

越南斧瓢虫对烟粉虱的捕食作用*

周慧平^{1,2**} 王兴民¹ 邱宝利¹ 吴建辉¹ 任顺祥^{1***}

(1. 华南农业大学生物防治教育部工程研究中心, 广州 510642; 2. 湖南出入境检验检疫局, 长沙 410004)

摘 要 【目的】烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 是一种外来入侵性的重大农业害虫, 越南斧瓢虫 *Axinoscymnus apioides* Kuznetsov & Ren 是其重要的捕食性天敌之一, 本文系统研究了越南斧瓢虫对烟粉虱的捕食作用。【方法】在温度误差为 ± 1 , 相对湿度为 75%, 光照周期为 L:D=14:10 条件下, 测定瓢虫成虫对烟粉虱各虫态的功能反应和不同温度下对烟粉虱 4 龄若虫的功能反应以及测定瓢虫成虫取食烟粉虱 4 龄若虫个体间的干扰反应。【结果】结果表明, 越南斧瓢虫对烟粉虱的功能反应呈 Holling II 型, 随着猎物龄期的增加, 越南斧瓢虫成虫的寻找效率 (a) 逐渐降低, 处置时间 (T_h) 基本依次延长。温度对瓢虫的捕食效应影响显著, 试验所设温度为 15, 20, 25, 30, 35 °C, 越南斧瓢虫成虫的寻找效率 (a) 分别为 0.3226, 0.4496, 0.5868, 0.5788 和 0.6235, 处置时间 (T_h) 分别为 0.2348, 0.1451, 0.1039, 0.0904 和 0.0976, 均与温度 (T) 则呈二次曲线关系。越南斧瓢虫对烟粉虱 4 龄若虫的捕食作用率 (E) 在捕食者密度较低 (在 1~5 头) 时, 捕食作用率下降较快, 而在捕食者>6 时, 其对捕食作用率的影响效果减小。寻找系数为 0.0607, 干扰系数为 0.5569。【结论】随着猎物龄期的增加, 越南斧瓢虫成虫的寻找效率降低, 处置时间延长; 越南斧瓢虫成虫对烟粉虱 4 龄若虫的寻找效率随着温度的升高而提高, 而在更高的温度条件下, 其寻找效率略有下降。瓢虫对烟粉虱的处置时间则随着温度的升高而不断缩短; 越南斧瓢虫成虫自身密度对其捕食作用产生干扰反应, 捕食作用率随着捕食者密度的增加而降低。

关键词 越南斧瓢虫 烟粉虱 捕食作用 功能反应

Predation of *Axinoscymnus apioides* Kuznetsov & Ren on *Bemisia tabaci* (Gennadius)

ZHOU Hui-Ping^{1, 2**} WANG Xing-Min¹ Qiu Bao-Li¹ WU Jian-Hui¹ REN Shun-Xiang^{1***}

(1. Engineering Research Center of Biological Control, Ministry of Education, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. Hunan Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Changsha 410004, China)

Abstract [Objectives] The sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) is an important invasive insect pest of agricultural crops and *Axinoscymnus apioides* Kuznetsov & Ren is one of its important predators. The present paper presents the results of a systematic investigation of the predation of *A. apioides* on *B. tabaci*. [Methods] Under laboratory conditions of $T=(29\pm 2)$, $RH=80\pm 5\%$ and $L:D=14:10$, the functional response of adult *A. apioides* to *B. tabaci* of different developmental stages, and to *B. tabaci* 4th instar larvae at different temperatures, and the degree of mutual interference between individual ladybirds preying on *B. tabaci* 4th instar larvae, were studied. [Results] The functional response of adult *A. apioides* on different developmental stages of *B. tabaci* conformed to the Holling's type II equation. The search rate (a) of *A. apioides* adults for the eggs, 1st, 2nd, 3rd, 4th instars, and pupae, of *B. tabaci* were 1.3883, 1.1027, 0.8293, 0.5392, 0.4981 and

* 资助项目 Supported projects: 国家 973 项目(2013CB127600); 国家公益性行业(农业) 科研专项(201303019); 番禺区科技计划项目(2010-专-12-5)

