

东亚小花蝽对西方花蓟马和二斑叶螨的捕食选择性

孙晓会, 徐学农*, 王恩东

(中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193)

摘要:多食性天敌对猎物的捕食选择性及猎物密度对天敌捕食的干扰作用直接影响到天敌对不同猎物的控制作用。在实验室条件下研究了东亚小花蝽对西方花蓟马和/或二斑叶螨不同虫态的捕食选择性, 以及两猎物中一种猎物的密度变化对小花蝽取食另一种猎物的影响。结果如下: 东亚小花蝽 5 龄若虫和成虫对西方花蓟马 2 龄若虫的捕食选择性均强于对其成虫, 对二斑叶螨的选择性为雌成螨 > 若螨 > 幼螨。实验中西方花蓟马 2 龄若虫是东亚小花蝽最喜好的虫态。二斑叶螨雌成螨密度固定为 60 头/19.63cm², 西方花蓟马若虫密度从 10 增加到 60 时显著地减少了东亚小花蝽对二斑叶螨的取食。反之, 固定西方花蓟马同样密度, 增加二斑叶螨密度却没有显著改变小花蝽对西方花蓟马的取食。此结果进一步表明, 西方花蓟马是东亚小花蝽更喜好的猎物。

关键词:东亚小花蝽; 西方花蓟马; 二斑叶螨; 捕食选择性

文章编号: 1000-0933(2009)11-6285-07 中图分类号: Q145 文献标识码: A

The prey preference of *Orius sauteri* on western flower thrips and two-spotted spider mite

SUN Xiao-Hui, XU Xue-Nong*, WANG En-Dong

Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(11): 6285 ~ 6291.

Abstract: The prey preference of polyphagous predators to different preys and the interference of the prey density greatly affect their control efficiency. Prey preference of the predator *Orius sauteri* on the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) and the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, and effects of density of one prey on the predation on the other prey, were studied in the laboratory maintained at (26 ± 1) °C and 70% RH. Both 5th instar nymphs and adults of *O. sauteri* prefer to feed on nymphs than on adults of *F. occidentalis*, whereas prefer to feed on adults than on nymphs or larvae of *T. urticae*. The second instar larvae of thrips was the most favorite for *O. sauteri* among all supplied stages of thrips and spider mites. At a fixed density of spider mites (60/19.63cm²), increasing thrips density from 10 to 60 significantly decreased the predation of spider mites by *O. sauteri*; however, at a same fixed thrips density, increasing spider mite density didn't decrease the predation on thrips. These results strongly indicated that *F. occidentalis* was a more suitable prey than *T. urticae* for *O. sauteri*. The western flower thrips, which is a newly invasive species in China, was discussed as to its ecological roles in the intrusive surroundings in context of prey preference of predators.

Key Words: *Orius sauteri*; *Frankliniella occidentalis*; *Tetranychus urticae* Koch; predation; prey preference; density

西方花蓟马 [*Frankliniella occidentalis* (Pergande)] (缨翅目: 蓟马科) 和二斑叶螨 (*Tetranychus urticae* Koch) (蜱螨亚纲: 叶螨科) 均为重要的农业害虫, 二者均具有发育历期短、个体小易隐蔽、对杀虫剂极易产生抗药性等特点^[1,2], 且可在多种作物如黄瓜、青椒、茄子、棉花等上并发^[3,4]。西方花蓟马原产北美, 20 世纪 70

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30671406); 国家公益性行业(农业)科技资助项目(200803025)

收稿日期: 2008-11-20; 修订日期: 2009-01-21

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xuxn_99@yahoo.com

年代在美国扩散,随后在世界范围内蔓延,1980~1990 年代扩散到整个欧洲^[5],2003 年在中国北京发现^[6],现已成为蔬菜与花卉业的重大威胁。

东亚小花蝽 [*Orius sauteri* (Poppius)] (半翅目:花蝽科) 为多食性天敌,可取食蓟马、叶螨、蚜虫、鳞翅目昆虫的卵等,是我国北方地区重要的捕食性天敌^[7,8]。近年来国内外学者对东亚小花蝽的研究大多集中在其对叶螨或蓟马单物种的功能反应及控制作用上^[9~13],对于东亚小花蝽在西方花蓟马和二斑叶螨两者共发系统中的作用则少有研究,而多食性捕食者对猎物的捕食选择性可直接影响到其对猎物的控制能力。因此,本文研究了东亚小花蝽对二斑叶螨及西方花蓟马不同虫态及对两者喜好虫态的捕食选择性。此外,一种猎物的密度也可影响到多食性捕食者对其它猎物的捕食选择性或捕食作用发生转移^[14],因此,本文另外一个目标就是研究二斑叶螨与西方花蓟马两者中一种猎物密度的变化如何影响东亚小花蝽对另外一种猎物的捕食选择性。

