

东亚小花蝽若虫对西花蓟马若虫的捕食作用

张安盛 于 毅 门兴元 李丽莉

(山东省农业科学院植物保护研究所, 济南 250100)

摘要: 在室内条件下进行东亚小花蝽2、4龄若虫对西花蓟马若虫的捕食功能反应与搜寻效应试验。结果表明:在供试温度下,其捕食功能反应均符合Holling II型方程;相同温度下,东亚小花蝽若虫的捕食量随猎物密度的增加而增加,而搜寻效应随之降低。相同猎物密度条件下,18~26℃之间,随着温度的升高,东亚小花蝽若虫对西花蓟马若虫的捕食量增加、搜寻效应增强;而在26~30℃之间,趋势相反。26℃时,东亚小花蝽2、4龄若虫日捕食量最大,捕食上限分别达18.2头和38.2头;处置1头猎物所需时间(T_h)最低,分别为0.0549天和0.0262天;瞬时攻击率(a)最高,分别为1.0574和1.3665。东亚小花蝽2、4龄若虫捕食作用率与其密度的关系分别为 $E = 0.4034P^{-0.6669}$ 和 $E = 0.3851P^{-0.4767}$;分摊竞争强度与其密度的关系分别为 $I = 1.0167\lg P + 0.0172$ 和 $I = 0.8088\lg P + 0.0142$ 。

关键词: 东亚小花蝽; 西花蓟马; 捕食作用

Predation of *Orius sauteri* nymphs on *Frankliniella occidentalis* nymphs

Zhang Ansheng Yu Yi Men Xingyuan Li Lili

(Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences,
Jinan 250100, Shandong Province, China)

Abstract: Functional response and searching efficacy of the 2nd and 4th instar *Orius sauteri* nymphs on *Frankliniella occidentalis* nymphs were evaluated under laboratory conditions. The functional response could be described with Holling II equation within the range of tested temperatures. At the same temperature, predation capacity of *O. sauteri* nymph on *F. occidentalis* nymphs increased with the increasing density of *F. occidentalis* nymphs, while searching efficacy decreased. At same prey density, predation capacity and searching efficacy of *O. sauteri* nymph increased with the increase of temperature at 18–26℃, however decreased at 26–30℃. At 26℃, predation number of 2nd and 4th instar *O. sauteri* was the highest, which was 18.2 and 38.2, respectively; T_h was the lowest, which was 0.0549 d and 0.0262 d, respectively; a was the highest, which was 1.0574 and 1.3665, respectively. The relationship between predation ratio (E) and density of the *O. sauteri* nymph (P) was described by equation of $E = 0.4034P^{-0.6669}$ and $E = 0.3851P^{-0.4767}$, respectively. The relationship between intensity of scrambling competition (I) and the density of the *O. sauteri* nymph (P) was $I = 1.0167\lg P + 0.0172$ and $I = 0.8088\lg P + 0.0142$, respectively.

Key words: *Orius sauteri*; *Frankliniella occidentalis*; predation

西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* 亦称苜蓿蓟马,属缨翅目 Thysanoptera、蓟马科 Thripidae,是一种

世界性危险害虫。该害虫起源于北美洲,目前已经在69个国家和地区发生^[1]。西花蓟马在我国的潜

基金项目:山东省自然科学基金项目(Y2007D68),国家基础研究发展计划(2002CB111400)

作者简介:张安盛,男,1971年生,副研究员,主要从事害虫生物防治研究, email: zhangansheng2003@163.com

收稿日期:2007-12-15

在适宜定居区分布于 20 多个省、自治区、直辖市^[2], 现已在北京、云南、浙江、山东等省多种作物上发生危害^[1, 3-4], 被列为我国重要检疫对象。西花蓟马可危害 50 多科的 500 多种植物, 并传播多种病毒, 严重影响作物的产量及质量^[1]。

国外对西花蓟马研究较多, 主要在生物学习性、田间发生规律、化学防治技术和利用自然天敌控制其危害等方面^[5-9]。国内仅对其鉴定技术、主要生物学习性、潜在地理分布、田间动态分布以及防治技术等进行了初步研究^[2, 10-16], 而关于自然天敌对西花蓟马控制作用研究较少, 仅见东亚小花蝽 *Orius sauteri* 成虫、中华草蛉 *Chrysopa sinica*、胡瓜钝绥螨 *Amblyseius cucumeris* 对其捕食作用的研究^[17-20]。

