

不同温度下巴氏新小绥螨对西花蓟马初孵若虫的捕食功能

尚素琴, 刘平, 张新虎*

(甘肃农业大学草业学院昆虫学系, 草业生态系统教育部重点实验室, 兰州 730070)

摘要 为明确巴氏新小绥螨 [*Neoseiulus barkeri* (Hughes)] 对西花蓟马 [*Frankliniella occidentalis* (Pergande)] 初孵若虫的捕食效应, 在相对湿度 RH 85%±5%, 5 个温度梯度 16、20、24、28、32℃, 光照 L//D=16 h//8 h 条件下选取西花蓟马的初孵若虫进行捕食功能反应。结果表明: 巴氏新小绥螨对西花蓟马初孵若虫的捕食功能反应属于 Holling II 型方程。在 16~28℃ 温度范围内, 巴氏新小绥螨对西花蓟马初孵若虫的攻击系数、捕食能力、最大日捕食量均随温度升高而增加, 处理时间则缩短, 28℃ 时日捕食量最高达 14.471 8 头, 处理时间最短为 0.069 1 d。温度达到 32℃ 时, 捕食量下降。当西花蓟马初孵若虫的种群密度一定时, 巴氏新小绥螨的平均捕食量随其自身密度的增加而降低。说明猎物密度固定时巴氏新小绥螨存在明显的相互干扰作用。

关键词 巴氏新小绥螨; 西花蓟马; 捕食功能; 干扰作用

中图分类号: S 433.89 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2016.03.024

Predatory functional response of *Neoseiulus barkeri* on newly hatched nymphs of *Frankliniella occidentalis*

Shang Suqin, Liu Ping, Zhang Xinhu

(Department of Entomology, College of Grassland Science, Gansu Agricultural University, Key Laboratory of Grassland Ecosystem, Education Ministry, Lanzhou 730070, China)

Abstract In order to determine the functional response of *Neoseiulus barkeri* (Hughes) on the 1st instar nymphs of *Frankliniella occidentalis* Pergande, the predation was examined at five constant temperatures (16, 20, 24, 28 and 32℃) under the laboratory conditions (RH 85%±5% and photoperiod L//D=16 h//8 h). The results showed that the predatory functional response fitted Holling type II model. At the range of 16–28℃, the attack index (a), the a/T_h value and the maximum predatory capacity ($1/T_h$) of *N. barkeri* increased with the temperature, and the average treatment time decreased. The maximum predatory capacity was 14.471 8 individuals per day, while the minimum handling time was 0.069 1 day at 28℃. The maximum daily predatory capacity reduced when the temperature was above 32℃. The average daily predatory capacity decreased with the increase of predator density when prey density was fixed, which indicated that predator competition and interference were obvious as prey density was fixed.

Key words *Neoseiulus barkeri*; *Frankliniella occidentalis*; predatory functional response; interference

西花蓟马 [*Frankliniella occidentalis* (Pergande)] 是一种世界性害虫, 寄主范围广泛, 可为害植物的茎、叶、花、果等, 最终使植株枯萎, 同时还传播包括番茄斑萎病毒在内的多种植物病毒, 给农业生产造成严重经济损失^[1-2]。该虫原产于北美, 现已扩散到世界近 70 个国家并取代其本地优势种群^[3]。我

国于 2003 年在北京昌平首次发现^[4]。近几年, 西花蓟马在北方设施栽培作物上严重发生, 呈上升趋势。由于其世代短, 繁殖速度快, 适应性强, 寄主范围广, 对农药易产生抗药性等特点^[5-7], 已经成为农业生产中最难防治的害虫之一, 同时单一化防造成的副作用也日益凸显而难以克服。

收稿日期: 2015-03-12 修订日期: 2015-07-07

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(200903032); 甘肃省农牧厅生物技术专项(201103020)

* 通信作者 E-mail: hdzxxh@gsau.edu.cn

巴氏新小绥螨[*Neoseiulus barkeri* (Hughes)], 隶属于蛛形纲(Arachnida)蜱螨亚纲(Acari)寄螨目(Parasitiformes)植绥螨科(Phytoseiidae), 是捕食性天敌之一^[8]。因其发育历期短, 自然死亡率低, 产卵率高, 扩散力强, 多食性等优点, 成为理想的生物防治天敌捕食螨^[9]。

