应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2011,48(3):573—578

南方小花蝽对西花蓟马和蚕豆蚜的捕食作用*

郅军锐** 郑珊珊 张昌容 刘丰姣

(贵州大学昆虫研究所 贵州山地农业病虫害重点实验室 贵阳 550025)

摘 要 南方小花蝽 *Orius similis* 是多种小型害虫的重要天敌昆虫,为了掌握其控制潜能,本文研究了南方小花蝽对西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* 和蚕豆蚜 *Aphis craccivora* 的捕食作用。研究结果表明南方小花蝽 3~5 龄若虫和雌成虫对西花蓟马和蚕豆蚜的功能反应均符合 Holling Ⅱ 型方程,南方小花蝽 3~5 龄若虫和雌成虫对西花蓟马 2 龄若虫的瞬时攻击率均高于蚕豆蚜。南方小花蝽 5 龄若虫对蚕豆蚜的控制能力比雌成虫强,而对西花蓟马的控制能力比雌成虫差。南方小花蝽 5 龄若虫对西花蓟马 2 龄若虫和蚕豆蚜的捕食率(E)随着捕食者自身的密度(P)的增加而下降,其干扰反应方程分别为 $E=0.412P^{-1.623}$ 和 $E=0.416P^{-1.639}$。南方小花蝽 5 龄若虫对西花蓟马 2 龄若虫和蚕豆蚜有明显的选择性,5 龄若虫喜欢取食西花蓟马 2 龄若虫,但前期取食的猎物对其选择性有明显的影响,更喜欢选择前期取食过的猎物。

关键词 南方小花蝽,西花蓟马,蚕豆蚜,捕食作用

The predation of *Orius similis* to *Frankliniella occidentalis* and *Aphis craccivora*

ZHI Jun-Rui** ZHENG Shan-Shan ZHANG Chang-Rong LIU Feng-Jiao

(Institute of Entomology, Guizhou University, The Provincial Key Laboratory for Agricultural Pest Management of Mountainous Region, Guiyang 550025, China)

Abstract *Orius similis* is an important natural enemy of many small insect pests. Predation of *O. similis* on two common pests, *Frankliniella occidentalis* and *Aphis craccivora*, was studied. The functional responses of 3rd to 5th instars and adults of *O. similis* to *F. occidentalis* could be described by Holling Ⅱ equations. Both instars and female adults of *O. similis* displayed higher instantaneous attack rates on *F. occidentalis* than on *A. craccivora*, however, adults had a lower instantaneous attack rate on the 2nd instar of *F. occidentalis* compared to that of *A. craccivora*. The 5th instar nymph of *O. similis* had a better ability to control *A. craccivora* than female adults, however, the reverse was true with respect to *F. occidentalis*. Predation rates were density-dependent; predation efficiency (E) decreased with increasing *O. similes* density (P). Regression equations of the predation efficiency of 5th instar *O. similes* nymphs on 2nd instar larva of *F. occidentalis* and *A. craccivora* were $E=0.412P^{-1.623}$ and $E=0.416P^{-1.639}$ respectively. 5th instar nymphs had a positive preference for 2nd instar larva of *F. occidentalis* over those of *A. craccivora*, however, previous experience had a significant influence on prey preference; *O. similis* prefers to prey on which it has previously fed.

Key words *Orius similis*, *Frankliniella occidentalis*, *Aphis craccivora*, predation

西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* 是全世界已知的蓟马中为害最为严重的种类之一(Childers and Achor, 1995; Ullman *et al.*, 1997)。由于西花蓟马的卵、预蛹和蛹期没有生活在植物表面,若虫和成虫有明显的趋嫩性和隐蔽性,所以喷洒药剂防治该害虫作用不明显;另外西花蓟马可行孤雌生殖,抗性个体可在短时间内产生大量后代,造成抗性发展迅速,所以化学防治对其防治效果逐渐下降。开展西花蓟马的生物防治成为解决这一问题的关键,并且对于保护生态环境有着积极作用,

