



叉角厉蝽捕食芋田斜纹夜蛾影响因子研究

彭之琦，黄恒广，陆永跃，洗继东*

(华南农业大学植物保护学院，广州 510642)

摘要：为了探明外界因子对叉角厉蝽 *Eocanthecona furcellata* 捕食效率的影响，提高田间应用叉角厉蝽对斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* 种群的防控效果，本试验采用二次通用旋转组合设计方法，研究了3个试验因子（斜纹夜蛾幼虫密度、叉角厉蝽若虫释放量、芋头植株数量）对叉角厉蝽捕食效率的影响，基于不同处理下叉角厉蝽对斜纹夜蛾的捕食率统计，建立捕食效率（ Y ）与斜纹夜蛾幼虫密度（ X_1 ）、叉角厉蝽释放量（ X_2 ）和芋头植株数量（ X_3 ）3个试验因子的关系的回归模型： $Y = 71.8751593 - 4.74158206X_1 + 12.83546961X_2 + 1.249219611X_3 + 0.1022956216X_1^2 - 0.518515769X_2^2 - 1.076015769X_3^2 - 0.1667500000X_1X_2 - 0.0832500000X_1X_3 + 0.416250000X_2X_3$ 。经单因子效应分析，3个试验因子对叉角厉蝽捕食率影响程度从大到小依次为：斜纹夜蛾幼虫密度（ X_1 ）、叉角厉蝽释放量（ X_2 ）、芋头植株数量（ X_3 ）。经对建立的二次多项式回归模型取最高指标时各个因素拟合分析以及对3个试验因子单效应、互作效应作图，得出使叉角厉蝽捕食率达到最大值的3个试验因子配比为7:5:1，即当斜纹夜蛾幼虫数量为7头、叉角厉蝽为5头以及芋头植株为1株时，叉角厉蝽若虫捕食率达到最大，为90.83%。

关键词：叉角厉蝽；斜纹夜蛾；捕食效率；生物防治；芋头；二次通用旋转组合设计

中图分类号：Q968.1

文献标识码：A

Study on influence factors of predation efficiency of *Eocanthecona furcellata* (Hemiptera) on *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) in taro

PENG Zhi-Qi, HUANG Heng-Guang, LU Yong-Yue, XIAN Ji-Dong* (South China Agricultural

基金项目：广东省重点领域研发计划项目(2020B020223004)；广东省外来入侵物种风险评估和监测预警创新团队项目(2020KJ134)

作者简介：彭之琦，硕士，主要从事害虫生物防治研究，E-mail: 1424571440@qq.com

*通讯作者 Author for correspondence: 洗继东，博士，副教授，主要研究方向为有害生物生态控制、昆虫生态学、生物防治，E-mail: jdxian@scau.edu.cn

收稿日期 Received: 2023-09-22; 修回日期 Revision received: 2024-05-22; 接受日期 Accepted: 2024-05-27

University, College of Plant Protection, Guangzhou 510642, China)

Abstract: *Eocanthecona furcellata* (Wolff) is a key natural enemy of the agricultural pest *Spodoptera litura* (Fabricius) and plays a significant role in biological control strategies. This study aimed to evaluate the effects of external factors on the predation efficiency of *E. furcellata* and optimize its field application for controlling *S. litura* populations. A quadratic general rotation combination design was employed to examine the influence of three experimental factors: larvae density of *S. litura* (X_1), the release quantity of *E. furcellata* nymphs (X_2), and the number of taro plants (X_3). Based on the predation rates of *E. furcellata* under varying treatments, a regression model was established to describe the relationship between the predation efficiency (Y) and the three factors: $Y = 71.8751593 - 4.74158206X_1 + 12.83546961X_2 + 1.249219611X_3 + 0.1022956216X_1^2 - 0.518515769X_2^2 - 1.076015769X_3^2 - 0.1667500000X_1X_2 - 0.0832500000X_1X_3 + 0.416250000X_2X_3$. Single-factor effect analysis revealed the relative importance of the three experimental factors on predation rate in descending order as follows: *S. litura* larvae density (X_1), *E. furcellata* nymphs release (X_2), and taro plant number (X_3). By optimizing the model and analyzing the interaction effects of three factors, the optimal ratio for maximizing predation efficiency was determined to be 7 : 5 : 1. This corresponds to a larval density of 7 *S. litura*, 5 *E. furcellata* nymphs and 1 taro plant, achieving a maximum predation rate of 90.83%. This study provides valuable insights into enhancing the biological control efficacy of *E. furcellata* against *S. litura* under field conditions, offering practical guidance for integrated pest management strategies.

