

小红瓢虫对埃及吹绵蚧的捕食功能的研究

安新城¹, 郭强², 蒋露², 张文萍³

(1.广东省昆虫研究所, 广东 广州 510260; 2.深圳市野生动植物保护管理处, 广东 深圳 518048; 3.三门峡市涧河管理处, 河南 三门峡 472000)

摘要:运用普通生态学方法对埃及吹绵蚧的主要捕食性天敌小红瓢虫的捕食功能进行研究。结果显示,小红瓢虫对埃及吹绵蚧的密度反应为 Holling II 型,圆盘方程拟合后的瞬时攻击率为 0.577,处理时间为 0.019,通过 Hassell 模型拟合,小红瓢虫自身密度增加导致的干扰效应为 0.434;根据汪世泽提出的功能反应新模型,拟合后估计的小红瓢虫最大捕食量为 24.7 头,最佳捕食密度为 16.5 头。综合分析小红瓢虫的捕食功能特性,认为不宜单用小红瓢虫防治埃及吹绵蚧。

关键词:小红瓢虫;埃及吹绵蚧;捕食功能

中图分类号:Q969.48 文献标志码:A 文章编号:1007-1032(2011)04-0407-04

The study of predation of *Icerya aegyptiaca* by *Rodolia pumila*

AN Xin-cheng¹, GUO Qiang², JIANG Lu², ZHANG Wen-ping³

(1.Guangdong Entomological Institute, Guangzhou 510260, China; 2.Shenzhen Wild Plant and Animal Protection Administration Agent, Shenzhen, Guangdong 518048, China; 3.Sanmenxia Jian River Administration Agent, Sanmenxia, Henan 472000, China)

Abstract: *Icerya aegyptiaca* was regarded as a serious pest for ornamental plants especially in South China featured with very wide range of diet, strong reproduction ability and easy spreading. Predation of *Icerya aegyptiaca* by *Rodolia pumila* was investigated under the laboratory condition in this work. The result indicated that predation response of *Rodolia pumila* fitted Holling type II functional response with instant attacking rate is 0.577 and treating time is 0.019. According to Hassell model, the factor describing disturbing effect of increasing predator density was estimated to be $m=0.434$. The potential predating ability and the optimal prey density have been estimated to be $a=24.7$ and $b=16.5$ respectively by Wang's new model. Considering comprehensive parameters related to predation, *Rodolia pumila* might be unqualified to be independent agent for biological control of *Icerya aegyptiaca*.

Key words: *Rodolia pumila*; *Icerya aegyptiaca*; predation

埃及吹绵蚧(*Icerya aegyptiaca* (Douglas))主要为害热带、亚热带地区园林植物,食性杂,寄主植物多达百种,偏好木兰科植物,并取食柑橘、菠萝蜜、番石榴等果树^[1-2]。近年来,该虫对城市园林植物的危害日趋严重,但缺乏有效的防控措施^[3]。

小红瓢虫(*Rodolia pumila*)又称黑腹红瓢虫,是自然状态下埃及吹绵蚧的优势天敌之一,常与澳洲

瓢虫(*Rodolia cardinalis* (MuIsant))和大红瓢虫(*Rodolia rufopilosa* Muls.)混合发生^[4]。1974年,马里亚那等太平洋岛屿引入小红瓢虫后,曾成功地控制了当地埃及吹绵蚧的发生^[5]。笔者应用常规生态学方法,对小红瓢虫捕食埃及吹绵蚧的功能进行了初步研究,以期对埃及吹绵蚧的生物防治提供有益的信息。

收稿日期:2011-01-12

基金项目:国家自然科学基金项目(30970438)

