

## 七星瓢虫对大豆蚜的捕食功能反应研究

王海建<sup>1</sup>, 蒋春先<sup>1</sup>, 陈瑶<sup>1</sup>, 李庆<sup>1</sup>, 杨文钰<sup>1</sup>, 徐翔<sup>2</sup>, 杨群芳<sup>1</sup>, 蒋素蓉<sup>1</sup>

(1. 四川农业大学 农学院, 四川 成都 611130; 2. 四川省农业厅 植保站, 四川 成都 610041)

**摘要:** 为明确四川地区七星瓢虫对大豆蚜的捕食能力, 在室内条件下研究了七星瓢虫成虫密度、种内干扰及温度对七星瓢虫成虫捕食能力的影响。结果表明: 七星瓢虫成虫对大豆蚜的捕食功能反应符合 Holling II 方程, 回归模型为  $N_a = 1.191N_t / (1 + 0.00526N_t)$ ; 七星瓢虫成虫对大豆蚜的捕食作用受自身密度制约, 平均捕食量随自身密度增大而减少, 拟合 Watt 模型为  $A = 21.9P^{-1.75}$ ; 七星瓢虫成虫之间存在种内干扰, 干扰反应回归模型为  $E = 0.169P^{-0.0277}$ ; 温度对捕食功能的影响较大, 30℃ 时搜寻效率最高, 释放天敌时应加以考虑。

**关键词:** 七星瓢虫; 大豆蚜; 功能反应; 种内干扰

**中图分类号:** S476<sup>+</sup>2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-9841(2013)03-0389-04

## Predation of *Coccinella septempunctata* L. on *Aphis glycines*

WANG Hai-jian<sup>1</sup>, JIANG Chun-xian<sup>1</sup>, CHEN Yao<sup>1</sup>, LI Qing<sup>1</sup>, YANG Wen-yu<sup>1</sup>, XU Xiang<sup>2</sup>, YANG Qun-fang<sup>1</sup>, JIANG Su-rong<sup>1</sup>

(1. College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China; 2. Plant Protection Station, Sichuan Agricultural Bureau, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** The effects of predator density, intraspecific interference and temperature on the predation function of *Coccinella septempunctata* L. were studied in the laboratory to make clear the predation of *Coccinella septempunctata* L. on *Aphis glycines* in Sichuan. The results showed that the functional response of *C. septempunctata* on *A. glycines* was belonging to Holling- II and the regression equation was  $N_a = 1.191N_t / (1 + 0.00526N_t)$ . The predatory function of *C. septempunctata* on *A. glycines* was affected by the density of *C. septempunctata*, the average amount of prey consumed decreased with the increase of prey density, the Watt equation was  $A = 21.9P^{-1.75}$ . There was intraspecific interference among adult *C. septempunctata* and the interference regression equation was  $E = 0.169P^{-0.0277}$ . Temperature had great influence on predation. The maximum search rate was at 30℃.

**Key words:** *Coccinella septempunctata* L.; *Aphis glycines*; Functional response; Intraspecific interference

大豆蚜 (*Aphis glycines*) 属同翅目蚜科, 是大豆的主要害虫之一, 随着其分布区的扩大, 危害日趋严重, 已成为广受关注的世界性重要农业害虫之一<sup>[1]</sup>。现阶段大豆蚜的防治主要依赖于化学农药, 而生物防治是未来大豆蚜防治的重要手段<sup>[2]</sup>。瓢虫由于种类丰富且食性杂, 是害虫生物防治的重要天敌昆虫类群之一。捕食性瓢虫对蚜虫、粉虱、介壳虫以及一些鳞翅目害虫的卵和幼虫等具有良好的控制作用<sup>[3]</sup>。研究表明黑背毛瓢虫、七星瓢虫、异色瓢虫、多异瓢虫、龟纹瓢虫和四斑小毛瓢虫均是大豆蚜的主要捕食性天敌<sup>[4-7]</sup>, 但这些研究多集中于生物学特性, 关于瓢虫对大豆蚜捕食功能的研究报道相对较少。王冰等研究表明黑背毛瓢虫对大豆蚜的捕食功能反应符合 Holling- II 型方程<sup>[5]</sup>。Xue 等研究表明七星瓢虫幼虫和成虫对大豆蚜的功能反应也符合 Holling- II 型方程, 认为七星瓢虫对大豆蚜具有很强的捕食能力, 但该研究仅局限于温