* 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(20080325)、贵州省优秀科技教育人才省长专项资金项目(黔省专合字(2007)20 号)、贵州省农业攻关(黔科合 NY 字[2010]3065 号。

**通讯作者,E-mail:jrzhi@yahoo.com.cn

收稿日期:2011-02-28,接受日期:2011-05-03

而天敌昆虫又是生物防治的重要组成部分。

小花蝽是一种被广泛推荐使用的能有效防治蓟马的天敌昆虫(Villevieille and Millot, 1991; Van den Meiracker and Ramakers, 1991; Chambers *et al.*, 1993)。国外对小花蝽的研究应用较早,美国和欧洲现已有多家公司对小花蝽进行商品化生产(Van Lenteren *et al.*, 1997),并成功的控制了西花蓟马的为害(Gilkeson *et al.*, 1990; Chambers *et al.*, 1993)。由于外来入侵害虫西花蓟马危害的严重性,如何利用我国本地天敌,建立有效的防控技术是急待解决的问题。该害虫自 2003 年传入我国后(张友军等,2003),我国学者开展了小花蝽对西花蓟马的捕食作用和控制研究,但这些研究主要集中在我国中部和北部的优势种东亚小花蝽(张安盛等,2007a;2007b; 2007c; 2008),而对南方优势种南方小花蝽对西花蓟马的控制潜能研究未见报道。本文以田间发生较严重,并且繁殖小花蝽时成本低、繁殖快的蚕豆蚜和入侵害虫西花蓟马为猎物,研究了南方小花蝽对它们的捕食作用,以比较南方小花蝽对 2 种猎物的捕食效能及选择性,为正确评价南方小花蝽的对西花蓟马的控制作用及进一步有效保护和利用该天敌奠定基础。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

蚕豆蚜:采自贵州省贵阳市花溪区菜地的蚕豆上,在人工气候室中以种植的蚕豆来饲养繁殖供试;

西花蓟马:采自贵州省贵阳市花溪区的豆科植物上,在人工气候室中用四季豆豆荚繁殖饲养多代供试。

南方小花蝽:采自于贵州省贵阳市花溪区豆科植物上,在人工气候室中,用蚕豆蚜和西花蓟马混合猎物进行饲养后供试。

1.2 方法

1.2.1 南方小花蝽对西花蓟马和蚕豆蚜不同密度的功能反应 南方小花蝽分别选用 3 龄、4 龄、5 龄若虫和雌成虫。西花蓟马选用 2 龄若虫和雌成虫 2 个虫态,蚕豆蚜均选用个体大小相同且均较小的个体。将猎物密度分别设置为 6 个梯度即 10、20、30、40、50 和 60 头。分别将 1 头饥饿处理 24 h 的南方小花蝽不同虫态接入以上猎物,24 h 后在体视显微镜下观察并记录西花蓟马或蚕豆蚜的被取食数。实验在 5 mm × 100 mm 玻璃试管内进行,重复 6 次,下同。用 Holling Ⅱ 圆盘方程进行拟合(丁岩钦, 1994),Holling Ⅱ 型圆盘方程模型为:$Na = a'NT/(1 + a'ThN)$。式中:a' 为瞬时攻击速率,Th 为处理时间,Na 为日捕食量,N 为猎物密度,T 为试验时间(1 d)。最大理论捕食量 $Na_{max} = 1/Th$。攻击率(a')和处理时间(Th)之比越大,则表示天敌对害虫的控制能力越强。寻找效应 $S = a'/(1 + a'ThN)$。

