

巴氏钝绥螨对普通大蓟马的功能反应及田间防效

黄伟康¹, 陈积杰², 郭静依², 符启位², 黄国宋², 罗 丰²

(1. 海南省农业科学院植物保护研究所(海南省农业科学院农产品质量安全与标准研究中心) 海口 571100;

2. 海南大学三亚南繁研究院 海南三亚 572000)

摘要:为明确巴氏钝绥螨(*Neoseiulus barkeri* Hughes)对豇豆上普通大蓟马(*Megalurothrips usitatus* Bagrall)的控害能力,研究了不同温度下巴氏钝绥螨对普通大蓟马的捕食功能反应及田间释放捕食螨对普通大蓟马的防效。结果表明,随着蓟马密度增加,捕食螨日取食量逐渐增加。不同温度下捕食螨对1龄和2龄蓟马若虫的功能反应符合Holling-III模型。捕食螨对1龄和2龄蓟马若虫的捕食效能随着温度的升高而升高,对1龄和2龄蓟马若虫的搜寻效应与温度呈显著正相关。随着捕食螨密度增加,个体间自我干扰能力增加,其捕食作用率反而减小,在猎物固定而捕食螨数量增加的条件与猎物捕食螨成比例增加的条件下,干扰反应模型分别为 $E=0.084 1P^{-0.708}$ 、 $E=0.612 6P^{-2.907}$ 。综合可知,在田间释放捕食螨400头·m⁻²时,3 d时的防效可达59.65%,且连续释放2次捕食螨效果会更好。

关键词:豇豆;普通大蓟马;巴氏钝绥螨;捕食效能;功能反应

中图分类号:S643.4+S476

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2022)03-092-07

Functional responses and field efficacy of the predatory mite on controlling the bean flower thrips

HUANG Weikang¹, CHEN Jijie², GUO Jingyi², FU Qiwei², HUANG Guosong², LUO Feng²

(1. Institute of Plant Protection, Hainan Academy of Agricultural Sciences (Research Center of Quality Safety and Standards for Agricultural Products of Hainan Academy of Agricultural Sciences), Haikou 571100, Hainan, China; 2. Sanya Nanfan Research Institute of Hainan University, Sanya 572000, Hainan, China)

Abstract: This work was conducted to evaluate the efficacy of the predatory mite, *Neoseiulus barkeri* Hughes, in controlling the bean flower thrips, *Megalurothrips usitatus* Bagrall, on yard long bean. Functional response of the predatory mite under different temperature was investigated in laboratory condition. Field study was also performed to estimate the effect of the predatory mite on controlling the bean flower thrips. Results indicate that daily prey consumption of predatory mite increased with the increase of prey densities. For both 1st and 2nd instar nymphs of thrips, the functional response of predator mite was more closely to Holling-III. The predation efficacy of the predatory mite increased with the increase of temperature and the relationship between temperature and searching efficiency of the predatory mite to the 1st and 2nd instar nymphs of thrips showed significant positive correlation. There was intraspecific interference within the predatory mite as for the predation rate of predatory mite decreased with the increase of predator densities. Intraspecific interference model at constant prey densities or at constant ratio of predator to prey was $E=0.084 1P^{-0.708}$ and $E=0.612 6P^{-2.907}$, respectively. Field trials showed that when releasing predatory mite with density of 400 per m² the controlling effect reached 59.65% within 3 days and constantly releasing of 2 times resulted better controlling effect.

Key words: Long-podded cowpea; *Megalurothrips usitatus* Bagrall; *Neoseiulus barkeri* Hughes; Predation efficiency; Functional response

海南豇豆是冬种蔬菜北运的重要蔬菜品种之一,在全国占有重要地位。2011—2012年三亚冬季瓜果蔬菜的种植面积达12 000 hm²,其中豇豆面积高达2 000 hm²[1]。因收购价格可观,农民种植积极

性高,豇豆连年种植,致使病虫害暴发与流行。目前,海南豇豆上危害最大的昆虫是普通大蓟马 *Megalurothrips usitatus* Bagrall,其导致豇豆“黑头和黑尾”,严重影响豇豆品质,制约海南豇豆产业发展。

收稿日期:2021-04-21;修回日期:2021-11-27

基金项目:海南省重点研发项目(ZDYF2019054);海南省自然科学基金(318MS114)