目前, 西花蓟马的为害在甘肃设施农业中处于上升趋势。为了有效控制西花蓟马的为害, 本文研究了巴氏新小绥螨对西花蓟马的捕食作用, 旨在明确其对西花蓟马的控制作用, 对避免单一使用化学农药防治, 缓解由此产生的副作用, 并为以后西花蓟马防控提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

巴氏新小绥螨由中国农业科学院植物保护研究所捕食螨研究组提供, 置于 $(24 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ 、 $(75 \pm 5)\%$ RH 智能型人工气候箱内用椭圆食粉螨饲养。西花蓟马成虫采自兰州市红古区农业科技示范园温室大棚内茄子上, 采回后除直接用于试验外其余用离体茄子叶片继续培养, 挑取大量卵置于 $(24 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ 、 $(75 \pm 5)\%$ RH 智能型人工气候箱内饲养, 获得 2 d 内的初孵若虫。

供试巴氏新小绥螨选用气候箱内培养的个体大小一致、日龄一致、健康活泼的雌成螨, 试验前饥饿 24 h。西花蓟马为孵化 2 d 内的初孵若虫。

1.2 试验方法

1.2.1 捕食功能反应

将直径 7 cm 的小培养皿倒扣在直径 9 cm 的培养皿里, 在小培养皿上铺直径 7 cm 的滤纸, 滤纸上放置大小适当的豇豆叶片。用脱脂棉捻成棉棒浸湿, 将叶片围住并裹住叶柄, 以防叶片脱水干枯, 同时可防巴氏新小绥螨与西花蓟马逃逸, 最后在大培养皿中加满水。

温度设置 16、20、24、28 和 32°C 5 个处理, 相对湿度 $\text{RH } 85\% \pm 5\%$, 光照 $\text{L} // \text{D} = 16 \text{ h} // 8 \text{ h}$ 。西花蓟马的初孵若虫分别设 3、6、9、12、15、18 头共 6 个密度梯度处理, 3 次重复。每个处理接入 1 头巴氏新小绥螨雌成螨(经 24 h 饥饿处理), 24 h 后观察并

记录巴氏新小绥螨的捕食情况。试验数据用 Holling 圆盘方程 $N_a = aTN / (1 + aT_h N)$ 拟合, 式中 N 为猎物的初始密度, N_a 为猎物被捕食数量, a 为瞬间攻击系数, T 为捕食者发现猎物的时间, 本试验中 T 为 1 d, T_h 为处理时间。研究表明用 a/T_h 来评价天敌的作用, 比用 a 或 T_h 值更为准确, 本文中用 a/T_h 值来评价巴氏新小绥螨的捕食能力。

1.2.2 干扰反应

每培养皿中放入 40 头西花蓟马初孵若虫, 再按 1、3、5、7、9 头的密度接入巴氏新小绥螨雌成螨, 并设置 16、20、24、28 和 32°C 共 5 个温度处理, 在相对湿度 $\text{RH } 85\% \pm 5\%$, 光照 $\text{L} // \text{D} = 16 \text{ h} // 8 \text{ h}$ 条件下, 24 h 后记录西花蓟马初孵若虫的数量, 比较其结果。每处理设 3 次重复。

1.3 数据分析方法

1.3.1 捕食功能反应

试验数据用 Holling 圆盘方程 $N_a = aTN / (1 + aT_h N)$ 拟合^[10], 用 Excel 2007 处理, 采用 Duncan 氏新复极差法分析差异显著性。

1.3.2 捕食者个体间的干扰反应

试验数据用 Watt 的干扰与竞争模型模拟, 即: $A = aX^{-b}$ 。式中 X 为巴氏新小绥螨密度, A 为被捕食的西花蓟马数量, a 为在无竞争情况下的攻击率, b 为种内竞争参数。

数据分析同上。

2 结果与分析

2.1 巴氏新小绥螨对西花蓟马初孵若虫的捕食功能反应

不同温度下, 巴氏新小绥螨雌成螨对不同密度西花蓟马初孵若虫的日均捕食量见表 1。结果表明, 在 16~ 32°C 温度范围内, 当蓟马密度为 3 头/皿时, 各温度下捕食量差异不显著, 当蓟马密度分别为 6、9、15、18 头/皿时, 捕食量随温度上升而明显增加。而在相同温度下, 捕食量随猎物密度的增加而明显增加。说明在一定的温度和猎物密度范围内, 提高温度和蓟马数量能够增加巴氏新小绥螨对西花蓟马的捕食能力。