1 材料和方法

1.1 实验材料

1.1.1 试虫

二斑叶螨由南京农业大学昆虫系洪晓月教授提供,并在室内用离体芸豆叶片多代饲养。西方花蓟马采自北京市昌平区某温室黄瓜上,并在室内用蛇豆莢饲养多代。东亚小花蝽由河南省农科院武予清博士提供。为了减少仅用一种饲料饲喂造成小花蝽“学习”而影响到捕食选择性,小花蝽在室内一直以大豆蚜、二斑叶螨和西方花蓟马若虫的混合种群饲养多代,同时添加花粉。实验选取羽化第一天未交配的东亚小花蝽雌成虫以及未出现红色单眼原基的 5 龄若虫,试验前喂饱,再禁食 24h。所有猎物及小花蝽均在 $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$, RH 70%, L:D = 16:8h 条件下饲养。

1.1.2 供试寄主植物

为白芸豆,室内种植。为了减少叶片表面的影响,所有供试平台所用叶片均选自第一真叶。

1.1.3 实验装置

选用直径 8.5cm,高 1.5cm 的一次性培养皿。配制 1.5% 琼脂溶胶(3g 琼脂粉 + 200ml 蒸馏水),浇入培养皿,形成琼脂凝胶层(3mm)。取一块直径为 6cm 的豆叶,叶背向上平贴在琼脂凝胶层上。另取一皿底直径为 5cm 的培养皿压住叶片,沿培养皿边缘浇一层稍凉的琼脂溶胶,琼脂冷却固定后取走此培养皿。这样,一方面形成等大的实验叶面积(19.63cm^2),另一方面,可以保证叶片在实验期间的新鲜,同时也有效阻止由于叶片干燥而导致叶螨或蓟马钻入叶片与培养基间隙。为增加实验空间的透气性,皿盖打一直径 6cm 的圆孔,粘贴 240 目网纱。实验时用 Parafilm 封口膜将培养皿边缘密封。

1.2 实验方法

1.2.1 不同虫态东亚小花蝽对西方花蓟马和二斑叶螨不同虫态的选择性

(1) 东亚小花蝽 5 龄若虫、成虫对西方花蓟马及二斑叶螨不同虫态的选择性

实验用西方花蓟马为 2 龄若虫和成虫二个虫态,二斑叶螨为幼螨、若螨、雌成螨 3 个虫态。分别将等量的西方花蓟马 2 个虫态(45:45)或二斑叶螨 3 个虫态(30:30:30)的混合猎物接入上述的实验装置中,然后接入 1 头东亚小花蝽 5 龄若虫。24h 后记录西方花蓟马或二斑叶螨各虫态被取食数。东亚小花蝽成虫实验方法与若虫相同。

(2) 东亚小花蝽 5 龄若虫、成虫对二斑叶螨雌成螨与西方花蓟马若虫的捕食选择性

在上面两实验的结果基础上,比较东亚小花蝽对二斑叶螨雌成螨和西方花蓟马 2 龄若虫的捕食选择性,实验方法同(1)。在实验装置中接入 45 头二斑叶螨雌成螨和 45 头西方花蓟马若虫,再接入 1 头东亚小花蝽 5 龄若虫。24h 后记录二斑叶螨与西方花蓟马的被取食数。

1.2.2 不同猎物密度对东亚小花蝽雌成虫猎物选择性的影响

先接入二斑叶螨雌成螨 60 头,再分别接入不同密度(10,20,30,40,50,60 头)的西方花蓟马若虫于上述

实验装置中,反过来一样。挑入 1 头饥饿 24h 的东亚小花蝽雌成虫。24h 后检查两者被取食数。

所有实验均在室内人工气候箱条件下进行:温度 $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$, RH 70%, L:D = 16:8h。在选择性实验中,每个处理各重复 10 次;在密度影响实验中,每个处理各重复 15 次。每头东亚小花蝽仅用于 1 次实验处理。