作者简介:黄伟康,男,助理研究员,研究方向为瓜菜栽培及病虫害综合防治。E-mail:873570817@qq.com

通信作者:罗 丰,男,副研究员,研究方向为农学。E-mail:luofeng1872@163.com

普通大蓟马分布范围广、寄主多、隐蔽性强、防治难度高^[2]。目前,对于普通大蓟马的防治手段有农业防治、物理防治和化学防治等。Tang等^[3]研究表明,蓝色粘虫板诱捕蓟马最多且所诱捕的有益昆虫最少;云天海等^[4]研究表明,每667 m²挂蓝色粘虫板21块,朝南放置高度为1 m时防治豇豆蓟马效果最好;还有人通过覆盖绿色防虫网以降低蓟马发生量^[5-6]。目前,针对危害海南豇豆的普通大蓟马的主要防治手段仍是化学防治^[7-8]。化学防治普遍存在用药频率高、剂量大等问题,已经导致了普通大蓟马的抗性增加^[9]。生物防治绿色无污染且可达到长期控害效果,是有效防治蓟马危害并延缓其抗药性的重要途径。目前,利用天敌防治普通大蓟马的报道甚少,唐良德等^[10]的研究表明,普通大蓟马是大草蛉 *Chrysopa pallens* Rambur 生长发育的天然猎物;Chang^[11]研究表明,侧姬小蜂 *Ceranisus menes* Walker 能寄生蓟马,但寄生率不高;李盼等^[12]研究表明,六斑月瓢虫 *Menochilus sexmaculata* 对蓟马有较好的防治潜能,但防效也会受到其他潜在猎物的影响,而尚未有关于利用捕食螨防治普通大蓟马的报道。

巴氏钝绥螨 *Neoseiulus barkeri* Hughes, 隶属植绥螨科 Phytoseiidae 螨类,该捕食螨广泛分布于世界各地,在中国大部分省份均有分布^[13]。巴氏钝绥螨捕食范围广、易饲养、饲养成本低,目前已在多种作物上用以防治虫害。如在柑橘园释放巴氏钝绥螨以后能较好地控制害螨数量^[14-15];在温室释放巴氏钝绥螨防控辣椒蓟马,7 d后防效可达94.86%^[16];吴伟南等^[17]指出,巴氏钝绥螨是一种防治番木瓜皮氏叶螨 *Tetranychus piercei* McGregor 的有效天敌,且在次年仍可将害螨控制在经济危害水平以下;在茶园释放巴氏钝绥螨可有效地控制茶园跗线螨 *Polyphagotarsonemus latus* Banks 的危害^[18];也有学者用巴氏钝绥螨防治温室番茄烟粉虱 *Bemisia tabaci* Gennadius^[19-20];杨思华等^[21]研究表明,巴氏钝绥螨具有较强捕食水稻干尖线虫 *Aphelenchoides besseyi* 的能力。巴氏钝绥螨虽已被广泛应用于防治害虫害螨且有较强的捕食效能,但目前尚无利用巴氏钝绥螨防治普通大蓟马的报道。为了有效利用天敌资源,降低农药在豇豆上的使用量与使用次数,笔者研究了巴氏钝绥螨对普通大蓟马的捕食效能与防效,为今后利用巴氏钝绥螨防治普通大蓟马提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

豇豆品种为南豇1号,是由三亚市南繁科学技术研究院选育的长荚豇豆品种。

供试虫源:巴氏钝绥螨由海南新龙润田生物科技有限公司提供;普通大蓟马为三亚市吉阳区豇豆田采集后室内培养成稳定种群,培养环境为(25±1)℃,湿度80%,光/暗周期为12 h/12 h。

1.2 方法

巴氏钝绥螨对普通大蓟马的田间防效试验在三亚市南繁科学技术研究院热带设施农业科技示范园内进行。豇豆栽培在覆盖有防虫网的设施大棚中,大棚均覆盖防虫网,灌溉系统采用膜下滴灌,试验田土质为中等肥力沙壤土,前茬为哈密瓜。豇豆播种日期为2020年11月25日,穴播3~4粒,保苗2株,单垄双行种植,大行距80 cm,株间距25 cm,采用吊蔓立架栽培,每个独立大棚面积160 m²,按常规栽培技术进行田间管理。在豇豆始花期以撒施方式往大棚中分别释放密度为100、200、400头·m⁻²捕食螨,1个处理1个大棚,随机区组排列,3次重复,3、5、7、14、21 d观察记录普通大蓟马种群数量,试验期间不使用任何杀虫剂、除螨剂。

巴氏钝绥螨对普通大蓟马的捕食效能研究:试验饲养器采用5 mL带盖离心管,盖子部位打一小孔供透气用。挑取1头饥饿24 h处理的巴氏钝绥螨,分别挑入龄期为1龄、2龄的普通大蓟马若虫3、6、9、12、15、18头,温度分别为20、25、30、35℃的人工气候箱,培养24 h观察记录普通大蓟马被捕食的情况。挑取50头2龄普通大蓟马若虫,然后分别挑入饥饿24 h的巴氏钝绥螨1、2、3、4、5头到饲养器中,以研究猎物固定条件下的干扰反应,24 h观察普通大蓟马被捕食情况。饲养器中分别挑入1、2、3、4、5头饥饿24 h的巴氏钝绥螨,并按捕食螨:普通大蓟马=1:10的比例分别挑入2龄普通大蓟马若虫,24 h观察蓟马被捕食情况。上述试验每处理9次重复,设置无捕食螨处理作为对照,试验全程置于光:暗=12 h:12 h,温度25℃,湿度(80±5)%的人工气候箱中。

