

东亚小花蝽对草地贪夜蛾幼虫的捕食效应

赵雪晴^{1#}, 刘莹^{1#}, 石旺鹏², 李向永¹, 王燕¹, 尹艳琼¹,
张红梅¹, 陈福寿¹, 张红艳³, 刘小钢³, 谌爱东^{1*}

(1. 云南省农业科学院农业环境资源研究所, 昆明 650205; 2. 中国农业大学植物保护学院, 北京 100193; 3. 北京阔野田园生物技术有限公司, 北京 102100)

摘要 为探明东亚小花蝽 *Orius sauteri* 对草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 幼虫的控制潜力, 开展了不同温度下东亚小花蝽对不同龄期和密度的草地贪夜蛾幼虫的捕食功能反应与干扰作用研究。结果表明: 当东亚小花蝽捕食 1 龄或 2 龄草地贪夜蛾幼虫时, 其捕食功能反应与 Holling II 模型拟合度较好。东亚小花蝽对草地贪夜蛾 1 龄幼虫在 20℃、25℃ 和 28℃ 下的瞬时攻击率分别为 0.772 4、1.090 0、0.673 6, 处理单头幼虫的时间为 0.174 9、0.173 7、0.295 5 d, 对 2 龄幼虫, 在 20℃、25℃ 和 28℃ 下的瞬时攻击率分别为 0.794 5、1.153 8、0.392 2, 处理单头幼虫的时间为 0.218 9、0.805 6、0.696 0 d; 东亚小花蝽对草地贪夜蛾幼虫的捕食量表现出随着猎物密度增加而上升, 随自身密度的增加而下降的趋势; 同一温度下, 东亚小花蝽对 1 龄幼虫的日均捕食量和寻找效应均高于 2 龄幼虫, 寻找效应与猎物密度成反比; 东亚小花蝽对 3 龄和 4 龄草地贪夜蛾幼虫的日均捕食量为 0; 田间自然状态下东亚小花蝽对草地贪夜蛾幼虫的控制率为 34.62%。

关键词 东亚小花蝽; 草地贪夜蛾; 捕食效应; 干扰作用

中图分类号: S 476.3, S 433.4 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019375

Predatory effect of *Orius sauteri* on *Spodoptera frugiperda* larvae

ZHAO Xueqing¹, LIU Ying¹, SHI Wangpeng², LI Xiangyong¹, WANG Yan¹, YIN Yanqiong¹,
ZHANG Hongmei¹, CHEN Fushou¹, ZHANG Hongyan³, LIU Xiaogang³, CHEN Aidong¹

(1. Institute of Agricultural Environment and Resources, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China; 2. College of Plant Protection, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 3. Beijing Kuoye Tianyuan Biotechnology Co., Ltd., Beijing 102100, China)

Abstract In order to investigate the control effect of *Orius sauteri* on *Spodoptera frugiperda* larvae, the function response and mutual interference were studied with different instar *S. frugiperda* larvae at different density and temperatures. The results showed that for 1st and 2nd instar larvae, the functional response of *O. sauteri* could be described with Holling II type equation. The instantaneous attacking rate of *O. sauteri* on 1st instar larvae were 0.772 4, 1.090 0 and 0.673 6 at 20, 25 and 28℃, respectively, while the handling time were 0.174 9, 0.173 7, 0.295 5 d to single *S. frugiperda* larva. The instantaneous attacking rate changed to 0.794 5, 1.153 8, 0.392 2 at 20, 25 and 28℃ when the larvae were in 2nd instar, and the handling time were 0.218 9, 0.805 6, 0.696 0 d. Predation capacity of *O. sauteri* increased with the increase of prey density, while declined with the increase of predators. At the same temperature, the predation quantity of and searching efficiency to 1st instar larvae were higher than those of 2nd instar larvae. Furthermore, the searching efficiency was inversely proportional to larva density. The *O. sauteri* had little predation effect on 3rd and 4th instar larvae. The control rate of *O. sauteri* on *S. frugiperda* was 34.62% in the natural state of the field.