1.2.2 南方小花蝽自身密度对蚕豆蚜和西花蓟马的干扰反应 2 种猎物设置密度相同,均为每器皿 100 头,南方小花蝽 5 龄若虫设 1、2、4、6、8、10 头 6 个处理,饥饿处理 24 h 后接入猎物,在 24 h 后观察并分别记录南方小花蝽的捕食量。干扰反应分析方法采用 Hassell 提出的捕食率与捕食者密度之间的关系式 $E = QP^{-m}$ 进行拟合(周集中和陈常铭,1986)。其中 E 为捕食率;Q 为寻找系数;m 为干扰参数;P 为捕食者密度,捕食率定义为 $E = Na/(N \cdot P)$(Na 为捕食量;N 为猎物密度;P 为捕食者密度)。

1.2.3 南方小花蝽对西花蓟马和蚕豆蚜的捕食选择性 当有多种猎物可以供捕食者捕食时,捕食者将根据对猎物的喜好程度来选择捕食。在玻璃试管中分别接入 50 头西花蓟马 2 龄若虫和 50 头蚕豆蚜,50 头西花蓟马成虫和 50 头西花蓟马 2 龄若虫,共 100 头。先将南方小花蝽 5 龄若虫饥饿处理 24 h,然后接入以上猎物,24 h 后在体视显微镜下观察并记录各种猎物被取食的数量,用选择系数 E 比较南方小花蝽对不同猎物的捕食选择性,并进行选择效应分析(Jacobs, 1974):$E = [Ne/Se(1 - N/S)] / [N/S(1 - Ne/Se)]$。式中,$E$ 为选择系数,Ne 为第一种猎物被捕食的数量,Se 为 2 种猎物被食数量之和,N 为第一种猎物的初始数量,S 为 2 种猎物初始数量之和。当选择为负时,系数变化从 $1 \rightarrow 0$,当选择为正时,系数变化从 $1 \rightarrow \infty$。

1.2.4 前期食物对南方小花蝽捕食选择性的影响 分别以蚕豆蚜和西花蓟马 2 种食料对南方小花蝽进行连续 3 代以上的饲养,待同一世代的南方小花蝽 5 龄若虫羽化为成虫后,分别供试西花蓟马 2 龄若虫和蚕豆蚜各 50 头,24 h 后在体视显微镜下观察并记录南方小花蝽雌成虫取食各猎物

的数量,比较前期食物对南方小花蝽对不同猎物的捕食选择性的影响,共设 3 次重复,每次重复供试虫数 8 头。

1.3　实验条件

试验均在温度 27℃、光周期 L∶D = 14∶10、相对湿度 70% 的人工气候室中进行。

1.4　数据统计分析

实验数据采用 Excel 2003 进行统计,计算所有重复数据的平均数和标准误,用线性回归分析对功能反应 Holling Ⅱ 圆盘方程和 Hassell 干扰反应模型进行拟合。

2　结果与分析

2.1　南方小花蝽对西花蓟马和蚕豆蚜不同密度的功能反应

南方小花蝽各虫态对西花蓟马和蚕豆蚜的捕食量均随猎物密度的增加而增加,当猎物密度低时(10 ~ 40 头),南方小花蝽对 2 种猎物的捕食量均表现为较快的增长趋势,当猎物密度较高时(40 ~ 60 头),其捕食量增长较缓慢。在猎物密度为 10 ~ 30 头时,南方小花蝽 3 龄若虫和 4 龄若虫对西花蓟马 2 龄若虫的捕食量大于蚕豆蚜,而当猎物密度为 30 ~ 60 头时,则表现为对蚕豆蚜的捕食多于对西花蓟马 2 龄若虫的捕食。而南方小花蝽 5 龄若虫和雌成虫不论在何种密度下对蚕豆蚜的捕食量均大于西花蓟马。

根据 Holling Ⅱ 型方程拟合,南方小花蝽各虫态对 2 种猎物的捕食均符合 Holling Ⅱ 型方程(表 1)。通过各参数的比较可以看出南方小花蝽 3 ~ 5 龄若虫对西花蓟马 2 龄若虫的瞬时攻击率均高于蚕豆蚜,而南方小花蝽雌成虫则相反。当猎物为蚕豆蚜时,南方小花蝽若虫随着龄期的增长,对猎物的瞬时攻击率也随之增高;当猎物为西花蓟马时,南方小花蝽 3 龄若虫的瞬时攻击率最低,雌成虫的瞬时攻击率最高。

