

短期驯化对米蛾卵饲养的东亚小花蝽捕食瓜蚜功能反应的影响

杨丽文^{1,2} 张帆¹ 赵静^{1,2} 李姝^{1,2} 王甦^{1*}

(1. 北京市农林科学院植物保护环境保护研究所, 北京 100097; 2. 中国农业大学昆虫学系, 北京 100094)

摘要: 为探究米蛾 *Corcyra cephalonica* 卵饲养的东亚小花蝽 *Orius sauteri* 对瓜蚜 *Aphis gossypii* 的控制潜能及对其是否进行短期驯化的必要性, 以水果黄瓜斯托克为寄主植物, 在实验室条件下分别进行了米蛾卵饲喂及预先饲喂瓜蚜 2 d 的东亚小花蝽(5 龄若虫和雌成虫) 对瓜蚜的捕食功能反应研究。结果显示, 2 种处理的东亚小花蝽 5 龄若虫和雌成虫对瓜蚜的捕食功能反应均符合 Holling II 型反应模型, 即随着猎物密度的增加, 其对瓜蚜的捕食量先增加, 后趋于稳定; 其中预先饲喂 2 d 瓜蚜的东亚小花蝽 5 龄若虫在瓜蚜密度每皿为 30 头、雌成虫在每皿 15 头时, 其捕食量均显著高于相同瓜蚜密度处理下一直饲喂米蛾卵的东亚小花蝽; 其余瓜蚜密度下 2 种处理间无显著差异。瓜蚜驯化后的东亚小花蝽 5 龄若虫和雌成虫对瓜蚜的瞬间攻击率均高于未经瓜蚜驯化的。表明短期饲喂驯化可在一定程度上提高东亚小花蝽对靶标害虫瓜蚜的捕食能力和识别能力。

关键词: 瓜蚜; 东亚小花蝽; 生物防治; 捕食天敌

The effects of short-time food acclimation on the functional response of *Orius sauteri* reared to *Corcyra cephalonica* eggs

Yang Liwen^{1,2} Zhang Fan¹ Zhao Jing^{1,2} Li Shu^{1,2} Wang Su^{1*}

(1. Institute of Plant and Environmental Protection, Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Beijing 100097, China; 2. Department of Entomology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: The present study estimated the potential suppression of pest aphid *Aphis gossypii* by *Orius sauteri* fed on *Corcyra cephalonica* eggs, and the influences of short adaptive pre-feeding on *A. gossypii*. Using the fruit cucumber variety 'Stoke' (Israel) as the host plant, the functional response of *O. sauteri* (5th-instar nymphs and female adults) reared on *C. cephalonica* eggs and *A. gossypii* for two days were tested. The results showed that the functional response of *O. sauteri* (5th-instar nymphs and female adults) under two different rearing conditions fitted to Holling II model. At the densities of 5, 15, 30 and 50 aphids per petri dish, the predation rates increased with increasing prey density. The predation of *O. sauteri* at 30/petri dish (5th-instar nymphs) and 15/petri dish (female adult) after pre-rearing on aphids for two days were significantly higher than that of the flower bugs reared on *C. cephalonica* eggs. There were no significant differences in predation among other prey densities. The instant attack rates of *O. sauteri* reared on *A. gossypii* for two days were higher than those of *O. sauteri* reared only on *C. cephalonica* eggs. These results indicated that the pre-rearing of *O. sauteri* on the target prey for adaptive

基金项目: 国家“973”计划(2013CB127600), 国家桃产业技术体系(nycytx-31-02), 北京市农林科学院科技创新能力建设专项(KJ CX20140101)

作者简介: 杨丽文, 女, 1986年生, 博士研究生, 研究方向为昆虫毒理学及害虫生物防治, E-mail: liwenyang1393@163.com

* 通讯作者 (Authors for correspondence), E-mail: 13488867972@163.com

收稿日期: 2014-10-26

fitness may enhanced the predation rates to a certain extent.

