

南方小花蝽在不同试验空间对西花蓟马的捕食及搜寻效应

蒋兴川*, 桂富荣*, 陈 斌, 李志华, 穆静娟, 李正跃

云南农业大学植物保护学院, 农业生物多样性与病虫害控制教育部重点实验室, 云南 昆明 650201

摘要:【背景】南方小花蝽是一类很有利用前景的捕食性天敌,而有关其在不同捕食空间下对我国局部地区暴发成灾的重要入侵害虫西花蓟马捕食控制效能的研究较少。【方法】在实验室条件下比较研究了南方小花蝽成虫在不同试验空间对西花蓟马成虫、若虫的捕食选择性、捕食功能反应与搜寻效应。【结果】南方小花蝽成虫对西花蓟马若虫的捕食选择性强于成虫;在相同的试验空间,南方小花蝽成虫的日均捕食量随猎物数量的增加而增大,其对西花蓟马成虫和若虫的捕食量在猎物数量为每指形管中 60 头时最大,分别为 15.90 和 19.30 头;而搜寻效应随猎物数量的增加而降低。在各供试条件下,捕食功能反应均符合 Holling II 型方程;南方小花蝽成虫在小饲养容器中对西花蓟马若虫的瞬时攻击率最大,为 1.2794;而在大饲养容器中对西花蓟马成虫的瞬时攻击率最小,仅为 0.3506,其处理 1 头西花蓟马成虫的时间约需 0.0402 d,而处理 1 头若虫的时间仅需 0.0242 d。在相同的猎物数量下,南方小花蝽成虫在大饲养容器中对西花蓟马的日均捕食量均低于其在小饲养容器中对西花蓟马的日均捕食量。【结论与意义】南方小花蝽对西花蓟马有很强的捕食效能,对西花蓟马的种群消长具有一定控制作用。本研究旨在为应用南方小花蝽防治西花蓟马积累资料,同时为西花蓟马的综合治理奠定理论基础。

关键词: 西花蓟马; 南方小花蝽; 捕食选择性; 功能反应; 搜寻效应

Prey preference and searching efficiency of *Orius similis* on *Frankliniella occidentalis* in different experimental space

Xing-chuan JIANG*, Fu-rong GUI*, Bin CHEN, Zhi-hua LI, Jing-juan MU, Zheng-yue LI

Key Laboratory for Agricultural Biodiversity and Pest Management of Ministry of Education, College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201, China

Abstract: 【Background】*Orius similis* Zheng is a predatory natural enemy of many insect pests and has significant exploitation and utilization potential. There are, however, very few studies on its efficiency and control effects on the invasive insect pest, the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Perganda), thus limitings its use as a biological control agent. 【Method】Prey preference, functional response and searching efficiency of *O. similis* adults on adults and nymphs of *F. occidentalis* in different experimental spatial arrangements were studied in the laboratory. 【Result】Adults of *O. similis* preferred nymphs to adults of *F. occidentalis*. At the same experimental space, the number of daily prey consumption increased with increasing the prey density at 60 prey individuals per finger tube, the maximum consumption number of *O. similis* adult for the adult and nymph of *F. occidentalis* were 15.9 adults and 19.3 nymphs of the prey, respectively. However, the searching efficiency of *O. similis* adult decreased with increasing density of *F. occidentalis*. The functional response of *O. similis* adults could be described by a type II Holling equation. The instantaneous attack rate of *O. similis* adult to nymphs of *F. occidentalis* was 1.2794 in small rearing bottle, whereas the instantaneous attack rate of *O. similis* adult to adult of *F. occidentalis* is only 0.3506 in large rearing bottle; the shortest time for a *O. similis* adult to treat with a *F. occidentalis* nymph is 0.0242 d, whereas it need 0.0402 d for treating with a *F. occidentalis* adult. In the same density

