

南方小花蝽成虫对二斑叶螨的捕食作用研究^①

蔡仁莲, 金道超, 郭建军, 乙天慈, 王佳琳

贵州山地农业病虫害重点实验室/贵州大学 昆虫研究所, 贵阳 550025

摘要: 为探明南方小花蝽成虫对二斑叶螨的控制效果, 在实验室条件下将采自田间的南方小花蝽饲养一代, 就其雌成虫对二斑叶螨雌成螨、若螨、卵 3 个螨态的选择性、捕食作用和干扰反应进行了研究. 结果表明: 南方小花蝽成虫对二斑叶螨的选择性从大到小依次为雌成螨、若螨、卵. 南方小花蝽对二斑叶螨不同螨态的捕食功能反应均符合 Holling II 型方程, 在一定猎物密度范围内, 南方小花蝽捕食量随着猎物密度的增加而增大, 寻找效应随着猎物密度的增加而降低. 在相同猎物密度下, 随着南方小花蝽雌成虫密度的增大, 其捕食作用率相应地降低, 表明其捕食作用有较强的种内干扰反应. 捕食作用率 E 与南方小花蝽雌成虫密度 P 的关系为 $E=0.339\ 0P^{-0.362\ 4}$, 经卡方检验雌成虫的捕食作用率实测值与理论值相符, 该模型方程能很好地反映雌成虫自身密度的干扰程度. 分摊竞争强度 I 与南方小花蝽成虫密度 P 的关系为 $I=0.108\ 0\log P-0.057\ 9$.

关键词: 南方小花蝽; 二斑叶螨; 捕食作用

中图分类号: S435

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2016)07-0040-06

南方小花蝽 *Orius similis* 自然种群数量较大, 其成虫与若虫均可捕食蓟马、蚜虫、粉虱、木虱、红蜘蛛及多种鳞翅目害虫的卵或初孵幼虫等小型农业害虫, 是农田中重要的广普性天敌^[1-3], 亦是很有利用潜力的害虫生物防治物. 在农田中采用适当的释放方式, 可以实现其对二斑叶螨 *Tetranychus urticae* Koch 的持续控制, 有较好的应用前景^[4]. 在实验室条件下, 用二斑叶螨驯化的南方小花蝽 5 龄若虫和雌成虫对二斑叶螨的取食量和喜好性有加强的趋势^[5].

二斑叶螨在我国危害越来越大, 已成为蔬菜、果树和花卉上的重要害虫^[6-7]. 2013 年笔者在蔬菜田害螨及天敌发生情况的调查中, 发现蔬菜田二斑叶螨危害严重, 捕食性天敌有捕食螨、草蛉、南方小花蝽、瓢虫、蜘蛛等, 其中以南方小花蝽发生量多, 发生时间长, 捕食量大, 对二斑叶螨的自然控制作用明显. 充分发挥天敌的自然控制作用, 是最经济有效的控制害螨的方法^[8]. 为进一步探明南方小花蝽对二斑叶螨的控制效果, 本文开展了南方小花蝽成虫对二斑叶螨雌成螨、若螨、卵 3 个螨态选择性、捕食作用和干扰反应的研究, 以为应用南方小花蝽防治二斑叶螨提供理论依据.

1 实验材料与方法

1.1 供试虫源

南方小花蝽采自贵州大学农场黄瓜田(北纬 26°24′、东经 106°40′, 海拔 1 131 m). 将采自田间的南方小花蝽分别放入 8 cm×8 cm 的糖果瓶内用二斑叶螨饲养一代, 然后选择大小一致的南方小花蝽雌成虫在 27℃下用充足的二斑叶螨饲喂 24 h, 再饥饿 24 h 作供试天敌. 猎物为长期饲养二斑叶螨实验种群, 供试虫

① 收稿日期: 2014-03-18

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(201103020).

作者简介: 蔡仁莲(1987-), 女, 贵州安顺人, 硕士研究生, 主要从事农业害螨及防治研究.

通信作者: 金道超, 教授, 博士研究生导师.

