

微小花蝽对温室白粉虱的捕食作用^{*}

汤 方¹ 李生臣² 刘玉升² 王开运^{2**} 赵克思²

(1. 南京林业大学森林资源与环境学院 南京 210037; 2. 山东农业大学植物保护学院 泰安 271018)

Predation of the predatory bug, *Orius minutus* on the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*. TANG Fang¹, LI Sheng-Chen², LIU Yu-Sheng², WANG Kai-Yun^{2**}, ZHAO Ke-Si² (1. College of Forestry Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China; 2. College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

Abstract The predation of the predatory bug *Orius minutus* (L.) on the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) was studied in the laboratory. The functional response of the predatory bug to the greenhouse whitefly was determined as Holling's type II. The maximal predatory number on the greenhouse whitefly eggs, first or second instar nymphs and 3rd instar nymphs were 123, 74 and 52 per day respectively. The mutual interference among individual predators may be described as the Hassell and Varley's equation. The regression equation of searching efficiency (*E*) of adults of the predatory bug to eggs of the greenhouse whitefly in relation to the density of the predatory bug adults (*P*) was established as $E = 0.1021P^{-0.3189}$, and the disturbing coefficient (*m*) was 0.3189. The predation efficiency of predator varied with temperature. In the temperature range of 15~40℃, the search rate of the predatory bug adults for whitefly eggs increased with temperature and reached 1.199 at 40℃, whereas its handling time (*Th*) decreased with temperature and declined to 0.0035 day at 40℃.

Key words *Orius minutus*, *Trialeurodes vaporariorum*, functional response, mutual interference

摘 要 研究微小花蝽 *Orius minutus* (L.) 对温室白粉虱 *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) 的捕食作用。结果表明,微小花蝽成虫对温室白粉虱各虫态的功能反应呈 Holling II 型。微小花蝽成虫对温室白粉虱卵、1 龄和 2 龄混合若虫及其 3 龄若虫的理论最大捕食量分别为 123、74 和 52 头/d。微小花蝽成虫对温室白粉虱卵的捕食效应随捕食者个体间干扰作用的增加而下降,符合 Hassell-Varley 方程。捕食作用率 (*E*) 随着微小花蝽数 (*P*) 增加而呈幂指数下降,模拟模型 $E = 0.1021P^{-0.3189}$, 干扰系数为 0.3189。在 15~40℃ 的温度范围内,随着温度的升高微小花蝽成虫对温室白粉虱卵的寻找效率提高,最高达 1.199。处置时间缩短,最低达到 0.0035 d。

关键词 微小花蝽, 温室白粉虱, 功能反应, 干扰反应

温室白粉虱 *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) 是一种世界性害虫, 不仅危害温室栽培蔬菜及观赏植物, 严重时造成减产 50 % 以上^[1], 也是我国北方冬暖式大棚蔬菜上发生的重要害虫, 其发生呈日趋严重的趋势, 近年来在露地蔬菜及农作物上也局部大发生。此外, 该虫在寄主植物叶片上产生的蜜露是一些霉菌的培养基, 可引起寄主植物发生煤污病。它还能在寄主植物间传播病毒病^[2]。微小花蝽 *Orius minutus* (L.) 隶属半翅目^[15] 花蝽科 Anthoridae, 在国内分布于辽宁、内蒙古、甘肃、

新疆、天津、北京、河北、山东、河南、浙江、湖南、四川, 国外分布于蒙古、朝鲜、俄罗斯、欧洲、北非, 其是温室白粉虱的重要天敌之一。目前国外对微小花蝽的研究相对较多^[3~7], 而国内的报道仅限于微小花蝽的生物学^[8]、种群动态^[9]等, 而其对温室白粉虱的控制作用尚未见报道。

^{*} 国家科技攻关项目 (96-005-01-08-4) 和国家自然科学基金项目 (30600476) 资助。

^{**} 通讯作者, E-mail: kywang@sdau.edu.cn

收稿日期: 2006-09-15, 修回日期: 2007-03-08,

接受日期: 2007-04-16

作者研究微小花蝽对温室白粉虱的捕食作用, 以期对温室白粉虱的综合防治提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

温室白粉虱采自山东省泰安市郊冬暖式大棚种植的番茄上, 在养虫室内不接触任何药剂的情况下进行饲养。饲养条件: 温度 $(27 \pm 0.5)^\circ\text{C}$, 相对湿度 75%, 光照 $L:D=16:8\text{ h}$ 。

微小花蝽自 2005 年 7 月采自山东农业大学南校区试验田中。在室内用蚜虫饲养。饲养条件: 温度 $(25 \pm 0.5)^\circ\text{C}$, 相对湿度 75%, 光照 $L:D=16:8\text{ h}$ 。挑选大小一致、行动敏捷的微小花蝽成虫作供试捕食者。