Key words: *Aphis gossypii*; *Orius sauteri*; biological control; predatory natural enemy

瓜蚜 *Aphis gossypii* Glover 又称棉蚜,广泛分布于世界各地,为害多种植物,其中棉花和瓜类受害最重。瓜蚜主要在植株幼嫩部位及叶片背部取食,吸食植物汁液并分泌蜜露,造成叶片卷曲,影响正常生长,严重时整个植株死亡,此外还可以传播病毒病^[1-3]。随着近几年设施农业的发展,瓜蚜对黄瓜、辣椒、西葫芦、豇豆等蔬菜造成了严重危害^[4]。采用传统的化学防治不但增强了其抗药性,而且造成了严重的环境污染^[5],利用天敌昆虫对其进行生物防治,不仅可以减少化学药剂的使用,而且保证了蔬菜和环境的安全。瓜蚜的天敌主要有捕食性瓢虫、小花蝽^[6]、寄生蜂^[7]和草蛉^[8]等。

东亚小花蝽 *Orius sauteri* (Poppius) 属半翅目花蝽科小花蝽属,主要分布在韩国、日本、中国北方地区以及俄罗斯的远东地区,是我国北方的优势种群^[9],可以取食蚜虫、叶螨、粉虱、蓟马及鳞翅目昆虫卵及其幼虫,是一种极具生防潜力的捕食性天敌昆虫^[10]。其体型微小(一般 2~2.5 mm),刺吸式口器较长,可以在黄瓜叶片的叶毛间自由穿梭取食。有关小花蝽的研究报道主要集中在生物学^[11]及其替代饲料^[12]、人工饲料^[13-14]、产卵基质^[15]等人工饲养技术等方面。鳞翅目昆虫的卵适合作为小花蝽的替代饲料,如周伟儒和王韧^[16]研究发现米蛾 *Coryca cephalonica* 卵可以作为东亚小花蝽的替代饲料;黄增玉等^[17]利用米蛾卵饲养的南方小花蝽 *O. strigicollis* 对二斑叶螨 *Tetranychus urticae* 表现出良好的防治潜力;本课题组的研究也发现米蛾卵是适合规模化饲养东亚小花蝽的替代饲料(未发表),但对其饲养的东亚小花蝽对猎物的控制能力的评价尚未见报道。有研究发现昆虫有学习行为,这对其捕食行为会产生显著影响^[18-20]。在提供 2 种以上猎物时,东亚小花蝽则对其长期取食的猎物有更明显的选择性,对另一种猎物的捕食量维持在相对较低的水平^[21]。因此,在针对靶标害虫释放时,替代饲料饲养的东亚小花蝽能否对特定的靶标害虫表现出良好的控害效果,以及是否有必要对其进行针对靶标害虫的短期食物驯化都是值得探究的问题。

昆虫的取食功能反应体现捕食者的捕食率随猎物密度变化的反应,描述了捕食者对猎物的捕食作用,在天敌昆虫的研究中能很好地用于评价其对害虫的控害潜能^[22]。关于东亚小花蝽对蓟马^[23]、棉

花上的棉蚜^[1]及桃蚜 *Myzus persicae* (Sulzer)^[24]的功能反应研究较多,但关于东亚小花蝽对黄瓜上瓜蚜的取食等研究尚未见报道。因此,本研究以叶片毛刺较多的黄瓜为寄主植物,采用取食功能反应的方法,比较评价了米蛾卵饲养的及瓜蚜短期食物驯化的东亚小花蝽种群对瓜蚜的控害潜能,以期米蛾卵饲养的东亚小花蝽在害虫防控中的应用提供技术依据。

1 材料与amp;方法

1.1 材料

供试昆虫:东亚小花蝽成虫采自北京市诺亚农业发展有限公司玉米田内(40°6'N, 116°59'E),移至昆虫饲养室在温度 25 ± 2 °C、光照周期 16 L : 8 D、相对湿度(70 ± 5)%下建立种群。养虫笼(50 cm × 50 cm × 50 cm)内每天供以足量的新鲜米蛾卵为饲料,以芸豆 *Phaseolus coccineus* L. 芸丰 623 叶片(带完整叶柄,叶柄处包裹湿润的脱脂棉保鲜)为产卵基质。待其发育至成虫期后添加 10% 蜂蜜水作为补充饲料。定期移出已产卵的芸豆叶片,放入上述相同的养虫笼内孵化并按上述方法饲养。室内繁殖 3 代以上供试。瓜蚜采自北京市诺亚农业发展有限公司有机黄瓜大棚,连带黄瓜叶片一同采集,黄瓜品种为斯托克 Stoke,购自以色列海泽拉优质种子公司。

