

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2022.06.010

# 叉角厉蝽对烟青虫的控害能力及烟田定殖潜力研究

方亮<sup>1</sup>, 苑金戈<sup>2</sup>, 付国润<sup>1</sup>, 陈岗<sup>1</sup>, 吴子云<sup>1</sup>,  
柴云霞<sup>1</sup>, 李学林<sup>1</sup>, 任伟<sup>3</sup>, 李亚迎<sup>2</sup>, 刘怀<sup>2</sup>

1. 云南省烟草公司楚雄州公司, 云南 楚雄 675000;

2. 西南大学 植物保护学院/昆虫学及害虫控制工程重庆市市级重点实验室, 重庆 400715;

3. 云南绿叶生防科技有限公司, 云南 玉溪 653100

**摘要:** 为明确捕食性天敌叉角厉蝽在烟田生态系统的定殖能力及其对烟青虫的控制效果, 在室内和田间分别测定了叉角厉蝽对不同龄期烟青虫的捕食功能反应和防效, 并选取10种烟田及周边生境的常见宿主植物测定其选择行为. 结果表明: 在温度25℃、相对湿度65%、光暗比16:8的条件下, 叉角厉蝽成虫对烟青虫3至5龄幼虫的捕食均符合Holling II圆盘方程, 其对3龄烟青虫幼虫的理论日捕食量最高, 为56.5头, 瞬时攻击率为0.87, 平均处置时间为0.02 d, 理论捕食容量为49.25头. 叉角厉蝽以20头/667 m<sup>2</sup>的初始密度释放一次, 7 d后对烟青虫的平均防效达55.91%, 14 d对烟青虫的平均防治效果为68.29%, 较25 g/L溴氰菊酯乳油防效提高了6.09%. 叉角厉蝽对蜜源性植物有选择偏好性, 在10种供选植物上的分布比例从高到低依次是大豆、棉花、萝卜、木槿、菽麻、红薯、玉米、青花菜、芋头、烟草, 其中在菽麻和木槿上产卵最多, 其次是玉米, 而烟草、青花菜、红薯、芋头上未见卵块. 叉角厉蝽对烟青虫具有较大的控害潜能, 在烟田周围生境内种植蜜源植物可一定程度上提高其定殖能力, 本研究为烟青虫的生物防治提供一定的参考依据.

**关键词:** 叉角厉蝽; 烟青虫; 功能反应;

定殖能力; 生物防治

中图分类号: S435.72

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 2097-1354(2022)06-0089-08

收稿日期: 2022-08-21

基金项目: 重庆市技术创新与应用发展专项(cstc2020jscx-lyggX0006, cstc2021jscx-lyjsAX0005); 中国烟草总公司云南省公司绿色防控重大专项(2020530000241016).

作者简介: 方亮, 农艺师, 主要从事烟草栽培与病虫害防治.

通信作者: 李亚迎, 副教授.

## Control Capacity of *Eocanthecona furcellata* to *Helicoverpa assulta* and Its Colonization Preference

FANG Liang<sup>1</sup>, YUAN Jing<sup>2</sup>, FU Guorun<sup>1</sup>, CHEN Gang<sup>1</sup>,  
WU Ziyun<sup>1</sup>, CHAI Yunxia<sup>1</sup>, LI Xuelin<sup>1</sup>,  
REN Wei<sup>3</sup>, LI Yaying<sup>2</sup>, LIU Huai<sup>2</sup>

1. Yunnan Tobacco Company of Chuxiong, Chuxiong Yunnan 675000, China;

2. Chongqing Key Laboratory of Entomology and Pest Control Engineering/College of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China;

