

# 迭球蝽对落叶松球蚜成虫的捕食作用

马艳芳, 张永强, 常承秀, 马慧, 陈小玲, 朱惠英, 吴作斌

(甘肃临夏州森林病虫害防治检疫站, 临夏 731100)

**摘要** 在室内研究了捕食性天敌迭球蝽成虫对落叶松球蚜成虫的捕食功能反应与搜寻效应。结果表明, 迭球蝽对落叶松球蚜成虫的捕食功能反应属 Holling II型; 根据 Holling III型功能反应新模型  $N_0 = a \cdot \exp(-b/N)$  计算出最佳寻找密度 22.47 头/皿; 利用 Holling 寻找效应与猎物密度关系式  $S = a/(1+aT_h N)$  计算了寻找效应, 结果表明寻找效应随猎物密度的增加而降低; 捕食作用率与其密度的关系为  $E = 0.1894P^{-0.3202}$ ; 分摊竞争强度与其密度的关系为  $I = 0.5797 \lg P + 0.0008$ 。

**关键词** 迭球蝽; 落叶松球蚜; 捕食作用

**中图分类号**: S 763.3 **文献标识码**: A **DOI**: 10.3969/j.issn.0529-1542.2016.01.020

## Predation function of *Forficula vicaria* to *Adelges laricis*

Ma Yanfang, Zhang Yongqiang, Chang Chengxiu, Ma Hui, Chen Xiaoling, Zhu Huiying, Wu Zuobin

(Forest Pest and Diseases Management & Quarantine Station of Linxia Hui Autonomous District, Linxia 731100, China)

**Abstract** In the laboratory, the predation of *Adelges laricis* adults by *Forficula vicaria* adults was studied. The results showed that the functional response of *F. vicaria* adults to *A. laricis* adults belonged to Holling type II model. The best seeking density was 22.47 individual per dish. The relationship between searching efficiency and *F. vicaria* adult density was also studied by the Holling's model  $S = a/(1+aT_h N)$ , showing that the searching efficiency declined when *F. vicaria* adult densities increased. The relationship between predation ratio ( $E$ ) and the density of *F. vicaria* adults ( $P$ ) was described by the equation:  $E = 0.1894P^{-0.3202}$ . The relationship between intensity of scrambling competition ( $I$ ) and the density of *F. vicaria* adults ( $P$ ) was  $I = 0.5797 \lg P + 0.0008$ .

**Key words** *Forficula vicaria*; *Adelges laricis*; predation

落叶松球蚜 (*Adelges laricis* Vallot) 属半翅目、球蚜科、球蚜属。该虫为害落叶松和云杉, 在落叶松上主要以侨蚜吸食针叶和枝条汁液, 产生大量白色分泌物, 引发煤污, 致使枝条干枯, 针叶早落; 为害云杉时, 在枝芽处形成虫瘿, 使被害部以上枝梢枯死, 严重影响落叶松正常生长<sup>[1]</sup>。迭球蝽 (*Forficula vicaria* Semenov) 属鞘翅目, 球蝽科, 球蝽属, 成虫是落叶松球蚜的主要天敌, 国内尚未见迭球蝽成虫对落叶松球蚜成虫捕食作用的报道。为了更好地保护和利用天敌资源对落叶松球蚜进行生物防治, 本文研究了迭球蝽成虫对落叶松球蚜成虫的捕食作用。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试虫源

2013年7月下旬在甘肃省临夏县三岔坪林场青

海云杉 (*Picea crassifolia*) 林采集落叶松球蚜虫瘿, 等虫瘿开始开裂, 采集迭球蝽成虫, 置于室内 (24 ± 0.5) °C 下, 饥饿 24 h 备用。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 迭球蝽成虫对落叶松球蚜成虫的捕食功能反应

在室温下, 将青海云杉针叶放入培养皿 (直径 12 cm) 内, 放入迭球蝽和落叶松球蚜成虫, 天敌密度设每皿 1 头, 猎物密度设每皿 40、50、60、70、80 头, 培养皿加盖以防天敌和猎物逃出, 每个处理重复 5 次, 24 h 后检查统计捕食量。

#### 1.2.2 搜寻效应

将迭球蝽密度设为 1、2、3、4、5 头/皿, 落叶松球蚜密度设为 40、80、120、160、200 头/皿, 两者依次组合, 每个处理重复 5 次, 24 h 后检查捕食数量。

收稿日期: 2014-11-24 修订日期: 2015-01-08

基金项目: 甘肃省临夏州科技计划项目 (2011-N-S-10)

致谢: 承中国科学院动物研究所姜立云副研究员鉴定落叶松球蚜标本, 中国农业大学昆虫系教授彩万志在鉴定过程中提供帮助, 谨此致谢。

联系方式 E-mail: lxgymyf@126.com

### 1.2.3 选球蝽成虫捕食落叶松球蚜成虫时的种内干扰

试验设选球蝽密度为 1、2、3、4、5 头/皿, 分别与 200 头落叶松球蚜组合, 每个处理重复 5 次。24 h 后检查捕食数量。

## 1.3 分析方法

### 1.3.1 功能反应

Holling II<sup>[2]</sup> 圆盘方程式  $N_a = aTN/(1 + aT_hN)$ , 式中:  $N_a$  为捕食量,  $N$  为猎物密度,  $a$  为瞬时攻击率,  $T_h$  为处理时间,  $T$  为猎物暴露给捕食者的总时间。

