

温度对东亚小花蝽捕食西花蓟马效果的影响

张治科, 周银迪, 吴小梅

(宁夏植物病虫害防治重点实验室·宁夏农林科学院植物保护研究所 银川 750002)

摘要: 探究优势天敌东亚小花蝽成虫对西花蓟马的生物防治捕食潜能, 为发挥昆虫天敌资源对害虫的自然防控作用奠定基础。在不同温度和不同猎物密度下, 对东亚小花蝽成虫的捕食功能反应和搜寻效应进行研究。结果表明, 东亚小花蝽成虫对西花蓟马捕食功能反应符合 Holling II 模型, 各温度条件下东亚小花蝽成虫捕食量与猎物密度呈显著相关性。东亚小花蝽成虫处理 1 头西花蓟马成虫所需的时间在 16 °C 时最短, 为 0.100 0 d, 24 °C 时最长, 为 0.447 5 d; 瞬时攻击率以 24 °C 时最大, 为 0.888 9, 32 °C 时最小, 为 0.181 8; 捕食上限以 24 °C 时最大, 为 18.0 头, 16 °C 时最小, 为 6.5 头。东亚小花蝽的日捕食量与西花蓟马密度呈正相关, 搜寻效应与西花蓟马密度呈负相关。东亚小花蝽成虫在 24 °C 条件下对西花蓟马有较好的捕食潜能, 研究结果为田间充分利用东亚小花蝽防控西花蓟马提供了理论依据。

关键词: 西花蓟马; 东亚小花蝽; 捕食功能反应; 搜寻效应

中图分类号: S433.89 文献标志码: A 文章编号: 1673-2871(2023)09-123-005

Effect of temperature on the predation of *Orius sauteri* against *Frankliniella occidentalis*

ZHANG Zhike, ZHOU Yindi, WU Xiaomei

(Ningxia Key Laboratory of Plant Diseases and Pests Control/Institute of Plant Protection, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan 750002, Ningxia, China)

Abstract: In order to lay a foundation for the natural control of insect enemies against insect pests, we explored the biological control and predation potential of predominant natural enemy *Orius sauteri* adults to *Frankliniella occidentalis* (Pergande). At different temperatures and different densities of prey, the functional responses to predation and searching effects of *Orius sauteri* adults were analyzed. The functional responses of *Orius sauteri* adults to *Frankliniella occidentalis* (Pergande) were consistent with model Holling II. The results showed that there was a significant correlation between predation and prey density under different temperature conditions. The shortest time required by the adult of *Orius sauteri* to treat one of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) adult was 0.100 0 d at 16 °C, and the longest time was 0.447 5 d at 24 °C. The maximum instantaneous attack rate was 0.888 9 at 24 °C, and the minimum was 0.181 8 at 32 °C. The maximum prey was 18.0 at 24 °C, and the minimum was 6.5 at 16 °C. The daily predation of *Orius sauteri* was positively correlated with the density of *Frankliniella occidentalis* (Pergande). The searching effect was negatively correlated with the density of *Frankliniella occidentalis* (Pergande). The adults of *Orius sauteri* had the best predation potential to *Frankliniella occidentalis* (Pergande) at 24 °C. This data provides theoretical basis for biological control of *Frankliniella occidentalis* (Pergande).

Key words: *Frankliniella occidentalis* (Pergande); *Orius sauteri*; Predation functional response; Searching efficiency

西花蓟马 (*Frankliniella occidentalis*), 属于缨翅目 (Thysanoptera) 锯尾亚目 (Terebrantia) 蓟马科 (Thripidae), 是世界上重要的危险性害虫之一。该虫食性杂, 寄主范围十分广泛, 可取食近 500 多种植物^[1]; 同时, 该虫体型小、繁殖快、有极高的隐匿性, 对蔬菜、花卉等造成的危害极大^[2]。西花蓟马采用锉吸式口器对植物造成直接性危害, 还可通过传

