

智利小植绥螨对二斑叶螨不同螨态的捕食反应和捕食选择性

周淑香¹, 鲁新¹, 于馥荔², 李小宇¹, 张国红¹, 赫思聪¹, 高月波^{1*}

(1. 吉林省农业科学院植物保护研究所, 吉林 公主岭 136100; 2. 吉林吉农高新技术发展股份有限公司, 吉林 公主岭 136100)

摘要: 在实验室条件下, 研究智利小植绥螨雌成螨对二斑叶螨不同螨态的捕食反应、捕食选择性, 以及智利小植绥螨自身的捕食干扰反应, 为智利小植绥螨的人工繁殖和田间利用提供理论依据。结果表明, 智利小植绥螨雌成螨对二斑叶螨卵、若螨和成螨的捕食功能反应均属于Holling II型, 智利小植绥螨雌成螨对二斑叶螨三种螨态的最大捕食量分别为333.33粒、45.45头和12.99头, 其捕食能力随猎物螨态的增大而降低。智利小植绥螨对二斑叶螨的若螨表现出嗜食性, 对卵和成螨没有嗜食性。在相同猎物密度下, 智利小植绥螨对二斑叶螨的平均捕食量随着自身密度的增加而减小, 存在种间干扰。

关键词: 智利小植绥螨; 二斑叶螨; 捕食反应; 捕食选择性; 干扰反应

中图分类号: S476.2

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2024)06-0050-05

Functional Response and Predation Preference of *Phytoseiulus persimilis* to Different Stages of *Tetranychus urticae*

ZHOU Shuxiang¹, LU Xin¹, YU Fuli², LI Xiaoyu¹, ZHANG Guohong¹, HE Sicong¹, GAO Yuebo^{1*}

(1. Institute of Plant Protection, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling 136100; 2. Jilin Jinong Hi-Tech Inc., Ltd., Gongzhuling 136100, China)

Abstract: The predatory functional response, predatory preference and auto-interference response of *Phytoseiulus persimilis* to different stages of *Tetranychus urticae* were examined under laboratory conditions, to determine the control potential of the predatory mite *P. persimilis* against *T. urticae*. The results showed that the functional response of the *P. persimilis* to *T. urticae* fitted well with the Holling II model. The predatory capacity of *P. persimilis* decreased with spider mite size. Predation was greatest on eggs, followed by nymphs and adults. The maximum predation capacity of female adult *P. persimilis* on the three stage of *T. urticae* were 333.33, 45.45 and 12.99, respectively. When the different stages of *T. urticae* coexist, *P. persimilis* preferred *T. urticae* nymphs to eggs and adults. At the same prey density, the predation rate of *P. persimilis* on the adults of *T. urticae* decreased with the increase of its own density, which indicated that the intraspecific interference effect existed in *P. persimilis*.

Key words: *Phytoseiulus persimilis*; *Tetranychus urticae*; Functional response; Predation preference; Interference response

二斑叶螨(*Tetranychus urticae*)隶属于蛛形纲(Arachnida)、蜱螨目(Acarina)、叶螨科(Tetranychidae), 可为害1100多种植物^[1], 造成大田作物、果树和蔬菜等严重减产^[2], 对农林经济造成了巨

大威胁^[3-5]。化学防治目前仍是二斑叶螨的主要防治手段, 但因该螨易产生抗药性^[6-7], 化学防治难度越来越大。同时化学药剂大量使用导致的生态环境及食品安全等问题也日益突出^[8-11]。利用捕食性螨类进行生物防治是当今国际上控制害螨的有效途径。

智利小植绥螨(*Phytoseiulus persimili*)是叶螨的专性捕食天敌^[12], 具有捕食量大、繁殖力强、控制迅速等特点^[13]。该螨被许多国家相继引种, 并进行商品化生产^[14-15], 用于防治棉花、蔬菜、果树

收稿日期: 2024-02-28

基金项目: 吉林省科技发展计划重点项目(20220202019NC)