态为卵、第二若螨、雌成螨。

1.2 仪器设备

RXZ-380A 型人工气候箱(宁波江南仪器有限公司),昆虫针,保鲜膜、培养皿(9 cm×2 cm)、吸虫器、滤纸、棉、小号毛笔。

1.3 实验装置

选用直径为 9 cm,高 2 cm 的一次性培养皿,在底部覆盖浸湿的滤纸,然后放入体积为 1.0 cm×0.5 cm×0.2 cm 的新鲜豇豆叶片。

1.4 试验方法

1.4.1 南方小花蝽对二斑叶螨不同螨态的选择性

在实验装置中接入二斑叶螨 3 个螨态(30:30:30)的混合猎物,接入 1 头南方小花蝽,24 h 后记录二斑叶螨各螨态被取食数,共重复 13 次。捕食者对各种猎物的喜好性 C_i 用前人^[9-11]提出的方程表示为

$$C_i = \frac{Q_i - F_i}{Q_i + F_i}$$

式中: F_i 为第 i 种猎物在环境中所占比例, Q_i 为捕食者对第 i 种猎物的捕食比例。 C_i 为捕食者对第 i 种猎物的喜好性。 $C_i=0$ 表示捕食者对第 i 种猎物没有喜好性; $0 < C_i < 1$ 表示捕食者对第 i 种猎物有正喜好性; $-1 < C_i < 0$ 表示捕食者对第 i 种猎物有负喜好性。所有处理的喜好性 C_i 均进行单一样本 t 检验,与零假设($C_i=0$)进行显著性比较。

1.4.2 南方小花蝽对二斑叶螨不同螨态的捕食功能反应

将供试二斑叶螨挑入实验装置叶片上,针对二斑叶螨的成螨、若螨和卵分别设置 5 个密度梯度,即 20,40,60,80,100 头/皿,再接入 1 头南方小花蝽。每密度处理设置 5 个重复,24 h 后检查二斑叶螨剩余数和自然死亡数。用 Holling II 圆盘方程进行拟合^[12],Holling II 型圆盘方程模型为

$$Na = aNT / (1 + aThN)$$

最大理论捕食量

$$Na_{max} = 1/Th$$

寻找效应估计^[13]

$$S = a / (1 + aThN)$$

式中: a 为瞬时攻击速率, Th 为处理时间, Na 为日捕食量, N 为猎物密度, T 为试验时间(1 d)。

1.4.3 南方小花蝽捕食二斑叶螨成螨的种内干扰反应

挑入 100 头二斑叶螨成螨置于实验装置叶片上,分别接入 1 头、2 头、3 头、4 头、5 头南方小花蝽。每密度处理设置 5 个重复,24 h 后检查二斑叶螨成虫剩余数和自然死亡数。干扰反应分析方法采用 Hassell 等^[14]提出的捕食率与捕食者密度之间的关系式

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

进行拟合。其中 E 为捕食率; Q 为寻找系数; m 为干扰参数; P 为捕食者密度。捕食率定义为

$$E = Na / (NP)$$

(Na 为捕食量; N 为猎物密度; P 为捕食者密度)。分摊竞争强度^[15]

$$I = (E_1 - Ep) / E_1$$

式中: I 为分摊竞争强度, E_1 为 1 头天敌的捕食作用率, Ep 为密度为 P 的天敌捕食作用率。

各处理均用保鲜膜将培养皿封口,并用昆虫针在保鲜膜上扎口透气。所有实验均在人工气候箱条件下进行:温度(27±1)℃、相对湿度 70%、光周期 L:D=16:8。

1.5 数据统计分析

实验数据采用 Excel 2003 和 SPSS 17.0 进行统计分析,计算所有重复数据的平均数和标准误。用

Duncan’s 新复极差法检验捕食量和喜好性比较的差异显著性. 用线性回归分析对功能反应 Holling II 圆盘方程和 Hassell 干扰反应模型进行拟合.

2 结果与分析

2.1 南方小花蝽对二斑叶螨不同螨态的捕食选择性

南方小花蝽对二斑叶螨雌成螨的捕食量显著大于若螨和卵, 因此按捕食量, 南方小花蝽对雌成螨的选择喜好性显著大于若螨, 极显著大于卵. 而 C_i 值表明, 南方小花蝽对二斑叶螨不同螨态均表现出负喜好性, 其选择性从大到小依次为雌成螨、若螨、卵(表 1).

