

doi: 10.3969/j.issn.1674-0858.2014.06.19

东亚小花蝽对西花蓟马的控害能力评价

王 然, 王晓灵, 王 甦, 张 帆*

(北京市农林科学院植物保护环境保护研究所, 北京 100097)

摘要: 在实验室条件下, 采用编制特定年龄生命表的方法, 获得东亚小花蝽 *Orius sauteri* 和西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* 的重要种群生物学参数, 进而分析评价东亚小花蝽对西花蓟马的控害能力。结果表明: 东亚小花蝽的净生殖力 (22.6) 和内禀增长率 (0.1345) 均大于西花蓟马 (20.2、0.1225)。此外, 东亚小花蝽的世代历期 (23.17 d) 和种群倍增时间 (5.15 d) 均小于西花蓟马 (24.54 d、5.65 d)。另外, 东亚小花蝽的单雌平均产卵量 (61.8 粒) 大于西花蓟马 (35.4 粒)。综合上述研究结果说明, 东亚小花蝽的种群扩繁速度大于西花蓟马, 且具有控制西花蓟马种群增长的巨大潜力。

关键词: 东亚小花蝽; 西花蓟马; 天敌; 生命表; 控害能力

中图分类号: Q968.1; S476

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2014) 06-0983-07

Evaluation of the potential biocontrol capacity of *Orius sauteri* (Hemiptera, Anthocoridae) on *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera, Thripidae)

WANG Ran, WANG Xiao-Ling, WANG Su, ZHANG Fan* (Institute of Plant and Environment Protection, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China)

Abstract: In order to do research on the capacity of biocontrol of *Orius sauteri* to *Frankliniella occidentalis*, the age-specific life table and got a series of importantly biological parameters was established. The life tables' parameters showed that net reproductive rates (R_0) (22.6) and the intrinsic rate of increase (r_m) (0.1345) of *O. sauteri* were more than those of *F. occidentalis* (20.2, 0.1225). The Generation period (23.17 d) and the doubling time (t) (5.15 d) of *O. sauteri* which were shorter than those of *F. occidentalis* (24.54 d, 5.65 d). In the aspect of oviposition per female, the ability of *O. sauteri* was better than *F. occidentalis*. By means of comparative analysis of all above parameters, results showed that the propagation speed of *O. sauteri* was greater than *F. occidentalis*, and *O. sauteri* had the huge potential to control *F. occidentalis*.

Key words: *Orius sauteri*; *Frankliniella occidentalis*; natural enemy; life table; capacity of biocontrol

西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (Pergande) 起源于美国加利福尼亚州, 1983 年在欧洲首次被报道, 并经过近二十年的传播成为世界性分布的害虫 (Tygges, 1991), 其在温室和田间均可有害作物 (Karnkowski and Trdan, 2002)。我国于

2003 年 6 月在北京郊区的蔬菜大棚内首次发现西花蓟马 (吴青君等, 2007), 随后浙江、云南、山东等地相继发现其为害 (杜予洲等, 2005; 吴青君等, 2007; 郑长英等, 2007), 且存在大范围爆发的潜在危险, 可能直接威胁到我国农业的安全

基金项目: 国家重点基础研究发展计划资助项目 (2013CB127600); 北京市科技计划项目 (D141100000914000); 北京市农林科学院科技创新能力建设专项 (KJCX20140101)

作者简介: 王然, 男, 1985 年 11 月生, 博士, 助理研究员, 主要从事害虫生物防治研究

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: zf6131@263.net

生产。西花蓟马具有发育繁殖速度快、寄主范围广等特点,导致许多作物都受到了毁灭性的为害 (Lewis, 1997)。此外,由于西花蓟马对许多种杀虫剂均产生了抗性,化学防治往往效果不佳 (Zhao *et al.*, 1994; Kontsedalov *et al.*, 1998)。因此,生物防治手段是防控西花蓟马的重要途径之一 (Jacobson, 1997)。