Key words *Orius sauteri*; *Spodoptera frugiperda*; predation effect; mutual interference

收稿日期: 2019-07-23 修订日期: 2019-07-31

基金项目: 云南省财政专项

* 通信作者 E-mail: shenad68@163.com

为并列第一作者

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 是一种起源于美洲热带和亚热带地区的昆虫^[1]。其幼虫可以取食 350 多种植物^[2], 包括玉米、水稻、甘蔗、高粱、多种蔬菜、棉花、谷子等多种农作物, 导致作物严重减产^[3-5]。草地贪夜蛾适生性很强, 食量大, 生殖能力强, 能远距离迁飞, 容易定殖, 寄主范围广, 嗜好作物多。2019 年 1 月该虫迁入我国云南省普洱市江城^[6]。短短 6 个月, 草地贪夜蛾不仅蔓延到云南 16 个州/市 128 个县/区^[7], 还扩散到全国 21 个省 1 100 多个县^[8]。草地贪夜蛾能找到对其繁殖有利的多种寄主, 在没有天敌的情况下, 种群数量可能会持续增加^[9]。当前, 在草地贪夜蛾新入侵并快速扩散、暴发为害的背景下, 化学农药作为应急防控的首选被提倡和推荐。但是传统的有机磷类、拟除虫菊酯类及氨基甲酸酯类农药已不能有效地防治草地贪夜蛾^[10]。随着草地贪夜蛾为害进入常态化, 云南省作为虫源周年繁殖区、迁入虫源第一站和北迁虫源的重要源头, 生物防治应是其害虫综合治理的首要措施。合理利用好丰富的天敌资源控制草地贪夜蛾是云南省生物防治的重点。联合国粮农组织报道, 有许多捕食性、寄生性天敌昆虫和昆虫病原体可用于控制草地贪夜蛾, 非洲国家有很多利用捕食蝽、寄生蜂、寄生蝇、蚂蚁、蠼螋、瓢虫和蜘蛛等控制草地贪夜蛾的做法^[9], 但国内关于捕食性天敌对草地贪夜蛾控制效应研究的文献报道甚少。

东亚小花蝽 *Orius sauteri* 隶属半翅目花蝽科 Anthocoridae 小花蝽属 *Orius*, 是应用较广的重要捕食性天敌, 广泛运用于西花蓟马 *Frankliniella occidentalis*、朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus*、甘蓝蚜 *Brevicoryne brassicae*、烟粉虱 *Bemisia tabaci*、大豆蚜 *Aphis glycines* 等害虫的生物防治并取得较好的效果^[11-15]。本文研究了东亚小花蝽对草地贪夜蛾各龄期幼虫的捕食功能反应和寻找效应, 以期应用东亚小花蝽防治草地贪夜蛾幼虫提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

本研究采用的草地贪夜蛾为在实验室内用盆栽玉米苗饲养至第 2 代的幼虫, 饲养条件为: 温度 20~30℃、光周期 L//D=14 h//10 h, 相对湿度 60%~85%。供试东亚小花蝽由北京阔野田园生物技术有限公司提供, 为 5 龄若虫和成虫的混合种群, 试验前

保存于冰箱冷藏室(9℃), 试验时根据设置随机取 1 头或 2 头。

1.2 试验条件

捕食试验在直径 1 cm、长 8 cm 的指形管内进行。指形管置于 RXZ 智能型人工气候箱内, 温度设置为(20±1)℃、(25±1)℃和(28±1)℃, 光周期 L//D=14 h//10 h, 相对湿度 70%±5%。

1.3 试验方法

1.3.1 室内捕食功能反应

在指形管内放置 1 段 1 cm×6 cm 的玉米叶片和 1 张同样大小的滤纸。玉米叶供草地贪夜蛾幼虫取食, 滤纸吸收管内多余水汽。试验时, 按试验设置分别放入草地贪夜蛾幼虫和饥饿 48 h 的东亚小花蝽 5 龄若虫或成虫, 并用湿润的棉球塞住管口, 以防草地贪夜蛾幼虫和东亚小花蝽逃逸。

捕食功能反应试验: 共设 10 个处理, 密度梯度分别设为 1 头东亚小花蝽和 1、2、3、4 头草地贪夜蛾 1 龄或 2 龄幼虫; 2 头东亚小花蝽和 1 头草地贪夜蛾 3 龄或 4 龄幼虫, 每处理 20 个重复。每处理均以不放置东亚小花蝽为对照, 对照均为 10 个重复。24 h 后检查草地贪夜蛾幼虫的存活数量。

