

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2022.05.011

人工饲养叉角厉蝽对草地贪夜蛾的捕食效能评价

陈岗¹, 苑金戈², 柴云霞¹, 方亮¹, 吴子云¹,
胡小东¹, 初正春¹, 任伟³, 李亚迎², 刘怀²

1. 云南省烟草公司楚雄州公司, 云南 楚雄 675000;
2. 西南大学植物保护学院/昆虫学及害虫控制工程重庆市市级重点实验室, 重庆 400715;
3. 云南绿叶生防科技有限公司, 云南 玉溪 653100

摘 要: 为评价我国西南地区多食性土著天敌叉角厉蝽人工饲料的饲养效果, 研究经人工饲料饲养的叉角厉蝽 2 至 5 龄若虫及成虫对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的捕食功能反应. 结果表明: 叉角厉蝽 2 至 5 龄若虫及成虫对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的捕食反应功能均符合 Holling II 圆盘方程. 叉角厉蝽 2 龄若虫至成虫对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的理论最大日捕食量分别为 7.49 头、15.46 头、26.85 头、36.96 头、30.27 头. 本研究发现人工饲养的叉角厉蝽具备对草地贪夜蛾的捕食能力, 且 5 龄叉角厉蝽相比于其他龄期的叉角厉蝽拥有更强的控害能力. 研究结果为利用叉角厉蝽的规模化饲养及应用于草地贪夜蛾防控提供理论依据与支撑.

关 键 词: 叉角厉蝽; 草地贪夜蛾; 功能反应;

人工饲料; 规模化饲养

中图分类号: S435.72

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 2097-1354(2022)05-0096-06

Predation Capacity of Different Instars of *Eocanthecona furcellata* Reared with Artificial Diets to *Spodoptera frugiperda*

CHEN Gang¹, YUAN Jing², CHAI Yunxia¹, FANG Liang¹,
WU Ziyun¹, HU Xiaodong¹, CHU Zhengchun¹,
REN Wei³, LI Yaying², LIU Huai²

收稿日期: 2022-07-15

基金项目: 重庆市技术创新与应用发展专项(cstc2020jscx-lyggX0006, cstc2021jscx-lyjsAX0005); 中国烟草总公司云南省公司绿色防控重大专项(2020530000241016).

作者简介: 陈岗, 农艺师, 主要从事烟草栽培与病虫害防治.

通信作者: 李亚迎, 副教授.

1. Yunnan Tobacco Company of Chuxiong, Chuxiong Yunnan 675000, China;

2. College of Plant Protection / Chongqing Key Laboratory of Entomology and Pest Control Engineering, Southwest University, Chongqing 400715, China;

3. Yunnan Luye Biocontrol Technology Co. LTD., Yuxi Yunnan 653100, China

Abstract: This study aimed at evaluating the predatory ability of different instars of *Eocanthecona furcellata* to *Spodoptera frugiperda*. The predation function response was conducted under the laboratory condition to evaluate the predation ability of the 2nd to 5th instar and adults of *E. furcellata* against the 3rd instar of *S. frugiperda*. The results showed that the predation function response of the 2nd, 3rd, 4th, 5th instar and adults of *E. furcellata* on the 3rd larvae of *S. frugiperda* were in accordance with the Holling II equation. With the maximum prey density, the daily maximum predation of *E. furcellata* from the 2nd instar nymph to the adult was 2.9, 6.7, 13.7, 17.3 and 15.5 individuals, respectively, and the theoretical maximum predation of corresponding stages of *E. furcellata* were 7.49, 15.46, 26.85, 36.96 and 30.27 individuals, respectively, indicating that the 5th instar larvae of *E. furcellata* had stronger control ability than that of the other instar nymphs. This study built a valuable foundation for the mass rearing and application of *E. furcellata* for biological control of the fall armyworm *S. frugiperda*.