小花蝽是农林害虫的一类重要捕食性天敌昆虫,可以捕食蓟马、蚜虫、叶螨、粉虱等小型农业害虫,所以被认为是一类很有利用价值的天敌昆虫 (王方海等, 1998)。国外对小花蝽的研究及应用较早,部分公司已经实现了对美洲小花蝽 *Orius insidiosus*, *O. laevigatus* 以及 *O. majusculus* 等的商品化生产,并广泛应用于农业生产,尤其对温室蓟马的防控起到了良好的效果 (Van Lenteren *et al.*, 1997)。20 世纪 80 年代加拿大首次引进了美洲小花蝽成功防治了黄瓜上的西花蓟马,随后日本学者 Kawai (1995) 也报道了小花蝽能有效控制茄子上西花蓟马的危害。东亚小花蝽 *O. sauteri* (Poppius) 是我国北方农林生态系统中重要的捕食性天敌昆虫,其成虫和若虫均可捕食蓟马、蚜虫、粉虱等小型害虫以及鳞翅目害虫的卵及初孵幼虫 (Riudavets, 1995)。其主要分布于东亚地区和俄罗斯的远东地区 (Wang *et al.*, 2003),并且在上述地区的蔬菜、果树、花卉以及农田生态系统的害虫防控体系中起到了重要作用 (Yano, 1996)。

近些年,国内已有一些关于东亚小花蝽对西花蓟马的功能反应的报道 (张安盛等, 2007a; 张安盛等, 2007b; 张安盛等, 2007c),但未见运用生命表方法评价分析东亚小花蝽对西花蓟马的控制能力的相关研究结果。自 Pearl 和 Parker (1922) 运用生命表分析果蝇种群以来,生命表分析已成为害虫种群系统控制的研究基础。目前生命表方法已经成为研究昆虫种群动态最有用的工具之一,此外,应用此方法还可以评价害虫防治的效果,制定数量预测模型以及实施害虫防控的科学管理等 (丁岩钦, 1994; 张孝曦, 1995)。本文采用特定年龄生命表的编制方法,分别获得东亚小花蝽和西花蓟马的一系列种群生物学参数,进而分析评价东亚小花蝽对西花蓟马的控制能力及利用价值,以期能够为利用东亚小花蝽防治西花蓟马提供理论依据,并探讨捕食性天敌的控害潜能评价方法。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

东亚小花蝽采自北京市农林科学院院内苜蓿 *Medicago minima* L. 田间,带回实验室内置于 60 cm × 45 cm × 40 cm、200 目的养虫笼中饲养,以西花蓟马饲养 3–5 代,建立试验饲养种群备用。

西花蓟马采自北京市门头沟蔬菜基地温室黄瓜 *Cucumis sativus* L. 田间,室内用芸豆 *Phaseolus vulgaris* L. 苗饲养,建立试验饲养种群。繁殖 3 代后,取刚孵化二龄若虫做供试猎物。

1.2 寄主植物

芸豆苗 (市售芸豆种子),室内温度 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $40 \pm 5\%$,光照周期 16L:8D 条件下进行种植,待两片真叶完全展开时备用。

1.3 试验条件及器具

试验在光照培养箱 (Sanyo MLR-350H) 中进行,温度 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $70 \pm 5\%$,光照周期 16L:8D。

试验器具: 200 目养虫笼 (60 cm × 45 cm × 40 cm); 养虫管 (容量 1 mL 的离心管改装而成); 养虫盒 (10 cm × 5 cm × 3 cm)。

1.4 试验方法

1.4.1 东亚小花蝽的饲养

在养虫盒内放置一片带有完整叶柄的芸豆叶,叶柄用湿润的棉球包裹。在养虫笼内取出繁殖 3–5 代的东亚小花蝽雌成虫 15 头,放入养虫盒内,使其在芸豆叶及柄部产卵,24 h 后将雌成虫取出,解剖镜下观察并记录产卵量。每天观察一次,一旦有一龄若虫孵出,记录下该卵的孵化时间。