仪器:Sanyo ML2-351 人工气候箱,三洋电机国际贸易有限公司。

1.2 方法

1.2.1 米蛾卵饲喂东亚小花蝽对瓜蚜的捕食功能反应

分别取一直用米蛾卵饲养的东亚小花蝽 5 龄若虫和雌成虫,饥饿 24 h 供试(处理 A)。将采集到的有瓜蚜的黄瓜叶片,用毛笔轻轻剔除若蚜,根据试验设计保留一定数量且大小一致的无翅成蚜,叶片剪为 2 cm × 2 cm 方块,将其放入培养皿内,每皿一片,叶片底部用湿润的脱脂棉保湿。蚜虫密度设为每培养皿 5、15、30、50 头,在不同蚜虫密度处理的培养皿中分别引入一头供试东亚小花蝽 5 龄若虫,培养皿用封口膜封口,并在膜上扎 20 个小孔通风。按上述方法进行雌成虫的试验。以不引入东亚小花蝽同样密度的瓜蚜作为对照,每处理重复 5 次。24 h 后在解剖镜下记录瓜蚜的剩余数量及其自然死亡量。蚜虫身体干瘪记为被取食;自然死亡特征为身体饱满,

充满体液。

Holling II 模型中将瓜蚜密度及东亚小花蝽取食量进行倒数转换,利用直线方程拟合功能反应方程式,得出各个参数后计算各密度下的理论值,利用卡方检验对方程的拟合度进行比较。拟合 Holling II 型功能反应模型^[25]: $Na = a'NT/(1 + a'T_hN)$, 式中: Na 为被捕食的猎物数量; a' 为搜寻效率; N 为猎物密度; T 为捕食者总利用时间(在此为 1 d); T_h 为捕食 1 头猎物所花时间(即平均处理时间)。即: $1/Na = (1/a'T) \times (1/N) + T_h/T$ 。

1.2.2 饲喂瓜蚜的东亚小花蝽对瓜蚜的捕食功能反应

选取米蛾卵饲养的东亚小花蝽 4 龄若虫、初羽化的雌成虫若干,每天给予足量的无翅瓜蚜成虫,饲喂 2 d 后,挑取雌成虫和同一时间段(12 h 内)蜕皮的 5 龄若虫饥饿 24 h 后供试(处理 B)。其它试验步骤及条件同 1.2.1。

1.3 数据分析

采用 SPSS 17.0 数据处理系统计算各瓜蚜密度

下东亚小花蝽 5 龄若虫和雌成虫对瓜蚜的取食量,并以蚜虫密度为独立变量,对不同密度下东亚小花蝽的取食量进行单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 东亚小花蝽对瓜蚜的捕食功能反应

本试验条件下,2 种饲喂处理的东亚小花蝽 5 龄若虫和雌成虫对瓜蚜的捕食量随着猎物密度的增加而增加,但当密度增加到一定程度后(每皿 50 头),其捕食量的增长趋于平缓,呈负加速曲线(图 1)。根据 Holling II 型圆盘方程进行拟合(表 1),结果显示方程的相关系数 R 均较高(0.9668 ~ 0.9979),2 种处理下东亚小花蝽与猎物密度均显著相关,其 χ^2 值(0.911 ~ 7.100)均低于 $\chi^2_{(0.05,4)}$ (9.49),表明理论捕食量与实际捕食量非常吻合。

在供试条件下,东亚小花蝽 5 龄若虫处理 1 头无翅瓜蚜成虫所需时间(T_h)在处理 A 和 B 中分别为 0.1002 d 和 0.1009 d,雌成虫处理 1 头无翅瓜蚜

