

# 麦蚜天敌自然种群数值反应研究\*

赵惠燕 汪世泽

(西北农业大学植保系, 陕西杨陵)

**摘要** 麦田蚜虫不论在一般年份还是大发生年份, 不论在施药前或施药后, 其天敌的数值反应均为指数类型, 即  $Y = A \cdot \text{EXP}(BX)$ 。用 Solomen 回归系数法计算回归系数表明, 该数值反应为反密度制约关系或与密度无关。虽然天敌对蚜虫种群数量的增长有一定的抑制作用, 但是在蚜虫影响小麦产量的关键期, 若蚜虫数量在防治标准之上, 仍需采用化学防治的方法。上述反应与经典数值反应不同, 属于节肢动物与作物种类引起的特殊反应类型。

**关键词** 蚜科, 小麦, 天敌利用, 种群动态/数值反应

**中图分类号** Q141

在昆虫生态学研究中, 对数值反应的研究远不及功能反应。虽然有关模型的建立与应用取得了一定进展, 如瓢虫单种种群对蚜虫的数值反应、捕食性螨以及寄生蜂 (*Nemeritis canescens*)、华盖蛛 (*Linyphia triangularis*), 单种种群对蚜虫数值反应等, 但有关自然种群多种天敌作用于一种猎物的数值反应还未见报道。用数值反应模型描述天敌的作用及其数量如何依赖于害虫密度变化, 可以估价害虫上升时天敌作用的强度和效果, 这既是生态学研究中的基本内容, 也是生物防治中最基础的工作。

数值反应的定义是: 当猎物种群密度上升时, 捕食者的密度是如何变化<sup>[1]</sup>。Holling 认为: 数值反应有三种不同类型<sup>[2]</sup> (图1)。显然, I型当猎物密度增加时, 捕食者的数量增长, 当增长一定阶段便停止增长, 并维持这一水平不变, 故I型对猎物密度有一定的控制作用; II型既与猎物密度无关, 又与捕食者密度无关, 不管猎物密度变化如何, 捕食者始终不改变其密度, 因此II型对猎物无控制作用。III型更为特殊, 捕食者的数量随猎物密度增加而减少, 当减至一定水平便维持一定数量不变, 因此III型对猎物密度也没有控制作用。Parker (1979) 在研究瓢虫单种种群对蚜虫的数值反应时认为: 其数值反应为反密度制约关系, 即瓢虫数量与蚜虫数量之比随蚜虫密度提高而降低, 并认为这是由于瓢虫数量多时会产生相互残杀干扰所致<sup>[3]</sup>。在自然条件下, 麦田不仅是瓢虫取食蚜虫, 而且是多种天敌作用于蚜虫。显然, 研究单种天敌对蚜虫的数值反应比较容易, 因为单种种群涉及的因素少, 而且已有现成的模型与例证, 而多种天敌不仅有种内竞争干扰, 还有种间竞争, 既有食性、年龄结构、繁殖特征的影响, 又有搜索效率、发现域的相互干扰。因此, 随着物种的增多, 相关因子的加大, 增加了多种天敌数值反应研究的难度。本研究试图将诸多的因子都放在“黑箱”中处理, 探究自然条件下, 多种天敌对蚜虫的数值反应所属类型, 其不同点及防治策略。

文稿收到日期, 1990-09-11,

\* 高等学农博士点基金资助项目。

## 1 材料与方方法

1985~1989年3月初至5月底小麦腊熟,在陕西杨陵、铜川及耀县大田小麦定田块每隔5~10 d调查一次,记录3种麦蚜(长管蚜、缢管蚜和二叉蚜)的有翅成蚜、无翅成蚜与若蚜的数量及各种天敌(包括瓢虫、食蚜蝇、捕食螨、蚜茧蜂、草蛉、蜘蛛、隐翅虫等)数量和小麦分蘖数。每次调查前,按随机数字事先选定10个样点,进行完全随机抽样,每样点1 m<sup>2</sup>。为了分析自然条件下所有天敌对蚜虫的数值反应,将各种天敌都按一定比例折合为标准天敌单位数<sup>[4]</sup>。鉴于麦田生态系统,由于小麦成熟,会使数值反应终止,故将天敌与蚜量开始下降部分删去。

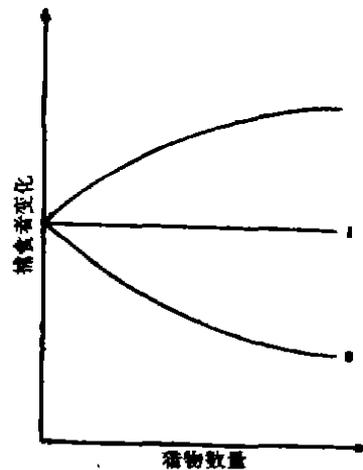


图1 数值反应的3种主要形式

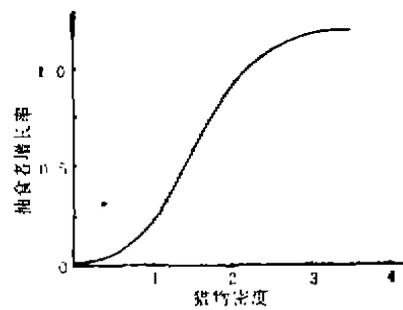


图2 一龄瓢虫数值反应(仿 Wratten, 1973)