将刚孵化的东亚小花蝽一龄若虫放入养虫管中单独饲养,其中养虫管中放入一段 2 cm 左右的新鲜芸豆茎 (叶) 梗,作为其栖息寄主,并起保湿作用。每天更换一次芸豆茎 (叶) 梗,并且喂饲足量的西花蓟马二龄若虫。每 24 h 记录一次龄期以及存活数。待发育至成虫后,挑选雌雄虫进行交配,24 h 后吸出雄虫,留下雌成虫让其产卵,每天观察记录雌成虫产卵量,直到雌成虫全部死亡为止。

1.4.2 西花蓟马的饲养

从养虫笼内取出西花蓟马雌成虫 50 头,放入

内有新鲜芸豆叶的养虫盒内,使西花蓟马在芸豆叶上产卵,24 h 后取出雌成虫。每天观察一次,一旦有一龄若虫孵出,记录下该卵的孵化时间。

将孵化出的单头西花蓟马一龄若虫,放入装有宽 1 cm,长 2 cm 的芸豆叶片的养虫管中供西花蓟马取食,每 24 h 更换一次叶片,并记录西花蓟马的龄期和存活数。待其发育至成虫后,挑选雌雄虫进行交配,24 h 后取出雄虫,留下雌成虫产卵。将更换下来的芸豆叶放入铺有加湿棉花的养虫盒内,每天观察并记录孵化出的一龄若虫数。直至雌成虫全部死亡,卵全部孵化为止。

1.5 生命表参数的计算

生命表参数计算参照黄寿山等(1996)和刘家莉等(2009)的方法。

2 结果与分析

2.1 东亚小花蝽特定龄期命表

从表 1 可见,当以西花蓟马作为猎物时,东亚小花蝽的卵孵化率达到了约 93%。在若虫存活率方面,除一龄若虫(约 84%)外,其余各龄期若虫的存活率均高于 95%,四龄若虫的存活率达到了 100%。其中,累积存活率 Σ 表示东亚小花蝽从卵期至五龄若虫的存活率的累积。刘家莉等(2009)认为,种群趋势指数 I = 净生殖力 R_0 ; 在特定时间生命表中计算出的 R_0 和 I 几乎相等,且由于本试验为单头饲养,所以世代平均历期可通过平均值求得;通过上述参数就可计算得 r_m 、 λ 和 t (见表 1)。

表 1 东亚小花蝽以西花蓟马为饲料的实验种群特定龄期生命表
Table 1 Age-specific life table of *Orius sauteri* fed on *Frankliniella occidentalis* in laboratory

参数 Parameters	起始虫数 Original number	死亡虫数 Death number	历期 t_i (d) Development period	存活率 s_i Survival percentage
卵 Eggs	60	4	2.6071	0.9333
一龄若虫 1 st nymph	56	9	3.4468	0.8393
二龄若虫 2 nd nymph	47	2	2.0667	0.9574
三龄若虫 3 rd nymph	45	2	1.7442	0.9556
四龄若虫 4 th nymph	43	0	1.5581	1
五龄若虫 5 th nymph	43	1	1.6429	0.9767
成虫 Adult	42		10.1035	
累积存活率 Σ Accumulative total of immaturity				0.7000
世代历期 T Generation period	$T = t_E + t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_A = 23.1693$			
单雌平均产卵量 Oviposition per female	$F P_F = 61.8519$			
雌性比率 Female ratio	$P_{\varphi} = 0.5217$			
种群趋势指数 I Index of population trend	$I = S_E S_1 S_2 S_3 S_4 S_5 F P_F P_{\varphi} = 22.5862$			
内禀增长率 r_m Intrinsic rate of increase	0.1345			
周限增长率 λ Finite rate of increase	1.1440			
种群倍增所需时间 t Doubling time	5.15			

注 Note: $r_m = \frac{\ln I}{T}$

2.2 西花蓟马特定龄期生命表

通过建立西花蓟马的特定年龄生命表 (表 2) 可知, 西花蓟马各龄期的存活率均高于 90%, 雌成虫最长可存活 37 d, 单雌平均产卵量约为 35 粒。参考刘家莉等 (2009) 方法, 种群趋势指数 $I = \text{净生殖力 } R_0$; 且由于本试验为单头饲养, 因此世代