作者简介:安新城(1970—),男,甘肃陇西人,博士,副研究员,主要从事昆虫生态学和生物防治研究,anxc@gdei.gd.cn

1 材料与方法

1.1 供试虫源

埃及吹绵蚧采自广东省昆虫研究所白兰树,取初孵若虫作试验用虫。初孵若虫浅白色,体背有少量蜡粉或无蜡粉。

小红瓢虫采自华南农业大学、广州白云山森林公园、从化荔科技园,室内条件(温度 25 °C,相对湿度 60%)饲养于网笼(长 60 cm,宽 40 cm,高 40 cm)内,选取大小均一、活动能力强的成虫,饥饿 24 h 后作为试验用虫。

1.2 方法

1.2.1 功能反应试验

取小红瓢虫成虫 1 头,放入塑料培养皿(半径 4.5 cm,高 1.5 cm)内,分别接入密度为 10、20、30、40、50、60 头/皿的埃及吹绵蚧初孵若虫,24 h 后清理残体,更换食料,并记录培养皿中剩余的完整埃及吹绵蚧若虫数,连续观察 3 d。每个处理 5 次重复。

1.2.2 干扰效应试验

将密度为 1、2、3、4、5、6 头/皿的小红瓢虫分别放入塑料培养皿(半径 6 cm,高 2.3 cm)内,每个培养皿内放入 50 头埃及吹绵蚧初孵若虫,24 h 后观察记录剩余的完整埃及吹绵蚧若虫数,并清理残体,重新补充至 50 头若虫,连续观察 3 d。每个处理 5 次重复。

1.3 数据处理

数据处理采用 SPSS 13.0 和 Excel 2003 的统计软件。

捕食者在单位时间内对给定不同密度猎物的捕食量会随着猎物密度的变化而变化,称为功能反应,通常用 Holling 圆盘方程^[6-7]进行拟合,其数学模型为:

$$N_a = \frac{aNT}{1 + aThN}$$

式中: N_a 为被捕食的猎物数量; N 为供试猎物密度; T 为猎物暴露于捕食者的时间,一般取 1; a 为捕食者对猎物的瞬时攻击率; Th 为捕食 1 头猎物所需时间。

在一定的生存空间和猎物密度同等的条件下,天敌随自身密度的增加而平均捕食量有所下降,即

天敌个体间存在着相互干扰作用,造成寻找时间延长,导致寻找效应下降。此过程可用 Hassell 模型^[8]进行描述,模型如下:

$$E = Q \cdot P^{-m}$$

式中: E 为平均捕食率; P 为捕食者密度; Q 为捕食者密度 $P=1$ 时的最大捕食率; m 为干扰系数,即天敌种内竞争的系数。

本研究根据汪世泽等^[9]提出的 Holling 功能反应新模型,估算出天敌的最佳寻找密度:

$$N_a = a \cdot \exp(-bN_i^{-1})$$

式中: N_a 为被捕食的猎物数量; N_i 为供试猎物密度; a 为 N_a 的上限,是天敌的最大捕食量; b 为无竞争状态下的最佳寻找密度。

卡方检验公式为:

$$\kappa^2 = \sum \left[\frac{(x-c)^2}{c} \right]$$

式中: x 为实际值, c 为理论值。

2 结果与分析

2.1 小红瓢虫成虫对埃及吹绵蚧的捕食功能反应

在埃及吹绵蚧密度较低(10~40 头/皿)时,小红瓢虫成虫对埃及吹绵蚧的捕食数量随埃及吹绵蚧密度的加大而增加,埃及吹绵蚧密度继续增加时,小红瓢虫的捕食数量有缓慢增加的趋势。从图 1 看,小红瓢虫成虫的捕食量在理论上应存在 1 个极限值,功能反应表现为负加速曲线,是逆密度制约,因此,小红瓢虫对埃及吹绵蚧的捕食功能符合 Holling II 型反应,即小红瓢虫所捕获的埃及吹绵蚧数量与埃及吹绵蚧密度之间呈凸曲线关系,而不是线性关系(I 型)或 S 曲线关系(III 型)。