取食量测试: 共设 10 个处理, 密度梯度分别为 1 头东亚小花蝽和 1、2、3、4 头草地贪夜蛾 1 龄或 2 龄幼虫; 2 头东亚小花蝽和 1 头草地贪夜蛾 3 龄或 4 龄幼虫。温度、湿度和光周期为(25±1)℃、70%±5%、L//D=14 h//10 h。每处理 5 个重复。

1.3.2 东亚小花蝽密度对其捕食能力的干扰反应

在指形管内放置 1 段 1 cm×6 cm 的玉米叶片和 1 张同样大小的滤纸, 玉米叶供草地贪夜蛾幼虫取食, 滤纸吸收管内多余水汽。试验设 5 个处理, 东亚小花蝽密度分别为 1、2、4、6、8 头/管, 草地贪夜蛾密度为 1 龄幼虫 10 头/管, 试验时, 按试验设置分别放入草地贪夜蛾 1 龄幼虫和饥饿近 48 h 的东亚小花蝽 5 龄若虫或成虫, 并用湿润的棉球塞住管口, 以防草地贪夜蛾幼虫和东亚小花蝽逃逸。每处理 5 个重复, 24 h 后分别记录草地贪夜蛾幼虫的存活数量。

1.3.3 田间试验

将长、宽、高均为 100 cm 的养虫笼置于田间, 选择已有草地贪夜蛾为害的玉米植株罩于笼内, 每笼约 6~8 株, 共设 4 个重复。试验时玉米生育期为 4~5 叶小喇叭口期。释放东亚小花蝽前先分期调查笼内每株玉米苗上草地贪夜蛾幼虫的数量。东亚

小花蝽释放密度为每株玉米约 20 头,直接撒施于玉米心叶喇叭口内。释放后 7 d 调查笼内每株玉米苗上各龄期草地贪夜蛾幼虫数量,计算防控率。

防控率=(释放前猎物活虫数-释放后猎物活虫数)/释放前猎物活虫数 \times 100%。

1.4 数据统计与分析

用 Excel 2010 处理数据和 SPSS 19 软件进行方差 Tukey's 检验。再使用 GraphPad Prism 6.01 进行分析。Holling II 功能反应模型: $N_a = aT_r N / (1 + aT_h N)$, 式中 N 为供试猎物密度, N_a 为被捕食的猎物数量, T_r 为试验的总时间, 为 1 d, a 为瞬时攻击率, T_h 为处置一头猎物时间。以上公式简化为, $1/N_a = 1/a \times 1/N + T_h$; 寻找效应方程 $S = a / (1 + aT_h N)$; 干扰反应 $E = N_a / (N \times P)$, 式中 P 为捕食者的密度, E 为捕食常数(捕食作用率), N_a 为捕食的猎物总数; N 为猎物密度。

表 1 不同温度下东亚小花蝽对草地贪夜蛾的捕食功能反应

Table 1 Functional response of *Orius sauteri* on *Spodoptera frugiperda* larvae at different temperatures

| 温度/°C Temperature | 猎物龄期 Prey instar | 功能反应方程 Functional response equation | 相关系数(R^2) Correlation coefficient | 圆盘方程 Holling disk equation | 瞬时攻击率(a) Instantaneous attack rate | 处理时间(T_h)/d Handling time | 最大捕食量/头 Maximum prey consumed |
|----------------------|---------------------|--|--|---------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 20 | 1 龄 1st instar | $1/N_a = 1.2946/N + 0.1749$ | 0.9273 | $N_a = 0.7724N / (1 + 0.1351N)$ | 0.7724 | 0.1749 | 5.7176 |
| | 2 龄 2nd instar | $1/N_a = 1.2587/N + 0.2189$ | 0.9411 | $N_a = 0.7945N / (1 + 0.1739N)$ | 0.7945 | 0.2189 | 4.5683 |
| 25 | 1 龄 1st instar | $1/N_a = 0.9174/N + 0.1737$ | 0.9288 | $N_a = 1.0900N / (1 + 0.1893N)$ | 1.0900 | 0.1737 | 5.7571 |
| | 2 龄 2nd instar | $1/N_a = 0.8667/N + 0.8056$ | 0.9964 | $N_a = 1.1538N / (1 + 0.9295N)$ | 1.1538 | 0.8056 | 1.2413 |
| 28 | 1 龄 1st instar | $1/N_a = 1.4845/N + 0.2955$ | 0.9712 | $N_a = 0.6736N / (1 + 0.1991N)$ | 0.6736 | 0.2955 | 3.3841 |
| | 2 龄 2nd instar | $1/N_a = 2.5495/N + 0.6960$ | 0.9467 | $N_a = 0.3922N / (1 + 0.2730N)$ | 0.3922 | 0.6960 | 1.4368 |