Key words: *Eocanthecona furcellata* (Wolff); *Spodoptera litura* (Fabricius); predation efficiency; biological control; taro taro; uniform-precision rotatable central composite design

斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* (Fabricius) 隶属鳞翅目 Lepidoptera 夜蛾科 Noctuidae, 为杂食性害虫, 具有分布广、暴食性、寄主植物多、世代重叠严重等特点 (汪云好等, 2003; 范淑英等, 2004; 林宗学等, 2004; 陆强等, 2004)。斜纹夜蛾作为芋头上常见的重要害虫, 每年芋头田间常发生多次斜纹夜蛾大危害, 严重影响芋头产业的发展。具有较强防治难度: 其产卵位置隐蔽, 不易于发现, 对人工摘取卵块造成了一定困难; 在 3 龄幼虫期表现出暴食性, 数量多且分散的特点, 对作物产生了严重的危害。目前, 斜纹夜蛾已经对多种常见化学药剂产生了程度不一的抗药性, 国内外对芋头上斜纹夜蛾的防治措施仍以化学农药为主, 长期大量频繁以及不合理地用药, 导致斜纹夜蛾对多类药剂均产生了不同程度的抗药性 (桑松

等, 2013)。除此之外化学防治也会造成环境污染, 杀害自然环境中其他天敌种群, 造成生态失衡, 因此开展芋头上斜纹夜蛾的生物防治技术研究有重大意义。

叉角厉蝽 *Eocanthecona furcellata* (Wolff) 隶属半翅目 Hemiptera 蝽科 Pentatomidae, 是一种捕食性天敌昆虫, 捕食种类繁多, 对斜纹夜蛾的捕食能力表现良好, 这在许多研究中已被证实 (Tetsuya *et al.*, 1992; Yasuda *et al.*, 1996; 蒋杰贤, 2001; Tuan *et al.*, 2015; 郭慧, 2018)。关于叉角厉蝽田间应用的相关数据较为少见, 陈然 (2015) 在烟草田间小区进行了叉角厉蝽对斜纹夜蛾自然种群的控制作用试验, 并以叉角厉蝽人工释放次数作为控制因素研究叉角厉蝽对斜纹夜蛾种群的干扰作用, 明确了叉角厉蝽释放次数与其控害作用呈正相关关系; 方亮等 (2022) 研究了烟田系统叉角厉蝽对烟青虫的防控效果, 经对照处理 14 d 后叉角厉蝽的防治效果高于溴氰菊酯乳油; 陈岗等 (2022) 研究了叉角厉蝽若虫对玉米田害虫草地贪夜蛾的防治效果, 证实了应用叉角厉蝽防治玉米草地贪夜蛾的可行性。叉角厉蝽在田间应用效果与害虫及其寄主植物密切相关, 有关利用叉角厉蝽防治芋田斜纹夜蛾的田间应用研究尚未见报道。

本次试验采用二次通用旋转组合设计, 研究了叉角厉蝽释放密度、斜纹夜蛾幼虫密度以及芋头植株数 3 个因子对叉角厉蝽捕食率的影响, 分析出主因子效应以及双因子效应, 获得 3 个试验因子的最佳配比, 以期在芋田中应用叉角厉蝽防治斜纹夜蛾提供科学依据。

1 材料与amp;方法

1.1 供试昆虫

叉角厉蝽: 采自华南农业大学农场十字花科蔬菜地, 于华南农业大学昆虫饲养室人工气候箱内 (温度 $27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 $70\% \pm 10\%$, 光照强度 $3\ 500\ \text{lx}$, 光周期 $16\ \text{L} : 8\ \text{D}$) 用黄粉虫 *Tenebrio molitor* 进行多代饲养备用, 本次试验均选取叉角厉蝽 4 龄若虫。