1.2 功能反应测定

1.2.1 单头微小花蝽成虫对温室白粉虱卵: 将带有温室白粉虱卵的番茄叶片放入培养皿。每个培养皿中分别放温室白粉虱卵为 60, 80, 100, 120, 140 粒, 重复 5 次, 每皿放微小花蝽成虫 1 头。在培养皿底部铺一层直径为 9 cm 的滤纸, 加几滴水保湿。每种处理均放在 $(25 \pm 0.5)^\circ\text{C}$, 光照 $L:D=16:8\text{ h}$ 的饲养室中进行饲养。间隔 24 h 各培养皿更换 1 次带有相同温室白粉虱卵的番茄叶片, 同时检查微小花蝽的捕食量, 详细记载每个培养皿中温室白粉虱卵的被捕食数, 连续 120 h。

1.2.2 单头微小花蝽成虫对温室白粉虱 1 龄和 2 龄若虫: 将带有温室白粉虱 1 龄和 2 龄若虫的番茄叶片放入培养皿。每个培养皿中分别放温室白粉虱 1 龄和 2 龄若虫共为 40, 60, 80, 100, 120 头, 重复 5 次, 每皿放微小花蝽成虫 1 头。饲养条件及结果的检查同单头微小花蝽成虫对温室白粉虱卵。

1.2.3 单头微小花蝽成虫对温室白粉虱 3 龄若虫: 将带有温室白粉虱 3 龄若虫的番茄叶片放入培养皿。每个培养皿中分别放温室白粉虱 3 龄若虫为 20, 40, 60, 80, 100 头, 重复 5 次, 每皿放微小花蝽成虫 1 头。饲养条件及结果的检查同单头微小花蝽成虫对温室白粉虱卵。

1.3 捕食者个体间的干扰反应测定

将带有温室白粉虱卵的番茄叶片放入培养皿中, 培养皿底部铺一直径为 9 cm 的滤纸, 加入少量的水保湿。然后培养皿内加入 1, 3, 5, 7, 9 头微小花蝽成虫作为 5 个处理, 每个处理重复 5 次, 每个培养皿内放置温室白粉虱卵 1 000 粒。放在 $(25 \pm 0.5)^\circ\text{C}$, 光照 $L:D=16:8\text{ h}$ 条件下饲养。间隔 24 h 各培养皿更换 1 次带有相同温室白粉虱卵的番茄叶片, 同时检查微小花蝽的捕食量, 详细记载每个培养皿中温室白粉虱卵的被捕食数, 连续 120 h。

1.4 不同温度下微小花蝽成虫对温室白粉虱卵的捕食功能

在每个培养皿内放置 1 头微小花蝽成虫, 将带有温室白粉虱卵的番茄叶片放入培养皿。然后将其分别放入 15, 20, 25, 30, 35, 40°C 的 6 个温度光照培养箱内, 每个温度下设 5 个处理, 分别放入 80, 100, 120, 140, 160 粒温室白粉虱卵。每个处理重复 5 次。在培养皿底部铺一层直径为 9 cm 的滤纸, 加几滴水保湿。间隔 24 h 各培养皿更换 1 次带有相同温室白粉虱卵的番茄叶片, 同时检查微小花蝽的捕食量, 详细记载每个培养皿中温室白粉虱卵的被捕食数, 连续 120 h。

1.5 圆盘方程的拟合方法

Holling 圆盘方程^[19]

$$Na = aTtN_0 / (1 + aThN_0), \quad (1)$$

其中, N_0 为初始猎物数量, Na 为被捕食猎物数量, Tt 为猎物暴露于捕食者的时间, a 为寻找效率(或瞬间攻击率), Th 为处置时间。

在方程(1)中, Tt 是已知数, 如果将试验观察到的捕食量折算成单位时间(如 1 d 等)内的捕食量, 此时的 $Tt = 1$, (1) 式就简化成:

$$Na = aN_0 / (1 + aThN_0). \quad (2)$$

本研究采用的方法是将方程式(2)变为乘法形式, 然后展开, 移项:

$$\begin{aligned} Na(1 + aThN_0) &= aN_0 \\ \rightarrow Na + aThN_0Na &= aN_0, \\ Na &= aN_0 - aThN_0Na \end{aligned}$$

$$=N_0(a-aThNa),$$
$$Na/N_0=a-aThNa。(3)$$

令: $Na/N_0=y$, $a=A$, $-aTh=B$, $Na=x$, 上式就变成直线回归方程:

$y=A+Bx$, A 和 B 可以用最小二乘法估算:

$$B=(n\sum xy-\sum x\sum y)/[n\sum x^2-(\sum x)^2],(4)$$

$$A=(\sum y-B\sum x)/n,(5)$$

式中: n 是试验的捕食者—猎物密度的组数。

$$Th=-B/a。$$

在方程式(3) $Na/N_0=a-aThNa$ 中, $N_0\rightarrow\infty$ 时的 Na 即为捕食量上限, 即最大捕食量, 此时, $Na=1/Th$ 。

1.6 捕食作用率

一般定义捕食作用率为:

$$E=Na/NP。$$

式中, E 为捕食作用率; Na 为被捕食者的猎物数量; N 为猎物密度; P 为捕食者密度; Na/P 为单头捕食者平均实际捕食猎物的数量。

Hassel-Varley (1969) 提出的捕食作用率与捕食者密度间的关系为:

$$E=QP^{-m}。$$

式中 E 为竞争下的捕食作用率; Q 为搜索常数; P 为捕食者密度; m 为干扰系数^[11]。

2 结果与分析

2.1 微小花蝽成虫对温室白粉虱不同虫态的捕食作用

根据不同温室白粉虱密度下微小花蝽成虫捕食量的测定结果, 微小花蝽成虫对温室白粉虱不同虫态的功能反应均属于 II 型功能反应, Holling 圆盘方程拟合结果见表 1。微小花蝽对

温室白粉虱卵的寻找效率(a)最大, 其值为 1. 423 0; 对温室白粉虱 3 龄若虫最小, 其值为 0. 240 8。微小花蝽对温室白粉虱 3 龄若虫的处置时间(Th)最长, 其值为 0. 019 2; 对温室白粉虱卵最短, 其值为 0. 008 1 d。表明微小花蝽成虫喜好取食温室白粉虱的卵。

微小花蝽成虫对温室白粉虱卵、1 龄和 2 龄若虫及其 3 龄若虫的理论最大捕食量分别为 123. 46, 73. 74, 和 52. 00 头/d。

2.2 温度对微小花蝽成虫捕食温室白粉虱卵的影响

在 15, 20, 25, 30, 35, 40 ℃时微小花蝽成虫对温室白粉虱卵的功能反应均属于 II 型功能反应, 用 Holling 圆盘方程进行拟合, 拟合结果见表 2。微小花蝽成虫对温室白粉虱卵的寻找效率随着温度的升高而提高, 在 40 ℃时最高, 达 1. 199 0; 处置时间随着温度的升高而减少, 在 40 ℃时处置时间最短, 其值为 0. 003 5 d。

2.3 捕食者个体间的干扰反应

从表 3 可以看出, 随着微小花蝽成虫本身密度的增加, 对温室白粉虱卵的捕食率下降。所以用上述公式进行模拟, 用幂回归方法求得:

模拟模型为: $E=0. 1021P^{-0. 3189}$; 参数估计值: $Q=0. 1021$, $m=0. 3189$ 。

χ^2 适合性测验表明所求得的 Hassel-Varley 方程的 χ^2 ($\chi^2=0. 0081$) 值小于 $\chi^2_{(4, 0. 05)}=9. 49$, 说明 Hassel 方程的预测值与实测值相符。在一定的空间范围内, 随捕食者密度的增加, 虽然由于个体间的相互干扰, 致使单个捕食者寻找猎物的时间增加, 使捕食率 E 下降, 但从个体间相互干扰系数 $m=0. 3189$ 可看出个体间相对干扰较小, 种内竞争并不剧烈。

表 1 微小花蝽成虫对温室白粉虱不同虫态的功能反应方程及参数估计值

温室白粉虱虫态	捕食功能圆盘方程	寻找效率 (a)	处置时间 (Th)(d)	卡方检验
卵	$Na=1. 4230N_0/(1+0. 0115N_0)$	1. 4230	0. 0081	χ^2 ($\chi^2=2. 0069$) 值小于 $\chi^2_{(4, 0. 05)}=9. 49$
1 龄和 2 龄若虫	$Na=0. 5920N_0/(1+0. 0080N_0)$	0. 5920	0. 0136	χ^2 ($\chi^2=0. 6907$) 值小于 $\chi^2_{(4, 0. 05)}=9. 49$
3 龄若虫	$Na=0. 2408N_0/(1+0. 0046N_0)$	0. 2408	0. 0192	χ^2 ($\chi^2=0. 1563$) 值小于 $\chi^2_{(4, 0. 05)}=9. 49$