表 1 不同温度下巴氏新小绥螨雌成螨对不同密度西花蓟马初孵若虫的日均捕食量¹⁾

Table 1 Average daily consumption of the 1st instar nymphs of *Frankliniella occidentalis* by female *Neoseiulus barkeri* at different temperatures

温度/℃ Temperature	日均捕食量/头·d ⁻¹ Average daily consumption					
	3 头/皿	6 头/皿	9 头/皿	12 头/皿	15 头/皿	18 头/皿
16	(1. 67±0. 44)Ea	(3. 33±0. 32)DEb	(5. 33±0. 25)CDc	(7. 33±0. 21)BCc	(8. 67±0. 2)Bb	(11. 00±0. 30)Ab
20	(2. 00±0. 00)Da	(3. 67±0. 30)CDab	(6. 00±0. 30)BCc	(8. 00±0. 35)Bbc	(9. 00±0. 33)ABb	(11. 67±0. 17)Ab
24	(2. 33±0. 38)Ea	(4. 33±0. 28)Eab	(7. 00±0. 00)Dab	(9. 67±0. 19)Cab	(11. 67±0. 17)Ba	(14. 00±0. 27)Aa
28	(2. 33±0. 38)Ca	(4. 67±0. 27)Ca	(7. 33±0. 21)Ba	(9. 67±0. 37)Aa	(11. 00±0. 17)Aa	(14. 33±0. 15)Aa
32	(2. 33±0. 38)Ea	(4. 00±0. 00)Eab	(5. 67±0. 24)Dc	(7. 67±0. 21)Cc	(10. 00±0. 55)Bab	(11. 67±0. 17)Ab

1) 表中数据为平均值±标准误;同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著;同行数据后不同大写字母表示在 0.05 水平上差异显著(Duncan 氏新复极差法)。
Data are mean±SE; data in the same column followed by different lowercase letters are significantly different at 0.05 level; data with different capital letters in the same row are significantly different at 0.05 level.

巴氏新小绥螨雌成螨在不同温度条件下对西花蓟马初孵若虫的捕食功能反应均属于 Holling II 型。20~28℃温度范围内捕食效率随温度升高而增高,28℃时的捕食效率最高,32℃时又开始下降。用 Holling 圆盘方程 $N_a = aTN/(1 + aT_hN)$ 拟合功能反应如表 2 所示。

表 2 巴氏新小绥螨捕食西花蓟马初孵若虫的捕食功能反应模型及其参数¹⁾

Table 2 Functional response models and parameters of *Neoseiulus barkeri* to the 1st instar larvae of *Frankliniella occidentalis*

温度/℃ Temperature	攻击系数(a) Attack rate	处理时间(T_h)/d Handling time	捕食能力(a/T_h) Predatory capacity	最大日捕食量($1/T_h$) Maximum daily consumption	$Na=aTN/(1+aT_hN)$	R^2
16	3. 139 7	0. 128 2	24. 490 8	7. 800 3	$Na=3. 139 7N/(1+0. 402 5N)$	0. 971 6 **
20	2. 401 0	0. 093 3	25. 733 8	10. 718 1	$Na=2. 401 0N/(1+0. 224 0N)$	0. 996 3 **
24	2. 247 7	0. 081 6	27. 545 3	12. 254 9	$Na=2. 247 7N/(1+0. 183 4N)$	0. 948 6 **
28	2. 041 2	0. 069 1	29. 540 3	14. 471 8	$Na=2. 041 2N/(1+0. 141 0N)$	0. 988 9 **
32	2. 067 8	0. 081 2	25. 465 8	12. 315 3	$Na=2. 067 8N/(1+0. 167 9N)$	0. 920 1 **

1) * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$ (Duncan 氏新复极差法)。下同。
* $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$ (Duncan's multiple range test). The same below.