1.3 数据处理分析

巴氏钝绥螨捕食效能计算参考黄建华等^[22]的计算方法。

Holling- II型功能反应模型, $Na = a' \text{Tr}N / (1 + a' \text{Th}N)$, 其中Na为被捕食的猎物数, a'为瞬时攻击

率, N 为猎物密度, T_r 为捕食者可利用的总时间(本试验为 1 d), T_h 为捕食 1 头猎物所花的时间, 即平均处理时间。

Holling-III型功能反应改进模型, $N_a = a e^{-bN}$, 其中 N 为猎物密度, N_a 为被捕食的猎物数量, a 为最大捕食量, b 为最佳寻找密度。

搜寻效应: $E = a' / (1 + a' T_h N)$, 其中 a' 为瞬时供给率, T_h 为每捕食 1 头猎物所需时间, N 为猎物密度, E 为搜寻效应。

干扰反应: $E = Q P^m (E = N_e / N P)$, 其中, P 为捕食者密度, Q 为搜索常数, m 为干扰常数, N_e 为被捕食的猎物总数, N 为猎物密度。

分摊竞争强度, $I = (E_i - E_p) / E_i$, 其中 E_i 为 1 头捕食者的捕食作用率, E_p 为 n 头捕食者的捕食作用率。

巴氏钝绥螨对普通大蓟马田间防效按如下公式进行计算:

$$\begin{aligned} \text{虫口减退率}/\% &= \frac{\text{释放捕食螨前虫口数} - \text{释放捕食螨后虫口数}}{\text{释放捕食螨前虫口数}} \\ &\times 100; \\ \text{校正防效}/\% &= \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\frac{\text{处理区虫口减退率} - \text{空白对照区虫口减退率}}{100 - \text{空白对照区虫口减退率}} \\ &\times 100. \end{aligned}$$

所有数据统计采用 Excel 2010 和 SPSS 19.0 软件进行, 差异显著性采用单因素方差 Duncan 分析。

2 结果与分析

2.1 巴氏钝绥螨对普通大蓟马 1 龄若虫的功能反应

由表 1 可以看出, 在 20~35 °C 温度范围内, 当蓟马密度为 3、6、12 头·管⁻¹时, 捕食螨捕食量均随着温度升高而升高; 当蓟马密度为 9、18 头·管⁻¹时, 捕食量随着温度的升高先升高后下降, 30 °C 时捕食量达到最高, 且 35 °C 时捕食螨捕食量均高于 20、25 °C。在蓟马密度为 15 头·管⁻¹时, 捕食量随着温度的升高先升高后下降再上升趋势。但蓟马密度为 3、6、9、18 头·管⁻¹时, 各温度处理间捕食螨捕食量差异不显著。这说明在蓟马密度一定时, 提高温度能促进巴氏钝绥螨捕食普通大蓟马 1 龄若虫。在 20、30、35 °C 时, 巴氏钝绥螨对蓟马的捕食量呈现出随着蓟马密度的增加而增加趋势, 25 °C 条件下捕食量呈现出随着蓟马密度的增加先上升后下降趋势, 在 15 头·管⁻¹时捕食量达最大。在 20、30 °C

表 1 不同温度下巴氏钝绥螨对普通大蓟马 1 龄若虫捕食日均捕食量

| 温度/°C | 蓟马密度/(头·管 ⁻¹) | | | | | |
|-------|---------------------------|--------------|----------------|-----------------|----------------|---------------|
| | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 |
| 20 | 0.42±0.15 cA | 0.50±0.15 cA | 0.67±0.19 bcAB | 0.92±0.15 abcBC | 1.17±0.17 abBC | 1.42±0.36 aAB |
| 25 | 0.50±0.15 bA | 0.58±0.19 bA | 0.75±0.18 bAB | 1.17±0.27 abABC | 1.83±0.32 aAB | 1.58±0.23 aAB |
| 30 | 0.58±0.23 cA | 0.67±0.19 cA | 1.17±0.30 bcA | 1.42±0.31 bcAB | 1.75±0.28 abAB | 2.50±0.44 aA |
| 35 | 0.67±0.14 cA | 0.92±0.19 cA | 1.08±0.23 bcA | 1.75±0.30 abA | 2.08±0.26 aA | 2.25±0.41 aA |

注: 值表示为均值±标准误, 同行不同小写字母表示为在 0.05 水平差异显著, 同列不同大写字母表示在 0.01 水平差异显著。表 3 同。

条件下蓟马密度为 18 头·管⁻¹处理组捕食螨捕食量显著高于 3、6、9 头·管⁻¹处理组; 25、35 °C 条件下蓟马密度为 15、18 头·管⁻¹处理组捕食螨捕食量均显著高于 3、6、9 头·管⁻¹处理组。

