

孪斑唇瓢虫成虫对桑白蚧的捕食功能^{*}

魏治钢^{1**} 赵 莉^{1***} 杨 森²

(1. 新疆农业大学农学院 乌鲁木齐 830052 2 新疆农业科学院植保所 乌鲁木齐 830091)

Predatory function of adults of *Chilocorus geninus* to *Pseudaulacaspis pentagona*: WEI Zhi-Gang^{**}, ZHAO Li^{***}, YANG Sen (1. College of Agronomy Xinjiang Agricultural University Urumqi 830052 China; 2. Institute of Plant Protection Xinjiang Academy of Agricultural Science Urumqi 830091 China)

Abstract The predatory function, searching efficiency and mutual interference effect of adults of *Chilocorus geninus* Zaslavskij to *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni-Tozzetti) in different stage were studied in the laboratory under natural temperature. The results showed that the functional response models of *C. geninus* adults belonged to Holling-Ⅱ type in all stages of *P. pentagona*. The searching efficiency of *C. geninus* adults decreased with the increasing of the density of *P. pentagona*. The optimal seeking density of one adult estimated based on Holling-Ⅲ formula was 26.7 (adults), 185.2 (eggs), 47.9 (1st instar nymphs) and 46.8 (2nd instar nymphs), respectively. When the number of *C. geninus* adults and *P. pentagona* proportionally increased, the interaction coefficients among the adults were 0.3901, 0.7891, and 0.9827. When the number of 2nd instar nymphs of *P. pentagona* was constant and the number of *C. geninus* adults number increased, the interaction coefficient among adults was 0.0960.

Key words *Chilocorus geninus*, *Pseudaulacaspis pentagona*, predatory functional response, mutual interference, searching efficiency

摘 要 在实验室条件下, 研究孪斑唇瓢虫 *Chilocorus geninus* Zaslavskij 成虫对桑白蚧 *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni-Tozzetti) 各虫态的捕食功能反应, 寻找效应和干扰效应。结果表明, 孪斑唇瓢虫成虫对桑白蚧各虫态的功能反应均符合 HollingⅡ型圆盘方程。孪斑唇瓢虫成虫对桑白蚧各虫态的寻找效应随自身密度的增加而降低。根据 HollingⅢ型功能反应新模型拟合出 1头孪斑唇瓢虫成虫对桑白蚧各虫态的最佳寻找密度分别为: 成虫 26.7头、卵 185.2粒、1龄若虫 47.9头、2龄若虫 46.8头。当孪斑唇瓢虫成虫与桑白蚧各虫态的数量同比例增加时, 孪斑唇瓢虫成虫个体间的相互干扰系数为 0.3901, 0.7891和 0.9827; 当桑白蚧 2龄若虫数量不变而孪斑唇瓢虫成虫数量增加时, 孪斑唇瓢虫成虫个体间的相互干扰系数为 0.0960。

关键词 孪斑唇瓢虫, 桑白蚧, 捕食功能, 干扰效应, 寻找效应

桑白蚧 *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni-Tozzetti) 是南疆喀什地区果树的主要害虫之一, 主要危害桃、杏、李等多种果树, 据 2008年在喀什疏勒县塔孜洪乡桃园调查, 其为害率达 90%以上。目前, 桑白蚧的防治主要依靠化学药剂, 由于连续用药, 可导致果实中农药残留增大, 严重影响果实质量和消费者的健康; 同时过度用药也杀伤了大量天敌, 使得生物因素的控制能力下降, 引起害虫猖獗^[1]。因此, 保护利用天敌在桑白蚧的综合防治中显得尤为重要。

调查表明, 在南疆喀什地区, 桑白蚧主要天敌有瓢虫、方头甲、草蛉、寄生蜂和蜘蛛等, 其中孪斑唇瓢虫 *Chilocorus geninus* Zaslavskij 是优势种^[2], 因此研究孪斑唇瓢虫对桑白蚧捕食功能对实施生物防治有十分重要的意义。目前, 国内对孪斑唇瓢虫研究甚少, 仅杨森等在孪斑唇

