

四种天敌对麦双尾蚜的功能反应*

张润志 张 军

(中国科学院动物研究所, 北京 100080)

初孟林 包秀兰 柴凤英

(新疆伊犁麦类检疫工作站, 伊宁 835000)

摘要 一种蚜小蜂 *Aphelinus* sp. 对麦双尾蚜 *Diuraphis noxia* (Mordvilko) 的功能反应为 Holling-I 型, 直线方程为 $N_a = 0.6060N - 3.4700$ 。七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* L. 成虫对麦双尾蚜功能反应也为 I 型, 直线方程为 $N_a = 0.6020N + 5.9000$; 多异瓢虫 *Hippodamia variegata* Goeze 成虫和斑腹蝇 *Leucopis annulipes* Zett. 3 龄幼虫对麦双尾蚜的功能反应均为 II 型, 关系式分别为 $1/N_a = 1.2550/N + 0.0046$ 和 $1/N_a = 1.3280/N + 0.0071$ 。

关键词 麦双尾蚜, 天敌, 功能反应

功能反应 (Functional response) 是指天敌对猎物捕食或寄生作用的关系, 即在猎物或寄主的不同密度下, 被每头天敌捕食或寄生的数量关系, 它是衡量天敌捕食/寄生作用的重要指标^[1~3]。Holling 将天敌的功能反应分为三种基本类型^[4]: I 型——捕食或寄生数量随猎物或寄主密度的增加呈线性上升, 当猎物或寄主密度增加到一定程度后, 捕食或寄生数量不再增加, 最后达到一平衡值; II 型——天敌的捕食或寄生数量随猎物或寄主密度的增加而增加, 但增加的速率逐渐变小, 最终趋近于饱和渐近线; II 型又称负加速型; III 型——开始为正加速期, 然后为负加速期, 最终趋于饱和渐近线。新疆麦双尾蚜的天敌种类丰富, 对麦双尾蚜的控制作用明显^[5~6], 本文报道了新疆麦双尾蚜 *Diuraphis noxia* (Mordvilko) 的重要天敌七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* L.、多异瓢虫 *Hippodamia variegata* Goeze、斑腹蝇 *Leucopis annulipes* Zett 和一种蚜小蜂 *Aphelinus* sp. 对该蚜的功能反应的室内研究结果。

1 材料与方法

寄生性天敌功能反应研究: 选用一种蚜小蜂 *Aphelinus* sp., 在 $(24 \pm 0.5)^\circ\text{C}$, 16: 8 (L: D) 光周期, $(80 \pm 10)\%$ RH 的条件下进行。将 2~3 龄麦双尾蚜若蚜放入培养皿 (直径 15cm), 底部衬以蒸馏水浸湿的滤纸以保持湿度。蚜虫密度的设置为 2 头/皿、5 头/皿、10 头/皿、25 头/皿、50 头/皿、100 头/皿; 用当天羽化的蚜小蜂雌蜂, 饲以 30% 的蜂蜜液, 待其交配后, 放入培养皿。麦双尾蚜同雌蜂接触 24 h 后, 解剖观察, 记录每头蚜虫体内寄生蜂幼虫数。

* 国家自然科学基金 (批准号: 39670109)、中国科学院重点项目 (KS85-110-01, KZ952-S1-108 和中国科学院动物研究所所长基金资助项目)

1999-02-04 收稿, 1999-05-30 收修改稿

捕食性天敌的功能反应：试验条件为 20~26℃，相对湿度 40%~50%。捕食性天敌为七星瓢虫成虫、多异瓢虫成虫和斑腹蝇 3 龄幼虫。瓢虫从田间采回后，用麦双尾蚜饲养 1 天，再饥饿 24 h 供试验，斑腹蝇幼虫未经饥饿直接实验。麦双尾蚜采于麦田，选择 4 龄无翅成蚜供试验。取一定数量的麦双尾蚜（连同其取食的小麦叶片），置于大试管（直径 3 cm，长度 20 cm）内，放入天敌 1 头，24 h 后检查剩余蚜虫数量。蚜虫密度梯度为：50 头、100 头、150 头、200 头、250 头（七星瓢虫）；30 头、60 头、90 头、120 头、150 头（多异瓢虫）；20 头、40 头、60 头、80 头、100 头（斑腹蝇幼虫）。每个处理 5 次重复。

天敌对蚜虫的功能反应用 Hollong 方程拟合，其中 Holling-I 型反应用 $N_a = aN + b$ 表示，Holling-II 型反应用 $1/N_a = a/N + b$ 表示。 N 为蚜虫初始数量， N_a 为 24 h 内被天敌寄生或捕食的数量， a 、 b 为常数。