播病毒对植物造成间接性危害^[3]。该虫自 2012 年入侵宁夏以来^[4], 对宁夏瓜菜产业的危害日益严重, 尤其随着宁夏设施瓜菜产业的迅猛发展及大面积种植, 为西花蓟马的暴发成灾提供了有利的场所。该虫可周年发生, 严重影响黄瓜、辣椒、番茄、茄子、吊瓜等主栽瓜菜的产量和品质^[5], 成为制约宁夏瓜菜产业高质量发展的因素之一。

收稿日期: 2022-12-01; 修回日期: 2023-02-24

基金项目: 中央引导地方科技发展专项(2022FRD05037); 宁夏自然科学基金项目(2022AAC02053)

作者简介: 张治科, 男, 研究员, 主要从事昆虫生态与综合防治研究。E-mail: zhangzhike98@163.com

目前,生产中防治西花蓟马,以化学药剂为主^[6],但西花蓟马具有可孤雌生殖、世代周期短等特点,极易产生抗药性^[7]。随着农业绿色化发展,坚持以农业、物理、生物防治为主要原则,严格控制化学药剂用量,减少对生态环境的污染,促进农业绿色可持续发展^[8],生物防治技术的应用显得至关重要。针对西花蓟马在宁夏瓜菜产业中的大发生,相关学者高度重视,已开展该虫在当地的发生态势^[9]、分布特征^[10]、繁殖能力^[11]以及嗅觉机制^[12-16]等相关研究,旨在从害虫-寄主二级营养关系研究中开辟西花蓟马新的防控途径,但目前大多还处于探索阶段,而自然天敌东亚小花蝽的保护利用及其对西花蓟马的防控效果使相关学者看到了新的希望。

东亚小花蝽(*Orus sauteri*)隶属于半翅目(Hemiptera)花蝽科(Anthocoridae),是重要的捕食性天敌^[17],被广泛应用于蔬菜、花卉、果树等作物上,主要针对蓟马、粉虱、蚜虫等小型害虫的生物防治^[18-20]。有学者研究表明,采用 Holling II 模型拟合可计算东亚小花蝽对草地贪夜蛾、黄胸蓟马的捕食功能反应和寻找效应,东亚小花蝽对其捕食量与猎物密度呈正相关,而寻找效应与猎物密度呈负相关^[21-22]。为进一步明确东亚小花蝽对西花蓟马的捕食作用,笔者选用东亚小花蝽成虫作为供试天敌,以西花蓟马成虫为供试猎物,在室内设定的不同温度下系统研究了东亚小花蝽根据不同猎物密度对西花蓟马的捕食功能反应和搜寻效应,为正确评价东亚小花蝽对西花蓟马的生防潜能提供理论依据,也可为天敌昆虫的有效保护与利用以及充分发挥其自然防控作用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

西花蓟马由中国农业科学院植物保护研究所提供,在 RXZ-430C 智能人工气候箱[光周期 12 L:12 D,温度(25±1)°C,相对湿度(65±3)%]内以四季豆豇荚饲养,选择羽化 3 d 且大小一致的成虫供试。

东亚小花蝽于 2017 年 6 月采自银川市西夏区芦花乡设施黄瓜上东亚小花蝽的若虫,在室内以蓟马饲养(条件同西花蓟马)至羽化为成虫供试验之用。

1.2 试验条件

采用 RXZ-430 C 智能人工气候箱[光周期 14 L:10 D,温度(25±1)°C,相对湿度(65±5)%],将供试温度分别设置为 16、20、24、28 和 32 °C。

1.3 试验方法

试验于 2017 年 8—11 月在宁夏农林科学院植物保护研究所实验室开展。

捕食功能反应:试验在 16、20、24、28 和 32 °C 各供试温度下,研究东亚小花蝽成虫对西花蓟马成虫(密度分别为 10、20、30 和 40 头·瓶⁻¹)的捕食功能反应。将事先饥饿处理 24 h 的东亚小花蝽 1 头成虫分别放在不同密度的装有新鲜四季豆豇角的培养皿(直径为 90 mm)内,用封口膜封口。每个密度处理 4 次重复。24 h 后记录各培养皿中西花蓟马的活虫数。