2.2 东亚小花蝽对草地贪夜蛾 1 龄、2 龄幼虫的寻找效应

在 3 种供试温度下,东亚小花蝽对草地贪夜蛾幼虫的寻找效应均随着猎物密度的增加而降低。同一温度下,东亚小花蝽对 1 龄幼虫的寻找效应均高于对 2 龄幼虫的寻找效应。其中,25°C 时,对 1 龄幼虫的寻找效应最高,其次是 20°C 时对 1 龄和 2 龄幼虫;28°C 下东亚小花蝽对 2 龄幼虫的寻找效应最低(图 1)。

2.3 东亚小花蝽密度对其捕食能力的干扰反应

在 25°C 下,东亚小花蝽对草地贪夜蛾的平均捕食量随着其自身密度的增大逐渐减少,捕食作用率也逐渐降低。当东亚小花蝽由 1 头增加到 2 头时,其捕食作用率下降 0.66,当其密度继续增加(4~6 头)时,捕食作用率下降的幅度则相对变小(0.1012~0.0128)。根据干扰反应公式计算得出,东亚小花蝽在捕食草地贪夜蛾过程中的自我干扰反应方程为 $E = 0.6557P^{-1.922}$, 其相关系数为 0.9859,表明捕食作用率与捕食者密度

2 结果与分析

2.1 东亚小花蝽对草地贪夜蛾 1 龄、2 龄、3 龄和 4 龄幼虫的捕食功能反应

根据 Holling II 型圆盘方程计算得到东亚小花蝽捕食草地贪夜蛾 1 龄和 2 龄幼虫的功能反应方程及其参数(表 1)。结果显示,东亚小花蝽对草地贪夜蛾 1 龄幼虫在 20、25°C 和 28°C 下的瞬时攻击率分别为 0.7724、1.0900、0.6736,处理单头幼虫所需时间分别为 0.1749、0.1737、0.2955 d;对 2 龄幼虫,在 20、25°C 和 28°C 下的瞬时攻击率分别为 0.7945、1.1538、0.3922,处理单头幼虫所需时间为 0.2189、0.8056、0.6960 d;各供试温度下,对 3 龄和 4 龄幼虫的所有处理,24 h 后草地贪夜蛾存活率均为 100%。表明草地贪夜蛾幼虫龄期和处理温度对东亚小花蝽的捕食功能均有影响。

显著相关,上述模型可以用来描述东亚小花蝽捕食草地贪夜蛾过程中的自我干扰情况(表 2)。

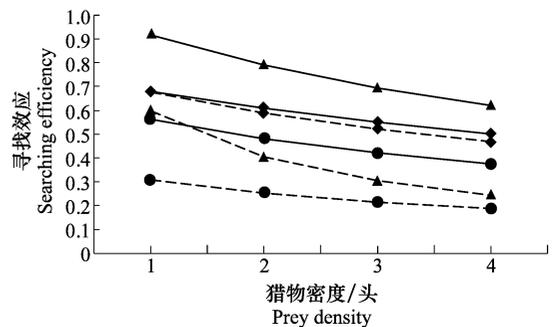


图 1 不同温度下东亚小花蝽对 1 龄和 2 龄幼虫的寻找效应与草地贪夜蛾密度的关系

Fig. 1 Relationship between searching efficiency of *Orius sauteri* and density of the 1st and 2nd instar larvae of *Spodoptera frugiperda* at different temperatures

