

doi:10.11707/j.1001-7488.20161119

## 后斑小瓢虫对竹茎扁蚜的控害潜能

黄翠琴

(福建林业职业技术学院 南平 353000)

**摘要:** 【目的】通过室内测定后斑小瓢虫 [*Scymnus (Pullus) posticalis* (Coleoptera: Coccinellidae)] 对竹茎扁蚜 [*Pseudoregma bambusicola* (Homoptera: Hormaphididae)] 的最佳捕食密度、最大捕食量、干扰系数、瞬时攻击率、处理时间等参数, 研究后斑小瓢虫对竹茎扁蚜的控害潜能, 通过后斑小瓢虫生命表的测定, 探明利用竹茎扁蚜饲养后斑小瓢虫的种群增长趋势, 为开发利用后斑小瓢虫防治竹茎扁蚜提供科学依据。【方法】在温度( $23 \pm 1$ )℃, 相对湿度70%~73%条件下, 采用塑料盒定时定量饲养观察方法测定后斑小瓢虫对竹茎扁蚜的捕食功能, 测试后斑小瓢虫自身密度的干扰效应; 使用DPS软件, 分别用Holling-II型、汪世泽Holling-III型功能反应新模型和金开正捕食者-猎物功能反应统计模型等昆虫生态学方法进行拟合, 分析后斑小瓢虫对竹茎扁蚜的最佳捕食密度、最大捕食量、干扰系数、瞬时攻击率、处理时间等参数, 研究后斑小瓢虫对竹茎扁蚜种群的调节作用; 通过在林间设置纱网笼罩饲养法测定后斑小瓢虫实验种群生命表, 研究后斑小瓢虫内禀增长力等种群数量特征。【结果】在实验室特定条件下, 捕食功能反应测定得出后斑小瓢虫3龄幼虫和成虫对竹茎扁蚜平均日捕食量最大可达75头和81头, 表明后斑小瓢虫3龄幼虫和成虫对竹茎扁蚜具有较强的捕食能力; 后斑小瓢虫自身密度的干扰效应测定结果反映, 后斑小瓢虫释放比例为1:38.8时可以达到最大的控害效能; 生命表参数测定结果表明, 室内饲养雌成虫的存活率可以达到63%, 经过1个世代种群可以增长85.3638倍, 在试验温度范围内种群周限增长率( $\lambda$ )均大于1, 后斑小瓢虫在实验室饲养的种群成几何级数增长。通过生命表参数比较和功能反应模型分析, 表明后斑小瓢虫对竹茎扁蚜具有较强的取食及繁殖能力, 对竹茎扁蚜种群具有较强的控制能力。【结论】用竹茎扁蚜饲养的后斑小瓢虫种群成几何级数增长; 后斑小瓢虫对竹茎扁蚜具有较大的控害潜能。

**关键词:** 后斑小瓢虫; 竹茎扁蚜; 捕食能力; 控害潜能; 生物防治

中图分类号: S769 文献标识码: A 文章编号: 1001-7488(2016)11-0157-08

### Control Potential of the Predator *Scymnus (Pullus) posticalis* (Coleoptera: Coccinellidae) against *Pseudoregma bambusicola* (Homoptera: Hormaphididae)

Huang Cuiqin

(Fujian Forestry Vocational and Technical College Nanping 353000)

**Abstract:** 【Objective】In order to understand the potential control capacity of *Scymnus (Pullus) posticalis* against *Pseudoregma bambusicola*, the optimum predator density, the maximum predatory amount, interference coefficient, instantaneous attack rate and treating time of *S. (P.) posticalis* fed on *Pseudoregma bambusicola* were studied. By measuring the life table of *S. (P.) posticalis*, I investigated the population growth trend of *S. (P.) posticalis* after feeding with *P. bambusicola*, to provide a scientific basis for utilizing *S. (P.) posticalis* to control *P. bambusicola*. 【Method】Under laboratory conditions (temperature ( $23 \pm 1$ ) ℃, relative humidity (70%~73%)), feeding with fixed time and fixed quantity in plastic cases was conducted to observe and measure the predation of *S. (P.) posticalis* on *P. bambusicola*, and to test *S. (P.) posticalis*'s interference effect of its own density. With the application of Data Processing System, I used methods of insect ecology, such as the model of Holling-II, the new model of Holling-III functional response developed by Wang Shize, and statistic model of functional response of predator to prey developed by Jin Kaizheng, for matching. Furthermore, I analyzed parameters of the optimum predator density, the maximum predatory amount, inference factor, instantaneous attack rate and treating time of *P. bambusicola* being preyed by *S. (P.)*

收稿日期: 2016-04-03; 修回日期: 2016-06-03。

基金项目: 福建省属公益类科研院所专项“杉木第三代种子园主要虫害防控技术研究”(2015R1011-6); 福建林业职业技术学院院士专家工作站研究项目(L15016)。