1.3 数据分析

1.3.1 东亚小花蝽对两种猎物的捕食选择性

多种猎物共存时,捕食者对各种猎物的喜好性 C_i [15~17], 可用 Ivlev 提出的方程表示为:

$$C_i = \frac{Q_i - F_i}{Q_i + F_i}$$

式中, F_i 为第 i 种猎物在环境中所占比例, Q_i 为捕食者对第 i 种猎物的捕食比例。

设 N_i 为环境中第 i 种猎物的数量, N_{ai} 为捕食者捕食第 i 种猎物的数量, 则

$$F_i = \frac{N_i}{\sum N_i}, Q_i = \frac{N_{ai}}{\sum N_{ai}}$$

当 $C_i = 0$, 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。

1.3.2 数据处理

所有数据分析均在 SPSS13.0 统计分析软件上进行。

不同虫态东亚小花蝽对西方花蓟马若虫与成虫、对西方花蓟马若虫及二斑叶螨雌成螨, 无论是捕食量还是对两者的喜好性, 均用成对样本 t 测验比较差异显著性; 对二斑叶螨中三种螨态的捕食量与喜好性, 以及密度对东亚小花蝽捕食选择性的影响中, 用 Tukey 法比较差异显著性。喜好性 C_i 的统计值采用单样本 t 测验法, 与零假设 ($C_i = 0$) 比较。

各平均值比较前, 先进行方差同质性(齐次性)检验, 只有方差有同质性, 才进行平均值的比较。部分数据进行平方根转换, 以满足方差的同质性。

2 结果与分析

2.1 不同虫态东亚小花蝽对西方花蓟马和二斑叶螨不同虫态的选择性

2.1.1 东亚小花蝽 5 龄若虫与雌成虫对西方花蓟马、二斑叶螨不同虫态的选择性

东亚小花蝽 5 龄若虫和雌成虫对西方花蓟马若虫与成虫的捕食量和选择喜好性均有显著性差异, 对西方花蓟马若虫表现出显著的正喜好性。

东亚小花蝽 5 龄若虫对二斑叶螨 3 种虫态的捕食量差异不显著, 而成虫对二斑叶螨雌成螨的取食量显著大于对幼螨和若螨的捕食量。就喜好性而言, 无论是小花蝽 5 龄若虫还是成虫, 均对二斑叶螨雌成螨有显著的正喜好性。

东亚小花蝽 5 龄若虫和雌成虫对西方花蓟马、二斑叶螨的选择性(及捕食量)依次为: 西方花蓟马: 若虫 > 成虫; 二斑叶螨: 雌成螨 > 若螨 > 幼螨(表 1)。

2.1.2 东亚小花蝽 5 龄若虫与雌成虫对西方花蓟马若虫及二斑叶螨雌成螨间的捕食选择性

东亚小花蝽 5 龄若虫与成虫对西方花蓟马若虫和二斑叶螨雌成螨的捕食量之间差异显著, 对二者的喜好性有显著性差异。东亚小花蝽 5 龄若虫与成虫对西方花蓟马若虫均有显著的正喜好性(表 2)。

2.2 密度对东亚小花蝽雌成虫猎物选择性的影响

2.2.1 西方花蓟马的不同密度对东亚小花蝽捕食二斑叶螨的影响

西方花蓟马的密度变化对东亚小花蝽取食二斑叶螨成螨有显著影响。二斑叶螨密度固定为 60, 随着西方花蓟马密度增加, 二斑叶螨被捕食量显著减少, 而西方花蓟马本身的被取食数量却显著增加。二斑叶螨与西方花蓟马的总被捕食量也随着西方花蓟马密度增加而显著增加(表 3)。在西方花蓟马与二斑叶螨各个猎物密度组合条件下, 东亚小花蝽雌成虫均对西方花蓟马若虫有显著的正喜好性(表 3)。

表 1 不同虫态东亚小花蝽对不同虫态西方花蓟马或二斑叶螨的捕食选择性

Table 1 Prey preference of *O. sauteri* 5th instar larvae and adults on western flower thrips and two-spotted spider mite