**第一作者 First author, E-mail: zhp306@126.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: shxren@scau.edu.cn

收稿日期 Received: 2015-01-09, 接受日期 Accepted: 2015-01-19

0.3422, respectively and the handling time (T_h) of these prey items were 0.0030, 0.0169, 0.0281, 0.0368, 0.0758 and 0.0593, respectively. As shown from the model parameters, search rate decreased with handling time from egg to pupa. The search rate of adult *A. apioides* was highest for *B. tabaci* eggs and lowest for 4th instar larvae. However, handling time was highest for 4th instar larvae and lowest for *B. tabaci* eggs. Data indicate that the eggs of *B. tabaci* were the preferred prey of *A. apioides*. The functional response of adult *A. apioides* on the eggs of *B. tabaci* was determined at six different temperatures (15, 20, 25, 30, 35 °C). Predation efficiency (E) varied with environmental temperature. The influence of temperature on search rate (a) and handling time (T_h) can be described by the equations $a = -0.3622 + 0.0589T - 0.0009T^2$ and $T_h = 0.6628 - 0.0382T + 0.0006T^2$. Mutual interference between individual predators could be described by Hassell and Varleys equation. The relationship between predation ratio (E) and natural enemy density (P) was $E = 0.5205P^{0.5569}$. The interference coefficient (m) was 0.5569 and the search coefficient (Q) was 0.0609. **[Conclusion]** The search rate of adult *A. apioides* decreased and handling time increased with the developmental stage of prey (egg to pupa stage). Predation efficiency increased with environmental temperature to 30 °C, but decreased when at environmental temperatures > 30 °C. Search time was shorter when the environmental temperature was rising. Mutual interference between individual predators exists and predation efficiency decreased when the density of *A. apioides* increased.

Key words *Axinoscymnus apioides*, *Bemisia tabaci*, predation functional response

烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 又称甘薯粉虱、棉粉虱、一品红粉虱等, 属同翅目 (Homoptera) 粉虱科 (Aleyrodidae) 昆虫。现分布在除南极洲外各大洲的 90 多个国家和地区, 成为这些地区农业系统中的一种非常严重的世界性害虫, 寄主植物范围达 74 科 420 多种, 新的寄主植物不断增加, 目前已经超过 600 多种 (Mound and Halsey, 1978; Bellotti and Arias, 2001; Oliveira *et al.*, 2001; Qiu *et al.*, 2004; Ren *et al.*, 2011)。由于外来烟粉虱 MEAM1 隐种 (B 型) 的入侵扩散, 烟粉虱逐渐发展为我国蔬菜、花卉、烟草等作物上的主要害虫 (Chen, 1997; Luo *et al.*, 2002; Wu *et al.*, 2003)。烟粉虱除直接为害寄主植物外, 还可分泌蜜露, 影响植物的光合作用和诱发霉烟病, 同时也是粉虱类群中传毒种类最多的传毒媒介, 据统计, 烟粉虱所传播的病毒种类超过 150 种 (Brown and Nelson, 1987; Brown, 1991, 1994; Luko *et al.*, 2001; Oliveira *et al.*, 2001; Rodrigo *et al.*, 2004; Dalton, 2006; Lapidot and Polston, 2010)。烟粉虱造成的直接危害, 以及其分泌的蜜露及霉烟造成的作物及其产品质量上和数量上的损失, 还有管理费用的提高和产品市场竞争力的下降和收益的减少 (Steven *et al.*, 1996; Oliveira *et al.*, 2001; Steven, 2001)。

目前我国烟粉虱的捕食性天敌已发现 17 种。在广东发现有 13 种捕食性天敌, 包括 8 种瓢虫、3 种草蛉、1 种粉蛉和 1 种盲蝽 (Ren *et al.*, 2001)。越南斧瓢虫 *Axinoscymnus apioides* Kuznetsov & Ren 属瓢虫科 Coccinellidae, 小毛瓢虫亚科 Scymninae, 斧瓢虫属 *Axinoscymnus* Kamiya, 1963, 原产于东南亚, 越南斧瓢虫是当地粉虱类害虫的优势种天敌之一, 广州与东南亚有着相似的地理环境和气候条件, 越南斧瓢虫也有可能成为烟粉虱生物防治的主要捕食性天敌之一 (Holling, 1959; Ren *et al.*, 2001; Wang *et al.*, 2006)。越南斧瓢虫自引进以来, 其形态特征和生物学特性研究已有报道, 为进一步了解和分析越南斧瓢虫控制烟粉虱的能力, 本文研究了越南斧瓢虫对烟粉虱各虫态的功能反应、温度对功能反应的影响和瓢虫成虫捕食时个体间的干扰反应。

1 材料与方法

1.1 供试材料

扶桑 *Hibiscus rosa sinensis* L., 为华南农业大学昆虫生态室扦插种苗。烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 为本研究室用扶桑繁殖和保持的种群。越南斧瓢虫 *Axinoscymnus apioides*