搜寻效应  $S = a/(1 + aT_hN)$ , 式中:  $N$  为猎物密度,  $a$  为瞬时攻击率,  $T_h$  为处理时间。

Holling III 型功能反应新模型<sup>[3]</sup>:  $N_a = a \cdot \exp(-b/N)$ , 式中:  $N_a$  为捕食量,  $N$  为猎物密度,  $a$  为  $N \rightarrow \infty$  时的最大捕食量  $N_a$ ,  $b$  为天敌密度  $P = 1$  头时的最佳寻找密度。

### 1.3.2 干扰反应

种内干扰以捕食作用率  $E$  和分摊竞争强度  $I$  评价, 用 Hassell-Varley (1969) 的干扰反应模型  $E = QP^{-m}$ <sup>[4]</sup> 来描述天敌自身密度与寻找效应的关系; 方程  $E = N_a/(N \times P)$ <sup>[5]</sup> 可反映出寻找效应与猎物密度和捕食者密度之间的关系,  $E$  为捕食作用率,  $Q$  为搜寻常数,  $P$  为捕食者密度,  $m$  为干扰常数,  $N_a$  为捕食量; 分摊竞争强度  $I = (E_1 - E_p)/E_1$ <sup>[6]</sup>,  $E_1$  为天敌密度为 1 头时的捕食作用率,  $E_p$  为天敌密度为 1、2、3、4、5 头/皿下的捕食作用率。

## 2 结果与分析

### 2.1 选球蝽对落叶松球蚜的捕食功能反应

随着落叶松球蚜成虫密度的增加, 选球蝽的捕食量也逐渐增大, 当落叶松球蚜密度增加到一定程度, 选球蝽捕食量增加的速度减慢(图 1), 图形符合 Holling II 型功能反应。拟合的圆盘方程为  $N_a = 0.9824N/(1 + 0.0078N)$ ,  $1/N$  与  $1/N_a$  的相关系数  $r = 0.9738^{**} > r_{(3,0.01)} = 0.959$ , 卡方检验得  $\chi^2 = 0.4233 < \chi_{(4,0.05)}^2 = 9.49$ , 表明理论捕食量与实际捕食量之间差异不显著<sup>[7]</sup>, 方程能反映出选球蝽成虫对落叶松球蚜成虫的捕食功能变化规律。由图 1 还可看出, 选球蝽对落叶松球蚜的搜寻效应随猎物密度的增加而降低, 说明落叶松球蚜在一定的空间内对选球蝽存在干扰, 导致天敌搜寻效应下降。

对本试验获得的数据(表 1)进行新模型拟合得:  $a = 50.7214$ ,  $b = 22.4718$ , 将  $a, b$  值代入 Holling III 型功能反应新模型得:  $N_a = 50.7214 \exp(-22.4718/N)$ , 经  $t$  测验与相关分析,  $r = 0.9845 > r_{(3,0.01)} = 0.959$ , 经卡方适合性检验,  $\chi^2 = 0.1562 < \chi_{(4,0.05)}^2 = 9.49$ , 误差不显著, 说明新模型拟合效果较好, 可用来描述选球蝽对落叶松球蚜成虫的捕食情况。

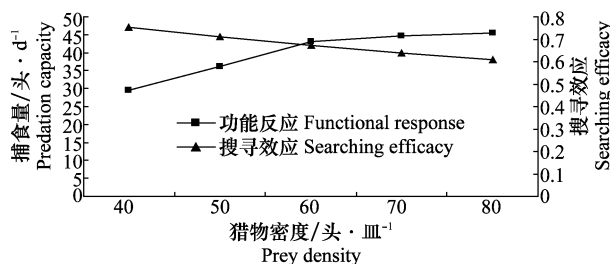


图 1 选球蝽成虫对落叶松球蚜成虫的捕食功能反应及搜寻效应

Fig. 1 Functional response and searching efficacy of *Forficula vicaria* against *Adelges laricis*

表 1 不同猎物密度下选球蝽成虫对落叶松球蚜成虫的捕食量

Table 1 Predation of *Adelges laricis* adults at different densities by *Forficula vicaria* adults

猎物密度/ 头·皿 <sup>-1</sup> Prey density	捕食量/头·d <sup>-1</sup> Predation capacity	理论捕食量/头·d <sup>-1</sup> Theoretical consumption	$\chi^2$
1	29.40 ± 3.28	30.05	0.014 1
2	36.20 ± 3.72	35.48	0.014 7
3	43.00 ± 6.19	40.33	0.176 3
4	44.80 ± 2.92	44.70	0.000 2
5	45.40 ± 4.14	48.66	0.218 0

结果表明, 当  $N \rightarrow \infty$  时, 在 1 d 内, 1 头选球蝽成虫对落叶松球蚜成虫的最大捕食量约为 50.72 头, 最佳寻找密度为 22.47 头/皿。因此, 在利用选球蝽成虫防治落叶松球蚜时, 益害比参考值可定为 1:22<sup>[8]</sup>。