Holling II 功能反应数学模型^[23]:

$$N_a = a' T N_0 / (1 + a' T_h N_0) \quad (1)$$

式中 N_a 为东亚小花蝽捕食量(头), T 为试验时间(d)(本试验为 1 d), a' 为东亚小花蝽对西花蓟马的瞬时攻击速率, N_0 为西花蓟马密度(头), T_h 为东亚小花蝽处理 1 头西花蓟马的时间(d)。

寻找效应模型^[23]:

$$S = a' / (1 + a' T_h N_0) \quad (2)$$

式中 S 为东亚小花蝽对西花蓟马的寻找效应, a' 为东亚小花蝽瞬时攻击率, T_h 为东亚小花蝽处理 1 头西花蓟马的时间(d), N_0 为西花蓟马密度(头)。

1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2010 进行数据整理及作图,采用 SPSS 21.0 进行统计分析,采用 Duncan's 新复极差法比较差异显著性(0.05 水平)。

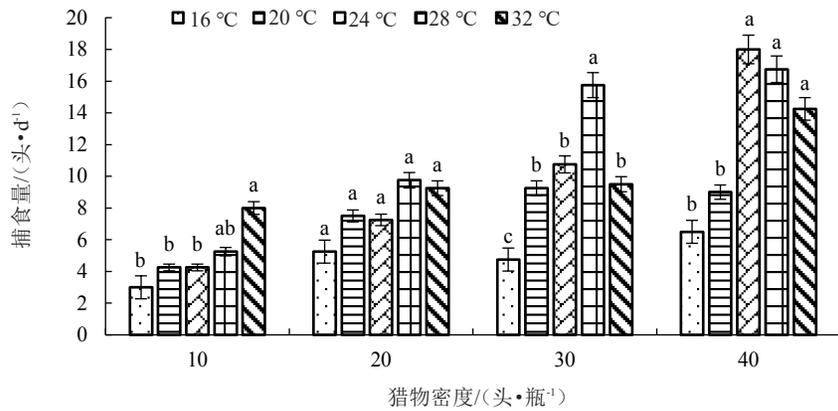
2 结果与分析

2.1 不同温度下东亚小花蝽成虫对西花蓟马成虫捕食的功能反应

由图 1 可知,在温度为 20、24、28、32 °C 时,随着猎物密度的增加,东亚小花蝽成虫对西花蓟马成虫的捕食量整体上呈增加趋势。

猎物密度为 10 头·瓶⁻¹时,东亚小花蝽成虫的捕食量随温度的升高而增加;猎物密度为 20、30 头·瓶⁻¹,温度在 28 °C 条件下,东亚小花蝽成虫捕食量最高,当猎物密度增加到一定限度(30 头·瓶⁻¹)后,东亚小花蝽成虫捕食量在 16 °C 下略有降低,但在 20、24、28、32 °C 时东亚小花蝽成虫捕食量仍呈上升趋势。在 16 °C 条件下,东亚小花蝽成虫对西花蓟马成虫的捕食量均低于其他温度;当猎物密度达到 40 头·瓶⁻¹时,东亚小花蝽成虫在 24 °C 时捕食量最高。

在不同温度下东亚小花蝽成虫捕食西花蓟马成虫的功能反应方程拟合为 Holling II 型圆盘方程,由表 1 可见,方程的相关系数 R^2 值均较



注: 不同小写字母表示不同处理间在 0.05 水平差异显著。

图 1 不同温度条件下东亚小花蝽成虫对西花蓟马成虫的捕食量

Fig. 1 The predation amount of the adult *Orius sauteri* against *Frankliniella occidentalis* at different temperature

高 (0.890 0~0.997 1), 表明各温度条件下东亚小花蝽成虫捕食量与猎物密度显著相关。在笔者研究供试温度范围内, 东亚小花蝽成虫处置 1 头猎物的时间及捕食上限均随温度的升高呈先增加后降低的变化趋势, 东亚小花蝽成虫处理 1 头西花蓟马成

虫在 16 °C 所需的时间最短 (0.100 0 d), 24 °C 时最长 (0.447 5 d); 瞬时攻击率以 24 °C 时最大 (0.888 9), 32 °C 时最小 (0.181 8); 捕食上限以 24 °C 时最大 (18.00 头), 16 °C 时最小 (6.50 头)。可见, 东亚小花蝽成虫在 24 °C 下对西花蓟马的捕食效果最好。

