

叉角厉螳对斜纹夜蛾不同龄期幼虫的选择捕食作用

蒋杰贤, 梁广文

(华南农业大学昆虫生态研究室, 广州 510642)

摘要:应用二次回归通用旋转组合设计探讨了叉角厉螳与斜纹夜蛾低龄幼虫、中龄幼虫和高龄幼虫共存系统中, 天敌对猎物不同年龄等级的选择捕食作用, 建立了 3 个年龄等级的幼虫被捕食量模型。根据被捕食量模型可计算出斜纹夜蛾 3 个年龄等级不同密度组合下, 天敌对猎物的选择捕食比率。结果表明, 在 3 个年龄等级相同密度的组合下, 叉角厉螳倾向于捕食个体大的中高龄幼虫。

关键词:叉角厉螳; 斜纹夜蛾; 选择捕食作用

The selective predation of *Cantheconidea furcellate* Wolff on the different instar larvae of *Spodoptera litura* in coexistence of three-type

JIANG Jie-Xian, LIANG Guang-Wen (Laboratory of Insect Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Selective predation of *Cantheconidea furcellate* Wolff on the 2nd instar larvae, 4th instar larvae and the 6th instar larvae of *spodoptera litura* in coexistence of three prey-age types was studied. The quadratic function models, describing the relationship between the number of prey attacked and the densities of predator and its preys, were established by the rotational composite design of quadratic regression. Based on the predation models, the selective preying ratios could be calculated under the combination of the different densities of three prey-age types and the predator.

Key words: *Cantheconidea furcellate* Wolff; *Spodoptera litura* F.; selective predation

文章编号: 1000-0933(2001)04-0684-04 中图分类号: Q968.1 文献标识码: A

叉角厉螳(*Cantheconidea furcellate* Wolff)是深圳菜区十字花科、豆科和茄科蔬菜上的重要捕食性天敌, 该螳捕食猎物范围广, 尤喜食鳞翅目害虫^[1]。目前国内外对该螳的研究报道较少, 且主要集中在食性^[2]、生物学特性^[3]和人工饲料^[4]研究方面, 有关该螳对斜纹夜蛾的捕食作用大小, 尚缺乏定量研究。

在天敌与猎物种群的共存系统中, 天敌不仅对不同猎物的捕食有其嗜好性, 而且对同一猎物的不同虫态也有选择捕食作用^[5~6]。为此, 本研究应用二次回归通用旋转组合设计, 研究了叉角厉螳 4 龄若虫与斜纹夜蛾低龄幼虫、中龄幼虫和高龄幼虫共存时, 天敌对斜纹夜蛾 3 个龄期幼虫的选择捕食作用, 旨在为叉角厉螳的田间保护利用和对斜纹夜蛾的控制效果评价提供资料。

1 材料与方法

1.1 供试虫源 斜纹夜蛾为室内续代饲养的 2 龄幼虫(低龄幼虫)、4 龄幼虫(中龄幼虫)和 6 龄初幼虫(高龄幼虫); 叉角厉螳系从田间采回的于室内饲养一代的 4 龄若虫; 试验所需的盆栽菜芯系从近期未施农药的菜地移栽而成, 菜芯叶龄为 6~7 叶。

1.2 试验设计 采用 4 因子 2 次通用旋转组合设计, 以斜纹夜蛾不同龄期幼虫和叉角厉螳 4 龄若虫等物种密度(头/2 株)的编码值为自变量, 以斜纹夜蛾低龄幼虫、中龄幼虫和高龄幼虫被捕食量为目标函数。根据试验要求设置 31 个试验点, 除零水平组合试验点外, 其余试验号均重复 3 次。为了把因变量对自变量的

基金项目: 国家教育部博士点基金资助课题(批准号: 960501)