### 2.2 选球蝽成虫捕食落叶松球蚜成虫时的种内干扰

捕食者在一定的空间和猎物密度相同的情况下, 平均捕食量和捕食作用率( $E$ )随着选球蝽自身密度的增加而下降(见表 2)。选球蝽捕食落叶松球蚜成虫过程中的自我干扰方程为:  $E = 0.1894P^{-0.3202}$ ,  $r = 0.9979 > r_{(3,0.01)} = 0.959$ ,  $\chi^2 = 0.0001 < \chi_{(4,0.05)}^2 = 9.49$ , 说明拟合结果理想, 可反映出选球蝽成虫捕食落叶松球蚜成虫的种内干扰情况<sup>[9]</sup>。

利用分摊竞争强度公式计算出分摊竞争强度参

数(表 2), 迭球蝮成虫捕食落叶松球蚜成虫所产生的竞争是分摊竞争, 分摊竞争强度随自身密度的增加而上升,  $I$  与  $\lg P$  之间关系式为  $I=0.5797 \lg P+0.0008$ , 该分摊竞争强度随迭球蝮成虫自身密度对

数值的增长而呈直线增加,  $r=0.9998$ , 表明两者显著相关,  $\chi^2=0.0009 < \chi^2_{(4,0.05)}=9.49$ , 该模型能很好地描述迭球蝮成虫捕食落叶松球蚜过程中的分摊竞争情况<sup>[10]</sup>。

表 2 迭球蝮成虫对落叶松球蚜成虫捕食作用率和分摊竞争强度

Table 2 Predation ratio and intensity of scrambling competition of *Forficula vicaria* adults against *Adelges laricis* adults

迭球蝮成虫密度/头·皿 <sup>-1</sup> Density of <i>F. vicaria</i> adults	捕食量/头·d <sup>-1</sup> Predation capacity	捕食作用率( $E$ ) Predation ratio	分摊竞争强度( $I$ ) Intensity of scrambling competition
1	37.40±10.65	0.1870	0.0000
2	30.90±6.28	0.1545	0.1738
3	26.87±4.40	0.1343	0.2816
4	24.25±6.73	0.1213	0.3516
5	22.36±4.73	0.1118	0.4021

### 3 讨论

迭球蝮是捕食多种害虫的天敌昆虫, 其猎物主要有棉蚜、槐蚜、槐豆木虱、斑膜合垫盲蝽、中国梨喀木虱、辽梨喀木虱、乌苏里梨喀木虱、栎线小卷蛾、梨星毛虫等害虫, 但对其捕食作用的研究却很少, 尤其是迭球蝮成虫对落叶松球蚜成虫的捕食作用未见报道。探明迭球蝮成虫对落叶松球蚜成虫的捕食功能反应和搜寻效应, 对于充分发挥迭球蝮的控害作用、科学指导对落叶松球蚜的生物防治, 从而减少化学杀虫剂的投入、降低环境污染具有重要意义。

研究表明迭球蝮对落叶松球蚜表现出很强的捕食能力, 在一定的空间范围内, 猎物和天敌密度的增加对捕食作用造成干扰, 因此在自然界中利用其对落叶松球蚜的控制能力还需进一步研究。

### 参考文献

[1] 梅雪莉, 梅雪燕, 梅雪莲. 落叶松球蚜云杉寄主及防治研究[J]. 现代园艺, 2011(19):52.  
[2] Holling C S. Some characteristics of simple types of predation

and parasitism [J]. The Canadian Entomologist, 1959, 91(7): 385-398.  
[3] 汪世泽, 夏楚贵. Holling-III 型功能反应新模型[J]. 生态学杂志, 1988, 7(1):1-3.  
[4] Hassell M P. A population model for the interaction between *Cyzenis albicans* and *Operophtera brumata* at Wytham Berkshire [J]. Journal of Animal Ecology, 1969, 38(3): 567-576.  
[5] 丁岩钦. 昆虫数学生态学[M]. 北京: 科学出版社, 1994:303-305.  
[6] 邹运鼎, 耿继光, 陈高潮, 等. 异色瓢虫若虫对麦二叉蚜的捕食作用[J]. 应用生态学报, 1996, 7(2):197-200.  
[7] 金剑雪, 李凤良, 程英, 等. 七星瓢虫对豆蚜的功能反应[J]. 植物保护, 2011, 37(4):68-71.  
[8] 许俊杰, 刘凤莲, 李秀芬, 等. 中华啮粉蛉对柏小爪螨捕食作用的研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2007, 38(2): 207-212.  
[9] 陈步波, 林光国, 黄勤清, 等. 红基盘瓢虫对橄榄星室木虱捕食作用及其模拟模型的研究[J]. 华东昆虫学报, 1995, 4(2): 79-83.  
[10] 张安盛, 于毅, 门兴元, 等. 东亚小花蝽若虫对西花蓟马若虫的捕食作用[J]. 植物保护学报, 2008, 35(1):7-11.

(责任编辑: 杨明丽)