^{*}新疆维吾尔自治区科技厅重点攻关项目 (200631102)。

^{**}E-mail: wz4837@163.com

^{***}通讯作者, E-mail: zlm57@sohu.com

收稿日期: 2009-02-12 修回日期: 2009-05-15

瓢虫对吐伦球坚蚧初龄若虫的捕食作用方面进行了研究^[3]。鉴于此, 作者重点对李斑唇瓢虫成虫对桑白蚧各虫态的捕食功能反应、寻找效应以及种内干扰作用进行研究, 并建立相关模型, 分析和评价李斑唇瓢虫成虫对桑白蚧各虫态的控制能力, 以期为保护利用提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 供试虫源

李斑唇瓢虫成虫与桑白蚧各虫态均采自喀什地区疏勒县塔孜洪乡的桃园内。将采回的李斑唇瓢虫成虫在室内保湿饥饿 24 h 作为供试者备用。

1.2 试验方法

1.2.1 李斑唇瓢虫成虫对桑白蚧密度的捕食功能反应 试验在室温下进行, 设桑白蚧成虫: 20、40、60、80、100 头/皿, 卵: 150、200、250、300、350 粒/皿, 1、2 龄若虫: 30、50、70、90、110 头/皿, 依次与 1 头李斑唇瓢虫成虫组合, 置入直径为 10 cm、高为 3 cm 的培养皿中, 放入新鲜桃叶保湿, 每个组合 5 个处理, 重复 4 次, 24 h 后统计桑白蚧被捕食的数量。

1.2.2 相互干扰对李斑唇瓢虫成虫捕食率的影响 试验在室温下进行, 设桑白蚧成虫: 20、40、60、80、100 头/皿, 1 龄若虫: 150、200、250、300、350 头/皿, 2 龄若虫: 70、140、210、280、350 头/皿, 依次与 1、2、3、4、5 头李斑唇瓢虫成虫组合, 置入直径为 10 cm、高为 3 cm 的培养皿中, 放入新鲜桃叶保湿, 每个组合 5 个处理, 重复 4 次, 24 h 后统计桑白蚧被捕食的数量。

1.2.3 李斑唇瓢虫成虫密度对捕食功能的影响 试验在室温下进行, 设李斑唇瓢虫成虫密度分别为 1、2、3、4 和 5 头以及 400 头桑白蚧 2 龄若虫组合, 置入直径为 10 cm、高为 3 cm 的培养皿中, 放入新鲜桃叶保湿, 每个组合 5 个处理, 重复 4 次, 24 h 后统计桑白蚧 2 龄若虫被捕食的数量。

1.3 数据分析方法

1.3.1 Holling II 型模型^[4]

$$N_a = a' TN / (1 + a' T_h N) \quad (1)$$

上式中, N_a 为被捕食猎物的数量, N 为猎物的密度, a' 为捕食者对猎物的瞬间攻击率, T_h 为处置 1 头猎物所需的时间^[5], T 为试验处理时间 (d)。

1.3.2 寻找效应方程^[6]