西花蓟马个体小、繁殖力强、扩散速度快, 且具有隐匿性, 充分发挥当地自然天敌的作用, 是对西花蓟马进行有效控制的重要手段。张安盛等^[17-18]研究表明, 东亚小花蝽成虫对西花蓟马具有较强的捕食潜能, 但有关其若虫的捕食作用未见报道。作者研究东亚小花蝽若虫对西花蓟马的捕食作用, 以期全面评估东亚小花蝽的控害作用, 合理制定西花蓟马防控技术体系。

1 材料与方法

1.1 主要仪器设备

HPG-280H 型光照培养箱; 微型养虫器, 由一次性塑料注射器改造而成, 直径 1.9 cm, 长 9.2 cm; 指形管, 直径 0.8 cm, 长 6.0 cm; 糖果瓶, 平均直径 12.2 cm, 高 17.1 cm; 封口膜。

1.2 供试虫源

西花蓟马由中国农业科学院蔬菜花卉研究所提供, 于室内糖果瓶中用芸豆饲喂并建立稳定种群, 选择 2~3 龄若虫作供试猎物。

东亚小花蝽采自山东省农业科学院试验农场, 于室内糖果瓶中用桃蚜 *Myzus persicae* 饲喂并建立稳定种群。以芸豆作东亚小花蝽成虫的产卵寄主, 每 6 h 更换一次。将有卵芸豆集中放入糖果瓶, 并置于 26 ± 0.5 °C、相对湿度 $(65 \pm 3)\%$ 的光照培养箱中, 若虫孵化后用西花蓟马饲喂, 待其发育至 2、4 龄时, 单头移入指形管中, 饥饿 24 h 作为供试天敌。

1.3 试验方法

1.3.1 不同温度下东亚小花蝽若虫对西花蓟马若虫的捕食功能反应

试验在 4 台光照培养箱中进行, 供试温度分别

为 18、22、26、 30 ± 0.5 °C, 相对湿度均为 $(65 \pm 3)\%$ 。在各试验温度下, 将西花蓟马若虫吸入微型养虫器中, 东亚小花蝽 2 龄若虫捕食功能反应设 3、6、9、12、15 头蓟马若虫/养虫器, 共 5 个密度处理; 东亚小花蝽 4 龄若虫捕食功能反应设 10、15、20、30、40、50 头蓟马若虫/养虫器, 共 6 个密度处理。每养虫器放入 1 片 $1.0 \text{ cm} \times 0.5 \text{ cm} \times 0.2 \text{ cm}$ 的芸豆片, 接入 1 头相应龄期东亚小花蝽若虫, 最后用封口膜将微型养虫器端口封住, 每密度处理重复 4 次。24 h 后检查西花蓟马若虫残存数量。

1.3.2 东亚小花蝽若虫捕食西花蓟马若虫的种内干扰

试验在光照培养箱中进行, 供试温度 26 ± 0.5 °C, 相对湿度为 $(65 \pm 3)\%$ 。将西花蓟马若虫吸入微型养虫器, 东亚小花蝽 2 龄若虫处理每养虫器吸入蓟马若虫 30 头, 4 龄若虫处理每养虫器吸入蓟马若虫 90 头, 同时放入 1 片 $1.0 \text{ cm} \times 0.5 \text{ cm} \times 0.2 \text{ cm}$ 的芸豆片, 分别接入 1、2、3 或 4 头相应待测龄期的东亚小花蝽若虫, 最后用封口膜将微型养虫器封口, 每密度处理重复 4 次。24 h 后检查西花蓟马若虫残存数量。