收稿日期:2011-11-03 接受日期:2011-12-15
基金项目:国家自然科学基金项目(30860069);973 计划项目(2011CB100404、2009CB119200);云南省高校科技创新团队支持计划(IRTSTYN)
作者简介:蒋兴川(1986-),男,博士研究生。研究方向:农业昆虫与害虫防治。E-mail:jiangxingchuan@yahoo.com.cn
桂富荣(1973-),男,教授,博士。研究方向:外来生物入侵。E-mail:guifr@ynau.edu.cn
通讯作者(Author for correspondence):李正跃,E-mail:lizhengyue@263.net
* 同等贡献作者(The two authors contributed equally to this work)

of *F. occidentalis*, the average number of daily prey consumption of *O. similis* adults in large rearing bottle was lower than those in small rearing bottle. 【Conclusion and significance】 *O. similis* has strong prey efficiency on *F. occidentalis* and has control effect on the western flower thrips. This study aims to accumulate data for biological control of *F. occidentalis*, and laid a foundation for Integrated Pest Management of *F. occidentalis*.

Key words: *Frankliniella occidentalis*; *Orius similis*; prey preference; functional response; searching efficiency

西花蓟马 (western flower thrips) *Frankliniella occidentalis* (Perganda) 属缨翅目 Thysanoptera 蓟马科 Thripidae 花蓟马属, 是一种世界性检疫害虫 (吴青君等, 2005)。该虫起源于美国和加拿大的西部地区 (Gerin *et al.*, 1994), 目前已传播至欧洲、亚洲、非洲、大洋洲、中美和南美洲的 69 个国家和地区 (Kirk & Terry, 2003)。我国于 2003 年 6 月在北京近郊的辣椒大棚里首次发现西花蓟马 (张友军等, 2003); 随后, 北京、云南、浙江、山东等地也有西花蓟马危害农作物的报道 (吴青君等, 2007); 相关研究显示, 西花蓟马在我国的广东、海南、安徽、福建、江苏、山东、广西、贵州、河南、湖北、陕西、四川、云南、重庆等省 (市) 具有广泛的适生区 (程俊峰等, 2006), 且对极端温度的适应性较强 (盖海涛等, 2010)。蒋兴川等 (2011b) 对田间辣椒植株上西花蓟马的调查显示, 其成虫和若虫均喜欢在辣椒花朵上聚集取食。该虫食性杂, 可取食约 66 科 500 多种植物, 还可传播植物病毒, 造成严重的经济损失 (吴青君等, 2005; Riley & Pappu, 2004; Sampson & Jacobson, 1999)。在室内条件下分别用辣椒、四季豆和茼蒿的叶片、花朵及果实饲养西花蓟马, 发现其最嗜好的寄主为茼蒿花朵 (蒋兴川等, 2011a)。

西花蓟马个体小, 易隐藏, 繁殖快, 抗药性强, 1 种药剂或 1 次喷药很难将其各个虫态全部或大部分杀死, 多次或高浓度用药又容易使其产生抗药性 (雷仲仁等, 2004), 从而导致一般的化学防治方法很难对其奏效。目前, 国内外已将合理利用当地天敌对其进行生物防治作为研究重点 (孙晓会等, 2009; 张安盛等, 2007a、2007b; Williams, 2001)。在自然界, 西花蓟马的天敌种类很多, 捕食性天敌有草蛉 *Chrysopa perla* L.、捕食性螨、捕食性蝽等 (Ananthakrishnan, 1979)。南方小花蝽 *Orius similis* Zheng 属半翅目花蝽科 (Hemiptera: Anthocoridae), 是一类很有利用前景的捕食性天敌昆虫 (雷朝亮, 1997)。目前, 有关南方小花蝽的研究主要集中于

生物学习性 (郑珊珊等, 2009)、繁殖饲养 (张士昶, 2008), 以及对烟蚜 *Myzus persicae* Sulzer 的捕食 (王香萍等, 1999) 等方面, 有关其在不同捕食空间下对西花蓟马捕食控制作用的研究较少。本文研究南方小花蝽成虫在不同捕食空间 (试验空间) 下对西花蓟马成虫和若虫的捕食效应, 以期应用南方小花蝽防治西花蓟马积累资料, 同时为西花蓟马的综合治理奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试虫源 西花蓟马和南方小花蝽均采自昆明市呈贡县斗南镇下可乐村废弃地块的三叶草上, 带回实验室放入装有四季豆的大饲养容器中饲养, 并建立稳定种群。选取 2 龄若虫及成虫期的西花蓟马作为供试猎物; 以羽化第 1 天未交配的南方小花蝽雌成虫作为捕食性天敌, 先将其转入高密度西花蓟马成虫和若虫混合种群中饲喂 24 h, 再将其单头放入小饲养容器中饥饿 24 h 作为供试天敌。