收稿日期: 2000-06-15 修回日期: 2000-08-10

作者简介: 蒋杰贤(1963~), 男, 湖南省人, 博士, 研究员。主要从事昆虫生态学研究。

回归转化成因变量对因子编码空间坐标轴 X 上编码值的回归,以消除自变量量纲及自变量取值的影响,使回归系数标准化,对参试因子的取值进行无量纲线性编码代换。变量设计水平及编码见表 1。

表 1 4 因素密度水平(头/2 株)及编码值
Table 1 Density level (larvae/2 plants)
and codes value of four factors

编码值	叉角厉螳 4 龄若虫	斜纹夜蛾 低龄幼虫	斜纹夜蛾 中龄幼虫	斜纹夜蛾 高龄幼虫
Code	<i>C. furcellate</i>	<i>S. litura</i>	<i>S. litura</i>	<i>S. litura</i>
values	instar IV	instar II	instar IV	instar V
	X_1	X_2	X_3	X_4
-2	0	0	0	0
-1	1	5	4	3
0	2	10	8	6
1	3	15	12	9
2	4	20	16	12

2 结果与分析

2.1 共存系统中斜纹夜蛾低龄幼虫、中龄幼虫和高龄幼虫被捕食量与各物种密度编码值的关系模型

斜纹夜蛾 3 个龄期的幼虫被捕食量与叉角厉螳 4 龄若虫不同密度组合下的幼虫被捕食量列于表 2。

2 物种不同龄期构成的共存系统中,斜纹夜蛾 3 个龄期幼虫密度变化,可用如下二次多项式近似表示:

$$Y = b_0 + \sum_{j=1}^4 b_j X_j + \sum_{j=1}^4 \sum_{i>j}^4 b_{ij} X_i X_j + \sum_{j=1}^4 b_{jj} X_j^2 \tag{1}$$

式中, Y 分别为斜纹夜蛾低龄幼虫、中龄幼虫和高龄幼虫的数量变化量, X_i 、 X_j 为物种密度的编码值, b_0, b_j, b_{ij}, b_{jj} 为与各物种(或龄期)生物学特性相关的参数。根据表 2 数据,应用 Data Processing System 软件^[7],在计算机上对模型 1 的参数进行辨识,可得到如下幼虫被捕食量模型:

$$Y_L = 0.5714 + 0.2361X_1 + 1.1528X_2 + 0.2361X_3 - 0.4028X_4 + 0.0273X_1^2 + 0.2356X_2^2 + 0.4023X_3^2 + 0.319X_4^2 + 0.2291X_1X_2 + 0.0625X_1X_3 + 0.0626X_1X_4 + 0.0209X_2X_3 + 0.1875X_2X_4 + 0.2291X_3X_4 \tag{2}$$

$$Y_M = 2.7143 + 1.1944X_1 + 0.1667X_2 + 1.8335X_3 + 0.5278X_4 - 0.0675X_1^2 + 0.0992X_2^2 + 0.3909X_3^2 + 0.2658X_4^2 + 0.1667X_1X_2 + 0.6249X_1X_3 - 0.5418X_1X_4 + 0.4167X_2X_3 + 0.4167X_2X_4 + 0.1249X_3X_4 \tag{3}$$

$$Y_H = 2.7143 + 0.9584X_1 + 0.2084X_2 - 0.0695X_3 + 1.0695X_4 - 0.0154X_1^2 + 0.2346X_2^2 + 0.2762X_3^2 - 0.2236X_4^2 - 0.0626X_1X_2 + 0.0626X_1X_3 + 0.2709X_1X_4 - 0.1459X_2X_3 + 0.1459X_2X_4 + 0.2708X_3X_4 \tag{4}$$