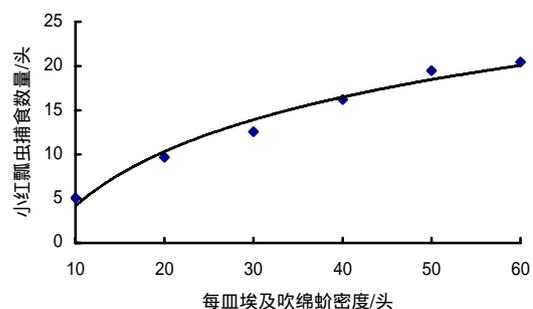


图 1 单头小红瓢虫对不同密度埃及吹绵蚧的捕食数量
Fig. 1 Predation response of single *Rodolia pumila* to *Icerya aegyptiaca*

根据实测值所拟合的 Holling 圆盘方程为： $N_a=0.577N/(1+0.01N)$ ，拟合后估计的瞬时攻击率 $a=0.577$ ，处理时间 $Th=0.019$ ，最大捕食量 $1/Th=52.6$ 头。拟合方程的相关系数 $R^2=0.993 > R^2_{0.01}=0.959$ ，

表明方程拟合度良好。将方程拟合的预测值与实测值之间进行卡方检验，结果见表 1。 $\kappa^2=0.076 < \kappa^2_{0.05}=7.815$ ，卡方检验概率值(P)大于 0.05，说明预测值与实测值之间符合较好。

表 1 单头小红瓢虫对不同密度埃及吹绵蚧的捕食量预测及检验

Table 1 Prediction and test of predation of different density of *Icerya aegyptiaca* by single adult *Rodolia pumila* 头

每皿埃及吹绵蚧数	捕食量实测值	理论预测值 1*	卡方检验 1	理论预测值 2**	卡方检验 2
10	5.07±0.71	5.198	0.003	4.744	0.022
20	9.68±1.23	9.459	0.005	10.824	0.121
30	12.56±1.75	13.015	0.016	14.251	0.201
40	16.20±2.21	16.028	0.002	16.351	0.001
50	19.50±1.68	18.613	0.042	17.757	0.171
60	20.45±2.13	20.855	0.008	18.761	0.152
κ^2			0.076		0.668
$\kappa^2_{0.05}$			7.815		7.815
P			>0.050		>0.050

*示 Holling 圆盘方程的理论预测值；**示汪世泽新方程的理论预测值。

2.2 小红瓢虫成虫对自身密度的功能反应

从表 2 可以看出，随着小红瓢虫密度的不断增大，在埃及吹绵蚧密度相等的条件下，小红瓢虫的平均捕食率逐渐降低，依据平均捕食率拟合的 Hassell 公式为 $E=0.285P^{-0.434}$ ，其中，小红瓢虫的

相互干扰系数 $m=0.434$ ， E 与 P 的相关系数 $R^2=0.966 > R^2_{0.01}=0.959$ ，根据拟合公式求得理论值，与实测值进行卡方检验， $\kappa^2=0.023 < \kappa^2_{0.05}=7.81$ ，说明卡方检验的概率值(P)大于 0.05，拟合的公式与实际情况相符。

表 2 不同密度的小红瓢虫对埃及吹绵蚧的捕食量和单头平均捕食率

Table 2 Quantity and efficiency of predating *Icerya aegyptiaca* under different density of *Rodolia pumila* adult

每皿小红瓢虫数/头	每皿捕食量/头	单头平均捕食率/%	理论值/%	卡方检验
1	13.96±2.35	27.92	28.50	0.000 1
2	20.91±3.34	20.91	21.10	<0.001 0
3	27.12±2.48	18.08	17.69	0.000 1
4	34.24±2.69	17.12	15.62	0.001 4
5	35.18±3.11	14.07	14.17	<0.001 0
6	36.56±4.26	12.19	13.10	0.000 6