*posticalis*, for studying the regulating effect of *S. (P.) posticalis* on *P. bambusicola*. I also used the rearing method of setting veil screen in the forest to measure the life table of experimented *S. (P.) posticalis*, in order to study *S. (P.) posticalis*'s quantitative characteristic of inner increase capacity. 【Result】Under the controlled conditions, the predatory function responses showed that the average predation was able to amount 75 max per day for the 3<sup>rd</sup> instar *S. (P.) posticalis* on *P. bambusicola*, and 81 max per day for adult *S. (P.) posticalis*, both the 3<sup>rd</sup> instar and adult *S. (P.) posticalis* were strong predators of *P. bambusicola*. The interference effect test on *S. (P.) posticalis*'s density showed that the pest control capacity of *S. (P.) posticalis* could reach the maximum when the release ratio was 1:38.8; and the parametric measure result of life table showed that the survival rate of indoor rearing female imagoes was able to reach 63%, and after a generation, the population increased by 85.3638 times. Meanwhile, within the test temperature range, when the reproductive rate ( $\lambda$ ) was larger than 1, the population of lab reared *S. (P.) posticalis* increased in a geometric ratio. By comparing the parameters on life tables, and analyzing the models of functional response, it was shown that *S. (P.) posticalis* was a strong predator of *P. bambusicola*, and it had strong reproductive ability, and *S. (P.) posticalis* had strong pest control capacity against the population of *P. bambusicola*. 【Conclusion】This study indicated that the population of *S. (P.) posticalis* fed with *P. bambusicola* grew exponentially, and it had a great potential of preventing and controlling *P. bambusicola*.

**Key words:** *Scymnus (Pullus) posticalis*; *Pseudoregma bambusicola*; predatory function; control potential; biological control

竹茎扁蚜 [ *Pseudoregma bambusicola* (Homoptera: Hormaphididae) ] 在福建 1 年发生 20 多代, 常成群聚集在孝顺竹 (*Bambusa multiplex*)、大佛肚竹 (*B. vulgaris* ‘Wamin’)、观音竹 (*B. multiplex* var. *riviereorum*)、绿竹 (*B. oldhamii*) 等竹子嫩茎上吸食汁液。同时, 竹茎扁蚜分泌蜜露造成受害竹严重感染煤污病。随着竹子纯林面积的扩大, 竹茎扁蚜的危害日益严重。目前, 该虫的防治仍以化学农药为主, 农药的过量使用造成蚜虫抗药性提高, 防治成本增加、污染环境。筛选出对竹茎扁蚜控害能力较强的天敌昆虫, 开展以天敌昆虫为主的生物防治防控竹茎扁蚜对增加生物多样性、保护生态环境具有重要意义。

天敌昆虫控制效果的定量评价是选择生物防治可利用的优质天敌种类的主要途径, 目前, 多采用天敌昆虫捕食功能反应模型分析法(周慧平等, 2015; Ahn *et al.*, 2010; 李英梅等, 2015; 黄金水等, 2006; 朱晓锋等, 2015; 张世泽等, 2005; 田耀加等, 2012; 余金咏等, 2012; 张晓曼等, 2015; Gotoh *et al.*, 2000; 安新城等, 2011; 任月萍等, 2006) 和生命表分析法(Montoya-Alvarez *et al.*, 2010; 吴红胜等, 2010; 陈鹏等, 2015; Bellows *et al.*, 1999) 定量评价天敌对害虫的防控效果, 展茂魁等(2014)研究的肿腿蜂 (*Sclerodermus*) 类寄生蜂室内控害效能评价体系是评价天敌昆虫控害潜能的新方法。但在开发瓢虫资源用于生物防治中尚未见后斑小瓢虫 [*Scymnus (Pullus) posticalis* (Coleoptera:

Coccinellidae) ] 的相关报道, 综合室内和室外多因素评估测定天敌昆虫防控潜能也较少报道。本研究将后斑小瓢虫作为控制竹茎扁蚜种群数量的关键因子, 运用昆虫生态学方法研究后斑小瓢虫对竹茎扁蚜种群的调节作用, 使用 DPS 软件(唐启义, 2013), 分别用 Holling-II型(丁岩钦, 1994)、汪世泽 Holling-III型功能反应新模型(汪世泽等, 1988)和金开正捕食者 - 猎物功能反应统计模型(金开正, 2002)进行拟合, 得出最佳捕食密度、最大捕食量、干扰效应、瞬时攻击率、处理时间等参数, 以期了解后斑小瓢虫对竹茎扁蚜的控害潜能和最佳释放比例, 进而通过实验种群生命表(丁岩钦, 1994)观测评价后斑小瓢虫内禀增长力等种群数量特征, 为田间释放提供理论依据。

## 1 材料与方法

1.1 供试虫源 采集后斑小瓢虫成虫, 在竹林中用纱网笼罩密布竹茎扁蚜的竹杆饲养至成虫产卵, 卵孵化后幼虫用竹茎扁蚜饲养, 获得整齐一致的各龄幼虫及成虫作为供试虫源。后斑小瓢虫和竹茎扁蚜分别采自南平市茫荡山毛竹 (*Phyllostachys edulis*) 林和建瓯东游镇雷竹 (*P. praecox* ‘Prevernalis’) 林。室内试验温度设置 (23 ± 1) °C, 相对湿度 70% ± 3%。

1.2 试验方法 1) 捕食功能观察 按照试验目的, 选择性地截取带竹茎扁蚜的枝条(虫口密度大约按照 5 的倍数递增), 置于编号透明塑料盒(长 ×

宽×高 = 15 cm × 15 cm × 10 cm) 内, 释放饥饿了 12 h 的后斑小瓢虫成虫、3 龄幼虫各 1 头, 24 h 后分别记录其对竹茎扁蚜的捕食量, 每处理重复 10 次, 连续观察 10 天。