Key words: *Eocanthecona furcellata*; *Spodoptera frugiperda*; predatory functional response; artificial diet; mass rearing

叉角厉蝽(*Eocanthecona furcellata*), 隶属于半翅目(Hemiptera)、蝽科(Pentatomidae)、益蝽亚科(Asopinae), 广泛分布于热带、亚热带地区, 在我国南方多省均有分布, 是一种重要的捕食性天敌昆虫。其捕食范围广泛, 若虫和成虫对鳞翅目(Lepidoptera)、鞘翅目(Coleoptera)、膜翅目(Hymenoptera)以及半翅目(Hemiptera)等多种植食性害虫的卵、幼虫、蛹和成虫均能起到一定程度的控制作用^[1]。据国内外有关报道, 叉角厉蝽对鳞翅目幼虫如绿额翠尺蛾(*Thalassodes proquadraria*)、甜菜夜蛾(*Spodoptera exigua*)、斜纹夜蛾(*Spodoptera litura*)、菜粉蝶(*Pieris rapae*)、黄野螟(*Heortia vitessoides*)、草地贪夜蛾(*Spodoptera frugiperda*)^[2-9]均具有较强的捕食能力, 可作为鳞翅目害虫的理想生物防治剂, 在农林害虫绿色防治方面有着极为广阔的应用前景。

草地贪夜蛾原产于美洲热带及亚热带地区, 是具备跨境迁飞能力的重大农业害虫, 隶属鳞翅目(Lepidoptera)、夜蛾科(Noctuidae), 有寄主广泛、繁殖力强、扩散速度快、为害程度重等特点, 使其在农业生产中防控困难^[10-11]。2019年1月, 草地贪夜蛾首次入侵我国云南江城县, 目前草地贪夜蛾已迁入我国20多个省份^[12], 各地在确认虫情后迅速进行应急防治, 取得了一定的效果。除使用化学防治外, 生物防治也是一种重要的有害生物控制措施, 利用天敌昆虫是生物防治的重要内容。草地贪夜蛾的天敌种类众多, 其中捕食性蝽类是其重要的天敌之一, 根据相关报道^[13-14], 美国曾利用斑腹刺益蝽(*Podisus maculiventris*), 巴西曾利用黑刺益蝽(*Podisus nigrispinus*)来防治草地贪夜蛾, 我国亦有利用蠋蝽(*Arma chinensis*)防治草地贪夜蛾的研究报道^[15-16]。本研究旨在以我国西南地区土著天敌叉角厉蝽为主要研究对象, 评价经人工饲料饲养的叉角厉蝽不同虫态对草地贪夜蛾关键龄期幼虫的控制作用, 以期为叉角厉蝽的规模化饲养和推广应用提供理论基础。

1 材料与方 法

1.1 供试虫源

草地贪夜蛾于 2019 年 4 月自云南省玉溪市玉米地采集, 带回实验室用新鲜玉米叶饲养种群至 3 代以上备用; 叉角厉蝽由云南绿叶生防科技有限公司提供, 带回实验室后利用人工饲料建立实验种群作为供试用虫。

1.2 试验方法

试验测定叉角厉蝽 2 至 5 龄若虫及成虫对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的捕食功能反应, 试验前先将不同龄期的供试叉角厉蝽置于直径 15 cm、高 2.5 cm 的培养皿内单头隔离, 先饱食 24 h, 再饥饿 24 h, 使其处于同等的饥饿水平。饥饿处理后, 在培养皿内放入草地贪夜蛾 3 龄幼虫, 同时投入足量玉米叶供草地贪夜蛾取食, 避免幼虫自残。叉角厉蝽 2 龄若虫对应的草地贪夜蛾密度梯度分别设置为 2 头/皿、4 头/皿、6 头/皿、8 头/皿、10 头/皿; 叉角厉蝽 3 龄若虫对应的草地贪夜蛾密度梯度分别设置为 3 头/皿、6 头/皿、9 头/皿、12 头/皿、15 头/皿; 叉角厉蝽 4 龄若虫对应的草地贪夜蛾密度梯度分别设置为 3 头/皿、6 头/皿、9 头/皿、12 头/皿、24 头/皿; 叉角厉蝽 5 龄若虫及成虫对应的草地贪夜蛾密度梯度分别设置为 5 头/皿、10 头/皿、15 头/皿、20 头/皿、30 头/皿。每个组合重复 5 次, 24 h 后检查剩余草地贪夜蛾幼虫存活数量。

