

# 东亚小花蝥对草地贪夜蛾1龄幼虫的捕食作用

孙贝贝<sup>1</sup> 侯峥嵘<sup>1</sup> 董 民<sup>2</sup> 李金萍<sup>1</sup> 郭喜红<sup>1</sup> 尹 哲<sup>1\*</sup>

(1. 北京市植物保护站, 北京 100029; 2. 中国农业大学植物保护学院昆虫系, 北京 100193)

**摘要:** 为明确天敌昆虫东亚小花蝥 *Orius sauteri* 对草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 幼虫的捕食潜力, 在室内测定东亚小花蝥5龄若虫和成虫对草地贪夜蛾1龄幼虫的日捕食量, 并对其捕食功能、搜寻效应和干扰效应进行分析。结果表明: 东亚小花蝥5龄若虫和成虫对草地贪夜蛾1龄幼虫的捕食功能反应符合Holling II模型; 东亚小花蝥5龄若虫对草地贪夜蛾1龄幼虫的日最大捕食量、瞬时攻击率和处理单头猎物的时间分别为20.833头、0.747和0.048 d; 东亚小花蝥成虫对草地贪夜蛾1龄幼虫的日最大捕食量、瞬时攻击率和处理单头猎物的时间分别为11.236头、1.355和0.089 d。东亚小花蝥的日捕食量与草地贪夜蛾密度呈正相关, 搜寻效应与草地贪夜蛾密度呈负相关。东亚小花蝥自身密度对其捕食作用的干扰符合Hassell模型, 对草地贪夜蛾1龄幼虫的捕食作用率随自身密度的增加而降低。

**关键词:** 东亚小花蝥; 草地贪夜蛾; 捕食功能反应; 干扰反应

## Functional response of *Orius sauteri* to the 1st-instar larvae of fall armyworm *Spodoptera frugiperda*

SUN Beibei<sup>1</sup> HOU Zhengrong<sup>1</sup> DONG Min<sup>2</sup> LI Jinping<sup>1</sup> GUO Xihong<sup>1</sup> YIN Zhe<sup>1\*</sup>

(1. Beijing Plant Protection Station, Beijing 100029, China; 2. Department of Entomology,

College of Plant Protection, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

**Abstract:** In order to ascertain the potential predation capacity of the natural enemy *Orius sauteri* on the larvae of fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, the daily predation quantity of the 5th-instar nymph and adult of *O. sauteri* on the 1st-instar larvae of *S. frugiperda* were determined in the laboratory, and the predatory functional response, searching efficiency and mutual interference effect were analyzed. The results showed that the functional responses of the 5th-instar nymph and adult of *O. sauteri* to the 1st-instar larvae of *S. frugiperda* fitted well with Holling II model. Maximum daily predation, instantaneous attack rate and handling time of the 5th-instar nymph of *O. sauteri* to the 1st-instar larvae of *S. frugiperda* were 20.833 heads, 0.747 and 0.048 d, respectively. Maximum daily predation quantity, instantaneous attack rate and handling time of the adult of *O. sauteri* to the 1st-instar larvae of *S. frugiperda* were 11.236 heads, 1.355 and 0.089 d, respectively. The daily predation quantity of *O. sauteri* was positively correlated with its prey density, and the searching efficiency was negatively correlated with its prey density. The mutual interference effect of its own density on predation fitted well with Hassell model, and the predation ratio on the 1st-instar larvae of *S. frugiperda* decreased with increasing density of the spider.

**Key words:** *Orius sauteri*; *Spodoptera frugiperda*; predation functional response; mutual interference

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 属鳞翅目夜蛾科,原产于美洲,因其迁飞性强,现已成为世界性的农业重大害虫。草地贪夜蛾具有寄主广、食量大、迁飞能力强等特点,可为害玉米、高粱、水稻、甘蔗等300种作物(Montezano et al., 2018)。2016年1月在非洲西部地区首次发现,到2019年年初,已扩散至撒哈拉沙漠以南的44个非洲国家(杨普云和常雪艳, 2019);2019年1月从东南亚传入我国,截至2019年12月,已经迅速蔓延至我国26个省(自治区、直辖市),严重威胁我国粮食生产。美国、巴西等国家的草地贪夜蛾种群已经对有机磷类、氨基甲酸酯类、拟除虫菊酯类、多杀霉素类等农药产生了较高的抗性,有些种群甚至对转 *Cry1Ab*、*Cry1F* 基因玉米也产生了抗性(李永平等, 2019)。因此,寻求有效防控草地贪夜蛾的生物方法迫在眉睫。