2) 干扰效应测试 将后斑小瓢虫成虫分别按 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 头放入编号透明塑料盒(长×宽×高 = 15 cm × 15 cm × 10 cm), 在每盒中预先装入带有竹茎扁蚜的新竹枝, 各小枝合计竹茎扁蚜 200 头, 每 24 h 观察记录被取食的蚜虫数, 同时清除竹枝和残体, 重新放入带有竹茎扁蚜的新竹枝(虫口 200 头), 同样每 24 h 观察记录被取食的蚜虫数。每个处理重复 10 次, 连续观察 10 天。

3) 实验种群生命表测定 将后斑小瓢虫初产卵(100 粒) 放入直径为 15 cm 的培养皿中, 置于人工气候箱内, 分别设置温度为 15, 20, 25, 30 °C 4 个处理, 每处理重复 3 次, 相对湿度为 70% ± 5%。卵孵化后, 放入充足的密布竹茎扁蚜的竹杆; 每日 7:30, 11:30, 15:30, 19:30 观察各虫态存活和发育历期, 并用表格记录。成虫期将成虫移置于事先备好的用纱网笼罩密布竹茎扁蚜的竹杆内, 观察其雌雄交配情况和产卵量直至成虫死亡。根据记录数据计算各虫态死亡率, 按照非密度制约型增长中世代不相重叠种群的离散增长模型估计其在实验室内一个世代的种群周限增长率。

1.3 数据处理 1) 捕食功能反应数据处理 捕食者-猎物系统是一个复杂的相互作用关系的系统, 运用于该系统的数学模型包括微分方程和差分方程(夏楚贵, 1990)。在昆虫捕食功能反应模型研究中以 Holling-II 型  $N_\alpha = (\alpha * N_0) / (1 + \alpha * T_h * N_0)$  最常用, 式中:  $N_\alpha$  为被捕食的猎物数量,  $N_0$  为猎物密度,  $\alpha$  为瞬时攻击率,  $T_h$  为处置时间(丁岩钦, 1983)。汪世泽等(1988)提出 Holling-III 功能反应新模型:  $N_\alpha = A * \exp(-B * 1/N_0)$ , 式中:  $N_\alpha$  为被捕食的猎物数量,  $A$  为猎物在高密度水平时的参数,  $B$  为猎物在最佳密度水平时的参数,  $N_0$  为猎物密度。金开正(2002)从统计学的角度提出捕食者-猎物功能反应统计模型:  $N_\alpha = \exp(\beta_0) \exp(\beta_1 * 1/N_0) + e$ , 式中:  $N_\alpha$  为被捕食的猎物数量,  $\beta$  为待估参数,  $N_0$  为猎物密度,  $e \sim N(0, \sigma^2)$ 。本试验数据采用唐启义(2013)开发的 DPS(Data Processing System) 数据处理系统软件结合 Holling 功能反应相关模型进行处理分析。

2) 干扰效应数据处理 依据平均捕食率拟合 Hassell 模型(夏楚贵, 1990):  $E = Q * P^m$ 。式中:  $E$

为平均捕食率;  $P$  为捕食者密度;  $m$  为干扰系数;  $Q$  为  $P=1$  时的最大捕食率。

3) 实验种群数据处理 为了研究种群的增长与动态规律, 往往从实验室内单种种群的参数入手分析, 各参数按照以下推算进行估算: 雌成虫的存活率  $I_x(\%) = \text{雌成虫数 } N_x / (\text{实验种群开始时的总卵数 } N_0 * \text{ 雌性比})$ ; 雌性比(%) = 整个世代的雌卵量  $E_g / \text{整个世代的总卵量 } T_g$ ; 特定年龄生殖力  $M_x = \text{平均每雌产卵量} * \text{ 雌性比}$ ; 净生殖力  $R_0 = \text{雌成虫的存活率 } I_x * \text{ 特定年龄生殖力 } M_x$ ; 内禀增长率  $r = \ln R_0 / T$ (世代平均周期); 种群周限增长率  $\lambda = e^r$ , 种群加倍时间  $t = \ln 2 / r$ (丁岩钦, 1994; 夏楚贵, 1990; 吴坤君等, 2004)。

## 2 结果与分析

2.1 后斑小瓢虫对竹茎扁蚜的功能反应 从表 1 和图 1 可以得出: 当竹茎扁蚜密度较低时, 后斑小瓢虫 3 龄幼虫和成虫对扁蚜的捕食量均是随猎物的密度增大而增大, 当猎物密度达到一定量时, 捕食增长速度变缓, 说明捕食量与竹茎扁蚜密度之间的关系表现为逆密度制约; 后斑小瓢虫对竹茎扁蚜的瞬时攻击率较大且成虫大于 3 龄幼虫, 对猎物的处置时间较短, 后斑小瓢虫成虫和 3 龄幼虫对 1 头竹茎扁蚜的处置时间分别为 9.64 min 和 10.04 min。

从表 1, 2 可以看出: 后斑小瓢虫对扁蚜的捕食存在一个极限值, 但用不同模型拟合的极限值存在差异。金开正捕食者-猎物功能反应统计模型(金开正, 2002)所包含的因素较多, 拟合情况较好, 因此认为后斑小瓢虫 3 龄幼虫对竹茎扁蚜的最大捕食量为 75.65 头, 成虫对竹茎扁蚜的最大捕食量为 81.56 头, 表明后斑小瓢虫 3 龄幼虫和成虫对竹茎扁蚜的最佳捕食密度分别为 1:37.3 和 1:38.6845。

2.2 干扰效应数据分析 依据平均捕食率拟合的 Hassell 模型为  $E = 34.58\% * P^{-0.507636}$ , 表明捕食者密度  $P=1$  时的最大捕食率  $Q=34.58\%$ , 最大捕食量为 69.16 头; 干扰系数  $m=0.507636$ 。