3. Yunnan Luye Biocontrol Technology Co. LTD., Yuxi Yunnan 653100, China

**Abstract:** In order to evaluate the control efficiency of the predatory bug *Eocanthecona furcellata* (Wolff) on the oriental tobacco budworm *Helicoverpa assulta* (Guenée) and its colonization ability in the field, the predation functional response of *E. furcellata* was conducted on different instars of *H. assulta* both under laboratory and field condition. Ten common plant species in tobacco planting system were selected to determine the preference of *E. furcellata*. The results showed that the predatory functional response regression of *E. furcellata* on the 3<sup>rd</sup> to 5<sup>th</sup> instar larvae of *H. assulta* matched with the Holling II disc equation under the condition of (25±1) °C, (65±5)% R.H. and 16L : 8D photoperiod. The theoretical daily predation capacity of adult *L. dichotoma* to 3<sup>rd</sup> instar larvae of *H. assulta* was the highest at 56.5 individuals, the instantaneous attack rate was 0.87, the handling time was 0.02 d, and the theoretical maximum predation capacity was 49.25 individuals. With one release at initial density of three hundred *E. furcellata* per hm<sup>2</sup>, the average control efficiency of *H. assulta* was 55.91% on the 7<sup>th</sup> day, and the average control effect of *H. assulta* was 68.29 % on the 14<sup>th</sup> day, which was 6.09% higher than that of 25 g/L deltamethrin emulsifiable concentrate treatment. *E. furcellata* adults had a preference for nectar plants in the tobacco ecosystem. The distribution ratio of *E. furcellata* adults on the 10 plant species from high to low is soybean, cotton, radish, hibiscus, janapan, sweet potato, maize, broccoli, taro, tobacco. The highest oviposition of *E. furcellata* were observed on janapan and hibiscus plants, followed by maize. *E. furcellata* did not lay eggs on tobacco, broccoli, sweet potatoes and taro. In conclusion, *E. furcellata* had great potential for biological control of *H. assulta*. Planting certain types of nectar plants around tobacco fields could improve the colonization of this predatory bug.

**Key words:** *Eocanthecona furcellata*; *Helicoverpa assulta*; functional response; colonization ability; biological control

叉角厉蝽(*Eocanthecona furcellata*), 属于半翅目(Hemiptera)、蝽科(Pentatomidae)、益蝽亚科(Asopinae), 广泛分布于热带、亚热带地区, 在我国南方多省均有分布, 是一种重要的捕食性天敌昆虫. 其捕食范围广泛, 若虫和成虫能捕食鳞翅目、鞘翅目、膜翅目以及半翅目等多种植食性害虫的卵、幼虫、蛹和成虫, 对害虫种群数量能起到一定程度的控制作用<sup>[1]</sup>. 叉角厉蝽对菜青虫(*Pieris rapae* L.)、绿额翠尺蛾(*Thalassodes proquadraria* Inouce)、甜菜夜蛾(*Spodoptera exigua*)、斜纹夜蛾(*Spodoptera litura*)、黄野螟(*Heortia vitessoides*)、草地贪

夜蛾(*Spodoptera frugiperda*)等<sup>[2-9]</sup>鳞翅目害虫的幼虫均具有较强的捕食能力,加之叉角厉蝽具有发生早、时间长、捕食量大、捕食范围广、活动能力强、1年可发生多代等特点<sup>[1]</sup>,因此在农林害虫生物防治方面极具应用潜力,可作为鳞翅目害虫的理想生物防治天敌。

烟青虫(*Helicoverpa assulta*),又名烟草夜蛾、烟夜蛾,属鳞翅目(Lepidoptera)、夜蛾科(Noctuidae)<sup>[10]</sup>。该虫在全球范围内分布广泛,1年发生多代,主要为害烟草、辣椒、番茄等作物,在我国主要烟区均有发生,尤以西南烟区和黄淮烟区发生较重<sup>[11-15]</sup>。在烟草种植区,每年因烟青虫为害而引起的烟草产量损失占烟草总产量的5%~10%,严重时甚至可能超过15%<sup>[16-18]</sup>,对烟草的产量和品质造成重大损失。目前,防治烟青虫主要依靠化学农药,容易产生害虫抗药性并对环境造成污染,因此对环境友好的生物防治方法越来越受到重视。