根据表 1 数据, 分别采用 Holling- II 和 Holling-III 模型拟合, 得到 2 个模型参数。由表 2 可知, 巴氏钝绥螨对普通大蓟马 1 龄若虫瞬时攻击率呈

现出随着温度的升高而逐渐增大, 在 20 °C 时最小, 为 0.11, 到 35 °C 时最大, 为 0.20。瞬时攻击率 (a') 与温度 (x) 的关系呈抛物线趋势 $a' = 0.000 3x^2 - 0.011 6x + 0.220 4 (R^2 = 0.99)$ 。平均处理时间 (Th) 与温度 (x) 的关系也呈抛物线趋势, $Th = 0.001 8x^2 - 0.108 7x + 1.734 2 (R^2 = 0.94)$, 在 30 °C 时 Th 最低, 这表明在 30 °C 时其捕食效率最高。捕食上

表 2 不同温度下巴氏钝绥螨对普通大蓟马 1 龄若虫捕食功能反应参数

| 温度/°C | Holling- II | | | | Holling-III | | | |
|-------|-------------|----------|--|---|-------------|----------------------------------|-------------------------------|-------|
| | 瞬时攻击率 a' | 平均处理时间/d | 捕食上限 ($1/Th$) / (头·d ⁻¹) | 捕食效能 (a'/Th) / (头·d ⁻¹) | R^2 | 捕食上限 a' / (头·d ⁻¹) | 最佳寻找密度 / (头·管 ⁻¹) | R^2 |
| 20 | 0.11 | 0.28 | 3.54 | 0.40 | 0.46 | 1.33 | 3.99 | 0.75 |
| 25 | 0.13 | 0.18 | 5.58 | 0.72 | 0.20 | 1.70 | 4.28 | 0.69 |
| 30 | 0.15 | 0.09 | 10.76 | 1.61 | 0.14 | 2.24 | 4.65 | 0.75 |
| 35 | 0.20 | 0.17 | 5.83 | 1.14 | 0.51 | 2.36 | 4.23 | 0.80 |

限和捕食效能呈现出随着温度升高先升高后降低趋势,在 30 °C 时达到最高,这是因为高温会影响捕食螨活性。对比 Holling- II 模型与 Holling-III 模型可见,巴氏钝绥螨对普通大蓟马 1 龄若虫捕食功能反应更加符合 Holling-III 模型,这是因为, Holling- II 模型是建立在捕食者无限食欲与食量的条件下,而捕食螨的食量跟食欲有饱和阈值,因此与 Holling-III 模型拟合度更高。

2.2 巴氏钝绥螨对普通大蓟马 2 龄若虫的功能反应

由表 3 可以看出,在 20~35 °C 温度范围内,蓟马密度为 3、12、15 时,捕食量呈现随着温度的升高先上升后下降趋势,到 30 °C 时捕食量达到最大。蓟马密度为 3、6、9、12、18 头·管⁻¹时,温度对捕食量无显著影响;蓟马密度为 15 头·管⁻¹时,20、25、30 °C 捕食量极显著大于 35 °C,而 20、25、30 °C 各温度之

间捕食量无显著差异。表明蓟马密度一定的条件下,温度会影响巴氏钝绥螨捕食量。20、30 °C 时,巴氏钝绥螨的捕食量呈现出随着蓟马密度的增加先增加后减少趋势,均在 15 头·管⁻¹时达最大,且 20 °C 时 15 头·管⁻¹捕食量显著高于 3 头·管⁻¹处理组;25 °C 时,蓟马密度为 9 头·管⁻¹处理组捕食量显著高于其他处理组,密度为 3 头·管⁻¹处理组捕食量最低;30 °C 时,蓟马密度 15 头·管⁻¹处理组捕食量显著高于 3、6、9、18 头·管⁻¹处理组;35 °C 时,蓟马密度 12、18 头·管⁻¹处理捕食量显著高于 3 头·管⁻¹处理组,蓟马密度为 6、9、15 头·管⁻¹处理组捕食量差异不显著。

根据表 3 数据,分别采用 Holling- II 和 Holling-III 模型拟合,得到 2 个模型参数。由表 4 可知,巴氏钝绥螨对普通大蓟马 2 龄若虫瞬时攻击率呈

表 3 不同温度下巴氏钝绥螨对普通大蓟马 2 龄若虫捕食日均捕食量

| 温度/°C | 蓟马密度/(头·管 ⁻¹) | | | | | |
|-------|---------------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|---------------|
| | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 |
| 20 | 0.42±0.15 cA | 1.00±0.25 bcA | 1.00±0.21 bcA | 1.08±0.19 bcAB | 1.67±0.28 aABC | 1.42±0.26 abA |
| 25 | 0.25±0.13 dA | 1.42±0.19 bcA | 2.83±0.27 aA | 1.42±0.29 bcAB | 2.00±0.28 bAB | 1.17±0.30 cA |
| 30 | 0.50±0.15 cA | 1.00±0.28 bcA | 1.08±0.31 bcA | 1.67±0.36 abA | 2.17±0.27 aA | 1.08±0.29 bcA |
| 35 | 0.42±0.19 bA | 1.00±0.28 abA | 1.00±0.24 abA | 1.25±0.25 aAB | 1.00±0.17 abC | 1.50±0.23 aA |