图 2 和表 3 表明: 在相同猎物虫口密度下, 后斑小瓢虫捕食总量随着捕食者自身密度的增加而增大, 但因密度增大增加了个体间的相互干扰( $m=0.507636$ ), 使得平均取食量减少, 捕食作用率也随之减少, 故在释放瓢虫时应充分考虑益虫密度。经 Hassell 模型拟合最大捕食量为 69.16 头, 这与功能反应新模型得出的结果接近, 说明后斑小瓢虫对竹茎扁蚜具备较大的控害潜能, 能够作为防治竹茎扁蚜的一种益虫资源加以保护和利用。

表 1 后斑小瓢虫 3 龄幼虫及成虫对竹茎扁蚜的功能反应<sup>①</sup>Tab. 1 The functional response of 3rd instar larvae and adult of *Scymnus (Pullus) posticalis* to *Pseudoregma bambusicola*

虫龄 Instar	参数 Parameter	Holling-II型 Model of Holling-II	汪世泽 Holling-III型 功能反应新模型 New model of Holling-III functional response developed by Wang Shize	金开正捕食者-猎物 功能反应统计模型 Statistic model of functional response of predator to prey developed by Jin Kaizheng
		$N_\alpha = 0.938\ 197\ N_0 / (1 + 0.006\ 541N_0)$	$N_\alpha = 73.339\ 472^*$ $\exp(-33.808\ 649/N_0)$	$N_\alpha = 73.361\ 957^*$ $\exp(-37.300\ 766/N_0) + 2.295\ 102$
3 龄幼虫 3rd instar larvae	$\alpha$	0.938 197		
	$T_h/d$	0.006 972		
	$p/\text{head}$	143.43	73.339 472	75.657 059
	$m$		33.808 649	37.300 766
	$R^2$	0.939 9	0.976 4	0.977 7
成虫 Adult	$N_\alpha = 1.123\ 860N_0 / (1 + 0.007\ 524N_0)$		$N_\alpha = 81.568\ 108^*$ $\exp(-32.157\ 131/N_0)$	$N_\alpha = 81.560\ 902^*$ $\exp(-38.684\ 497/N_0) + 4.846\ 987$
	$\alpha$	1.123 86		
	$T_h/d$	0.006 695		
	$p/\text{head}$	149.37	81.568 1	81.560 9
	$m$		32.157 1	38.684 5
	$R^2$	0.926 8	0.952 5	0.956 9

①  $N_\alpha$ : 被捕食的猎物数量 Number of prey consumed;  $N_0$ : 猎物密度 Density of preys;  $\alpha$ : 瞬时攻击率 Instantaneous attack rate;  $T_h$ : 处置时间 Handling time;  $p$ : 捕食量上限 The maximum predatory amount;  $m$ : 最佳捕食密度 The optimum predator density;  $R^2$ : 模型拟合相关性 Correlation of model fitting.

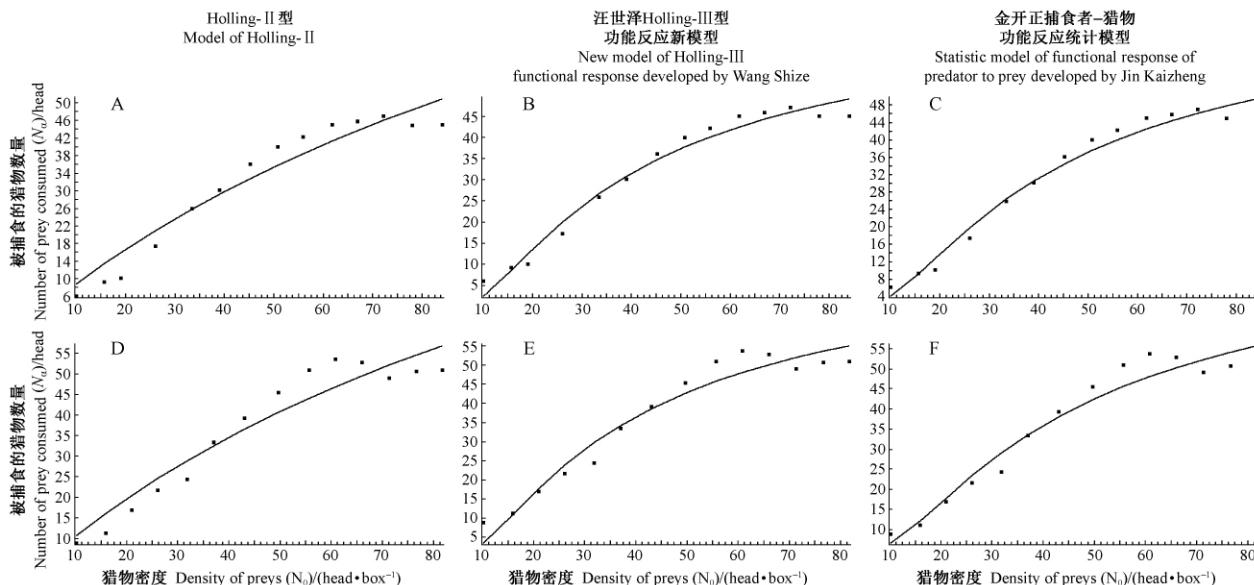


图 1 斑小瓢虫 3 龄幼虫 (A, B, C) 及成虫 (D, E, F) 对竹茎扁蚜的功能反应模型

Fig. 1 The model of the functional response of 3rd instar larvae (A, B, C) and adult (D, E, F) of *Scymnus (Pullus) posticalis* to *Pseudoregma bambusicola*