叉角厉蝽作为一种杂食性的天敌昆虫,在生长发育过程中会吸食一定的植物汁液作为营养,但这种刺吸并不会对植物本身造成伤害,这种行为在猎物缺乏时,对自身种群的维持具有重要意义<sup>[19-21]</sup>。由于不同植物之间所含的营养物质和成分不同,叉角厉蝽吸食后,其各项生理指标会产生变化,进而成虫的产卵能力、卵的孵化率及若虫的成活率也将受到影响<sup>[22]</sup>。不同寄主植物条件下叉角厉蝽的定殖行为也不同。目前不同寄主植物条件下叉角厉蝽定殖行为的研究未见报道,因此,本研究在评价叉角厉蝽对烟青虫不同龄期幼虫捕食能力的基础上,选择了10种烟田种植系统不同的植物作为叉角厉蝽的宿主植物,筛选出最适合叉角厉蝽生长发育繁殖的宿主植物,以期为叉角厉蝽防治烟草重要害虫提供理论依据,并为规模化生产及释放应用叉角厉蝽提供一定的技术支撑。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试虫源、药剂和植物

#### 1.1.1 供试虫源

烟青虫:采自云南省玉溪市研和镇向家庄烟田,在室内以新鲜烟叶饲养2代以上的3龄、4龄、5龄幼虫作为供试用虫。

叉角厉蝽:云南绿叶生防科技有限公司提供,饲养于(25±1)℃,相对湿度(65±5)%,光暗比16:8的温室内,以黄粉虫幼虫和蛹饲喂多代,供试叉角厉蝽为羽化24h内的成虫。

#### 1.1.2 供试药剂

25 g/L 溴氰菊酯乳油(PD20130160),昆明百事德生物化学科技有限公司生产。

#### 1.1.3 供试植物

烟草、玉米、大豆、木槿、菽麻、红薯、萝卜、棉花、青花菜、芋头共10种植物,为云南绿叶生防科技有限公司实验基地栽培的盆栽植物。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 叉角厉蝽对烟青虫的捕食功能反应

试验前将供试叉角厉蝽在上口直径15 cm、下口直径9 cm、高度10 cm的养虫盒内单头饲养,养虫盒内放入浸湿的脱脂棉提供水分,试虫先饱食24 h再饥饿24 h,使供试叉角厉蝽处于同等饥饿水平。饥饿处理完毕后,将供试烟青虫幼虫放入养虫盒,同时提供新鲜烟叶供其取食,避免烟青虫幼虫自残。3龄烟青虫密度设为10,20,30,40,50,60头/盒;4龄烟青虫密度设为5,10,15,20,25,30头/盒;5龄烟青虫密度设为4,6,8,10,15,20头/盒。每个处理重复5次,24 h后检查烟青虫各龄期幼虫存活数量。

功能反应方程:  $N_a = \frac{aNT}{(1+aT_hN)}$  [23], 搜寻效应方程:  $S = \frac{a}{(1+aT_hN)}$  [24], 式中  $N$  为烟

青虫幼虫的密度,  $N_a$  为捕食烟青虫幼虫的数量,  $a$  为捕食者对猎物的瞬时攻击率,  $T$  为试验的总时间, 本试验中  $T$  设为 1 d,  $T_h$  是处理猎物时间(即捕食者捕食 1 头猎物所用的时间),  $S$  为搜寻效应. 试验原始数据采用 Excel 和 Graphpad Prism 8.0 分析并作图.

### 1.2.2 叉角厉蝽对烟青虫的田间药效试验

试验于 2020 年 6—7 月在云南楚雄州南华县进行, 烟青虫发生普遍且常年为害. 烟苗于 4 月 28 日移栽定植, 株行距为 1.2 m×0.5 m, 除阳性药剂对照外, 试验期间均不使用任何防治烟青虫的药剂, 释放叉角厉蝽时为烟草旺长期, 其他肥水管理照常规进行. 试验共设置 3 个处理, 处理 A: 释放 20 头/667 m<sup>2</sup> 的叉角厉蝽 3 龄幼虫; 处理 B: 25 g/L 溴氰菊酯乳油 1 000 倍液叶面喷雾; 处理 C: 空白对照. 每处理重复 3 次, 共 9 个小区, 每小区植烟 250 株. 于叉角厉蝽释放后的 7 d, 14 d 调查残虫数, 虫口减退率和防治效果计算方法如下所示.