Kuznetsov & Ren 为本研究室自 2003 年保持的种群。

1.2 试验方法

1.2.1 试验温度和光照 本试验常温实验和温度实验均是在华南农业大学昆虫生态研究室人工气候箱中进行, 人工气候箱型号为 PYX-300Q-B (广东韶关科力试验仪器有限公司), 温度误差为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$, 相对湿度为 75%, 光照周期为 L:D = 14:10。

1.2.2 越南斧瓢虫成虫对烟粉虱卵及各龄期若虫的功能反应测定 试验前将越南斧瓢虫成虫饥饿 24 h, 在培养皿 ($d=9\text{ cm}$, $h=1.5\text{ cm}$) 中同时放入烟粉虱和瓢虫, 24 h 后观察并记录培养皿内剩余的烟粉虱数量。

瓢虫成虫对烟粉虱各虫态的功能反应: 烟粉虱卵的密度分别为: 50, 100, 200, 400, 800 粒 5 个处理, 烟粉虱的 1 龄, 2 龄, 3 龄, 4 龄和伪蛹的密度剃度分别为 10, 20, 40, 80 和 160 头 5 个处理。每处理 5 次重复。

1.2.3 不同温度下的捕食作用率 在人工气候箱中测定瓢虫成虫对烟粉虱 4 龄若虫的功能反应, 试验设 15, 20, 25, 30 和 35 5 个温度剃度, 烟粉虱 4 龄若虫的密度剃度分别为 10 头, 20 头, 40 头, 80 头和 160 头 5 个处理, 每处理重复 5 次。

1.2.4 越南斧瓢虫成虫的干扰反应 在培养皿中测定瓢虫成虫个体间的干扰反应, 每培养皿中放入烟粉虱 4 龄若虫 200 头, 瓢虫密度设为 1, 3, 5, 7 和 9 头 5 个处理, 每处理重复 5 次。

1.3 分析方法

1.3.1 功能反应分析方法 不同的捕食者在单位时间内对给定不同密度猎物的捕食量不同, 一般随着猎物密度的变化而变化, 这称为功能反应, 也就是捕食者在不同猎物密度下对猎物的捕食效应 (Luko *et al.*, 2001; Gitonga *et al.*, 2002)。功能反应既反映了捕食者对猎物的寻找能力, 处理效率以及最大捕食量, 也包含了天敌捕食的行为动态以及害虫的行为与密度因

素等对天敌捕食的影响。Holling (1959) 根据对功能反应的研究, 将捕食者的功能反应划分为 3 个基本类型: 即 I 型反应, 指捕食者捕获的猎物数量与猎物密度呈线性关系; II 型反应, 指捕食所捕获的猎物数量与猎物密度成凸曲线关系; III 型反应, 指捕食者捕获的猎物数量与猎物密度成 S 曲线关系。大多数天敌昆虫的捕食作用符合 Holling I 型, 即圆盘方程, 其数学模型为:

$$N_a = aNT / (1 + aT_h N)$$

其参数生物学意义为: N_a 为被捕食的猎物数; N 为猎物密度; T 为供试的总时间; a 为捕食者对猎物的寻找效率 (或瞬间攻击率); T_h 为处置时间。

1.3.2 干扰反应的分析方法 模拟在培养皿内不同密度的越南斧瓢虫成虫对烟粉虱 4 龄若虫的捕食作用。

模拟 Hassel-Varley 模型 (Hassell and Varley, 1969), 求解寻找系数 (Q) 和相互干扰系数 (m) 参数。其模型为:

$$E = QP^{-m}$$

其参数生物学意义为: E 为捕食作用率; P 为捕食者密度; Q 为寻找系数; m 为相互干扰系数。

1.3.3 数据处理 所有数据的分析和处理, 绘图均在 SAS 数据处理系统 (SAS Institute, 1988) 中进行。

2 结果与分析

2.1 越南斧瓢虫成虫对烟粉虱的功能反应

统计不同猎物密度下越南斧瓢虫成虫的捕食量, 并对其进行分析, 可知, 越南斧瓢虫成虫对烟粉虱各虫态的功能反应均属于 Holling II。用 Holling 圆盘方程拟合, 其模型分别为以下方程:

$$\text{烟粉虱卵: } N_a = 1.3883NT / (1 + 0.0042N) \\ R^2 = 0.9713 \text{ (方程 1)}$$

$$\text{烟粉虱 1 龄: } N_a = 1.1027NT / (1 + 0.0186N) \\ R^2 = 0.9850 \text{ (方程 2)}$$

$$\text{烟粉虱 2 龄: } N_a = 0.8293NT / (1 + 0.0233N)$$

$R^2=0.9961$ (方程 3)