## 2 结果与分析

5年研究结果表明:不同地点麦田天敌对蚜虫自然种群的数值反应均为指数曲线类型(表1)。例如:1987年5月4日前(即施药前),其数值反应为 $Y_1 = 1.666 \exp(0.0005x)$

表1 麦蚜天敌数值反应

地点	年代	模型	$\chi^2$
铜川	1985	$Y = 0.94 \exp(0.000839x)$	4.8056
铜川	1986	$Y = 0.47 \exp(0.0011x)$	2.188
杨陵	1987	$Y_1 = 1.66 \exp(0.0005x)$ $Y_2 = 4.11 \exp(0.0003x)$	0.8101 0.4291
杨陵	1988	$Y = 1.8 \exp(0.0017x)$	18.41
铜川	1989	$Y = 4.32 \exp(0.00097x)$	6.35

而施药后 $Y_2 = 4.11 \exp(0.0003x)$ ,均为指数反应,只是施药后的曲线陡度更大。另外,由于1988,1989两年春季低温多雨,蚜虫数量极少,在小麦灌浆期的5月3日还未达250头/点,而其余3年此时的蚜量是其10倍以上。同时天敌数量并未因气候

因子变化而减少,在这种条件下,指数曲线的曲率加大,而且即使是施药后(1987年),其数值反应仍按这一规律变化,与Holling数值反应类型明显不同。

表2 麦田三种蚜虫与天敌数量动态(1987年)

时间	二叉蚜	长管蚜	缢管蚜	标准天敌单位	瓢虫量	敌:蚜
4月 2日	2	3	5	1.25	0	1:8
6日	27	9	3	2.524 9	1	1:15.45
13日	221	109	23	1.516 6	1	1:232.76
18日	875	129	22	3.599 6	3	1:285.03
23日	3 301	442	219	14.008 3	6	1:282.8
28日	1 372	1 656	396	38.033 2	16	1:90
5月 4日	8	16	4	4	4	1:7
8日	28	88	284	4.5	4	1:88.9
14日	44	144	60	5.033 2	4	1:49.3
19日	360	2 036	2 176	17.132 8	24	1:266.86
29日	160	148	7 428	57.394 4	96	1:134.79

由表2可以看出:麦田施药后,天敌、蚜虫数量均受干扰,但很快又恢复,其数值反应也恢复为指数类型。三种蚜虫分别与天敌的数值反应也是如此(见表3)。

表3 1987年麦田施药前后数值反应的变化

处理	项目	数值反应模型	R	$\chi^2$
施药前	缢管蚜-总天敌	$Y = 1.881 6 \exp(8.1 E - 0.3 x)$	0.959 6	3.047 4
	长管蚜-总天敌	$Y = 1.577 3 \exp(4.9 E - 03 x)$	0.914 2	1.290 0
	二叉蚜-总天敌	$Y = 1.697 6 \exp(7.0 E - 04 x)$	0.952 8	0.742 2
施药后	缢管蚜-总天敌	$Y = 4.858 1 \exp(4.0 E - 04 x)$	0.967 8	0.429 1
	长管蚜-总天敌	$Y = 4.236 2 \exp(7.0 E - 04 x)$	0.996 3	0.046 1
	二叉蚜-总天敌	$Y = 4.027 1 \exp(2.0 E - 03 x)$	0.998 1	0.016 9

将表1原始资料转化为对数,计算其回归系数,结果表明:回归系数没有明显大于1的(见表4)。Solomen曾指出<sup>[9]</sup>,如果回归系数明显大于零,则天敌与害虫之间有显著关系。显然,5年资料证明,天敌与蚜虫的关系是显著的,b值均大于零。Solomen还指出,如果b值明显大于1,则天敌与害虫密度的一般数值反应为密度制约关系,即天敌数量与害虫数量之比明显地随害虫密度的提高而提高;如果b值明显小于1,则二者的关系为反密度制约关系,即天敌数量与害虫数量之比明显地随害虫密度的提高而降低<sup>[9]</sup>。由此看来,1985~1987年麦田天敌与蚜虫的数值反应为反密度制约关系。Solomen没有指出b值为1时,天敌对蚜虫的数值反应。我们认为:如果b值为1时,天敌数量与害虫数量之比与害虫密度无关。因此,1988~1989两年的数值反应为非密度制约关系,补充了Solomen观点的不足。

表4 对数回归系数比较

参数	1985	1986	1987		1988	1989
			施药前	施药后		
b	0.610 1	0.766 7	0.447 6	0.443 9	1.016 4	0.956 3
r	0.999	0.968 4	0.801 3	0.884 2	0.448 8	0.639 9