2.3 小红瓢虫的最佳捕食密度

以试验获得的单头小红瓢虫成虫 24 h 捕食埃及吹绵蚧若虫的数据，用汪世泽提出的新模型进行拟合，结果为 $N_a=24.7 \exp(-16.5 N_t^{-1})$ ，其中小红瓢虫的最大捕食量 $a=24.7$ 头，单头小红瓢虫的最佳寻找密度 $b=16.5$ 头。 N_a 与 N_t^{-1} 的相关系数 $R^2=0.965 > R^2_{0.01}=0.959$ ，根据拟合的方程求得理论值，与实测值进行卡方检验， $\kappa^2=0.668 < \kappa^2_{0.05}=7.81$ ，卡方检验的概率值(P)大于 0.05，说明拟合方程与实际情况符合较好。

3 讨论

从 Holling 圆盘方程的模拟结果来看，小红瓢虫捕食埃及吹绵蚧的捕食功能反应属于 Holling II 型，即随着埃及吹绵蚧密度的增大，小红瓢虫的捕食量也随之增大，但二者不是线性关系，而是存在 1 个极限值，小红瓢虫的捕食量随着埃及吹绵蚧的密度增加而逐渐趋近于极限值。由圆盘方程拟合的猎物处理时间(Th)计算出的理论极限值为 52.6 头，而通过汪世泽的新模型拟合的理论极限值则为 24.7 头。可见，2 个模型预测的小红瓢虫最大捕食量存

在较大的差别。由于新模型的极限值是方程的系数,与趋势的拟合相关,所包含的信息要多于圆盘方程单独依赖处理时间得到的极限值,因此预计小红瓢虫在24 h内对埃及吹绵蚧的最大捕食量为24.7头可能更符合实际情况。

试验结果表明,小红瓢虫随着自身密度的增加而产生的相互干扰效应并不大($m=0.434$),但是对猎物的捕食率却相对偏低($Q=0.285$),从而导致小红瓢虫的最大捕食量也相对较小($a=24.7$),这可能是由小红瓢虫自身的生物学特性决定的,而从应用的角度来说,偏弱的捕食效果无疑降低了小红瓢虫在埃及吹绵蚧生物防治策略中潜在的利用价值,若以1:16.5作为益害比,在大多数情况下也会使防治成本过高,在实际应用中难以推广。考虑到试验结果是在室内条件下得出的,预期可能会与自然情况下有较大差别,需要在具体设计和实施防治策略时根据实际情况予以校正。

参考文献:

[1] 王子清. 中国农区的介壳虫[M]. 北京: 农业出版社, 1982: 31-32.

- [2] 刘东明,陈红锋,易绮斐,等. 埃及吹绵蚧在木兰科植物上的发生危害及防治[J]. 植物保护, 2003, 29(6): 36-38.
- [3] 徐公天. 我国城市园林植物病虫害的现状及对策[J]. 中国森林病虫, 2002, 12(1): 48-52.
- [4] 黄邦侃,张可池,黄勤清,等. 小红瓢虫生物学及其利用的评价[C]//中国昆虫学会生物防治专业委员会,福建省昆虫学会. 全国瓢虫学术讨论会论文集. 上海:上海科学技术出版社, 1991: 29-33.
- [5] 黄邦侃. 瓢虫利用的展望(一)[J]. 植物保护, 1985, 11(5): 27-28.
- [6] 吴坤君,盛承发,龚佩瑜. 捕食性昆虫的功能反应方程及其参数的估算[J]. 昆虫知识, 2004, 41(3): 267-269.
- [7] Holling C S. Principles of insect predation[J]. Can Entomol, 1959, 91(2): 385-398.
- [8] Hassell M P. A population model for the interaction between *Cyzenis albicans* and *Operophtera brumata* at Wytham Berkshire[J]. J Anim Ecol, 1969, 38(3): 567-576.
- [9] 汪世泽,夏楚贵. Holling-型功能反应新模型[J]. 生态学杂志, 1988, 7(1): 1-3.

责任编辑: 罗慧敏