现出随着温度的升高先增大后减小趋势,到 30 °C 时最大。瞬时攻击率(a')与温度(x)的关系呈抛物线趋势 $a' = 0.000 3x^2 - 0.007 3x + 0.349 (R^2=0.56)$ 。平均处理时间(Th)与温度(x)的关系抛物线趋势, $Th = -0.001 1x^2 + 0.067 3x - 0.719 8 (R^2=0.43)$,在 30 °C

时出现最高,35 °C 时出现下降。捕食效能呈现出随着温度的升高先升高后降低趋势,在 30 °C 时达到最高,这是因为高温影响了捕食螨活力。对比 Holling- II 模型与 Holling-III 模型拟合度可以看出,巴氏钝绥螨与普通大蓟马 2 龄若虫的关系更加符合

表 4 不同温度下巴氏钝绥螨对普通大蓟马 2 龄若虫捕食功能反应参数

| 温度/°C | Holling- II | | | Holling-III | | | | |
|-------|-------------|----------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------|----------------------------------|-------------------------------|-------|
| | 瞬时攻击率 a' | 平均处理时间/d | 捕食上限($1/Th$) / (头·d ⁻¹) | 捕食效(a'/Th) / (头·d ⁻¹) | R^2 | 捕食上限 a' / (头·d ⁻¹) | 最佳寻找密度 / (头·管 ⁻¹) | R^2 |
| 20 | 0.19 | 0.37 | 5.28 | 0.51 | 0.71 | 1.84 | 4.38 | 0.92 |
| 25 | 0.19 | 0.31 | 5.26 | 0.62 | 0.14 | 3.06 | 6.75 | 0.71 |
| 30 | 0.33 | 0.52 | 3.02 | 0.63 | 0.52 | 1.99 | 4.14 | 0.74 |
| 35 | 0.22 | 0.49 | 4.60 | 0.44 | 0.71 | 1.65 | 3.95 | 0.89 |

Holling-III 模型。

2.3 巴氏钝绥螨对普通大蓟马的搜寻效应

从图 1 可知,20、25、30、35 °C 下,随着 1 龄蓟马若虫密度的增加,巴氏钝绥螨搜寻效应基本无变化。在 1 龄蓟马若虫密度相同条件下搜寻效应随着温度的升高而升高。采用 SPSS 软件计算搜寻效应与温度、密度间的相关性,结果表明,搜寻效应与温度显著正相关,相关系数为 0.97,与密度无显著

相关,相关系数为-0.05。

从图 2 可知,20、25、30、35 °C 下,随着 2 龄蓟马幼虫密度的增加,巴氏钝绥螨搜寻效应基本无变化。在蓟马密度相同条件下搜寻效应随着温度的升高而升高。采用 SPSS 软件计算搜寻效应与温度、密度间的相关性,结果表明,搜寻效应与温度显著正相关,相关系数为 0.71,与密度相关不显著,相关系数为-0.04。