1.4 试验数据处理

$$\text{功能反应}^{[21]}: 1/N_a = (1/a) \times (1/N) + T_h \quad (1)$$

$$\text{搜寻效应估计}^{[21]}: S = a/(1 + aT_h N) \quad (2)$$

$$\text{干扰反应}^{[21]}: E = QP^{-m} [E = N_a/(N \times P)] \quad (3)$$

$$\text{分摊竞争强度}^{[22]}: I = (E_1 - E_p)/E_1 \quad (4)$$

其中: N_a 为被捕食猎物数量, N 为供试猎物密度, a 为瞬时攻击率, T_h 为处置 1 头猎物所需时间, S 为搜寻效应, E 为捕食作用率, E_1 为 1 头天敌的捕食作用率, E_p 为天敌密度为 P 的捕食作用率, Q 为搜寻常数, P 为天敌密度, m 为干扰常数, I 为天敌分摊竞争强度。

2 结果与分析

2.1 对西花蓟马若虫的捕食功能反应

在相同温度下, 东亚小花蝽 2、4 龄若虫对西花蓟马若虫的捕食量均随猎物密度的增加而增加, 当猎物密度增加到一定限度后, 天敌捕食量增加的速度减慢。天敌捕食量随猎物密度增加的幅度, 以 26 °C 时最大, 18 °C 时最小, 22、30 °C 相近。当猎物密度相同时, 天敌捕食量在 18~26 °C 范围内随温度的升高逐渐增加, 至 30 °C 时有减少趋势 (图 1)。

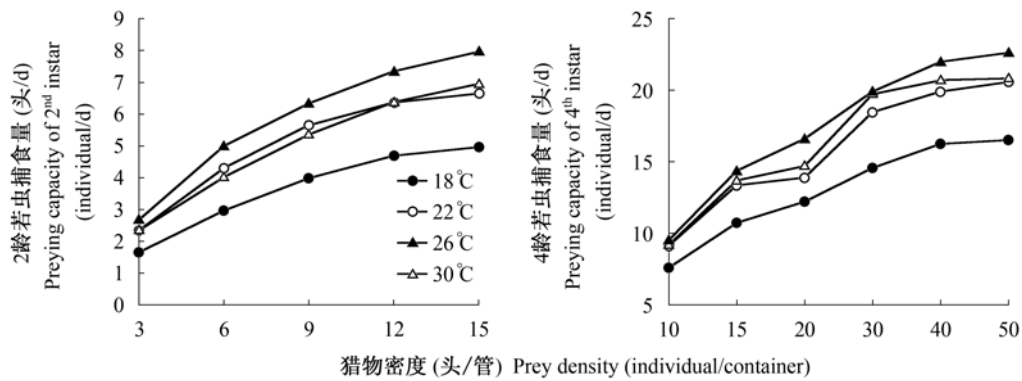


图1 不同温度下东亚小花蝽若虫对西花蓟马若虫的捕食量

Fig.1 Preying capacity of *O. sauteri* nymphs on *F. occidentalis* nymphs at different temperatures

根据公式1 计算得到不同温度下东亚小花蝽2、4 龄若虫捕食西花蓟马若虫的功能反应方程及其参数。各方程的相关系数 R 值高达0.9999~0.9861, 表明各温度条件下天敌捕食量与猎物密度显著相关; X^2 值为0.2967~0.0018, 分别远低于 $X^2_{0.01,3}$ (11.34) 和 $X^2_{0.01,4}$ (13.28), 表明理论捕食量与实际捕食量高度吻合。在设定温度范围内,东亚小花蝽

2 龄和4 龄若虫处理1 头西花蓟马若虫所需的时间 T_h 以26℃时最短,分别为0.0549 天和0.0262 天,18℃时最长,分别为0.0873 天和0.0392 天;瞬间攻击率以26℃时最大,分别为1.0574 和1.3665,18℃时最小,分别为0.6556 和1.1362;捕食上限以26℃时最大,分别为18.2 头和38.2 头,18℃时最小,分别为11.5 头和25.5 头(表1)。

表1 不同温度下东亚小花蝽若虫对西花蓟马若虫的捕食功能反应

Table 1 Functional response of *O. sauteri* nymphs on *F. occidentalis* nymphs at different temperatures