式中 Y_L, Y_M, Y_H 分别为斜纹夜蛾低龄幼虫、中龄幼虫和高龄幼虫的被捕食量, X_1, X_2, X_3 和 X_4 分别为叉角厉螳、斜纹夜蛾低龄、中龄和高龄幼虫密度的编码值,编码值与实际水平值的关系可表示为:

$$X_j = (Z_j - Z_{0j}) / \Delta_j$$

式中, X_j 为编码值, Z_j 和 Z_{0j} 分别为各因素密度水平的上限和零水平值, Δ_j 为 j 因素水平的变化间距。

对模型 2 进行失拟性检验和回归显著性检验,结果表明, $F(\text{失拟}) = 1.856 < F_{0.1}(6, 7)$, 在 0.1 水平上差异不显著,模型 2 不存在失拟因素,说明模型 2 能够综合各因素编码值对斜纹夜蛾低龄幼虫被捕食量的影响。 $F(\text{回归}) = 3.651$, 在 0.0096 水平上显著,说明模型 2 所代表的关系能反映共存系统中斜纹夜蛾低龄幼虫被捕食量与各因素编码值间所存在的函数关系。模型中各项系数的 F 检验表明,达到或接近 0.01 显著水平的有 b_2 , 达到 0.05 显著水平的有 b_4, b_{33}, b_{44} , 达到 0.2 显著水平的有 b_1, b_3, b_{22} 。

模型 3 平方差数据表明,模型 3 达到极显著水平($P < 0.007$)。可信度较好,在回归区域内部拟合较好,说明模型所描述的关系不存在失拟因素,模型能够全面反映各物种对斜纹夜蛾中龄幼虫被捕食量估计值

的影响。对模型 3 的各项系数进行 F 检验,结果表明: b_1 和 b_3 在 0.01 水平上显著, b_4 在 0.1 水平上显著, b_{33} 、 b_{13} 和 b_{14} 在 0.2 水平上显著。

表 2 4 因子二次通用旋转组合设计及结果
Table 2 Rotational composite design of quadratic regression and the results

试验号 No.	编码值 Code value				斜纹夜蛾幼虫被食量(头/2 株)		
	X_1	X_2	X_3	X_4	低龄 Y_L	中龄 Y_M	高龄 Y_H
					Instar II	Instar IV	Instar V
1	-1	-1	-1	-1	1	1.333	2
2	-1	-1	-1	1	0	2	1.333
3	-1	-1	1	-1	0	3.667	1
4	-1	-1	1	1	0	2.667	3.333
5	-1	1	-1	-1	2.667	0.333	1
6	-1	1	-1	1	2.333	1	4.667
7	-1	1	1	-1	3.667	2	1.333
8	-1	1	1	1	1.333	4.667	3
9	1	-1	-1	-1	0	4	2.333
10	1	-1	-1	1	0	1.333	4.667
11	1	-1	1	-1	0.667	7	1.667
12	1	-1	1	1	0	5.333	5.667
13	1	1	-1	-1	5.333	2.333	3
14	1	1	-1	1	1.667	1.333	4.667
15	1	1	1	-1	2.333	7.667	2.333
16	1	1	1	1	4	7.333	5.667
17	-2	0	0	0	0	0	0
18	2	0	0	0	1.333	5	5.333
19	0	-2	0	0	0	2	3.333
20	0	2	0	0	3	4.333	4
21	0	0	-2	0	3.333	0	4.333
22	0	0	2	0	1	8.667	3.333
23	0	0	0	-2	2.667	6.333	0
24	0	0	0	2	1	1.333	3.667
25	0	0	0	0	0	1	2
26	0	0	0	0	1	5	1
27	0	0	0	0	0	4	3
28	0	0	0	0	0	2	4
29	0	0	0	0	1	4	2
30	0	0	0	0	0	2	3
31	0	0	0	0	2	1	4

对模型 4 进行 F 检验,模型 4 也达到极显著水平($P<0.003$)。失拟性 F 检验($F=0.626<F_{0.5}(6,7)$),表明模型 4 所描述的关系不存在失拟性因素。回归系数的 F 检验结果表明, b_1 、 b_4 达到或接近 0.01 显著水平, b_{33} 达到或接近 0.2 显著水平, b_{44} 、 b_{22} 、 b_{34} 、 b_{14} 达到或接近 0.3 显著水平。