作者简介: 周淑香(1980-), 女, 副研究员, 博士, 主要从事农业害虫生物防治研究。

通信作者: 高月波, 男, 博士, 研究员, E-mail: gaoyuebo8328@163.com

和花卉上的叶螨取得了显著的防治效果^[16-17]。智利小植绥螨是目前生物防治中应用较为成功的天敌之一,对二斑叶螨也具有很好的控制效果。捕食功能反应是指每个捕食者的捕食率如何随猎物的密度而变化的一种反应^[18-19]。广泛用于评估捕食性昆虫和螨类的有效性^[20]。对研究天敌和害虫的种间关系,利用天敌进行害虫的生物防治具有重要作用。本试验研究了智利小植绥螨对二斑叶螨不同螨态的捕食反应,在此基础上进一步探讨了智利小植绥螨对二斑叶螨不同螨态的捕食选择性,以及自身密度对智利小植绥螨捕食的干扰反应,以期为智利小植绥螨的繁殖利用和二斑叶螨的绿色防控提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

二斑叶螨:来自吉林省农业科学院植物保护研究所,在室内用盆栽矮生菜豆饲养多代,饲养温度 25~27 °C,相对湿度(RH)70%~80%,光周期 14 D:10 L。

智利小植绥螨:来自吉林省农业科学院植物保护研究所,在室内以二斑叶螨作为猎物饲养多代,饲养温度 25~27 °C,相对湿度(RH)70%~80%,光周期 14 D:10 L。

叶碟:在直径为 9 cm 的培养皿内放入直径略小于培养皿的海绵,海绵上放滤纸,将健康无病虫害的菜豆叶片剪成略小于滤纸的圆片,叶背朝上放在滤纸上,培养皿内加适量水,使海绵周围被水环绕,与皿壁隔离,滤纸也保持湿润状态。

1.2 试验方法

1.2.1 捕食功能反应

叶碟内分别挑入密度为 3、9、18、27、36、45、60 粒或头二斑叶螨卵、若螨和成螨(其中卵先在洁净叶片上接一定量雌成螨,产卵 24 h 后移除成螨,按设定比例将卵的数量固定),随后接入 1 头饥饿 24 h 的智利小植绥螨雌成螨,放入温度 25~27 °C,相对湿度(RH)70%~80%,光周期 14 D:10 L 的人工气候箱中培养,每个处理重复 6 次,24 h 后调查二斑叶螨被捕食情况。采用 Holling 圆盘方程: $N_t = aTN / (1 + aT_h N)$ 对测定数据进行拟合。方程中, N_t 为捕食量, a 为瞬间攻击率, T_h 为处理时间, N 为猎物密度, T 为试验时间^[18,21]。在方程中取 $T=1$,以 1 d 作为一个试验单位时间,将方程做倒数转换后求出 a 和 T_h ,得出智利小植绥螨对二斑叶螨三个螨态的功能反应数学模型。

1.2.2 智利小植绥螨对二斑叶螨不同螨态的捕食选择性

将二斑叶螨卵、若螨和成螨各 20 粒或头等量混合接入叶碟(其中卵先在洁净叶片上接一定数量的雌成螨,产卵 24 h 后去除成螨,将卵按设定数量固定),随后接入 1 头饥饿 24 h 的智利小植绥螨雌成螨,放入温度 25~27 °C,相对湿度(RH)70%~80%,光周期 14 D:10 L 的人工气候箱中培养,每个处理重复 6 次,24 h 后调查各螨态叶螨被捕食的数量,按照赵志模等^[22]的方法计算智利小植绥螨对二斑叶螨不同螨态的选择系数,根据选择系数的大小评价智利小植绥螨对二斑叶螨不同螨态的捕食选择性,选择系数大于 1 表示捕食螨喜食该螨态叶螨;选择系数小于 1 表示捕食螨不喜食该螨态叶螨;选择系数等于 1 表示捕食螨对该螨态叶螨的捕食是随机的。