虫龄 Instar	温度(℃) Temperature	功能反应方程 Functional response equation	R	T_h (d)	a	捕食上限(头/d) Maximal predation (individual/d)	X^2
2 龄 2 nd instar	18	$1/N_a = 1.5254/N + 0.0873$	0.9988	0.0873	0.6556	11.5	0.0208
	22	$1/N_a = 1.0691/N + 0.0660$	0.9958	0.0660	0.9354	15.2	0.0808
	26	$1/N_a = 0.9457/N + 0.0549$	0.9971	0.0549	1.0574	18.2	0.0498
	30	$1/N_a = 1.0784/N + 0.0692$	0.9999	0.0692	0.9273	14.5	0.0018
4 龄 4 th instar	18	$1/N_a = 0.8801/N + 0.0392$	0.9942	0.0392	1.1362	25.5	0.0832
	22	$1/N_a = 0.7757/N + 0.0301$	0.9861	0.0301	1.2892	33.2	0.2377
	26	$1/N_a = 0.7318/N + 0.0262$	0.9874	0.0262	1.3665	38.2	0.2729
	30	$1/N_a = 0.7471/N + 0.0292$	0.9886	0.0292	1.3385	34.3	0.2967

2.2 对西花蓟马若虫的搜寻效应估计

根据公式2 计算东亚小花蝽2、4 龄若虫对西花蓟马若虫的搜寻效应。在相同温度下,东亚小花蝽2、4 龄若虫对西花蓟马若虫的搜寻效应随猎物密度的增加而降低。当西花蓟马若虫密度相同时,其搜寻效应在26℃时最高,18℃时最低,22℃与30℃时相近;在18~26℃范围内东亚小花蝽若虫搜寻效应随温度的升高而增强,至30℃时有减弱的趋势(图2)。

2.3 对西花蓟马若虫捕食作用的种内干扰

根据公式3 计算东亚小花蝽2、4 龄若虫对西花

蓟马若虫的捕食作用率(表2)。随着自身密度的增加,东亚小花蝽若虫对西花蓟马若虫的平均日捕食量逐渐减少,捕食作用率逐渐降低。在捕食西花蓟马若虫过程中,东亚小花蝽2 龄和4 龄若虫的自我干扰方程分别为 $E = 0.4034P^{-0.6669}$ 和 $E = 0.3851P^{-0.4767}$, 其相关系数均为0.9984, 表明捕食作用率与天敌密度显著相关; X^2 值分别为0.0004 和0.0002, 远低于 $X^2_{0.01,2}$ (9.21)。因此,上述模型可用来描述东亚小花蝽2、4 龄若虫捕食西花蓟马若虫过程中的自我干扰情况。

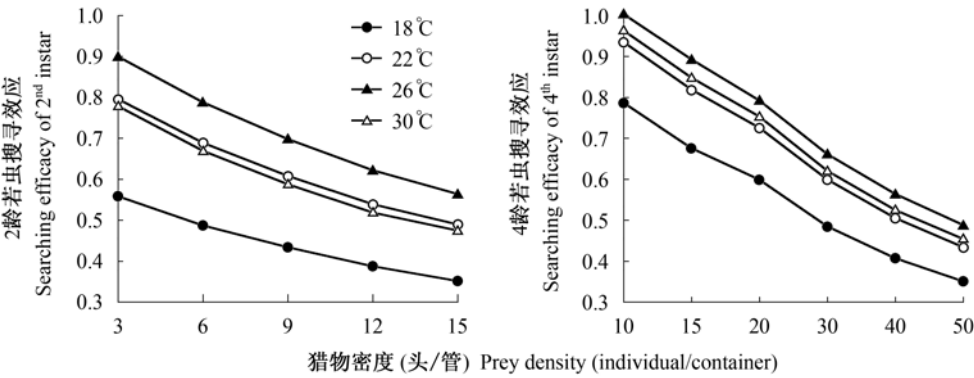


图 2 不同温度下东亚小花蝽若虫搜寻效应与西花蓟马若虫密度的关系
Fig. 2 Relationship between searching efficacy of *O. sauteri* nymphs and density of *F. occidentalis* nymphs at different temperatures

表 2 东亚小花蝽若虫对西花蓟马若虫捕食作用率和分摊竞争强度

Table 2 Predation rate and intensity of scrambling competition of *O. sauteri* nymphs on *F. occidentalis* nymphs