2.3 实验种群生命表参数分析 由表 4 和表 5 可以看出温度对后斑小瓢虫各发育阶段都有较大影响, 其中低温(15 ℃)较高温(31 ℃)对卵的孵化及幼虫各龄的存活率影响更大, 净生殖力( $R_o$ )与温度( $t$ )之间呈二次曲线关系:  $R_o = -0.927\ 720t^2 + 43.747\ 123t - 444.974\ 132$  ( $R = 0.927\ 0$ )。在 23 ℃

饲养时各项指标均达到最佳: 平均每雌产卵量为 278.33, 存活率为 63%; 特定年龄生殖力为 135.491 0 倍, 净生殖力为 85.363 8 倍; 内禀增长率 为 0.127; 种群周限增长率为 1.135 4, 种群加倍时间为 5.457 5。

表 2 用不同方法拟合后斑小瓢虫 3 龄幼虫和成虫对竹茎扁蚜捕食量

Tab. 2 Feeding quantity of 3rd instar larvae and adult of *Scymnus (Pullus) posticalis* to *Pseudoregma bambusicola* fitting in different methods

虫龄 Instar	平均猎物 密度 Average prey density ( $N_0$ ) / (head•box <sup>-1</sup> )	平均每天 捕食量 Average daily predatory amount ( $N_\alpha$ ) / head	捕食量拟合值 Fitted predatory amount		
			Holling-II 型 Model of Holling-II	汪世泽 Holling-III 型 New model of Holling-III functional response developed by Wang Shize	金开正捕食者 - 猎物 功能反应统计模型 Statistic model of functional response of predator to prey developed by Jin Kaizheng
3 龄幼虫 3rd instar larvae	10.080 0	6.050 0	8.872 1	2.562 7	4.108 0
	15.740 0	9.220 0	13.388 8	8.560 5	9.154 4
	19.110 0	10.080 0	15.936 8	12.502 6	12.712 8
	26.060 0	17.330 0	20.888 7	20.040 6	19.827 7
	33.450 0	25.870 0	25.748 9	26.692 4	26.348 7
	39.010 0	30.110 0	29.158 8	30.828 3	30.492 2
	45.210 0	36.090 0	32.735 4	34.718 9	34.443 1
	50.880 0	39.990 0	35.815 7	37.736 2	37.539 0
	55.920 0	42.170 0	38.413 4	40.065 3	39.946 4
	61.810 0	44.970 0	41.294 5	42.441 3	42.417 3
	66.970 0	45.740 0	43.691 8	44.268 2	44.327 0
	72.160 0	46.980 0	45.992 0	45.905 1	46.044 9
	78.030 0	44.910 0	48.469 1	47.551 9	47.779 7
	84.110 0	45.010 0	50.905 4	49.064 8	49.378 9
成虫 Adult	10.201 3	8.833 3	10.647 5	3.487 5	6.686 0
	15.997 1	11.189 7	16.046 9	10.927 2	12.112 4
	21.016 7	16.878 0	20.394 6	17.661 1	17.791 8
	26.160 2	21.633 0	24.565 0	23.859 9	23.436 5
	31.850 3	24.336 7	28.875 1	29.719 5	29.057 3
	37.012 2	33.376 1	32.535 5	34.213 3	33.526 1
	43.018 8	39.217 8	36.524 4	38.626 0	38.032 2
	49.682 1	45.416 7	40.642 3	42.699 2	42.285 9
	55.732 0	50.972 1	44.129 2	45.807 3	45.587 9
	60.913 3	53.670 0	46.942 4	48.111 5	48.065 8
	66.032 2	52.740 0	49.577 8	50.121 3	50.246 8
	71.363 3	49.011 1	52.182 0	51.978 3	52.277 8
	76.670 0	50.666 7	54.642 8	53.625 0	54.091 2
	81.743 3	50.913 3	56.881 5	55.039 3	55.657 7

表 3 后斑小瓢虫成虫的干扰效应 (Hassell 模型)

Tab. 3 The interference effect of *Scymnus (Pullus) posticalis* adults (model of Hassell)

S. ( <i>Pullus</i> ) <i>posticalis</i> 每盒瓢虫数 Number of per box (P) / head	平均每盒取食量 Average feeding amount per box / head	平均捕食率 Average predatory rate (E) (%)	理论 捕食率 Theoretical value (%)
1	66.91	33.455	34.582 6
2	103.01	25.752 5	24.324 5
3	126.27	21.045	19.799 5
4	141.33	17.666 25	17.109 2
5	160.77	16.077	15.276 9
6	163.66	13.638 33	13.926 5
7	160.44	11.46	12.878 2
8	166.14	10.383 75	12.034 2

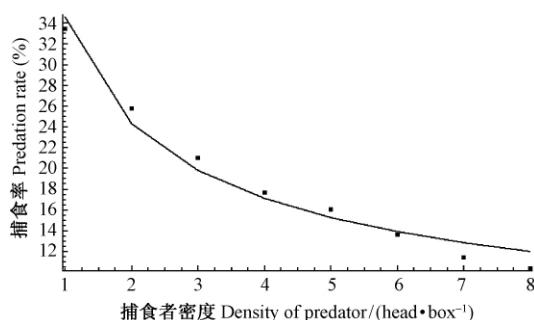


图 2 后斑小瓢虫捕食率与自身密度的关系

Fig. 2 The relationship between predation rate and density of *Scymnus (Pullus) posticalis*