平均历期可由平均值求得; 通过上述参数就可计算得 r_m 、 λ 和 T (见表 2)。此外, 由于未将虫卵在镜检下单头挑出, 所以虫卵的存活率未计算, 致使累积存活率 (Σ) 增大, 但下一代繁殖量也是以其初孵化若虫量进行估测, 所以种群趋势指数 (I) 并未失真。

表 2 西花蓟马以芸豆叶为饲料的实验种群特定龄期生命表

Table 2 Age-specific life table of *Frankliniella occidentalis* fed on bean leaf in laboratory

参数 Parameters	起始虫数 Original number	死亡虫数 Death number	历期 t_i (d) Development period	存活率 s_i Survival percentage
卵 Eggs	X		2.8818	
一龄若虫 1 st nymph	110	6	2.2596	0.9455
二龄若虫 2 nd nymph	104	5	3.1111	0.9512
预蛹 Prepupae	99	2	1.1031	0.9798
蛹 Pupae	97	0	1.0515	1
成虫 Adult	97	0	14.1171	1
累积存活率 Σ Accumulative total of immaturity				0.8812
世代历期 T Generation period		$T = t_E + t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_A = 24.5248$		
单雌平均产卵量 Oviposition per female			$F P_F = 35.4000$	
雌性比率 Female ratio			$P_{\varphi} = 0.6471$	
种群趋势指数 I Index of population trend			$I = S_E S_1 S_2 S_3 S_4 S_5 F P_F P_{\varphi} = 20.1858$	
内禀增长率 r_m Intrinsic rate of increase			0.1225	
周限增长率 λ Finite rate of increase			1.1304	
种群倍增所需时间 t Doubling time			5.65	

2.3 猎物和捕食者生命表参数的比较

表 3 为相同温度下东亚小花蝽和西花蓟马的生命表参数比较。

2.3.1 各龄期存活率及发育历期的比较

东亚小花蝽卵的孵化率为 93.33%, 卵的发育历期为 2.6 d; 其若虫期有 5 个龄期, 累积存活率为 0.75 ($S_1 S_2 \cdots S_5$)。其中一龄若虫的发育历期最长, 为 3.4 d; 其次为二龄若虫 (2.1 d); 三、四、五龄若虫的历期较短, 均在 1.5–1.7 d 以内; 总的发育历期为 13.1 d, 其中 42 头一龄若虫最终

发育为成虫。

西花蓟马的卵数没计算, 卵的发育历期为 2.9 d, 较东亚小花蝽的长。西花蓟马一龄若虫数为 110 头, 若虫期和蛹期的累积存活率为 0.88 ($S_1 S_2 S_{\text{预蛹}} S_{\text{蛹}}$), 有 97 头一龄若虫发育为成虫。若虫有一龄、二龄、预蛹和蛹 4 个龄期。一龄若虫的发育历期为 2.3 d; 二龄若虫的发育历期最长为 3.1 d; 预蛹和蛹的发育历期约为 1.1 d; 总的发育历期为 10.4 d, 较东亚小花蝽的短。说明如果均从卵期开始进行发育时间比较, 西花蓟马比东亚

小花蝽较快地发育为成虫。在本试验中, 虽然东亚小花蝽和西花蓟马在养虫管中的微环境存在不同, 但两种试虫在生长发育过程中的生存空间宽裕且食物供给充足, 因此该差异可以忽略不计。

表 3 东亚小花蝽与西花蓟马的生命表参数比较
Table 3 Comparison of life table parameters of *Orius sauteri* and *Frankliniella occidentalis*

参数 Parameters	物种 Species	
	东亚小花蝽 <i>O. sauteri</i>	西花蓟马 <i>F. occidentalis</i>
幼期存活率 S Survival rate of immaturity	0. 7000	0. 8818
平均产卵期 Oviposition duration	10. 4	11. 1
世代历期 T (d) Generation period	23. 17	24. 54
净生殖力 R_0 Net reproduction rate	22. 6	20. 2
内禀增长率 r_m Intrinsic rate of increase	0. 1345	0. 1225
周限增长率 λ Finite rate of increase	1. 1440	1. 1304
种群倍增时间 t (d) Doubling time	5. 15	5. 65
温度 ($^{\circ}\text{C}$) Temperature	25 $\pm$ 1	25 $\pm$ 1