虫龄 Instar	密度 (头/养虫器) Density (individual /container)	日捕食量 (头/d) Preying capacity (individual/d)	捕食作用率 Predation ratio	分摊竞争强度 Intensity of scrambling competition
2 龄 2 nd instar	1	12.0	0.4000	0.0000
	2	7.8	0.2611	0.3472
	3	5.7	0.1889	0.5278
	4	4.8	0.1611	0.5972
4 龄 4 th instar	1	34.7	0.3852	0.0000
	2	24.7	0.2741	0.2885
	3	21.0	0.2333	0.3942
	4	17.7	0.1963	0.4904

利用公式 4 计算东亚小花蝽 2、4 龄若虫捕食西花蓟马若虫的分摊竞争强度参数(表 2)。东亚小花蝽 2 龄或 4 龄若虫捕食西花蓟马若虫时彼此间的竞争均为分摊竞争,2 龄若虫 I 与 $\lg P$ 之间关系式为 $I = 1.0167 \lg P + 0.0172$,4 龄若虫 I 与 $\lg P$ 之间关系式为 $I = 0.8088 \lg P + 0.0142$,其相关系数分别为 0.9940、0.9952,表明两者显著相关; X^2 值分别为 0.0219、0.0182,远低于 $X^2_{0.01,2}(9.21)$,表明上述模型能够较好地描述东亚小花蝽 2、4 龄若虫捕食西花蓟马若虫过程中的分摊竞争情况。

3 讨论

西花蓟马已经在我国定居并蔓延,对我国多种作物造成较大危害^[3-4]。充分发挥本土天敌资源的作用,是建立西花蓟马防控体系的重要环节。国外多种小花蝽如 *Orius laevigatus*、*O. majusculus*、*O. armatus*、*O. heteroriosus*、*O. tantillus*、*O. insidiosus* 被广泛用于防治西花蓟马^[1],而对东亚小花蝽的应用相对

较少。Xu 等^[9]研究表明,*O. insidiosus* 对西花蓟马具有较强的捕食潜能,单头小花蝽捕食量达 62.5 ~ 67.7 头;张安盛等^[17-18]研究表明,东亚小花蝽成虫在 26℃ 条件下,对西花蓟马成虫理论日捕食量达 51.3 头,对西花蓟马若虫理论日捕食量达 163.9 头。本试验中相同条件下东亚小花蝽 2 龄若虫对西花蓟马若虫的理论日捕食量为 18.2 头,4 龄若虫为 38.2 头,表明东亚小花蝽若虫对西花蓟马若虫亦有很强的捕食潜能。

搜寻效应是捕食者在捕食过程中对寄主攻击的一种行为效应。本研究结果表明,随着自身密度的增大,东亚小花蝽若虫对西花蓟马若虫的平均捕食量逐渐减少,捕食作用率逐渐降低,个体间存在分摊竞争。这与东亚小花蝽成虫对西花蓟马捕食作用的研究结果一致^[17-18]。

温度是影响害虫生物防治的重要因子,研究不同温度条件下东亚小花蝽若虫对西花蓟马若虫的捕食功能反应,有利于根据田间温度的变化预测东亚

小花蝽若虫对西花蓟马若虫的控制潜能。西花蓟马最适宜发育温度为 $19 \sim 28^{\circ}\text{C}$ [12], 本研究结果表明东亚小花蝽若虫在此温度范围内对西花蓟马若虫有较强的捕食潜能。本试验是在室内限定条件下进行的, 而在自然界中捕食性天敌的捕食能力还受湿度、光周期等多种因子的影响, 这些因子对东亚小花蝽捕食西花蓟马的影响还有待深入研究。

近年来, 随着温室大棚栽培面积的扩大, 温室中西花蓟马的发生也越来越严重。温室气候条件稳定, 可以人工控制, 如果创造有利于东亚小花蝽种群发展和控害效果的条件并在西花蓟马发生时释放, 不仅可以控制西花蓟马的发生, 还有利于东亚小花蝽的繁殖。在此基础上, 可进一步研究田间条件下东亚小花蝽对西花蓟马的控害效果和影响因子。

参 考 文 献 (References)