表 2 东亚小花蝽对草地贪夜蛾幼虫的捕食作用率和分摊竞争强度

Table 2 Predation rate and shared competitive intensity of *Orius sauteri* on *Spodoptera frugiperda* larvae

| 东亚小花蝽密度(P)/头 Density of <i>O. sauteri</i> | 单头天敌捕食量(N _a)/头 Predatory capacity | 捕食作用率(E) Predation rate | 分摊竞争强度(I) Shared competitive intensity |
|--|--|----------------------------|---|
| 1 | 3.20 | 0.800 0 | — |
| 2 | 2.80 | 0.140 0 | 0.825 0 |
| 4 | 1.55 | 0.038 8 | 0.951 6 |
| 6 | 1.23 | 0.020 6 | 0.974 3 |
| 8 | 1.18 | 0.014 7 | 0.981 6 |

2.4 温度和猎物密度对东亚小花蝽捕食量的影响

在不同温度下,单头东亚小花蝽对 1 龄草地贪夜蛾幼虫的日均捕食量均高于对 2 龄幼虫的日均捕食量(20℃下猎物密度 1 头时除外)。同一温度下,单头东亚小花蝽捕食 1 龄或 2 龄幼虫时的日均捕食量均随猎物密度增加而增加(表 3)。当猎物为 1 龄幼虫且密度为 1 头和 2 头时,各温度下单头东亚小花蝽对草地贪夜蛾幼虫的日均捕食量没有显著差异。猎物密度为 3 头时,28℃与其他两个温度下东

亚小花蝽的日均捕食量差异显著。猎物密度为 4 头时,各温度处理的日均捕食量差异显著;当猎物为 2 龄幼虫且密度为 1、2、3 头时,各温度下单头东亚小花蝽对草地贪夜蛾的日均捕食量均无显著差异,草地贪夜蛾密度为 4 头时,20℃和 28℃下东亚小花蝽的捕食量差异显著;当猎物为 3 龄和 4 龄幼虫时,东亚小花蝽的日均捕食量为 0。本试验各处理所设对照的草地贪夜蛾 1 龄、2 龄、3 龄、4 龄幼虫的死亡率均为 0。

表 3 不同温度下 1 头东亚小花蝽对不同密度草地贪夜蛾 1 龄和 2 龄幼虫的日均捕食量¹⁾

Table 3 Average daily predation quantity of *Orius sauteri* on the 1st and 2nd instar larvae of *Spodoptera frugiperda* at different densities and different temperatures

| 温度/℃ Temperature | 日均捕食量/头 Daily predation number | | | | | | | |
|---------------------|--------------------------------------|--------|-------|-------|--------------------------------------|-------|-------|--------|
| | 1 龄幼虫密度 Density of 1st instar larvae | | | | 2 龄幼虫密度 Density of 2nd instar larvae | | | |
| | 1 头 | 2 头 | 3 头 | 4 头 | 1 头 | 2 头 | 3 头 | 4 头 |
| 20 | 0.67 a | 1.50 a | 1.4 b | 2.6 a | 0.7 a | 0.8 a | 1.2 a | 1.8 a |
| 25 | 0.78 a | 1.43 a | 1.4 b | 2.0 c | 0.6 a | 0.7 a | 1.5 a | 1.3 ab |
| 28 | 0.73 a | 1.65 a | 2.5 a | 2.3 b | 0.4 a | 0.9 a | 1.3 a | 1.0 c |

1) 同列数据后不同小写字母表示 Tukey's 法检验在 $P < 0.05$ 水平差异显著。

Different small letters in the same column indicate significant difference by Tukey's, $P < 0.05$.

2.5 自然条件下东亚小花蝽对草地贪夜蛾幼虫的控制效果

东亚小花蝽田间释放当日天气晴朗,室外气温 25~28℃。释放前和释放后 7 d 调查笼内草地贪夜蛾各龄期幼虫存活数,结果如图 2。

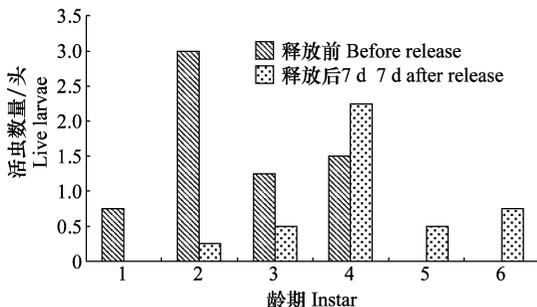


图 2 东亚小花蝽释放 7 d 后草地贪夜蛾各龄期幼虫平均存活量

Fig. 2 Survival numbers of *Spodoptera frugiperda* larvae in different instars 7 days after release