虫口减退率(%) = (处理前虫口数 - 处理后虫口数) / 处理前虫口数 × 100%

防效(%) = (处理区虫口减退率 - 对照区虫口减退率) / (1 - 对照区虫口减退率) × 100%

### 1.2.3 叉角厉蝽在 10 种寄主植物上的分布和产卵

试验设置 10 种寄主植物, 每组 3 个重复, 将每个盆栽植物放入 80 cm×50 cm 的尼龙网养虫笼内. 每笼放入 20 头叉角厉蝽成虫, 雌雄比为 1:1, 并放入黄粉虫幼虫作为饲料供其取食, 每天更换食料, 定期浇水以保证植株正常生长. 每天早上 7:00 开始调查, 每隔 4 h 调查一次, 记录叉角厉蝽的栖息活动位置, 记录成虫产卵时间、产卵次数、产卵数量, 连续观测 2 周, 并将成虫所产的卵块取出放入温度 30 ℃, 光周期 16L:8D 的恒温培养箱内孵化, 记录孵化率. 所得数据先用 Excel 初步统计, 再用 SPSS 17.0 进行统计分析处理并作图. 试验环境为温室大棚, 温度范围 20~40 ℃, 湿度范围 20%~65%, 植物摆放为 3 行 10 列, 每列为 1 种植物, 每株植物占地面积 0.5 m<sup>2</sup>.

## 2 结果与分析

### 2.1 叉角厉蝽对烟青虫的捕食能力

#### 2.1.1 叉角厉蝽对烟青虫幼虫的日均捕食量

叉角厉蝽对烟青虫的平均日捕食量如图 1 所示. 叉角厉蝽对 3 个不同龄期的烟青虫日平均捕食量均随着设置密度的升高而增加, 直至饱和, 即捕食量随密度的增加而增加, 到了后期上升趋势逐渐趋于平缓. 在设置的最大密度范围内, 叉角厉蝽对烟青虫 3 龄、4 龄、5 龄幼虫的最大日均捕食量分别是 26.0 头, 13.6 头, 7.4 头.

#### 2.1.2 叉角厉蝽对烟青虫的捕食功能反应

叉角厉蝽成虫对烟青虫 3 龄、4 龄、5 龄幼虫的捕食功能反应方程见表 1, 均符合 Holling II 圆盘模型. 叉角厉蝽对烟青虫 5 龄幼虫的瞬时攻击率最高, 为 1.615 2; 对 3 龄幼虫的处置时间最短, 为 0.017 7 d; 对 3 龄幼虫的最大日捕食量最高, 为 56.47 头.

#### 2.1.3 叉角厉蝽对烟青虫幼虫的搜寻效应

根据公式  $S = \frac{a}{(1+aT_hN)}$  计算出叉角厉蝽成虫对烟青虫 3 龄、4 龄、5 龄幼虫的搜寻效应,

如图 2 所示, 叉角厉蝽对烟青虫 3~5 龄幼虫的搜寻效应均随烟青虫幼虫密度的升高而降低.