在自然环境中,草地贪夜蛾的天敌种类非常丰富,寄生性天敌有208种,以寄生蜂和寄生蝇为主;捕食性天敌有46种,以捕食性螋类和捕食性甲虫为主;此外还有10余种昆虫病原微生物(陈万斌等, 2019;唐璞等, 2019)。在原产地美洲,捕食性螋被广泛用于防治草地贪夜蛾,并取得了较好的效果,如释放黑刺益螋 *Podisus nigrispinus* 可有效控制农田草地贪夜蛾为害(Zanuncio et al., 2008),还发现转 Bt 基因抗虫棉会影响黑刺益螋的发育(Malaquias et al., 2014);在美国佛罗里达州利用佛州优捕螋 *Euthyrhynchus floridanus* 防治农田草地贪夜蛾(Medal et al., 2017),在美国南部利用大眼长螋属 *Geocoris* spp. 两种天敌和狡小花螋 *Orius insidiosus* 防治草坪和农田的草地贪夜蛾均取得了较好效果(Joseph & Braman, 2009)。我国在生物防治领域也进行了大量探索,研究结果显示蠋螋 *Arma chinensis* (王燕等, 2019a)、益螋 *Picromerus lewisi* (唐艺婷等, 2019;王燕等, 2019b)、叉角厉螋 *Eocanthecona furcellata* (唐敏等, 2019)、东亚小花螋 *O. sauteri* (代晓彦等, 2019;赵雪晴等, 2019)、瓢虫(孔琳等, 2019)、大草蛉 *Chrysopa pallens* (徐庆宣等, 2019)、黄带犀猎螋 *Scytanum croceouittatus* (王亚楠等, 2020)等天敌对草地贪夜蛾幼虫均有明显的捕食作用,有继续研究和应用的潜力。本课题组于2019年在贵州省田间调查发现,草地贪夜蛾发生严重的田块,其田间生物天敌的种类较丰富,有寄生蜂、瓢虫、小花螋、蜘蛛等,因此利用天敌防控草地贪夜蛾不失为一种好方法。

东亚小花螋属半翅目花螋科小花螋属,是我国北方地区一种重要的捕食性天敌,分布广泛、食性

杂,对蓟马、蚜虫、叶螨、鳞翅目昆虫的卵和低龄幼虫均有较强的捕食能力(尹哲等, 2017),应用潜力巨大。目前在国内东亚小花螋已实现商品化,被广泛用于防治蔬菜、果树、草莓、西瓜等多种作物上的蓟马、蚜虫等害虫(蒋月丽等, 2011;尹健等, 2013;侯峥嵘等, 2018)。草地贪夜蛾作为鳞翅目昆虫,有被东亚小花螋捕食的可能性。为明确东亚小花螋对草地贪夜蛾幼虫的捕食潜力,在室内测定东亚小花螋5龄若虫和成虫对草地贪夜蛾1龄幼虫的日捕食量,并对其捕食功能、搜寻效应和干扰效应进行分析,以期作为东亚小花螋用于草地贪夜蛾的田间防治提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试虫源和植物:2019年6月在贵州省遵义市播州区玉米田中采集草地贪夜蛾卵,于贵州卓豪农业科技股份有限公司实验室内孵化获得1龄幼虫,于温度  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度  $(70\pm 5)\%$ 、光周期 16 L:8 D 的人工气候箱内饲养;东亚小花螋购于北京阔野田园生物技术有限公司,试虫为室内饲养种群,以蚜虫为食,于温度  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度  $(70\pm 5)\%$ 、光周期 16 L:8 D 的人工气候箱内饲养至5龄若虫和成虫进行试验。新鲜玉米叶自采集草地贪夜蛾卵的田块内采集,在立式冷藏箱中于  $0\sim 5^{\circ}\text{C}$  温度下冷藏保鲜。

仪器:直径30 mm、高100 mm透明玻璃指形管,管口用150目尼龙网纱扎封,作为试验容器;SC-288D型冷藏箱,青岛海尔股份有限公司;RXZ-1000人工气候箱,宁波江南仪器厂。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 东亚小花螋5龄若虫和成虫的捕食试验

东亚小花螋5龄若虫捕食试验:选取行动敏捷、大小一致的东亚小花螋5龄若虫1头分别置于指形管中,每个指形管中放入沾水的棉球,保持湿度,指形管上口部用150目尼龙网纱和橡皮筋封住,置于温度  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、湿度  $(70\pm 5)\%$ 、光周期 16 L:8 D 的人工气候箱中饥饿处理24 h。选取大小一致的草地贪夜蛾1龄幼虫3、6、9、12和15头分别接到长6 cm、宽2 cm、面积为  $12\text{ cm}^2$  的玉米叶上,将带虫玉米叶分别放入装有东亚小花螋5龄若虫的指形管中,即草地贪夜蛾1龄幼虫密度分别为3、6、9、12和15头/管,每个密度为1个处理,每个指形管为1个重复,每个处理重复8次,24 h后检查管内剩余草地贪夜蛾1龄幼虫数量,计算日捕食量。日捕食量=(管中原有草