1.3 数据统计与分析

不同龄期叉角厉蝽对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的捕食功能反应采用 Holling II 功能反应模型进行拟合, Holling II 功能反应模型为 $N_a = aNT / (1 + aT_h N)$ [17]。其中 N_a 为捕食草地贪夜蛾幼虫的数量, a 为叉角厉蝽捕食草地贪夜蛾幼虫的瞬间攻击率, N 是草地贪夜蛾幼虫的密度, T 是试验观察时间(本试验中 T 设为 1 d), T_h 是处理猎物时间(即捕食者捕食 1 头猎物所用的时间)。 $N_{a\max}$ 为日最大捕食量, 当猎物密度 $N \rightarrow \infty$ 时, $1/N$ 趋近于 0, 日最大捕食量 $N_{a\max} = 1/T_h$ 。所获得的数据先采用 Excel 2010 进行初步归纳整理, 得出 N 和 N_a 的倒数, 再利用 SPSS 19.0 来拟合圆盘方程, 最后根据原始数据中的所有重复 [18], 使用 Graphpad Prism 8.0 作图。

2 结果与分析

2.1 叉角厉蝽不同龄期对草地贪夜蛾幼虫的捕食量

在设置的密度范围内, 每个龄期的叉角厉蝽对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的捕食量均随着猎物密度的增加而呈上升趋势, 随后捕食量增量逐渐减缓, 趋于平稳。在最大猎物密度条件下, 2 龄、3 龄、4 龄、5 龄若虫和成虫叉角厉蝽最大日平均捕食量分别是 2.9 头、6.7 头、13.7 头、17.3 头和 15.5 头。比较叉角厉蝽各虫态的捕食量, 发现其不同龄期对草地贪夜蛾的日最大平均捕食量从高到低依次为 5 龄若虫、成虫、4 龄若虫、3 龄若虫、2 龄若虫, 即在密度饱和条件下, 叉角厉蝽 5 龄若虫对草地贪夜蛾的捕食能力最高(图 1)。