度 26℃ 下<sup>[8]</sup>。作者在长期的调查研究中发现, 七星瓢虫 (*Coccinella septempunctata* L.) 是四川地区大豆蚜主要天敌种, 为进一步明确四川地区七星瓢虫对大豆蚜的捕食能力, 在室内条件下系统研究了七星瓢虫成虫密度、种内干扰及温度对七星瓢虫成虫捕食能力的影响, 以期高效利用七星瓢虫控制大豆蚜提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 虫源

大豆蚜 (*Aphis glycines*) 和七星瓢虫 (*Coccinella septempunctata* L.) 均从四川农业大学农场采集后实验室饲养, 并分别建立室内试验种群。试验时选取大小一致的 1 日龄大豆蚜若蚜和日龄相同的七星瓢虫成虫供试, 七星瓢虫成虫在供试前需先饥饿处理 24 h。

收稿日期: 2013-01-23

基金项目: 公益性行业 (农业) 科研专项 (201203096); 大豆产业技术体系专项 (CARS-04-PS19)。

第一作者简介: 王海建 (1974-), 男, 在读博士, 讲师, 主要从事农业昆虫与害虫防治研究。E-mail: wanghaijian2005@sina.com。

通讯作者: 杨文钰 (1958-), 男, 博士, 教授, 主要从事作物栽培生理研究。E-mail: wenyu.yang@263.net。

## 1.2 方法

1.2.1 七星瓢虫成虫对不同密度大豆蚜的捕食作用 参照侯茂林等<sup>[9]</sup>的方法,略有改动。试验在25℃恒温光照培养箱内进行,相对湿度为70%,光照时间12 h。在6个直径为25 cm的培养皿内放入用脱脂棉球保湿的新鲜大豆叶片数片,每皿引入七星瓢虫成虫1头。接入大豆蚜起始数量为50头,依次每皿递增50头,最大接蚜量为300头。每处理重复5次,24 h后观察记录各培养皿中剩余的蚜量。七星瓢虫成虫对不同密度大豆蚜的捕食量的关系采用Holling II圆盘方程 $N_a = aN_i T / (1 + aN_i T_h)$ 进行模拟,式中 $N_a$ 为捕食蚜量, $N_i$ 为初始蚜量, $a$ 为攻击速率参数, $T_h$ 为处置时间, $T_i$ 为用于搜寻的总时间(试验为一昼夜,取 $T_i = 1$ )<sup>[10]</sup>。

1.2.2 七星瓢虫成虫自身密度对捕食功能的影响

参照刘爱萍等<sup>[11]</sup>的方法,略有改动。试验在25℃恒温光照培养箱内进行,在6个直径为25 cm的培养皿放入用脱脂棉球保湿的新鲜大豆叶片数片,每培养皿分别接入七星瓢虫成虫1,2,4,6,8,10头,每皿接入大豆蚜200头。每处理重复5次,24 h后观察记录各培养皿中剩余的蚜量,测定不同密度天敌在相同猎物密度条件下的平均捕食量。七星瓢虫对自身密度的功能反应应用Watt模型 $A = a \cdot P^{-b}$ 进行模拟,式中 $A$ 为被捕食大豆蚜数量, $a$ 代表每个天敌的攻击率, $P$ 为七星瓢虫成虫密度, $b$ 代表天敌的竞争参数<sup>[12]</sup>。

1.2.3 种内干扰对七星瓢虫成虫捕食率的影响

参照白小军等<sup>[13]</sup>的方法,略有改动。试验在25℃恒温光照培养箱内进行,在6个直径为25 cm的培养皿放入用脱脂棉球保湿的新鲜大豆叶片数片,以60,120,180,240,300,360,420头·皿<sup>-1</sup>大豆蚜分别

与1,2,3,4,5,6,7头·皿<sup>-1</sup>七星瓢虫成虫组合。每处理设5次重复,24 h后观察各处理七星瓢虫成虫捕食大豆蚜的数量。种内干扰对七星瓢虫捕食率的影响采用Hassell模型 $E = QP^{-m}$ 进行模拟,其中 $E$ 为平均捕食率, $Q$ 为搜索常数, $P$ 为天敌密度, $m$ 为干扰系数<sup>[14]</sup>。

1.2.4 温度对七星瓢虫成虫捕食功能的影响 参照杨芳等<sup>[15]</sup>的方法,略有改动。分别设置10,15,20,25,30,35,37,39℃8个温度处理,每处理重复5次。每个培养皿分别放入新鲜大豆叶片、大豆蚜200头、七星瓢虫成虫1头,24 h后观察记录各培养皿中剩余的蚜量,测定七星瓢虫在不同温度条件下的日捕食量。根据不同温度下七星瓢虫对大豆蚜捕食量的关系,得出捕食量随温度的变化规律,计算出最适温度。

