

天敌昆虫东亚小花蝽研究进展与展望

朱正阳^{1,2} 邸 宁^{1*} 张 帆¹ 徐志刚² 王 甦^{1*}

(1. 北京市农林科学院植物保护研究所, 北京 100097; 2. 南京农业大学农学院, 南京 210095)

摘要: 东亚小花蝽 *Orius sauteri* 是一种应用价值较高的捕食性天敌, 因其具有分布范围广、捕食能力强等优点, 在农林害虫生物防治中发挥着越来越重要的作用。该文综合分析国内外近几十年东亚小花蝽的研究进展, 主要从其形态特征、生活史、环境适应性、捕食能力、人工饲养及应用等方面进行综述, 并对其应用前景和进一步的研究方向进行展望, 以期为东亚小花蝽的规模繁育和释放应用提供依据。

关键词: 天敌昆虫; 东亚小花蝽; 生物防治; 环境适应性; 规模繁育; 释放应用

Research progress and prospect of minute pirate bug *Orius sauteri*

Zhu Zhengyang^{1,2} Di Ning^{1*} Zhang Fan¹ Xu Zhigang² Wang Su^{1*}

(1. Institute of Plant Protection, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China;

2. College of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, Jiangsu Province, China)

Abstract: The minute pirate bug *Orius sauteri* is a predatory natural enemy with a high application value. For its wide distribution and strong predatory ability, it plays an increasingly important role in the biological control of agricultural and forest pests. In this review, the research advances in *O. sauteri* in China and abroad in recent decades were comprehensively discussed. The morphological characteristics, life history, environmental adaptability, predatory ability, artificial rearing and application of *O. sauteri* were summarized. In order to provide a reference and theoretical basis for the mass rearing, release and application of *O. sauteri*, the prospects for application and further research of *O. sauteri* were predicted.

Key words: natural enemy; *Orius sauteri*; biological control; environmental suitability; mass rearing; release application

东亚小花蝽 *Orius sauteri*, 隶属于半翅目花蝽科小花蝽属 *Orius*, 因其具有分布范围广、适应性好、捕食能力强等优点, 是一种应用价值较高的捕食性天敌昆虫。东亚小花蝽主要分布在中国北方的辽宁、内蒙古、北京、天津、河北、山西和南方的湖北、四川等省(市、区)以及日本、朝鲜和俄罗斯远东地区(Wang et al., 2003; 杨淑斐, 2008)。该天敌捕食范围广, 成虫和若虫均可捕食蓟马、粉虱、蚜虫、叶螨、叶蝉和鳞翅目昆虫的卵及低龄幼虫等(Zhao et al., 2017; Wang et al., 2019; Lin et al., 2020)。目前, 东

亚小花蝽作为可购买到的捕食性天敌, 已经逐渐用于温室作物蓟马和粉虱等害虫的防控, 在绿色农业生产中发挥着越来越重要的作用(Wang et al., 2014; Ogino et al., 2016; Ge et al., 2020)。但是目前, 该天敌的生产和应用成本都较高, 主要是由于工厂化繁育水平受到饲养扩繁技术不完善等问题的限制, 释放应用的规模化水平受到配套技术不成熟等问题的制约, 所以本文针对东亚小花蝽的生活史、环境适应性和人工规模繁育等领域的研究和应用进展进行总结, 以期为东亚小花蝽的进一步研究和应用提供参考。

基金项目: 北京市农林科学院青年科学基金(QNJJ201917), 国家自然科学基金青年基金(31901945), 财政部和农业农村部国家现代农业产业技术体系(CARS-30-3-04), 北京市科技计划项目(Z201100008020014)

* 通信作者 (Authors for correspondence), E-mail: dining@ipepbaafs.cn, wangsu@ipepbaafs.cn

收稿日期: 2021-01-07

1 形态特征

东亚小花蝽体型微小,体呈椭圆形,有光泽,体长多为1.9~2.6 mm,在小花蝽属中体型中等。头黑褐色,头顶中部有纵列毛,呈Y形分布,单眼突出,两单眼间有一横列毛。触角共4节,粗细较一致,常雌雄分型,雄成虫触角经常比雌成虫触角粗,其中又以第2节最为明显;触角第1、2节污黄褐色,第3、4节黑褐色。喙3节,一般长度超过前足基节。前胸背板黑褐色,具刻点,领短,胫区隆起,光滑;四角无直立长毛;雄成虫侧缘微凹,雌成虫侧缘直,全部或大部分成薄边状;雄成虫前胸背板较雌成虫小。前翅具刻点,爪片和革片淡色,楔片大部分黑褐或仅末端色深,膜片具3条脉,黑褐色或黑白色。足淡黄褐色,股节外侧色较深,后足基节相互靠近,雄成虫前足胫节内侧有小齿。后胸腹板三角形。雌成虫体型较雄成虫大,腹部末端正常,产卵器明显;雄成虫腹部末端呈不对称状,阳基侧突螺旋型,向左旋(卜文俊和郑乐怡,2001)。东亚小花蝽为不完全变态昆虫,两性生殖,生活史经历卵、若虫、成虫3个阶段。其多数在早晨和上午羽化成虫,羽化数小时后即可交配,全天均可交配;雌、雄成虫一生可以多次交配,以第1次交配时间最长,且交配行为多在较暗的地方进行。一般交配2 d后可产卵,仅交配后的雌成虫具有产卵能力(张维球,1980)。小花蝽属昆虫的若虫具翅芽且随龄期增长逐渐伸长,体型呈椭圆状,初孵时呈淡黄色且透明,随龄期增长体色逐渐变为淡黄褐色,若虫多为5龄,也有少数为4龄(崔素贞,1994)。在若虫发育末期雄成虫抱器基本形成,雌成虫产卵器也开始分化,已经可以分辨雌雄(罗志义,1980)。由于小花蝽属昆虫形态特征相近,所以田间的识别较为困难。多数文献报道采用解剖交配管的方法进行分类鉴定(王义平,1999;张骏等,2015),近年也有利用DNA条形码技术进行分类鉴定的报道(胡泽章等,2017)。

东亚小花蝽与其他小花蝽属昆虫相同,常将卵产于植物嫩叶叶柄、叶脉组织和嫩茎内。外表可见白色外露的卵盖,边缘隆起,中间凹陷,凹陷中央又略微隆起,在显微镜下可看到卵盖边缘由许多不规则形状的孔室排列而成。卵粒呈长茄形,表面有网状花纹,内部充盈液体,长0.5~0.6 mm,最宽处约0.2 mm左右,卵盖直径约0.1 mm,初产时呈乳白色,中期灰白色,后期呈黄褐色,临近孵化时可观察到一对红色眼点(罗志义,1980;张维球,1980)。小花蝽

属昆虫这种产卵习性,使得在人工饲养中产卵基质的把控至关重要,这也是大规模饲养的瓶颈之一(刘俊秀等,2022)。

2 生活史

我国学者对小花蝽属昆虫生活史的研究集中于20世纪末到21世纪初,这些研究系统总结了小花蝽的越冬场所和活动时期。小花蝽属昆虫以雌成虫在树皮缝隙及小麦、苜蓿、油菜、蔬菜和杂草等多种越冬作物的枯枝落叶中越冬(张维球,1980;崔素贞,1994)。在我国北方,越冬的东亚小花蝽3月下旬开始在苜蓿等杂草和地面上的枯枝落叶内活动,并且卵巢开始发育;4月初卵巢成熟,并开始产卵(于毅和严毓骅,1999);4月中旬前后,其数量有所增加,均为越冬的雌成虫;5月中下旬即可观察到新孵化的若虫和成虫,说明已经繁殖完成1代;8月中旬至9月末时若虫数量较多;10月中旬左右雄成虫变少,雌成虫变多,小花蝽开始群集越冬(王义平,1999)。经室内室温饲养观察,东亚小花蝽若虫期平均为11~13 d,成虫期平均为15~18 d。最新研究表明,以取食人工饲料微胶囊剂型、平菇厉眼蕈蚊 *Lycoriella pleuroti* 和黏虫 *Mythimna separata* 卵的东亚小花蝽雌成虫的全生育期寿命分别可以达到36、36和31 d(Wang et al., 2019;郭培等,2020)。东亚小花蝽从卵发育到成虫即完成1个世代历期(图1),在北京1年可发生5~8代,每代历期1个月左右,世代重叠明显(崔素贞,1994)。

3 环境适应性

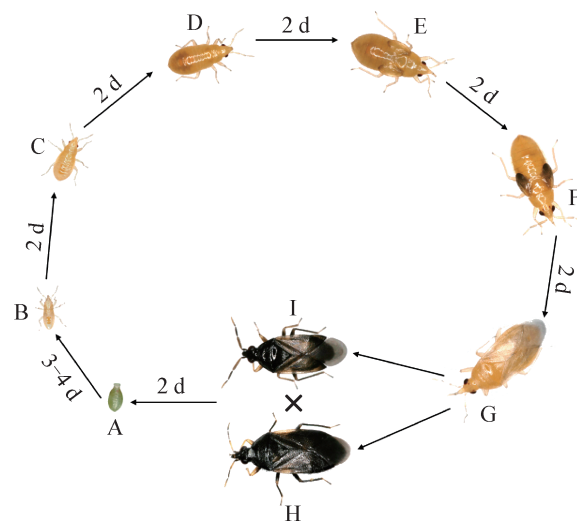
环境条件会对昆虫的生长发育、呼吸代谢、存活繁殖、寿命和捕食行为等方面产生重要影响。环境因素主要包括温度、湿度、光、风、土壤温湿度、土壤理化性质等。寄主植物和化学投入品的使用也会影响东亚小花蝽的适合度。适宜的环境条件是成功进行天敌饲养和应用的基础。目前,基于我国农业绿色生产的需求,对东亚小花蝽等捕食性天敌的需求日益增加,但是其工厂化繁育和规模化应用仍有许多问题,其中环境适应性制约着这些捕食性天敌的饲养和应用效率,而目前国内外对于影响东亚小花蝽生长发育等的环境因素主要集中在温度、光和杀虫剂等3个方面。