东亚小花蝽虫态 <i>O. sauteri</i>	猎物种类 Preys	初始数量 No. of start population	被捕食数量 No. of consumed preys	喜好性 C_i Ivlev index
5 龄若虫 5 th instar larvae	西方花蓟马若虫 Larvae of thrips	45	32.20 ± 2.41 a	0.2156 ± 0.0211 a *
	西方花蓟马成虫 Adults of thrips	45	10.00 ± 2.10 b	-0.4266 ± 0.0733 b *
雌成虫 Female adults	西方花蓟马若虫 Larvae of thrips	45	34.60 ± 2.04a	0.1828 ± 0.0099 a *
	西方花蓟马成虫 Adults of thrips	45	13.00 ± 0.86b	-0.2951 ± 0.0253 b *
5 龄若虫 5 th instar larvae	二斑叶螨幼螨 Larvae of spider mites	30	18.90 ± 3.65 a	-0.1997 ± 0.0989 a ns
	二斑叶螨若螨 Nymphs of spider mites	30	21.00 ± 3.09 a	-0.0458 ± 0.0283 ab ns
	二斑叶螨成螨 Female adults of spider mites	30	25.40 ± 2.23 a	0.1194 ± 0.0435 b *
雌成虫 Female adults	二斑叶螨幼螨 Larvae of spider mites	30	14.30 ± 1.87 a	-0.1063 ± 0.0420 a *
	二斑叶螨若螨 Nymphs of spider mites	30	14.90 ± 1.88 a	-0.0920 ± 0.0448 a ns
	二斑叶螨成螨 Female adults of spider mites	30	22.10 ± 1.73 b	0.1290 ± 0.0216b *

表中被捕食量及喜好性数据均为平均数 ± 标准误,同列中不同字母分别表示小花蝽的某一虫态对西方花蓟马或二斑叶螨的不同虫态的捕食量或捕食喜好性差异显著 ($P < 0.05$); ns 和 * 分别表示与零假设差异不显著和显著 (Means ± SE) within a column by different letters indicate significant differences of the number of consumed preys and the Ivlev index between or among different stages of different preys by certain stage of predatory bug ($P < 0.05$); ns and * indicated non-significant and significant difference between Ivlev index with null hypothesis, respectively

表 2 不同虫态东亚小花蝽对西方花蓟马若虫和二斑叶螨雌成螨的选择性

Table 2 Prey preference of *O. sauteri* 5th instar larvae and adults on western flower thrips larvae and two-spotted spider mite female adults

东亚小花蝽虫态 <i>O. sauteri</i>	猎物种类 Preys	初始数量 No. of start population	被捕食量 No. of consumed preys	喜好性 C_i Ivlev index
5 龄若虫 5 th instar larvae	西方花蓟马若虫 Larvae of thrips	45	32.40 ± 3.04 a	0.1026 ± 0.0242 a *
	二斑叶螨雌成螨 Female adults of spider mites	45	22.70 ± 4.38 b	-0.1512 ± 0.0410 b *
雌成虫 Female adults	西方花蓟马若虫 Larvae of thrips	45	31.80 ± 2.46 a	0.0632 ± 0.0195 a *
	二斑叶螨雌成螨 Female adults of spider mites	45	25.10 ± 3.39 b	-0.0852 ± 0.0326 b *

表中被捕食量及喜好性数据均为平均数 ± 标准误,同列中不同英文字母分别表示某一虫态小花蝽对西方花蓟马若虫和二斑叶螨雌成螨的捕食差异显著 ($P < 0.05$); * 表示与零假设差异显著 (Means ± SE) within a column by different letters indicate significant differences of number of consumed preys and the Ivlev index between thrips larvae and spider mite adults by certain stage of predatory bug *O. sauteri* ($P < 0.05$); * indicated significant difference between Ivlev index with null hypothesis

2.2.2 二斑叶螨的不同密度对东亚小花蝽捕食西方花蓟马的影响

二斑叶螨的密度变化对东亚小花蝽取食西方花蓟马没有显著影响。西方花蓟马密度固定为 60,随着二斑叶螨密度增加,西方花蓟马的被取食量均在 34 到 38 头之间,而二斑叶螨被捕食量及二斑叶螨与西方花蓟马被捕食总量均显著增加(表 4)。在西方花蓟马与二斑叶螨各个猎物密度组合条件下,东亚小花蝽雌成虫对

