

中华草蛉三龄幼虫对大豆蚜的功能反应

李鹤鹏

(黑龙江省农业科学院 绥化分院, 黑龙江 绥化 152052)

摘要:为明确中华草蛉对大豆蚜的控制效果,通过室内试验测定了中华草蛉3龄幼虫对大豆蚜的功能反应,表明其功能反应属于Holling II型圆盘方程,经 χ^2 检验,其理论值与观察值差异不显著。中华草蛉对大豆蚜功能反应的Holling II方程为: $Na=0.6593 NT/(1+0.6593 \times 0.0043 N)$, ($R=0.9942, P<0.01$), 推得其最大捕食量为230.0880头 $\cdot d^{-1}$;其自身密度对捕食内干扰作用的Hassell-Varley方程为: $E=0.3836 P^{-0.6023}$, 搜索系数 $Q=0.3836$, 干扰系数 $m=0.6023$ 。

关键词:中华草蛉;大豆蚜;功能反应

中图分类号:S476+.2

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2014)02-0059-03

大豆蚜(*Aphis glycines* Matsumura)是大豆(*Glycine max* L.)的主要害虫之一,在我国多个省份都有分布,其中以东北、河北和内蒙古等省份发生严重。据统计,近年来黑龙江省大豆产量因大豆蚜危害平均减产15%,造成大量损失^[1-2]。

大豆蚜具有爆发性,采用化学药剂防除手段往往需多次施药才能有效控制,但这同时也对环境造成严重影响。因此,如何利用非化学防除手段综合防治蚜虫,尤其是利用天敌防治大豆蚜成为这一领域的焦点。戴长春、侯中一等分别考察了2004~2007年黑龙江省大豆田的天敌与大豆蚜互作情况,确定中华草蛉是黑龙江省大豆蚜主要的捕食性天敌之一。研究表明,其对当地大豆蚜危害的中、后期具有良好的控制作用,且认为对中华草蛉等天敌种群加以利用和达到良好的防治效果^[1-2]。

中华草蛉又名中华通草蛉,属脉翅目(Neuroptera)、草蛉科(Chrysopidae)、通草蛉属(*Chrysoperla*)^[3]。在我国,20世纪七八十年代各科研机构开始对中华草蛉进行了大量研究^[4-7]。近年来,针对中华草蛉的研究和利用进一步深入,我国部分地区已开始尝试将中华草蛉用于实践并取得一定成效^[3,8-13]。

为考察捕食者与被捕食者间互作关系和天敌种内干扰效应,人们分别提出了适用于描述捕食者-被捕食者关系的Holling II模型^[14]和用于描述天敌种内、种间干扰效应的Hassell-Varley模型^[15]。为明确黑龙江省绥化地区的中华草蛉对

大豆蚜的控制效果,以便为当地利用中华草蛉防治大豆蚜提供理论基础。该研究对中华草蛉3龄幼虫捕食大豆蚜的功能反应进行了测定,并对中华草蛉防蚜能力进行了探讨。

1 材料与方法

1.1 材料

大豆蚜若虫、成虫,中华草蛉的卵、幼虫及成虫,均采集自黑龙江省农业科学院绥化分院大豆试验田。将部分大豆蚜置于种有绥农28大豆的独立养虫笼内进行饲养扩繁;将中华草蛉与部分大豆蚜混合投放于种有绥农28大豆的独立养虫笼内进行饲养扩繁,供试验用。

1.2 方法

在室温下,向用细纱封口的培养皿(直径9 cm)中投放定量蚜虫和草蛉3龄幼虫(蚜狮),测试不同数量下草蛉幼虫对大豆蚜的控制能力。

1.2.1 不同蚜量对蚜狮捕食效果的影响 每皿接入1头蚜狮,并分别接入不同数量的大豆蚜。蚜虫分别投放20、40、60、80、100、120和140头。24 h后调查,记录大豆蚜剩余量及死亡数量。每组试验重复3次。