烟粉虱 3 龄: $N_a=0.5392NT/(1+0.0198N)$

$R^2=0.9895$ (方程 4)

烟粉虱 4 龄: $N_a=0.4981NT/(1+0.0391N)$

$R^2=0.9950$ (方程 5)

烟粉虱伪蛹: $N_a=0.3422NT/(1+0.0203N)$

$R^2=0.9662$ (方程 6)

模拟所得参数见表 1。各方程的决定系数 R^2 均大于 0.95, 说明该模型均能较好地描述不同猎物密度下越南斧瓢虫成虫对烟粉虱各虫态的捕量, 即捕食者对猎物的捕食上限或饱和能力。越南斧瓢虫成虫的寻找效率 (a) 以捕

食烟粉虱卵时为最大, 捕食烟粉虱伪蛹时最小, 而处置时间 (T_h) 则以捕食烟粉虱 4 龄若虫时为最长, 以捕食烟粉虱卵时为最小。瓢虫成虫的寻找效率随着烟粉虱龄期的增大而逐渐降低, 取食卵时寻找效率最高为 1.3883, 而取食伪蛹时寻找效率最低。处置时间随着烟粉虱龄期的增大而变长。取食卵, 1 龄, 2 龄, 3 龄, 4 龄和伪蛹时的理论最大捕食量分别为 333.33 粒, 59.17 头, 35.59 头, 27.17 头, 12.74 头和 16.86 头。

越南斧瓢虫成虫对烟粉虱卵和各龄若虫的捕食量见图 1~图 6。

表 1 越南斧瓢虫成虫对烟粉虱各虫态功能反应参数

Table 1 Functional response parameters of *Axinoscymnus apioides* adults to *Bemisia tabaci* of different developmental stages in plastic petri-dish

烟粉虱 <i>B. tabaci</i>	寻找效率 (a) Searching rate	处置时间 (T_h) Handling time	R^2	F	理论最大捕食量 Theoretical consumption
卵 Egg	1.3883	0.0030	0.9713	101.56	333.33
1 龄 1st instar	1.1027	0.0169	0.9850	197.07	59.17
2 龄 2nd instar	0.8293	0.0281	0.9961	763.16	35.59
3 龄 3rd instar	0.5392	0.0368	0.9895	281.40	27.17
4 龄 4th instar	0.4981	0.0785	0.9950	600.53	12.74
伪蛹 Pupae	0.3422	0.0593	0.9662	85.89	16.86

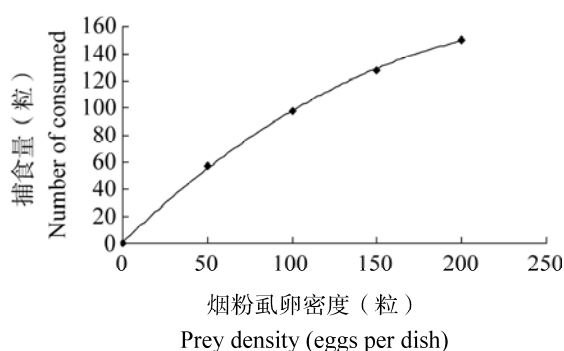


图 1 瓢虫成虫对烟粉虱卵的功能反应
Fig. 1 Functional response of *Axinoscymnus apioides* adults to *Bemisia tabaci* eggs

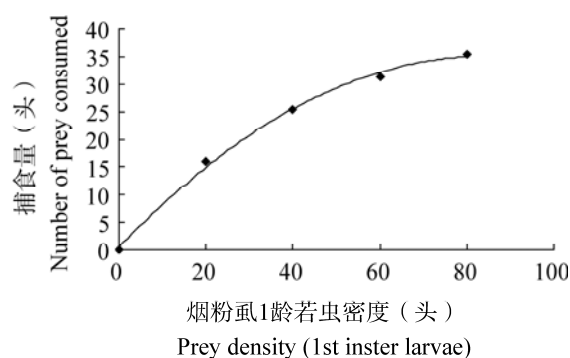


图 2 瓢虫成虫对烟粉虱 1 龄的功能反应
Fig. 2 Functional response of *Axinoscymnus apioides* adults to *Bemisia tabaci* 1st instar larvae