表 1 不同温度条件下东亚小花蝽成虫对西花蓟马成虫的功能反应

Table 1 Functional response of adults *Orius sauteri* to adults *Frankliniella occidentalis* at different temperature

温度/°C	功能反应方程	相关系数(R ²)	处置 1 头猎物的时间(T _h)	瞬时攻击率(a')	捕食上限/(头·d ⁻¹)
16	1/Ne=2.375 0/N+0.100 0	0.890 0	0.100 0	0.421 1	6.50
20	1/Ne=3.500 0/N+0.160 0	0.997 1	0.160 0	0.285 7	9.25
24	1/Ne=1.125 0/N+0.447 5	0.975 7	0.447 5	0.888 9	18.00
28	1/Ne=1.750 0/N+0.405 0	0.969 9	0.405 0	0.571 4	16.75
32	1/Ne=5.500 0/N+0.190 0	0.893 2	0.190 0	0.181 8	14.25

2.2 东亚小花蝽成虫对西花蓟马成虫搜寻效应

由图 2 可知, 在相同温度下, 东亚小花蝽成虫对西花蓟马成虫的搜寻效应均随着猎物密度的增加而降低。在 16 °C 条件下, 猎物密度为 10 头·瓶⁻¹

时东亚小花蝽的寻找效应最高 (0.296 3), 其次为 20 头·瓶⁻¹ (0.228 6)、30 头·瓶⁻¹ (0.186 1), 当猎物密度为 40 头·瓶⁻¹ 时东亚小花蝽的寻找效应最低 (0.156 9)。

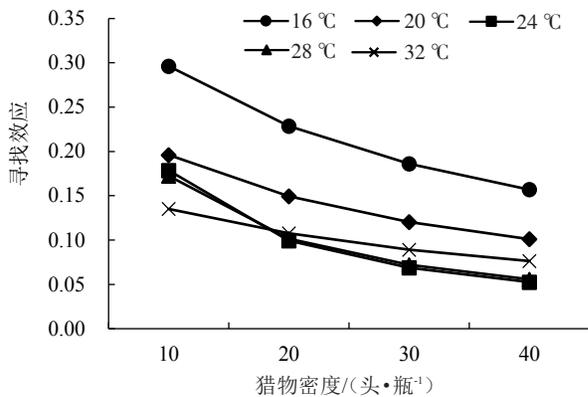


图 2 不同温度下东亚小花蝽成虫对西花蓟马成虫的搜寻效应

Fig. 2 The search effect of adults *Orius sauteri* to adults *Frankliniella occidentalis* at different temperatures

当西花蓟马成虫密度相同时, 东亚小花蝽成虫的搜寻效应整体上随着温度的升高而降低。如在西花蓟马成虫密度为 10 头·瓶⁻¹ 时, 在 16 °C 条件下东亚小花蝽的寻找效应最高 (0.296 3), 20 °C (0.196 1) 次之, 在 32 °C 条件下东亚小花蝽的寻找效应最低 (0.135 1)。

3 讨论与结论

西花蓟马作为一种危险性入侵害虫, 已严重危害到我国多种农作物^[24], 且单一化学防治难以取得较好的防效^[25], 已有学者开展了关于西花蓟马行为的调控研究^[26-27], 但也处于试验阶段, 还需进一步进行田间试验验证。因此利用自然天敌进行生物防治已成为不可或缺的防控措施之一。Paik 等^[28]研究

显示,取食西花蓟马若虫的东亚小花蝽发育期短、寿命长、繁殖快。东亚小花蝽对西花蓟马具有显著的喜好性和较强的捕食能力,且东亚小花蝽可同时取食二斑叶螨、桃蚜等危害性昆虫^[29]。霍捷等^[30]研究表明东亚小花蝽显著趋向西花蓟马危害的植株,且繁殖速度大于西花蓟马,具有控制西花蓟马种群增长的巨大潜力^[18,31]。笔者研究发现,在相同温度下,东亚小花蝽对西花蓟马成虫的捕食量随着猎物密度的增大而增加,当猎物密度增大到一定程度后,其捕食量增加的速度变慢,这与庄乾莹等^[32]研究结果一致。当猎物密度相同时,在24℃以上温度下,东亚小花蝽成虫捕食量整体相对较高。