地贪夜蛾1龄幼虫数量-管内剩余草地贪夜蛾1龄幼虫数量)/1 d。日捕食率=日捕食量/管中原有草地贪夜蛾1龄幼虫数量×100%。

东亚小花椿成虫捕食试验:除选取东亚小花椿成虫,草地贪夜蛾1龄幼虫密度分别为3、6、9、12、15、18和21头/管外,其它均同东亚小花椿5龄若虫捕食试验。

1.2.2 东亚小花椿对草地贪夜蛾的捕食功能反应

采用Holling II型功能反应模型 $N_a=aNT_r/(1+aT_hN)$ 对东亚小花椿的捕食功能反应进行拟合,式中, $N_a$ 为被捕食的猎物数, $a$ 为瞬时攻击率, $T_r$ 为总试验时间, $T_r$ 取1 d, $N$ 为猎物密度, $T_h$ 为处理单头猎物的时间。在捕食功能反应中,虽然瞬时攻击率 $a$ 和处理单头猎物时间 $T_h$ 是2个重要参数,但是 $a/T_h$ 值更能综合反映天敌对猎物的捕食能力。

1.2.3 东亚小花椿对草地贪夜蛾幼虫的搜寻效应

利用1.2.2拟合的Holling II型功能反应模型的参数,计算东亚小花椿5龄若虫和成虫对草地贪夜蛾1幼虫的搜寻效应 $S$ , $S=a/(1+aT_hN)$ 。

1.2.4 东亚小花椿自身密度对其捕食的干扰反应

东亚小花椿5龄若虫自身密度对其捕食的干扰反应试验:东亚小花椿5龄若虫饥饿处理24 h方法同1.2.1。选取饥饿24 h的东亚小花椿5龄若虫1、2、3、4、5头分别置于指形管中进行干扰试验,即东亚小花椿5龄若虫自身密度分别为1、2、3、4和5头/管。

选取大小一致的草地贪夜蛾1龄幼虫50头接到长6 cm、宽2 cm、面积为12 cm<sup>2</sup>的玉米叶上,将带虫玉米叶分别放入装有东亚小花椿5龄若虫的指形管中,每个密度为1个处理,每个指形管为1个重复,每个处理重复5次,24 h后检查管内剩余草地贪夜蛾1龄幼虫数量,计算日捕食量,公式同1.2.1。

东亚小花椿成虫自身密度对其捕食的干扰反应试验:选取行动敏捷、大小一致的东亚小花椿成虫进行干扰试验,其它方法均同东亚小花椿5龄若虫自身密度对其捕食的干扰反应试验。

利用Hassell方程 $E=QP^m$ 对东亚小花椿自身密度及其捕食作用率进行拟合, $E$ 为捕食作用率, $Q$ 为搜寻常数, $P$ 为捕食者密度, $m$ 为干扰常数。

1.3 数据分析

采用SPSS 19.0和Excel 2017软件进行方程拟合和试验数据的统计分析,应用Duncan氏新复极差法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 东亚小花椿对草地贪夜蛾幼虫的捕食量

东亚小花椿5龄若虫和成虫均可以捕食草地贪夜蛾1龄幼虫。随着草地贪夜蛾1龄幼虫密度的增加,东亚小花椿5龄若虫和成虫的日捕食量不断增加,但捕食量增幅逐渐减缓(表1)。

表1 东亚小花椿对不同密度草地贪夜蛾1龄幼虫的捕食效果

Table 1 Efficiency of the 1st-instar larvae of *Spodoptera frugiperda* preyed by *Orius sauteri*

| 捕食者虫态<br>Stage of predator | 对不同密度草地贪夜蛾1龄幼虫的日捕食量/头<br>Daily predation quantity of <i>O. sauteri</i> on the 1st-instar larvae of <i>S. frugiperda</i> at different densities |                     |                     |                       |                       |                       |                       |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                            | 3头/管<br>3 head/tube                                                                                                                            | 6头/管<br>6 head/tube | 9头/管<br>9 head/tube | 12头/管<br>12 head/tube | 15头/管<br>15 head/tube | 18头/管<br>18 head/tube | 21头/管<br>21 head/tube |
|                            |                                                                                                                                                |                     |                     |                       |                       |                       |                       |
| 5龄若虫<br>5th-instar nymph   | 2.375±                                                                                                                                         | 3.375±              | 4.875±              | 6.750±                | 7.125±                | —                     | —                     |
| 成虫<br>Adult                | 0.324 Ad                                                                                                                                       | 0.565 Bcd           | 0.398 Abc           | 1.278 Aab             | 0.515 Aa              |                       |                       |
|                            | 2.125±                                                                                                                                         | 5.250±              | 6.125±              | 6.750±                | 7.250±                | 7.500±                | 7.875±                |
|                            | 0.350 Ac                                                                                                                                       | 0.250 Ab            | 0.549 Aab           | 0.648 Aab             | 0.648 Aa              | 0.824 a               | 0.934 a               |
| 捕食者虫态<br>Stage of predator | 对不同密度草地贪夜蛾1龄幼虫的日捕食率/%<br>Daily predation rate of <i>O. sauteri</i> on the 1st-instar larvae of <i>S. frugiperda</i> at different densities     |                     |                     |                       |                       |                       |                       |
|                            | 3头/管<br>3 head/tube                                                                                                                            | 6头/管<br>6 head/tube | 9头/管<br>9 head/tube | 12头/管<br>12 head/tube | 15头/管<br>15 head/tube | 18头/管<br>18 head/tube | 21头/管<br>21 head/tube |
|                            |                                                                                                                                                |                     |                     |                       |                       |                       |                       |
| 5龄若虫<br>5th-instar nymph   | 79.167                                                                                                                                         | 56.250              | 54.167              | 56.250                | 47.500                | —                     | —                     |
| 成虫<br>Adult                | 70.833                                                                                                                                         | 87.500              | 68.056              | 37.500                | 48.333                | 41.667                | 37.500                |

