 功能反应类型 Functional response type |
|---|--|---------------|---------------|------------------------------------|
| 2龄幼虫 2nd instar larva | -0.039±0.014 | <0.010 | -2.830 | Ⅱ型 Type II |
| 4龄幼虫 4th instar larva | -0.102±0.018 | <0.001 | -5.596 | Ⅱ型 Type II |

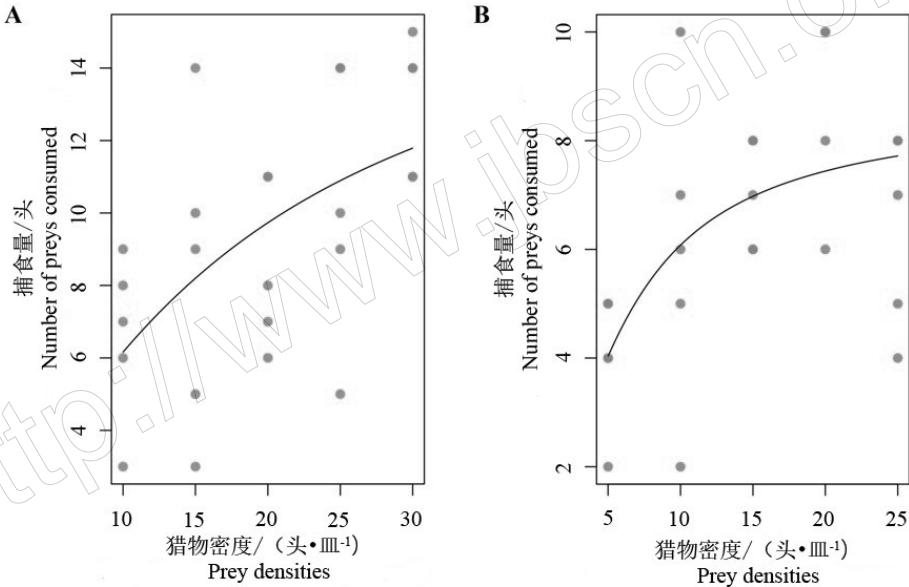


图1 不同猎物密度下蠋蝽5龄若虫对茄二十八星瓢虫2龄(A)和4龄(B)幼虫的捕食量

Fig.1 The 2nd (A) and 4th (B) instar larvae of *H. vigintioctopunctata* consumed by the 5th instar nymphs of *A. chinensis* at different prey densities

表2 蠋蝽5龄若虫对茄二十八星瓢虫的捕食功能

Table 2 Predatory functional responses of the 5th instar nymphs of *A. chinensis* on *H. vigintioctopunctata*

| 茄二十八星瓢虫虫态 Developmental stage of <i>H. vigintioctopunctata</i> | 瞬时攻击率 Instantaneous attack rate | | 处理时间 Handling time/h | | 理论最大捕食量/头 Theoretical maximum prey consumed daily | 实际最大捕食量/头 Actual maximum prey consumed daily |
|--|---|---------------------------------------|---|---------------------------------------|--|---|
| | 最大似然估计值 Maximum likelihood estimate | 95%置信区间 95% confidence interval | 最大似然估计值 Maximum likelihood estimate | 95%置信区间 95% confidence interval | | |
| | 2龄幼虫 2nd instar larvae | 0.874±0.290 | 0.366~2.851 | 0.093±0.026 | | |
| 4龄幼虫 4th instar larvae | 1.821±0.660 | 0.746~4.957 | 0.190±0.025 | 0.132~0.243 | 10.128 | 10 |