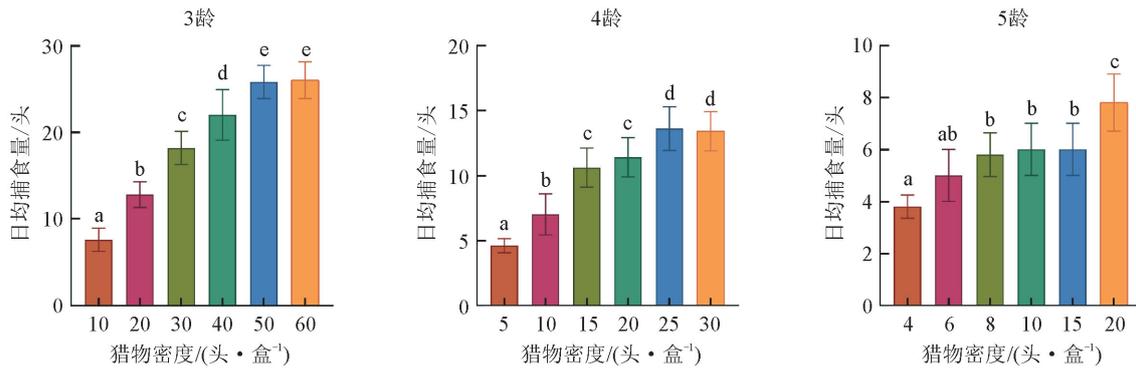


图 1 叉角厉蝽成虫对烟青虫幼虫的日均捕食量

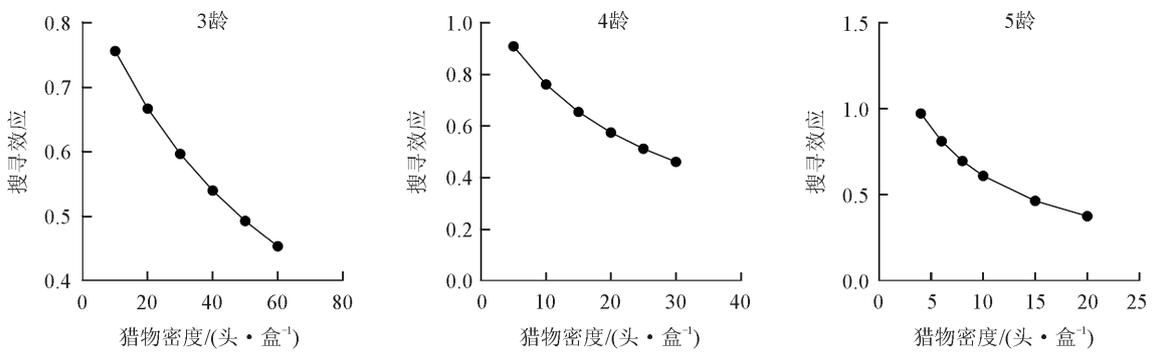


图 2 叉角厉蝽成虫对烟青虫幼虫的搜寻效应

表 1 叉角厉蝽成虫对烟青虫不同龄期幼虫的捕食功能反应

烟青虫	功能反应方程	瞬时攻击率( $a$ )	处置时间( $T_h$ )/h	日最大捕食量/头	$a/T_h$	$R^2$	$p$
3 龄幼虫	$N_a = 0.8717N / (1 + 0.0150N)$	0.8717	0.0177	56.47	49.25	0.9514	0.0009
4 龄幼虫	$N_a = 1.1270N / (1 + 0.0482N)$	1.1270	0.0428	23.36	26.33	0.9078	0.0033
5 龄幼虫	$N_a = 1.6152N / (1 + 0.1653N)$	1.6152	0.1023	9.77	15.78	0.8628	0.0074

## 2.2 叉角厉蝽对烟青虫的田间防效

叉角厉蝽以 20 头/667 m<sup>2</sup> 的初始密度释放 1 次, 7 d 后对烟青虫的平均防治效果为 55.91%, 比 25 g/L 溴氰菊酯乳油的防效(80.65%)低; 14 d 后对烟青虫的平均防治效果达 68.29%, 比 25 g/L 溴氰菊酯乳油的平均防效(62.20%)高。

表 2 叉角厉蝽对烟青虫的防治效果

处理	7 d		14 d	
	百株残虫数/头	防效/%	百株残虫数/头	防效/%
释放叉角厉蝽	41	55.91	26	68.29
25 g/L 溴氰菊酯乳油	18	80.65	31	62.20
空白对照	93	—	82	—