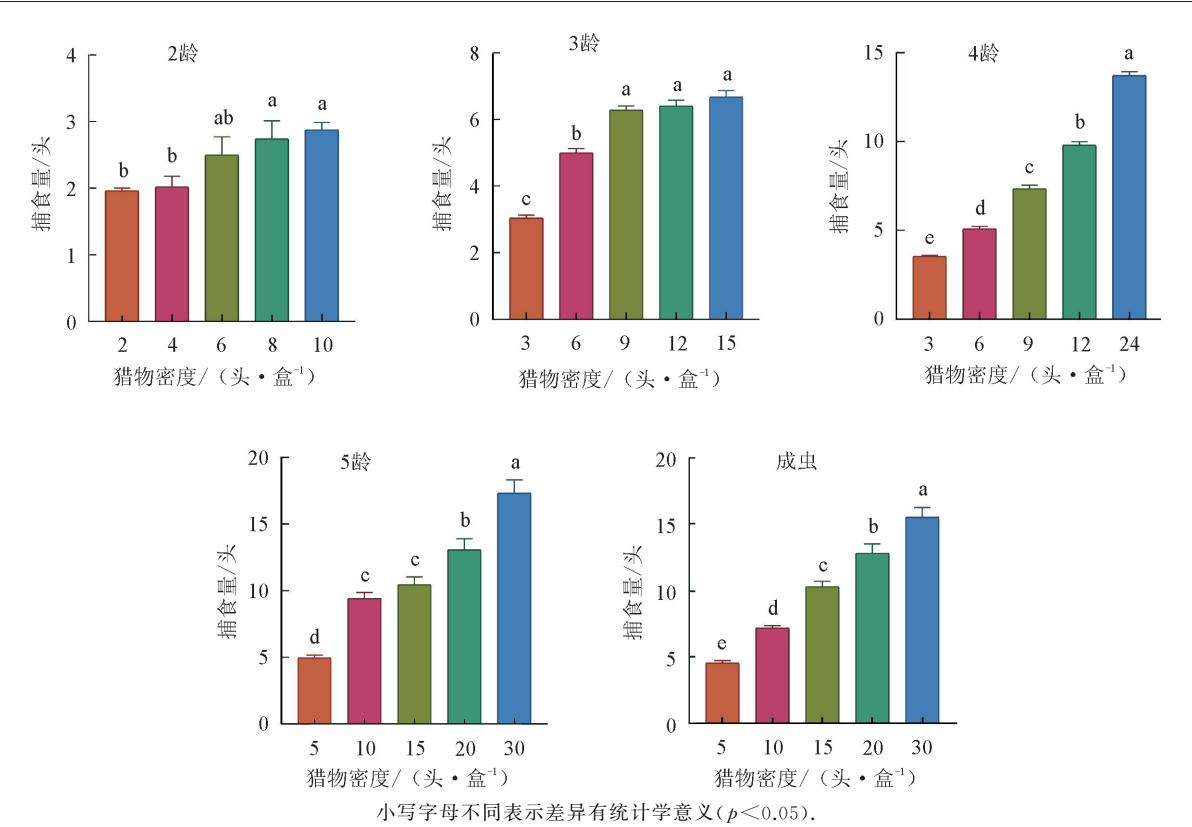


图 1 不同龄期叉角厉蝽对草地贪夜蛾幼虫的捕食量

2.2 不同龄期叉角厉蝽对草地贪夜蛾的捕食功能反应方程拟合

不同龄期叉角厉蝽对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的捕食功能反应均符合 Holling II 方程, 不同龄期叉角厉蝽对草地贪夜蛾的日最大捕食量由高到低依次为 5 龄若虫(30.72 头)、成虫(28.22 头)、4 龄若虫(19.40 头)、3 龄若虫(10.69 头)、2 龄若虫(3.02 头). 从不同龄期叉角厉蝽的瞬时攻击率、处置猎物时间看出, 2 龄叉角厉蝽对 3 龄草地贪夜蛾的瞬时攻击率最大, 但其处置时间也最长; 成虫瞬时攻击率最低, 但处置时间比 5 龄叉角厉蝽略长. 根据理论捕食容量来判断不同虫态的捕食能力, 5 龄叉角厉蝽理论捕食容量值最大, 表明 5 龄叉角厉蝽对草地贪夜蛾具有更强的捕食能力(表 1).

表 1 不同龄期叉角厉蝽对草地贪夜蛾幼虫的捕食功能反应参数

叉角厉蝽 虫态	功能反应方程	瞬时攻击率 (a)	处置时间/ h	日最大捕 食量/头	理论捕食容 量(a/T_h)	拟合优度 (R^2)	p 值
2 龄若虫	$N_a=2.482\ 1N/(1+0.822\ 8N)$	2.482 1	0.331 5	3.02	7.49	0.877 7	0.009 4
3 龄若虫	$N_a=1.445\ 7N/(1+0.135\ 2N)$	1.445 7	0.093 5	10.69	15.46	0.950 4	0.002 4
4 龄若虫	$N_a=1.383\ 6N/(1+0.071\ 3N)$	1.383 6	0.051 5	19.40	26.85	0.936 7	0.003 4
5 龄若虫	$N_a=1.203\ 3N/(1+0.039\ 2N)$	1.203 3	0.032 5	30.72	36.96	0.964 5	0.001 4
成虫	$N_a=1.072\ 4N/(1+0.038\ 0N)$	1.072 4	0.035 4	28.22	30.27	0.965 8	0.001 4