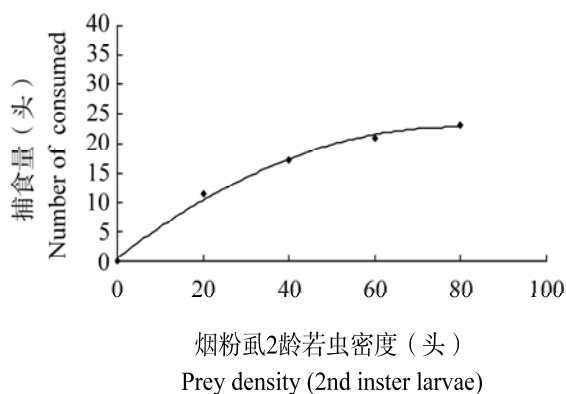


图 3 瓢虫成虫对烟粉虱 2 龄的功能反应
Fig. 3 Functional response of *Axinoscymnus apioides* adults to *Bemisia tabaci* 2nd instar larvae

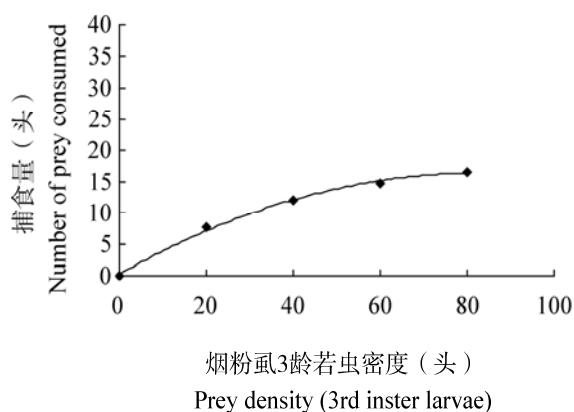


图 4 瓢虫成虫对烟粉虱 3 龄的功能反应
Fig. 4 Functional response of *Axinoscymnus apioides* adults to *Bemisia tabaci* 3rd instar larvae

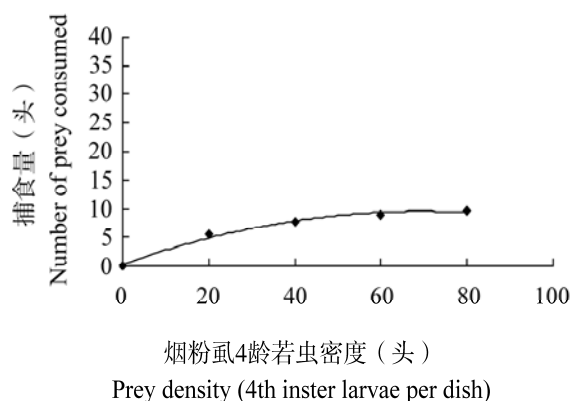


图 5 瓢虫成虫对烟粉虱 4 龄的功能反应
Fig. 5 Functional response of *Axinoscymnus apioides* adults to *Bemisia tabaci* 4th instar larvae

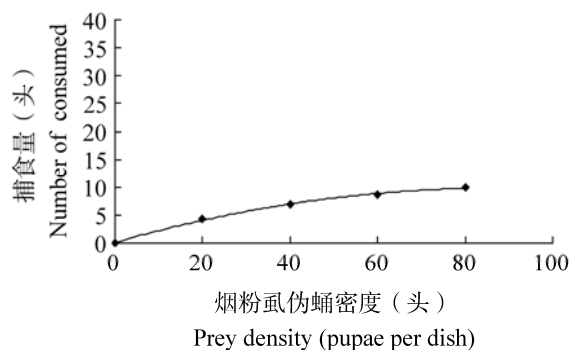


图 6 瓢虫成虫对烟粉虱伪蛹的功能反应
Fig. 6 Functional response of *Axinoscymnus apioides* adults to *Bemisia tabaci* pupae

2.2 不同温度下越南斧瓢虫成虫的捕食作用率

用 Holling 型模拟不同温度条件下越南斧瓢虫对烟粉虱 4 龄若虫的功能反应的结果见表 2。由表 2 可知, 温度对瓢虫的捕食效应影响显著, 在 15~30℃ 温度范围内, 越南斧瓢虫成虫的对烟粉虱 4 龄若虫的寻找效率 (a) 随着温度的升高而不断提高, 而在更高的温度条件下, 其寻找效率略有下降。瓢虫对烟粉虱的处置时间 (T_h) 则随着温度的升高而不断缩短。