表中数据为平均数±标准误。同行不同小写字母、同列不同大写字母分别表示经Duncan氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。—: 未设计该密度。Data in the table are mean±SE. Different lowercase letters on the same row and different upper-case letters in the same column indicate significant difference at  $P<0.05$  level by Duncan's new multiple range test. —: the density is not designed.

当草地贪夜蛾1龄幼虫密度增加到15头/管时,东亚小花蝽5龄若虫的日捕食量为7.125头,草地贪夜蛾的被捕食率开始低于50.000%,为47.500%;当草地贪夜蛾1龄幼虫密度增加到12头/管时,东亚小花蝽成虫的日捕食量为6.750头,草地贪夜蛾的被捕食率也开始低于50.000%,为37.500%,当密度为15、18和21头/管时,草地贪夜蛾的被捕食率趋于稳定,分别为48.333%、41.667%、37.500%。仅草地贪夜蛾1龄幼虫密度为6头/管时,东亚小花蝽成虫的日捕食量显著高于5龄若虫的日捕食量,分别为5.250头和3.375头,其它密度下两者之间无显著差异。当草地贪夜蛾1龄幼虫密度为15头/管时,东亚小花蝽5龄若虫的日捕食量最大,为7.125头,与密度为12头/管时的日捕食量差异不显著,但显著大于其它密度下的日捕食量( $P<0.05$ );当草地贪夜蛾1龄幼

虫密度为21头/管时,东亚小花蝽成虫的日捕食量最高,为7.875头,与密度为9、12、15和18头/管时的日捕食量之间差异不显著,但显著高于密度为3头/管和6头/管时的日捕食量( $P<0.05$ ,表1)。

2.2 东亚小花蝽对草地贪夜蛾的捕食功能反应

东亚小花蝽5龄若虫和成虫对草地贪夜蛾1龄幼虫的捕食功能反应均符合Holling II模型。东亚小花蝽5龄若虫对捕食草地贪夜蛾1龄幼虫的瞬时攻击率、处理时间、日最大捕食量和 $a/T_h$ 分别为0.747、0.048 d、20.833头和15.563,东亚小花蝽成虫对捕食草地贪夜蛾1龄幼虫的瞬时攻击率、处理时间、日最大捕食量和 $a/T_h$ 分别为1.355、0.089 d、11.236头和15.225,东亚小花蝽5龄若虫的捕食能力略大于成虫的捕食能力(表2)。

表2 东亚小花蝽对草地贪夜蛾1龄幼虫的捕食功能反应模型及参数

| Table 2 Functional response models and parameters of <i>Orius sauteri</i> preying on the 1st-instar larvae of <i>Spodoptera frugiperda</i> |                                        |                                       |                                        |                               |                                       |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|---------|
| 捕食者虫态<br>Stage of predator                                                                                                                 | 捕食功能方程<br>Functional response equation | 相关系数<br>Correlation coefficient $R^2$ | 瞬时攻击率<br>Instantaneous attack rate $a$ | 处理时间<br>Handling time $T_h/d$ | 日最大捕食量<br>Maximum prey consumed daily | $a/T_h$ |
| 5龄若虫<br>5th-instar nymph                                                                                                                   | $N_a=0.747N/(1+0.036N)$                | 0.969                                 | $0.747\pm0.122$                        | $0.048\pm0.019$               | 20.833                                | 15.563  |
| 成虫 Adult                                                                                                                                   | $N_a=1.355N/(1+0.120N)$                | 0.950                                 | $1.355\pm0.229$                        | $0.089\pm0.010$               | 11.236                                | 15.225  |

表中数据为平均数±标准误。N: 猎物密度;  $N_a$ : 被捕食的猎物数。Data in the table are mean±SE. N: Prey density;  $N_a$ : predation quantity.