## 1.3 数据处理

采用DPSv 7.05进行数据处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 七星瓢虫成虫对不同密度大豆蚜的捕食作用

由表1可知,七星瓢虫成虫的捕食量随大豆蚜投放量增大而增加;当大豆蚜数量增加到一定程度时,七星瓢虫成虫捕食量增加速度减缓。七星瓢虫成虫对大豆蚜的捕食作用符合Holling-II型圆盘方程,其拟合模型为 $N_a = 1.191N_i / (1 + 0.00526N_i)$ ,当 $N \rightarrow \infty$ 时,每头七星瓢虫在1 d内对大豆蚜的最大捕食量为188头,捕食每头大豆蚜的处置时间 $T_h = 0.066$  d。经卡方适合性检验, $\chi^2 = 5.25$ , $df = 4$ 时, $\chi_{0.05}^2 = 9.49$ , $\chi^2 < \chi_{0.05}^2$ ,拟合结果与实际结果相符,说明该模型能很好地反映不同大豆蚜密度下七星瓢虫成虫的捕食效应。

表1 七星瓢虫对不同密度大豆蚜的捕食作用

Table 1 The predatory capacity of *Coccinella septempunctata* L. on *Aphis glycines*

捕食者数量 Number of predators	猎物数量 Number of prey	平均捕食量 The average amount of prey consumed	理论捕食量 Theoretical average amount of prey consumed
1	50	40.5 ± 1.6	47.2
1	100	88.3 ± 1.4	78.1
1	150	131.5 ± 1.9	99.9
1	200	145.5 ± 3.6	116.1
1	250	153.5 ± 2.2	128.6
1	300	158.5 ± 2.9	138.6

### 2.2 七星瓢虫成虫自身密度对捕食作用的影响

由表2可知,在捕食空间和大豆蚜密度不变的情况下,总捕食量随七星瓢虫成虫数量的增加呈现先增加后减少的趋势,当每皿七星瓢虫成虫小于等于8头时,总捕食量随七星瓢虫密度增加而增加;当每皿七星瓢虫成虫达到10头时,总捕食量减少。七

星瓢虫成虫平均捕食量随自身密度增大而减少。根据表2数据拟合Watt干扰与竞争模型得到方程为 $A = 21.9P^{-1.75}$ 。经检验 $\chi^2 = 3.375$ , $df = 4$ 时, $\chi_{0.05}^2 = 9.49$ , $\chi^2 < \chi_{0.05}^2$ ,说明该模型能很好地反映七星瓢虫自身密度对捕食作用的影响。

表 2 七星瓢虫自身密度对捕食作用的影响

Table 2 The effect of predator density on the predation function of *Coccinella septempunctata* L.

捕食者数量 Number of predators	猎物数量 Number of prey	总捕食量 Amount of prey consumed	平均捕食量 The average amount of prey consumed
1	200	81.3 ± 1.1	81.3
2	200	121.5 ± 3.1	60.8
4	200	147.9 ± 2.3	37.0
6	200	161.7 ± 1.3	27.0
8	200	170.3 ± 2.7	21.3
10	200	168.5 ± 3.0	16.9

2.3 种内干扰对七星瓢虫成虫捕食率的影响

由表 3 可知,当七星瓢虫与大豆蚜密度比例保持不变,而七星瓢虫成虫和大豆蚜密度同时增大时,七星瓢虫成虫对大豆蚜的总捕食量增加,但平均捕食率(E)却随之下降,说明七星瓢虫成虫个体之

间相互干扰使七星瓢虫对大豆蚜的捕食效应下降。捕食干扰作用可用 Hassell 干扰反应模型拟合,得到方程: $E = 0.169P^{-0.0277}$ ,经检验  $\chi^2 = 6.909$ ,  $df = 4$  时,  $\chi^2_{0.05} = 9.49$ ,  $\chi^2 < \chi^2_{0.05}$ ,说明该方程可用来描述种内干扰对七星瓢虫捕食大豆蚜的影响

表 3 种内干扰对七星瓢虫成虫捕食作用的影响

Table 3 The effect of intraspecific interference on the predation function of *Coccinella septempunctata* L.