寻找效率 (a) 和处置时间 (T_h) 与温度的关系见图 7 和图 8。其与温度的关系见方程:

$$a = -0.3622 + 0.0589T - 0.0009T^2, R^2 = 0.9685, F = 30.70 \text{ 和方程: } T_h = 0.6628 - 0.0382T + 0.0006T^2, R^2 = 0.9944, F = 179.18.$$

表 2 不同温度条件下越南斧瓢虫对烟粉虱 4 龄若虫的功能反应参数

Table 2 Functional response parameters of *Axinoscymnus apioides* adults on *Bemisia tabaci* 4th instar larvae at different temperatures

温度 (°C) Temperature	寻找效率 (a) Searching rate	处置时间 (T_h) Handling time	r
15	0.3226	0.2348	0.9978
20	0.4496	0.1451	0.9980
25	0.5868	0.1039	0.9980
30	0.5788	0.0904	0.9985
35	0.6235	0.0976	0.9980

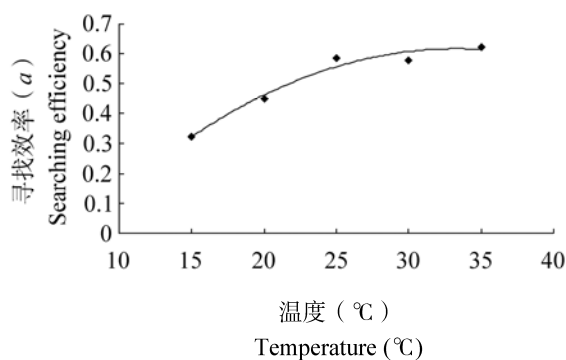


图 7 寻找效率 (a) 与温度的关系

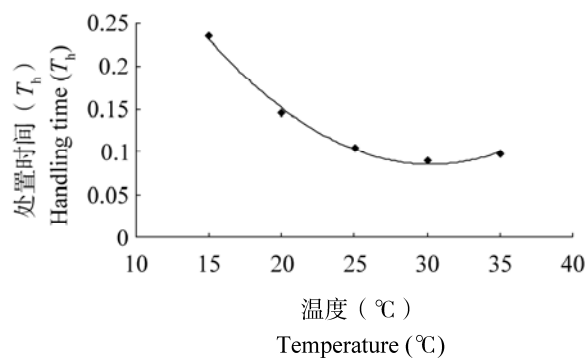
Fig. 7 Effect of temperature on searching efficiency of *Axinoscymnus apioides* adults

图 8 处置时间 (Th) 与温度的关系

Fig. 8 Effect of temperature on handling time of *Axinoscymnus apioides* adults

2.3 干扰反应的测定

根据 $E = N_a / NP$, E 为捕食作用率, N_a 为捕食的猎物数量, N 为猎物密度, P 为捕食者密度, 可以计算出不同捕食者密度条件下的捕食作用率 (图 9)。在捕食者密度较低 (在 1~5 头) 时, 捕食作用率下降较快, 说明捕食者自身密度对捕食作用率影响较大, 而在捕食者 > 6 时, 其对捕食作用率的影响效果减小。

用 Hassell 和 Varley (1969) 模型模拟培养皿内不同密度的越南斧瓢虫成虫捕食烟粉虱 4 龄若虫的相互干扰系数 $m = 0.5569$, 说明捕食者之间有明显的干扰作用。

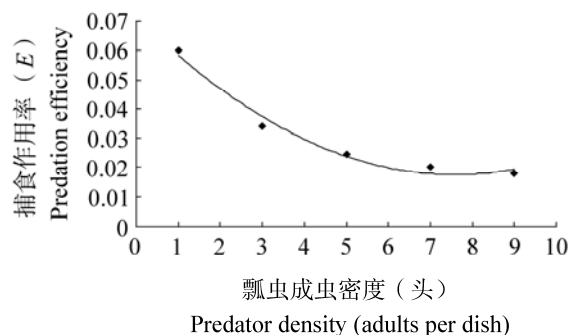


图 9 捕食者密度对捕食作用率的影响

Fig. 9 Effect of density of *Axinoscymnus apioides* on predation efficiency

3 讨论

瞬时攻击率和处置时间是反映捕食作用大小的两个测度, 越南斧瓢虫成虫对烟粉虱卵的寻找效率最大, 而处置时间最短, 说明越南斧瓢虫喜好捕食烟粉虱卵, 这对控制烟粉虱的危害具有很好的利用价值。瓢虫成虫的寻找效率依据捕食的烟粉虱的不同虫态, 卵, 1 龄, 2 龄, 3 龄, 4 龄和伪蛹依次变小。最长的处置时间是当瓢虫取食烟粉虱 4 龄若虫时, 这与黄振等 (2006) 对淡色斧瓢虫的研究有一定的出入, 这有可能是依瓢虫种类不同而不同。