## 2.3 叉角厉螬在不同寄主植物上的定殖能力

### 2.3.1 叉角厉螬在不同植物上的分布

叉角厉螬成虫在不同植物上分布占比见表 3。释放初期,叉角厉螬在不同植物上的分布没有明显差异;释放 24 h 后,其在烟草上的分布显著低于其他 9 种寄主,仅为 34.35%,其次是芋头;植物上分布比例最高的植物是大豆,占 65.39%,其次是棉花( $df=2, 18, p<0.001$ )。

### 2.3.2 叉角厉螬在不同植物上的产卵

叉角厉螬在 10 种寄主植物上的产卵情况见表 4,产卵次数最多的是菽麻和木槿,各 4 次,其次为玉米,其中烟草、青花菜、红薯、芋头 4 种植物上未发现卵块。单雌着卵量以菽麻最高,达 56 粒,其次是玉米,产卵量为 53 粒。

表 3 叉角厉螬在 10 种寄主植物上的分布比例

%

植物种类	尼龙网	植物	其他
菽麻	45.82	50.93	3.25
大豆	32.25	65.39	2.36
烟草	53.27	34.35	12.38
青花菜	45.92	49.33	4.75
玉米	46.86	49.92	3.22
红薯	45.19	50.58	4.23
棉花	40.39	55.29	4.32
木槿	42.20	52.91	4.89
萝卜	39.20	53.20	7.60
芋头	44.27	46.30	9.43

表 4 叉角厉螬在 10 种宿主植物上的产卵位置及产卵量

植物种类	产卵次数			单雌产卵量/粒
	叶面	叶背	枝干	
菽麻	—	2	2	56
大豆	—	2	—	42
烟草	—	—	—	36
青花菜	—	—	—	27
玉米	—	2	1	53
红薯	—	—	—	27
棉花	—	1	—	32
木槿	—	2	2	47
萝卜	—	1	—	12
芋头	—	—	—	18

## 3 结论与讨论

烟青虫作为烟草上的重要害虫,其幼虫对烟株根、茎、叶造成严重为害,致使烟叶减产,造成重大经济损失,因此,研发烟青虫的绿色持续防控技术迫在眉睫。自 Holling<sup>[23]</sup> 提出捕食者捕食功能反应方程以来,其较好的实用性和适用性已经成为评价天敌昆虫捕食能力的重要方法。利用 Holling 功能反应模型能有效评价天敌昆虫对猎物的捕食适合度,并预测利用捕食者进行生物防治的有效性<sup>[25]</sup>。本研究发现叉角厉螬对烟青虫的捕食功能反应符合 Holling II 模型,叉

角厉蝽的捕食能力受烟青虫密度的影响,其对不同龄期烟青虫的捕食量随着猎物密度的升高而增加,对烟青虫的搜寻效应则随着密度的增加而降低.当烟青虫密度增加到一定程度时,捕食量的增速逐渐减缓并趋于饱和.根据周集中等<sup>[26]</sup>提出的采用理论最大捕食容量( $a/T_h$ )来衡量天敌对害虫的控制能力,理论最大捕食容量越大,则天敌的控害能力越强.本研究发现叉角厉蝽捕食3龄烟青虫的理论最大捕食容量值最大,为49.25头;而捕食5龄的理论最大捕食容量值最小,为15.78头;说明叉角厉蝽对3龄烟青虫的捕食能力强于对4龄、5龄烟青虫的捕食能力.蒋杰贤等<sup>[27]</sup>研究叉角厉蝽对不同龄期斜纹夜蛾选择捕食作用发现,叉角厉蝽偏向选择捕食高龄幼虫;谢钦铭等<sup>[5]</sup>的研究结果发现,在猎物虫龄混合的情况下,叉角厉蝽首先选择捕食3龄以上幼虫,对1~2龄幼虫几乎不捕食;推测其主要是因为高龄幼虫相比于低龄幼虫个体较大,活动能力强,更容易被捕食者发现.