根据瞬时攻击率(a')和处理时间(Th)之比可以衡量天敌对害虫的控制能力,a'/Th 越大,则表示天敌对害虫的控制能力越强。南方小花蝽若虫期对西花蓟马和蚕豆蚜的控制能力均随着龄期的增长而增强,依次是 5 龄 > 4 龄 > 3 龄。南方小花蝽成虫对蚕豆蚜的控制能力比 5 龄若虫的控制能力弱,而南方小花蝽成虫对西花蓟马的控制能力比其若虫的控制能力强。

表 1　南方小花蝽各虫态对不同猎物的功能反应

Table 1　Functional response of *Orius similis* to different preys

虫态 Stage	猎物 Prey	功能反应模型 Functional response equation	相关系数 r	瞬时攻击率 a'	a'/Th	捕食上限 Na_{max}
3 龄若虫 3rd instar	蚕豆蚜 *Aphis craccivora*	$Na = 0.7610N / (1 + 0.0073N)$	0.8591*	0.7610	79.27	104.17
4 龄若虫 4th instar		$Na = 0.8423N / (1 + 0.0051N)$	0.9866**	0.8423	138.08	163.93
5 龄若虫 5th instar		$Na = 0.8898N / (1 + 0.0039N)$	0.9955**	0.8898	202.22	227.27
雌成虫 Female adult		$Na = 1.0202N / (1 + 0.0059N)$	0.9943**	1.0202	175.90	172.41
3 龄若虫 3rd instar	西花蓟马 2 龄若虫 2nd instar of *Frankliniella occidentalis*	$Na = 0.7822N / (1 + 0.0073N)$	0.9736**	0.7822	84.10	107.53
4 龄若虫 4th instar		$Na = 0.9512N / (1 + 0.0102N)$	0.9762**	0.9512	88.90	93.46
5 龄若虫 5th instar		$Na = 0.9507N / (1 + 0.0092N)$	0.9869**	0.9507	98.01	103.09
雌成虫 Female adult		$Na = 0.9946N / (1 + 0.0076N)$	0.9964**	0.9946	130.87	131.58

注:* 表示回归方程达到显著相关水平($P < 0.05$),** 表示回归方程达到极显著相关水平($P < 0.01$)。

The one asterisk and two asterisks show significant correlative at 0. 05 and 0. 01 level respectively.

由寻找效应估计公式以及表 1 中的各参数值，可以计算出南方小花蝽对不同猎物的寻找效应（图 1，2）。南方小花蝽各龄若虫及成虫对西花蓟马和蚕豆蚜的寻找效应均随着猎物密度的增大而降低，并随着南方小花蝽龄期的增长，其对于 2 种猎物的寻找效应也随之增高。当猎物密度相同时，南方小花蝽 3 龄若虫对西花蓟马的寻找效应始终高于蚕豆蚜，而南方小花蝽 5 龄若虫和成虫对西花蓟马的寻找效应则低于蚕豆蚜；当猎物密度低于 30 头时，南方小花蝽 4 龄若虫对西花蓟马的寻找效应高于蚕豆蚜，而当猎物密度为（30 ~ 60 头）时，南方小花蝽 4 龄若虫对蚕豆蚜的寻找效应则高于西花蓟马。

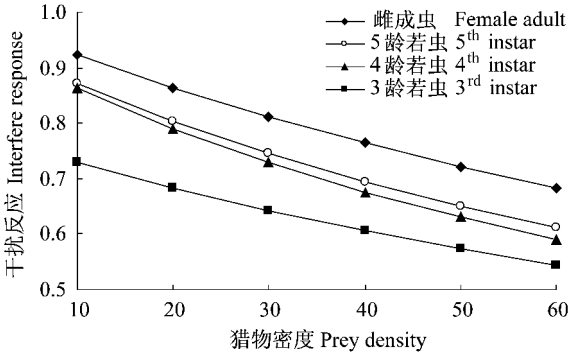

图 1 南方小花蝽不同虫态对西花蓟马 2 龄若虫的寻找效应

Fig. 1 The searching efficiency of each stage of *Orius similis* to 2nd instar larva of *Frankliniella occidentalis*