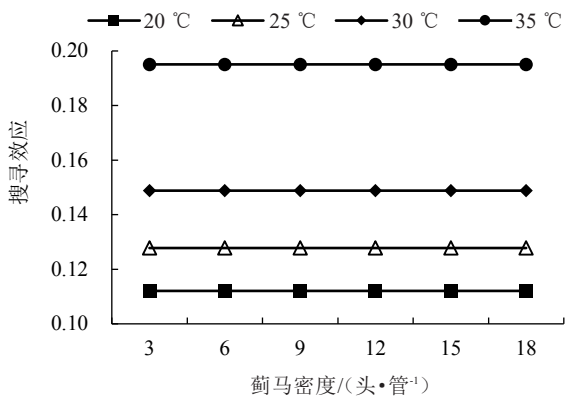


图1 不同温度下巴氏钝绥螨对不同密度普通大蓟1龄若虫搜寻效应

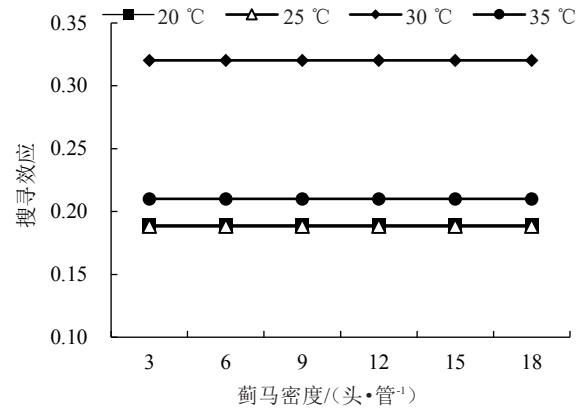


图2 不同温度下巴氏钝绥螨对不同密度普通大蓟2龄若虫搜寻效应

2.4 巴氏钝绥螨对普通大蓟马的捕食干扰效应

由表5、表6可以看出,不同密度巴氏钝绥螨对普通大蓟马2龄若虫的捕食干扰效有一定差异。在空间固定的情况下,无论是猎物密度随捕食螨密度增加,还是猎物密度不变的条件下,巴氏钝绥螨对普通大蓟马2龄若虫的捕食作用率均随着捕食螨数量

增加而逐渐减小。在猎物数固定捕食螨数量逐步增加的情况下,随着捕食螨数量增加分摊竞争强度呈增大的趋势,捕食螨数量为5头·管⁻¹时达到最高值。在猎物与捕食螨同比增加条件下,随着捕食螨数量增加,分摊竞争强度逐渐增大。这表明捕食螨之间的自我干扰效应随着捕食螨密度的增加而增强。

表5 猎物数固定条件下巴氏钝绥螨自身密度干扰效应和分摊竞争强度

| 捕食螨数量/(头·管 ⁻¹) | 蓟马密度/(头·管 ⁻¹) | 平均捕食量/头 | 捕食作用率 E | 分摊竞争强度 I | Hassell-Verley model | R ² |
|----------------------------|---------------------------|--------------|---------|----------|------------------------------|----------------|
| 1 | 50 | 4.42±0.48 b | 0.09 | 0.00 | E=0.084 1P ^{-0.708} | 0.956 9 |
| 2 | 50 | 4.83±0.89 b | 0.05 | 0.45 | | |
| 3 | 50 | 5.25±0.79 ab | 0.04 | 0.60 | | |
| 4 | 50 | 7.25±0.81 a | 0.04 | 0.59 | | |
| 5 | 50 | 6.58±0.67 ab | 0.03 | 0.70 | | |

注:值表示为均值±标准误,同列数字后不同小写字母表示在0.05水平差异显著。下同。

表6 猎物与捕食螨数同比增加条件下巴氏钝绥螨自身密度干扰效应和分摊竞争强度

| 捕食螨数量/(头·管 ⁻¹) | 蓟马密度/(头·管 ⁻¹) | 平均捕食量/头 | 捕食作用率 E | 分摊竞争强度 I | Hassell-Verley model | R ² |
|----------------------------|---------------------------|--------------|---------|----------|------------------------------|----------------|
| 1 | 10 | 5.75±0.92 a | 0.58 | 0.00 | E=0.612 6P ^{-2.907} | 0.994 2 |
| 2 | 20 | 3.25±0.62 b | 0.08 | 0.86 | | |
| 3 | 30 | 2.67±0.33 bc | 0.03 | 0.95 | | |
| 4 | 40 | 1.92±0.29 bc | 0.01 | 0.98 | | |
| 5 | 50 | 1.17±0.24 c | 0.004 | 1.00 | | |

2.5 豇豆田释放捕食螨对普通大蓟马的防治效果

由表7可以看出,绿色防虫网覆盖下释放不同密度捕食螨1次可以有效减缓普通大蓟马的暴发。随着释放巴氏钝绥螨的密度增加,其对普通大蓟马的防治效果也提高,3d时,巴氏钝绥螨释放密度为400头·m⁻²时对普通大蓟马的防效可达59.65%。5d时,最高防效为45.63%,7d时最高防效为22.33%,14d时巴氏顿绥螨已失去对蓟马种群数量的控制能力。因此,在田间释放捕食螨时,建议间隔7d释放一次以补充捕食螨数量,以达较好的防控蓟马效果。

为研究连续释放捕食螨对蓟马种群的调控效果,在豇豆始花期时连续2次释放捕食螨(0d与10d)并连续观察记录普通大蓟马的种群数量情况(图3)。其结果表明,未释放捕食螨与100头·m⁻²的处理组,蓟马种群数量随着时间变化快速增加,很快就增加到10头以上,已达到需要化学农药控制的阈值10头·花⁻¹,而200头·m⁻²与400头·m⁻²处理组蓟马种群数量在观察记录时间内,还未达到化学农药控制的阈值。这表明捕食螨对普通大蓟马的防控时间较长,因此,可以作为早期防控蓟马种群密度的一种绿色防控措施。