本研究在3龄至5龄的中高龄烟青虫幼虫中进行综合比较,发现叉角厉蝽捕食3龄幼虫的能力均强于4龄、5龄幼虫.由于烟青虫在田间世代重叠严重,几乎各个虫龄都同时存在,因此在田间释放应用叉角厉蝽时可根据田间虫量预测预报,在烟青虫3龄幼虫达到高峰时释放叉角厉蝽.然而,在自然环境条件下,不受制约的因素众多,会对叉角厉蝽防治烟青虫产生不利影响.因此,本研究在后续试验中开展田间叉角厉蝽的控害效果研究,为明确科学的释放密度和释放时间等技术参数提供参考依据.田间试验表明叉角厉蝽释放14d后的防效为68.29%,明显高于25g/L溴氰菊酯乳油,说明相比较化学农药的速效性而言,叉角厉蝽的持效性较好.但要使叉角厉蝽防效更好、更持续,在防治过程中需配合昆虫性诱剂等其他防治技术,避免烟田附近其他作物上的烟青虫转移造成二次为害.

本研究叉角厉蝽定殖能力研究表明,在10种寄主植物中,叉角厉蝽分布比例最多的是大豆,其次是棉花,而最少的是烟草.这可能是因为叉角厉蝽在自然环境下需要一定的隐蔽和躲藏空间,而大豆分枝能力强,叶片虽小但数量众多,可以为叉角厉蝽提供相对较多的躲避空间.玉米等虽然叶片较长,但叶片狭窄可供躲避的空间较小,而烟草表面会分泌出一种使烟叶变黏的“蜜露”,且具有一定特殊气味,这对天敌昆虫有一定的趋避作用<sup>[28-29]</sup>.叉角厉蝽在不同宿主植物上产卵最多的是菽麻和木槿,其次是玉米,而烟草、青花菜、红薯、芋头4种植物上则未发现卵块;推测其可能是因为菽麻、木槿开花产生的花粉花蜜吸引了天敌叉角厉蝽,这些蜜源物质可能结合叉角厉蝽的味觉、嗅觉受体,从而吸引其选择与产卵.王建红等<sup>[30]</sup>的研究证实蜜源植物可以不同程度地促进天敌昆虫性成熟、延长其寿命、提高其生殖力或寄生率,因此在烟草田及其周边种植合适的蜜源植物有助于叉角厉蝽在烟草田顺利定殖,以达到长期控害的目的.综上所述,叉角厉蝽对烟青虫具有较大的防治潜能,在烟田周围生境种植蜜源植物可一定程度上提高其定殖能力,研究为烟青虫在烟田生态系统的生物防治提供一定的参考依据.

#### 参考文献:

- [1] 林长春,王浩杰,任华东,等.叉角厉蝽生物学特性研究[J].林业科学研究,1998,11(1):89-93.
- [2] 张敏玲,卢传权.叉角厉蝽的饲养[J].昆虫天敌,1996,18(2):74-77.
- [3] 朱涤芳.叉角厉蝽生物学特性研究[J].昆虫天敌,1990,12(2):71-74.
- [4] 宫靖垚,陈科伟,温健,等.人工饲料饲养的叉角厉蝽对昆虫的捕食能力评价[J].环境昆虫学报,2019,41(3):471-478.
- [5] 谢钦铭,梁广文,罗诗,等.叉角厉蝽对绿额翠尺蛾幼虫的捕食作用的初步研究[J].江西科学,2001,19(1):21-23.