3.1 温度

温度是所有环境条件中对昆虫影响最为显著的因素之一。温度不仅可以影响东亚小花蝽的生长发

育和繁殖,还对其捕食能力以及越冬、滞育产生一定影响。东亚小花蝽生长发育的最适温度一般在25℃左右(Lee & Kim, 1992; Nagai & Yano, 1999)。研究发现东亚小花蝽卵、若虫、产卵前期和全世代的发育起点温度分别为11.8、9.1、17.0和13.0℃,有效积温分别为54.1、229.1、55.8和309.8日度(于毅等, 2000)。Nakata(1995)、Nagai & Yano(1999)也得出了相似的研究结果。于毅等(1998;2000)研究发现,在20~32℃范围内,东亚小花蝽各发育阶段的发育历期随着温度的升高而缩短,发育速率随着温度的升高而加快。Lee & Kim(1992)研究发现,在15、20、25和30℃时,东亚小花蝽卵、若虫和成虫的发育历期不但会随温度的升高而缩短,产卵量也会随温

度的升高而增加。这与于毅和严毓骅(1999)研究发现的在一定温度范围内,较高温度可以促进东亚小花蝽卵巢发育,缩短产卵前期,增加单雌产卵量的结果一致。温度越高,东亚小花蝽的个体就越小,而相同温度条件下雌成虫的个体都比雄成虫大(Lee & Kim, 1992; Nakata, 1995)。但过高的温度也会降低东亚小花蝽的生理适应性,例如,41℃和43℃的短时高温会显著降低东亚小花蝽的存活率和成虫寿命,同时也延长产卵前期,缩短产卵期,进而降低单雌产卵量(刘文静等,2011)。温度在东亚小花蝽的滞育解除中同样起着重要作用,随着温度升高解除滞育所需的时间也相应缩短(于毅和严毓骅, 1998)。



A: 卵,卵外部绿色部分为植物组织; B: 1龄若虫; C: 2龄若虫; D: 3龄若虫; E: 4龄若虫; F: 5龄若虫; G: 初羽化成虫; H: 雌成虫; I: 雄成虫。A: Egg, the green area around the egg is plant tissue; B: 1st-instar nymph; C: 2nd-instar nymph; D: 3rd-instar nymph; E: 4th-instar nymph; F: 5th-instar nymph; G: newly emerged adult; H: female adult; I: male adult.

图1 东亚小花蝽生活史

Fig. 1 Life cycle of *Orius sauteri*

温度也会影响东亚小花蝽对猎物的捕食能力。在一定的温度范围内,东亚小花蝽对猎物的捕食能力先随温度升高而增强,在适宜的温度下达到最大,之后随着温度的持续升高其捕食能力逐渐减弱。例如,东亚小花蝽在15、20、25和30℃下对豆蚜 *Aphis craccivora* 的捕食功能反应均符合Holling II型,且捕食能力与温度显著相关;在25℃时,对豆蚜的捕食能力最强,理论最大捕食量为181.36头/d,显著高于15、20和30℃时的捕食量(Ge et al., 2018)。张安盛等(2007a, b)研究了东亚小花蝽成虫在18、22、26、30和34℃五个温度下对西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* 成虫和若虫的捕食功能反应,发现其对

该害虫成虫和若虫的最大捕食量均在26℃时达到最高,捕食上限分别为51.3头/d和163.9头/d。在东亚小花蝽若虫捕食西花蓟马成虫的试验中,发现其最适的捕食温度也为26℃(张安盛等,2008)。以上研究结果均表明东亚小花蝽捕食的最适温度与其生长发育的最适温度相接近。所以在田间应用时,若环境温度过高或过低,均不利于东亚小花蝽达到最佳的捕食能力。

3.2 光

光对昆虫的生长发育同样起着关键性作用。光周期、光照强度和光谱(波长)都会对东亚小花蝽的生长发育和行为反应产生重要影响。在恒温条件

下,随着光照时间的延长东亚小花蝽若虫的发育历期有缩短趋势,且温度越低,趋势越明显;在同一光周期下,东亚小花蝽雄成虫的发育速率略快于雌成虫,尤以接近 13 h 的光照时间最为明显(于毅等,1998)。同时,光照时间的增加可以显著增加东亚小花蝽的产卵量,而产卵前期逐渐缩短,可见光照时间的增加可加速其卵巢发育进程,提高产卵百分率(于毅和严毓骅,1999)。东亚小花蝽滞育诱导的临界光周期在 14 L:10 D 和 14.5 L:9.5 D 之间(Ito & Nakata,1998)。而 Kohno(1998)研究却发现在东亚小花蝽的滞育解除过程中,26℃下 10 L:14 D 相比于 14 L:10 D 的光周期使东亚小花蝽雌成虫的产卵率显著下降,但是产卵前期却要短于 14 L:10 D 时的产卵前期,表明在 26℃时较短的光周期并未延长东亚小花蝽的产卵前期。Wang et al.(2013)研究发现较低的光照强度显著延长东亚小花蝽 1~3 龄若虫和成虫的发育历期、产卵前期,同时降低产卵量,但却提高卵孵化率;在对其行为影响方面,东亚小花蝽雌成虫的移动速度也会因为光照强度的降低而减慢。蓝光和红光可以显著延长东亚小花蝽的发育历期和产卵前期,并降低产卵量和卵的孵化率,但是黄光和绿光却没有延长作用(Wang et al.,2013)。目前国内有利用紫外光防控温室害虫的尝试,然而该技术仍处于初步探索阶段,仍有待进一步研究和验证。光谱对东亚小花蝽成虫的趋、避光行为影响也很大,且在不同光谱之间差异显著。东亚小花蝽雌雄成虫在趋、避光行为反应中总体趋势相似,都对紫外光、蓝绿光和橙红光较为敏感,但是雌成虫的趋、避光反应行为远大于雄成虫(冯娜等,2015)。Ogino et al.(2016;2020)研究发现紫外光可以将东亚小花蝽吸引到田间作物上,进而降低农作物上的害虫数量。光环境的改变会严重影响东亚小花蝽的发育进程和繁殖能力,而当前在人工繁育过程中,最常用的是固定光照强度的白光,若通过对光谱、光照强度或光周期加以改良的方式提高繁育效率,将有助于进一步优化东亚小花蝽的人工繁育技术。

3.3 杀虫剂

目前在农业生产中,化学防治仍是害虫防控的重要手段。但杀虫剂不但会影响昆虫的行为,还能够直接杀死天敌昆虫,造成农田生态系统食物网(链)失衡,降低天敌的控害效果。目前常用的杀虫剂大都会对东亚小花蝽造成一定的毒杀作用(表 1)。例如,吕兵等(2018)研究 10 种设施蔬菜常用杀虫剂对东亚小花蝽的影响时发现,使用田间推荐浓

度的高效氟氯菊酯、噻虫嗪和醚菊酯处理东亚小花蝽 24 h 后其致死率高达 100%。除了直接的毒杀作用,杀虫剂还会影响东亚小花蝽的捕食能力和繁殖能力。如东亚小花蝽对大豆蚜 *Aphis glycines* 的捕食能力和搜寻效应随高效氯氟氰菊酯浓度的增加而下降(邓士群等,2020)。Lin et al.(2020)研究表明,东亚小花蝽在 LC₁₀、LC₂₀ 和 LC₃₀ 三种亚致死浓度的啉虫脒和吡虫啉下暴露 24 h 后,其繁殖能力显著下降,且啉虫脒的影响高于吡虫啉;同时这 2 种杀虫剂还会降低东亚小花蝽的产卵期和成虫寿命,并增加 F₁ 代若虫的死亡率。现有研究表明,只有吡蚜酮、螺虫乙酯、联苯肼酯和鱼藤酮等少数几种杀虫剂对东亚小花蝽的毒性较小、相对较为安全(何丹等,2018;孙贝贝等,2018;Lin et al.,2021)。因此,在释放东亚小花蝽防控害虫时,应选用对其安全、低毒的杀虫剂,协调应用生物防治和化学防治。东亚小花蝽与啉虫脒或氟吡呋喃酮联合用于防控温室辣椒上的西花蓟马时,其效果要强于单独使用这 2 种农药时的效果,但低于仅应用东亚小花蝽防控的效果,且与仅使用化学防治相比环境风险较低,故可作为一种经济可行的西花蓟马防治方法(Lin et al.,2021)。只有两者有机结合,才有可能达到“1+1>2”的控害效果。

4 人工饲养

目前,天敌昆虫的释放应用作为绿色防控的重要环节,在农业生产中发挥着越来越重要的作用。而天敌释放应用的基础是规模繁育,所以东亚小花蝽等小花蝽属天敌的人工饲养技术研发与创新一直是国内外研究的热点。捕食性天敌的工厂化水平与寄生性天敌相比还比较低,目前饲养技术较为成熟的捕食性天敌包括捕食螨、异色瓢虫 *Harmonia axyridis*、七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* 和龟纹瓢虫 *Propylea japonica* 等,而由于东亚小花蝽在植物组织内的特殊产卵习性造成人工饲养中产卵基质和替代寄主的选择和操作难度大,所以对于其产卵基质和饲料的研究一直是国内外规模繁育的重点。

4.1 产卵基质

产卵基质是东亚小花蝽人工饲养中的一个关键问题,它直接影响雌成虫的产卵量和卵的孵化率,从而影响东亚小花蝽的繁殖效率。由于小花蝽属天敌将卵产入植物组织,而卵的发育和孵化全程在组织内部完成,所以需要相对稳定的组织环境。目前国内关于产卵基质的研究多数集中于植物性产卵基质,也有少量人造产卵基质的报道。

表 1 常用杀虫剂对东亚小花蝽的急性毒性
Table 1 The acute toxicity of common insecticides to *Orius sauteri*