1.1.2 试验仪器 人工气候箱 (RXZ 智能型)、大饲养容器 (上口径 9.5 cm、下口径 11.0 cm、高 19.2 cm 的八角塑料瓶)、小饲养容器 (上口径 3.0 cm、下口径 3.0 cm、高 8.0 cm 的指形管)、吸虫管、零号昆虫针、保鲜膜、计时器。

1.2 试验条件

试验在 RXZ 智能型人工气候箱中进行, 试验条件为温度 (27 ± 1) °C, 相对湿度 (70 ± 5) %, 光周期 L: D = 16: 8。

1.3 试验方法

1.3.1 不同试验空间下南方小花蝽成虫对西花蓟马成虫和若虫的捕食选择性 本研究采用大、小 2 种饲养容器代表不同的捕食空间, 用吸虫管将供试西花蓟马的成虫、若虫各 20 头分别接入大、小饲养容器中, 并各放入 1 根四季豆后接入 1 头南方小花蝽成虫, 最后用保鲜膜封口 (保鲜膜用零号昆虫针均匀扎 50 ~ 100 个小孔以保证通气)。每个处理设置 10 个重复, 24 h 后观察西花蓟马各虫态的剩余量。

1.3.2 不同试验空间下南方小花蝽成虫对西花蓟马成虫和若虫的捕食功能反应 用吸虫管分别将供试西花蓟马成虫或若虫按不同数量(10、20、30、40、50 和 60 头)接入大、小饲养容器中,并各放入 1 根四季豆后接入 1 头南方小花蝽成虫,最后用保鲜膜封口(膜处理与 1.3.1 一致)。每个处理设置 10 个重复,24 h 后观察西花蓟马各虫态的剩余量。

1.4 数据分析

1.4.1 南方小花蝽成虫对西花蓟马成虫、若虫的捕食选择性 本研究采用 Ivlev (1961) 提出的捕食者对不同猎物的喜好性 C_i 的计算公式测定南方小花蝽成虫对西花蓟马成虫、若虫的捕食选择性:

$$C_i = (Q_i - F_i) / (Q_i + F_i)$$
$$(Q_i = N_{ai} / \sum_{i=1}^i N_{ai}; F_i = N_i / \sum_{i=1}^i N_i)$$

式中, Q_i 为捕食者对第 i 种猎物的捕食比例, F_i 为第 i 种猎物在环境中所占的比例; N_{ai} 为捕食者捕食第 i 种猎物的数量, N_i 为环境中第 i 种猎物的数量。当 $C_i = 0$ 时,表示捕食者对第 i 种猎物无喜好性; $0 < C_i < 1$,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。

1.4.2 南方小花蝽成虫对西花蓟马成虫、若虫的捕食功能反应及搜寻效应估计 本研究采用丁岩钦 (1994) 提出的捕食者对猎物的捕食功能反应和搜寻效应估计。

功能反应: $1/N_a = (1/aT) \times (1/N) + T_h/T$;
搜寻效应估计: $S = a/(1 + aT_hN)$ 。

式中, N_a 为被捕食的猎物数量; a 为瞬时攻击率; T 为试验持续时间; N 为供试猎物密度; T_h 为处置 1 头猎物的时间。因为 T 为 1 d (24 h),功能反应公式可简化为:

$$1/N_a = (1/a) \times (1/N) + T_h$$

1.4.3 数据处理 采用 Excel 2003 和 SPSS 13.0 软件进行作图与统计分析,利用 Duncan's 新复极差法对试验结果进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 南方小花蝽成虫对西花蓟马成虫、若虫的捕食选择性