$$S = a' / (1 + a' T_h N) \quad (2)$$

上式中, S 为寻找效应, a' 为瞬时攻击率, T_h 为处置 1 头猎物所需时间。

1.3.3 Hassell-Verley 干扰反应模型^[7,8]:

$$E = Q \times P^m \text{ 或 } E = N_a / N \times P \quad (3)$$

上式中, E 为捕食作用率, Q 为搜索常数 (无竞争条件下每头天敌的寻找效应), P 为一定空间内捕食者的密度, m 为干扰常数 (天敌种内竞争的参数)。

1.3.4 Watt 反应模型^[9]:

$$A = aP^b \quad (4)$$

上式中, A 为竞争条件下的捕食量, a 为常数 (是在无竞争条件下每头天敌的捕食量估计), P 为天敌密度, b 为种内竞争参数^[10]。

2 结果与分析

2.1 李斑唇瓢虫成虫对桑白蚧的功能反应

根据李斑唇瓢虫成虫对桑白蚧各虫态的捕食量, 经统计计算将其平均捕食量与理论捕食量分别绘制成曲线图 (图 1)。

由图 1 可以看出, 在试验设计的密度范围内, 李斑唇瓢虫成虫对桑白蚧各虫态的捕食量是随桑白蚧密度的增大而增加, 当桑白蚧密度增大至一定值时, 李斑唇瓢虫成虫的捕食量增加的速度减慢, 即捕食量与猎物密度间的关系表现为逆密度制约, 功能反应曲线表现为一上渐近线或负加速度曲线。因此, 李斑唇瓢虫成虫对桑白蚧密度的功能反应属于 Holling II 型功能反应, 可以用 Holling II 型圆盘方程进行拟合。将公式 (1) 线性化, 得出李斑唇瓢虫成虫对桑白蚧的 $1/N_a$ 与 $1/N$ 之间的相关系数均大于 0.878, 表明它们均显著相关。用测得的数据拟合有关参数, 建立 Holling II 型圆盘方程 (表 1)。经 χ^2 检验, 得 $\chi^2 < P_{0.05} = 9.49$, 说明 4 个圆盘方程能够反映李斑唇瓢虫成虫在桑白

蚧不同密度下的捕食量变化规律。

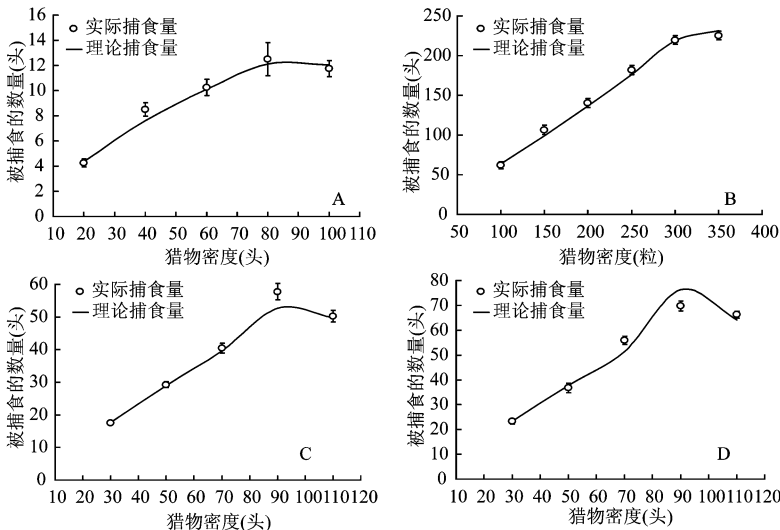


图 1 李斑唇瓢虫成虫对桑白蚧各虫态的捕食功能曲线
A 桑白蚧成虫 B 桑白蚧卵 C 桑白蚧 1龄若虫 D 桑白蚧 2龄若虫

表 1 李斑唇瓢虫成虫对桑白蚧的捕食功能反应

猎物虫态	瞬间攻击率 (a)	捕食时间 (T _b)	日最大捕 食量(头)	Holling-II 型圆盘方程	相关系数 (r)	χ ² 测验
成虫	0.2549	0.0335	29.78	$N_a=0.2549N^{\frac{1}{2}}/(1+0.0086N^{\frac{1}{2}})$	0.9882	0.41
卵	0.6019	0.0010	1036.03	$N_a=0.6019N^{\frac{1}{2}}/(1+0.0006N^{\frac{1}{2}})$	0.9936	6.77
1龄	0.6080	0.0018	569.15	$N_a=0.6080N^{\frac{1}{2}}/(1+0.0011N^{\frac{1}{2}})$	0.9911	2.79
2龄	0.8136	0.0019	522.44	$N_a=0.8136N^{\frac{1}{2}}/(1+0.0016N^{\frac{1}{2}})$	0.9925	2.27