冉瑞碧等在研究棉田食蚜天敌对棉蚜控制效应时曾指出,当敌蚜比为1:300时,天敌对害虫有自然控制能力<sup>[4]</sup>。如果按这一标准,1987年在农民给麦田施药前(4月

28日)天敌已明显开始对蚜虫有了控制作用,二者之比已降至1:90,但根据实际情况,虽然蚜敌比下降了,天敌对蚜虫有了明显的控制作用,但每样点的蚜量仍在防治指标之上,或近于防治指标(麦蚜防治指标为400~500头/百株,250kg产量水平)<sup>[6]</sup>。此时,正值小麦灌浆期,也是蚜虫影响产量的关键期。此时若不采取化学防治措施,必然会造成小麦产量的损失。天敌在蚜虫造成危害以后才能迅速地增长,对蚜虫起到真正的控制作用,这是天敌依赖蚜虫生长造成滞后作用的原因<sup>[6]</sup>。另外,1988和1989年,在蚜虫影响产量的关键期,蚜量很低,远未达到防治指标,故可完全不防。

综上所述,麦田在蚜虫危害产量的关键期,如果蚜量达到防治指标,不管其天敌的控制作用如何,均应采取化学防治。如果不进行化学防治,必须在灌浆期前,采取其它生防措施或生防与化防协调措施。这一结论与我们用突变理论研究麦蚜防治策略的结论一致。

麦蚜-天敌数值反应的指数曲线类型与Holling数值反应类型(经典)不同,与瓢虫单种种群与蚜虫的数值反应也不完全相同(图2),这是节肢动物在小麦这一作物上的特殊反应类型。

### 3 结论与讨论

天敌对害虫密度增高所作出的反应是以吃掉或杀死较多害虫的方法实现生态平衡的,而密度制约的数值反应(或功能反应)是罕见的。在小麦蚜虫天敌自然种群这一特殊的数值反应中,反应类型为指数形式,这一结果有普遍意义。这正是采用“黑箱”理论所得的结果,因而比单种种群的数值反应更能说明问题。

值得注意的是,1988,1989两年指数方程的符合率较低。这与检验方法有关,还是与指数公式有关?值得进一步探讨。

蚜虫是最典型的r对策害虫。它的特点是世代重叠,生活周期短,繁殖速度快,繁殖量大,存活率高。往往在影响作物产量的关键期种群数量达到高峰。仅采用生物防治的方法,防治效果常因天敌数量与害虫数量的跟随性而具有滞后性,即害虫为害关键期已过,天敌种群数量才发展起来,达不到防治害虫提高产量之目的。因此,必须协调化学防治与生物防治,特别是r对策害虫在危害关键期,化学防治是重要的防治手段之一。

### 参 考 文 献

- 1 徐汝梅,昆虫种群生态学.北京:北京师范大学出版社,1987.334
- 2 Holling C S. Some characteristics of simple types of predators and parasitism. *Can Entomol*, 1959, 91: 385~398
- 3 Wratten Stephen D, Fry Gary L A. *Field and laboratory exercises in ecology*. London: Edward Arnold, 1980
- 4 冉瑞碧,魏建华.棉田食蚜天敌对棉蚜控制效应的研究.西北农业大学学报,1985(1):14~23
- 5 赵惠燕,汪世泽,董应才.应用突变论研究麦蚜生态系统的防治策略.科学通报,1990,34(22):1745~1749

## Studies on the Numerical Response of Aphids Population to Natural Enemy

Zhao Huiyan Wang Shize

(Department of Plant Protection, Northwest Agricultural  
University, Yangling, Shaanxi)

**Abstract** Whether wheat aphids are in the average or in the occurring year before or after spraying insecticide, the numerical response of natural enemy is the index form, namely  $Y = A \text{ EXP}(BX)$ . The regression coefficient was computed by Solomon regression coefficient method, indicating that the numerical response should be related to the reverse density or not to the density. Although the natural enemies can inhibit the aphid population to some extent, the chemical controlling must be adopted in the key stage when the number of aphids is over the controlling norm to affect wheat yields. The above response is different from the typical numerical response, falling into the peculiar type of arthropod and crop species.

**Key words** *aphididae*, *Triticum aestivum*, utilization of natural enemies, population dynamics/numerical response

### 1992年《南京农业大学学报》征订启事

本刊属农牧业综合性学术刊物。主要内容包括农学、园艺、植保、土化、畜牧、兽医、农经、食品科学、农业工程、生物技术以及地区性开发研究等方面的学术论文，科研报告、文献综述、科研简报、简讯等。

读者对象为农林大专院校、综合性和师范大学生物系的师生，以及各级农业科研单位和农林科技人员。本刊论文还通过CUJA（中国大学学报文摘）系统进行广泛的国际交流。

本刊国内外公开发行，季刊，报刊代号28—53，每册定价2.00元，全年8.00元。全国各地邮局（所）均可订阅。