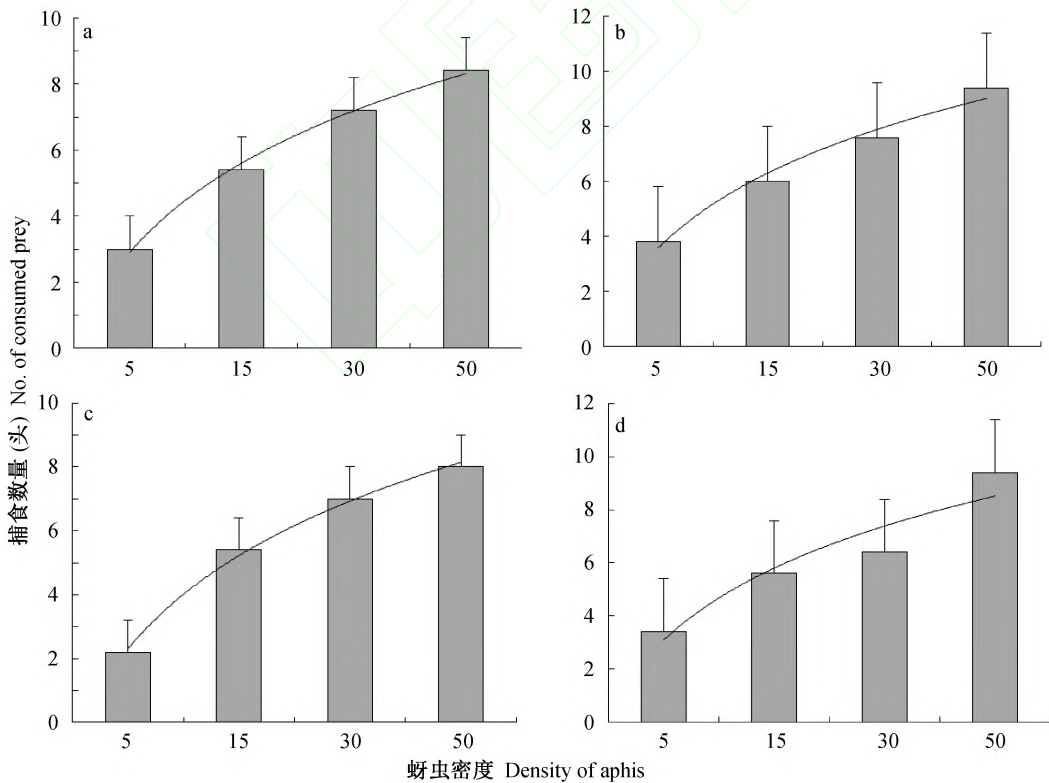


图 1 东亚小花蝽对瓜蚜的实际捕食量

Fig. 1 Predation of *Orius sauteri* against *Aphis gossypii*

a ~ b: 预先饲喂 2 d 瓜蚜驯化的东亚小花蝽 5 龄若虫和雌成虫对瓜蚜的实际捕食量; c ~ d: 饲喂米蛾卵的东亚小花蝽 5 龄若虫和雌成虫对瓜蚜的实际捕食量。a - b: The predation of *A. gossypii* by *O. sauteri* 5th instars and female adults reared on *A. gossypii* after two-day pre-adaptation; c - d: the predation of *A. gossypii* by *O. sauteri* 5th instars and female adults reared on *C. cephalonica* eggs.

成虫所需时间 (T_h) 分别为 0.1009 d 和 0.1081 d。瞬间攻击率 (a') 以处理 A 的雌成虫最大 (1.2107), 处理 B 的 5 龄若虫最小 (0.5379), 且驯化后的 5 龄若虫和雌成虫对瓜蚜的瞬间攻击率均高于未驯化

的, 表明经过瓜蚜驯化后东亚小花蝽提高了其对瓜蚜的识别能力。捕食上限以处理 B 的 5 龄若虫最大 (12.79 头), 处理 B 的雌成虫最小 (9.25 头)。

表 1 两种处理下的东亚小花蝽对瓜蚜无翅成蚜的捕食功能反应

Table 1 Functional response of *Orius sauteri* preying on apterous *Aphis gossypii* in two different treatments