- [1] 吴青君, 张友军, 徐宝云, 等. 入侵害虫西花蓟马的生物学、危害及防治技术. 昆虫知识, 2005, 42(1): 11–14
- [2] 程俊峰, 万方浩, 郭建英. 入侵昆虫西花蓟马的潜在适生区分析. 昆虫学报, 2006, 49(3): 438–446
- [3] 吴青君, 徐宝云, 张治军, 等. 京、浙、滇地区植物蓟马种类及其分布调查. 中国植保导刊, 2007, 27(1): 32–34
- [4] 郑长英, 刘云虹, 张乃芹, 等. 山东省发现外来入侵有害生物——西花蓟马. 青岛农业大学学报(自然科学版), 2007, 24(3): 172–174
- [5] Ishida H, Murai T, Sonoda S, et al. Effects of temperature and photoperiod on development and oviposition of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). Applied Entomology and Zoology, 2003, 38(1): 65–68
- [6] Pearsall I A, Myers J H. Population dynamics of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) in nectarine orchards in British Columbia. Journal of Economic Entomology, 2000, 93(2): 264–275
- [7] Seaton K A, Cook D F, Hardie D C. The effectiveness of a range of insecticides against western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) (Thysanoptera: Thripidae) on cut flowers. Australian Journal of Agricultural Research, 1997, 48(6): 781–788
- [8] Arthurs S, Heinz K M. Evaluation of the nematodes *Steinernema feltiae* and *Thripinema nicklewoodi* as biological control agents of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* infesting chrysanthemum. Biocontrol Science and Technology, 2006, 16(1–2): 141–155
- [9] Xu X, Borgemeister C, Poehling H M. Interactions in the biological control of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) and two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch by the predatory bug *Orius insidiosus* Say on beans. Biological Control, 2006, 36(1): 57–64
- [10] 游中华, 路虹, 张宪省, 等. 入侵害虫西花蓟马及其他 8 种常见蓟马的分子鉴定. 昆虫学报, 2007, 50(7): 720–726
- [11] 刘宁, 任立, 张润志, 等. 西花蓟马的鉴别及其与近缘种的区别. 昆虫知识, 2005, 42(3): 345–347
- [12] 李景柱, 邹军锐, 袁成明, 等. 温度对西花蓟马生长发育的影响. 贵州农业科学, 2007(5): 13–14
- [13] 乔凤霞, 雀春平, 刘忠善, 等. 烟草植株不同部位上西花蓟马的动态分布调查. 江西农业学报, 2007, 19(9): 65–66
- [14] 乔凤霞, 刘忠善, 丁元明, 等. 3 种茄科类作物花期西花蓟马种群调查. 江西农业学报, 2007, 19(3): 37–38
- [15] 肖长坤, 郑建秋, 师迎春, 等. 西花蓟马对不同颜色粘卡的嗜好及其诱虫效果. 植物检疫, 2007, 21(3): 155–157
- [16] 肖长坤, 郑建秋, 师迎春, 等. 防治西花蓟马药剂筛选试验. 植物检疫, 2006, 20(1): 20–22
- [17] 张安盛, 于毅, 李丽莉, 等. 东亚小花蝽 (*Orius sauteri*) 成虫对入侵害虫西花蓟马 (*Frankliniella occidentalis*) 成虫的捕食作用. 生态学报, 2007, 27(5): 1903–1909
- [18] 张安盛, 于毅, 李丽莉, 等. 东亚小花蝽成虫对西花蓟马若虫的捕食功能反应与搜寻效应. 生态学杂志, 2007, 26(8): 1233–1237
- [19] 张安盛, 李丽莉, 于毅, 等. 中华草蛉幼虫对西花蓟马若虫的捕食功能反应与搜寻效应. 植物保护学报, 2007, 34(3): 247–251
- [20] 邹军锐, 任顺祥. 胡瓜钝绥螨对西花蓟马的功能反应和数值反应. 华南农业大学学报, 2006, 27(3): 35–38
- [21] 丁岩钦. 昆虫数学生态学. 北京: 科学出版社, 1994: 257–258, 303–304
- [22] 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. 应用生态学报, 1996, 7(2): 197–200