2.3.2 平均单雌产卵量、产卵期以及累积存活率的比较

东亚小花蝽的平均单雌产卵量约为 61.8 粒, 其平均产卵期为 10.4 d, 累积存活率为 0.7000。另一方面, 西花蓟马平均单雌产卵量为 35.4 粒, 平均产卵期 11.1 d, 累积存活率为 0.8812。通过比较东亚小花蝽和西花蓟马的平均单雌产卵数量、产卵期以及累积存活率发现, 东亚小花蝽和西花蓟马各存优势, 因此无法确定在一定时间内两种群的消长情况。

2.3.3 世代历期 T、周限增长率 λ 以及种群倍增时间 t 的比较

东亚小花蝽的世代历期 (T = 23.17 d) 短于西花蓟马 (T = 24.52 d) , 说明东亚小花蝽经历一

个世代的时间比西花蓟马短; 东亚小花蝽的逐日增长倍数 λ 为 1.1440 高于其猎物 1.1304; 且东亚小花蝽的种群倍增时间 (t = 5.15 d) 比其猎物西花蓟马 (t = 5.65 d) 短, 即东亚小花蝽扩繁的速度大于西花蓟马。三个参数都在理论上说明了东亚小花蝽控制西花蓟马时, 具有种群增长上的优越性。

2.3.4 东亚小花蝽和西花蓟马的 R_0 和 r_m 的比较

东亚小花蝽每一世代种群增值倍数 ($R_0 = I = 22.6$), 且高于西花蓟马 ($R_0 = 20.2$), 即东亚小花蝽以西花蓟马为猎物时, 每个世代的增值倍数比西花蓟马的增值倍数高。但是, 西花蓟马可以孤雌生殖, 在没有天敌的情况下可以迅速繁殖, 且东亚小花蝽在自然界中是一种杂食性的天敌, 所以释放小花蝽时要考虑害虫的种类、释放时的益害比和天敌释放时间等, 才能取得良好的控制效果。

r_m 是衡量种群增值能力的综合性指标, 决定于种群的发育速度、寿命和生殖能力 (徐汝梅, 1990)。东亚小花蝽在温度 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 $70 \pm 5\%$, 光照周期 16L : 8D 的光照条件下的内禀增长率 r_m (0.1345), 比其猎物西花蓟马的 r_m (0.1225) 大, 表明东亚小花蝽以西花蓟马为猎物时的最大增值能力高于西花蓟马, 具有控制西花蓟马种群增长的潜力。

3 结论与讨论

生命表参数可以较好地反映种群消长机制, 通过比较生命表参数可以看出两种群间的差异 (徐汝梅, 1990)。通过利用生命表中 T、 R_0 、 r_m 、 λ 等重要种群参数, 可以将昆虫种群的生殖力加以概括, 为进一步评价分析天敌对害虫的控制能力提供了参考依据。此外, 在本试验中, 由于未将西花蓟马虫卵在镜检下单头挑出, 所以虫卵的存活率未计算, 致使累积存活率 (Σ) 增大, 但下一代繁殖量同样以其初孵化若虫量进行估测, 所以种群趋势指数 (I) 不会产生较大偏差, 因而不会导致 r_m 数值失真。张艳璇等 (2004) 通过建立种群生命表的方法评价分析了胡瓜钝绥螨对柑橘全爪螨 *Panonychus citri* 的控制能力, 该研究结果表明, 天敌胡瓜钝绥螨的 R_0 小于害虫柑橘全爪螨; 除此以外, 天敌的世代历期、种群倍增时间以及 r_m 均大于害虫。研究结果说明, 胡瓜钝绥螨具备优