斜纹夜蛾: 老熟幼虫采自华南农业大学启林北番薯实验田, 于华南农业大学昆虫饲养室人工气候箱内 (温度 $29^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 $40\% \pm 10\%$, 光照强度 $3\ 500\ \text{lx}$, 光周期 $12\ \text{L} : 12\ \text{D}$) 用人工饲料 (陈其津等, 2000) 以及 10% 蜂蜜水进行多代饲养备用, 本次试验均选取斜纹夜蛾 2 龄幼虫。

芋头植株: 由广西北流寻味君农业有限公司提供, 于华南农业大学网室内土培至抽出 3~4 片新叶备用, 环境温度 $26^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 $60\% \pm 5\%$ 。

1.2 试验方法

试验采用二次通用旋转组合设计, 选择斜纹夜蛾幼虫密度、叉角厉蝽若虫释放量以及芋

头植株数量 3 个因子作为试验因子，统计斜纹夜蛾幼虫被捕食量，以叉角厉蝽对斜纹夜蛾幼虫捕食率作为目标函数，根据丁希泉（1986）以及庞雄飞（2002）试验设计要求共设 20 个处理，各处理按试验因子的编码值进行设定，重复 3 次（陈雪梅等，2019）。分组设置斜纹夜蛾幼虫数量 1 头、3 头、5 头、10 头、15 头，在网室内进行叉角厉蝽捕食芋头斜纹夜蛾幼虫预实验，统计叉角厉蝽捕食量，以叉角厉蝽数量与斜纹夜蛾数量比例 1 : 5 设计试验的中心点，试验因子的水平编码及编码值如下（表 1）。

表 1 叉角厉蝽捕食率研究的试验因子水平及编码值

Table 1 Experimental factor level and coded value of predation rate of *Eocanthecona furcellata* 4th nymph

编码值 X_i	斜纹夜蛾幼虫密度 (头/笼) X_1	叉角厉蝽释放量 (头/笼) X_2	芋头植株 (株/笼) X_3
Coded Value	Larvae density of <i>Spodoptera litura</i> (Number of per cage)	Release density of <i>Eocanthecona furcellata</i> (Number of per cage)	Number of taro plants (Number of per cage)
-1.682	7	1	1
-1	10	2	2
0	15	3	3
1	20	4	4
1.682	23	5	5
$X_i =$	$(X_1 - 15) / 5$	$X_2 - 3$	$X_3 - 3$

进行试验时按照试验设计要求，在每个处理（养虫笼）中分别放入相对应数量的 4 龄叉角厉蝽若虫、2 龄斜纹夜蛾幼虫以及芋头植株，并在容器内放入吸水的脱脂棉球，以供试验期间叉角厉蝽补充水分，24 h 后观察记录处理后的斜纹夜蛾捕食量，并计算出斜纹夜蛾幼虫捕食率。试验前将叉角厉蝽于培养皿内先饱食 24 h 后再饥饿 24 h，使之饥饿程度处于基本相持水平备用。试验条件为平均温度 $26^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $60\% \pm 10\%$ 。

1.3 数据处理

应用 Excel 2007 将处理所得的捕食量平均值进行初步统计。应用 DPS 9.01 版进行回归分析和回归模型的失拟性检验、显著性检验以及对各个回归项系数进行 t 检验。应用 OriginPro 2021 进行作图。

2 结果与分析

2.1 不同因子与叉角厉蝽捕食效率之间关系模型的建立

影响叉角厉蝽捕食率的试验因子结构矩阵及结果见表 2。参数 Y 代表叉角厉蝽在相对应试验号处理中的捕食率。

表 2 不同因子处理叉角厉蝽对斜纹夜蛾的捕食率

Table 2 Quadratic general rotary unitized design of three factors and the results

试验因子 Test factor							
X_1 : 斜纹夜蛾幼虫密度 (头/笼)		X_2 : 叉角厉蝽释放量 (头/笼)		X_3 : 芋头植株 (株/笼)			
试验号	X_1 : Larval density of <i>S. litura</i>	X_2 : Release density of <i>E. furcellata</i>	X_3 : Number of tobacco plant	捕食率 Y (%)			
Test number	(Number of per cage)	(Number of per cage)	(Number of per cage)	Predation efficiency			
编码值		实际值		编码值		实际值	
Code value		Actual value		Code value		Actual value	
1	-1	20	-1	4	-1	4	38.33
2	-1	20	-1	4	1	2	45.00
3	-1	20	1	2	-1	4	20.00
4	-1	20	1	2	1	2	30.00
5	1	10	-1	4	-1	4	63.33
6	1	10	-1	4	1	2	70.00
7	1	10	1	2	-1	4	43.33
8	1	10	1	2	1	2	50.00
9	-1.682	7	0	3	0	3	71.42
10	1.682	23	0	3	0	3	30.42
11	0	15	-1.682	1	0	3	26.67
12	0	15	1.682	5	0	3	57.78
13	0	15	0	3	-1.682	1	53.32
14	0	15	0	3	1.682	5	26.67
15	0	15	0	3	0	3	42.22
16	0	15	0	3	0	3	31.86
17	0	15	0	3	0	3	37.78
18	0	15	0	3	0	3	57.78