由表 1可以看出,李斑唇瓢虫成虫对桑白蚧具有较强的捕食能力,捕食 1头桑白蚧成虫、卵、1龄若虫和 2龄若虫的平均时间分别为: 0.8 0.0024 0.0432和 0.0456 h,瞬间攻击率分别为: 0.2549, 0.6019, 0.6080和 0.8136,每日最大捕食量分别为 29.78 头,1036.03 粒,569.15头,522.44 头。由此可见,李斑唇瓢虫成虫对桑白蚧不同虫态的捕食量顺序是卵>1龄若虫>2龄若虫>成虫,说明李斑唇瓢虫成虫对桑白蚧的具有较大的捕食潜能。

2.2 李斑唇瓢虫成虫对桑白蚧寻找效应的估计

寻找效应是捕食性天敌在捕食过程中对猎物攻击的一种行为效应。天敌对猎物的寻找效应依赖于猎物的种群密度,而且随着猎物种群密度的增加和搜寻时间的减少,捕食作用率提

高。根据以上 Holling的理论,得出李斑唇瓢虫成虫的寻找效应与桑白蚧密度关系(表 2)。

表 2 李斑唇瓢虫成虫对桑白蚧的寻找效应

试验处理	桑白蚧虫态			
	成虫	卵	1龄若虫	2龄若虫
1	0.2177	0.5537	0.5891	0.7773
2	0.1899	0.5393	0.5771	0.7548
3	0.1685	0.5256	0.5657	0.7337
4	0.1513	0.5126	0.5546	0.7136
5	0.1374	0.5002	0.5440	0.6946

由表 2可以看出,李斑唇瓢虫成虫对桑白蚧各虫态的寻找效应是随着桑白蚧密度的增加而降低,其中对桑白蚧成虫的寻找效应最低,对 2龄若虫的寻找效应最高。故李斑唇瓢虫成虫对桑白蚧 2龄若虫捕食作用率最高。

2.3 种内干扰作用对李斑唇瓢虫成虫捕食作用率的影响

在一定空间和不同猎物密度存在的条件下, 随着李斑唇瓢虫数量的增加, 其平均捕食作用率逐渐下降 (图 2), 这说明李斑唇瓢虫成虫之间存在种内干扰作用, 其作用可用干扰反应模型 (3) 进行拟合, 得出李斑唇瓢虫成虫对桑白蚧成虫、1 龄若虫和 2 龄若虫的搜索常数 Q 分别为: 0.5757 0.1693 0.1533 干扰常数 m 分别为: 0.3901 0.7891 0.9827 因此李斑唇瓢虫成虫对桑白蚧各虫态的捕食作用率分别为: $E = 0.5757P^{-0.3901}$ 、 $E = 0.1693P^{-0.7891}$ 、 $E = 0.1533P^{-0.9827}$, 相关系数 $r = -0.8173$ 、 -0.9917 、 -0.9989 即捕食作用率 E 与天敌数量呈负相关; 据此将理论值与实际值进行 χ^2 检验, 得 $\chi^2 < P_{0.05} = 9.49$ 说明数学模型能很好的反映李斑唇瓢虫成虫之间存在的种内干扰作用。

2.4 李斑唇瓢虫成虫自身密度对捕食功能的影响

设置李斑唇瓢虫成虫不同密度, 分别与相同密度桑白蚧 2 龄若虫组合, 24 h 后统计李斑唇瓢虫成虫的捕食量 (表 3)。将表 5 中数据代入方程 (4) 进行拟合, 得出理论模型: $A = 71.14$

$P^{-0.0960}$, 相关系数 $r = -0.9095$ 即捕食量 A 与天敌密度呈负相关; 将理论值与实际值进行 χ^2 检验得 $\chi^2 < P_{0.05} = 9.49$ 说明数学模型能准确地描述李斑唇瓢虫成虫自身密度对捕食功能的影响。由表 3 可以看出, 在猎物数量不变的情况下, 李斑唇瓢虫成虫的捕食量随自身密度的增加而减小。