处理 Treatment	功能反应模型 Model of functional response	R	T_h (d)	a'	捕食上限 (头/天) Maximal predation (Number of prey/d)	χ^2	
A	5 龄若虫 5th instar	$1/Na = 1.174/N + 0.1002$	0.9890	0.1002	0.8517	9.98	7.100
	雌成虫 Female adult	$1/Na = 0.826/N + 0.1009$	0.9979	0.1009	1.2107	9.91	5.200
B	5 龄若虫 5th instar	$1/Na = 1.859/N + 0.0782$	0.9668	0.0782	0.5379	12.79	0.907
	雌成虫 Female adult	$1/Na = 0.946/N + 0.1081$	0.9779	0.1081	1.0571	9.25	0.911

A: 预先饲喂 2 d 瓜蚜的东亚小花蝽; B: 一直饲喂米蛾卵的东亚小花蝽。A: *O. sauteri* were pre-adaptively reared on *A. aossypii* apterous adults for two days; B: *O. sauteri* were reared only on *C. cephalonica* eggs.

2.2 瓜蚜饲喂驯化对东亚小花蝽取食能力的影响

2 种处理中的东亚小花蝽 5 龄若虫和雌成虫在 4 个瓜蚜密度下, 对瓜蚜的捕食量均随着猎物密度的增加而增加 (表 2)。经瓜蚜驯化的 5 龄若虫和雌

成虫分别在瓜蚜密度为每皿 30 头和 15 头时, 其捕食量显著高于米蛾卵饲喂的东亚小花蝽, 其余处理间则差异不显著。

表 2 四个瓜蚜密度下 2 种喂食处理的东亚小花蝽对瓜蚜的取食量

Table 2 The predation of *Aphis gossypii* by *Orius sauteri* at 4 densities in two treatments

处理 Treatment	瓜蚜密度 (头) Density of <i>A. gossypii</i>			
	5	15	30	50
5 龄若虫 5th instars	A 3.0 ± 0.63 a	5.4 ± 0.03 a	7.2 ± 0.11 a	8.4 ± 0.50 a
	B 2.2 ± 0.37 a	5.4 ± 0.32 a	7.0 ± 0.44 b	8.0 ± 0.70 a
雌成虫 Female Adults	A 3.8 ± 0.83 a	6.0 ± 0.34 a	7.6 ± 0.48 a	9.4 ± 0.67 a
	B 3.4 ± 0.50 a	5.6 ± 0.50 b	6.4 ± 0.67 a	9.4 ± 0.74 a

A: 预先饲喂 2 d 瓜蚜的东亚小花蝽; B: 一直饲喂米蛾卵的东亚小花蝽。表中数据为平均数 ± 标准误。不同字母表示经单因素 t 检验法检验不同处理间差异显著 ($P < 0.05$)。A: *O. sauteri* were pre-adaptively reared on *A. aossypii* apterous adults for two days; B: *O. sauteri* were always reared on *C. cephalonica* eggs. Data are mean ± SE. Different letters indicate significant difference between different treatments by t test ($P < 0.05$).

3 讨论

捕食者与猎物之间的关系决定着生物防治的成功与否, 其中捕食者对猎物的捕食反应是最重要的影响因素^[26]。有研究表明小花蝽对猎物的捕食功能反应均符合 Holling II 型反应模型, 如东亚小花蝽对 MEAM1 烟粉虱 *Bemisia tabaci*^[27]、西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (Pergande)^[28]、棉蓟马 *Thrips tabaci* 成虫、朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* 和甘蓝蚜虫 *Brevicoryne brassicae*^[29], 南方小花蝽对烟蚜^[30], *Orius albidipennis* 对非洲豆蓟马 *Megalurothrips sjostedti*^[31] 等。本研究对米蛾卵饲养的以及经过 2 d 瓜蚜驯化的东亚小花蝽 5 龄若虫和雌成虫进行了针对瓜蚜的捕食功能反应, 结果显示 2 种处理的

东亚小花蝽对瓜蚜的捕食功能反应均符合 Holling II 型反应模型。

在功能反应中, 捕食者对猎物的瞬时攻击率亦是预测捕食者作为生物防治有效性的重要依据^[32-33], 其主要与捕食者的视觉、嗅觉等感觉灵敏度以及足、翅等运动器官的运动能力有关^[34-35]。本研究发现, 进行瓜蚜驯化的东亚小花蝽 5 龄若虫和雌成虫对瓜蚜的瞬时攻击率均高于未经驯化的, 这也说明对米蛾卵饲养的东亚小花蝽进行短期瓜蚜食物驯化可以提高其对瓜蚜的识别能力和控害能力。