药剂名称 Insecticide	LC ₅₀ / (mg (a.i.)/L)	毒力回归方程 Toxicity regression equation	相关系数 Correlation coefficient r^2	参考文献 Reference
啉虫脒 Acetamiprid	4.49	$y=-1.03+1.53x$	0.968	何丹等, 2018 He et al., 2018
	2.87	$y=-0.78+0.67x$	0.998	孙贝贝等, 2018 Sun et al., 2018
	12.75	$y=4.09+0.82x$	0.971	Lin et al., 2021
阿维菌素 Avermectin	2.86	$y=4.07+2.01x$	0.982	肖达等, 2014 Xiao et al., 2014
	36.57	$y=-2.11+1.35x$	0.959	何丹等, 2018 He et al., 2018
联苯腈酯 Bifenazate	111.79	$y=-2.38+0.99x$	0.888	孙贝贝等, 2018 Sun et al., 2018
联苯菊酯 Bifenthrin	0.08	$y=1.45+1.33x$	0.957	何丹等, 2018 He et al., 2018
噻嗪酮 Buprofezin	35.28	$y=2.12+1.81x$	0.980	肖达等, 2014 Xiao et al., 2014
噻虫胺 Clothianidin	1.40	$y=4.90+0.67x$	0.982	Lin et al., 2021
呋虫胺 Dinotefuran	0.97	$y=0.01+1.60x$	0.976	何丹等, 2018 He et al., 2018
	3.72	$y=4.35+1.13x$	0.961	Lin et al., 2021
甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 Emamectin benzoate	15.80	$y=-2.38+1.99x$	0.937	何丹等, 2018 He et al., 2018
氟吡呋喃酮 Flupyradifurone	9.24	$y=4.01+1.03x$	0.955	Lin et al., 2021
吡虫啉 Imidacloprid	10.13	$y=3.47+1.48x$	0.978	肖达等, 2014 Xiao et al., 2014
	4.99	$y=-1.14+1.65x$	0.985	何丹等, 2018 He et al., 2018
	44.32	$y=3.71+0.78x$	0.997	Lin et al., 2021
高效氯氟氰菊酯 Lambda-cyhalothrin	1.84	$y=-2.48+1.58x$	0.989	邓士群等, 2020 Deng et al., 2020
烯啶虫胺 Nitenpyram	2.11	$y=4.30+2.15x$	0.995	Lin et al., 2021
除虫菊素 Pyrethrins	2.22	$y=-1.64+0.76x$	0.961	孙贝贝等, 2018 Sun et al., 2018
鱼藤酮 Rotenone	38.31	$y=-1.62+0.56x$	0.911	孙贝贝等, 2018 Sun et al., 2018
乙基多杀菌素 Spinetoram	1.36	$y=-2.03+1.50x$	0.963	孙贝贝等, 2018 Sun et al., 2018
螺虫乙酯 Spirotetramat	10 844.23	$y=-1.56+0.32x$	0.977	孙贝贝等, 2018 Sun et al., 2018
噻虫啉 Thiacloprid	0.30	$y=5.49+0.95x$	0.951	Lin et al., 2021
噻虫嗪 Thiamethoxam	12.96	$y=-2.09+1.22x$	0.932	孙贝贝等, 2018 Sun et al., 2018
	0.002	$y=3.67+1.32x$	0.966	何丹等, 2018 He et al., 2018
	1.45	$y=4.83+1.07x$	0.982	Lin et al., 2021

4.1.1 植物性产卵基质

植物性产卵基质既可以作为产卵的载体,又可以作为水源,但也有易干枯、易腐烂和农药残留等缺点,影响了东亚小花蝽雌成虫的产卵和卵的孵化,进而影响成虫的获得(王广鹏等, 2005)。所以选择易获得、易购买和易储藏的产卵基质,是植物性产卵基质的研究重点。

研究表明,东亚小花蝽的产卵选择偏好性受植物物理性状的影响,其雌成虫更喜欢选择气孔密度高、气孔面积大、毛状体较少的植物作为产卵寄主,产卵深度由叶片厚度决定。并且东亚小花蝽雌成虫可以通过评估植物表面的结构质量来选择产卵寄主和特定的产卵部位(Zhang L et al., 2021)。目前东

亚小花蝽的产卵基质以植物组织为主,主要包括黄豆芽、寿星花嫩茎、菜豆荚和夏至草等。周伟儒等(1991)研究东亚小花蝽在黄豆芽、连翘嫩茎和菜豆荚3种产卵基质上的产卵选择时发现,东亚小花蝽在黄豆芽上的产卵量远高于在连翘嫩茎和菜豆荚的产卵量、卵孵化率和成虫获得率都较高且可以冷藏。于毅等(1997)比较了东亚小花蝽对果园内常见植物夏至草、泥胡菜、紫花苜蓿和独行草等的产卵选择,发现东亚小花蝽在夏至草上的产卵量显著高于其他植物。也有研究发现东亚小花蝽在寿星花嫩茎、燕子掌叶片和黄豆芽3种植物上没有产卵选择偏好性,且产卵能力也无差异,但是在寿星花嫩茎上的卵孵化率高且易冷藏,因此研究提出寿星花嫩茎

是一种较好的产卵基质(郭建英和万方浩, 2001)。此外, 用发芽的蚕豆种子作为东亚小花蝽的产卵基质, 其卵孵化率可达97.1%, 带卵的发芽蚕豆种子在2.5~12.5℃中保存1周仍能保持较高的孵化率(Murai et al., 2011)。Tan et al. (2014)通过比较菜豆芽、黄豆芽、蚕豆芽和菜豆叶作为东亚小花蝽的适宜产卵基质时发现, 东亚小花蝽在菜豆芽上的产卵量最多, 并且产卵前期更短, 卵孵化率更高。而杨丽文等(2014)发现东亚小花蝽更喜欢在白芸豆叶片上产卵, 且卵孵化率高达91.76%, 高于在白芸豆嫩茎、发芽的蚕豆种子和夏至草嫩茎上的卵孵化率, 认为白芸豆叶片适合作为东亚小花蝽人工饲养的产卵基质。近期, 有研究采用东亚小花蝽在植物上的产卵适合度作为评价指标, 探索可增加东亚小花蝽应用防治效果的田间功能植物, 研究结果表明红豆和绿豆2种豆科植物具有较好的产卵适合度, 可以在田间作为功能植物提高东亚小花蝽的防效(Zhang RF et al., 2021; 刘俊秀等, 2022)。目前所报道的研究结果多为实验室条件下东亚小花蝽繁殖1~2代时的产卵量、卵孵化率和寿命等指标, 而在中试条件下的长期观测对于规模繁育的成功与否至关重要, 所以一种植物性产卵基质是否能够用于工厂化生产, 还需实践检验。

4.1.2 非植物性产卵基质

非植物性产卵基质的研究和报道极少。国外学者Castañé & Zalom (1994)研制出一种石蜡包裹氯化钾角叉藻盐的人造产卵基质用于繁育狡小花蝽 *O. insidiosus*, 与菜豆荚作为产卵基质相比, 这种人造产卵基质在日产卵量、卵孵化率、发育历期和雌成虫获得率及冷藏后的卵孵化率等方面均无显著差异, 因此可以作为美洲小花蝽的替代产卵基质。而目前国内对东亚小花蝽人造产卵基质的研究未见报道。若人造产卵基质研制成功, 将减少工厂化繁育中植物性产卵基质替换和把控的问题, 极大降低工作量, 提高饲养效率。然而目前非植物性产卵基质仍有待进一步探索与研究, 进一步优化东亚小花蝽的规模化繁育技术。

4.2 饲料

饲料作为东亚小花蝽的营养来源维持其正常生命活动, 是人工饲养的关键环节, 目前国内外研究主要集中在植物源饲料、动物源饲料及人工合成饲料3个方面。

4.2.1 植物源饲料

植物源饲料主要包括各种植物的花粉、花蜜和

汁液。周伟儒和王韧(1989)研究发现, 取食苦瓜、月季、扁豆和丝瓜花粉的东亚小花蝽成虫获得率可达90%以上, 但如果只喂食月季花粉, 不补充水和植物(菜豆荚), 东亚小花蝽不能发育到成虫, 若虫仅存活2 d; 单独喂食菜豆荚, 也不能发育到成虫, 若虫可存活5 d。单用花粉等饲养东亚小花蝽, 不能完成正常的生长发育(Richards & Schmidt, 1996; Vacante et al., 1997)。王方海等(1996)用花粉酥和嫩玉米粒饲养东亚小花蝽, 其成虫获得率分别为40%和10%。国内外大量研究表明, 仅使用植物源饲料单独饲养东亚小花蝽不能使其发育为成虫, 或虽可发育至成虫但产卵量较低, 表明植物源饲料不能充分满足其生长发育或生殖的营养需求, 在东亚小花蝽饲养过程中只能作为其他饲料的辅助营养物质。

4.2.2 动物源饲料

自然界中东亚小花蝽所捕食的蓟马、粉虱、蚜虫以及鳞翅目昆虫的卵等均可作为动物源饲料。Yano et al. (2002)研究表明, 用地中海粉螟 *Ephestia kuehniella* 卵饲养东亚小花蝽, 其单雌产卵量为103.9粒, 雌成虫寿命为27.9 d, 表明用地中海粉螟卵作为饲料饲养东亚小花蝽具有可行性。郭建英等(2002)研究发现, 用人工螟黄赤眼蜂 *Trichogramma chilonis* 蛹饲养的东亚小花蝽若虫发育和成虫产卵能力均与用自然寄主桃蚜 *Myzus persicae* 饲养的东亚小花蝽无显著差异, 表明螟黄赤眼蜂蛹作为饲料能够满足东亚小花蝽生长发育和繁殖的需要。杨淑斐等(2009)研究表明腐食酪螨 *Tyrophagus putrescentiae* 可以作为东亚小花蝽规模化饲养的饲料, 其成虫获得率为70%~80%, 与用桃蚜饲养的效果无显著差异, 但显著高于用朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* 饲养的东亚小花蝽成虫获得率。研究报道米蛾 *Corcyra cephalonica* 卵可以作为替代猎物来满足东亚小花蝽全世代生长发育的营养需求, 其单雌产卵量为70.5粒, 种群增长指数为22.18, 雌成虫全生育期需要取食米蛾卵183.8粒, 表明以米蛾卵为饲料饲养东亚小花蝽具有可行性(杨丽文等, 2014)。Wang et al. (2014)研究发现用西花蓟马饲养的东亚小花蝽比朱砂叶螨和蚜虫饲养的东亚小花蝽发育更快, 成虫个体更大, 产卵前期更短, 繁殖力更高, 寿命更长。郭培等(2020)研究表明黏虫卵可以作为东亚小花蝽的饲料, 使其完成正常的生长发育, 成虫获得率为77.5%, 单雌产卵量为72.5粒, 东亚小花蝽雌成虫全生育期只需取食80.4粒黏虫卵, 并且使用黏虫卵辅