19	0	15	0	3	0	3	48.83
20	0	15	0	3	0	3	46.65

对表 2 中的试验数据进行失拟性检验，结果可知， $F = 0.149 < F_{0.1}(5, 5) = 3.45$ ，表明无失拟性因素存在；显著性检验 $F = 8.594 > F_{0.01}(9, 10) = 4.94$ ，达 0.01 显著水平，说明本次试验数据能较好地表达不同试验因子与叉角厉蝽捕食效率间的数量关系，对此建立叉角厉蝽捕食率（ Y ）和斜纹夜蛾幼虫密度（ X_1 ）、叉角厉蝽释放量（ X_2 ）以及芋头植株数量（ X_3 ）因子之间关系的二次多项式回归模型。采用列数据捕食率（ Y ）拟合 3 因子与叉角厉蝽捕食效率关系二次回归模型如下：

$$Y = 71.8751593 - 4.74158206X_1 + 12.83546961X_2 + 1.249219611X_3 + 0.1022956216X_1^2 - 0.518515769X_2^2 - 1.076015769X_3^2 - 0.1667500000X_1X_2 - 0.0832500000X_1X_3 + 0.416250000X_2X_3。$$

对模型进行回归显著性检验，可得表 3。

表 3 各因子回归系数 t 检验结果

Table 3 Three factor regression coefficient t test results

偏相关系数 r	回归系数	检验值 t	P 值
Partial correlation Coefficient	Regression Coefficient	T-value	P-value
$r(y, X_1) = -1.3398$	-4.7416	1.5923	0.1396
$r(y, X_2) = 0.8011$	12.8355	1.0334	0.3236
$r(y, X_3) = 0.0780$	1.2492	0.1006	0.9217
$r(y, X_1^2) = 0.8786$	0.1023	1.3717	0.1975
$r(y, X_2^2) = -0.1987$	-0.5185	0.4076	0.6914
$r(y, X_3^2) = -0.4123$	-1.0760	0.8458	0.4157
$r(y, X_1X_2) = -0.2138$	-0.1667	0.3660	0.7213
$r(y, X_1X_3) = -0.1067$	-0.0832	0.1827	0.8583
$r(y, X_2X_3) = 0.1117$	0.4163	0.1827	0.8583

注：表中 X_1 、 X_2 、 X_3 分别为斜纹夜蛾幼虫数量、叉角厉蝽释放量、芋头植株数量。Note: The parameters X_1 , X_2 and X_3 in the table were the number of *Spodoptera litura* larvae, the release density of *Eocanthecona furcellata* nymphs and the number of taro plants.

结果可知：模型拟合的相关系数为 0.9490， F 值为 8.5918，显著水平 $P < 0.01$ ，说明该模型能较好地拟合各试验因子与叉角厉蝽捕食效率的关系。 X_1 、 X_2 单因子效应项显著水平低于 0.5，说明斜纹夜蛾幼虫数量、叉角厉蝽释放量对叉角厉蝽捕食效率有一定影响； X_1X_1 、 X_3X_3

双因子效应交互项显著水平均低于 0.5, 说明其对叉角厉蝽捕食斜纹夜蛾的效率有一定影响; 而 X_3 单因子效应项、 X_2X_2 、 X_1X_2 、 X_1X_3 、 X_2X_3 二次效应交互项显著水平均大于 0.5, 说明叉角厉蝽释放量二次效应、叉角厉蝽释放量、斜纹夜蛾数量与芋头植株数量两两之间的交互作用对叉角厉蝽捕食斜纹夜蛾的效率无显著影响。结合二次回归模型线性项系数以及各因子回归系数 t 检验分析, 3 个试验因子对叉角厉蝽捕食效率影响程度从大到小依次为: 斜纹夜蛾幼虫密度 (X_1)、叉角厉蝽若虫释放量 (X_2)、芋头植株数量 (X_3)。