在实际生产中, 很多寄生蜂存在寄生率下降的现象, 使得品质退化, 可能由于人工饲养改变了寄生蜂的学习行为, 而这种行为不利于实际生产^[36]。Hénaut 等^[20] 研究发现大臀小花蝽 *O. majusculus* 对

若虫期间捕食的猎物形状、大小和气味均有记忆能力,若将其在自然捕食环境下适应一段时间亦能提高对猎物的捕食能力;本研究也发现对东亚小花蝽进行短期的瓜蚜驯化会显著提高其捕食量,经短期驯化的 5 龄若虫和雌成虫分别在瓜蚜密度每皿为 30 和 15 头时表现出更强的捕食能力,其余密度间差异不显著。在转换食物前对昆虫进行必要的食物驯化会在一定程度上提高其对目标猎物的捕食能力,尤其是人工饲养的天敌昆虫,其饲料和饲养环境往往比较单一,易造成其对实际生产中目标害虫的控害能力下降现象,对此有必要进行短期的食物驯化来提高其对目标害虫的取食能力。也可以根据田间目标害虫的实际发生密度情况,选择是否使用进行食物驯化的天敌昆虫。

本研究仅在室内环境下对东亚小花蝽进行了简单试验的观察,在田间复杂实际环境中的表现可能有所不同,因此需进一步确定其在田间实际释放时对瓜蚜的防治效果和影响因素。另外,本试验发现饲喂米蛾卵的 5 龄东亚小花蝽对瓜蚜的理论捕食上限明显高于其余 3 组,其原因有待进一步探究。

参 考 文 献 (References)

[1] 郭明, 万传星, 王小英, 等. 棉蚜危害损失和经济阈值的现状. 塔里木农垦大学学报, 2000, 12(1): 51-56

[2] Soria C, Moriones E, Fereres A, et al. New source of resistance to mosaic virus transmission by *Aphis gossypii* in melon. *Euphytica*, 2003, 133(3): 313-318

[3] 郑太波, 谢加花, 李惠文, 等. 瓜蚜的发生及其综合防治. 陕西农业科学, 2006(1): 139

[4] Banerjee T K, Raychaudhuri D. Behavioural response (feeding preference and dispersal posture) of *Aphis gossypii* Glover on brinjal crop. *Proceedings: Animal Sciences*, 1985, 94(3): 295-301

[5] Matsuura A, Nakamura M. Development of neonicotinoid resistance in the cotton aphid *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) in Japan. *Applied Entomology and Zoology*, 2014, 49(4): 535-540

[6] 崔素贞. 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, 1994, 6(S): 78-83

[7] Hou Z Y, Yan F S, Chen X. Olfactory responses of *Lysiphlebia japonica* to volatile chemicals and fresh leaves of the host plants of cotton aphids in olfactometer. *Insect Science*, 1996, 3(1): 49-57

[8] 孙丽娟, 衣维贤, 赵川德, 等. 大草蛉对 3 种蚜虫的捕食能力研究. 植物保护, 2013, 39(5): 153-157

[9] Wang Y P, Wu H, Bu W J, et al. Geographic distribution of the genus *Orius* Wolff (Heteroptera: Anthocoridae). *Journal of*

Zhejiang A & F University, 2003, 20(4): 389-393

[10] Lattin J D. Bionomics of the Anthocoridae. *Annual Review of Entomology*, 1999, 44: 207-231

[11] Gaber N M, El-Gantiry A M, El-Arnaouty S A. Effect of different prey species on certain biological aspects of the predator, *Orius albidipennis* (Reuter) (Hemiptera: Anthocoridae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 2011, 21(2): 313-316

[12] Yano E, Watanabe K, Yara K. Life history parameters of *Orius sauteri* (Poppius) (Het., Anthocoridae) reared on *Ephesitia kuehniella* eggs and the minimum amount of the diet for rearing individuals. *Journal of Applied Entomology*, 2002, 126(7/8): 389-394