西方花蓟马若虫有显著的正喜好性,仅有一例外(表4),对二斑叶螨,表现出显著的负喜好性。

表3 不同密度的西方花蓟马对东亚小花蝽捕食二斑叶螨的影响

Table 3 Effect of density of western flower thrips larvae on the predation of two-spotted spider mites adults by *O. sauteri*

西方花蓟马密度 Density of thrips	总捕食猎物数 Sum of consumed preys	捕食蓟马数量 No. of consumed thrips	捕食叶螨数量 No. of consumed spider mites	对西方花蓟马 的喜好性 C_i Ivlev index on thrips	对二斑叶螨 的喜好性 C_i Ivlev index on spider mites
10	51.87 ± 1.51 a	9.60 ± 0.16 a	42.27 ± 1.45 a	0.1307 ± 0.0136 *	-0.0266 ± 0.0033 *
20	52.93 ± 1.54 ab	16.87 ± 0.58 b	36.07 ± 1.18 b	0.1189 ± 0.0124 *	-0.0487 ± 0.0060 *
30	55.60 ± 2.18 abc	20.40 ± 0.89 b	35.20 ± 1.63 b	0.0466 ± 0.0147 *	-0.0277 ± 0.0080 *
40	58.60 ± 1.68 abc	26.27 ± 0.74 c	32.33 ± 1.29 bc	0.0571 ± 0.0108 *	-0.0445 ± 0.0087 *
50	61.00 ± 2.13 bc	33.07 ± 1.27 d	27.93 ± 0.99 cd	0.0866 ± 0.0055 *	-0.0869 ± 0.0066 *
60	61.53 ± 2.57 c	34.60 ± 1.62 d	26.93 ± 1.19 d	0.0572 ± 0.0082 *	-0.0673 ± 0.0105 *

表中数据均为平均数 ± 标准误,同列中字母不同表示差异显著, $P < 0.05$; * 表示与零假设差异显著 Means (± SE) within a column by different letters indicate significant differences among treatments ($P < 0.05$); * meant significantly difference of Ivlev index with the null hypothesis.

表4 不同密度的二斑叶螨对东亚小花蝽捕食西方花蓟马的影响

Table 4 Effect of density of two-spotted spider mites adults on the predation of western flower thrips larvae by *O. sauteri*

二斑叶螨密度 Density of spider mite	总捕食猎物数 Sum of consumed preys	捕食蓟马数量 No. of consumed thrips	捕食叶螨数量 No. of consumed spider mites	对西方花蓟马 的喜好性 C_i Ivlev index on thrips	对二斑叶螨 的喜好性 C_i Ivlev index on spider mites
10	38.47 ± 1.41 a	33.93 ± 1.30 a	4.53 ± 0.45 a	0.0138 ± 0.0064 *	-0.1285 ± 0.0553 *
20	50.27 ± 1.59 b	38.33 ± 1.05 a	11.93 ± 0.62 b	0.0092 ± 0.0041 *	-0.0320 ± 0.0145 *
30	53.13 ± 2.09 b	37.67 ± 1.53 a	15.47 ± 0.86 bc	0.0304 ± 0.0073 *	-0.0731 ± 0.0183 *
40	56.67 ± 3.11 b	36.60 ± 1.93 a	20.07 ± 2.09 cd	0.0369 ± 0.0200 ns	-0.0921 ± 0.0410 *
50	60.73 ± 2.85 bc	36.73 ± 1.78 a	24.00 ± 1.49 de	0.0501 ± 0.0105 *	-0.0733 ± 0.0158 *
60	68.80 ± 4.15 c	38.40 ± 1.85 a	30.40 ± 2.63 e	0.0593 ± 0.0144 *	-0.0771 ± 0.0218 *

表中数据均为平均数 ± 标准误,同列中字母不同表示差异显著, $P < 0.05$; * 表示与零假设差异显著, ns 表示差异不显著 Means (± SE) within a column by different letters indicate significant differences among treatments ($P < 0.05$). ns and * means non-significant and significant difference of Ivlev index with the null hypothesis, respectively