2.3 东亚小花蝽对草地贪夜蛾幼虫的搜寻效应

东亚小花蝽5龄若虫和成虫对草地贪夜蛾1龄幼虫的搜寻效应与草地贪夜蛾1龄幼虫密度呈负相关。当草地贪夜蛾1龄幼虫密度为3、6、9、12和15头/管时,东亚小花蝽5龄若虫的搜寻效应分别为

0.674、0.615、0.565、0.522和0.486。当草地贪夜蛾1龄幼虫密度为3、6、9、12、15、18、21头/管时,东亚小花蝽成虫的搜寻效应分别为0.995、0.786、0.650、0.554、0.482、0.427、0.384(图1)。

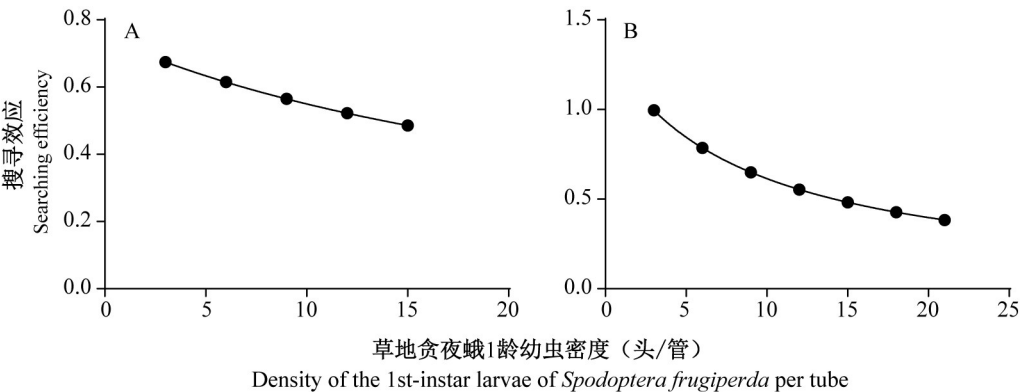


图1 东亚小花蝽5龄若虫(A)和成虫(B)对草地贪夜蛾1龄幼虫的搜寻效应

Fig. 1 Searching efficiency of 5th-instar nymph (A) and adult (B) of *Orius sauteri* to the 1st-instar larvae of *Spodoptera frugiperda*

2.4 东亚小花蝽自身密度对其捕食的干扰反应

当草地贪夜蛾密度为50头/管且空间固定时,

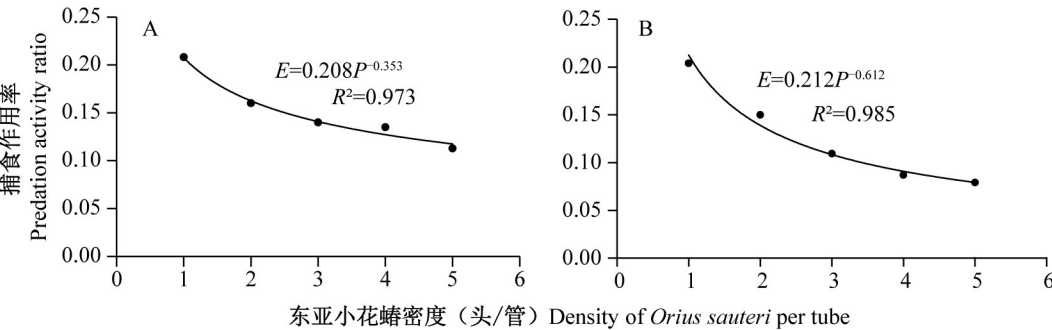
随着东亚小花蝽5龄若虫自身密度的增加,东亚小花蝽5龄若虫个体间的相互干扰增强,东亚小花蝽

5龄若虫的日捕食量由10.400头逐渐下降至5.640头;同样随着东亚小花蝽成虫自身密度的增加,东亚小花蝽成虫个体间的相互干扰也增强,东亚小花蝽成虫的日捕食量由10.200头逐渐下降至3.960头(表3)。

表3 不同东亚小花蝽密度下其对草地贪夜蛾1龄幼虫的日捕食量  
Table 3 Daily preying capacity of *Orius sauteri* to the 1st-instar larvae of *Spodoptera frugiperda*

| 捕食者虫态<br>Stage of predator | 草地贪夜蛾密度/(头/管)<br>Density of <i>Spodoptera frugiperda</i> per tube | 不同东亚小花蝽密度下其日捕食量/头<br>Daily predation quantity by <i>Orius sauteri</i> at different densities of its own |             |             |             |             |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                            |                                                                   | 1头/管                                                                                                    | 2头/管        | 3头/管        | 4头/管        | 5头/管        |
|                            |                                                                   | 1 head/tube                                                                                             | 2 head/tube | 3 head/tube | 4 head/tube | 5 head/tube |
| 5龄若虫<br>5th-instar nymph   | 50                                                                | 10.400                                                                                                  | 8.000       | 7.000       | 6.750       | 5.640       |
| 成虫 Adult                   | 50                                                                | 10.200                                                                                                  | 7.500       | 5.467       | 4.350       | 3.960       |

随着东亚小花蝽自身密度的增加,东亚小花蝽5龄若虫和成虫捕食作用率也逐渐降低,且两者之间显著相关。经拟合获得东亚小花蝽5龄若虫和成虫的自我干扰反应方程分别为 $E=0.208P^{-0.353}$  ( $R^2=0.973$ )和 $E=0.212P^{-0.612}$  ( $R^2=0.985$ ,图2)。



E: 捕食作用率; P: 东亚小花蝽密度。E: Predation activity ratio; P: density of *Orius sauteri*.