考虑到 5 龄、6 龄幼虫 7 d 后已到蛹期,田间不能查见,在计算防控率时,剔除了释放前 5 龄、6 龄幼虫的数量。由于采用了笼罩法,笼内新增外来草地贪夜蛾任何虫态的概率为 0,因此笼内减少的草地贪夜蛾幼虫数量可确认为是被东亚小花蝽捕食的数量。计算得到防控率为 34.62%。

3 结论与讨论

云南省作为草地贪夜蛾虫源周年繁殖区和北迁虫源的重要源头,农业农村部主张采取生物防治、生态调控、理化诱控、药剂处置等措施综合防治。生物防治排在前面,这给云南省应用天敌昆虫控制草地贪夜蛾的相关技术研究提出了考验。近年来,有关天敌昆虫对害虫的捕食功能研究较多,如:潜蝇姬小蜂 *Diglyphus isaea*、日光蜂 *Aphelinus mali*、大草蛉 *Chrysopa pallens*、南方小花蝽 *Orius similis*、异色瓢虫 *Harmonia axyridis*、蠋蝽 *Arma chinensis*

等^[16-22],且在害虫的综合防治中取得了显著成效。

本试验首次研究了东亚小花蝽对草地贪夜蛾不同龄期幼虫的捕食能力和温度对东亚小花蝽捕食功能的影响,以及自然状态下东亚小花蝽对草地贪夜蛾幼虫的控制效果等。结果表明:东亚小花蝽对草地贪夜蛾 1 龄和 2 龄幼虫有较好的控制效果,其捕食功能反应与 Holling II 模型拟合度较好。东亚小花蝽对草地贪夜蛾 1 龄幼虫在 25℃ 时的瞬时攻击率最大,为 1.090 0,处理单头幼虫所需时间最短,为 0.173 7 d;对 2 龄幼虫,25℃ 时的瞬时攻击率最高,为 1.153 8,处理单头幼虫的时间则是 20℃ 条件下最短,为 0.218 9 d;东亚小花蝽对草地贪夜蛾幼虫的寻找效应均随着猎物密度的增加而降低。同一温度下,东亚小花蝽对 1 龄幼虫的寻找效应高于 2 龄幼虫,但对 3 龄和 4 龄草地贪夜蛾幼虫的寻找效应为 0。此结果说明,东亚小花蝽适宜防治低龄草地贪夜蛾,尤其是初孵幼虫。东亚小花蝽对不同龄期草地贪夜蛾幼虫的日均捕食量随着草地贪夜蛾幼虫密度的增加而增加。单头东亚小花蝽在 28℃ 条件下对密度为 3 头的 1 龄幼虫的日均捕食量最大。20℃ 条件下,则对密度为 4 头的 1 龄幼虫日均捕食量最大;而在 25℃ 和 28℃ 条件下,单头东亚小花蝽对密度为 3 头的 2 龄幼虫的日均捕食量最高。20℃ 时,则是对密度为 4 头的幼虫的日均捕食量最高。云南有着多种小气候类型,所谓一山存四季,十里不同天。此试验结果可为云南不同气候背景下东亚小花蝽田间释放比例提供理论参考;东亚小花蝽对草地贪夜蛾的田间控制率为 34.62%,可以通过保护和补充增殖来综合利用东亚小花蝽控制草地贪夜蛾,以获得最具优势互补的天敌昆虫群落资源。

试验中还观察到,当东亚小花蝽接近 3 龄和 4 龄草地贪夜蛾幼虫时,猎物会发起攻击或将其甩开。而当其接近低龄幼虫时,静候时机发起攻击致死猎物后不是立即取食而是寻找下一个猎物再次发起攻击。室内条件下东亚小花蝽对低龄草地贪夜蛾幼虫(特别是初孵幼虫)攻击力较强。所以在田间释放时,除了综合考虑田间环境因素外,草地贪夜蛾幼虫的龄期是一个重要因素。田间幼虫龄期不太整齐时,特别是高龄幼虫比例较大时,不建议采用释放东亚小花蝽的方法控制草地贪夜蛾。

参考文献

[1] MONTEZANO D G, SPECHTA, SOSA-GÓMEZ R, et al. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas [J]. African Entomology, 2018, 26(2): 286 - 301.