3 讨论

不同虫态的西方花蓟马或二斑叶螨供给东亚小花蝽 5 龄若虫或成虫,东亚小花蝽喜捕食西方花蓟马若虫与二斑叶螨雌成螨。当两喜好虫态同时提供给东亚小花蝽时,小花蝽更喜捕食西方花蓟马若虫。在密度影响实验中,西方花蓟马密度增加显著地减少小花蝽对二斑叶螨的取食,而二斑叶螨密度的增加却没有显著改变小花蝽对西方花蓟马的取食。这一结果表明,在二斑叶螨与西方花蓟马共发的系统中,小花蝽首选西方花蓟马,尤其是其若虫。这与 Xu 等在另一种小花蝽上 (*Orius insidiosus*) 得到的结论是一致的^[18],二斑叶螨密度的变化没有改变这种小花蝽对西方花蓟马的取食。但 Venzon 等^[19]和 Cloutier and Johnson^[20]的结论表明,西方花蓟马若虫可以躲避在二斑叶螨所产的丝网下,从而影响小花蝽对西方花蓟马的取食。造成与本实验结果差异的原因,可能是由于他们实验条件下二斑叶螨密度过大、产生较多的丝网。Venzon 等的实验在黄瓜叶片上接入 20 头/cm²二斑叶螨成螨,而 Cloutier and Johnson 的实验接入密度为 3 头/cm²,接入为害两天后开始实验。而本实验中,最大的接入密度也仅为 3 头/cm²,而且接入后直接接入东亚小花蝽,这时很少有叶螨丝网产生。

在东亚小花蝽对二斑叶螨三个虫态以及对二斑叶螨成螨及西方花蓟马若虫的选择性实验中,二斑叶螨成螨会产少量的卵,但对实验结果影响不大。一方面,二斑叶螨卵相对于其它虫态来说不是东亚小花蝽喜好的虫态^[21],另一方面,卵的存在并没有改变实验时其它虫态与东亚小花蝽相等的遭遇机会。

西方花蓟马是近年侵入中国的害虫。在侵入生态中,常和二斑叶螨共发。东亚小花蝽是叶螨的一个重要

捕食性天敌。实验结果已经显示,东亚小花蝽更喜欢取食西方花蓟马。那么,在二斑叶螨与西方花蓟马共发的系统中,是否会由于东亚小花蝽嗜好西方花蓟马而把二斑叶螨从其压制中解放出来呢?本实验的结果表明了这种倾向的存在。但由于实验是在室内控制条件下进行的,在自然条件下的表现如何还有待进一步试验验证。系统中若存在蚜虫、其它种蓟马,如花蓟马(*Frankliniella intonsa* (Trybom)、烟蓟马(*Thrips tabaci* Lindeman),它们也均为东亚小花蝽的猎物^[22],和西方花蓟马间又存在何种程度的似然竞争?此外,从实验结果来看,东亚小花蝽喜取食西方花蓟马若虫,取食后与其取食二斑叶螨或其它蓟马等对其后代性比、后代数量产生怎样的影响,所有这些对评价入侵性重要害虫-西方花蓟马的生态地位均有重要意义,有待深入研究。

References:

- [1] Zhao W D, Wang K Y, Jiang X Y, Yi M Q. The monitoring of resistance of *Tetranychus urticae* Koch to several insecticides. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 2001, 25(3): 86—88.
- [2] Brødsgaard H F. Insecticide resistance in European and African strains of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) tested in a new residual on glass test. *Journal of Economic Entomology*, 1994, 87: 1141—1146.
- [3] Fejt R, Jarosík V. Assessment of interactions between the predatory bug *Orius insidiosus* and the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* in biological control on greenhouse cucumber. *Plant Protection Science*, 2000, 36: 85—90.
- [4] Wilson L J, Bauer L R, Walter G H. "Phytophagous" thrips are facultative predators of two spotted spider mites (Acari: Tetranychidae) on cotton in Australia. *Bulletin of Entomological Research*, 1996, 86: 297—305.
- [5] Kirk W D J, Terry L I. The spread of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Agricultural Forest Entomology*, 2003, 5: 301—310.
- [6] Zhang Y J, Wu Q J, Xu B Y, Zhu G R. A dangerous invasive creature — western flower thrips occurs in Beijing. *Plant Protection*, 2003, 29(4): 58—59.
- [7] Guo J Y and Wan F H. Use *Kalanchoe bolssfeldiana* as oviposition plant for mass-rearing *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae). *Chinese Biological Control*, 2001, 17(2): 53—56.
- [8] Zhou W R, Wang R. Rearing of *Orius sauteri* (Hem.: Anthocoridae) with natural and artificial diets. *Chinese Journal of Biological Control*, 1989, 5(1): 9—12.
- [9] Du X G, Yan Y H. Effect of the cover crops on the pest mite *Panonychus ulmi* and its predator *Orius sauteri*. *Chinese Journal of Biological Control*, 1994, 10(3): 114—117.
- [10] Zhang A S, Yu Y, Li L L, Zhang S C. Predation of *Orius sauteri* adult on adults of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*), an invasive insect pest. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(5): 1903—1909.
- [11] Zhang A S, Yu Y, Men X Y, Li L L. Predation of *Orius sauteri* nymphs on *Frankliniella occidentalis* nymphs. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2008, 35(1): 7—11.
- [12] Nagai K, Yano E. Predation by *Orius sauteri* (Poppius) (Heteroptera: Anthocoridae) on *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae): Functional response and selective predation. *Applied Entomology and Zoology*, 2000, 35(4): 565—574.
- [13] Kohno K, Kashio T. Development and prey consumption of *Orius sauteri* (Poppius) and *O. minutus* (L.) (Heteroptera: Anthocoridae) fed on *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *Applied Entomology and Zoology*, 1998, 33(2): 227—230.
- [14] Enkegaard A, Brødsgaard H F, Hansen D L. *Macrolophus caliginosus*: Functional response to whiteflies and preference and switching capacity between whiteflies and spider mites. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2001, 101: 81—88.
- [15] Ivlev V S. Experimental ecology of the feeding fishes. Yale University Press, New Haven, Connecticut, USA, 1961, pp302.
- [16] Zhou J Z, Chen C M. Quantitative measurement of selectivity of predator for prey. *Acta Ecologica Sinica*, 1987, 7(1): 50—56.
- [17] Yan G Y, Cai X M, Chen J D, Chen C J. Study on the preference of *Coccinella septempunctata* L. between two species of wheat aphids. *Journal of Biomathematics*, 1993, 8(2): 48—56.
- [18] Xu X N, 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: 57—64.
- [19] Venzon M, Janssen A, Pallini A, Sabelis M W. Diet of a polyphagous arthropod predator affects refuge seeking of its thrips prey. *Animal Behavior*, 2000, 60: 369—375.
- [20] Cloutier C, Johnson S G. Predation by *Orius tristicolor* (Hemiptera: Anthocoridae) on *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae): Testing for compatibility between biocontrol agents. *Environmental Entomology*, 1993, 22: 477—482.

- [21] Paik C H, Hwang C Y, Lee G H, Kim D H, Choi M Y, Na S Y, Kim S S. Development, reproduction and longevity of predator *Orius sauteri* (Poppius) (Hemiptera: Anthocoridae) when reared on three different preys. Korean Journal of Applied Entomology, 2003, 42: 35—41.
- [22] Kakimoto K, Inoue H, Yamaguchi K, Ohno K, Takagi M. Population trends of *Orius sauteri* (Poppius) (Heteroptera: Anthocoridae) on weeds in spring. Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology, 2006, 50: 68—71.

参考文献:

- [1] 赵卫东, 王开运, 姜兴印, 仪美芹. 二斑叶螨对常用杀螨剂的抗药性测定. 农药学学报, 2001, 25(3): 86~88.
- [6] 张友军, 吴青君, 徐宝云, 朱国仁. 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.
- [7] 郭建英, 万方浩. 一种适于繁殖东亚小花蝽的产卵植物—寿星花. 中国生物防治, 2001, 17(2): 53~56.
- [8] 周伟儒, 王韧. 用天然和人工饲料饲养小花蝽的研究. 生物防治通报, 1989, 5(1): 9~12.
- [9] 杜相革, 严毓骅. 苹果园混合覆盖植物对害螨和东亚小花蝽的影响. 生物防治通报, 1994, 10(3): 114~117.
- [10] 张安盛, 于毅, 李丽莉, 张思聪. 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.
- [11] 张安盛, 于毅, 门兴元, 李丽莉. 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, 2008, 35(1): 7~11.
- [16] 周集中, 陈常铭. 捕食者对猎物选择性的数量测定方法. 生态学报, 1987, 7(1): 50~56.
- [17] 阎贵云, 蔡晓明, 陈济丁, 陈朝京. 七星瓢虫对麦长管蚜、禾谷缢管蚜捕食选择性研究. 生物数学学报, 1993, 8(2): 48~56.