表 1 南方小花蝽对不同螨态二斑叶螨的捕食选择性

猎 物 种 类	初始数量	被捕食数量	喜好性 C_i
二斑叶螨成螨	30	$22.92 \pm 0.957a$	$-0.16 \pm 0.018aA^*$
二斑叶螨若螨	30	$20.00 \pm 0.776b$	$-0.22 \pm 0.015bA^*$
二斑叶螨卵	30	$19.54 \pm 1.066b$	$-0.24 \pm 0.024bAB^*$

注: 表 1 中被捕食量及喜好性数据为平均值±标准误; a 和 b 表示差异具有统计学意义($p < 0.05$), A 和 B 表示差异极具有统计学意义($p < 0.01$); * 表示与零假设差异具有统计学意义.

2.2 南方小花对二斑叶螨不同螨态的捕食功能反应

南方小花蝽对二斑叶螨成螨、若螨、卵的捕食功能反应见图 1. 南方小花蝽捕食量随着猎物密度的增加而增加, 在相同猎物密度下, 小花蝽的捕食量以成螨最大, 若螨次之, 卵最小.

根据 Holling II 圆盘方程所得南方小花蝽成虫对二斑叶螨成螨、若螨、卵的捕食功能反应方程及参数见表 2. 其对二斑叶螨成螨、若螨和卵的捕食反应拟合的圆盘方程分别为 $Na = 1.0648N/(1 + 0.0076N)$, $Na = 0.9883N/(1 + 0.0073N)$, $Na = 0.5986N/(1 + 0.0016N)$, $1/Na$ 与 $1/N$ 的相关系数 r 表明南方小花蝽对二斑叶螨成螨、若螨、卵的捕食量与猎物密度显著相关(查相关系数检验表, $df = 3$, $r_{0.05} = 0.878$), 卡方检验 $X^2 < X^2_{(0.01, 3)} (= 11.34)$, $p < 0.005$, 表明理论值与观察值比较吻合, Holling II 功能模型较好地描述了南方小花蝽成虫对二斑叶螨成螨、若螨、卵的捕食功能反应的捕食效应. 从表 2 中可以看出, 南方小花蝽处理一粒卵所需时间(Th)最短, 只需 0.0027 d, 约 4 min, 捕食上限最大, 瞬间攻击率(a)最小; 处理若螨所需时间最长, 约 11 min, 捕食上限最小; 处理成螨的瞬间攻击率(a)最大为 1.0648 . 南方小花蝽对二斑叶螨雌成螨、若螨和卵的日最大理论捕食量分别为 140.8450 , 135.1351 , 370.3704 头.

2.3 南方小花蝽对二斑叶螨不同螨态的寻找效应估计

根据寻找效应公式以表 2 中的参数值, 可知南方小花蝽对二斑叶螨成螨、若螨、卵的寻找效应 S (图 2). 南方小花蝽寻找效应 S 均随猎物密度 N 的增加而降低, 捕食卵态时寻找效应降低不明显. 在猎物密度相同时, 南方小花蝽的寻找效应随着二斑叶螨从卵发育到成螨而增加, 在成螨和若螨虫态下, 其寻找效应比卵态显著提高.

表 2 南方小花蝽成虫对二斑叶螨成螨、若螨、卵的捕食功能反应

	成螨	若螨	卵
功能反应方程 $1/Na =$	$0.0071 + 0.9391/N$	$0.0074 + 1.0118/N$	$0.0027 + 1.6706/N$
r	0.9991	0.9891	0.9962
Th	0.0071	0.0074	0.0027
a	1.0648	0.9883	0.5986
捕食上限	140.8450	135.1351	370.3704
X^2	0.2081	0.3815	0.8387