捕食者数量 Number of predators	猎物数量 Number of prey	总捕食量 Amount of prey consumed	捕食率 Predation rate/%	平均捕食率 Average predation rate/%
1	60	51.5 ± 3.6	85.8	85.8
2	120	95.3 ± 2.2	79.5	39.7
3	180	133.0 ± 1.4	73.9	24.6
4	240	192.0 ± 1.1	87.3	21.8
5	300	216.3 ± 2.1	94.0	18.8
6	360	231.0 ± 1.9	96.3	16.0
7	420	244.5 ± 3.8	97.8	14.0

2.4 温度对七星瓢虫成虫捕食功能的影响

由表 4 可知,在 10 ~ 30℃ 范围内,随着温度的升高,七星瓢虫对大豆蚜的捕食量增加,而在 30 ~ 39℃ 范围内捕食量随温度升高而降低,因此 30℃ 为

七星瓢虫成虫捕食大豆蚜的最适温度。10 ~ 39℃ 范围内七星瓢虫捕食量与温度之间可用方程  $y = -0.471x^2 + 25.36x - 178.5$  ( $r = 0.8735$ ) 进行拟合。

表 4 温度对七星瓢虫捕食功能的影响

Table 4 The effect of temperature on the predation function of *Coccinella septempunctata* L.

温度 Temperature/℃	投蚜量 Number of prey	平均捕食量 The average amount of prey consumed
10	200	49.5 ± 4.5
15	200	68.75 ± 2.7
20	200	131.5 ± 4.1
25	200	145.5 ± 1.1
30	200	192.8 ± 3.7
35	200	158.5 ± 6.1
37	200	92.8 ± 2.9
39	200	79.5 ± 1.9

3 讨 论

天敌对猎物的捕食功能反应是衡量天敌捕食能力的重要指标之一,也是评价天敌对害虫控制作用的重要依据。在功能反应体系中,Holling II 型模型直观体现了捕食者取食能力随猎物密度变化的

伴随效应,是对天敌昆虫捕食能力评估的一种相对准确而又稳定的手段,在天敌对猎物捕食功能研究中经常使用<sup>[10]</sup>。在本试验中,七星瓢虫捕食大豆蚜的数量与大豆蚜密度之间符合 Holling- II 功能反应模型,即七星瓢虫捕食量受大豆蚜的密度制约,在大豆蚜低密度水平捕食量快速上升,而随着大豆蚜

密度的增加七星瓢虫捕食量逐渐减少。这与 Xue 等研究七星瓢虫成虫对大豆蚜捕食功能反应结果一致<sup>[8]</sup>。本研究表明七星瓢虫对大豆蚜的捕食作用受天敌和猎物密度的共同影响。在猎物密度不变的情况下,七星瓢虫平均取食量随自身密度的增加而下降。在一定生存空间和相同比例猎物存在的条件下,当大豆蚜和七星瓢虫密度同时增加时,七星瓢虫成虫之间表现出种内干扰。因此,在七星瓢虫的利用上,要注意保护利用田间自然种群,根据田间天敌和猎物密度合理进行人工释放,使天敌得到有效、高效利用。

环境温度是影响天敌对猎物搜寻及综合捕食能力的重要因子<sup>[16]</sup>。本研究表明,七星瓢虫对大豆蚜的捕食量受温度影响明显,最适温度为 30℃ 左右,高于或低于此温度,捕食量明显减少。四川地区大豆蚜在 7、8 月份有一发生高峰,此时气温也正处于 30℃ 左右,非常适合利用七星瓢虫对大豆蚜进行生物防治。

另外,七星瓢虫不同地理种群有滞育现象,如七星瓢虫中国秦皇岛种群表现出夏滞育<sup>[17]</sup>,而滞育对捕食者的生理状态和捕食能力有很大影响。四川地区七星瓢虫的滞育现象以及对捕食能力的影响还需进一步研究。七星瓢虫成、幼虫对大豆蚜均有捕食作用,本文只探讨了七星瓢虫成虫对大豆蚜的捕食作用,七星瓢虫幼虫对大豆蚜的捕食作用需另行探讨。