温度对瓢虫的捕食效应影响显著, 温度越高, 瓢虫的活动能力越强, 碰到猎物的可能性越大, 其寻找效率一般是随着温度的升高而不断加强。在较低的温度条件下, 瓢虫静置的时间较长, 活动较少, 这也就造成了其搜索效率的下降。在本试验中, 30 的搜索能力略低于 25 时的搜索能力, 其原因可能是, 在试验过程中, 为了保证猎物龄期一致, 必须清除掉其他龄期的烟粉虱, 在此过程中, 不可避免的造成叶片一定程度的损伤, 受损后的叶片蒸发能力更强, 失水更多, 叶片较正常叶片容易干枯, 这样不但影响到猎物烟粉虱, 同样也影响了瓢虫的搜索能力。这在一定程度上也影响到了实验的统计工作。

Hassell 和 Varley (1969) 认为天敌间相互干扰参数 m 在某种程度上是天敌搜索活动的函数, 活动和流动性越大的天敌, 彼此相遇可能较经

常,相互干扰作用大,由此在室外可能引起天敌的扩散(Zhou *et al.*, 1999)。生物防治的最终目的从根本上取决于天敌高的搜索效率,综合考虑天敌对害虫的作用时,除了考虑种内干扰作用,种间干扰作用以及竞争作用,还要考虑天敌捕食过程中对害虫的处置时间,天敌和害虫的聚集状况等特点。

越南斧瓢虫成虫自身密度对其捕食作用产生干扰反应,捕食作用率随着捕食者密度的增加而降低。瓢虫自身密度较小时,其干扰作用越明显,随着瓢虫密度的加大,干扰作用逐渐减小。

参考文献 (References)