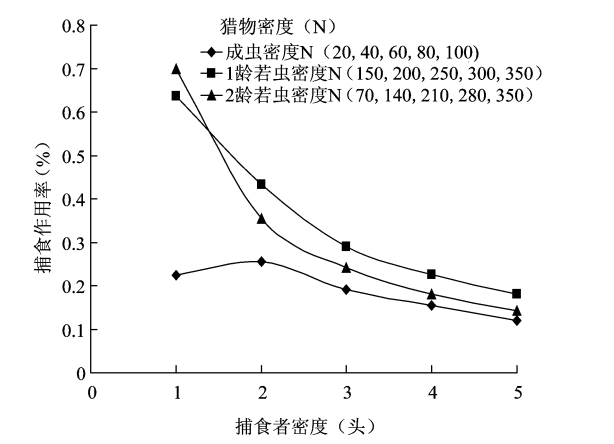


图 2 种内干扰对李斑唇瓢虫成虫捕食作用率的影响

表 3 李斑唇瓢虫成虫密度对其捕食功能的影响

瓢虫密度 (头)	桑白盾蚧若虫密度 (头)	被捕食总量 (头)	平均被捕食量 (头)	理论被捕食量 (头)
1	400	66.75±2.22	66.75±0.55	71.14
2	400	141.60±18.09	70.80±4.52	66.56
3	400	212.25±20.66	70.75±5.17	66.71
4	400	247.75±11.27	61.94±2.82	64.90
5	400	279.00±15.32	55.80±3.83	63.53

2.5 李斑唇瓢虫成虫的最佳寻找密度

根据汪世泽推导出的 Holling II 型功能反应新模型: $N_a = a \cdot \exp(-bN_t^{-1})$ (模型中的 N_t 为被捕食猎物的数量, N_t 为猎物的密度, 参数 a 为 $N_t \rightarrow \infty$ 时的 N_{max} , 参数 b 是天敌密度为 1 时的最佳寻找密度) 可以得出李斑唇瓢虫对桑白蚧的最佳寻找密度。将试验获得的数据带入新模型进行拟合, 结果见表 4。经相关分析与检验, 均大于 0.878 表明它们均显著相关。用实测值与理论值比较, 经 χ^2 检验, χ^2 值 $< P_{0.05} = 9.49$ 误差并不显著, 说明模型拟合效果好, 可以用来描述李斑唇瓢虫成虫对桑白蚧的捕食情

况。

3 小结与讨论

通过李斑唇瓢虫成虫对桑白蚧各虫态捕食功能研究结果来看, 在试验设计的密度范围内, 随着桑白蚧密度的增加李斑唇瓢虫成虫的捕食量也逐渐增大, 当桑白蚧密度增加到一定程度时, 李斑唇瓢虫的捕食量增加的速度减慢。李斑唇瓢虫成虫的捕食量随桑白蚧虫态的变化有明显的差异, 其中对卵的捕食量明显大于其它虫态, 这是由于不同虫态桑白蚧的生物量不同所致, 卵的生物量最小, 所以李斑唇瓢虫成虫对

表 4 孪斑唇瓢虫成虫对桑白蚧的最佳寻找密度

猎物虫态	日最大捕食量 (a) 最佳寻找密度 (b)		HollingⅢ型方程	相关系数 (r)	χ ² 测验
成虫	26. 30	26. 73	$N_a=26. 30 \exp(-26. 73 N_t^{-1})$	0. 9941	0. 12
卵	380. 75	185. 24	$N_a=380. 75 \exp(-185. 24 N_t^{-1})$	0. 9950	1. 93
1龄	183. 41	47. 90	$N_a=183. 41 \exp(-47. 90 N_t^{-1})$	0. 9762	2. 18
2龄	106. 16	46. 81	$N_a=106. 16 \exp(-46. 81 N_t^{-1})$	0. 9823	1. 50

其的捕食量最大,以后随着桑白蚧虫态的变化,虫体生物量逐渐增加,导致孪斑唇瓢虫成虫取食量逐渐减小。

HollingⅡ型模型中 N_a 和 HollingⅢ型模型中 a 的生物学含义相同,均表示天敌的最大捕食量,在本研究中用这 2个模型预测的结果相差很大, HollingⅡ型模型的最大捕食量显著大于 HollingⅢ型模型。因为 HollingⅡ型模型是建立在“天敌的食欲无限”的前提下,而 HollingⅢ型模型则考虑到了天敌厌食问题,所以作者认为用 HollingⅢ型模型预测的数据更为合理。但 HollingⅡ型模型能够拟合出发现率和处置 1头猎物的平均时间这 2个生物学因子,具有一定的实际和理论意义。因此,在研究天敌的捕食功能时, HollingⅡ型和 HollingⅢ型模型在一定程度上可以互补,同时使用则更能准确地描述天敌的捕食作用。