1.2.3 捕食螨的自身干扰作用

捕食螨智利小植绥螨设置 1、3、5、7、9 头共 5 个密度梯度处理,每个处理均喂食 100 头二斑叶螨成螨。先将二斑叶螨成螨挑入叶碟,再接入设定数量的智利小植绥螨雌成螨,放入温度 25~27 °C,相对湿度(RH)70%~80%,光周期 14 D:10 L 的人工气候箱中培养,每个处理重复 6 次,24 h 后调查智利小植绥螨的捕食情况。自身干扰反应根据 Hassell-Verley(1969)模型 $E=Q \times P^{-m}$ 进行拟合,在方程中, E 为捕食作用率,计算公式为 $E=N_t/NP$ (N_t 为被捕食猎物数量, N 为猎物初始数量), P 为捕食者初始密度, Q 为搜寻系数, m 为干扰系数^[23]。

2 结果与分析

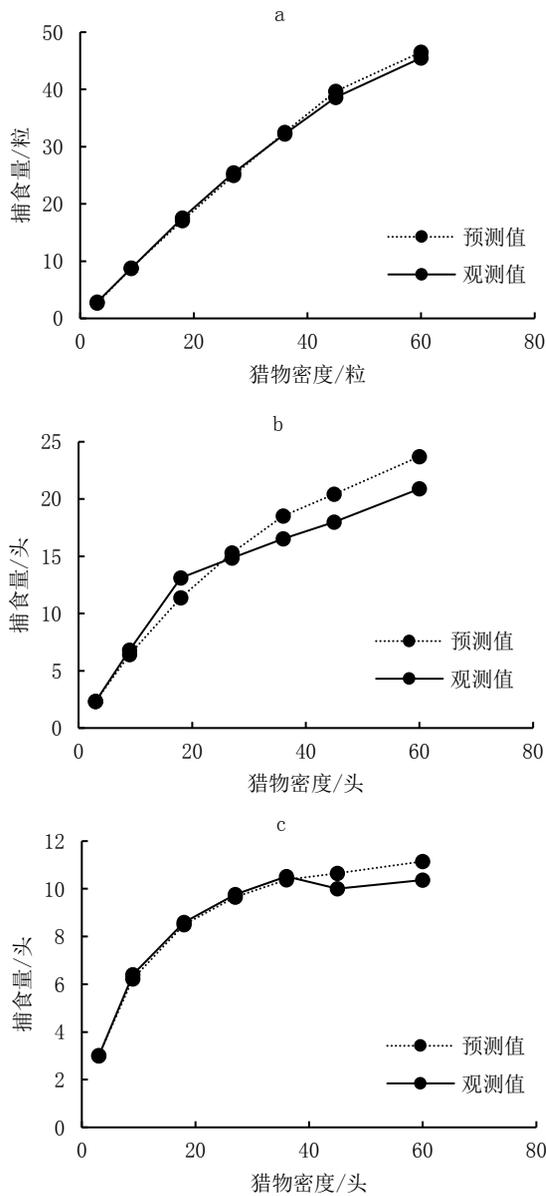
2.1 捕食功能反应

智利小植绥螨对二斑叶螨不同螨态的捕食量均随猎物密度的增加而增大,当猎物密度增加到一定程度后,捕食量增长趋缓,并在一定范围波动(见图 1)。将所得模型的理论值与实际值进行 χ^2 检验, χ^2 值为 0.126~1.134, $\chi^2 < \chi^2(6, 0.01)=16.81$,表明实际捕食量与理论捕食量之间差异不显著,说明智利小植绥螨成螨对二斑叶螨卵、若螨和成螨的捕食功能反应均符合 Holling 模型。

智利小植绥螨对二斑叶螨的捕食功能反应及其参数结果见表 1。智利小植绥螨对猎物的处理时间随着二斑叶螨螨龄的增加而延长,捕食量和捕食能力则随二斑叶螨螨龄的增加而降低,智利小植绥螨雌成螨对二斑叶螨卵、若螨和成螨的理论日最大捕食量分别为 333.33 粒、45.45 头和 12.99 头。

表1 智利小植绥螨对二斑叶螨的捕食功能反应(Holling-II)