2.2 影响叉角厉蝽捕食效率的单因子效应

通过 DPS9.01 分析建立的二次多项式回归模型, 可得叉角厉蝽捕食效率(Y)与斜纹夜蛾幼虫数量 (X_1)、叉角厉蝽释放量 (X_2) 以及芋头植株数量 (X_3) 单因子效应分析数据, 将该数据进行归一化可得单因子效应 x-y 图 (图 1)。由图 1 可知, 叉角厉蝽释放量与叉角厉蝽捕食效率呈正相关关系, 斜纹夜蛾幼虫数量以及芋头植株数量与叉角厉蝽捕食效率呈负相关关系, 其中当 X 处于较低值水平时, 斜纹夜蛾幼虫数量、芋头植株数量变化对叉角厉蝽捕食效率的影响较强。

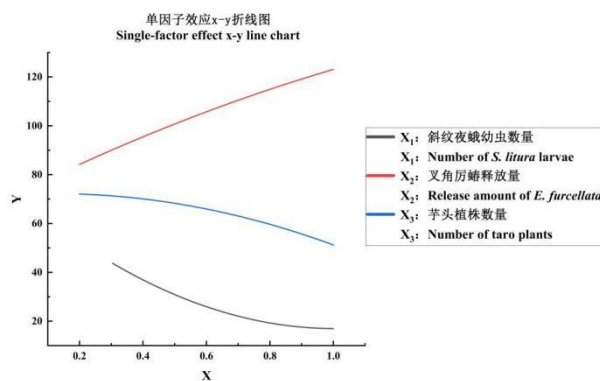


图 1 影响叉角厉蝽捕食效率的单因子效应分析

Fig. 1 Analysis of single factor effect on predation efficiency of *Eocanthecona furcellata*

2.3 影响叉角厉蝽捕食效率的双因子效应

斜纹夜蛾幼虫数量 (X_1) 与叉角厉蝽释放量 (X_2) 之间的交互作用对捕食率 (Y) 的影响效应如图 2 所示。由图 2 可知, 当芋头植株数量维持在同一水平时, 随着斜纹夜蛾幼虫数量 (X_1) 和叉角厉蝽释放量 (X_2) 不断增加, 叉角厉蝽捕食率 (Y) 相应上升, 这说明猎物和捕食天敌的增加在一定程度上提高了天敌的捕食效率。

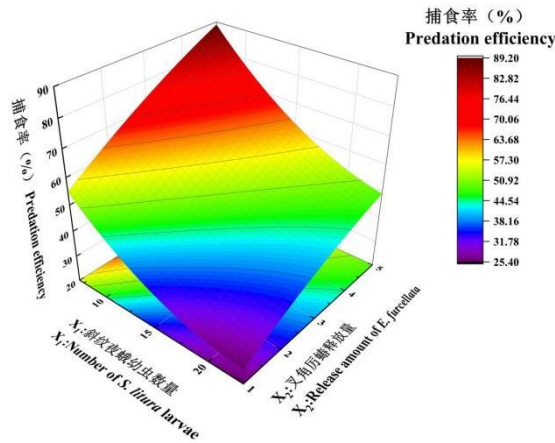


图2 斜纹夜蛾幼虫数量 (X_1) 与叉角厉蝽释放量 (X_2) 之间的交互作用

Fig. 2 Interaction between the number of *Spodoptera litura* larvae (X_1) and *Eocanthecona furcellata* (X_2)

斜纹夜蛾幼虫数量 (X_1) 与芋头植株数量 (X_3) 之间的交互作用对捕食率 (Y) 的影响效应如图 3 所示。由图 3 可知, 当叉角厉蝽释放量 (X_2) 处在同一水平时, 随着斜纹夜蛾幼虫数量 (X_1) 以及芋头植株数量 (X_3) 的减少, 叉角厉蝽捕食率相应上升, 这说明猎物以及寄主的减少一定程度上提高了天敌的捕食效率。斜纹夜蛾幼虫数量 (X_1) 处于较低水平 (红色至深红色区域) 范围时, 其对叉角厉蝽捕食率 (Y) 的影响较大; 芋头植株数量 (X_3) 处于较高水平 (蓝色至绿色区域) 范围时, 其对叉角厉蝽捕食率 (Y) 的影响较大。