图2 东亚小花蝽密度对其5龄若虫(A)和成虫(B)捕食作用率的影响

Fig. 2 Effects of the density on the predation activity of the 5th-instar nymph (A) and adult (B) of *Orius sauteri*

3 讨论

捕食功能反应研究是评价捕食性天敌控制害虫能力的重要方法,本研究结果表明东亚小花蝽5龄若虫和成虫对草地贪夜蛾1龄幼虫的捕食功能反应均符合Holling II型模型,与赵雪晴等(2019)研究结果一致,但日最大捕食量差别较大。赵雪晴等(2019)研究结果表明东亚小花蝽均能捕食草地贪夜蛾1龄和2龄幼虫,但不能捕食3龄和4龄幼虫,对草地贪夜蛾1龄和2龄幼虫的捕食功能反应均符合Holling II模型;在25℃条件下,东亚小花蝽对1龄幼虫的瞬时攻击率最大、处理单头猎物的时间最短、最大捕食量最高,分别为1.090、0.174 d和5.757头。与赵雪晴等(2019)的研究结果相比,相同试验条件下,本研究中东亚小花蝽成虫的瞬时攻击率更高,5龄若虫的瞬时攻击率略低,东亚小花蝽成虫和若虫处理单头猎物的时间更短,最大捕食量也更高,究其原因首先是草地贪夜蛾密度不同,前者最大密度仅

为4头/管,而本研究最大密度为21头/管;其次,草地贪夜蛾1龄幼虫的日龄不同,日龄不同则东亚小花蝽的捕食量也不同。代晓彦等(2019)研究结果显示当草地贪夜蛾密度为30头/皿时,东亚小花蝽5龄若虫和成虫的平均日捕食量分别为9.320头和9.400头,表明草地贪夜蛾虫态和龄期对东亚小花蝽的日捕食量无显著影响。本研究结果显示当草地贪夜蛾密度为50头/管时,东亚小花蝽5龄若虫和成虫日捕食量分别为10.400头和10.200头,与代晓彦等(2019)研究结果接近,此外本研究还分析了东亚小花蝽5龄若虫和成虫对草地贪夜蛾1龄幼虫的捕食量、捕食功能、搜寻效应和干扰效应,为田间释放天敌的虫态、时期和数量提供了数据支撑。在捕食过程中,捕食者对猎物攻击的行为效应称为搜寻效应,一般随着猎物密度的增加,捕食者的搜寻效应会降低(唐艺婷等,2020)。本研究结果表

明,随着草地贪夜蛾1龄幼虫密度的增加,东亚小花蝽5龄若虫和成虫的搜寻效应逐渐降低,与蠋蝽(王燕等,2019a)、益蝽(唐艺婷等,2019;王燕等,2019b)、叉角厉蝽(唐敏等,2019)、瓢虫(孔琳等,2019)等捕食性天敌对草地贪夜蛾的搜寻效应一致。

本研究结果表明东亚小花蝽5龄若虫和成虫对草地贪夜蛾1龄幼虫的日捕食量随着自身密度的增加而降低,符合Hassell模型,与赵雪晴等(2019)研究结果一致。但赵雪晴等(2019)研究结果显示,当东亚小花蝽密度为1头/管时,其单头捕食量最大,为3.200头,而本研究结果显示当东亚小花蝽5龄若虫和成虫密度为1头/管时,其单头捕食量最大分别为10.400头和10.200头,两者差别较大的原因可能是草地贪夜蛾密度不同,前者密度为10头/管,而本研究密度为50头/管。本研究结果还显示东亚小花蝽5龄若虫干扰系数小于成虫,说明成虫更倾向于单独捕食,自身密度对其取食的干扰影响更大。

东亚小花蝽作为我国已经商品化的重要捕食性天敌,繁育和田间应用技术成熟,已被广泛用于防治草莓、辣椒、茄子等作物上的蓟马。本研究结果显示其对草地贪夜蛾1龄幼虫的捕食量与对蓟马、蚜虫的捕食量相近(尹哲等,2017),表明其在草地贪夜蛾生物防治方面有巨大的应用潜力。可以利用东亚小花蝽和草地贪夜蛾之间的相互作用来指导田间防控草地贪夜蛾,以达到最佳防治效果,如在草地贪夜蛾迁入初期或产卵盛期释放东亚小花蝽可控制低龄害虫。本研究仅在室内条件下进行,与田间自然条件有区别,具体的田间应用技术还需进一步开展田间释放研究。在防治草地贪夜蛾时选择对天敌杀伤力较小的农药,保护田间天敌自然种群,对有效控制草地贪夜蛾暴发、延缓其抗药性、保护农田生态均具有重要意义。