表7 防虫网覆盖下巴氏钝绥螨对普通大蓟马的田间防效

| 时间/d | 捕食螨密度/(头·m ⁻²) | | | | | | | |
|------|----------------------------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|
| | CK | | 100 | | 200 | | 400 | |
| | 虫口减退率/% | 校正防治效果/% | 虫口减退率/% | 校正防治效果/% | 虫口减退率/% | 校正防治效果/% | 虫口减退率/% | 校正防治效果/% |
| 3 | -147.83 | | -50.00 | 39.47 | -4.17 | 57.97 | 0.00 | 59.65 |
| 5 | -104.35 | | -61.11 | 21.16 | -45.83 | 28.63 | -11.11 | 45.63 |
| 7 | -121.74 | | -66.67 | 24.84 | -83.33 | 17.32 | -72.22 | 22.33 |
| 14 | -139.13 | | -311.11 | -71.92 | -200.00 | -25.45 | -161.11 | -9.19 |
| 21 | -234.78 | | -305.56 | -21.14 | -145.83 | 26.57 | -427.78 | -57.65 |

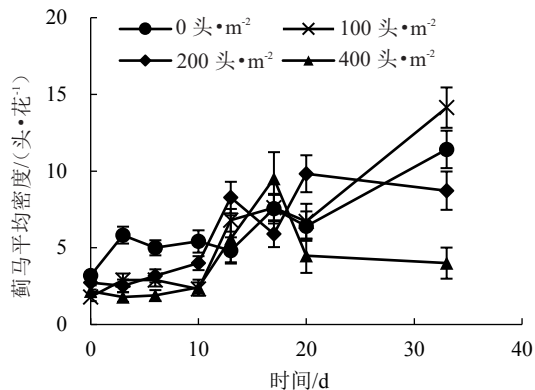


图3 豇豆田连续释放2次不同密度巴氏钝绥螨(0 d与10 d)对普通大蓟马种群的影响

3 讨论与结论

功能反应是描述每个捕食者的捕食量随着猎物密度变化而产生的一种反应,是评价捕食性天敌控害潜能的重要方法和途径,即捕食者对猎物的捕食效应。捕食者的捕食功能反应可分为I、II、III共3种类型,I型又称线性模型,II型又称凸型反应,是捕食性昆虫的主要反应类型,其最著名的即Holling-II型圆盘方程,III型又称“S型”,该型是由II型推导出来的^[22]。本研究结果表明,在室内条件下,巴氏钝绥螨对普通大蓟马若虫有较好的捕食能力,其捕食能力与蓟马密度、环境温度、自身密度有关。温度对巴氏钝绥螨捕食量影响显著,20~30℃范围内捕食1龄蓟马数量随着温度的升高而升高。黄建华等^[22]的研究表明,随着温度的升高,巴氏钝绥螨对烟蓟马的捕食量随温度上升而增加,该结果与本研究结果相同;尚素琴等^[23]的研究结果表明,巴氏钝绥螨对西花蓟马的日捕食量随着温度的升高而升高,该结果与本研究结果相同。蓟马密度变化也会影响巴氏钝绥螨对普通大蓟马若虫的捕食量,捕食量随着蓟马密度的增加而升高,该结果与周炆等^[24]报道的随着茶黄蓟马密度增加,巴氏钝绥

螨的日食量也增加的结果相同。本试验中分别采用Holling-II模型与Holling-III模型去拟合巴氏钝绥螨与普通大蓟马若虫的关系,结果表明,Holling-III模型的拟合度高于Holling-II模型的拟合度。而王蔓等^[25]的研究表明巴氏钝绥螨对二斑叶螨的捕食功能属于Holling-II模型,该结果与本研究结果不同。这是因为Holling-II模型是建立在天敌的食欲和食量无限的条件下,而实际情况是,捕食螨的捕食量跟食欲是存在阈值的,因此,Holling-III模型更加符合巴氏钝绥螨-普通大蓟马若虫的关系。巴氏钝绥螨的搜寻效应主要受蓟马密度与温度的影响,与温度呈显著正相关,与密度呈负相关。

巴氏钝绥螨在捕食普通大蓟马过程中,个体间存在干扰反应,且自身密度越大干扰也越大,每头捕食螨的捕食作用率越低,该结果与黄建华等^[22]的研究结果相同。因此,在田间释放捕食螨防治豇豆蓟马时需要控制捕食螨的密度,不宜过高。在本研究试验中,田间释放捕食螨密度为400头·m⁻²时,对3 d时对普通大蓟马的防控效果可达59.65%。因此,在田间可选择连续释放400头·m⁻²捕食螨来防控豇豆蓟马,以减少农药使用次数及使用量。王克功等^[26]的研究则表明,巴氏钝绥螨对麦田麦蜘蛛的防效高达95.19%,与本研究结果的59.65%差异较大的原因可能是小麦植株较矮且麦蜘蛛无飞行能力,因此防治效果更好。

综上所述,巴氏钝绥螨适合作为豇豆上普通大蓟马的天敌,对普通大蓟马有较好的控害潜能,可以有效降低农药使用量及使用次数。连续释放400头·m⁻²捕食螨2次,可有效控制蓟马种群数量,33 d内仍可以将蓟马控制在10头·花⁻¹以下。

参考文献

- [1] 孔祥义,肖春雷,刘勇,等.5种药剂对蓟马的室内毒力测定及防治效果研究[J].广东农业科学,2012,39(20):70-72.
- [2] 黄伟康,孔祥义,柯用春,等.普通大蓟马的研究进展[J].中国蔬菜,2018(2):21-27.