[13] Ferkovich S M, Venkatesan T, Shapiro J P, et al. Presentation of artificial diet: effects of composition and size of prey and diet domes on egg production by *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthocoridae). *Florida Entomologist*, 2007, 90(3): 502-508

[14] 谭晓玲, 王甦, 李修炼, 等. 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, 2010, 53(8): 891-900

[15] Murai T, Narai Y, Sugiura N. 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*, 2001, 36(4): 489-494

[16] 周伟儒, 王韧. 用天然和人工饲料饲养小花蝽的研究. 中国生物防治, 1989, 5(1): 9-12

[17] 黄增玉, 黄林茂, 黄寿山. 两种猎物对南方小花蝽种群增长的影响及其对二斑叶螨的控害潜能. 生态学报, 2011, 31(10): 2947-2952

[18] Bernays E A, Wrubel R P. Learning by grasshoppers: association of colour/light intensity with food. *Physiological Entomology*, 2008, 10(4): 359-369

[19] Grasswitz T R. Effect of adult experience on the host-location behavior of the aphid parasitoid *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Aphidiidae). *Biological Control*, 1998, 12(3): 177-181

[20] Hénaut Y, Alauzet C, Dargagnon D, et al. Visual learning in larval *Orius majusculus* a polyphagous predator. *Entomologia Experimentalis et Application*, 1999, 90(1): 103-107

[21] 刘文静, 张安盛, 门兴元, 等. 两种猎物饲养对东亚小花蝽捕食作用的影响. 中国生物防治学报, 2011, 27(3): 302-307

[22] 戈峰. 昆虫生态学原理与方法. 北京: 高等教育出版社, 2008: 211-214

[23] Riudavets J. Predators of *Frankliniella occidentalis* (Perg.) and *Thrips tabaci* Lind.: a review. // Loomans A J M, van Lenteren J C, Tommasini M G, et al. Biological control of thrips pests. The Netherlands: Wageningen Agricultural Uni-

versity Papers, 1995, 95- I : 43 - 87

- [24] 邢秀霞, 王建忠, 秦海英, 等. 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), 2010, 31(4): 47 - 50
- [25] 丁岩钦. 昆虫数学生态学. 北京: 科学出版社, 1994: 257 - 264
- [26] Pervez A, Omkar. Functional response of coccinellid predators: an illustration of a logistic approach. Journal of Insect Science, 2005, 5: 5
- [27] 王洪亮, 秦雪峰, 余昊, 等. 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, 2013, 29(1): 132 - 135
- [28] 张安胜, 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. 生态学报, 2007, 27(5): 1903 - 1909
- [29] 武予清, 赵明茜, 杨淑斐, 等. 东亚小花蝽对四种害虫的捕食作用. 中国生物防治, 2010, 26(1): 13 - 17
- [30] 王香萍, 雷朝亮, 姜勇, 等. 南方小花蝽对烟蚜捕食功能反应的研究. 昆虫天敌, 1999, 21(3): 117 - 120
- [31] Gitonga L M, Overholt W A, Löhr B, et al. Functional response of *Orius albidipennis* (Hemiptera: Anthocoridae) to *Megalurothrips sjostedti* (Thysanoptera: Thripidae). Biological Control, 2002, 24(1): 1 - 6
- [32] Cabral S, Soares A O, Garcia P. Predation by *Coccinella undecimpunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) on *Myzus persicae* Sulzer (Homoptera: Aphididae): effect of prey density. Biological Control, 2009, 50(1): 25 - 29
- [33] Saleh A, Ghabeish I, Al-Zyouf F, et al. Functional response of the predator *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on the aphid *Brachycaudus helichrysi* (Kaltenbach) infesting chrysanthemum in the laboratory. Jordan Journal of Biological Science, 2010, 3(1): 17 - 20
- [34] Jeschke J M, Kopp M, Tollrian R. Predator functional responses: discriminating between handling and digesting prey. Ecological Monographs, 2002, 72(1): 95 - 112
- [35] Pervez A, Omkar. Functional responses of coccinellid predators: an illustration of a logistic approach. Journal of Insect Science, 2005, 5(5): 1 - 6
- [36] Vet L E M, Dicke M. Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. Annual Review of Entomology, 1992, 37: 141 - 172

(责任编辑: 李美娟)