南方小花蝽成虫在不同捕食空间(试验空间)下对西花蓟马成虫和若虫的单头日均捕食量见表 1。在相同的试验空间(小饲养容器或大饲养容器),西花蓟马成虫的日均被捕食量均显著低于若虫($P < 0.05$)。南方小花蝽成虫在不同试验空间下对同一虫态西花蓟马的日均捕食量及在相同试验空间下对不同虫态西花蓟马的日均捕食量均不相同:在小饲养容器中南方小花蝽成虫对西花蓟马的捕食总量为 16.20 头,约占西花蓟马初始总数(40 头)的 40.50%,明显高于其在大饲养容器中的捕食数量,这可能是由于小饲养容器的空间狭小,南方小花蝽在其中更易搜寻和捕捉猎物。西花蓟马若虫在小饲养容器中的日均被捕食量最高,达 9.30 头;而其成虫在大饲养容器中的日均被捕食量最低,仅为 3.90 头。

南方小花蝽成虫在不同试验空间下对西花蓟马成虫的喜好性指标 C_i 均为负值,说明南方小花蝽成虫对西花蓟马成虫表现负喜好性;相反,南方小花蝽成虫在不同试验空间下对西花蓟马若虫表现正喜好性(表 1)。方差分析结果显示,在相同试验空间下南方小花蝽对不同虫态西花蓟马的喜好性也存在显著差异($P < 0.05$,表 1),说明在西花蓟马成虫和若虫同时存在的情况下,南方小花蝽成虫更倾向于捕食其若虫。

表 1 南方小花蝽成虫在不同试验空间下对西花蓟马成虫和若虫的捕食选择性

Table 1 Prey preference of *O. similis* adult on adult and nymph of *F. occidentalis* in different experimental space

试验空间	虫态	初始数量/头	被捕食数量/头	喜好性 C_i
Experimental space	Developmental stage	Initial number	No. of consumed preys	Ivlev index
大饲养容器	成虫 Adult	20	3.90 ± 0.28a	-0.1820 ± 0.0285a
Large rearing bottle	若虫 Nymph	20	7.20 ± 0.29b	0.1276 ± 0.0157b
小饲养容器	成虫 Adult	20	6.90 ± 0.31a	-0.0836 ± 0.0192a
Small rearing bottle	若虫 Nymph	20	9.30 ± 0.30b	0.0676 ± 0.0135b

部分参数为平均值 ± 标准误;同列数据后附不同小写字母表示相同试验空间下西花蓟马成虫和若虫被捕食量之间差异显著($P < 0.05$)。
Means (± SD) followed by different lower case letters indicate that there exists significant difference of the number of consumed preys of *F. occidentalis* between adult and nymph in the same experimental space ($P < 0.05$).

2.2 南方小花蝽成虫对西花蓟马成虫、若虫的捕食功能反应

2.2.1 不同试验空间下南方小花蝽成虫对西花蓟马成虫和若虫的日均捕食量 在室内不同试验空间,测定南方小花蝽成虫对不同数量的西花蓟马成虫或若虫的单头日均捕食量(图1)。结果表明,在任一试验空间(大饲养容器或小饲养容器)下,南方小花蝽成虫对西花蓟马成虫或若虫的日均捕食量

均随着猎物数量的增加而增大,但增加的速度依次减小,呈负加速趋势;在相同的猎物数量下,南方小花蝽成虫在大饲养容器中对西花蓟马的日均捕食量均低于其在小饲养容器中对西花蓟马的日均捕食量;在同一捕食密度和试验空间下,其对西花蓟马成虫的日均捕食量明显低于其对若虫的日均捕食量,这与表1一致。