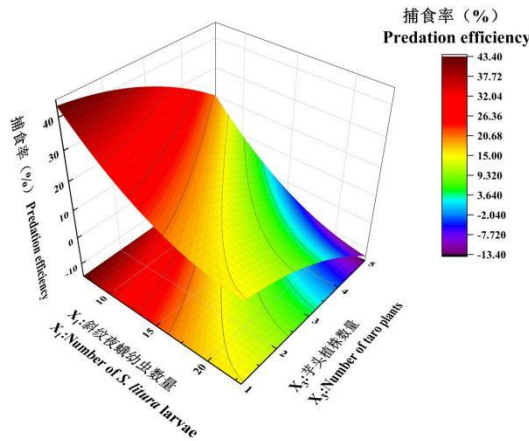


图3 斜纹夜蛾幼虫数量 (X_1) 与芋头植株数量 (X_3) 之间的交互作用

Fig. 3 Interaction between the number of *Spodoptera litura* larvae (X_1) and taro plants (X_3)

叉角厉蝽释放量 (X_2) 与芋头植株数量 (X_3) 之间的交互作用对捕食率 (Y) 的影响效应如图 4 所示。由图可知, 当斜纹夜蛾幼虫数量 (X_1) 处于同一水平时, 随着叉角厉蝽释放量 (X_2) 增加和芋头植株数量 (X_3) 减少, 叉角厉蝽捕食率 (Y) 相应上升。叉角厉蝽释放量 (X_2) 处于较低水平 (蓝色至绿色区域) 范围时, 其对叉角厉蝽捕食率 (Y) 的影响较大; 芋头植株数量 (X_3) 处于较高水平 (红色区域) 范围时, 其对叉角厉蝽捕食率 (Y) 的影响

较大。

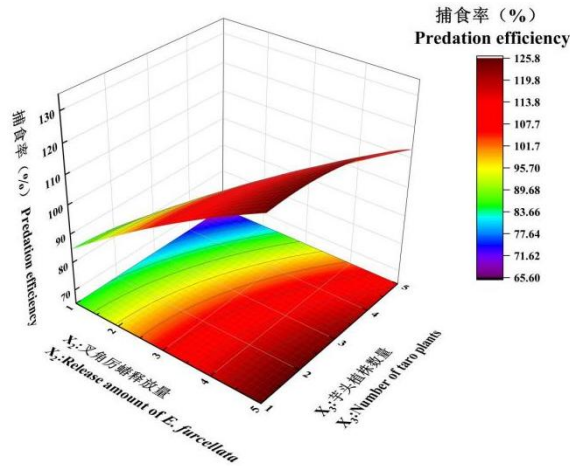


图4 叉角厉蝽释放量 (X_2) 与芋头植株数量 (X_3) 之间的交互作用

Fig. 4 Interaction between the number of *E. fucellata* (X_2) and taro plants (X_3)

3 结论与讨论

二次通用旋转组合设计方案往往可以研究多种因素的协同作用,得出试验因子的最优配比值以及进一步分析试验因子的交互作用,极为方便(庞雄飞, 2002)。本次试验于4月进行,历时7 d,全程环境温度 $26^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $60\% \pm 5\%$,采用二次通用旋转组合设计研究了叉角厉蝽若虫释放数量、斜纹夜蛾幼虫数量以及芋头植株数量3个试验因子在叉角厉蝽4龄若虫对芋头上捕食斜纹夜蛾的效率产生的影响以及两两之间的互作关系,结果表明:当斜纹夜蛾幼虫数量以及芋头植株数量保持不变时,随着叉角厉若虫释放量增加,叉角厉蝽捕食效率相应上升,但上升趋势逐渐放缓,这表明当叉角厉若虫密度达到一定程度后,其种内干扰作用会对自身捕食效率产生影响,这与姚明勇(2021)的结论一致;当叉角厉蝽若虫释放量以及芋头植株数量保持不变时,随着斜纹夜蛾幼虫数量增加,叉角厉蝽捕食效率相应降低,但下降趋势逐渐平缓,表明当斜纹夜蛾幼虫数量达到一定程度后,猎物密度对捕食者捕食效率的影响程度有所减小,这与范悦莉等(2019)、张晓滢等(2022)结论一致;当斜纹夜蛾幼虫数量以及叉角厉蝽若虫释放量保持不变时,随着芋头植株数量的增加,叉角厉蝽捕食效率相应降低,下降趋势逐渐明显,表明寄主植物密度越大,对捕食者捕食效率的影响程度越大,这初步明确了捕食效率与害虫寄主作物的关系,而在关于天敌昆虫捕食行为的研究中较少考虑到寄主作物的因素(许庆辉等, 2014)。3个试验因子对叉角厉蝽捕食效率的影响程度按从大到小依次为:斜纹夜蛾幼虫密度、叉角厉蝽若虫释放量、芋头植株数量。经对建立的二次多项式回归模型取最高指标时各个因素拟合分析,以及对3因子之间的单效