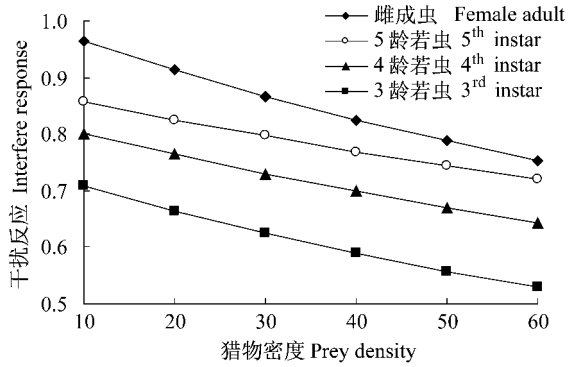

图 2 南方小花蝽不同虫态对蚕豆蚜的寻找效应

Fig. 2 The searching efficiency of each stage of *Orius similis* to *Aphis craccivora*

2.2 南方小花蝽自身密度对蚕豆蚜和西花蓟马的干扰反应

不同密度的南方小花蝽 5 龄若虫对蚕豆蚜和西花蓟马的捕食率关系（表 2）表明随着南方小花蝽自身密度增大，其捕食总量随之增大，但是其捕食率却在下降，可见由于天敌密度的增加，反而增加了其个体间的互相干扰，造成捕食率的下降，捕食者密度低时捕食率 E 下降较快，随着捕食者密度进一步增加，捕食率 E 下降缓慢。根据表 2 中的数据，用公式 $E = QP^{-m}$（E 为捕食率；Q 为寻找系数；m 为干扰参数；P 为捕食者密度）进行拟合，得出南方小花蝽 5 龄若虫以蚕豆蚜为食料时的干扰反应模型为 $E = 0.416P^{-1.639}$，$r^2 = 0.9902^{**}$，以西花蓟马为食料时，$E = 0.412P^{-1.623}$，$r^2 = 0.9915^{**}$。

表 2 南方小花蝽 5 龄若虫对西花蓟马和蚕豆蚜的捕食率

Table 2 The predation rate of 5th nymph of *Orius similis* to *Frankliniella occidentalis* and *Aphis craccivora*

猎物种类 Prey	捕食者密度 Density of predator					
	1	2	4	6	8	10
西花蓟马 2 龄若虫 2nd instar of *Frankliniella occidentalis*	0.372	0.151	0.054	0.025	0.014	0.009
蚕豆蚜 *Aphis craccivora*	0.352	0.153	0.049	0.024	0.013	0.008

2.3 南方小花蝽对西花蓟马和蚕豆蚜的捕食选择性

南方小花蝽对于不同食物组合的选择系数见表 3。由表 3 可知，在对西花蓟马成虫与 2 龄若虫的混合猎物选择捕食中，南方小花蝽 5 龄若虫对西花蓟马 2 龄若虫的选择系数大于 1，表现为正喜好，对西花蓟马成虫的选择系数小于 1，表现为负喜好；在西花蓟马 2 龄若虫与蚕豆蚜共存中，南方小花蝽 5 龄若虫对西花蓟马 2 龄若虫的选择系数大于 1，对蚕豆蚜的选择系数小于 1，即南方小花蝽 5 龄若虫偏好于取食西花蓟马若虫。