孪斑唇瓢虫成虫的寻找效应是随着桑白蚧密度的增加而降低。根据 HollingⅢ型模型得出,在 1 d内,1头孪斑唇瓢虫成虫对桑白蚧各虫态的最佳寻找密度分别为: 26. 73 185. 24 47. 90和 46. 81。因此可以设置孪斑唇瓢虫成虫与桑白蚧各虫态的益害比分别为: 1∶27, 1∶185 1∶48和 1∶47。在自然条件下,当益害比大于这些值时,孪斑唇瓢虫对桑白蚧的种群数量有较好的控制作用,当益害比小于这些值时,需要对孪斑唇瓢虫进行人工助迁或是人工释放,来增加益害比,或者在桑白蚧若虫开始涌散时结合化学防治来压低桑白蚧的种群数量。

在一定空间和猎物数量均保持不变的条件下,孪斑唇瓢虫成虫对桑白蚧 2龄若虫的平均捕食率随自身密度的增加而略有下降,捕食者间干扰作用较小 ($b=0. 096$);在一定空间和相同比例猎物存在的条件下,孪斑唇瓢虫成虫对

桑白蚧 2龄若虫的平均捕食率随自身密度和桑白蚧 2龄若虫密度的增加而明显下降,这表明孪斑唇瓢虫成虫与桑白蚧 2龄若虫之间存在着相互干扰作用,且干扰作用较大 (m 值分别为: 0. 3901, 0. 7891, 0. 9827)。因此,在孪斑唇瓢虫的利用上,应注重保护利用自然种群的发生,只有在田间桑白蚧增长较快而孪斑唇瓢虫成虫种群数量较小的情况下,才进行适当的人工释放,以避免它们之间产生较大的干扰作用。

本试验是在室内限制条件下进行,孪斑唇瓢虫成虫与桑白蚧均处于一个简单封闭的系统内,而在桃园中,桃树的枝叶形成一个非常复杂的结构体系,交错的枝叶随机地改变着孪斑唇瓢虫的搜索行为,从而严重影响了其对桑白蚧的捕食效应,所以试验结果与田间自然条件下的捕食作用存在一定差异,由此推知,在桃园中只有在孪斑唇瓢虫种群密度很大时,对控制桑白蚧种群数量无疑才是有益的。

参 考 文 献

1 孙孝龙,王素娟,童朝亮,等. 桑白盾蚧生物学特性及其防治. 桑蚕通报, 2005 36(3): 37~38

2 庞雄飞,毛金龙. 中国经济昆虫志(第14册). 北京: 科学出版社, 1979 88~89.

3 杨森,吐尔逊·娜依,阿不都·克尤木,等. 蛛形学报 2008 17(1): 43~45.

4 Holling C. S. Some characteristics of simple type of predation and parasitism. Can. Entomol., 1959 91(6): 385~398

5 冯宏祖,王兰,董红强,等. 十一星瓢虫种群动态及其对棉蚜的捕食功能. 中国生物防治, 2007 23(3): 209~213

6 丁岩钦. 昆虫数学生态学. 北京: 科学出版社, 1994 257~264

7 Hassell M. P., Varley G. C. New induction population model for insect parasites and its bearing on biological control. Nature 1969 223 1 113~1 137

8 汪世泽,夏楚贵. HollingⅢ型功能反应新模型. 生态学杂志, 1988 7(1): 1~3

9 Watt K. E. F. A mathematical model for the effect of densities of attacked and attacking species on the number attacked. Can. Entomol., 1959 91(3): 129~144

10 徐林波,刘爱萍,王慧,等. 龟纹瓢虫对苜蓿蚜的捕食效应. 草地学报, 2007 15(3): 296~298