2.2 巴氏新小绥螨雌成螨自身密度的干扰反应

在 16、20、24、28 和 32℃条件下,巴氏新小绥螨雌成螨对自身密度的干扰反应结果见表 3。从表中可知:在 16~28℃范围内,当温度逐渐升高,巴氏新小绥螨对西花蓟马初孵若虫的攻击概率逐渐变大,种内竞

争参数也随之逐渐变大;当温度达到 32℃时攻击概率和种内竞争参数开始变小。在各试验温度下,当西花蓟马初孵若虫密度相同时巴氏新小绥螨的平均捕食量随其自身密度的增加而逐渐减少,说明巴氏新小绥螨之间存在种内竞争和相互干扰的作用。

表 3 不同温度条件下巴氏新小绥螨雌成螨自身密度的干扰反应

Table 3 Interference of female *Neoseiulus barkeri* in different densities at different temperatures

温度/℃ Temperature	捕食螨密度/头·皿 ⁻¹ Density	平均日捕食量/头·d ⁻¹ Mean daily consumption	方程 Equation	R^2
16	1~9	1. 481 5~3. 000 0	$A=3. 756 7X^{-0. 516 4}$	0. 872 6 *
20	1~9	1. 777 8~4. 666 7	$A=5. 152 9X^{-0. 602 9}$	0. 931 2 **
24	1~9	1. 963 0~5. 666 7	$A=6. 185 2X^{-0. 677 2}$	0. 956 9 **
28	1~9	2. 074 1~6. 666 7	$A=7. 069 3X^{-0. 739 8}$	0. 983 1 **
32	1~9	1. 703 7~4. 333 3	$A=4. 821 3X^{-0. 583 6}$	0. 917 0 *

3 讨论

本试验选用西花蓟马初孵若虫进行捕食功能反应。这是因为捕食螨对西花蓟马的低龄若虫有较高的

捕食效率,而对高龄若虫和成虫效率较低^[11-12]。选择性试验也表明捕食螨对西花蓟马低龄若虫嗜食,对高龄若虫和成虫非嗜食^[13-14]。在试验中可以观察到西花蓟马高龄若虫个体大,抵抗力强,可用腹部甩开捕食螨,

而且还会分泌黏丝粘住捕食螨,造成捕食螨需花费时间清理黏丝,从而影响了西花蓟马的捕食效率^[15]。

本试验研究表明巴氏新小绥螨对西花蓟马初孵若虫具有较高的捕食效能,但温度对巴氏新小绥螨的捕食作用影响同样明显,捕食功能反应符合 Holling II 型方程。在 16~28℃ 范围内,随着温度逐渐升高,用于评价捕食者捕食能力的 a/T_h 值逐渐增大,在 28℃ 时达到最大值,当温度达到 32℃ 时捕食能力开始下降,表明巴氏新小绥螨在 28℃ 时具有较高的捕食效能。本研究结果与 Shipp & Whitfield^[11]、郅军锐等^[12] 利用黄瓜新小绥螨(旧称胡瓜钝绥螨)进行捕食功能反应,吴圣勇等^[15] 研究黄瓜新小绥螨和栗真绥螨对西方花蓟马初孵若虫的功能反应及黄建华等^[16] 报道的巴氏新小绥螨(旧称巴氏钝绥螨)对芦笋上烟蓟马的捕食效能结论基本一致。

干扰反应表明:在 16~32℃ 时巴氏新小绥螨雌成螨对西花蓟马初孵若虫的捕食量与其自身密度的增加呈负相关,表明巴氏新小绥螨存在种内竞争,自身存在干扰反应。因此在室内用猎物饲养或田间释放时,还应注意选择合适的益害比,以发挥其正常的捕食能力。

可以看出,巴氏新小绥螨对西花蓟马的初孵若虫有明显的捕食作用,但在试验过程中也观察到当西花蓟马种群密度大时或者其种群中高龄若虫和成虫较多时,巴氏新小绥螨对西花蓟马的控制力将会降低。因此,用捕食螨防治西花蓟马最好的时机应在卵孵化后不久的低龄若虫期。建议在西花蓟马成虫刚发生时释放,可以取得理想的防治效果。

参考文献

- [1] Nagata T, Peters D. An anatomical perspective of tospovirus transmission [M]// Harris K F, Smith O P, Duffus J E. Virus-insect-plant interactions. San Diego: Academic Press, 2001: 51-67.
- [2] Ullman D E, Meideros R, Campbell L R, et al. Thrips as vectors of tospoviruses [J]. Advances in Botanical Research,

2002, 36: 113-140.