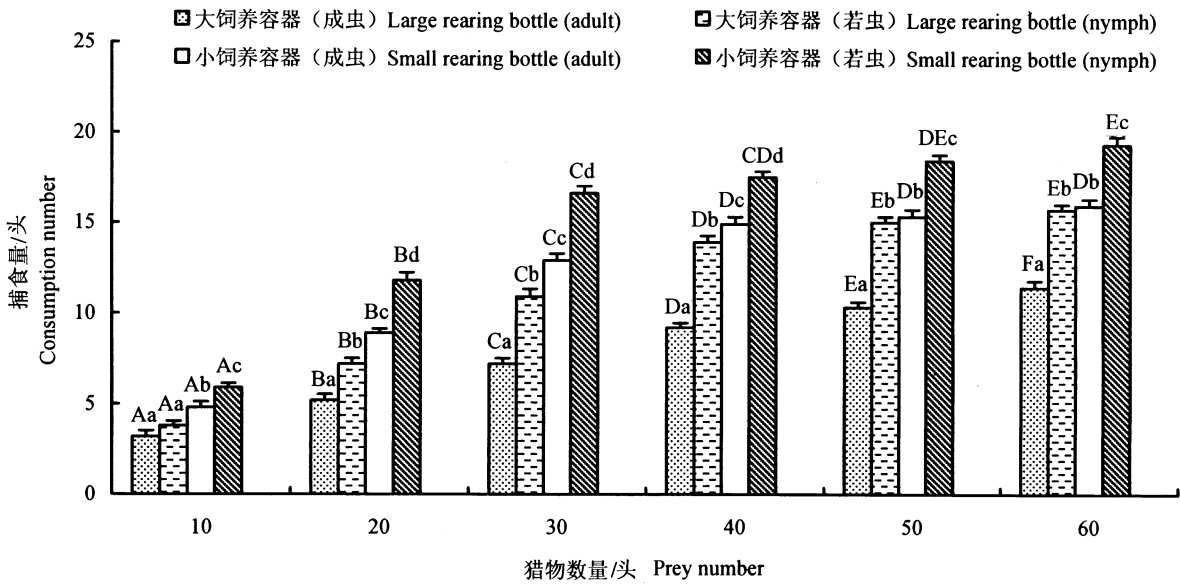


图1 不同试验空间下南方小花蝽成虫对西花蓟马成虫和若虫的捕食量

Fig. 1 Consumption number of *O. similis* adult on adult and nymph of *F. occidentalis* in different experimental space
不同大写字母表示相同试验空间和虫态下不同猎物数量间差异显著 ($P < 0.05$);
不同小写字母表示相同猎物数量下不同试验空间和虫态间差异显著 ($P < 0.05$).

Bars with different capital case letters indicate that there exists significant difference of the number of preys in the same experimental space and stage of *F. occidentalis* ($P < 0.05$); Bars with different lower case letters indicate that there exists significant difference of various experimental spaces and stages of *F. occidentalis* on the same prey number ($P < 0.05$).

由图1可知,当猎物(西花蓟马)数量从10头增加到60头时,南方小花蝽成虫对小饲养容器中西花蓟马若虫的日均捕食量增加值最大,为13.40头;而其对大饲养容器中的西花蓟马成虫日均捕食量增加值最小,仅为8.20头。南方小花蝽成虫对西花蓟马成虫和若虫的捕食量在猎物数量为每指形管(小饲养容器)中60头时最大,分别为15.90和19.30头。方差分析表明,大饲养容器中的西花蓟马成虫日均被捕食量在不同猎物数量间差异显著($P < 0.05$);而小饲养容器中的西花蓟马成虫日均被捕食量在40、50和60头之间无显著差异,而与10、20和30头之间差异显著($P < 0.05$);大饲养容器中的西花蓟马若虫日均被捕食量在50头以下的各猎

物数量间差异显著($P < 0.05$),而50和60头之间差异不显著;小饲养容器中的西花蓟马若虫日均被捕食量在10、20和30头的猎物数量间差异显著($P < 0.05$),而在40头时的日均被捕食量与30和50头间无显著差异。

当猎物数量为20、30和40头时,不同试验空间内南方小花蝽成虫的日均捕食量间差异显著($P < 0.05$);在猎物数量为10头的大饲养容器中,西花蓟马成虫和若虫的日均被捕食量无显著差异,但与其他处理间差异显著($P < 0.05$);而当猎物数量为50或60头时,大饲养容器中西花蓟马若虫与小饲养容器中西花蓟马成虫日均被捕食量间差异不显著,而与相同猎物数量下的其他处理间差异显著($P < 0.05$)。