表 4 后斑小瓢虫实验种群特定年龄生命表(2015, 南平)

Tab. 4 Experimental population life table of certain age of *Scymnus (Pullus) posticalis* (2015, Nanping)

发育期 Developmental stage(x)	进入各发育期虫数 Number of individuals at the beginning of different stage ( $I_x$ ) /head				
	15 ℃	19 ℃	23 ℃	27 ℃	31 ℃
卵 Eggs	100	100	100	100	100
1 龄 1 <sup>st</sup> instar	69.31	84.21	96.96	95.33	89.48
2 龄 2 <sup>nd</sup> instar	55.14	76.97	95.22	88.41	80.04
3 龄 3 <sup>rd</sup> instar	48.10	68.37	93.66	82.76	74.34
4 龄 4 <sup>th</sup> instar	42.32	62.08	91.13	78.83	68.11
预蛹 Prepupa	39.21	59.36	89.20	73.63	62.33
蛹 Pupa	36.74	55.44	88.01	69.67	58.87
成虫 Adult (♀: ♂)	7.67: 8.16	16.71: 18.67	30.67: 32.33	23.71: 24.11	11.67: 14.71
平均每雌产卵量 Oviposition per female	106.67	209.33	278.33	237.67	162.33
期望卵量总数 Expected amount of eggs	818.158 9	3 497.904 3	8 536.381 1	5 635.155 7	1 894.391 1

表 5 后斑小瓢虫实验种群参数

Tab. 5 The experimental population parameters of *Scymnus (Pullus) posticalis*

温度 Temper- ature /℃	雌性比 Female ratio	平均每雌 产卵量 Oviposition per female	雌成虫的 存活率 Survival percentage of female adults (%)	特定年龄 生殖力 Age- specific reproduction	净生殖力 Net- reproduction ( $R_0$ )	世代平均 周期 Average generation period (T)	内禀增 长率 Intrinsic rate of increase (r)	种群周限 增长率 Finite rate of increase of the population (λ)	种群加倍 时间 Doubling time of the population (t)
15	0.484 5	106.67	0.158 3	51.681 6	8.181 6	61.34	0.034 3	1.034 9	20.207 0
19	0.471 2	209.33	0.354 6	98.636 3	34.979 0	42.21	0.084 2	1.087 9	8.231 6
23	0.486 8	278.33	0.630 0	135.491 0	85.363 8	35.01	0.127 0	1.135 4	5.457 5
27	0.495 8	237.67	0.478 2	117.836 8	56.351 6	31.91	0.126 3	1.134 6	5.487 7
31	0.442 4	162.33	0.263 8	71.814 78	18.943 9	24.78	0.118 7	1.126 0	5.839 1

### 3 结论

生命表参数测定结果: 室内饲养雌成虫的存活率可以达到 63%, 经过 1 个世代种群可以增长 85.363 8 倍, 在试验温度范围内种群周限增长率( $\lambda$ )均大于 1, 表明后斑小瓢虫在实验室饲养的种群成几何级数增长, 在室内饲养后斑小瓢虫是可行的; 通过在实验室模拟试验的条件下, 捕食功能反应测定结果表明后斑小瓢虫 3 龄幼虫和成虫对竹茎扁蚜均具有较强的控害潜能, 平均日捕食量最大可达 75 头和 81 头; 后斑小瓢虫自身密度的干扰效应测定结果反映, 后斑小瓢虫释放比例为 1:38.8 时可以达到最大的控害效能, 综合生命表参数比较和功能反应模型分析, 可见后斑小瓢虫对竹茎扁蚜具有较强的取食及繁殖能力, 对竹茎扁蚜种群具有较强的控制能力。

### 4 讨论

通过测定瓢虫捕食功能反应来评价控害潜能的报道较多, 对比分析异色瓢虫(*Harmonia axyridis*)对胡萝卜微管蚜(*Semiaphis heraclei*) (张晓曼等,

2015)、小红瓢虫(*Rodolia pumila*)对埃及吹绵蚧(*Icerya aegyptiaca*) (安新城等, 2011)、龟纹瓢虫(*Propylaea japonica*)对麦蚜(任月萍等, 2006)、双带盘瓢虫(*Lemnia biplagiata*)与六斑月瓢虫(*Menochilus sexmaculatus*)对螺旋粉虱(*Aleurodicus dispersus*) (吴红胜等, 2010)、红点唇瓢虫(*Chilocorus kuwanae*)对松突圆蚧(*Hemiberlesia pitysophila*) (黄金水等, 2006)、异色瓢虫对豆蚜(*Aphis craccivora*) (陈鹏等, 2015)等, 后斑小瓢虫 3 龄幼虫和成虫对竹茎扁蚜在寻找效率、捕食量、处置时间方面与异色瓢虫、小红瓢虫、龟纹瓢虫相近, 故可以将之作为一种良好的天敌资源进一步研究利用。

周限增长率( $\lambda$ )>1 时种群将增长,  $\lambda=1$  时种群稳定,  $0<\lambda<1$  时种群下降,  $\lambda=0$  时种群将在一代时间灭亡(张孝羲, 2002)。本实验生命表测定  $\lambda>1$ , 说明竹茎扁蚜饲养的后斑小瓢虫种群是呈增长趋势的, 结果与金剑雪等(2012)研究的豆蚜饲养七星瓢虫(*Coccinella septempunctata*)比较发现, 后斑小瓢虫的单雌产卵量较小导致其周限增长率小。如何提高产卵量是人工扩繁的关键技术之一, 尚需进