- [3] Mollema C, Steenhuis-Broers G M. Comparative life history studies of *Frankliniella occidentalis* and *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) on cucumber [J]. Bulletin of Entomological Research, 1995, 85: 285-297.
- [4] 张友军, 吴青君, 徐宝云, 等. 危险性外来入侵生物—西花蓟马在北京发生危害[J]. 植物保护, 2003, 29(4): 58-59.
- [5] Brodsgaard H F. Insecticide resistance in European and African strains of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) tested in a new residue-on-glass test [J]. Journal of Economic Entomology, 1994, 87(5): 1141-1146.
- [6] Jensen S E. Insecticide resistance in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* [J]. Integrated Pest Management Reviews, 2000, 5(2): 131-146.
- [7] Herron G A, James T M. Monitoring insecticide resistance in Australian *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) detects fipronil and spinosad resistance [J]. Australian Journal of Entomology, 2005, 44(3): 299-303.
- [8] 忻介六. 农业螨类学[M]. 北京: 农业出版社, 1988.
- [9] Hessein N, Parrella M. Predatory mites help control thrips on floriculture crops [J]. California Agriculture, 1990, 44(6): 19-21.
- [10] 吴坤君, 盛承发, 龚佩瑜. 捕食性昆虫的功能反应方程及其参数的估算[J]. 昆虫知识, 2004, 41(3): 267-269.
- [11] Shipp J L, Whitfield G H. Functional response of the predatory mite, *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae), on western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) [J]. Environmental Entomology, 1991, 20(2): 694-699.
- [12] 郅军锐, 李景柱, 宋琼章. 利用胡瓜钝绥螨防治西花蓟马研究进展[J]. 中国生物防治学报, 2007, 23(S1): 60-63.
- [13] 郅军锐, 任顺祥. 胡瓜钝绥螨对西花蓟马的功能反应和数值反应[J]. 华南农业大学学报, 2006, 27(3): 35-38.
- [14] 徐学农, Christian Borgemeister, Hans-Michael Poehling. 西花蓟马, 二斑叶螨与黄瓜新小绥螨的相互关系研究[J]. 应用昆虫学报, 2011, 48(3): 579-587.
- [15] 吴圣勇, 徐学农, 王恩东. 栗真绥螨和黄瓜新小绥螨对西方花蓟马初孵若虫功能反应的比较[J]. 中国生物防治学报, 2009, 25(4): 295-298.
- [16] 黄建华, 罗任华, 秦文婧, 等. 巴氏钝绥螨对芦笋上烟蓟马捕食效能研究[J]. 中国生物防治学报, 2012, 28(3): 353-359.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 140 页)

- [8] 张国辉, 仵均祥. 梨小食心虫成虫行为节律研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2012, 40 (12): 131-135.
- [9] 涂小云, 陈元生. 毛健夜蛾昼夜节律行为[J]. 植物保护, 2013, 39(1): 85-88.
- [10] 陈琳, 王广利, 魏洪义. 杨小舟蛾的羽化和生殖行为节律[J]. 应用生态学报, 2014, 25(8): 2425-2430.
- [11] 马涛, 孙朝辉, 李奕震, 等. 麻楝斑斑螟成虫的羽化节律及生殖行为[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2014, 43(1): 6-10.

- [12] 吴少会, 向群, 薛芳森. 昆虫的行为节律[J]. 江西植保, 2006, 29 (4): 147-157.
- [13] 徐强, 张庆. 大猿叶虫卵孵化的时辰节律研究[J]. 江西植保, 2007, 30(3): 99-100.
- [14] 魏玉红, 罗进仓, 刘月英, 等. 苹果蠹蛾羽化产卵及卵孵化的昼夜节律[J]. 植物保护, 2014, 40(3): 143-146.
- [15] 武承旭, 杨茂发, 曾昭华, 等. 斜纹夜蛾成虫在不同寄主上的繁殖行为日节律[J]. 植物保护学报, 2015, 42(2): 210-216.

(责任编辑: 田 喆)