2.2 蠋蝽5龄若虫对茄二十八星瓢虫2和4龄幼虫的搜寻效应

由图2可看出,蠋蝽5龄若虫对茄二十八星瓢虫2和4龄幼虫的搜寻效应均随着茄二十八星瓢

虫幼虫密度的增加而降低。在同一密度下蠋蝽5龄若虫对茄二十八星瓢虫2龄幼虫的搜寻效应均大于对4龄幼虫的搜寻效应。

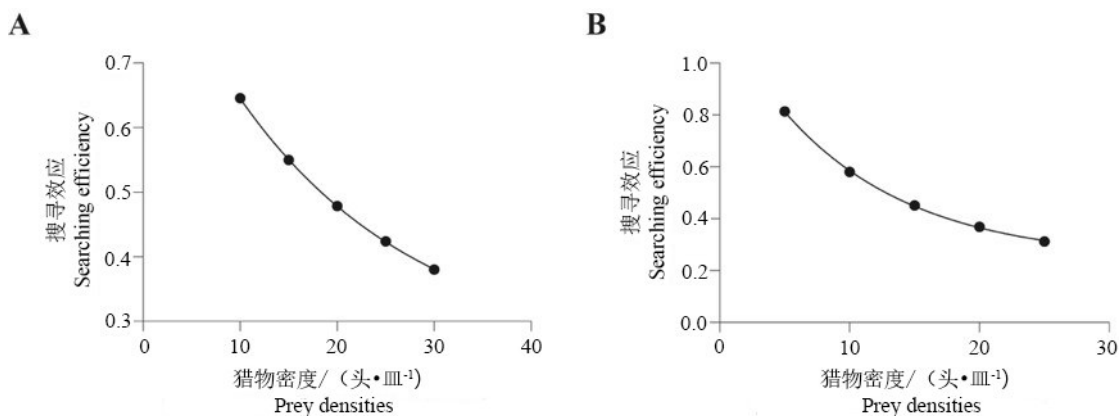


图 2 蝥蝻 5 龄若虫对茄二十八星瓢虫 2 龄 (A) 和 4 龄 (B) 幼虫的搜寻效应

Fig.2 Searching efficiency of the fifth-instar nymphs of *A. chinensis* to the 2nd (A) and 4th (B) instar larvae of *H. vigintioctopunctata*

3 讨论

本研究发现,蝥蝻 5 龄若虫对茄二十八星瓢虫 2 和 4 龄幼虫的捕食行为均符合 II 型功能反应,且捕食作用受猎物密度影响,随着猎物密度的增加蝥蝻的捕食量增加,但捕食量与猎物密度增加不是线性关系,而是呈现减速增长,到达一定密度时捕食量不再增加。这与孙婧婧等(2021)研究蝥蝻 5 龄若虫对棉铃虫 3 龄幼虫的捕食量随着密度增加而增加,且呈现出减数递增的结论一致。

本研究发现,蝥蝻对茄二十八星瓢虫的搜寻效应随着密度的增加逐渐减弱,这与蝥蝻对黏虫 *Mythimna separate* (Walker) 3 龄幼虫(杨灿等,2023)以及对鞘翅目马铃薯甲虫低龄幼虫(刘娟等,2021)的搜寻效应相似,说明蝥蝻对茄二十八星瓢虫的捕食作用与猎物密度相关,猎物密度对蝥蝻的取食干扰作用明显。因此,在田间实际应用中,建议在害虫发生危害初期,即种群数量处于较低密度时释放天敌,以取得较好的防治效果。

王国红和涂小云(2005)研究发现,茄二十八星瓢虫 4 龄幼虫密度为 25 头时,瓢虫柄腹姬小蜂对茄二十八星瓢虫的寄生量最大可达 4.67 头;在茄二十八星瓢虫 2 龄幼虫密度为 25 时,寄生量最大可达 1.33 头。中华微刺盲蝽 5 龄若虫可取食 78.74 粒茄二十八星瓢虫的卵(余金咏等,2012)。本研究发现,蝥蝻 5 龄若虫对茄二十八星瓢虫 2 和 4 龄幼虫的实际最大捕食量分别可达 15 和 10 头,说明蝥蝻对茄二十八星瓢虫有较大的捕食能力。