3 结论与讨论

本研究发现叉角厉蝽不同虫态对草地贪夜蛾幼虫的捕食功能反应符合 Holling II 模型, 与

其他益蝽亚科捕食性蝽类的捕食功能反应模型一致^[15-16, 19]。在一定的猎物密度范围内, 叉角厉蝽的捕食作用受草地贪夜蛾密度的影响, 随着草地贪夜蛾幼虫密度的增加, 叉角厉蝽的捕食量也逐渐增大, 当草地贪夜蛾密度增加到一定程度时, 叉角厉蝽的捕食量增加的速度减缓, 最后趋于饱和水平。草地贪夜蛾的 3 龄幼虫是其从低龄幼虫转向暴食期高龄幼虫的时期, 也是其防治的关键龄期, 研究结果表明人工饲料饲养的叉角厉蝽对草地贪夜蛾关键龄期幼虫具有较好的捕食控害能力。不同龄期的叉角厉蝽之间捕食能力存在较大差异, 不同龄期的叉角厉蝽对草地贪夜蛾的日最大捕食量由高到低依次为 5 龄若虫、成虫、4 龄若虫、3 龄若虫、2 龄若虫。综合比较各项指标, 研究发现 5 龄叉角厉蝽具有最强的捕食能力, 5 龄叉角厉蝽表现出的理论捕食容量最大, 日最大捕食量最高, 推测其原因可能是因为发育到 5 龄的叉角厉蝽在羽化成成虫之前, 需要储存更多的能量物质来满足其生长发育及营养的需求^[9]。

唐艺婷等^[20]在研究不同龄期益蝽对黏虫的捕食功能反应时, 发现 5 龄益蝽的瞬时攻击率和日最大捕食量最高。李文华等^[8]研究叉角厉蝽对黄野螟幼虫的捕食结果也显示出 5 龄叉角厉蝽若虫对黄野螟幼虫的瞬时攻击率最大, 日最大捕食量最多, 而 3 龄叉角厉蝽若虫对黄野螟幼虫的攻击率和日最大捕食量显著低于 5 龄幼虫和雌成虫的对应指标。杨志浩等^[21]研究龄期对蠋蝽捕食斜纹夜蛾幼虫行为参数的影响时发现, 蠋蝽若虫随着自身龄期的增长, 对斜纹夜蛾的捕食量表现为直线上升趋势。唐敏等^[9]报道叉角厉蝽对草地贪夜蛾幼虫的捕食功能反应发现对 3 龄、5 龄的草地贪夜蛾的捕食量均以 5 龄叉角厉蝽若虫最大, 然而在评价天敌昆虫的控害能力时, 仅单方面考虑瞬时攻击率, 往往忽视了处置猎物时间的差异。周集中等^[22]提出用理论捕食容量值(a/T_h)来衡量天敌对害虫的控制能力, a/T_h 越大, 则天敌的控害能力越强。本研究用 a/T_h 评价不同龄期叉角厉蝽的捕食能力发现叉角厉蝽不同虫态控害能力由强到弱依次为 5 龄若虫、成虫、4 龄若虫、3 龄若虫、2 龄若虫。

本研究为利用叉角厉蝽的规模化饲养及应用于防控草地贪夜蛾提供了理论依据与支撑。而本研究在室内实验室设定的猎物密度和环境条件下完成, 仅对叉角厉蝽的捕食功能进行了评价, 明确了不同龄期叉角厉蝽对草地贪夜蛾关键龄期幼虫的控害能力; 但在自然条件下, 由于生态系统和环境因子的复杂性, 影响捕食者捕食作用的因子众多, 这些生物和非生物因子对叉角厉蝽对捕食草地贪夜蛾的影响有待进一步研究。田间释放应用叉角厉蝽时, 还需要综合考虑田间环境条件、草地贪夜蛾虫口密度、叉角厉蝽自身的捕食效率等, 制订最优的释放方式及释放量, 从而达到效果最佳的控害目的。