温度作为害虫生物防治中的一项重要因子,研究不同温度处理的东亚小花蝽成虫对西花蓟马成虫的捕食功能反应,有利于在田间根据温度变化预测东亚小花蝽对西花蓟马成虫的控制能力,可为田间东亚小花蝽的保护利用以及释放技术提供理论基础。笔者研究表明,东亚小花蝽成虫在24℃时对西花蓟马成虫的瞬时攻击率最大($a'=0.8889$),与张安盛等^[33]研究结果一致,表明东亚小花蝽对西花蓟马具有较强的捕食能力。

搜寻效应是捕食者在捕食过程中对寄主攻击的一种行为效应,张安盛等^[34]研究表明,在相同温度下,东亚小花蝽2、4龄若虫对西花蓟马成虫的搜寻效应随猎物密度的增大而降低。笔者研究结果表明,随着猎物密度的增大,东亚小花蝽成虫对西花蓟马成虫的搜寻效应逐渐降低,与其结果一致。相关文献报道在西花蓟马若虫密度相同时,其搜寻效应18℃时最低,26℃时最高,在18~26℃内东亚小花蝽若虫搜寻效应随温度的升高而增强^[35],但笔者研究发现,当猎物密度相同时,搜寻效应16℃最高,24℃和28℃的相对最低。这可能与试验条件、捕食者和猎物的龄期等因素有关。因此在田间释放东亚小花蝽防治西花蓟马时还应考虑东亚小花蝽与西花蓟马的密度比、虫龄以及温度等非生物因素,以达到更好的防治效果。

笔者的研究进一步证明了东亚小花蝽在一定温度条件下可有效地控制西花蓟马种群的增长。由于笔者的试验是在室内特定条件下完成的,而在田间的自然状态下,捕食性天敌昆虫的捕食能力还受自然界的光照、温度、湿度及害虫种类等其他因素影响,还需进一步探究其田间试验效果。

参考文献

- [1] 陈安平,胡昌雄,陈国华,等.四季豆西花蓟马种群的密度及空间分布[J].农学学报,2022,12(5):10-16.
- [2] 周桂盈,梁化雨,王树森,等.螺虫乙酯对西花蓟马两个品系种群动态的影响[J].青岛农业大学学报(自然科学版),2022,39(3):177-182.
- [3] 褚祚晨,郇志博.西花蓟马防治研究进展[J].现代化农业,2022(4):7-9.
- [4] 张治科,张焯,吴圣勇.西花蓟马在宁夏的发生及防控措施[J].植物检疫,2016,30(4):75-77.
- [5] 张治科,吴圣勇,雷仲仁,等.宁夏设施辣椒上西花蓟马的生长发育和繁殖研究[J].中国植保导刊,2017,37(7):35-38.
- [6] 张治科,吴圣勇,雷仲仁,等.不同杀虫剂对西花蓟马的室内毒力及田间药效[J].生物安全学报,2019,28(2):127-132.
- [7] 樊宗芳,陈亚平,李碧兰,等.CO₂浓度倍增下氟吡呋喃酮对西花蓟马保护酶和解毒酶活性的影响[J].植物保护学报,2022,49(4):1225-1232.
- [8] 刘婷璐,张小军,史学芬,等.浅谈设施农业绿色防治与科学用药[J].农业工程技术,2020(29):35.
- [9] 张治科,吴圣勇,雷仲仁,等.银川设施辣椒上西花蓟马与花蓟马的种群竞争及发生态势[J].植物检疫,2019,33(5):13-17.
- [10] 张治科,吴圣勇,雷仲仁,等.宁夏辣椒花期西花蓟马的空间分布特征研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2018,46(3):142-147.
- [11] 张治科,吴圣勇,雷仲仁,等.西花蓟马生长发育和繁殖参数测定[J].山西农业大学学报(自然科学版),2020,40(1):30-37.
- [12] ZHANG Z K, LEI Z R. Identification, expression profiling and fluorescence-based binding assays of a chemosensory protein gene from the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* [J]. PLoS ONE, 2015, 10(1):e0117726.
- [13] 张治科,吴圣勇,雷仲仁.西花蓟马化学感受蛋白的cDNA克隆、时空表达分析及组织定位[J].昆虫学报,2015,58(1):1-14.
- [14] 张治科,虎花,马荣.西花蓟马 *FoccOBP3* 的分子克隆、序列分析及表达特征[J].中国生物防治学报,2021,37(3):495-507.
- [15] ZHANG Z K, LEI Z R. Sensilla of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera, Thripidae) [J]. Revista Brasileira de Entomologia, 2022, 66(2): e20220023.
- [16] 张治科,吴圣勇,雷仲仁.西花蓟马气味结合蛋白的cDNA克隆、序列分析及时空表达[J].中国农业科学,2016,49(6):1106-1116.
- [17] 周伟儒,王韧.用天然和人工饲料饲养小花蝽的研究[J].生物防治通报,1989(1):9-12.
- [18] 王然,王晓灵,王甦,等.东亚小花蝽对西花蓟马的控害能力评价[J].环境昆虫学报,2014,36(6):983-989.
- [19] 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(1):42-44.
- [20] 侯峥嵘,李锦,李金萍,等.释放东亚小花蝽对三种设施蔬菜蓟马的防治效果[J].湖北农业科学,2018,57(22):67-69.
- [21] 代晓彦,王瑜,翟一凡,等.东亚小花蝽对草地贪夜蛾1龄幼虫的捕食能力[J].昆虫学报,2020,63(5):649-654.
- [22] 付步礼,邱海燕,李强,等.东亚小花蝽对黄胸蓟马的室内捕食作用研究[J].应用昆虫学报,2019,56(1):91-98.