## 参考文献

- [1] 杨帅,刘健,戴长春,等.不同地理种群大豆蚜生长发育的形态指标[J].昆虫知识,2010,47(1):67-71. (Yang S, Liu J, Dai C C, et al. Morphological variation for growth and development of soybean aphid collected from different geographical zones[J]. Chinese Bulletin of Entomology, 2010, 47(1): 67-71.)
- [2] 刘建,赵奎军.大豆蚜的生物学防治技术[J].昆虫知识,2007,44(2):179. (Liu J, Zhao K J. Biology and control techniques of soybean aphid, *Aphis glycines* [J]. Chinese Bulletin of Entomology, 2007, 44(2): 179.)
- [3] 庞虹.捕食性瓢虫的利用[J].昆虫天敌,1996,18(4):30-36. (Pang H. The use of predaceous Coccinellids [J]. Natural Enemies of Insects, 1996, 18(4): 30-36.)
- [4] 王小奇,丁秀云,黄峰.大豆田中食蚜瓢虫的空间分布图式的研究[J].沈阳农业大学学报,1991,22(1):13-16. (Wang X Q, Ding X Y, Huang F. Study on the spatial distribution of aphid-eating ladybirds in soybean fields [J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 1991, 22(1): 13-16.)
- [5] 王冰,李学军.黑背毛瓢虫对大豆蚜的捕食作用研究[J].辽宁农业科学,2010(6):13-16. (Wang B, Li X J. Study on predation of *Scymnus (Neopullus) babai* on soybean aphid [J]. Liaoning Agricultural Sciences, 2010(6): 13-16.)
- [6] 刘新茹,孙晓玲,任炳忠.大豆害虫天敌昆虫的研究概况[J].吉林农业大学学报,2002,24(3):33-36,40. (Liu X R, Sun X L, Ren B Z. A survey of studies on natural enemy insects of soybean pests [J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2002, 24(3): 33-36, 40.)
- [7] 王树英,陈长风,邹德玉,等.四斑小毛瓢虫生物学特性初探[J].中国生物防治,2010,26(4):397-403. (Wang S Y, Chen C F, Zou D Y, et al. Preliminary study on biological characteristics of *Scymnus frontalis* Fabricius [J]. Chinese Journal of Biological Control, 2010, 26(4): 397-403.)
- [8] Xue Y, Bahlai C A, Frewin A, et al. Predation by *Coccinella septempunctata* and *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) on *Aphis glycines* (Homoptera: Aphididae) [J]. Environmental Entomology, 2009, 38(3): 708-714.
- [9] 侯茂林,万方浩.七星瓢虫成虫对烟蚜的捕食作用[J].昆虫知识,2004,41(4):347-350. (Hou M L, Wan F H. Predation of *Myzus persicae* by adults of *Coccinella septempunctata* [J]. Chinese Bulletin of Entomology, 2004, 41(4): 347-350.)
- [10] Holling C S. The functional response of invertebrate predators to prey density [M]. Memoirs of the Entomological Society of Canada, 1966: 5-86.
- [11] 刘爱萍,徐林波,王俊清.多异长足瓢虫捕食枸杞蚜的功能反应与寻找效应研究[J].中国植保导刊,2008,28(7):5-7. (Liu A P, Xu L B, Wang J Q. Studies on predatory functional response and searching efficiency of *Hippodamia variegata* on *Aphis* sp [J]. China Plant Protection, 2008, 28(7): 5-7.)
- [12] Watt K E F. A mathematical model for the effect of densities of attacked and attack species on the number attacked [J]. The Canadian Entomologist, 1959, 91(3): 129-144.
- [13] 白小军,吴惠玲,张丽荣,等.多异瓢虫对枸杞蚜虫的捕食功能反应[J].中国植保导刊,2008,28(11):13-15. (Bai X J, Wu H L, Zhang L R, et al. Study on the predatory functional response of *Adonia variegata* on *Aphis* sp [J]. China Plant Protection, 2008, 28(11): 13-15.)
- [14] Hassell M P, Varley G C. New inductive population model for insect parasites and its bearing on biological control [J]. Nature, 1969, 223: 1133-1137.
- [15] 杨芳,王芳,张蓉,等.小十三星瓢虫对苜蓿斑蚜捕食功能反应的研究[J].草业科学,2007,24(10):80-84. (Yang F, Wang F, Zhang R, et al. Study on predatory function of *Adonia variegata* on *Therioaphis trifolii* [J]. Pratacutural Science, 2007, 24(10): 80-84.)
- [16] 张欣,李修炼,梁宗锁,等.不同环境温度下大草蛉对黄精主要害虫二斑叶螨的控害潜能评估[J].环境昆虫学报,2012,34(2):214-219. (Zhang X, Li X L, Liang Z S, et al. Potential management capacity investigation of *Chrysopa pallens* (Hymenoptera: Chrysopidae) to *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae) on the host plant sealwort in different environmental temperatures [J]. Journal of Environmental Entomology, 2012, 34(2): 214-219.)
- [17] 王伟,张礼生,陈红印,等.瓢虫滞育的研究进展[J].植物保护,2011,37(5):27-33. (Wang W, Zhang L S, Chen H Y, et al. Research progress in diapause of the lady beetle [J]. Plant Protection, 2011, 37(5): 27-33.)