以芸豆莢和10%蜂蜜水作为饲料,可以显著提高东亚小花蝽成虫获得率和单雌产卵量,分别为76.27%和107.87粒,是适宜东亚小花蝽规模化繁育的优良饲料组合(李成军等,2021)。

以上研究表明利用地中海粉螟卵、腐食酪螨、西花蓟马、桃蚜和米蛾卵等饲养东亚小花蝽均具有可行性,但是不同动物源饲料的饲养效率和操作难易程度也存在差异。因此,应该根据不同的繁育条件,不断优化、筛选出最适宜东亚小花蝽生长发育、繁殖,以及捕食控害的动物源饲料。值得指出的是,由于动物源饲料总体成本相对较高,且大规模饲养时受环境条件影响大,限制了其稳定供应能力,所以应与植物源饲料和人工饲料相结合用于东亚小花蝽的饲养,进一步提高成虫获得率和产卵量,从而降低生产成本。

4.2.3 人工饲料

由于植物源饲料不能满足东亚小花蝽生长发育和生殖营养的需要,而动物源饲料的规模生产又受其他饲养的限制,因而人工饲料作为东亚小花蝽规模繁育的替代饲料具有极大的研发应用价值。周伟儒和王韧(1989)用人工卵IIB型人工饲料(啤酒酵母自溶液、大豆水解液、鸡蛋黄、蜂蜜、蔗糖和亚油酸)和啤酒酵母液(啤酒酵母粉、食糖和水)饲养东亚小花蝽,发现人工卵IIB型人工饲料的成虫获得率为72.3%~82.3%,而啤酒酵母液饲料的成虫获得率仅为18.2%。王方海等(1996)用脱脂奶粉和生鸡蛋饲养东亚小花蝽,发现用脱脂奶粉饲养的东亚小花蝽成虫获得率为20%,而用生鸡蛋饲养的东亚小花蝽羽化前全部死亡。谭晓玲等(2010)研制出以海藻酸钠和壳聚糖为外包装材料,以鸡蛋黄、柞蚕 *Antheraea pernyi* 蛹匀浆、蔗糖、蜂蜜、油菜花粉和胆碱等材料的不同配比制成的东亚小花蝽人工饲料微胶囊剂型。该微胶囊型人工饲料能够满足东亚小花蝽的生长发育和繁殖,但与活体饲料朱砂叶螨饲养相比,该人工饲料饲养的东亚小花蝽若虫发育历期显著延长,雌成虫寿命显著缩短,且产卵量、卵孵化率和产卵期显著降低;此外,取食人工微胶囊饲料的东亚小花蝽成虫呼吸熵、代谢速率和爬行速度显著降低(Tan et al., 2013)。虽然有人工饲料饲养成功的案例,但国内外关于东亚小花蝽人工饲料的研发报道和相关专利还很少,对所需营养成分的优化和配比还需要深入研究和探索。稳定的人工饲料剂型和高效的饲料配方是成功应用的关键。东亚小花蝽人

工饲料的成功研制和稳定应用,必会极大降低其饲养成本,提高饲养效率,降低释放成本,从而提高其田间释放应用的群众接受度。

5 捕食能力及应用

5.1 捕食能力

东亚小花蝽捕食范围广,其成虫和若虫均有较强的捕食能力,对不同猎物以及相同猎物的不同虫态的捕食具有选择偏好性。尹哲等(2017)研究了东亚小花蝽对西花蓟马、桃蚜和二斑叶螨 *Tetranychus urticae* 的捕食能力及其捕食选择性,结果表明东亚小花蝽对西花蓟马、二斑叶螨和桃蚜均具有较强的捕食能力;而当这3种猎物共存时,东亚小花蝽会优先捕食西花蓟马,其次是桃蚜和二斑叶螨。这与 Xu & Enkegaard(2009)发现的在西花蓟马2龄若虫和二斑叶螨密度相同的情况下,东亚小花蝽更喜欢捕食西花蓟马的结果一致。东亚小花蝽对玉米蚜 *Rhopalosiphum maidis*、棉蚜 *Aphis gossypii*、桃蚜和豆蚜4种蚜虫的捕食选择趋势无显著差异(Zhang et al., 2022)。东亚小花蝽成虫和5龄若虫对西花蓟马2龄若虫的捕食选择性均强于对该害虫的成虫,而对二斑叶螨的捕食选择性却完全相反,从高到底依次为雌成螨、若螨、幼螨(孙晓会等,2009)。东亚小花蝽对不同猎物的捕食选择性可能与它们长期的协同进化有关,而对相同猎物的不同虫态或相近物种而言,则可能与该猎物的体型、水分含量和营养成分水平等紧密相关。通过捕食功能反应研究表明,东亚小花蝽对蓟马、蚜虫、粉虱、叶螨等均具有较强的捕食能力和控害潜能,其捕食功能反应大都符合 Holling II 模型,但东亚小花蝽成虫对美洲棘蓟马 *Echinothrips americanus* 的捕食功能反应既符合 Holling II 模型又符合 Holling III 模型(表2)。东亚小花蝽的捕食能力也会因温度变化而变化,一般在26℃左右时具有较强的捕食能力,这为东亚小花蝽在适宜的温度下释放提供依据(韩岚岚等,2015; Ge et al., 2018)。

5.2 释放应用

目前随着我国农业对绿色防控技术需求的日益增加,东亚小花蝽在防控果园、设施蔬菜及花卉害虫的发生和暴发中发挥着重要作用,具有巨大的潜力,已成为绿色农业和有机农业生产中蓟马等小型害虫防控的优势天敌之一。

表 2 东亚小花蝽对一些猎物的捕食功能反应模型

Table 2 The predation models for functional response of *Orius sauteri* to some preys

猎物 Prey	东亚小花蝽虫态 Stage of <i>O. sauteri</i>	试验温度 Test temperature/°C	捕食功能反应模型 Type of functional response	理论最大捕食量 Theoretical maximum predation per day	参考文献 Reference
豆蚜成虫 <i>Aphis craccivora</i> adult	成虫 Adult	25	Holling II	181.4	Ge et al., 2018
大豆蚜成虫 <i>A. glycines</i> adult	雌成虫 Female adult	26	Holling II	18.2	邓士群等, 2020 Deng et al., 2020
	4~5 龄若虫 4th~5th-instar nymph	26	Holling II	8.2	韩岚岚等, 2015 Han et al., 2015
烟粉虱成虫 <i>Bemisia tabaci</i> adult	雌成虫 Female adult	22.5	Holling II	8.0	武予清等, 2010 Wu et al., 2010
烟粉虱伪蛹 <i>Be. tabaci</i> pseudopupae	成虫 Adult	24	Holling II	17.4	王洪亮等, 2013 Wang et al., 2013
甘蓝蚜成虫 <i>Brevicoryne brassicae</i> adult	雌成虫 Female adult	22.5	Holling II	8.8	武予清等, 2010 Wu et al., 2010
红花指管蚜成虫 <i>Cyrtopeltis tenuis</i> adult	成虫 Adult	25	Holling II	5.7	任向辉等, 2019 Ren et al., 2019
茶棍蓟马成虫 <i>Dendrothrips minowai</i> adult	成虫 Adult	25	Holling II	30.5	Zhang QP et al., 2021
	2 龄若虫 2nd-instar nymph	25	Holling II	9.5	Zhang QP et al., 2021
	4 龄若虫 4th-instar nymph	25	Holling II	17.0	Zhang QP et al., 2021
	4~5 龄若虫 4th~5th-instar nymph	25	Holling II	26.3	李慧玲等, 2019 Li et al., 2019
美洲棘蓟马成虫 <i>Echinothrips americanus</i> adult	雌成虫 Female adult	25	Holling II	58.5	朱亮等, 2015 Zhu et al., 2015
	雌成虫 Female adult	25	Holling III	41.8	朱亮等, 2015 Zhu et al., 2015
茶小绿叶蝉卵 <i>Empoasca onukii</i> egg	4~5 龄若虫 4th~5th-instar nymph	25	Holling II	22.3	李慧玲等, 2019 Li et al., 2019
茶小绿叶蝉若虫 <i>Em. onukii</i> nymph	4~5 龄若虫 4th~5th-instar nymph	25	Holling II	19.7	李慧玲等, 2019 Li et al., 2019
西花蓟马成虫 <i>Frankliniella occidentalis</i> adult	成虫 Adult	26	Holling II	51.3	张安盛等, 2007a Zhang et al., 2007a
	2 龄若虫 2nd-instar nymph	26	Holling II	9.2	张安盛等, 2007c Zhang et al., 2007c
	4 龄若虫 4th-instar nymph	26	Holling II	23.0	张安盛等, 2007c Zhang et al., 2007c
西花蓟马若虫 <i>Frankliniella occidentalis</i> nymph	成虫 Adult	26	Holling II	163.9	张安盛等, 2007b Zhang et al., 2007b
西花蓟马 2 龄若虫 <i>F. occidentalis</i> 2nd-instar nymph	2 龄若虫 2nd-instar nymph	26	Holling II	18.2	张安盛等, 2008 Zhang et al., 2008
西花蓟马 4 龄若虫 <i>F. occidentalis</i> 4th-instar nymph	4 龄若虫 4th-instar nymph	26	Holling II	38.2	张安盛等, 2008 Zhang et al., 2008
平菇厉眼蕈蚊卵 <i>Lycoriella pleuroti</i> egg	雌成虫 Male adult	25	Holling II	295.4	Wang et al., 2019