2.2.2 不同试验空间下南方小花蝽成虫对西花蓟马成虫和若虫的功能反应 根据捕食功能反应方程计算得到不同试验空间下南方小花蝽成虫对西花蓟马成虫和若虫的功能反应方程及其参数(表2)。结果显示,方程的相关系数(R)均较高(0.9128~0.9911),表明各处理条件下天敌捕食量与猎物数量均显著相关;卡方检验证实,理论捕食量与实际捕食量相吻合。南方小花蝽成虫对小饲养容器中西花蓟马若虫的瞬时攻击率最大,为1.2794;

而其对大饲养容器中西花蓟马成虫的瞬时攻击率最小,仅为0.3506;在大饲养容器中,南方小花蝽成虫处理1头西花蓟马若虫的时间仅需0.0242 d,而其处理1头西花蓟马成虫的时间约为0.0402 d;在小饲养容器中,南方小花蝽成虫处理1头西花蓟马若虫和成虫的时间相近,相差仅为0.0010 d;南方小花蝽成虫对西花蓟马成虫捕食的理论上限为29.54头,而对西花蓟马若虫捕食的理论上限为41.34头。

表 2 南方小花蝽成虫在不同试验空间下对西花蓟马成虫和若虫的功能反应

Table 2 Functional response of *O. similis* adult on *F. occidentalis* adult and nymph in different experimental space

试验空间 Experimental space	虫态 Developmental stage	功能反应方程 Functional response equation	a	T_h/d	R	捕食上限/(头·d ⁻¹) Maximal predation /(individual·d ⁻¹)
大饲养容器 Large rearing bottle	成虫 Adult	$1/N_a = 2.8523/N + 0.0402$	0.3506	0.0402	0.9911	24.86
大饲养容器	若虫 Nymph	$1/N_a = 1.7797/N + 0.0242$	0.5619	0.0242	0.9669	41.34
小饲养容器	成虫 Adult	$1/N_a = 1.0532/N + 0.0339$	0.9495	0.0339	0.9323	29.54
小饲养容器	若虫 Nymph	$1/N_a = 0.7816/N + 0.0329$	1.2794	0.0329	0.9128	30.33

2.3 南方小花蝽成虫对西花蓟马成虫、若虫的搜寻效应

不同试验空间下南方小花蝽成虫对西花蓟马成虫和若虫的搜寻效应见图2。试验结果表明,除了大饲养容器中西花蓟马若虫数量为30头时南方小花蝽成虫对其搜寻效应高于其若虫数量为20头

时外,其余各试验处理中南方小花蝽成虫对西花蓟马的搜寻效应均随着猎物数量的增加而降低。猎物数量相同时,南方小花蝽成虫的搜寻效应在不同处理间有差异,对小饲养容器中西花蓟马若虫的搜寻效应始终最高,而对大饲养容器中西花蓟马成虫的搜寻效应始终最低。