叶螨螨态	瞬间攻击率 (a)	猎物处理时间 (T_h)	最大捕食量 ($1/T_h$)	捕食能力 (a/T_h)	功能反应方程	相关系数 (R^2)	χ^2
卵	0.901	0.003	333.33	300.33	$N_a=0.901N/(1+0.0027N)$	0.999	1.134
若螨	0.822	0.022	45.45	37.36	$N_a=0.822N/(1+0.018N)$	0.998	1.109
成螨	1.312	0.077	12.99	17.04	$N_a=1.312N/(1+0.101N)$	0.998	0.125



注: a为二斑叶螨卵; b为二斑叶螨若螨; c为二斑叶螨成螨

图1 智利小植绥螨对二斑叶螨不同螨态的捕食量

2.2 智利小植绥螨对二斑叶螨不同螨态的捕食选择性

由表2可知,在二斑叶螨卵、若螨和成螨等量共存的情况下,智利小植绥螨对三种螨态的日均捕食量分别为5.44粒、11.75头和6.38头,分别占被捕食猎物总量的22.96%、50.00%和27.04%,三者之间差异显著($df=2, F=34.102, P=0.000$)。智利

小植绥螨对二斑叶螨若螨的选择系数为1.50,大于1.00,表明智利小植绥螨喜食该螨态的二斑叶螨;对二斑叶螨卵和成螨的选择系数分别为0.69和0.81,小于1.00,表明智利小植绥螨不喜食这两个螨态的二斑叶螨。

表2 智利小植绥螨雌成螨对不同螨态二斑叶螨的捕食选择性

叶螨螨态	被捕食量/头·d ⁻¹	被捕食率/%	选择系数
卵	5.44±0.56b	22.96	0.69
若螨	11.75±0.75a	50.00	1.50
成螨	6.38±0.37b	27.04	0.81

注:不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

2.3 智利小植绥螨自身干扰作用

由表3可知,智利小植绥螨对叶螨的总捕食量随自身密度的增加而增大,单头捕食量和捕食作用率随自身密度的增加而减少。利用干扰反应模型进行拟合,得到搜寻系数 $Q=0.136$,干扰系数 $m=0.235$,智利小植绥螨自身干扰方程 $E=0.136 * P^{-0.235}$ 。将所得模型的理论值与实际值进行 χ^2 检验, $\chi^2=0.0001 < \chi^2(0.05, 4)=9.488$,表明理论值与实际值差异不显著,说明智利小植绥螨的自身密度对其捕食活动存在干扰作用。

表3 智利小植绥螨的自身干扰作用

捕食螨密度/头	叶螨密度/头	总捕食量/头	平均捕食量/头	捕食作用率/(E)
1	100	13.50±0.73	13.56	0.136
3	100	32.38±0.60	10.80	0.108
5	100	46.38±0.91	9.26	0.093
7	100	59.13±2.66	8.45	0.084
9	100	73.75±1.71	8.19	0.082

3 结论与讨论

Holling圆盘方程(II型)是在功能反应研究中提出最早、影响最大、应用最广泛的功能反应模型^[24]。在该类型的反应中捕食者捕获的猎物数量与猎物密度成凸曲线关系,即捕食者的捕食量随

着猎物密度的增加而增加,但当猎物密度增加到一定程度后其捕食量在一定的阈值内波动,并达到饱和状态^[25]。据报道,智利小植绥螨对二斑叶螨成螨的捕食功能反应属于Holling II型^[26-28],但未见对二斑叶螨其他螨态捕食功能反应的报道。本研究结果表明,智利小植绥螨对二斑叶螨卵和若螨的功能反应也属于Holling II型,与智利小植绥螨对二斑叶螨成螨的功能反应类型一致。智利小植绥螨对二斑叶螨卵的捕食量最大,捕食能力最强,其次为若螨,再次为成螨,认为可能与不同螨态叶螨的营养物质含量不同有关。