续表2 Continued

猎物 Prey	东亚小花蝽虫态 Stage of <i>O. sauteri</i>	试验温度 Test temperature/°C	捕食功能反应模型 Type of functional response	理论最大捕食量 Theoretical maximum predation per day	参考文献 Reference
平菇厉眼蕈蚊幼虫 <i>L. pleuroti</i> larvae	雌成虫 Female adult	25	Holling II	287.5	Wang et al., 2019
	雌成虫 Male adult	25	Holling II	249.6	Wang et al., 2019
	雌成虫 Female adult	25	Holling II	236.8	Wang et al., 2019
	成虫 Adult	25	Holling II	107.9	邢秀霞等, 2010 Xing et al., 2010
桃蚜成虫 <i>Myzus persicae</i> adult	3龄若虫 3rd-instar nymph	25	Holling II	15.19	Di et al., 2021
草地贪夜蛾卵 <i>Spodoptera frugiperda</i> egg	成虫 Adult	25	Holling II	11.2	孙贝贝等, 2020 Sun et al., 2020
草地贪夜蛾1龄幼虫 <i>S. frugiperda</i> 1st-instar larvae	5龄若虫 5th-instar nymph	25	Holling II	20.8	孙贝贝等, 2020 Sun et al., 2020
黄胸蓟马成虫 <i>Th. hawaiiensis</i> adult	成虫 Adult	26	Holling II	84.8	付步礼等, 2019 Fu et al., 2019
黄胸蓟马2龄若虫 <i>Th. hawaiiensis</i> 2nd-instar nymph	3龄若虫 3rd-instar nymph	26	Holling II	25.1	付步礼等, 2019 Fu et al., 2019
	5龄若虫 5th-instar nymph	26	Holling II	61.0	付步礼等, 2019 Fu et al., 2019
	成虫 Adult	26	Holling II	76.3	付步礼等, 2019 Fu et al., 2019
	3龄若虫 3rd-instar nymph	26	Holling II	101.0	付步礼等, 2019 Fu et al., 2019
棉蓟马成虫 <i>Th. tabaci</i> adult	5龄若虫 5th-instar nymph	26	Holling II	149.3	付步礼等, 2019 Fu et al., 2019
	雌成虫 Female adult	22.5	Holling II	12.8	武予清等, 2010 Wu et al., 2010
	雌成虫 Female adult	22.5	Holling II	19.0	武予清等, 2010 Wu et al., 2010
	雌成虫 Female adult	22.5	Holling II	19.0	武予清等, 2010 Wu et al., 2010
朱砂叶螨成虫 <i>Tetranychus cinnabarinus</i> adult	雌成虫 Female adult	22.5	Holling II	19.0	武予清等, 2010 Wu et al., 2010
二斑叶螨成虫 <i>Te. urticae</i> adult	5龄若虫 5th-instar nymph	26	Holling II	197.1	陈亚丰等, 2021 Chen et al., 2021

蒋月丽等(2011)研究发现,温室中以1头/m²的密度释放东亚小花蝽7周,对辣椒上朱砂叶螨、蓟马和蚜虫的防治效果分别可以达到99.30%、98.41%和94.13%。尹健等(2013)研究发现在茄子苗期蓟马未发生时以2头/m²的密度释放东亚小花蝽成虫,在蓟马发生盛期时防治效果可以达到94.46%;而在茄子开花期同样以2头/m²的密度释放东亚小花蝽成虫,其控制效果仅为66.62%。表明在植物生长前期释放东亚小花蝽对于蓟马的防治效果更佳。在日光温室蓟马发生初期,以2头/m²的密度连续释放东亚小花蝽3次,每次间隔1周,14 d后对温室中辣椒、茄子、黄瓜上蓟马的防治效果分别为95.82%、88.58%和55.94%,且3种作物间的防治效果具有显著差异,

对辣椒上蓟马防治效果要优于在茄子和黄瓜的效果(侯峥嵘等,2018)。目前在田间,东亚小花蝽更多被用来防治蓟马类害虫,但它对粉虱也有很好的防治效果。例如,东亚小花蝽以1~2头/m²的密度每周释放1次,连续释放3周,对温室茄子上烟粉虱 *Bemisia tabaci* 成虫和若虫的防治效果可分别达83.00%和92.00%以上(任豪辉等,2020)。在生产中,不仅可以单独释放东亚小花蝽防控害虫,还可以将其与寄生性天敌联合释放。尹园园等(2018)通过丽蚜小蜂 *Encarsia formosa* 和东亚小花蝽联合使用控制黄瓜上的粉虱和蓟马,并辅以熊蜂 *Bombus terrestris* 授粉,对这2种害虫的防控效果分别达到98.17%和76.20%。

在国外还很少有对东亚小花蝽释放应用的报道,但是研究表明在温室内释放其他小花蝽属天敌,例如无毛小花蝽 *O. laevigatus*、肩毛小花蝽 *O. niger*、南方小花蝽 *O. strigicollis* 和淡翅小花蝽 *O. albidipennis* 等,均可以有效控制辣椒、茄子、黄瓜等作物上的害虫种群数量 (Kim et al., 2004; Keçeci & Gürkan, 2013; El Arnaouty et al., 2018)。释放 2 头/m² 或 6 头/m² 无毛小花蝽均可降低辣椒上西花蓟马的发生数量,同时显著提高辣椒的产量和品质 (Weintraub et al., 2011)。

以上研究均表明东亚小花蝽对不同作物上的蓟马和粉虱等害虫表现出良好的防治效果,虽然也会因作物和释放时期的差异产生不同的效果,但在我国有机生产的实践中具有化学药剂投入量降低的优点,受到相关从业者的青睐。目前,释放应用小花蝽较多的作物为草莓和茄果类蔬菜作物,这些作物多为品种好、品质高、品相佳的高端绿色农产品,在市场上售价较高,所以产品的受众面还比较窄。目前国内由于规模繁育、释放应用和诱集回收等技术的瓶颈和高成本等因素,使东亚小花蝽的大面积应用受到一定的制约,在普通种植户中推广仍有一定的难度。

6 展望

随着我国绿色农业和有机农业生产规模的不断扩大,东亚小花蝽等天敌的应用前景十分广泛。虽然国内外研究者对东亚小花蝽的生物学特性、环境适应性、人工饲养和捕食能力及应用等方面做了大量的研究,但多数研究集中于对产卵量、卵孵化率、害虫减退率等指标的评价。在分类和地理分布方面的研究有待深入,且少有大尺度的研究。在规模繁育方面,仍有很多问题需要继续深入研究,例如能够简化饲养流程、提高饲养效率的配套用品和自动化器具研发以及饲养过程中东亚小花蝽对不同产卵基质和不同饲料的适应性生理机制。在田间应用方面,针对如何提高其适应不同环境条件的能力从而提高释放效率的研究、释放应用后增加定殖扩繁效率的配套技术和诱集回收再利用从而降低应用成本的配套技术研发等问题的研究仍需加强。在环境适应性方面,随着现代分子生物学技术的高速发展,东亚小花蝽在不同温湿度、光环境和化学药剂胁迫下表现出的生物生态学特征和对应的生理生化机制还需进一步去挖掘与探索,这将有助于了解其如何通过解毒和营养代谢应对这些环境因子的胁迫,从而进一步优化东亚小花蝽的人工繁育和释放技术。

我国天敌产业正在蓬勃发展,在寄生性天敌与寄生互作等方面的研究处于国际领先地位 (Huang et al., 2021),但实际生产中生物防治的应用还有很大的发展空间。我国当前对于天敌的研发,集中于单项技术的研发,缺乏全产业链的集成 (陈学新, 2010; 张帆等, 2015)。在研发中,不同的研究人员或企业针对单项技术进行攻关,例如仅研究东亚小花蝽的产卵基质或适宜的环境条件,对产品整体的研究较少。需要从其种质资源评价、规模繁育、储藏、包装、运输、释放应用和回收利用等多环节进行整体上的把握。然而这也需要大量的人力物力投入,所以研发单位间和与企业间可建立适当的合作机制,建立常用害虫天敌的产业链。而在繁育和释放中,关于天敌昆虫的质量控制和检测标准较少,在一定程度上制约了标准化流程的建立,也导致产品质量的不可控性。

目前,东亚小花蝽的产业化发展也存在以上的问题,其中现阶段规模化生产是主要问题之一,如饲养过程需要大量的人力投入、缺少高效的人工饲料和产卵基质,造成饲养成本较高。并且由于其规模化生产受到限制,使东亚小花蝽的田间释放应用也受到一定的限制,缺少释放应用的参考标准。因此,今后不但要继续优化东亚小花蝽的规模化繁育方法,更应该结合田间实际需求进行示范应用研究,明确适宜的释放时间、释放数量和控害效果评价等,进一步标准化工厂化繁育和释放应用的过程。同时也可更多地与其他天敌昆虫、信息化合物、生物农药和载体植物等进行联合应用于防控害虫,以达到持续、稳定的控害效果。

致谢:北京市农林科学院植物保护研究所虞国跃研究员对东亚小花蝽进行了分类鉴定,特此感谢!