- [6] 何旭诺, 洗继东, 陈然, 等. 4种昆虫饲料对叉角厉蝽生长发育和繁殖的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2013, 35(6): 799-803.
- [7] 陈然, 梁广文, 张拯研, 等. 叉角厉蝽对斜纹夜蛾的捕食功能反应 [J]. 环境昆虫学报, 2015, 37(2): 401-406.
- [8] 李文华, 贾彩娟, 陈惠平, 等. 叉角厉蝽对黄野螟幼虫的捕食功能反应 [J]. 环境昆虫学报, 2015, 37(4): 843-848.
- [9] 唐敏, 邝昭琅, 李子园, 等. 叉角厉蝽对草地贪夜蛾幼虫的捕食功能反应 [J]. 环境昆虫学报, 2019, 41(5): 979-985.
- [10] HARDWICK D F. The Corn Earworm Complex [J]. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 1965, 97(S40): 9-20.
- [11] 隆晓, 曾爱平, 周志成, 等. 湖南烟青虫发生规律及其测报技术 [J]. 烟草科技, 2012, 45(2): 75-79.
- [12] 何群. 湖南烟草主要害虫发生规律研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2014.
- [13] 周炼川, 陈庭慧, 李大肥, 等. 文山烟区烟青虫发生规律及防治阈值研究 [J]. 现代农业科技, 2016(3): 140-142.
- [14] 蒋辉倩. 镇远县烟青虫的发生规律 [J]. 贵州农业科学, 2018, 46(3): 59-61.
- [15] 娄方能, 付启伦, 李光雷, 等. 水城县烟区烤烟主要害虫监测分析 [J]. 甘肃科技, 2018, 34(13): 35-37, 111.
- [16] 惠丰立, 褚学英. 烟草夜蛾的主要生物学特性及生物防治 [J]. 湖北农业科学, 2003, 42(2): 61-62.
- [17] 谢立群, 杨效文, 张孝羲. 烟青虫主要生物学特性及防治方法的研究现状 [J]. 烟草科技, 1997, 30(2): 46-47.
- [18] 赵兵, 田福海, 许涛, 等. 烟青虫发生规律及测报因子研究 [J]. 中国烟草, 1995(4): 34-36.
- [19] WIEDENMANN R N, O'NEIL R J. Searching Behavior and Time Budgets of the Predator *Podisus maculiventris* [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1991, 60(1): 83-93.
- [20] ARMER C A, WIEDENMANN R N, BUSH D R. Plant Feeding Site Selection on Soybean by the Facultatively Phytophagous Predator *Orius insidiosus* [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1998, 86(2): 109-118.
- [21] 高卓, 张李香, 王贵强. 保护利用蠊蝽防治甜菜害虫 [J]. 中国糖料, 2009, 31(1): 70-72.
- [22] 宋丽文, 陶万强, 关玲, 等. 不同宿主植物和饲养密度对蠊蝽生长发育和生殖力的影响 [J]. 林业科学, 2010, 46(3): 105-110.
- [23] HOLLING C S. Some Characteristics of Simple Types of Predation and Parasitism [J]. *The Canadian Entomologist*, 1959, 91(7): 385-398.
- [24] 丁岩钦. 昆虫数学生态学[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [25] 庄丽, 李为争, 杨雷, 等. 瓢虫对蚜虫功能反应的影响因子 [J]. 华中昆虫研究, 2012(1): 30-35.
- [26] 周集中, 陈常铭. 拟环纹狼蛛对褐飞虱的捕食作用及其模拟模型的研究 I. 功能反应 [J]. 生物防治通报, 1986, 2(1): 2-9.
- [27] 蒋杰贤, 梁广文. 叉角厉蝽对斜纹夜蛾不同龄期幼虫的选择捕食作用 [J]. 生态学报, 2001, 21(4): 684-687.
- [28] JOHNSON A W. Physical and Chemical Leaf Surface Characteristics of Aphid Resistant and Susceptible [J]. *Tob*, 1982, 184(7): 13-21.
- [29] 邸慧慧, 史宏志, 张大纯. 烟草叶片腺毛及其分泌物研究进展 [J]. 贵州农业科学, 2009, 37(8): 61-64.
- [30] 王建红, 仇兰芬, 车少臣, 等. 蜜粉源植物对天敌昆虫的作用及其在生物防治中的应用 [J]. 应用昆虫学报, 2015, 52(2): 289-299.

责任编辑 王新娟