2 结果与分析

2.1 蚜小蜂对麦双尾蚜功能反应

蚜小蜂对不同密度麦双尾蚜的寄生情况见表 1。在试验密度范围内，被寄生的麦双尾蚜数量随着寄主数量的增加而增加，二者间存在着明显的线性关系（图 1：A），相关系数达到极显著水平（ $P<0.01$ ）。

$$N_a = 0.6060N - 3.4700$$

$$(r = 0.98)$$

分析蚜小蜂的寄生率，在麦双尾蚜初始数量为 5 头/皿和 10 头/皿时，寄生率分别达到 50.0% 和 49.6%，而初始数量为 25 头和 50 头时，寄生率分别为 39.2% 和 39.5%，明显降低；当麦双尾蚜初始数量为 100 头/皿时，寄生率高达 60.7%。这说明在麦双尾蚜密度较低或较高时，蚜小蜂的寄生率均较高，在中等数量范围内（25 头/皿~50 头/皿），蚜小蜂的寄生率有所下降（图 1：A）。

表 1 4 种天敌对麦双尾蚜的寄生、捕食量（24 h）

Table 1 Number of Russian wheat aphid (RWA) attacked by natural enemies within 24 hours															
天敌种类 Natural enemy	初始蚜虫数量（头/皿） Initial number of aphids per petri														
	5	10	20	25	30	40	50	60	80	90	100	120	150	200	250
蚜小蜂 <i>Aphelinus</i> sp.	2.5	4.9		9.7			19.7				60.7				
七星瓢虫 <i>C. septempunctata</i>							37				67		93	126	158
多异瓢虫 <i>H. variegata</i>					21			45		54			63	70	
斑腹蝇 <i>L. anuulipes</i>			13.5			25.1		37.3	41.2		45.0				

2.2 七星瓢虫成虫对麦双尾蚜的功能反应

七星瓢虫对不同密度的麦双尾蚜捕食数量见表 1。在试验的密度范围内，被捕食的麦双尾蚜数量随其密度的增加而增加，二者间存在着明显的线性关系（图 1：B），相关性达到极显著水平（ $P<0.01$ ）。

$$N_a = 0.6020N + 5.9000$$

$$(r = 0.99)$$

分析七星瓢虫的捕食率，在麦双尾蚜初始数量为 50 头/皿到 250 头/皿的 5 个梯度中，捕食率分别为 74.0%、67.0%、62.0%、63.0%和 63.2%。从 50 头/皿、100 头/皿到150 头/皿的梯度中，被捕食率逐渐降低；150 头、200 头和 250 头的梯度中，捕食率基本相同。这说明七星瓢虫对麦双尾蚜的捕食率在猎物密度较低时，随着被捕食者数量的增加而增加；当后者达到一定数量时，尽管捕食总量增加，但捕食率却保持在相对稳定的水平（图 1：B）。

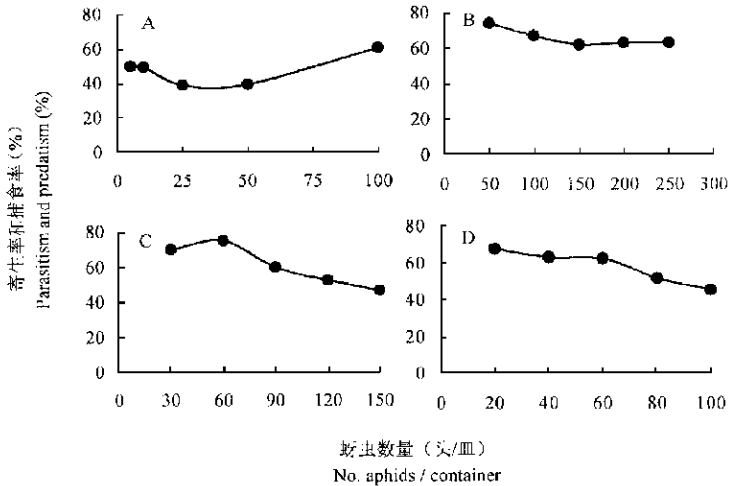


图 1 蚜小蜂 (A)、七星瓢虫 (B)、多异瓢虫 (C) 和斑腹蝇 (D) 对不同密度麦双尾蚜的寄生率或捕食率

Fig.1 Parasitic and predation rates of *Aphelinus* sp. (A), *Coccinella septempunctata* (B), *Hippodamia variegata* (C) and *Leucopis annulipes* (D) on RWA at different densities

2.3 多异瓢虫成虫对麦双尾蚜的功能反应

多异瓢虫对不同密度麦双尾蚜的捕食数量见表 1。在试验的 5 个数量梯度中，被捕食的麦双尾蚜数量随着猎物数量的增加而增加，二者间存在着明显的相关性。用起始蚜量和被捕食蚜量的倒数进行回归分析，相关性达到极显著相关水平 ($P<0.01$)。功能反应用 Holling-II 型曲线拟合，方程为：

$$1/N_a = 1.2550/N + 0.0046 \qquad (r = 0.99)$$

攻击率 a' 为 0.7970，处理时间 T_h 为 0.0046 h。

分析多异瓢虫的捕食率，在麦双尾蚜初始数量为 30 头/皿到 150 头/皿的 5 个梯度中，捕食率分别为 70.0%、75.0%、60.0%、52.5%和 46.7%，基本趋势为逐渐下降。在这一麦双尾蚜的数量范围内，多异瓢虫的捕食率与七星瓢虫在麦双尾蚜较低数量范围内的捕食率所表现的规律基本一致（图 1：C）。