- [2] LUGINBILL P. The fall army worm[R]. USDA Technology Bulletin, 1928, 34: 91.
- [3] EARL Y R, GONZALEZ-MORENO P, MURPHY S T, et al. Forecasting the global extent of invasion of the cereal pest *Spodoptera frugiperda*, the fall armyworm [J]. NeoBiota, 2018, 40: 25 - 50.
- [4] WYCKHUYS K A G, ÓNEIL R J. Population dynamics of *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) and associated arthropod natural enemies in Honduran subsistence maize [J]. Crop Protection, 2006, 25(11): 1180 - 1190.
- [5] MURA G, MOLINA-OCHOA J, COVIELLA C. Population dynamics of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and its parasitoids in northwestern Argentina [J]. Florida Entomologist, 2006, 89(2): 175 - 182.
- [6] 杨学礼, 刘永昌, 罗著钟, 等. 云南省江城首次发现迁入我国西南地区的草地贪夜蛾[J]. 云南农业, 2019(1): 72.
- [7] 赵雪晴, 屈天尧, 李亚红, 等. 2019 年云南省草地贪夜蛾春夏季发生特征[J]. 植物保护: 1 - 9. <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019345>.
- [8] 界面新闻. 草地贪夜蛾入侵中国 21 个省份, 如何快速监测识别仍是防控痛点[EB/OL]. (2019 - 07 - 17)[2019 - 07 - 23]. <http://baijiahao.baidu.com/s? id=1639275743535174345&wfr=spider&for=pc>.
- [9] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Integrated management of the fall armyworm on maize (a guide for farmer field schools in Africa)[M]. Rome, 2018. ISBN 978-92-5-130493-8: 85 - 88.
- [10] 赵胜园, 孙小旭, 张浩文, 等. 常用化学杀虫剂对草地贪夜蛾防效的室内测定[J]. 植物保护, 2019, 45(3): 10 - 14.
- [11] 张安盛, 于毅, 李丽莉, 等. 东亚小花蝽成虫对西花蓟马若虫的捕食功能反应与搜寻效应[J]. 生态学杂志, 2007, 26(8): 1233 - 1237.
- [12] 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.
- [13] 武子清, 赵明茜, 杨淑斐, 等. 东亚小花蝽对四种害虫的捕食作用[J]. 中国生物防治, 2010, 26(1): 13 - 17.
- [14] 韩岚岚, 董天宇, 赵奎军, 等. 东亚小花蝽若虫对大豆蚜捕食功能的研究[J]. 中国生物防治学报, 2015, 31(3): 322 - 326.
- [15] 朱亮, 葛振泰, 宫亚军, 等. 温度对东亚小花蝽捕食美洲棘蓟马的影响[J]. 植物保护学报, 2015, 42(2): 229 - 236.
- [16] 湛爱东, 陈宗麒, 罗开珺. 潜蝇姬小蜂研究概况[J]. 云南农业大学学报, 2001, 16(4): 317 - 319.
- [17] 陈福寿, 谭挺, 陈宗麒, 等. 日光蜂寄生功能反应及寻找效应研究[J]. 西南农业学报, 2006, 19(6): 1082 - 1085.
- [18] 刘爽, 王甦, 刘佰明, 等. 大草蛉幼虫对烟粉虱的捕食功能反应及捕食行为观察[J]. 中国农业科学, 2011, 44(6): 1136 - 1145.
- [19] 胡熙熹, 肖铁光. 异色瓢虫对取食转 Bt 基因棉花的扶桑绵粉蚧的捕食功能反应[J]. 作物研究, 2013, 27(3): 273 - 274.
- [20] 高宇, 侯向洁, 徐伟, 等. 异色瓢虫十九斑变型对豆黄蓟马成虫的捕食功能反应[J]. 中国油料作物学报, 2016, 38(4): 508 - 512.
- [21] 曾广, 鄧军锐, 张昌容. 南方小花蝽控制害虫的研究现状[J]. 山地农业生物学报, 2017, 36(1): 71 - 75.
- [22] 王燕, 张红梅, 尹艳琼, 等. 蝽蝽成虫对草地贪夜蛾不同龄期幼虫的捕食能力[J]. 植物保护: 1 - 6. <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019346>.