1.2.2 蚜狮数量对大豆蚜捕食效果的影响 每皿中接入蚜狮数量设1、2、4、8头共4个处理,每皿固定接入200头大豆蚜。24 h后调查并记录大豆蚜剩余量、死亡数量以及天敌存活量。每组试验重复3次。

两部分试验均设置对照。将蚜虫按试验数量投放入培养皿中,不接入草蛉,封口,防止蚜虫逃逸。试验结束后清点死去蚜虫数量作为蚜虫的自然死亡量。数据处理时,将蚜虫自然死亡量与投放草蛉处理的蚜虫死亡量的差值计入草蛉对蚜虫

收稿日期:2013-10-13

作者简介:李鹤鹏(1982-),男,山西省天镇县人,在读硕士,助理研究员,从事常见作物病、虫、草害防治、天敌昆虫利用和农药使用技术等研究。E-mail:lihepeng2013@163.com。

的捕食量。

2 结果与分析

2.1 中华草蛉对大豆蚜的捕食效果

2.1.1 不同蚜虫密度对草蛉幼虫捕食效果的影响 由图 1 可以看出,随着蚜虫密度的上升,草蛉幼虫捕食蚜虫的量也随之上升。但当蚜虫密度增大到一定程度时,捕食量基本不再变化。由图 1 还可以看出,蚜量在 40~80 头时,随蚜虫密度增大,食蚜量增长幅度最大,当蚜虫量超过 100 头时,食蚜量增长幅度迅速减低。

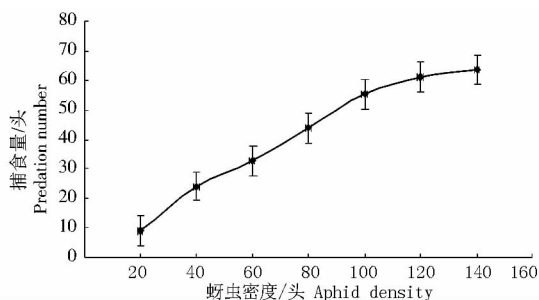


图 1 不同蚜虫密度下中华草蛉幼虫 24 h 内捕食量

Fig. 1 Predation number of 3-Instar *Chrysopa sinica* Tjeda larvae under different aphid densities in 24 h

2.1.2 不同天敌密度对草蛉幼虫捕食效果的影响 由图 2 可以看出,随着草蛉数量的上升,总食蚜量也随之上升,但当天敌密度增大到一定程度时,天敌种内竞争开始引起总捕食量的下降。草蛉数量为 4 头时总捕食量最大,即天敌与蚜虫比值约为 1:50 时总捕食量最大。

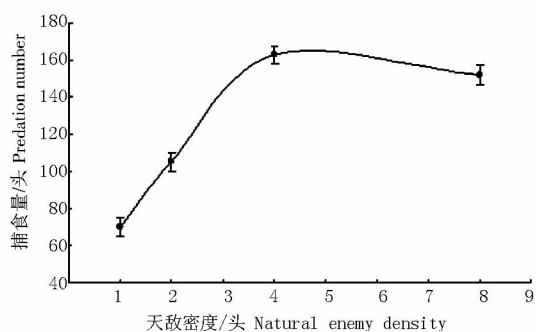


图 2 不同天敌密度下中华草蛉幼虫 24 h 内捕食量

Fig. 2 Predation number of 3-Instar *Chrysopa sinica* Tjeda larvae under different densities of predators in 24 h

2.2 Holling II 模型及 Hassell-Varley 模型的拟合

2.2.1 Holling 模型拟合 将 2.1 中的试验结果利用 Holling II 方程进行拟合

$$Na = \frac{a'NT}{1 + a'T_h N} \quad (1)$$

其中, Na 是猎物被捕食量; a' 是对猎物的瞬

时攻击率,亦即功能系数; N 是猎物密度; T_h 是处置时间,即捕食者完成一个狩猎周期所需的时间; T 为总时间。

该试验中,总处理时间为 24 h,即 1 d。

因此,(1)式可演变为:

$$\frac{1}{Na} = T_h + \frac{1}{a'} \cdot \frac{1}{N} \quad (2)$$

即,以 $1/N$ 为自变量,以 $1/Na$ 为因变量的线性方程。将数据代入后进行回归分析即可估算出 T_h 和 a' 两个参数的数值^[16]。

而后,令 T_h 为 A , $1/a'$ 为 B ,则原式可进一步简写为:

$$\frac{1}{Na} = A + B \cdot \frac{1}{N} \quad (3)$$

将采集到的数据带入公式(3)^[17],利用 Excel 软件中的数据分析工具进行回归分析^[18],得到功能反应线性方程 $1/Na = 1.5168/N + 0.0043$,相关系数为 0.9942。即:功能反应模型为 $Na = 0.6593 NT / (1 + 0.6593 \times 0.0043 N)$, ($R = 0.9942, P < 0.01$)。使用 SAS 分析软件对拟合结果进行 χ^2 检验,理论值与测量值相吻合,说明方程可以较好地描述不同猎物密度下中华草蛉 3 龄幼虫对大豆蚜的捕食作用。对模型求极值,得到 3 龄蚜狮对大豆蚜的最大捕食量为 230.0880 头。

2.2.2 Hassell-Varley 模型拟合 捕食者的捕食作用率为:

$$E = \frac{Na}{N \cdot P} \quad (4)$$

式中, E 为捕食作用率, Na 为捕食量, N 为猎物密度, P 为捕食者密度^[19]。3 龄蚜狮对大豆蚜的捕食作用率关系见表 1。

表 1 中华草蛉 3 龄幼虫密度与捕食作用率的关系

Table 1 Relationship between 3-Instar *Chrysopa sinica* Tjeda larvae density and predation rate

| 蚜狮密度/头·皿 ⁻¹ Aphid lions density | 捕食量/头 Predation number | 捕食作用率 Predation rate |
|---|---------------------------|-------------------------|
| 1 | 70 | 0.3500 |
| 2 | 105 | 0.2625 |
| 4 | 162.5 | 0.2031 |
| 8 | 151.7 | 0.0948 |

将数据带入 Hassell-Varley 模型。

$$E = Q \cdot P^{-m} \quad (5)$$

其中, E 为捕食效应, Q 为搜索常数, P 为捕

食者密度, m 为干扰常数。

求得 $Q=0.383\ 6$, $m=0.602\ 3$, 故, 拟合公式为: $E=0.383\ 6\ P^{-0.602\ 3}$ 。从拟合的曲线可以看出, 3 龄蚜狮对大豆蚜的捕食作用率随着蚜狮数量的增多而减小。

3 结论与讨论

该试验的模型拟合结果认为 3 龄蚜狮对大豆蚜的功能反应符合 Holling II 模型, 并进一步求得其最大日捕食量可达 230.088 0 头。在拟合的 Hassell-Varley 模型中, 捕食者干扰效应值 $m=0.602\ 3$, 说明 3 龄蚜狮对大豆蚜的捕食量随草蛉虫口密度增大而减小。可见, 中华草蛉对大豆蚜具有较强的捕食潜力, 是一种有较大利用价值的天敌昆虫。

天敌对害虫的捕食行为可受到光照、温湿度和饥饿条件等多种因素的影响^[13,20-21], 该试验结果是在室内人工可控环境下获得的理论结果, 不能完全反映出田间自然条件下中华草蛉对大豆蚜的控制效果。因此, 如何释放中华草蛉可获得最佳的大豆蚜防治效果还需做进一步研究。

参考文献:

- [1] 戴长春. 大豆蚜(*Aphis glycines* Matsumura)种群动态及天敌控制作用研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2005.
- [2] 侯中一. 大豆田昆虫群落结构及天敌对蚜虫的调控功能[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2007.
- [3] 刘宁, 刘玉升, 付卫东, 等. 中华通草蛉越冬成虫肠道可培养好氧细菌多样性分析[J]. 应用昆虫学报, 2012, 49(5): 1287-1292.
- [4] 赵和庚. 中华草蛉生活习性和利用的研究[J]. 湖南农业科学, 1981(4): 30-33.
- [5] 伍瑞清, 孙桂华. 天津常见草蛉卵及幼虫的识别[J]. 天津农业科学, 1980(2): 25-26.
- [6] 沈卉君, 郁雄. 光周期对中华草蛉成虫滞育的影响[J]. 上海农业科技, 1979(1): 14-16.
- [7] 高文彬, 莫丽红. 中华草蛉的饲养、繁殖和利用研究初报[J]. 浙江农业科学, 1980(4): 183-160.
- [8] 侯茂林, 万方浩, 刘建峰. 利用人工卵赤眼蜂蛹饲养中华草蛉幼虫的可行性[J]. 中国生物防治, 2000(2): 5-7.
- [9] 许永玉. 中华通草蛉的滞育机制和应用研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2001.
- [10] 鄧伦山. 中华通草蛉成虫滞育与耐寒性研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2005.
- [11] 李明贵. 中华通草蛉滞育发育中的生殖生物学研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2008.
- [12] 舒敏, 刘伟伟, 冯丽凯, 等. 中华草蛉幼虫捕食马铃薯甲虫卵的功能反应研究[J]. 新疆农业科学, 2011(2): 328-333.
- [13] 施敏娟. 取食转基因棉的棉蚜对中华草蛉的影响及 Bt 毒蛋白在三级营养链中的传递[D]. 扬州: 扬州大学, 2012.
- [14] 张晓鹏. 具有年龄结构的 Holling II 型捕食者-食饵模型的稳定性[D]. 兰州: 西北师范大学, 2011.
- [15] 吴进才. 稻田三种捕食性天敌与两种害虫共存系统捕食量的研究[J]. 生态学杂志, 1991, 10(3): 10-14.
- [16] 安岭. 白面叉草蛉的生物学特性和捕食效能研究[D]. 海南: 海南大学, 2011.
- [17] 贾震, 李学军, 郑国. 双七瓢虫对大豆蚜捕食作用研究[J]. 辽宁农业科学, 2012(1): 1-3.
- [18] 唐曙光. 基于 Excel 的实验数据最小二乘法计算探讨[J]. 大学物理实验, 2003(12): 43-45.
- [19] 郑书文, 刘学谦, 李明贵, 等. 中华通草蛉幼虫对绣线菊蚜捕食作用的研究[J]. 山东农业科学, 2008(6): 50-52.
- [20] Desouhant E, Driessen G, Amat I, et al. Host and food searching in a parasitic wasp *Venturia canescens*: a trade-off between current and future reproduction [J]. Animal Behaviour, 2005, 70: 145-152.
- [21] Wajnberg E, Bernhard P, Hamelin F, et al. Optimal patch time allocation for time-limited foragers [J]. Behav Ecol Sociobiol, 2006, 60: 1-10.

Predation of 3-Instar *Chrysopa sinica* Tjeder Larvae Functional Response on *Aphis glycines*

LI He-peng

(Suihua Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Suihua, Heilongjiang 152052)

Abstract: To clear the *Chrysopa sinica* Tjeder control effect on *Aphis glycines*, 3-Instar *Chrysopa sinica* Tjeder larvae functional response of *Aphis glycines* was tested, indicating that the functional response was holling II type disc equation, through the χ^2 testing, the difference between theoretical and observation were not significant. *Chrysopa sinica* Tjeder on *Aphis glycines* holling II functional response equation was: $N_a = 0.659\ 3\ NT / (1 + 0.659\ 3 \times 0.004\ 3\ N)$, ($R = 0.994\ 2$, $P < 0.01$), calculating the maximum amount of predation were 230.088 0 *Aphis glycines* each day, interference of its own density on predation Hassell-Varley equation was: $E = 0.383\ 6\ P^{-0.602\ 3}$, search factor $Q = 0.383\ 6$, interference coefficient $m = 0.602\ 3$.

Key words: *Chrysopa sinica* Tjeder; *Aphis glycines* Matsumura; functional response