参 考 文 献 (References)

- Bu WJ, Zheng LY. 2001. Fauna Sinica, Insecta, Vol. 24: Hemiptera: Lasiocilidae, Lyctocoridae, Anthocoridae. Beijing: Science Press, pp. 185–209 (in Chinese) [卜文俊, 郑乐怡. 2001. 中国动物志, 昆虫纲, 第二十四卷: 半翅目: 毛唇花蝽科、细角花蝽科、花蝽科. 北京: 科学出版社, pp. 185–209]
- Castañé C, Zalom FG. 1994. Artificial oviposition substrate for rearing of *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthoeoridae). *Biological Control*, 4(1): 88–91
- Chen XX. 2010. Recent progress, existing problems and prospects in biological control of insect pests in China. *Chinese Bulletin of Entomology*, 47(4): 615–625 (in Chinese) [陈学新. 2010. 21 世纪我国害虫生物防治研究的进展、问题与展望. *昆虫知识*, 47(4): 615–625]
- Chen YF, Wang S, Di N, Jin DC. 2021. Evaluation of the effects of

- Beauveria bassiana* on the predation of *Tetranychus urticae* (Acar: Tetranychidae) by *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae) using functional response model. *Acta Entomologica Sinica*, 64(8): 967–975 (in Chinese) [陈亚丰, 王甦, 邸宁, 金道超. 2021. 利用功能反应模型评价球孢白僵菌对东亚小花蝽捕食二斑叶螨的影响. *昆虫学报*, 64(8): 967–975]
- Cui SZ. 1994. Studies on biological characteristics of *Orius minutus* and its control of major cotton insect pests. *Acta Gossypii Sinica*, 6 (S1): 78–83 (in Chinese) [崔素贞. 1994. 小花蝽生物学特性及其对主要棉虫控制作用的研究. *棉花学报*, 6(S1): 78–83]
- Deng SQ, Zhang WL, Xiao JF, Chen J, Gao LT, Gao YL, Bing YC, Han LL, Zhao KJ. 2020. Effect of lambda-cyhalothrin on predatory function response of *Orius sauteri*. *Chinese Journal of Biological Control*, 36(1): 40–45 (in Chinese) [邓士群, 张雯林, 肖建飞, 陈娟, 高丽瞳, 高云雷, 邴玉成, 韩岚岚, 赵奎军. 2020. 高效氯氟氰菊酯对东亚小花蝽捕食功能反应的影响. *中国生物防治学报*, 36(1): 40–45]
- Di N, Zhang K, Xu QX, Zhang F, Harwood JD, Wang S, Desneux N. 2021. Predatory ability of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae) for suppression of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Insects*, 12(12): 1063
- El Arnaouty SA, Kortam MN, Afifi AI, Heikal IH. 2018. *Orius albidipennis* (Rueter) as an effective biocontrol agent against *Tetranychus urticae* Koch on pepper crops in greenhouse in Egypt. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 28(1): 42
- Feng N, Fan F, Tao B, Yang XF, Wei GS. 2015. Effect of spectral sensitivity response on the phototaxis of *Orius sauteri* (Poppius). *Acta Ecologica Sinica*, 35(14): 4810–4815 (in Chinese) [冯娜, 范凡, 陶晔, 杨小凡, 魏国树. 2015. 光谱对东亚小花蝽趋光行为的影响. *生态学报*, 35(14): 4810–4815]
- Fu BL, Qiu HY, Li Q, Sun YT, Zhou SH, Yang SY, Li SG, Tang LD, Zhang FP, Liu K. 2019. Predation of *Orius sauteri* on *Thrips hawaiiensis* in the laboratory. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 56(1): 91–98 (in Chinese) [付步礼, 邱海燕, 李强, 孙衍汤, 周世豪, 杨石有, 李善光, 唐良德, 张方平, 刘奎. 2019. 东亚小花蝽对黄胸蓟马的室内捕食作用研究. *应用昆虫学报*, 56(1): 91–98]
- Ge Y, Camara I, Wang Y, Liu PP, Zhang L, Xing YJ, Li AM, Shi WP. 2018. Predation of *Aphis craccivora* (Hemiptera: Aphididae) by *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae) under different temperatures. *Journal of Economic Entomology*, 111(6): 2599–2604
- Ge Y, Liu PP, Zhang L, Snyder WE, Smith OM, Shi WP. 2020. A sticky situation: honeydew of the pear psylla disrupts feeding by its predator *Orius sauteri*. *Pest Management Science*, 76(1): 75–84
- Guo JY, Wan FH. 2001. Use *Kalanchoe bolssfeldiana* as oviposition plant for mass-rearing *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae). *Chinese Journal of Biological Control*, 17(2): 53–56 (in Chinese) [郭建英, 万方浩. 2001. 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*, 17(2): 53–56]
- Guo JY, Wan FH, Wu M. 2002. Comparison of successive rearing of *Orius sauteri* with aphids and *Trichogramma* pupae reared in artificial host eggs. *Chinese Journal of Biological Control*, 18(2): 58–61 (in Chinese) [郭建英, 万方浩, 吴岷. 2002. 利用桃蚜和人工卵赤眼蜂蛹连代饲养东亚小花蝽的比较研究. *中国生物防治*, 18(2): 58–61]
- Guo P, Ji SC, Li HL, Lu RJ, Kang DM, Qiu R, Li SJ, Wu YQ. 2020. Preliminary researches in mass rearing *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae) on eggs of *Mythimna separata* (Lepidoptera: Noctuidae). *Chinese Journal of Biological Control*, 36(1): 145–149 (in Chinese) [郭培, 姬素婵, 李慧玲, 鲁瑞杰, 康冬梅, 邱睿, 李淑君, 武予清. 2020. 粘虫卵饲养东亚小花蝽的初步研究. *中国生物防治学报*, 36(1): 145–149]
- Han LL, Dong TY, Zhao KJ, Zhu MH, Sun WP, Xu ZX, Shi L. 2015. Predation of *Aphis glycines* by *Orius sauteri* nymphs. *Chinese Journal of Biological Control*, 31(3): 322–326 (in Chinese) [韩岚岚, 董天宇, 赵奎军, 朱明贺, 孙文鹏, 徐忠新, 石磊. 2015. 东亚小花蝽若虫对大豆蚜捕食功能的研究. *中国生物防治学报*, 31(3): 322–326]
- He D, Lin RH, Men XY, Sun M, Cheng SH, Jiang H, Yu CH, Zheng L. 2018. Ecological risk assessment of 16 pesticides to *Orius sauteri*. *Asian Journal of Ecotoxicology*, 13(6): 202–211 (in Chinese) [何丹, 林荣华, 门兴元, 孙猛, 程沈航, 姜辉, 于彩虹, 郑礼. 2018. 16种农药对东亚小花蝽的生态风险评估. *生态毒理学报*, 13(6): 202–211]
- Hou ZR, Li J, Li JP, Sun BB, Yin Z, Wang JX, Guo XH. 2018. Effectiveness of *Orius sauteri* (Poppius) for the control of thrips on greenhouse vegetables. *Hubei Agricultural Sciences*, 57(22): 67–69, 76 (in Chinese) [侯峥嵘, 李锦, 李金萍, 孙贝贝, 尹哲, 王俊侠, 郭喜红. 2018. 释放东亚小花蝽对三种设施蔬菜蓟马的防治效果. *湖北农业科学*, 57(22): 67–69, 76]
- Hu ZZ, Sun M, Lü B, Duan M, Zhai YF, Chen H, Zheng L, Yu Y. 2017. Application of DNA barcoding technique for species identification of *Orius* Wolff (Heteroptera: Anthocoridae). *Chinese Journal of Biological Control*, 33(4): 487–495 (in Chinese) [胡泽章, 孙猛, 吕兵, 段敏, 翟一凡, 陈浩, 郑礼, 于毅. 2017. DNA条形码技术在小花蝽属昆虫分类鉴定中的应用. *中国生物防治学报*, 33(4): 487–495]
- Huang JH, Chen JN, Fang GQ, Pang L, Zhou SC, Zhou YN, Pan ZQ, Zhang QC, Sheng YF, Lu YQ, et al. 2021. Two novel venom proteins underlie divergent parasitic strategies between a generalist and a specialist parasite. *Nature Communications*, 12(1): 234
- Ito K, Nakata T. 1998. Effect of photoperiod on reproductive diapause in the predatory bugs, *Orius sauteri* (Poppius) and *O. minutus* (Linnaeus) (Heteroptera: Anthocoridae). *Applied Entomology and Zoology*, 33(1): 115–120
- Jiang YL, Wu YQ, Duan Y, Gao XG. 2011. Control efficiencies of releasing *Orius sauteri* (Heteroptera: Anthocoridae) on some pests in greenhouse pepper. *Chinese Journal of Biological Control*, 27(3): 414–417 (in Chinese) [蒋月丽, 武予清, 段云, 高新国. 2011. 释放东亚小花蝽对大棚辣椒上几种害虫的防治效果. *中国生物防治学报*, 27(3): 414–417]
- Keçeci M, Gürkan MO. 2013. Biological control of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* with *Orius* species in eggplant greenhouses in Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 37(4):