2.4 前期食物对南方小花蝽捕食选择性的影响

南方小花蝽前期取食不同的食物对猎物的捕

表 3　南方小花蝽 5 龄若虫对不同猎物组合的选择系数

Table 3　Selection coefficient of 5th nymph of *Orius similis* to different preys

猎物组合 Combination of preys	西花蓟马成虫 Female adult of *Frankliniella occidentalis*	西花蓟马 2 龄若虫 2nd instar of *Frankliniella occidentalis*	西花蓟马 2 龄若虫 2nd instar of *Frankliniella occidentalis*	蚕豆蚜 *Aphis craccivora*
选择系数 Selective coefficient	0.2506	3.9900	1.6781	0.5959

食量有明显的影响(表 4)。当南方小花蝽的前期食料为蚕豆蚜,现供给蚕豆蚜和西花蓟马 2 龄若虫时,南方小花蝽对蚕豆蚜的平均捕食量为 35.25 头,而对西花蓟马 2 龄若虫的平均捕食量为 24.63 头,对蚕豆蚜的选择系数大于西花蓟马 2 龄若虫。相反当前期食物为西花蓟马时,南方小花蝽对西花蓟马的捕食量则为 38.00 头,其对蚕豆蚜的捕食量为 12.46 头,其捕食选择更偏向于西花蓟马。与表 3 中南方小花蝽取食选择性的结果相比,说明前期取食的食物对南方小花蝽对食料的选择性有明显的影响,表现出对前期食料的喜好。

表 4　食料的改变对南方小花蝽捕食量的影响

Table 4　The influence of foodstuffs changing on the predation of *Orius similis*

前期食物 Former food	蚕豆蚜 *Aphis craccivora*		西花蓟马 *Frankliniella occidentalis*	
猎物组合 Combination of preys	蚕豆蚜 *Aphis craccivora*	西花蓟马 2 龄若虫 2nd instar of *Frankliniella occidentalis*	西花蓟马 2 龄若虫 2nd instar of *Frankliniella occidentalis*	蚕豆蚜 *Aphis craccivora*
选择系数 Selective coefficient	1.4312	0.6987	3.0599	0.3279

3　讨论

南方小花蝽对西花蓟马和蚕豆蚜的功能反应均符合 Holling Ⅱ型。这与王香萍等(1999)研究的南方小花蝽对烟蚜的捕食功能反应结果一致。研究结果还表明南方小花蝽 5 龄若虫和雌成虫不论在何种密度下均是对蚕豆蚜的捕食量要大于西花蓟马。而南方小花蝽 3 龄若虫和 4 龄若虫对西花蓟马和蚕豆蚜的捕食量的差异与猎物密度有关。

由南方小花蝽各龄若虫的捕食作用可知,南方小花蝽可捕食西花蓟马的若虫和成虫,并且龄期越高控制能力越强,尤其是对西花蓟马若虫的控制。南方小花蝽各龄若虫对于 2 种猎物的寻找效应均随着猎物密度的增加而降低。而随着南方小花蝽若虫龄期的增长,其寻找效应也随之增高。张安盛等(2007b)研究东亚小花蝽对西花蓟马成虫的捕食作用时也发现东亚小花蝽 4 龄若虫的搜寻效应高于 2 龄若虫。

捕食性天敌常以增加局部扩散的倾向来对同种个体的相遇行为起反应,亦为相互干扰效应。本实验的干扰作用研究证实,南方小花蝽 5 龄若虫对西花蓟马 2 龄若虫和蚕豆蚜的捕食率随着猎物密度的增加而下降。因此在人工释放南方小花蝽作为控制西花蓟马的天敌时应该充分考虑到此种因素,才能使南方小花蝽的控制效果得到最大的利用。

在混合猎物共存的情况下,南方小花蝽对猎物有明显的选择性。在西花蓟马成虫与若虫的组合中,南方小花蝽对西花蓟马若虫的偏好性强。在西花蓟马若虫与蚕豆蚜的组合中,南方小花蝽也偏好于取食西花蓟马若虫。但前期取食的食物对南方小花蝽对猎物的选择性有明显的影响,南方小花蝽喜欢取食前期取食过的供试猎物。Henaut 等(2000)研究发现若虫期取食豌豆蚜的 *O. majusculus* 成虫比若虫期取食地中海粉斑螟卵的成虫对豌豆蚜的寻找效率更高,捕食量更大。