## 参 考 文 献 (References)

- CHEN WB, LI YY, WANG MQ, LIU CX, MAO JJ, CHEN HY, ZHANG LS. 2019. Natural enemy insect resources of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, their application status, and existing problems and suggestions. *Chinese Journal of Biological Control*, 35(5): 658–673 (in Chinese) [陈万斌, 李玉艳, 王孟卿, 刘晨曦, 毛建军, 陈红印, 张礼生. 2019. 草地贪夜蛾的天敌昆虫资源、应用现状及存在的问题与建议. *中国生物防治学报*, 35(5): 658–673]
- DAI XY, ZHAI YF, CHEN FS, ZHANG HM, WANG Y, ZHENG L, CHEN H. 2019. Predation of *Orius sauteri* on *Spodoptera frugiperda* larva. *Chinese Journal of Biological Control*, 35(5): 704–708 (in Chinese) [代晓彦, 翟一凡, 陈福寿, 张红梅, 王瑜, 郑礼, 陈浩. 2019. 东亚小花蝽对草地贪夜蛾幼虫的捕食能力评价. *中国生物防治学报*, 35(5): 704–708]
- 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]
- JIANG YL, WU YQ, DUAN Y, GAO XG. 2011. Control efficiencies of releasing *Orius sauteri* (Heteroptera: Anthracoridae) 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]
- JOSEPH SV, BRAMAN SK. 2009. Predatory potential of *Geocoris* spp. and *Orius insidiosus* on fall armyworm in resistant and susceptible turf. *Journal of Economic Entomology*, 102(3): 1151–1156
- KONG L, LI YY, WANG MQ, LIU CX, MAO JJ, CHEN HY, ZHANG LS. 2019. Predation of *Hippodamia variegata* and *Harmonia axyridis* to young larvae of *Spodoptera frugiperda*. *Chinese Journal of Biological Control*, 35(5): 709–714 (in Chinese) [孔琳, 李玉艳, 王孟卿, 刘晨曦, 毛建军, 陈红印, 张礼生. 2019. 多异瓢虫和异色瓢虫对草地贪夜蛾低龄幼虫的捕食能力评价. *中国生物防治学报*, 35(5): 709–714]
- LI YP, ZHANG S, WANG XJ, XIE XP, LIANG P, ZHANG L, GU SH, GAO XW. 2019. Current status of insecticide resistance in *Spodoptera frugiperda* and strategies for its chemical control. *Plant Protection*, 45(4): 14–19 (in Chinese) [李永平, 张帅, 王晓军, 解晓平, 梁沛, 张雷, 谷少华, 高希武. 2019. 草地贪夜蛾抗药性现状及化学防治策略. *植物保护*, 45(4): 14–19]
- MALÁQUIAS JB, RAMALHO FS, OMOTO C, GODOY WAC, SILVEIRA RF. 2014. Imidacloprid affects the functional response of predator *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) to strains of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) on Bt cotton. *Ecotoxicology*, 23(2): 192–200
- MEDAL J, CRUZ AS, SMITH T. 2017. Feeding responses of *Euthyrhynchus floridanus* (Heteroptera: Pentatomidae) to *Megacopta cribraria* (Heteroptera: Plataspidae) with *Spodoptera frugiperda* and *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae as alternative prey. *Journal of Entomological Science*, 52(1): 87–91
- MONTEZANO DG, SPECHT A, SOSA-GÓMEZ DR, ROQUE-SPECHT VF, SOUSA-SILVA JC. 2018. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. *African Entomology*, 26(2): 286–300
- TANG M, KUANG ZL, LI ZY, LU YY, CHEN KW, LIU GH. 2019. Functional response of *Eocanthecona furcellata* (Wolff) to the larvae of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Journal of Environmental Entomology*, 41(5): 979–985 (in Chinese) [唐敏, 邝昭琅, 李子园, 陆永跃, 陈科伟, 刘光华. 2019. 叉角厉蝽对草地贪夜蛾幼虫的捕食功能反应. *环境昆虫学报*, 41(5): 979–985]