2.4 斑腹蝇幼虫对麦双尾蚜的功能反应

斑腹蝇 3 龄幼虫对不同密度麦双尾蚜的捕食量见表 1。在试验的 5 个数量（密度）梯度中，被捕食的麦双尾蚜数量随着其密度的增加而增加，二者间存在着明显的相关性。用与多异瓢虫功能反应相同的方法进行回归分析，相关性达到极显著相关水平 ($P<0.01$)。功能反

应用 Holling-II 型曲线拟合, 方程为:

$$1/N_a = 1.3280/N + 0.0071 \quad (r = 0.99)$$

攻击率 a' 为 0.7520, 处理时间 T_h 为 0.0071 h。

分析斑腹蝇幼虫的捕食率, 在麦双尾蚜初始数量为 20 头/皿到 100 头/皿的 5 个梯度中, 捕食率分别为 67.5%、62.8%、62.2%、51.5% 和 45.0%, 变化趋势为逐渐下降。在这一麦双尾蚜的数量范围内, 斑腹蝇的捕食率与多异瓢虫、七星瓢虫在较低麦双尾蚜数量范围内的捕食率表现出基本一致的规律 (图 1: D)。

3 讨论

蚜小蜂对麦双尾蚜的功能反应属 Holling-I 型。本试验用的麦双尾蚜最高密度为 100 头/皿 (图 1: A), 尚不能估计出其极端值, 这一工作有待于进一步试验。功能反应方程表明, 在本项试验的密度范围内, 随着麦双尾蚜密度的增加, 被寄生的数量也随之呈线性增加, 说明这种蚜小蜂对麦双尾蚜的抑制能力很强。在 3 种捕食性天敌对麦双尾蚜功能反应中, 七星瓢虫表现为 Holling-I 型, 多异瓢虫和斑腹蝇幼虫表现为 Holling-II 型, 说明不同瓢虫种类对麦双尾蚜的捕食反应并不完全相同。

上述几种天敌是新疆麦双尾蚜发生区常见的主要天敌种类。从功能反应看, 七星瓢虫对麦双尾蚜捕食能力较强, 虽然在大部分麦田其数量少于多异瓢虫, 但对麦双尾蚜的自然控制有重要作用。多异瓢虫虽然捕食能力比七星瓢虫稍差, 但在一般情况下, 它是瓢虫类群的优势种, 田间群体捕食作用较强。斑腹蝇幼虫往往在麦双尾蚜的群体内捕食, 对麦双尾蚜的作用比较专一, 它对麦双尾蚜的捕食作用也很强。

参 考 文 献 (References)

- 1 罗会华. 异色瓢虫对小米蚜密度的功能反应试验初报. 昆虫天敌, 1987, 9 (2): 84~87
- 2 陈润田, 陈育汉, 黄明度. 亚非草蛉的生物学及其对柑桔潜叶蝇幼虫的捕食效应研究. 生态学报, 1987, 7 (1): 57~64
- 3 丁岩钦. 昆虫数学生态学. 北京: 科学技术出版社, 1994, 256~259
- 4 Holling C S. Some characteristics of simple types of population and parasitism. Can. Entomol., 1959, 91: 385~391
- 5 Zhang R, Liang H, Zhang J *et al.* Natural enemies of Russian Wheat Aphid (*Diuraphis noxia* Mordvilko) in Xinjiang, China. Resource Technology 1997: Beijing International Symposium Proceedings. Chinese Academy of Forestry. Beijing: China Forestry Publishing House, 1998, 92~97
- 6 张广学, 张润志. 麦双尾蚜的发生与防治. 昆虫知识, 1994, 31 (4): 248~252

FUNCTIONAL RESPONSES OF NATURAL ENEMIES TO THE RUSSIAN WHEAT APHID

Zhang Runzhi Zhang Jun

(Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Chu Menglin Bao Xiulan Chai Fengying

(Ili Wheat and Barley Quarantine Station, Yining 835000)

Abstract The functional responses of four species of natural enemies to the Russian wheat aphid (RWA), *Diuraphis noxia* (Mordvilko), were examined in laboratory in Xinjiang Uygur Autonomous Region. The responses of *Aphelinus* sp. and *Coccinella septempunctata* to RWA was showed to be the Holling-I type and could be fitted by $N_a = 0.6060N - 3.4700$ ($n \leq 100$) and $N_a = 0.6020N + 5.9000$ ($n \leq 250$) respectively, where N_a is number of the aphids attacked and N , the initial number of the aphids. The predation of *Hippodamia variegata* and *Leucopis annulipes* on the aphid could be well described by Holling-II type, with the models as $1/N_a = 1.2550/N + 0.0046$ and $1/N_a = 1.3280/N + 0.0071$ respectively.

Key words Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia* (Mordvilko)), natural enemies, functional response