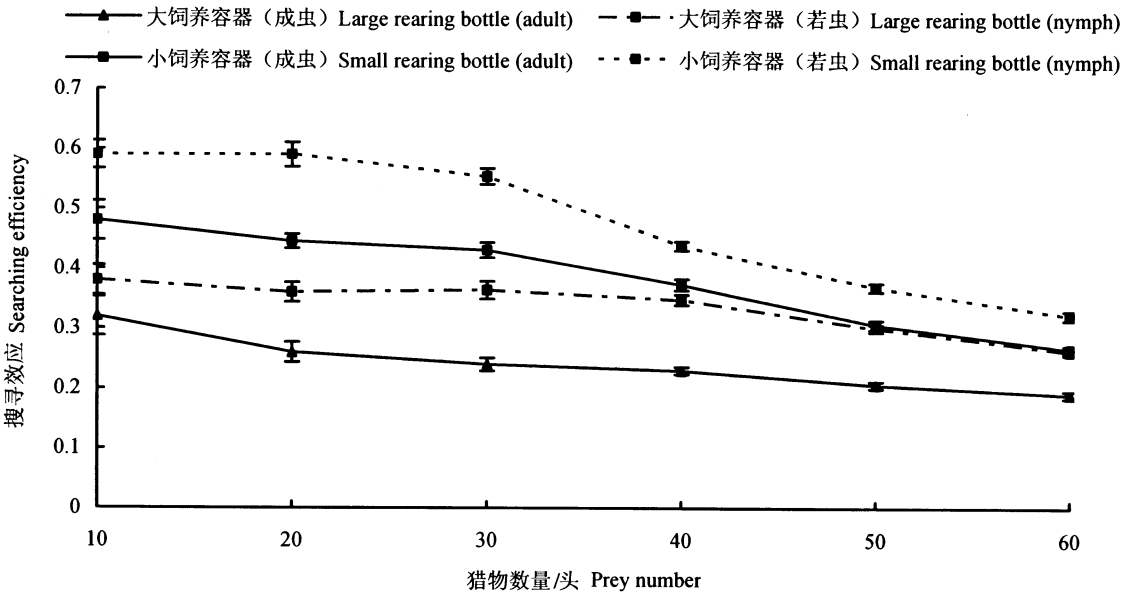


图 2 不同试验空间下南方小花蝽成虫搜寻效应与西花蓟马数量的关系

Fig. 2 Searching efficiency of *O. similis* adult on different number of *F. occidentalis* in different experimental space

3 讨论

在不同的试验空间下,南方小花蝽成虫对西花蓟马若虫的捕食选择性均强于成虫,与东亚小花蝽对西花蓟马的捕食选择性(孙晓会,2009)一致。在野外采集西花蓟马的过程中发现,其成虫的数量多于若虫,可能是西花蓟马成虫的逃逸能力较若虫强,导致其被南方小花蝽等天敌捕食的成功率较小。本研究显示,南方小花蝽成虫在小饲养容器中对西花蓟马成虫和若虫的总捕食量为16.20头,而东亚小花蝽成虫对西花蓟马成虫和若虫的总捕食量为47.60头(孙晓会,2009),结果间的差异可能是由于试验中花蝽种类和捕食试验空间的不同所致。

随着试验空间的增大,南方小花蝽成虫对相同数量和虫态的西花蓟马的日均捕食量减少,这可能是西花蓟马密度降低所导致的结果。在任一试验空间(虫态)处理下,南方小花蝽成虫对西花蓟马的日均捕食量均随猎物数量的增加而增大,这与 Beddington *et al.* (1976)关于捕食者的摄取率与猎物密度在一定范围内呈线性关系的研究结果一致。西花蓟马成虫和若虫的最高日均被捕食量依次为 15.90 和 19.30 头,显著低于东亚小花蝽对西花蓟马成虫和若虫的日均捕食量(张安盛等,2007a、2007b)。当西花蓟马数量高于 50 头时,其日均被捕食量间差异不显著,可推测当田间自然条件下西花蓟马种群数量很大时,仅释放少量的南方小花蝽很难对其进行控制;此时需要大量多次释放南方小花蝽,不断补充其数量,使其起到持续控制西花蓟马的作用。

通过功能反应推测南方小花蝽成虫对西花蓟马成虫和若虫的理论日均捕食量分别为 29.54 和 41.34 头,也明显低于东亚小花蝽对西花蓟马成虫和若虫的理论日均捕食量(51.28 和 163.90 头)(张安盛等,2007a、2007b)。这可能由于试验中花蝽种类和捕食环境等方面的不同所致。

由于试验是在室内可控条件下进行,南方小花蝽成虫与西花蓟马均在一个简单的封闭系统里,而自然条件下的温度、湿度和光周期等多种因子均会对南方小花蝽成虫捕食西花蓟马产生影响。同时,本试验只对南方小花蝽成虫捕食西花蓟马单一猎