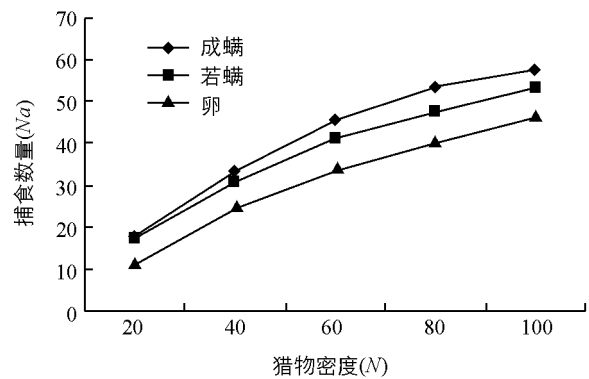


图 1 南方小花蝽成虫对二斑叶螨成螨、若螨、卵的捕食功能反应

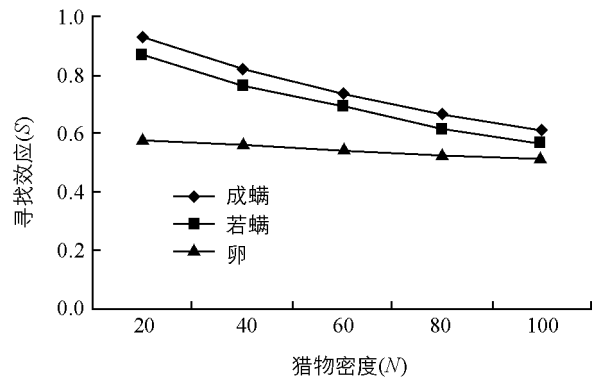


图 2 南方小花蝽对二斑叶螨不同螨态的寻找效应与猎物密度的关系

2.4 南方小花蝽对二斑叶螨成螨捕食作用的种内干扰

猎物密度为 100 头/皿时, 南方小花蝽对二斑叶螨成螨的捕食作用率(E)随其自身密度的增大而相应地降低(表 3). 根据干扰反应公式计算, 利用 Hassell 模型进行拟合, 得出南方小花蝽捕食二斑叶螨成虫过程中的自我干扰模型方程为 $E=0.339\ 0P^{-0.3624}$ ($Q=0.328\ 4$, $m=0.362\ 4$), 其相关系数为 0.976 9, 表明捕食作用率与捕食者密度显著相关. 经卡方检验 $X^2=1.209\ 5<X^2_{(0.01,\ 3)} (=11.34)$, $p<0.005$, 上述模型可以用来描述小花蝽成虫捕食二斑叶螨成螨过程中的自我干扰情况.

表 3 南方小花蝽对二斑叶螨成螨的捕食作用率(E)和分摊竞争强度(I)

小花蝽成虫密度	捕食量	捕食作用率	分摊竞争强度
1	33.400 0	0.334 0	0.000 0
2	51.600 0	0.258 0	0.227 5
3	75.200 0	0.250 7	0.249 5
4	80.200 0	0.200 5	0.399 7
5	91.200 0	0.182 4	0.453 9

利用分摊竞争强度公式计算所得的分摊竞争强度参数见表 3. 经分析可得 I 与 $\log P$ 之间的相关系数 $r=0.963\ 3>r_{(0.05,\ 3)}$, 表明两者显著相关, 其关系式为 $I=0.108\ 0\log P-0.057\ 9$, 两者的线性关系如图 3, 表明南方小花蝽捕食二斑叶螨的种内分摊强度 I 随着自身密度 P 对数值的增长而呈直线增加.