本研究主要在室内开展,且仅研究了蝥蝻 5 龄若虫对茄二十八星瓢虫 2 和 4 龄幼虫捕食效能,未

考虑田间环境因素,而田间受到气候、环境、猎物密度和天敌等的影响,因此,蝥蝻田间释放比例和控害效果还需进一步研究。

参考文献

- 陈倩,焦进卫,宁少华,梁洪柱,梁晓梅,2020. 蝥蝻对黄栌胫跳甲的捕食功能反应. 西部林业科学, 49(6): 163-170.
- 丁岩钦,1994. 昆虫数学生态学. 北京: 科学出版社: 303-304.
- 郭义,赵灿,李君摘,李敦松,2020. 蝥蝻对荔枝蝽一龄若虫的捕食功能反应. 中国生物防治学报, 36(5): 826-831.
- 刘娟,廖江花,李超,胡恒志,韩露露,刘霞,牛平,2021. 蝥蝻成虫对马铃薯甲虫卵和低龄幼虫的捕食能力. 生物安全学报, 30(4): 282-286.
- 刘亚萍,2012. 二十八星瓢虫的发生规律与防治措施. 现代农业科技(15): 108.
- 孙婧婧,王孟卿,唐艺婷,李心钰,张礼生,李虎,2021. 蝥蝻对棉铃虫幼虫的捕食功能反应. 植物保护学报, 48(5): 1081-1087.
- 涂小云,王国红,2010. 茄二十八星瓢虫生物防治研究进展. 中国植保导刊, 30(3): 13-16.
- 王国红,涂小云,2005. 瓢虫柄腹姬小蜂对茄二十八星瓢虫功能反应的研究. 生态学杂志, 24(7): 736-740.
- 王娅玲,王洪萱,王香萍,王婧瑜,李传仁,王在凌,2019. 茄二十八星瓢虫成虫期寄主转换对成虫寿命以及雌虫产卵的影响. 长江大学学报(自然科学版), 16(10): 63-66.
- 王燕,张红梅,尹艳琼,李向永,赵雪晴,唐艺婷,张礼生,2019. 蝥蝻成虫对草地贪夜蛾不同龄期幼虫的捕食能力.

- 植物保护, 45(5): 42-46.
- 杨灿, 母银林, 汪洁, 李治模, 贾芳翌, 喻会平, 陈祥盛, 2023. 不同龄期蝟蝽对黏虫的捕食功能反应. 中国生物防治学报, 39(2): 487-492.
- 余金咏, 吴伟坚, 梁广文, 2012. 中华微刺盲蝽对茄二十八星瓢虫卵的捕食功能反应. 中国植保导刊, 32(8): 11-13.
- BORN-TORRIHO A, PATERSON R A, VAN B G S, SCHWELM J, VYHLIDALOVA T, HENRIKSEN E H, SOLDANOVA M, 2020. Temperature does not influence functional response of amphipods consuming different trematode prey. *Parasitology Research*, 119(12): 4271-4276.
- CHAILEUX A, MOHL E K, TEIXEIRA M, MESSELINK G J, DESNEUX N, 2014. Natural enemy-mediated indirect interactions among prey species: potential for enhancing biocontrol services in agroecosystems. *Pest Management Science*, 70(12): 1769-1779.
- GHOSH S K, SENAPATI S K, 2001. Biology and seasonal fluctuation of *Henosepilachna vigintioctopunctata* Fabr. on brinjal under Terai region of West Bengal. *Indian Journal of Agricultural Research*, 35(3), 149-154.
- JULIANO S A, 2001. Nonlinear curve fitting: predation and functional response curves//SCHEINER S M, GUREVITCH J. *Design and analysis of ecological experiments*. Oxford: Oxford University Press; 178-196.
- KAWAZU K, 2014. Rearing the 28-spotted ladybird beetle, *Henosepilachna vigintioctopunctata* (Coleoptera: Coccinellidae), with a switchover from host plant leaves to artificial diet. *Applied Entomology and Zoology*, 49(2): 359-362.
- LIU J, LIAO J, LI C, 2022. Bottom-up effects of drought on the growth and development of potato, *Leptinotarsa decemlineata* Say and *Arma chinensis* Fallou. *Pest Management Science*, 78(10): 4353-4360.
- PRITCHARD D, PATERSON R, BOVY H, BARRIOS-O'NEIL D, 2017. Frair: an R package for fitting and comparing consumer functional responses. *Methods in Ecology and Evolution*, 8(11): 1528-1534.
- ROGERS D, 1972. Random search and insect population models. *The Journal of Animal Ecology*, 41(2): 369-383.
- WANG Z L, LI C R, YUAN J J, LI S X, WANG X P, CHI H, 2017. Demographic comparison of *Henosepilachna vigintioctopunctata* (F.) (Coleoptera: Coccinellidae) reared on three cultivars of *Solanum melongena* L. and a wild host-plant *Solanum nigrum* L. *Journal of Economic Entomology*, 110(5): 2084-2091.

(责任编辑:陈晓雯)