在二斑叶螨不同螨态等量共存情况下智利小植绥螨偏好捕食二斑叶螨的若螨,其次是成螨,再次是卵。通常的理论认为,在猎物多种螨态共存时,捕食螨更为喜食对自身繁育最为有利的螨态^[29-31],智利小植绥螨取食二斑叶螨的若螨是否比取食卵和成螨更有利于自身繁育还需进一步研究。智利小植绥螨对二斑叶螨不同螨态的取食偏好性还可能与猎物的活动性及营养有关^[32]。二斑叶螨成螨个体较大,行动迅速,使捕食螨需要花费较长的处理时间,卵虽处于静止状态,容易捕食,但营养物质含量相对较少,二斑叶螨若螨活动能力相对较弱,捕食螨捕食它耗费的时间和精力更少。

智利小植绥螨对猎物的捕食量受其自身密度大小的影响,存在自身干扰作用,且自身密度越大干扰作用也越大,每头捕食螨的捕食作用率越低,因此在捕食螨的实际应用中需要恰当掌握释放比例。另外,在自然条件下,捕食螨对害螨的控制作用还会受到作物种类、气候条件、其他天敌竞争等因素的影响。因此,在田间的应用还需要进一步深入研究。

参考文献:

- [1] Piraneo T G, Bull J, Morales M A, et al. Molecular mechanisms of *Tetranychus urticae* chemical adaptation in hop fields[J]. Scientific Reports, 2015,5: 17090.
- [2] 韩昉,吴京城,庞秋凌,等.我国二斑叶螨发生及防控研究概况[J].农药,2023,62(4):235-239,251.
- [3] 赵卫东,王开运,姜兴印,等.二斑叶螨对阿维菌素、哒螨灵和甲氧菊酯的抗性选育及其解毒酶活力变化[J].昆虫学报,2003,46(6):788-792.
- [4] 李忠洲,周玉书,朴静子,等.二斑叶螨对螺螨酯的抗性选育及其解毒酶活性测定[J].应用昆虫学报,2013,50(2):454-459.
- [5] 王常清,韩永金,曹进刚,等.二斑叶螨雌成螨对高温胁迫的生理响应[J].环境昆虫学报,2021,43(1):181-190.
- [6] 江改青,黄孟丽,李雪银,等.江苏草莓二斑叶螨对5种杀螨剂的抗药性监测[J].中国蔬菜,2023(11):98-103.
- [7] 王帅宇,谷振东,王胤,等.草莓二斑叶螨的防治药剂筛选及其田间抗药性初探[J].中国植保导刊,2023,43(9):81-83.
- [8] 邱海燕,付步礼,马晓彤,等.淡翅小花螨对黄胸蓟马的捕食功能反应与搜寻效应[J].植物保护,2020,46(6):84-89.
- [9] 侯飞,邹梦婷,倪召红,等.草栖钝绥螨对二斑叶螨的捕食作用[J].植物保护学报,2023,50(2):530-537.
- [10] 高芃,周淑香,赫思聪,等.吉林省中部地区露地十字花科蔬菜主要害虫及其发生动态研究[J].东北农业科学,2024,49(1):75-79.
- [11] 张峰,张学武,王鹏冬,等.螟黄赤眼蜂对向日葵螟的防治效果探析[J].东北农业科学,2022,47(1):100-103.
- [12] 徐维红,刘佰明,谷希树,等.智利小植绥螨对朱砂叶螨的捕食效能[J].山东农业科学,2011(9):92-94.
- [13] 王银方,吐尔逊,何江,等.智利小植绥螨以土耳其斯坦叶螨为食的试验种群生命表[J].中国生物防治学报,2014,30(3):329-333.
- [14] 徐维红,刘佰明,谷希树,等.智利小植绥螨密度对朱砂叶螨产卵能力的影响[J].环境昆虫学报,2012,34(1):45-49.
- [15] 鲁新,李丽娟.智利小植绥螨的捕食种类研究[J].吉林农业科学,2006,31(6):32-34.
- [16] 鲁新,李丽娟.智利小植绥螨的人工繁殖方法[J].吉林蔬菜,2007(6):52-53.
- [17] 宫亚军,王泽华,王甦,等.智利小植绥螨对茄子二斑叶螨控制效果研究[J].应用昆虫学报,2015,52(5):1123-1130.
- [18] 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].应用昆虫学报,2004,41(3):267-269.
- [19] 周强,胡思勤,陈熙雯.捕食性天敌效能评价的研究概况[J].江西植保,1995,18(4):27-28.
- [20] 王蔓,李波,黄婕,等.加州新小绥螨和巴氏新小绥螨对二斑叶螨的捕食能力比较[J].应用昆虫学报,2019,56(6):1256-1263.
- [21] Holling C S. Some characteristics of simple types of predation and parasitism[J]. Canadian Entomologist, 1959, 91: 385-398.
- [22] 赵志模,陈艳,吴仕元.普通钝绥螨对朱砂叶螨捕食作用的研究[J].蛛形学报,1993,2(1):31-35.
- [23] 王利平,王永模,杜进平,等.斯氏钝绥螨对朱砂叶螨若螨的捕食作用[J].中国生物防治学报,2011,27(2):171-175.
- [24] 郭玉杰.捕食作用中的功能反应模型[J].生物防治通报,1993,9(1):40-45.
- [25] 刘怀,赵志模,王进军,等.竹盲走螨对竹裂瓜螨的捕食功能[J].应用生态学报,2006,17(2):280-284.
- [26] Everson P. The functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae) to various densities of *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae) [J]. The Canadian Entomologist, 1979, 111(1): 7-10.
- [27] Hans Mori D A, Chant. The influence of prey density, relative humidity, and starvation on the predacious behavior of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acarina: Phytoseiidae) [J]. Canadian Journal of Zoology, 1966, 44(3): 483-491.
- [28] 王银方.智利小植绥螨(*Phytoseiulus persimilis*)实验种群生