室内实验证明了南方小花蝽对西花蓟马的捕

食作用强，捕食量大，有很强的控制潜能。但在田间多种猎物并存，南方小花蝽可供捕食的猎物范围广，同时，蓟马也有多种天敌，而且南方小花蝽的捕食效应还和寄主植物有关(Coll and Ridgway，1995)。因此，在自然界南方小花蝽对西花蓟马的捕食行为、控制能力和防控效果还需要进一步研究。

参考文献(References)

Chambers RJ，Long S，Helyer BL，1993. Effectiveness of *Orius laevigatus* (Hem：Anthocoridae) for the control of *Frankliniella occidentalis* on cucumber and pepper in the United Kingdom. *Biol. Sci. Tech.*，3(3)：295—307.

Childers CC，Achor DS，1995. Thrips feeding and oviposition injuries to economic plants，subsequent damage and host response to infestation// Parker B L，Skinner M，Lewis T (eds.). Thrips Biology and Management. New York and London：Plenum Press. 31—50.

Coll M，Ridgway RL，1995. Functional and numerical responses of *Orius insidiosus* (Heteroptera：Anthocoridae) to its prey in different vegetable crops. *Ann. Entomol. Soc. Am.*，88：732—738.

丁岩钦，1994. 昆虫数学生态学. 北京：科学出版社. 257—258.

Gilkeson LA，Morewood WD，Elliot DE，1990. Current status of biological control of thrips in Canadian greenhouses with *Amblyseius cucumeris* and *Orius tristicolor*. *IOBC/WPRS Bull.*，13：71—75.

Henaut Y，Alauzet C，Ferran A，Williams T，2000. Effect of nymphal diet on adult predation behavior in *Orius majusculus* (Heteroptera：Anthocoridae). *J. Econ. Entomol.*，93(2)：252—255.

Jacobs J，1974. Quantitative measurement of food selection：A modification of the forage ratio and lvlev´s selectivity index. *Oecologia*，14：413—417.

Ullman DE，Sherwood JL，German TL，1997，Thrips as vectors of plant pathogens// Lewis T(ed.). Thrips as Crop Pests. United Kingdom：CAB International. 539—565.

Van den Meiracker RAF，Ramakers PMJ，1991. Biological control of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* in sweet pepper with the anthropoid predator *Orius insidiosus*. *Med. Fac. Land. Rijksuniv. Gent.*，56(2a)：241—249.

Van Lenteren JC，Roskam MM，Timmer R，1997. Commercial mass production and pricing of organisms for biological control of pests in Europe. *Bio. Control*，10：143—149.

Villevieille M，Millot P，1991. Biological control of *Frankliniella occidentalis* with *Orius laevigatus* on strawberry. *IOBC/WPRS Bull.*，14(5)：57—64.

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.

张安盛，于毅，李丽莉，张思聪，门兴元，2007a. 东亚小花蝽成虫对西花蓟马若虫的捕食功能反应及搜寻效应. 生态学杂志，26(8)：1233—1237

张安盛，于毅，门兴元，李丽莉，孙廷林，2007b. 东亚小花蝽若虫对西花蓟马成虫的捕食作用. 昆虫天敌，29(3)：108—112.

张安盛，于毅，李丽莉，张思聪，2007c. 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，门兴元，李丽莉，2008. 东亚小花蝽若虫对西花蓟马若虫的捕食作用. 植物保护学报，35(1)：7—11.

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，2003，29(4)：58—59.

周集中，陈常铭，1986. 拟环纹狼蛛对褐飞虱的捕食作用及其模拟模型的研究 I 功能反应. 生物防治通报，2(1)：2—9.