物的情况进行了研究,而在蚜虫、叶螨和其他蓟马共存的自然生态系统中,南方小花蝽成虫对不同猎物的捕食选择性是否会对西花蓟马的种群动态产生影响有待进一步研究。

参考文献

- 程俊峰, 万方浩, 郭建英. 2006. 入侵昆虫西花蓟马的潜在适生区分析. 昆虫学报, 49(3): 438–446.
- 丁岩钦. 1994. 昆虫数学生态学. 北京: 科学出版社.
- 盖海涛, 郅军锐, 李肇星, 蒋永金. 2010. 西花蓟马和花蓟马在温度逆境下的存活率比较. 生态学杂志, 29(8): 1533–1537.
- 蒋兴川, 桂富荣, 李正跃, 蒋智林, 穆静娟. 2011a. 不同寄主植物对西花蓟马生长发育、存活率及繁殖力的影响. 中国植保导刊, 31(7): 5–9.
- 蒋兴川, 张勇, 桂富荣, 李正跃, 李隽, 高飞. 2011b. 辣椒植株上西花蓟马的种群动态和空间分布. 云南农业大学学报: 自然科学版, 26(4): 465–471.
- 雷朝亮. 1997. 红铃虫生物抑制. 北京: 科学出版社.
- 雷仲仁, 问锦曾, 王音. 2004. 危险性外来入侵害虫——西花蓟马的鉴别、危害及防治. 植物保护, 30(3): 63–66.
- 孙晓会, 徐学农, 王恩东. 2009. 东亚小花蝽对西方花蓟马和二斑叶螨的捕食选择性. 生态学报, 29(11): 6285–6291.
- 王香萍, 雷朝亮, 姜勇, 牛长缨, 邓建华, 李天飞, 宋春满. 1999. 南方小花蝽对烟蚜捕食功能反应的研究. 昆虫天敌, 21(3): 117–120.
- 吴青君, 徐宝云, 张治军, 张友军, 朱国仁. 2007. 京、浙、滇地区植物蓟马种类及其分布调查. 中国植保导刊, 27(1): 32–34.
- 吴青君, 张友军, 徐宝云, 朱国仁. 2005. 入侵害虫西花蓟马的生物学、危害及防治技术. 昆虫知识, 42(1): 11–14.
- 张安盛, 于毅, 李丽莉, 张思聪. 2007a. 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, 27(3): 1903–1909.
- 张安盛, 于毅, 李丽莉, 张思聪, 门兴元. 2007b. 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, 26(8): 1233–1237.
- 张士昶, 周兴苗, 潘悦, 雷朝亮. 2008. 南方小花蝽液体人工饲料的饲养效果评价. 昆虫学报, 51(9): 997–1001.
- 张友军, 吴青君, 徐宝云, 朱国仁. 2003. 危险性外来入侵生物——西花蓟马在北京发生危害. 植物保护, 29(4): 58–59.

- 郑珊珊, 鄧军锐, 张昌容, 刘丰娇. 2009. 南方小花蝽的发育与繁殖研究. *河南农业科学*, (12): 88 – 91.
- Ananthakrishnan T N. 1979. Biosystematics of Thysanoptera. *Annual Review of Entomology*, 24: 159 – 183.
- Beddington J R, Hassell M P and Lawton J H. 1976. The components of arthropod predation: II. The predator rate of increase. *The Journal of Animal Ecology*, 45: 165 – 185.
- Gerin C, Hance T and van Impe G. 1994. Demographic parameters of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera, Thripidae). *Journal of Applied Entomology*, 118 (2): 370 – 377.
- Ivlev V S. 1961. *Experimental Ecology of the Feeding Fishes*. New Haven, Connecticut, USA: Yale University Press.
- Kirk W D J and Terry L I. 2003. The spread of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Agricultural and Forest Entomology*, 5(4): 301 – 310.
- Riley D G and Pappu H R. 2004. Tactics for management of thrips (Thysanoptera: Thripidae) and Tomato Spotted Wilt Virus in tomato. *Journal of Economic Entomology*, 97(5): 1648 – 1658.
- Sampson C and Jacobson R J. 1999. *Macrolophus caliginosus* Wagner (Heteroptera: Miridae): a predator causing damage to UK tomatoes. *IOBC WPRS Bulletin*, 22(1): 213 – 216.
- Williams M E C. 2001. Biological control of thrips on ornamental crops: interactions between the predatory mite *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) and western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), on cyclamen. *Biocontrol Science and Technology*, (11): 41 – 55.

(责任编辑: 彭露)