## 一步研究。

捕食者对猎物的取食只是猎物种群数量变动的重要因子之一,因此,只能够在理论上认为捕食者通过自身的调节作用完全可以把猎物种群压制在低水平上(尚玉昌,1990)的前提下用模型拟合,不同模型的拟合存在较大差距,拟合数据只能作为天敌释放的参考,后斑小瓢虫对竹茎扁蚜种群的调节作用还应综合考虑环境多个因素,需经过一定范围的实践运用论证后进行推广。

猎物和捕食者之间存在种群共存和相互波动的关系,本试验中没有考虑猎物和捕食者的发育期(同一虫体不同时期)和其他捕食者[如食蚜蝇(Syrphidae)等]等因子,虽然以单独释放后斑小瓢虫控制竹茎扁蚜成本较高,但后斑小瓢虫在密度较小时可以通过自身繁殖增加密度而达到将竹茎扁蚜控制在较低的危害水平下,故后斑小瓢虫可以作为控制蚜虫的一种资源昆虫加以保护。在生物防治过程中,还应考虑天敌对害虫的发生的“跟随”特性,对比后斑小瓢虫和防治对象的内禀增长率而采取相应的释放比例和对策才能充分发挥天敌的控害潜能。

## 参 考 文 献

- 安新城,郭强,蒋露,等. 2011. 小红瓢虫对埃及吹绵蚧的捕食功能的研究. 湖南农业大学学报,37(4):407–410.
- (An X C, Guo Q, Jiang L, et al. 2011. The study of predation of *Icerya aegyptiaca* by *Rodolia pumila*. Journal of Hunan Agricultural University, 37(4):407–410. [in Chinese])
- 陈鹏,王凤珍,李春成,等. 2015. 以生命表技术评价异色瓢虫对豆蚜的控害潜能. 吉林农业大学学报, 37(1):14–18.
- (Chen P, Wang F Z, Li C C, et al. 2015. Control potential of *Harmonia axyridis* (Pallas) against *Aphis craccivora* (Koch) by life table technique. Journal of Jilin Agricultural University, 37(1):14–18. [in Chinese])
- 丁岩钦. 1994. 昆虫数学生态学. 北京:科学出版社,252–317.
- (Ding Y Q. 1994. Mathematical ecology. Beijing: Science Press, 252–317. [in Chinese])
- 丁岩钦. 1983. 天敌–害虫作用系统中的数学模型及其主要参数的估计. 昆虫知识,20(04):232–235.
- (Ding Y Q. 1983. Mathematical model and its estimation of the main parameters in natural enemy-pest system: predator-prey model in the predator-prey systems. Entomological Knowledge, 20 (4):232–235. [in Chinese])
- 黄金水,汤陈生,郭瑞鸣,等. 2006. 红点唇瓢虫生物学特性及其捕食功能的研究. 武夷科学,22(1):55–160.
- (Huang J S, Tan C S, Guo R M, et al. 2006. Study on the biological characteristics and predation of *Chilocorus kuwanae*. Wuyi Science Journal, 22(1):155–160. [in Chinese])
- 金剑雪,程英,李凤良,等. 2012. 七星瓢虫实验种群生命表. 植物保护,38(6):112–114.
- (Jin J X, Cheng Y, Li F L, et al. 2012. Experimental life table of *Coccinella septempunctata*. Plant Protection, 38(6):112–114. [in Chinese])
- 金开正. 2002. 捕食者–猎物功能反应的统计模型研究. 昆虫天敌, 24(4):175–178.
- (Jin K Z. 2002. Study on statistic model of functional response of predator to prey. Natural Enemies of Insects, 24 (4):175–178. [in Chinese])
- 李英梅,谭巧,张锋,等. 2015. 异色瓢虫对设施栽培桃树桃蚜的捕食功能反应研究. 环境昆虫学报,37(6):1081–1084.
- (Li Y M, Tan Q, Zhang F, et al. 2015. The predation functional response of *Harmonia axyridis* to *Myzus persicae* in greenhouse. Journal of Environmental Entomology, 37(6):1081–1084. [in Chinese])
- 任月萍,刘生祥. 2006. 龟纹瓢虫对麦蚜的捕食功能反应及寻找效应研究. 农业科学学报,27(1):20–21,33.
- (Ren Y P, Liu S X. 2006. Research of the predated and hunted functional response of *Propylaea japonica* to wheat aphid. Journal of Agricultural Sciences, 27(1):20–21,33. [in Chinese])
- 尚玉昌. 1990. 捕食者–猎物关系的理论和应用研究. 应用生态学报, 1(2):177–184.
- (Shang Y C. 1990. Theoretical and applied studies on predator-prey interaction. Chinese Journal of Applied Ecology, 1 (2):177–184. [in Chinese])
- 唐启义. 2013. DPS 数据处理系统. 科学出版社, 140–255.
- (Tang Q Y. 2013. DPS data processing system. Beijing: Science Press, 140–255. [in Chinese])
- 田耀加,梁广文,曾玲,等. 2012. 拟环纹豹蛛对亚洲玉米螟卵及低龄幼虫的捕食效应. 中国生物防治学报,28(4):478–483.
- (Tian Y J, Liang G W, Zeng L, et al. 2012. Predatory efficiencies of *Pardosa pseudoannulata* on eggs and early instar larvae of the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis*. Chinese Journal of Biological Control, 28 (4):478–483. [in Chinese])
- 汪世泽,夏楚贵. 1988. Holling-III型功能反应新模型. 生态学杂志, 7 (1):1–3.
- (Wang S Z, Xia C G. 1988. New model of Holling-III functional response. Chinese Journal of Ecology, 7(1):1–3. [in Chinese])
- 吴红胜,韩诗畴,张宇宏,等. 2010. 双带盘瓢虫与六斑月瓢虫成虫对螺旋粉虱幼虫的捕食作用. 环境昆虫学报, 32(3):380–383.
- (Wu H S, Han S C, Zhang Y H, et al. 2010. Predation of *Lemnia biplagiata* and *Menochilus sexmaculatus* adults to larvae of *Aleurodicus dispersus*. Journal of Environmental Entomology, 32 (3):380–383. [in Chinese])
- 吴坤君,盛承发,龚佩瑜. 2004. 捕食性昆虫的功能反应方程及其参数的估算. 昆虫知识,41(3):267–269.
- (Wu K J, Sheng C F, Gong P Y. 2004. Equation of predator functional response and estimation of the parameters in it. Entomological Knowledge, 41 (3):267–269. [in Chinese])
- 夏楚贵. 1990. 捕食者–猎物功能响应模型研究. 生态学报,10(3):266–270.
- (Xia C G. 1990. Study on models functional response of predator to prey. Acta Ecologica Sinica, 10 (3):266–270. [in Chinese])
- 余金咏,吴伟坚,梁广文,等. 2012. 中华微刺盲蝽对茄二十八星瓢虫