- [3] TANG L D, ZHAO H Y, FU B L, et al. Colored sticky traps to selectively survey thrips in cowpea ecosystem[J]. *Neotropical Entomology*, 2016, 45(1):96-101.
- [4] 云天海, 肖日新, 吴月燕, 等. 蓝板诱杀技术在豇豆蓟马防控上的应用[J]. *中国蔬菜*, 2012(5):32.
- [5] 罗丰, 袁廷庆, 柯用春, 等. 不同颜色防虫网对豇豆生长特性、产量及蓟马发生量的影响[J]. *南方农业学报*, 2014, 45(9):1584-1588.
- [6] 张瑞敏, 付步礼, 邱海燕, 等. 防虫网对豇豆主要害虫的阻隔作用研究[J]. *中国植保导刊*, 2015, 35(11):36-38.
- [7] 肖春雷, 刘勇, 吴青君, 等. 不同药剂对三亚地区豇豆上普通大蓟马的毒力[J]. *植物保护*, 2014, 40(6):164-166.
- [8] 刘暮莲, 黄向荣, 马德发, 等. 几种药剂对豇豆蓟马的田间防效试验[J]. *广西植保*, 2015, 28(3):19-21.
- [9] 唐良德, 赵海燕, 付步礼, 等. 海南地区豇豆大蓟马田间种群的抗药性监测[J]. *环境昆虫学报*, 2016, 38(5):1032-1037.
- [10] 唐良德, 王晓双, 赵海燕, 等. 大草蛉幼虫捕食豇豆大蓟马和豆蚜的功能反应及生长发育[J]. *中国生物防治学报*, 2017, 33(1):49-55.
- [11] CHANG N T. *Ceranisis menes* (Walker) (Eulophidae: Hymenoptera), a new parasite of bean flower thrips, *Megalurothrips usitatus* (Bagnall) (Thripidae: Thysanoptera)[J]. *Plant Protection Bulletin*, 1990, 32(3):237-238.
- [12] 李盼, 朱津贤, 莫小娜, 等. 六斑月瓢虫对普通大蓟马的捕食功能反应[J]. *中国生物防治学报*, 2022, 38(1):140-148.
- [13] 江高飞, 陈飞, 李晓娇, 等. 巴氏新小绥螨的研究进展[J]. *中国南方果树*, 2012, 41(2):36-40.
- [14] 贾勇. 巴氏钝绥螨和胡瓜钝绥螨控制柑橘害螨对比试验[J]. *四川农业科技*, 2018(4):33-34.
- [15] 裴强, 冯春刚, 陈力, 等. 巴氏钝绥螨防控柑橘全爪螨应用效果[J]. *中国植保导刊*, 2014, 34(11):33-36.
- [16] 张超, 侯峥嵘, 张桂娟, 等. 巴氏新小绥螨防治温室辣椒蓟马效果评价[J]. *生物技术进展*, 2016, 6(4):299-302.
- [17] 吴伟南, 方小端, 刘慧, 等. 利用巴氏钝绥螨控制番木瓜皮氏叶螨的研究[J]. *中国南方果树*, 2008, 37(1):50-52.
- [18] 汪淮, 王晓庆, 彭萍, 等. 巴氏钝绥螨对茶跗线螨的田间控制效果[J]. *南方农业*, 2014, 8(31):14-15.
- [19] 程成, 江俊起, 夏晓飞, 等. 释放捕食螨对温室番茄上烟粉虱数量的影响[J]. *安徽农业大学学报*, 2014, 41(4):685-689.
- [20] 王恩东, 吴圣勇, 吕佳乐, 等. 释放巴氏新小绥螨防治温室大棚番茄上的烟粉虱[J]. *植物保护*, 2020, 46(4):234-238.
- [21] 杨思华, 李曼, 陈淳, 等. 巴氏新小绥螨对水稻干尖线虫控制能力的评估[J]. *中国生物防治学报*, 2021, 37(3):472-479.
- [22] 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.
- [23] 尚素琴, 刘平, 张新虎. 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[J]. *植物保护*, 2016, 42(3):141-144.
- [24] 周炆, 陈俊谕, 蔡笃程, 等. 巴氏新小绥螨对芒果茶黄蓟马的功能反应研究[J]. *热带作物学报*, 2020, 41(5):1001-1006.
- [25] 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.
- [26] 王克功, 王睿. 巴氏新小绥螨对晋南麦田蜘蛛的防治效果[J]. *山西农业科学*, 2020, 48(8):1295-1297.