良天敌的特性,在柑橘全爪螨处于低密度时能有效地控制柑橘全爪螨种群增长。本研究中,捕食性天敌昆虫东亚小花蝽的 R_0 和 r_m 均大于害虫西花蓟马,而世代历期和种群倍增时间均小于西花蓟马,说明东亚小花蝽种群发育速率和加倍时间等优于猎物西花蓟马,种群优势明显,且可能具有时间上的超前效应。具备控制后者种群的潜能,是控制西花蓟马的优质天敌。

在净生殖力和内禀增长率方面,东亚小花蝽均大于西花蓟马。此外,东亚小花蝽的世代历期和种群倍增时间均短于西花蓟马。另外,通过计算比较发现,东亚小花蝽的单雌平均产卵量多于西花蓟马。通过对各种生命表参数进行比较并加以分析,结果说明东亚小花蝽的种群繁殖速度大于西花蓟马,所以其在控制西花蓟马的种群增长方面存在较大潜能。Blaeser 等 (2004) 比较了包括东亚小花蝽在内的 5 种捕食性天敌对西花蓟马若虫的捕食能力,结果显示,当以西花蓟马为猎物时,此 5 种捕食性天敌昆虫均可成功发育并繁殖,同时发现其中东亚小花蝽的捕食能力较强。张安盛等 (2007b) 所做的东亚小花蝽对西花蓟马的功能反应研究,在 26℃ 情况下,单头东亚小花蝽成虫平均捕食西花蓟马若虫 59.67 头,说明东亚小花蝽对西花蓟马的捕食量很大。本文采用编制天敌和猎物生命表的方法,所得结果和上述结论相符,即东亚小花蝽具有控制西花蓟马种群增长的巨大潜力。

通过比较一系列生命表参数可知,本研究中的东亚小花蝽对西花蓟马具有较强的控制能力,即西花蓟马可以作为东亚小花蝽较理想的饲料。在其他关于东亚小花蝽取食西花蓟马的研究中,Xu 和 Enkegaard (2009) 报道了当猎物密度相同的情况下,东亚小花蝽对西花蓟马的捕食量明显高于其对二斑叶螨 *Tetranychus urticae* 的捕食量。在类似研究中,Nagai 和 Yano (2000) 报道了东亚小花蝽对棕榈蓟马的捕食功能反应以及选择性捕食行为。该报道称,东亚小花蝽对棕榈蓟马的捕食能力较强,且东亚小花蝽的若虫和成虫对处于不同发育阶段的棕榈蓟马 *Thrips palmi* 的捕食量存在差异。此外,美洲小花蝽 *Orius insidiosus* 对辣椒上处于不同发育阶段的西花蓟马以及东方花蓟马 *F. tritici* 均具有较强的捕食能力 (Baez *et al.*, 2004)。以上研究均说明,小花蝽对蓟马具有较强的捕食能力。

然而,上述研究大多是在室内特定条件下完成。在自然界中,捕食性天敌昆虫的捕食能力会受温度、湿度、光周期以及害虫种类等因素的影响。其中,Zhou 等 (2006) 和 Zhang 等 (2012) 分别报道了由于不同温度和不同光周期对南方小花蝽 *O. similis* 的生长发育、存活率以及捕食能力存在影响。另外,Bonte 等 (2012) 通过试验证明了两种小花蝽 *O. thripoborus* 和 *O. naivashae* 在不同的温度下其一系列生物学特征出现差异,从而导致二者在不同温度下的种群规模出现差异,此类差异被视为两种小花蝽在生物学特征上存在一定程度的互补性。通过利用两种小花蝽的生物学互补性,可以更加合理高效地设计捕食性天敌的释放时机,从而达到事半功倍的效果。所以上述因素对东亚小花蝽取食西花蓟马能力的影响以及在田间东亚小花蝽取食西花蓟马能力有待进一步研究。

致谢: 华南农业大学黄寿山教授在实验中的指导与帮助。

参考文献 (References)