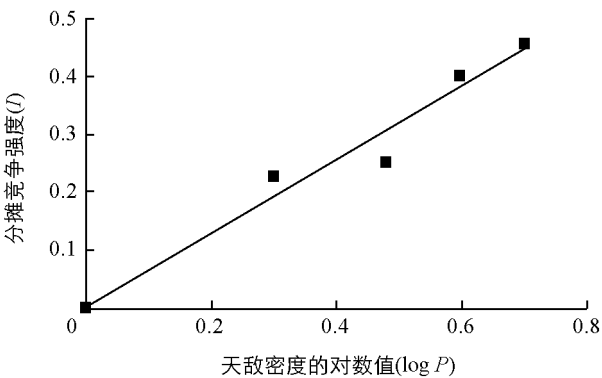


图 3 南方小花蝽种内分摊竞争强度 I 与自身密度 P 的关系

3 讨 论

3.1 南方小花蝽的捕食选择性

在天敌与猎物种群的共存系统中, 天敌对不同猎物的捕食性有其嗜好性^[10, 16]. 不同虫态的二斑叶螨供给南方小花蝽, 均表现出负的选择喜好性, 这与张昌容等^[5]的研究结论相一致. 南方小花蝽喜捕食二斑叶螨雌成螨, 对二斑叶螨的选择性从大到小依次为雌成螨、若螨、幼螨, 这与孙晓会等^[17]在东亚小花蝽上得到的结论一致. 此实验结果与 Paik 等^[18]的研究结论均表明二斑叶螨卵是南方小花蝽极其不喜好性虫态. 所以, 在捕食功能和干扰反应实验中, 二斑叶螨雌成螨虽然会产少量的卵, 但对实验结果影响不大.

3.2 南方小花蝽的捕食功能反应及种内干扰

南方小花蝽对二斑叶螨成螨、若螨、卵的捕食功能反应适合 Holling II 型圆盘方程. 南方小花蝽平均捕

食量随着猎物密度的增加而增加,捕食作用率 E 、寻找效应 S 随着自身密度的增加而下降,相互之间的干扰作用亦随着自身密度的上升而增加,个体间存在分摊竞争,故在田间释放南方小花蝽防治二斑叶螨时还应研究南方小花蝽释放密度,以达到最佳的控害效能.天敌的功能反应是评价天敌对害虫控制效能的一项基础性研究,天敌对害虫的瞬时攻击率和处理时间之比,是衡量天敌作用的参数之一, a/Tn 越大,对害虫的控制能力越强^[19].本研究结果表明南方小花蝽对二斑叶螨雌成螨、若螨和卵的日最大理论捕食量分别为 140.845 0,135.135 1,370.370 4 头. a/Tn 值分别为 149.978 8,133.559 1,221.699 0,表明南方小花蝽对二斑叶螨有一定的控制能力,可作为防治二斑叶螨的生防措施.

尽管本研究已表明南方小花蝽对二斑叶螨有一定的控制能力,但在自然条件下,环境因素如温度、湿度及使用农药等不仅影响昆虫的生长发育和繁殖,也影响昆虫的觅食行为,甚至改变天敌对猎物功能反应的类型^[20].除此之外,其他天敌和害虫都会对南方小花蝽捕食二斑叶螨造成一定的影响,例如在红铃虫卵、棉叶螨成螨、花蓟马若虫等 3 种猎物高密度供给下,南方小花蝽对叶螨的嗜食性相对较差,在低密度时南方小花蝽对供试的 3 种猎物无明显的选择性^[21].所以,在田间释放南方小花蝽防治二斑叶螨时,应充分考虑气象因子、南方小花蝽捕食性广及对猎物的不同选择性、捕食者与猎物的密度比和用二斑叶螨驯化南方小花蝽有增加其喜好性趋势^[5]等影响因素,以期获得最佳防治效果,更好地发挥南方小花蝽对二斑叶螨的生物防治.

致谢:感谢贵州大学昆虫研究所杨洪副教授对实验数据分析的指导!

参考文献:

- [1] 张维球. 常见花蝽的种类及其生物学简记(半翅目:花蝽科) [J]. 昆虫天敌, 1980(2): 20—27.
- [2] 魏潮生, 彭中健, 杨广球, 等. 南方小花蝽的初步研究 [J]. 昆虫天敌, 1984, 6(1): 32—40.
- [3] 张士昶, 周兴苗, 潘悦, 等. 南方小花蝽液体人工饲料的饲养效果评价 [J]. 昆虫学报, 2008, 51(9): 997—1001.
- [4] 黄增玉, 黄林茂, 黄寿山. 两种猎物对南方小花蝽种群增长的影响及其对二斑叶螨的控害潜能 [J]. 生态学报, 2011, 31(10): 2947—2952.
- [5] 张昌容, 鄧军锐, 莫利锋. 不同猎物饲喂对南方小花蝽捕食量和喜好性的影响 [J]. 生态学报, 2013, 33(9): 2728—2733.
- [6] 胡展育. 二斑叶螨的研究进展 [J]. 山地农业生物学报, 2004, 23(5): 442—447.
- [7] 邓小华, 郭建军, 乙天慈. 贵阳地区果蔬害螨调查及其防护对策. 山地农业生物学报, 2010, 29(1): 81—84.
- [8] 鄧军锐. 农业害螨的生态控制研究进展 [J]. 山地农业生物学报, 2004, 23(3): 260—265.
- [9] IVLEV V S. Experimental Ecology of the Feeding Fishes [M]. New Haven: Yale University Press, 1964.
- [10] 周集中, 陈常铭. 捕食者对猎物选择性的数量测定方法 [J]. 生态学报, 1987, 7(1): 50—56.
- [11] 阎贵云, 蔡晓明, 陈济丁, 等. 七星瓢虫对麦长管蚜、禾谷缢管蚜捕食选择性研究 [J]. 生物数学学报, 1993, 8(2): 48—56.
- [12] 丁岩钦. 昆虫种群数学生态学原理及应用 [M]. 北京: 科学出版社, 1980.
- [13] 马骁, 韦党扬, 赵琦. 六斑月瓢虫对桔蚜捕食作用的研究 [J]. 耕作与栽培, 1996, 16(3): 55—57.
- [14] HASSELL M P, VARLEY G C. New Inductive Population Model for Insect Parasites and Its Bearing on Biological Control [J]. Nature, 1969, 223(5211): 1113—1137.
- [15] 邹运鼎, 耿继光, 陈高潮, 等. 异色瓢虫若虫对麦二叉蚜的捕食作用 [J]. 应用生态学报, 1996, 7(2): 197—200.
- [16] 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Ⅲ. 选择捕食作用 [J]. 生态学报, 1987, 7(3): 228—237.
- [17] 孙晓会, 徐学农, 王恩东. 东亚小花蝽对西方花蓟马和二斑叶螨的捕食选择性 [J]. 生态学报, 2009, 29(11): 6285—6291.
- [18] PAK C H, HWANG C Y, LEE G H, et al. Development, Reproduction and Longevity of Predator Orius Sauteri (Poppius) (Heteroptera: Anthracoridae) when Reared on Three Different Preys [J]. Korean Journal of Applied Entomology, 2003, 42(1): 35—41.

- [19] 周集中, 陈常铭. 拟环纹狼蛛对褐飞虱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.
- [20] MOHAGHEGH J, DE CLERCQ P, TIRRY L. Functional Response of the Predators *Podisus maculiventris* (Say) and *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Het., Pentatomidae) to the Beet Armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lep., Noctuidae): Effect of Temperature [J]. Journal of Applied Entomology, 2001, 125(3): 131—134.
- [21] 周兴苗, 雷朝亮. 南方小花蝽对不同猎物捕食作用及利用效率 [J]. 生态学报, 2002, 22(12): 2085—2090.

Predation of *Orius similis* Adult on *Tetranychus urticae*

CAI Ren-lian, JIN Dao-chao, GUO Jian-jun,
YI Tian-ci, WANG Jia-lin

Guizhou Key Laboratory for Insect Pest of Mountainous Agriculture/Institute of Entomology,
Guizhou University, Guiyang 550025, China

Abstract: Prey preference, functional response and interference of the predator *Orius similis* on female adults, nymphs and eggs of *Tetranychus urticae* were studied in the laboratory conditions in order to learn the control efficiency of the *O. similis* to *T. urticae*. The results showed that *O. similis* prefer to feed on adults than on nymphs or larvae of *T. urticae*. The functional response of *O. similis* on different stages of *T. urticae* well fitted the model of Holling II type. Predation capacity of *O. similis* adult to *T. urticae* increased with the increment of density of *T. urticae*, however searching rate decreased. At the same prey density, predation rate of *O. similis* decreased with the increasing of its density. Intraspecific interference was found in the experiment. The relationship between predation ration (E) and natural enemy density (P) was described by equation of $E = 0.339 - 0.362P$, and the relationship between intensity of scrambling competition (I) and the density of *O. Similis* (P) was $I = 0.108 \log P - 0.0579$. The Hassell model could reflect their functional responses.

Key words: *Orius similis*; *Tetranychus urticae*; predation

责任编辑 夏娟