[1] 陈安平,胡昌雄,陈国华,等.四季豆西花蓟马种群的密度及空

- [23] 丁岩钦. 昆虫数学生态学[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [24] 吕要斌, 贝亚维, 林文彩, 等. 西花蓟马的生物学特性、寄主范围及危害特点[J]. 浙江农业学报, 2004, 16(5): 317-320.
- [25] 戴霖, 杜予州, 鞠瑞亭, 等. 危险性害虫西花蓟马的传播现状[J]. 华东昆虫学报, 2005, 14(2): 150-154.
- [26] 张治科, 虎花, 尚小霞. 黄瓜叶信息化学物质鉴定及其对西花蓟马的行为调控[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2021, 41(4): 83-89.
- [27] 张治科, 虎花, 尚小霞. 黄瓜花挥发性化学物质鉴定及其对西花蓟马行为反应的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2022, 48(1): 39-45.
- [28] PAIK C H, HWANG C Y, LEE G H, et al. Development, reproduction and longevity of predator *Orius sauteri* poppius (Hemiptera: anthocoridae) when reared on three different prey[J]. Korean Journal of Applied Entomology, 2003, 42(1): 35-41.
- [29] 尹哲, 李金萍, 董民, 等. 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[J]. 中国植保导刊, 2017, 37(8): 17-19.
- [30] 霍捷, 徐学农, 王恩东. 东亚小花蝽对西花蓟马和/或二斑叶螨危害豆株的定位反应[J]. 应用昆虫学报, 2011, 48(3): 569-572.
- [31] 莫利锋, 鄧军锐, 陈祥叶. 温度对南方小花蝽捕食西花蓟马功能反应的影响[J]. 中国生物防治学报, 2013, 29(2): 187-193.
- [32] 庄乾营, 张安盛, 于毅, 等. 东亚小花蝽成虫对西花蓟马的捕食功能反应与搜寻效应[J]. 山东农业科学, 2009(5): 70-72.
- [33] 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, 2007, 27(5): 1903-1909.
- [34] 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, 2007, 29(3): 108-112.
- [35] 张安盛, 于毅, 门兴元, 等. 东亚小花蝽若虫对西花蓟马若虫的捕食作用[J]. 植物保护学报, 2008, 35(1): 7-11.