- TANG P, WANG ZZ, WU Q, LIU YQ, SHI M, HUANG JH, CHEN XX. 2019. The natural enemies of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* and their application in biological control programs. Chinese Journal of Applied Entomology, 56(3): 370–381 (in Chinese) [唐璞, 王知知, 吴琼, 刘银泉, 时敏, 黄健华, 陈学新. 2019. 草地贪夜蛾的天敌资源及其生物防治中的应用. 应用昆虫学报, 56(3): 370–381]
- TANG YT, WANG MQ, CHEN HY, WANG Y, ZHANG HM, CHEN FS, ZHAO XQ, ZHANG LS. 2019. Predatory capacity and behavior of *Picromerus lewisi* Scott against *Spodoptera frugiperda* higher instar larvae. Chinese Journal of Biological Control, 35(5): 698–703 (in Chinese) [唐艺婷, 王孟卿, 陈红印, 王燕, 张红梅, 陈福寿, 赵雪晴, 张礼生. 2019. 益蝽对草地贪夜蛾高龄幼虫的捕食能力评价和捕食行为观察. 中国生物防治学报, 35(5): 698–703]
- TANG YT, WANG MQ, LI YY, LIU CX, MAO JJ, CHEN HY, ZHANG LS. 2020. Predation of *Arma chinensis* on *Spodoptera litura* Larvae. Chinese Tobacco Science, 41(1): 62–66 (in Chinese) [唐艺婷, 王孟卿, 李玉艳, 刘晨曦, 毛建军, 陈红印, 张礼生. 2020. 蝽对斜纹夜蛾幼虫的捕食作用. 中国烟草科学, 41(1): 62–66]
- WANG Y, WANG MQ, ZHANG HM, ZHAO XQ, YIN YQ, LI XY, TANG YT, CHEN B, CHEN FS, ZHANG LS. 2019b. Predation potential of adult of *Picromerus lewisi* (Fallou) on larvae of *Spodoptera frugiperda*. Chinese Journal of Biological Control, 35(5): 691–697 (in Chinese) [王燕, 王孟卿, 张红梅, 赵雪晴, 尹艳琼, 李向永, 唐艺婷, 陈斌, 陈福寿, 张礼生. 2019b. 益蝽成虫对草地贪夜蛾不同龄期幼虫的捕食能力. 中国生物防治学报, 35(5): 691–697]
- WANG Y, ZHANG HM, YIN YQ, LI XY, ZHAO XQ, TANG YT, WANG MQ, CHEN AD, CHEN FS, ZHANG LS. 2019a. Predation of adult of *Arma chinensis* to larvae of *Spodoptera frugiperda*. Plant Protection, 45(5): 42–46 (in Chinese) [王燕, 张红梅, 尹艳琼, 李向永, 赵雪晴, 唐艺婷, 王孟卿, 谌爱东, 陈福寿, 张礼生. 2019a. 蝽成虫对草地贪夜蛾不同龄期幼虫的捕食能力. 植物保护, 45(5): 42–46]
- WANG YN, ZHAO SN, HE YZ, WU KM, LI GP, FENG HQ. 2020. Predation of *Sycanus croceouittatus* Dohrn on the larvae of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). Chinese Journal of Biological Control, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3515.S.20200121.1740.004.html> (in Chinese) [王亚楠, 赵胜园, 何运转, 吴孔明, 李国平, 封洪强. 2020. 黄带犀猎蝽对草地贪夜蛾幼虫的捕食作用. 中国生物防治学报, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3515.S.20200121.1740.004.html>]
- XU QX, WANG S, TIAN RB, WANG S, ZHANG F, MA J, LI S, DI N. 2019. Study on the predation potential of *Chrysopa pallens* on *Spodoptera frugiperda*. Journal of Environmental Entomology, 41(4): 754–759 (in Chinese) [徐庆宣, 王松, 田仁斌, 王甦, 张帆, 马娇, 李姝, 邸宁. 2019. 大草蛉对草地贪夜蛾捕食潜能研究. 环境昆虫学报, 41(4): 754–759]
- YANG PY, CHANG XY. 2019. Occurrence, influence and the strategy of *Spodoptera frugiperda* in Asia and Africa. China Plant Protection, 39(6): 88–90 (in Chinese) [杨普云, 常雪艳. 2019. 草地贪夜蛾在亚洲、非洲发生和影响及其防控策略. 中国植保导刊, 39(6): 88–90]
- 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 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]
- ZANUNCIO JC, SILVA CAD, LIMA ER, PERERIA FF, RAMALHO FS, SERRÃO JE. 2008. Predation rate of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae with and without defense by *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). Brazilian Archives of Biology and Technology, 51(1): 121–125
- ZHAO XQ, LIU Y, SHI WP, LI XY, WANG Y, YIN YQ, ZHANG HM, CHEN FS, ZHANG HY, LIU XG, et al. 2019. Predatory effect of *Orius sauteri* on *Spodoptera frugiperda* larva. Plant Protection, 45(5): 79–83 (in Chinese) [赵雪晴, 刘莹, 石旺鹏, 李向永, 王燕, 尹艳琼, 张红梅, 陈福寿, 张红艳, 刘小钢, 等. 2019. 东亚小花蝽对草地贪夜蛾幼虫的捕食效应. 植物保护, 45(5): 79–83]

(责任编辑:张俊芳)