应以及交互效应进行分析作图,可初步得到在本次编码值范围内使叉角厉蝽捕食效率达到最大值的3个试验因子配比为7:5:1,即当斜纹夜蛾幼虫数量为7头、叉角厉蝽若虫数量为5头以及芋头植株为1株时,叉角厉蝽若虫捕食效率达到最大值90.83%。

本次试验是在大棚内进行了罩笼处理并连续观察,明确了叉角厉蝽4龄若虫对芋头上的斜纹夜蛾幼虫有良好的控制作用,为叉角厉蝽防治芋田斜纹夜蛾自然种群提供了一定的依据。在试验过程中发现在气温较低以及空气湿度高的条件下叉角厉蝽若虫会群集在一处,捕食行为有所减少,这反映了捕食性天敌的防治效果在较大程度上受外界因子影响,因此关于温度、湿度等因子对叉角厉蝽田间防治效果的影响还需进一步研究。

参考文献(References)

- Chen G, Cao JD, Fu GR, *et al.* Preliminary report on the control effect of *Eocanthecona furcellata* (Wolff) on *Spodoptera litura* (Fabricius) [J]. *Jiangxi Agricultural Journal*, 2022, 34 (7): 82-85. [陈岗, 曹敬东, 付国润, 等. 叉角厉蝽对玉米草地贪夜蛾防治效果的初报 [J]. 江西农业学报, 2022, 34(07): 82-85]
- Chen QJ, Li GH, Pang Y. A simple artificial diet for rearing five species of Noctuidae [J]. *Insect Knowledge*, 2000, 37(06): 325-327. [陈其津, 李广宏, 庞义. 饲养五种夜蛾科昆虫的一种简易人工饲料 [J]. 昆虫知识, 2000, 37 (6): 325-327]
- Chen R, Liang GW, Zhang ZY, *et al.* Predatory functional response of *Eocanthecona furcellata* to *Spodoptera litura* [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2015, 37 (2): 401-406. [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]
- Chen XM, Gu XH, Xian JD, *et al.* Study on the factors affecting the search efficiency of *Spodoptera litura* on tobacco [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2021, 43 (1): 224-232. [陈雪梅, 谷星慧, 洗继东, 等. 叉角厉蝽对烟草上斜纹夜蛾搜索效率影响因素的研究 [J]. 环境昆虫学报, 2021, 43 (1): 224-232]
- Ding XQ. Regression Design of Agricultural Application [M]. Changchun: Jilin Science and Technology Press, 1986: 101-187. [丁希泉. 农业应用回归设计 [M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1986: 101-187]
- Fan SY, Wu CJ. Ecological control of *Spodoptera litura* in vegetable fields [J]. *Rural Science and Technology of China*, 2004, 9 (7): 20. [范淑英, 吴才君. 菜田斜纹夜蛾生态防治法 [J]. 中国农村科技, 2004, 9 (7): 20]
- Fan YL, Gu XH, Xian JD, *et al.* Functional response of *Eocanthecona furcellata* to *Spodoptera frugiperda* [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2019, 41 (6): 1175-1180. [范悦莉, 谷星慧, 洗继东, 等. 叉角厉蝽对草地贪夜蛾的捕食功能反应 [J]. 环境昆虫学报, 2019, 41 (6): 1175-1180]
- Fang L, Yuan JG, Fu GR, *et al.* Study on the control ability of *Eocanthecona furcellata* to *Heliothis assulta* and the colonization potential of tobacco fields [J]. *Phytomedicine*, 2022, 1 (6): 89-96. [方亮, 苑金戈, 付国润, 等. 叉角厉蝽对烟青虫的控害能力及烟田定殖潜力研究 [J]. 植物医学, 2022, 1 (6): 89-96]