- 467–476
- Kim DI, Park JD, Kim SG, Kim SS, Paik CH. 2004. Biological control of *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) with *Orius strigicollis* (Hemiptera: Anthocoridae) on cucumber in plastic houses in the southern region of Korea. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 7 (3): 311–315
- Kohno K. 1998. Thermal effects on reproductive diapause induction in *Orius sauteri* (Heteroptera: Anthocoridae). *Applied Entomology and Zoology*, 33(4): 487–490
- Lee GH, Kim DH. 1992. Ecological characteristics of the predator, *Orius sauteri* Poppius (Hemiptera: Anthocoridae). *Crop Protection*, 34 (2): 68–73
- Li CJ, Li J, Zhang JF, Zhao J, Xing XX, Li JH, Chen YG, Li SJ. 2021. Effects of different diets on growing development and reproduction of *Orius sauteri*. *Guizhou Agricultural Sciences*, 49(11): 63–69 (in Chinese) [李成军, 李娟, 张家逢, 赵钧, 邢学霞, 李建华, 陈玉国, 李淑君. 2021. 不同饲料对东亚小花蝽生长发育及繁殖力的影响. *贵州农业科学*, 49(11): 63–69]
- Li HL, Li P, Zhang H, Wang DF, Li LD, Zeng MS, Wu GY, Wang QS. 2019. Predation of *Orius sauteri* on pest insects of tea bushes. *Acta Tea Sinica*, 60(1): 38–40 (in Chinese) [李慧玲, 李鹏, 张辉, 王定锋, 李良德, 曾明森, 吴光远, 王庆森. 2019. 东亚小花蝽对茶树两种害虫的捕食作用. *茶叶学报*, 60(1): 38–40]
- Lin QC, Chen H, Babendreier D, Zhang JP, Zhang F, Dai XY, Sun ZW, Shi ZP, Dong XL, Wu GA, et al. 2021. Improved control of *Frankliniella occidentalis* on greenhouse pepper through the integration of *Orius sauteri* and neonicotinoid insecticides. *Journal of Pest Science*, 94(1): 101–109
- Lin RH, He D, Men XY, Zheng L, Cheng SH, Tao LM, Yu CH. 2020. Sublethal and transgenerational effects of acetamiprid and imidacloprid on the predatory bug *Orius sauteri* (Poppius) (Hemiptera: Anthocoridae). *Chemosphere*, 255: 126778
- Liu JX, Zhu ZY, Zang LS, Wang S, Di N. 2022. Fitness evaluation of functional leguminous plants as oviposition substrates for *Orius sauteri* (Poppius). *Chinese Journal of Biological Control*, DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2022.03.011 (in Chinese) [刘俊秀, 朱正阳, 臧连生, 王甦, 邸宁. 2022. 豆科功能植物作为东亚小花蝽产卵基质的适合度评价. *中国生物防治学报*, DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2022.03.011]
- Liu WJ, Yu Y, Zhang AS, Men XY, Zhou XH, Li LL, Zhang SC, Xu HF. 2011. Effects of high temperature shock on survival and reproductive characteristics of *Orius sauteri*. *Shandong Agricultural Sciences*, 43(2): 77–79, 85 (in Chinese) [刘文静, 于毅, 张安盛, 门兴元, 周仙红, 李丽莉, 张思聪, 徐洪富. 2011. 高温冲击对东亚小花蝽存活及生殖特性的影响. *山东农业科学*, 43(2): 77–79, 85]
- Lü B, Sun M, Zhai YF, Chen H, Zheng L, Yu Y. 2018. Effects of ten insecticides on *Orius sauteri* in greenhouse. *Shandong Agricultural Sciences*, 50(7): 143–144, 148 (in Chinese) [吕兵, 孙猛, 翟一凡, 陈浩, 郑礼, 于毅. 2018. 10种设施蔬菜常用杀虫剂对东亚小花蝽的影响. *山东农业科学*, 50(7): 143–144, 148]
- Luo ZY. 1980. Observation on nymph of *Orius similis*. *Entomological Knowledge*, 17(4): 155–157 (in Chinese) [罗志义. 1980. 小花蝽的幼期观察. *昆虫知识*, 17(4): 155–157]
- Murai T, Narai Y, Sugiura N. 2001. Utilization of germinated broad bean seeds as an oviposition substrate in mass rearing of the predatory bug, *Orius sauteri* (Poppius) (Heteroptera: Anthocoridae). *Applied Entomology and Zoology*, 36(4): 489–494
- Nagai K, Yano E. 1999. Effects of temperature on the development and reproduction of *Orius sauteri* (Poppius) (Heteroptera: Anthocoridae), a predator of *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae). *Applied Entomology and Zoology*, 34(2): 223–229
- Nakata T. 1995. Effect of rearing temperature on the development of *Orius sauteri* (Poppius) (Heteroptera: Anthocoridae). *Applied Entomology and Zoology*, 30(1): 145–151
- Ogino T, Uehara T, Muraji M, Yamaguchi T, Ichihashi T, Suzuki T, Kainoh Y, Shimoda M. 2016. Violet LED light enhances the recruitment of a thrip predator in open fields. *Scientific Reports*, 6: 32302
- Ogino T, Yamaguchi T, Uehara T, Kainoh Y, Shimoda M. 2020. Analysis of the activity rhythm of the predatory bug *Orius sauteri* (Poppius) (Heteroptera: Anthocoridae) for optimizing its selective light attraction. *Applied Entomology and Zoology*, 55(1): 115–120
- Ren HH, Guo PP, Patima W, Ma DY. 2020. Control effects of releasing different densities of *Orius sauteri* against *Bemisia tabaci* on greenhouse eggplant. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 43(5): 336–341 (in Chinese) [任豪辉, 郭佩佩, 帕提玛·乌木尔汗, 马德英. 2020. 释放不同密度东亚小花蝽对温室茄子烟粉虱的控制作用. *新疆农业大学学报*, 43(5): 336–341]
- Ren XH, Zhao QJ, Chen SW, Cui JD, Liu HB, Wei KN, Guo NN, Gao YF. 2019. Predation function and interference response study of *Orius sauteri* against *Uroleucon gobonis*. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 25(23): 77–78, 92 (in Chinese) [任向辉, 赵庆杰, 陈世伟, 崔金冬, 刘号彬, 魏康宁, 郭楠楠, 高怡帆. 2019. 东亚小花蝽对红花指管蚜的捕食功能反应与干扰反应研究. *安徽农学通报*, 25(23): 77–78, 92]
- Richards PC, Schmidt JM. 1996. The effects of selected dietary supplements on survival and reproduction of *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae). *The Canadian Entomologist*, 128(2): 171–176
- Sun BB, Hou ZR, Dong M, Li JP, Guo XH, Yin Z. 2020. Functional response of *Orius sauteri* to the 1st-instar larvae of fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. *Journal of Plant Protection*, 47(4): 845–851 (in Chinese) [孙贝贝, 侯峥嵘, 董民, 李金萍, 郭喜红, 尹哲. 2020. 东亚小花蝽对草地贪夜蛾1龄幼虫的捕食作用. *植物保护学报*, 47(4): 845–851]
- Sun BB, Hou ZR, Li JP, Guo XH, Yin Z. 2018. Safety evaluation of twelve pesticides to *Orius sauteri*. *China Plant Protection*, 38(2): 73–75, 83 (in Chinese) [孙贝贝, 侯峥嵘, 李金萍, 郭喜红, 尹哲. 2018. 12种常用农药对东亚小花蝽的安全性评价. *中国植保导刊*, 38(2): 73–75, 83]
- Sun XH, Xu XN, Wang ED. 2009. The prey preference of *Orius sauteri* on western flower thrips and two-spotted spider mite. *Acta Ecologica Sinica*, 29(11): 6285–6291 (in Chinese) [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]
- Tan XL, Wang S, Li XL, Zhang F. 2010. Optimization and application of microencapsulated artificial diet for *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae). Acta Entomologica Sinica, 53(8): 891–900 (in Chinese) [谭晓玲, 王甦, 李修炼, 张帆. 2010. 东亚小花蝽人工饲料微胶囊剂型的研制及饲养效果评价. 昆虫学报, 53(8): 891–900]
- Tan XL, Wang S, Liu TX. 2014. Acceptance and suitability of four plant substrates for rearing *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae). Biocontrol Science and Technology, 24(3): 291–302
- Tan XL, Wang S, Zhang F. 2013. Optimization an optimal artificial diet for the predatory bug *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae). PLoS ONE, 8(4): e61129
- Vacante V, Cocuzza GE, de Clercq P, van de Veire M, Tirry L. 1997. Development and survival of *Orius albidipennis*, and *O. laevigatus* (Het.: Anthocoridae) on various diets. Entomophaga, 42(4): 493–498
- Wang FH, Zhou WR, Wang R. 1996. Studies on the method of rearing *Orius sauteri*. Chinese Journal of Biological Control, 12(2): 49–51 (in Chinese) [王方海, 周伟儒, 王韧. 1996. 东亚小花蝽人工饲养方法的研究. 中国生物防治, 12(2): 49–51]
- Wang GP, Zhang F, Sun QT, Gao M. 2005. Research advances in mass rearing of *Orius* spp. Natural Enemies of Insects, 27(2): 83–90 (in Chinese) [王广鹏, 张帆, 孙庆田, 高明. 2005. 小花蝽人工大量饲养研究进展. 昆虫天敌, 27(2): 83–90]
- Wang HL, Qin XF, Yu H, Wang GC. 2013. Predation of *Orius sauteri* on MEAM1 *Bemisia tabaci* pseudopupae. Journal of Ecology and Rural Environment, 29(1): 132–135 (in Chinese) [王洪亮, 秦雪峰, 余昊, 王国昌. 2013. 东亚小花蝽对MEAM1烟粉虱伪蛹的捕食作用. 生态与农村环境学报, 29(1): 132–135]
- Wang S, Michaud JP, Zhang F. 2014. Comparative suitability of aphids, thrips and mites as prey for the flower bug *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae). European Journal of Entomology, 111(2): 221–226
- Wang S, Tan XL, Michaud JP, Zhang F, Guo X. 2013. Light intensity and wavelength influence development, reproduction and locomotor activity in the predatory flower bug *Orius sauteri* (Poppius) (Hemiptera: Anthocoridae). BioControl, 58(5): 667–674
- Wang SX, Di N, Chen X, Zhang F, Biondi A, Desneux N, Wang S. 2019. Life history and functional response to prey density of the flower bug *Orius sauteri* attacking the fungivorous sciarid fly *Lycoriella pleuroti*. Journal of Pest Science, 92(2): 715–722
- Wang YP. 1999. Biosystematics study of *Orius* Wolff. Master thesis. Tianjin: Nankai University (in Chinese) [王义平. 1999. 小花蝽属(*Orius* Wolff)生物系统学研究. 硕士学位论文. 天津: 南开大学]
- Wang YP, Wu H, Bu WJ, Xu HC. 2003. Geographic distribution of the genus *Orius* Wolff (Heteroptera: Anthocoridae). Journal of Zhejiang Forestry College, 20(4): 389–393
- Weintraub PG, Pivonia S, Steinberg S. 2011. How many *Orius laevigatus* are needed for effective western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, management in sweet pepper? Crop Protection, 30(11): 1443–1448
- Wu YQ, Zhao MQ, Yang SF, Duan Y, Jiang YL. 2010. Predations of *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae) on four insect pests. Chinese Journal of Biological Control, 26(1): 13–17 (in Chinese) [武予清, 赵明茜, 杨淑斐, 段云, 蒋月丽. 2010. 东亚小花蝽对四种害虫的捕食作用. 中国生物防治, 26(1): 13–17]
- Xiao D, Guo XJ, Wang S, Zhang JM, Zhang F. 2014. The toxicity of three insecticides to natural enemy. Journal of Environmental Entomology, 36(6): 951–958 (in Chinese) [肖达, 郭晓军, 王甦, 张君明, 张帆. 2014. 三种杀虫剂对几种昆虫天敌的毒力测定. 环境昆虫学报, 36(6): 951–958]
- Xing XX, Wang JZ, Qin HY, Zhang XM, Duan LQ. 2010. Biological characteristics of *Orius sauteri* and its functional response to peach aphid. Journal of Inner Mongolia Agricultural University (Natural Science Edition), 31(4): 47–50 (in Chinese) [邢秀霞, 王建忠, 秦海英, 张晓敏, 段立清. 2010. 东亚小花蝽的生物学特性及其对桃蚜的功能反应. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 31(4): 47–50]
- Xu XN, Enkegaard A. 2009. Prey preference of *Orius sauteri* between western flower thrips and spider mites. Entomologia Experimentalis et Applicata, 132(1): 93–98
- Yang LW, Wang S, Zhang ZY, Zhang F. 2014. Preliminary researches in mass rearing of predatory natural enemy insect *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae). Journal of Environmental Entomology, 36(6): 971–977 (in Chinese) [杨丽文, 王甦, 张志勇, 张帆. 2014. 米蛾卵饲养东亚小花蝽的关键点研究. 环境昆虫学报, 36(6): 971–977]
- Yang SF. 2008. The mass rearing and predatory effect of *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae). Master thesis. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University (in Chinese) [杨淑斐. 2008. 东亚小花蝽的群体饲养与捕食作用的研究. 硕士学位论文. 福州: 福建农林大学]
- Yang SF, Wu YQ, Duan Y, Jiang YL, Shen XW, Liu ST, Gao XG. 2009. Influence of prey species on growth, development and reproduction of *Orius sauteri*. Scientia Agricultura Sinica, 42(3): 900–905 (in Chinese) [杨淑斐, 武予清, 段云, 蒋月丽, 申小卫, 刘顺通, 高新国. 2009. 猎物种类对东亚小花蝽生长发育繁殖的影响. 中国农业科学, 42(3): 900–905]
- Yano E, Watanabe K, Yara K. 2002. Life history parameters of *Orius sauteri* (Poppius) (Het., Anthocoridae) reared on *Ephesia kuehniella* eggs and the minimum amount of the diet for rearing individuals. Journal of Applied Entomology, 126(7/8): 389–394
- Yin J, Gao XG, Wu YQ, Jiang YL, Liu ST, Duan AJ, Zhang ZQ, Liu CY. 2013. Thrips control on the greenhouse eggplant by releasing *Orius sauteri* (Heteroptera: Anthocoridae). Chinese Journal of Biological Control, 29(3): 459–462 (in Chinese) [尹健, 高新国, 武予清, 蒋月丽, 刘顺通, 段爱菊, 张自启, 刘长营. 2013. 释放东亚小花蝽对茄子上蓟马的控制效果. 中国生物防治学报, 29(3): 459–462]
- Yin YY, Zhai YF, Sun M, Wu GA, Zheng L, Chen H. 2018. Application efficiency of insect natural enemies combined with *Bombus terrestris* pollination on cucumber in greenhouse. Northern Horticulture, 42(17): 64–68 (in Chinese) [尹园园, 翟一凡, 孙猛, 吴光安,