- 卵的捕食功能反应. 中国植保导刊, 32(8):11–13.
- (Yu J Y, Wu W J, Liang G W, et al. 2012. Functional response of *Campylomma chinensis* Schuh preying on eggs of *Henosepilachna vigintioctopunctata*. China Plant Protection, 32 (8) : 11 – 13. [in Chinese])
- 展茂魁, 杨忠岐, 王小艺, 等. 2014. 肿腿蜂类寄生蜂室内控害效能评价——以松脊吉丁肿腿蜂为例. 生态学报, 34(9) : 2411 – 2420.
- (Zhan M K, Yang Z Q, Wang X Y, et al. 2014. Evaluation on control efficiency of bethylid parasitoids on pest insects indoor: a case of *Sclerodermus* sp. (Hymenoptera: Bethylidae). Acta Ecologica Sinica, 34 (9) : 2411 – 2421. [in Chinese])
- 张世泽, 花保祯, 许向利. 2005. 龟纹瓢虫捕食玉米蚜的功能反应与寻找效应研究. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 33 (5) : 85 – 87, 94.
- (Zhang S Z, Hua B Z, Xu X L. 2005. The predatory functional responses and searching efficiency of *Propylaea japonica* on *Rhopalosiphum maidis*. Journal of Northwest A & F University: Natural Science Edition, 33 (5) : 85 – 87, 94. [in Chinese])
- 张晓曼, 翁一名, 王 魏, 等. 2015. 异色瓢虫对胡萝卜微管蚜防治潜能评价. 中国生物防治学报, 31(3) : 317 – 321.
- (Zhang X M, Xi Y M, Wang S, et al. 2015. Assessment of potential control of *Semiaphis heraclei* by *Harmonia axyridis*. Chinese Journal of Biological Control, 31 (3) : 317 – 321. [in Chinese])
- 张孝义. 2002. 昆虫生态与预测预报. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 77 – 83.
- (Zhang X X. 2002. Insect ecology and forecast. 3rd ed. Beijing: China Agriculture Press, 77 – 83. [in Chinese])
- 周慧平, 王兴民, 邱宝利, 等. 2015. 越南斧瓢虫对烟粉虱的捕食作用. 应用昆虫学, 52(1) : 96 – 103.
- (Zhou H P, Wang X M, Qiu B L, et al. 2015. Predation of *Axinoscymnus apiooides* Kuznetsov & Ren on *Bemisia tabaci* (Gennadius). Chinese Journal of Applied Entomology, 52 (1) : 96 – 103. [in Chinese])
- 朱晓锋, 阿布都克尤木·卡德尔, 徐兵强, 等. 2015. 菱斑巧瓢虫对核桃黑斑蚜捕食功能反应研究. 新疆农业科学, 52 (9) : 1654 – 1658.
- (Zhu X F, Abudukeyimu K, Xu B Q, et al. 2015. Study on the predation functional response of *Oenopia conglobata* to *Chromaphis juglandicola*. Xinjiang Agricultural Sciences, 52 (9) : 1654 – 1658. [in Chinese])
- Ahn J J, Kim K W, Lee J H. 2010. Functional response of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on strawberry leaves. Journal of Applied Entomology, 134 (2) : 98 – 104.
- Bellows T S Jr, Van Driesche R G, Elkinton J S. 1999. Principles and applications of biological control. New York: Academic Press, 199 – 223.
- Gotoh T, Nozawa M, Yamaguchi K. 2000. Prey consumption and functional response of three acarophagous species to eggs of the two-spotted spider mite in the laboratory. Applied Entomology and Zoology, 39: 97 – 105
- Montoya-Alvarez A F, Ito K, Nakahira K, et al. 2010. Functional response of *Chrysoperla nipponensis* and *C. carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) to the cotton aphid *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) under laboratory conditions. Applied Entomology and Zoology, 45 (1) : 201 – 206.

(责任编辑 朱乾坤)