- Guo H. Control of *Spodoptera litura* Population on Medicinal Dendrobium Herb [D]. Guangzhou: South China Agricultural University Master Thesis, 2018. [郭慧. 叉角厉蝽对铁皮石斛上斜纹夜蛾种群的控制作用 [D]. 广州: 华南农业大学硕士论文, 2018]
- Jiang JX, Liang GW. Predation of *Spodoptera litura* larvae of different instars by *Eocanthecona furcellata* [J]. *Ecology*, 2001, 21 (4): 684-687. [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.]
- Lin ZX. Integrated control technology of *Spodoptera litura* [J]. *Fujian Agriculture*, 2004, 65 (7): 22. [林宗学. 福鼎芋斜纹夜蛾综合防治技术 [J]. 福建农业, 2004, 65 (7): 22]
- Lu Q, Feng KQ, Yan YF, et al. Efficacy test of five insecticides against *Spodoptera litura* [J]. *Changjiang Vegetables*, 2004, 41 (5): 33. [陆强, 冯克强, 严引芬, 等. 五种药剂防治斜纹夜蛾药效试验 [J]. 长江蔬菜, 2004, 41 (5): 33]
- Pang XF. Ecological Control of Pest Populations: Research Methods of Population Birth and Death Process Control [M]. Beijing: Higher Education Press, 2002: 121. [庞雄飞. 害虫种群的生态控制: 种群生灭过程控制研究方法 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 121]
- Sang S, Wang Z, Qi JW, et al. Research progress on insecticide resistance of *Spodoptera litura* [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2013, 35 (6): 808-814. [桑松, 王政, 齐江卫, 等. 斜纹夜蛾抗药性研究进展 [J]. 环境昆虫学报, 2013, 35 (6): 808-814]
- Tetsuya Y, Sadao W. Rearing of the predatory stink bug, *Eocanthecona furcellata* (Wolff) (Heteroptera: Pentatomidae), on frozen larvae of *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. *Applied Entomology & Zoology*, 1992, 27 (2): 303-305.
- Tuan SJ, Yeh CC, Atlihan R, et al. Linking life table and predation rate for biological control: a comparative study of *Eocanthecona furcellata* (Hemiptera: Pentatomidae) fed on *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2016, 109 (1): 13-24.
- Wang YH, Yang XJ. Occurrence regularity and control techniques of *Spodoptera litura* [J]. *Anhui Agricultural Sciences*, 2003, 31 (1): 126-127. [汪云好, 杨新军. 斜纹夜蛾发生规律及防治技术 [J]. 安徽农业科学, 2003, 31 (1): 126-127]
- Xu QH, Meng L, Li BP. Predatory and searching behaviors of *Eocanthecona furcellatas* on the first instar larvae of *Spodoptera litura* with different densities [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2014, 30 (2): 178-182. [许庆辉, 孟玲, 李保平. 烟盲蝽对不同密度斜纹夜蛾初龄幼虫的捕食和搜寻行为 [J]. 中国生物防治学报, 2014, 30 (2): 178-182]
- Yao MY. Biology and Predation of *Eocanthecona furcellata* [D]. GuiYang: Guizhou University Master Thesis, 2019. [姚明勇. 叉角厉蝽生物学及捕食作用研究 [D]. 贵阳: 贵州大学硕士论文, 2019]
- Yasuda T, Wakamura S. Behavioral responses in prey location of the predatory stink bug, *Eocanthecona furcellata*, to chemical cues in the larvae of *Spodoptera litura* [J]. *Entomologia Experimentalis Et Applicata*, 1996, 81 (1): 91-96.
- Zhang XY, Peng ZQ, Xian JD et al. The predation of *Eocanthecona furcellata* on *Spodoptera frugiperda* larvae at different temperatures [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2022, 44 (2): 273-280. [张晓滢, 彭之琦, 洗继东, 等. 不同温度条件下叉角厉蝽对草地贪夜蛾幼虫的捕食作用 [J]. 环境昆虫学报, 2022, 44 (2): 273-280]