- 郑礼, 陈浩. 2018. 天敌治虫与熊蜂授粉在设施黄瓜上的联合应用效果. 北方园艺, 42(17): 64–68]
- Yin Z, Li JP, Dong M, Hou ZR, Sun BB, Guo XH. 2017. Research on predation capacity and preference of *Orius sauteri* against western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*), two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) and peach aphid (*Myzus persicae*). China Plant Protection, 37(8): 17–19 (in Chinese) [尹哲, 李金萍, 董民, 侯峥嵘, 孙贝贝, 郭喜红. 2017. 东亚小花蝽对西花蓟马、二斑叶螨和桃蚜的捕食能力及捕食选择性研究. 中国植保导刊, 37(8): 17–19]
- Yu Y, Meng XS, Yan YH. 1997. Oviposition preference by *Orius sauteri* and ovipositional site in *Lagopsis supina*. Chinese Journal of Biological Control, 13(4): 42–43 (in Chinese) [于毅, 孟宪水, 严毓骅. 1997. 东亚小花蝽产卵选择性及产卵部位. 中国生物防治, 13(4): 42–43]
- Yu Y, Yan YH. 1998. Influence of photoperiod and temperature on the diapause of *Orius sauteri* (Poppius). Entomological Journal of East China, 7(1): 65–70 (in Chinese) [于毅, 严毓骅. 1998. 光周期和温度对东亚小花蝽滞育形成和解除的影响. 华东昆虫学报, 7(1): 65–70]
- Yu Y, Yan YH. 1999. Effects of nutrition and environmental factors on reproduction of *Orius sauteri*. Natural Enemies of Insects, 21(4): 145–149 (in Chinese) [于毅, 严毓骅. 1999. 营养和环境因子对东亚小花蝽生殖的影响. 昆虫天敌, 21(4): 145–149]
- Yu Y, Yan YH, Hu XS. 1998. Effect of nutrition and other ecological factors on the development of *Orius sauteri*. Chinese Journal of Biological Control, 14(1): 4–6 (in Chinese) [于毅, 严毓骅, 胡想顺. 1998. 营养和生态因子对东亚小花蝽生长发育的影响. 中国生物防治, 14(1): 4–6]
- Yu Y, Zhang AS, Feng JG, Liu FH. 2000. Developmental threshold temperature and effective accumulative temperature of *Orius sauteri*. Shandong Agricultural Sciences, 32(6): 29–30 (in Chinese) [于毅, 张安盛, 冯建国, 刘凤华. 2000. 东亚小花蝽发育起点温度和有效积温的研究. 山东农业科学, 32(6): 29–30]
- Zhang AS, Yu Y, Li LL, Zhang SC. 2007a. Predation of *Orius sauteri* adult on adults of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*), an invasive insect pest. Acta Ecologica Sinica, 27(5): 1903–1909 (in Chinese) [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(5): 1903–1909]
- Zhang AS, Yu Y, Li LL, Zhang SC, Men XY. 2007b. Functional response and searching rate of *Orius sauteri* adults on *Frankliniella occidentalis* nymphs. Chinese Journal of Ecology, 26(8): 1233–1237 (in Chinese) [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]
- Zhang AS, Yu Y, Men XY, Li LL. 2008. Predation of *Orius sauteri* nymphs on *Frankliniella occidentalis* nymphs. Journal of Plant Protection, 35(1): 7–11 (in Chinese) [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]
- Zhang AS, Yu Y, Men XY, Li LL, Sun TL. 2007c. Predation of *Orius sauteri* nymph on *Frankliniella occidentalis* adults. Natural Enemies of Insects, 29(3): 108–112 (in Chinese) [张安盛, 于毅, 门兴元, 李丽莉, 孙廷林. 2007c. 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]
- Zhang F, Li S, Xiao D, Zhao J, Wang R, Guo XJ, Wang S. 2015. Progress in pest management by natural enemies in greenhouse vegetables in China. Scientia Agricultura Sinica, 48(17): 3463–3476 (in Chinese) [张帆, 李姝, 肖达, 赵静, 王然, 郭晓军, 王甦. 2015. 中国设施蔬菜害虫天敌昆虫应用研究进展. 中国农业科学, 48(17): 3463–3476]
- Zhang J, Zhi JR, Yang CY, Li SX. 2015. Investigation and identification of farmland *Orius* Wolff in Guizhou Province. Journal of Mountain Agriculture and Biology, 34(1): 36–40 (in Chinese) [张骏, 邹军锐, 杨成源, 李顺欣. 2015. 贵州省农田小花蝽种类调查及鉴定. 山地农业生物学报, 34(1): 36–40]
- Zhang L, Li T, Qin ZF, Cao KL, Gao YF, Wang JY, Ge Y, Shi WP. 2022. Predation preference and nutritional values of four different aphid species for *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae). Egyptian Journal of Biological Pest Control, 32: 23
- Zhang L, Qin ZF, Liu PP, Yin Y, Felton GW, Shi WP. 2021. Influence of plant physical and anatomical characteristics on the ovipositional preference of *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae). Insects, 12(4): 326
- Zhang QP, Zhang RF, Zhang QQ, Ji DZ, Zhou X, Jin LH. 2021. Functional response and control potential of *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae) on tea thrips (*Dendrothrips minowai* Priesner). Insects, 12(12): 1132
- Zhang RF, Ji DZ, Zhang QQ, Jin LH. 2021. Evaluation of eleven plant species as potential banker plants to support predatory *Orius sauteri* in tea plant systems. Insects, 12(2): 162
- Zhang WQ. 1980. Species and biology of common flower bugs (Hemiptera: Anthocoridae). Natural Enemies of Insects, 2(2): 20–27 (in Chinese) [张维球. 1980. 常见花蝽的种类及其生物学简记(半翅目: 花蝽科). 昆虫天敌, 2(2): 20–27]
- Zhao J, Guo XJ, Tan XL, Desneux N, Zappala L, Zhang F, Wang S. 2017. Using *Calendula officinalis* as a floral resource to enhance aphid and thrips suppression by the flower bug *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae). Pest Management Science, 73(3): 515–520
- Zhou WR, Wang R. 1989. Rearing of *Orius sauteri* (Hem.: Anthocoridae) with natural and artificial diets. Chinese Journal of Biological Control, 5(1): 9–12 (in Chinese) [周伟儒, 王韧. 1989. 用天然和人工饲料饲养小花蝽的研究. 生物防治通报, 5(1): 9–12]
- Zhou WR, Wang R, Qiu SB. 1991. Use of soybean sprouts as the oviposition material in mass rearing of *Orius sauteri* (Het.: Anthocoridae). Chinese Journal of Biological Control, 7(1): 7–9 (in Chinese) [周伟儒, 王韧, 邱式邦. 1991. 用黄豆芽作产卵植物繁殖东亚小花蝽. 生物防治通报, 7(1): 7–9]
- Zhu L, Ge ZT, Gong YJ, Shi BC, Wang S, Wei SJ. 2015. Effects of temperature on predation of the thrips *Echinothrips americanus* (Thysanoptera: Thripidae) by the predatory bug *Orius sauteri* (Heteroptera: Anthocoridae). Journal of Plant Protection, 42(2): 229–236 (in Chinese) [朱亮, 葛振泰, 宫亚军, 石宝才, 王甦, 魏书军. 2015. 温度对东亚小花蝽捕食美洲棘蓟马的影响. 植物保护学报, 42(2): 229–236]