- Baez I, Reitz SR, Funderburk JE. Predation by *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthracoridae) on life stages and species of *Frankliniella occidentalis* flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) in pepper flowers [J]. *Environmental Entomology*, 2004, 33: 662–670.
- Blaeser P, Sengonca C, Zegula T. The potential use of different predatory bug species in the biological control of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) [J]. *European Journal of Forest Research*, 2004, 77: 211–219.
- Bonte J, De Ro M, Conlong D, *et al.* Thermal biology of the predatory Bugs *Orius thripoborus* and *O. naivashae* (Hemiptera: Anthracoridae) [J]. *Environmental Entomology*, 2012, 41: 989–996.
- Ding YQ. Mathematical Ecology of Insect [M]. Beijing: Science Press, 1994, 155. [丁岩钦. 昆虫数学生态学 [M]. 北京: 科学出版社, 1994, 155]
- Du YZ, Dai L, Ju RT, *et al.* Risk analysis of alien invasive western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande), in China [J]. *Agricultural Sciences in China*, 2005, 38 (11): 2360–2364. [杜予洲, 戴霖, 鞠瑞亭, 等. 入侵害虫西花蓟马在中国的风险性初步分析 [J]. 中国农业科学, 2005, 38 (11): 2360–2364]
- Huang SS, Dai ZY, Wu DZ. The establishment and analysis of the experimental population life table of *Trichogramma* spp. on different hosts [J]. *China Plant Protection*, 1996, 23 (3): 209–212. [黄寿山, 戴志一, 吴达璋. 赤眼蜂实验种群生命表的编制与应用 [J]. 植物保护学报, 1996, 23 (3): 209–212]