- Greathead AH, 1986. In *Bemisia tabaci* -A literature survey on the cotton whitefly with an annotated bibliography // Cock MJW(ed.). Host Plants. CAB International Institute of Biological Control, Ascot, UK. 17–25.
- Hunter WB, Hiebert E, Webb SE, Polston JE, 1996. Precibarial and cibarial chemosensilla in the whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius)(Homoptera: Aleyrodidae). *International Journal of Insect Morphology & Embryology*, 25: 295–304.
- Bellotti AC, Arias B, 2001. Host plant resistance to whiteflies with emphasis on cassava as a case study. *Crop Protection*, 20(9): 813–823.
- Brown JK, 1991. An update on the whitefly-transmitted gemini viruses in the Americas and the Caribbean Basin. *FAO Plant Protection Bulletin*, 39(1): 5–23.
- Brown JK, 1994. Current status of *Bemisia tabaci* as a plant pest and virus vector in agroecosystems worldwide. *FAO Plant Protection Bulletin*, 42(2): 1–32.
- Brown JK, Nelson MR., 1987. Host range and vector relationships of cotton leaf crumple virus. *Plant Dis.*, 71: 522–524.
- Chen LG, 1997. The Damage and morphological variations of *Bemisia tabaci* (Gennadius) on ornamental plants. *Journal of Shanghai Agricultural College*, 15(3): 186–189, 208.[陈连根, 1997. 烟粉虱在园林植物上为害及其形态变异. 上海交通大学学报(农业科学版), (3): 186–189, 208.]
- Dalton R, 2006. Whitefly infestations: The Christmas invasion. *Nature*, 443(7114): 898–900.
- Gitonga LM, Overholt WA, Lohr B, Magambo JK, Mueke JM, 2002. Functional response of *Orius albidipennis* (Hemiptera: Anthocoridae) to *Megurothrips sjostedti* (Thysanoptera: Thripidae). *Biological Control*, 24:1–6.
- Hassell MP, Varley GC., 1969. New inductive population model for insect parasites and its bearing on biological control. *Nature*, 223(5211): 1133–1136.
- Holling GS, 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Canadian Entomologist*, 91(7): 385–398.
- Huang Z, Ren SX, Yao SL, 2006. Predation of *Axinoscymnus cardilobus* to *Bemisia tabaci*. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 17(10): 1928–1932. [黄振, 任顺祥, 姚松林, 2006. 淡色斧瓢虫对烟粉虱的捕食作用. 应用生态学报, 17(10): 1928–1932.]
- Kuznetsov V, Ren SX, 1991. Scymnini from Vietnam. *Coccinella*, 3: 7–25.
- Lapidotand M, Polston JE, 2010. Biology and epidemiology of *Bbemisia*-vectored viruses. // Stansly PA, Naranjo SE (eds.). *Bemisia: Bionomics and Management of a Global Pest*. New York: Springer. 233–339.
- Luko H, Heather SC, Philip AS, 2001. Cultural practices for managing *Bemisia tabaci* and associated viral diseases. *Crop Protection*, 20: 801–812.
- Luo C, YAO Y, Wang RJ, Yan FM, Zhang ZL. 2002. The use of mitochondrial cytochrome oxidase I (mtCOI) gene sequences for the identification of biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) in China. *Acta Entomologica Sinica*, 45: 759–763. [罗晨, 姚员, 王戎疆, 闫凤鸣, 胡敦孝, 张芝利, 2002. 利用 mtDNA COI 基因序列鉴定我国烟粉虱的生物型. 昆虫学报, 45 (6): 759–763.]
- Mound LA, Halsey SH, 1978. Whitefly of the World: A Systematic Catalogue of the Aleyrodidae with Host Plant and Natural Enemy Data. British Museum (Natural History) and Chichester, John Wiley & Sons, London, UK. 340.
- Oliveira MRV, Henneberry TJ, Anderson P, 2001. History, current status, and collaborative research project for *Bemisia tabaci*. *Crop Protection*, 20: 709–723.
- Qiu BL, Ren SX, Wu JH, Lin L, 2004. Effect of *Eretmocerus* sp. and chemical insecticides on *Bemisia tabaci* (Gennaidus) in greenhouse. *Journal of South China Agricultural University (Natural Science Edition)*, 25(1): 37–39. [邱宝利, 任顺祥, 吴建辉, 林莉, 2004. 寄生蜂和杀虫剂对烟粉虱种群的控制效果. 华南农业大学学报, 25(1): 37–39.]
- Ren SX, Qiu BL, Ge F, Zhang YJ, Du YZ, Chen XX, Guo JY, Peng ZQ, Yao SL, Hu YH, Wang LQ, Zhang WQ, 2011. Research progress of the monitoring, forecast and sustainable management of whitefly pests in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(1): 7–15. [任顺祥, 邱宝利, 戈峰, 张友军, 杜予州, 陈学新, 郭建英, 林克剑, 彭正强, 姚松林, 胡雅辉, 王联德, 张文庆, 2011. 粉虱类害虫的监测预警与可持续治理技术透视. 应用昆虫学报, 48(1): 7–15.]

- Ren SX, Wang ZZ, Qiu BL, Xiao Y, 2001. The pest status of *Bemisia tabaci* in China and non-chemical control strategies. *Entomologia Sinica*, 8(3): 279–288.
- Rodrigo AV, Jeonggu S, Pongtharin L, 2004. Whitefly transmission of sweet potato viruses. *Virus Research*, 100: 123–128.
- SAS Institute. 1988. SAS User's Guide: Statistics. Cary, NC: SAS Institute.
- Steven EN, 2001. Conservation and evaluation of natural enemies in IPM systems for *Bemisia tabaci*. *Crop Protection*, 20: 835–852.
- Steven EN, Chu CC, Thomas JH, 1996. Economic injury levels for *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton: Impact of crop price, control costs, and efficacy of control. *Crop Protection*, 15: 779–788.
- Wang XM, Ren SX, Xu CX, 2006. Morphological characters and biology of *Axinoscymnus apioides* introduced from Brunei. *Chinese Bulletin of Entomology*, 43(6): 810–813. [王兴民, 任顺祥, 徐彩霞, 2006. 引进天敌越南斧瓢虫的形态特征和生物学特性. 昆虫知识, 43(6): 810–813.]
- Wu XX, Li ZX, Hu DX, Shen ZR, 2003. Identification of Chinese populations of *Bemisia tabaci* (Gennadius) by analyzing ribosomal ITS1 sequence. *Progress in Natural Science*, 13(4): 276–281.
- Zhou YD, Meng QL, Chen GC, Gen JG, Wang GM, 1999. The effect of mutual interference and spacial heterogeneity on predation of adult *Coccinella septempunctata*. *Acta Entomologica Sinica*, 42(1): 52–56. [邹运鼎, 孟庆雷, 陈高潮, 耿继光, 王公明, 1999. 干扰作用及空间异质对七星瓢虫成虫捕食作用的影响. 昆虫学报, 42(1): 52–56.]