- 态学及捕食功能的研究[D]. 石河子:石河子大学,2013.
- [29] Rasmy A H, Hafez S M, Elsayy S A. Influence of prey species and stages on predatory efficiency and development of two phytoseiid mites[J]. Entomophaga, 1982, 27(2): 135-139.
- [30] Venzon M, Janssen A, Sabelis M W. Prey preference and reproductive success of the generalist predator *Orius laevigatus*[J]. Oikos, 2002, 97(1): 116-124.
- [31] 蒋洪丽,王恩东,吕佳乐,等.加州新小绥螨对朱砂叶螨不同螨态的捕食选择性及与拟长毛钝绥螨功能反应比较[J].中国生物防治学报,2015, 31(1):8-13,27.
- [32] 杨莹,姜晓环,徐学农,等.两种叶螨及其不同螨态对拟长毛钝绥螨后代性比的影响[J].中国生物防治学报,2013,29(1):17-23.

(责任编辑:王 昱)

《东北农业科学》征订启事

《东北农业科学》是吉林省农业科学院(中国农业科技东北创新中心)主办的农业综合类学术期刊。2011版、2017版中文核心期刊,吉林省一级期刊。本刊融学术性、技术性、信息性和知识性于一体,是理论与实践相结合、普及与提高并重的刊物。旨在报道最新农业科研成果、研究进展和科技动态,传播农业科学知识,推广农业新品种和新技术,介绍农业生产新经验等。辟有作物育种栽培、生物技术、土壤肥料、植物保护、畜牧兽医、园艺果树、农业经济和农产食品加工等栏目。

《东北农业科学》面向全国公开发行人,主要为各图书情报部门的中文期刊采购和读者需求服务,为广大农民朋友、农业科研人员、农业技术推广人员、农业生产管理者和农业院校师生服务。

《东北农业科学》为双月刊,逢双月25日出版,刊号:ISSN2096-5877 CN22-1376/S,每期定价16.00元,全年96.00元。邮发代号:12-71,全国各地邮局(所)均可订阅,漏订者亦可随时向本刊编辑部订阅,不另收邮费。

电 话:0431-87063151

E-mail:jlnykx@163.com

地 址:吉林省长春市生态大街1363号《东北农业科学》编辑部

邮政编码:130033