参考文献:

- [1] 林长春, 王浩杰, 任华东, 等. 叉角厉蝽生物学特性研究[J]. 林业科学研究, 1998, 11(1): 89-93.
- [2] 张敏玲, 卢传权. 叉角厉蝽的饲养[J]. 昆虫天敌, 1996, 18(2): 74-77.
- [3] 朱涤芳. 叉角厉蝽生物学特性研究[J]. 昆虫天敌, 1990, 12(2): 71-74.
- [4] 宫靖垚, 陈科伟, 温健, 等. 人工饲料饲养的叉角厉蝽对昆虫的捕食能力评价[J]. 环境昆虫学报, 2019, 41(3): 471-478.
- [5] 谢钦铭, 梁广文, 罗诗, 等. 叉角厉蝽对绿额翠尺蛾幼虫的捕食作用的初步研究[J]. 江西科学, 2001, 19(1): 21-23.
- [6] 何旭诺, 洗继东, 陈然, 等. 4 种昆虫饲料对叉角厉蝽生长发育和繁殖的影响[J]. 环境昆虫学报, 2013, 35(6): 799-803.
- [7] 陈然, 梁广文, 张拯研, 等. 叉角厉蝽对斜纹夜蛾的捕食功能反应[J]. 环境昆虫学报, 2015, 37(2): 401-406.
- [8] 李文华, 贾彩娟, 陈惠平, 等. 叉角厉蝽对黄野螟幼虫的捕食功能反应[J]. 环境昆虫学报, 2015, 37(4): 843-848.

- [9] 唐敏, 邝昭琅, 李子园, 等. 叉角厉蝽对草地贪夜蛾幼虫的捕食功能反应[J]. 环境昆虫学报, 2019, 41(5): 979-985.
- [10] 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.
- [11] 姜玉英, 刘杰, 朱晓明. 草地贪夜蛾侵入我国的发生动态和未来趋势分析[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(2): 33-35.
- [12] 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.
- [13] MALAQUIAS J B, RAMALHO F S, OMOTO C, et al. Imidacloprid Affects the Functional Response of Predator *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) to Strains of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) on Bt Cotton[J]. Ecotoxicology (London, England), 2014, 23(2): 192-200.
- [14] ZANUNCIO J C, SILVA C A D, LIMA E R, et al. Predation Rate of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Larvae with and without Defense by *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae)[J]. Brazilian Archives of Biology and Technology, 2008, 51(1): 121-125.
- [15] 唐艺婷, 李玉艳, 刘晨曦, 等. 蝽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.
- [16] 王燕, 张红梅, 尹艳琼, 等. 蝽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.
- [17] HOLLING C S. Some Characteristics of Simple Types of Predation and Parasitism[J]. The Canadian Entomologist, 1959, 91(7): 385-398.
- [18] MILONAS P G, KONTODIMAS D C, MARTINO A F. A Predator's Functional Response: Influence of Prey Species and Size[J]. Biological Control, 2011, 59(2): 141-146.
- [19] 唐艺婷, 王孟卿, 陈红印, 等. 益蝽对草地贪夜蛾高龄幼虫的捕食能力评价和捕食行为观察[J]. 中国生物防治学报, 2019, 35(5): 698-703.
- [20] 唐艺婷, 郭义, 何国玮, 等. 不同龄期的益蝽对粘虫的捕食功能反应[J]. 中国生物防治学报, 2018, 34(6): 825-830.
- [21] 杨志浩, 孟玲, 李保平. 虫龄对蝽蝽捕食斜纹夜蛾幼虫行为参数的影响[J]. 生态学杂志, 2019, 38(11): 3376-3381.
- [22] 周集中, 陈常铭. 拟环纹狼蛛对褐飞虱的捕食作用及其模拟模型的研究 I. 功能反应[J]. 生物防治通报, 1986, 2(1): 2-9.

责任编辑 王新娟