- Jacobson RJ. Integrated Pest Management (IPM) in glasshouses. In: Lewis T, ed. Thrips as Crop Pests [C]. Wallingford: CAB Int., 1997, 639–666.
- Karnkowski W, Trdan S. Diagnostic protocols for regulated pests—*Frankliniella occidentalis* [R]. OEPP/EPO Bull. 2002, 32: 281–292.
- Kawai A. Control of *Thrips palmi* Kamy (Thysanoptera: Thripidae) by *Orius* spp. (Heteroptera: Anthocoridae) on greenhouse eggplant [J]. *Appl. Entomol. Zool.*, 1995, 30 (1): 1–7.
- Kontsedalov S, Weintraub PG, Horowitz AR, et al. Effects of insecticides on immature and adult western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) in Israel [J]. *J Econ. Entomol.*, 1998, 91: 1067–1071.
- Lewis T. Pest thrips in perspective. In: Lewis T, ed. Thrips as Crop Pests [C]. Wallingford: CAB Int., 1997, 1–13.
- Liu JL, Yang B, Lu YY, et al. An improvement on life table of experimental population: example from *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter (Hemiptera: Miridae) [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29 (6): 3206–3212. [刘家莉, 杨斌, 陆永跃, 等. 改进实验种群生命表编制的方法——以黑肩绿盛盲蝽为例 [J]. 生态学报, 2009, 29 (6): 3206–3212]
- Nagai K, Yano E. Predation by *Orius sauteri* (Poppus) (Heteroptera: Anthocoridae) on *Thrips palmi* Kamy (Thysanoptera: Thripidae): functional response and selective predation [J]. *Applied Entomology and Zoology*, 2000, 35: 565–574.
- Pearl R, Parker SL. On the influence of density of population upon the rate of reproduction in *Drosophila* [J]. *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A.* 1922, 8: 212–219.
- Riudavets J. Predators of *Frankliniella occidentalis* (Perg.) and *Thrips tabaci* Lind.: a review [J]. *Wageningen Agricultural University Papers*, 1995, (95) 1: 43–87.
- Tyggas S. Die räuberische blumenwanze *Orius majusculus* dtsh gartenbau [J]. 1991, 35: 2140–2141.
- van Lenteren JC, Roskam MM, Timmer R. Commercial mass production and pricing of organisms for biological control of pests in Europe [J]. *Biological Control*, 1997, (10) 2: 143–149.
- Wang FH, Zhou WR, Wang R. The biological observation and rearing method of *Orius sauteri* (Hemiptera anthocoridae) [J]. *Natural Enemies of Insect*, 1998, 20 (1): 42–44. [王方海, 周伟儒, 王韧. 东亚小花蝽的生物学及其人工繁殖 [J]. 昆虫天敌, 1998, 20 (1): 42–44]
- Wang YP, Wu H, Bu WJ, et al. Geographic distribution of the genus *Orius* Wolff (Heteroptera: Anthocoridae) [J]. *Journal of Zhejiang Forestry College*, 2003, 20: 389–393.
- Wu QJ, Xu BY, Zhang ZJ, et al. Investigate the spread and thrips species in Beijing, Zhejiang and Yunnan [J]. *China Plant Protection*, 2007, 27 (1): 32–34. [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 [J]. 中国植保导刊, 2007, 27 (1): 32–34]
- Xu RM. Insect Population Ecology (the second edition) [M]. Beijing: Beijing Normal University Press, 1990. [徐汝梅. 昆虫种群生态学 (第二版) [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 1990]
- Xu XN, Enkegaard A. Prey preference of *Orius sauteri* between western flower thrips and spider mites [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2009, 132: 93–98.
- Yano E. Biology of *Orius sauteri* (Poppus) and its potential as a biocontrol agent for *Thrips palmi* [R]. *IOBC/wprs Bull.*, 1996, (19): 203–206.
- Zhang AS, YU Y, Li LL, et al. Predation of *Orius sauteri* adult on adults of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*), an invasive insect pest [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2007a, 27 (5): 1903–1909. [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 [J]. 生态学报, 2007a, 27 (5): 1903–1909]
- Zhang AS, YU Y, Li LL, et al. Functional response and searching rate of *Orius sauteri* adults on *Frankliniella occidentalis* nymphs [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2007b, 26 (8): 1233–1237. [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 [J]. 生态学杂志, 2007b, 26 (8): 1233–1237]
- Zhang AS, YU Y, Men XY, et al. Predation of *Orius sauteri* nymph on *Frankliniella occidentalis* adults [J]. *Natural Enemies of Insects*, 2007c, 29 (3): 108–112. [张安盛, 于毅, 门兴元, 等. 东亚小花蝽若虫对西花蓟马成虫的捕食作用 [J]. 昆虫天敌, 2007c, 29 (3): 108–112]
- Zhang SC, Zhu F, Zheng XL, et al. Survival and developmental characteristics of the predatory bug *Orius similis* (Hemiptera: Anthocoridae) fed on *Tetranychus cinnabarinus* (Acari: Tetranychidae) at three constant temperatures [J]. *European Journal of Entomology*, 2012, 109 (4): 503–508.
- Zhang XX. Insect Ecology and Forecast (the second edition) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1995. [张孝曦. 昆虫生态及预测预报 (第二版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995]
- Zhang YX, Lin JZ, Ji J, et al. Analysis of numerical responses and main life parameters for determining the suppression of *Amblyseius cucumeris* on *Panonychus citri* [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2004, 37 (12): 1866–1873. [张艳璇, 林坚贞, 季洁, 等. 数值反应和实验种群生命表分析西瓜钝绥螨对柑橘全爪螨的控制能力 [J]. 中国农业科学, 2004, 37 (12): 1866–1873]
- Zhao G, Liu W, Knowles CO. Mechanisms associated with diazinon resistance in western flower thrips [J]. *Pest Biochem. Physiol.*, 1994, 49: 13–23.
- Zheng CY, Liu YH, Zhang NQ, et al. Invaded insect pest – *Frankliniella occidentalis* first reported in Shandong Province [J]. *Journal of Qingdao Agricultural University (Natural Science)*, 2007, 24 (3): 172–174. [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 [J]. 青岛农业大学学报 (自然科学版), 2007, 24 (3): 172–174]
- Zhou XM, Zhu F, Li H, et al. Effect of temperature on development of *Orius similis* Zheng (Hemiptera: Anthocoridae) and on its predation activity against *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) [J]. *Pan-Pacific Entomologist*, 2006, 82 (1): 97–102.