表 2 不同温度下微小花蝽成虫对温室白粉虱卵的功能反应方程及参数

温度(℃)	捕食功能圆盘方程	寻找效率(a)	处置时间(Th)(d)	卡方检验
15	$Na = 0.2817N_0 / (1 + 0.0034N_0)$	0.2817	0.0122	$\chi^2(\chi^2 = 0.35)$ 值小于 $\chi^2_{(4, 0.05)} = 9.49$
20	$Na = 0.6392N_0 / (1 + 0.0053N_0)$	0.6392	0.0083	$\chi^2(\chi^2 = 0.08)$ 值小于 $\chi^2_{(4, 0.05)} = 9.49$
25	$Na = 0.0874N_0 / (1 + 0.0085N_0)$	0.0874	0.0078	$\chi^2(\chi^2 = 0.09)$ 值小于 $\chi^2_{(4, 0.05)} = 9.49$
30	$Na = 1.0833N_0 / (1 + 0.0045N_0)$	1.0833	0.0041	$\chi^2(\chi^2 = 0.1)$ 值小于 $\chi^2_{(4, 0.05)} = 9.49$
35	$Na = 1.0939N_0 / (1 + 0.0042N_0)$	1.0939	0.0038	$\chi^2(\chi^2 = 1.28)$ 值小于 $\chi^2_{(4, 0.05)} = 9.49$
40	$Na = 1.1990N_0 / (1 + 0.0042N_0)$	1.1990	0.0035	$\chi^2(\chi^2 = 0.46)$ 值小于 $\chi^2_{(4, 0.05)} = 9.49$

表 3 微小花蝽成虫密度对捕食作用率的影响

	捕食者密度(头)					
	1	3	5	7	9	积加
单头捕食者实际捕食量(Na/p)	101.20±7.85	80.93±6.41	75.44±4.84	65.54±5.96	59.47±1.85	
捕食作用率(E)	0.1012	0.0809	0.0754	0.0655	0.0595	
理论捕食率(E')	0.1021	0.0719	0.0611	0.0549	0.0507	
$(E-E')/(E'-E'')$	0.0000	0.0011	0.0034	0.0021	0.0015	0.0081

3 讨论

在影响天敌捕食作用的诸多因子中,除天敌本身的特性外,害虫的密度是最重要的因子之一。Solomon 把天敌对害虫密度的变化在捕食量方面作出的反应称为功能反应,它是测定捕食者捕食潜能较为理想的方法^[2]。在本试验中,微小花蝽成虫对温室白粉虱的功能反应为 Holling II 型,即逆密度制约的关系。当温室白粉虱种群密度较低时,微小花蝽成虫的自然控制作用较为显著;若温室白粉虱种群密度很高时,则对温室白粉虱种群的控制作用较差,需辅以其他措施才能达到满意的控制效果。

寻找效率(a)和处置时间(Th)是反映捕食作用大小的 2 个测度。微小花蝽成虫对温室白粉虱卵的寻找效率(a)最大,且处置时间(Th)最小(表 1)。这是因为温室白粉虱卵在叶片上聚集分布,微小花蝽与之相遇的机率增大。

温度并不改变微小花蝽对温室白粉虱卵的功能反应类型,仅使其功能反应参数发生变化。这与温度对其他昆虫的功能反应影响的研究结果一致^[13, 14]。

随着微小花蝽成虫本身密度的增加,对温室白粉虱卵的捕食率下降。微小花蝽成虫密度

越大,微小花蝽数量的变化对捕食作用率的影响越小。这与其他人的研究结果是一致的^[10]。

参 考 文 献

1 李清西,赵莉,张军,闫爱菊.新疆农业大学学报,1997,20(2):22~28

2 Duffus J. E. *Curr. Top. Vector. Res.*, 1987, 4: 73~91.

3 Ito K., Nakata T. *Entomol. Exp. Appl.*, 1998, 89(3): 271~276.

4 Shimizu T., Kawasaki K. *Entomol. Exp. Appl.*, 2001, 98(3): 303~306

5 Tuda M., Shima K. *Popul. Ecol.*, 2002, 44(3): 251~257.

6 Honda J. Y., Nakashima Y., Hirose Y. *Appl. Entomol. Zool.*, 1998, 33(3): 449~453.

7 Kolmo K., Kashio T. *Appl. Entomol. Zool.*, 1998, 33(2): 227~230

8 崔素贞.棉花学报,1994,6(增刊):78~83

9 严毓骅,段建军.植物保护学报,1988,15(1):23~27.

10 Holling C. S. *Can. Ent.*, 1959, 91: 385~398.

11 Hassell M. P., Varley G. C. *Nature.*, 1969, 223: 1133~1137.

12 Solomon M. E. *Anim. Ecol.*, 1949, 18: 1~35.

13 Hull L. A., Asquith D., Mowery P. D. *Environ. Entomol.*, 1977, 6: 85~90

14 任顺祥,郭振中,熊继文,何永福.生态学报,2001,21(10):1602~1606

15 梁爱萍.昆虫知识,2005,42(3):332~337.