2.2 叉角厉螳对斜纹夜蛾低龄幼虫、中龄幼虫和高龄幼虫的选择捕食比率

根据周集中、陈常铭^[5,6]和 Hassell^[7]的工作,应用下式计算叉角厉螳对斜纹夜蛾不同年龄等级幼虫的选择捕食比率: $R_i=Y_i/\sum Y_i$,式中 R_i 为捕食性天敌对第 i 虫龄猎物的选择捕食比率, Y_i 为第 i 龄幼虫的被捕食量。设 R_L 、 R_M 和 R_H 分别为叉角厉螳对斜纹夜蛾低龄幼虫、中龄幼虫和高龄幼虫的捕食比率,则有:

$$R_L = Y_L / (Y_L + Y_M + Y_H) = XA_1X^T / XAX^T$$
$$R_M = Y_M / (Y_L + Y_M + Y_H) = XA_2X^T / XAX^T$$
$$R_H = Y_H / (Y_L + Y_M + Y_H) = XA_3X^T / XAX^T$$

万方数据

式中: $A=A_1+A_2+A_3$; $X=[1 \ X_1 \ X_2 \ X_3 \ X_4]$; X^T 是向量 X 的转置向量;

$A_1 =$	0.5714	0.2361	1.1528	—	0.2361	—	0.4028
		0.0273	0.2291		0.0625		0.0626
			0.2356	—	0.0209	—	0.1875
					0.4023		0.2291
							0.319
$A_2 =$	2.7134	1.1944	0.1667	1.8335	—	0.5278	
		— 0.0675	0.1667	0.6249	—	0.5418	
			0.0992	0.4167		0.4167	
				0.3909		0.1249	
						0.2658	
$A_3 =$	2.7143	0.9584	0.2084	—	0.0695	1.0695	
		— 0.0154	— 0.0626		0.0625	0.2709	
			0.2346	—	0.1459	0.1459	
					0.2762	0.2708	
						— 0.2236	

以 5 月份在深圳一块未施药的菜心地的一次调查为例,叉角厉螳 4 龄若虫密度为 1 头/2 株,斜纹夜蛾低龄幼虫、中龄幼虫、高龄幼虫密度分别为 10 头、4 头和 2 头/2 株,相应的编码值分别为:−1,0,−1,−1.333,有: $R_L=0.5257,R_M=0.2579,R_H=0.2164$,在这种密度组合下,叉角厉螳对低龄幼虫的选择捕食比率为 0.5257,对中龄和高龄幼虫的捕食比率分别为 0.2579 和 0.2164,说明在这种密度组合下,叉角厉螳若虫倾向捕食低龄幼虫,因为在这种组合下,低龄幼虫的密度是高龄幼虫的 5 倍。若设斜纹夜蛾低龄、中龄和高龄幼虫密度均为 5 头/2 株,则有: $R_L=0.0881,R_M=0.4107,R_H=0.5012$,说明在三者密度相同的密度组合下,叉角厉螳倾向于捕食个体大的中高龄幼虫。

3 结论与讨论

(1)在田间,斜纹夜蛾世代重叠严重,各个虫龄常常同时存在,因此,研究叉角厉螳对斜纹夜蛾各龄期幼虫的选择捕食作用,对于了解该螳对斜纹夜蛾不同年龄等级的控制作用大小有一定的实践意义。

(2)叉角厉螳对猎物的选择捕食比率,主要取决于斜纹夜蛾 3 个龄期幼虫的生物学特性。本研究结果表明,在斜纹夜蛾低龄幼虫、中龄幼虫和高龄幼虫密度相等的情况下,叉角厉螳 4 龄若虫选择捕食斜纹夜蛾不同年龄等级的作用大小,依次为:高龄幼虫>中龄幼虫>低龄幼虫。低龄幼虫个体小,不易被发现,天敌搜索猎物的时间长,因而被捕食量小。中、高龄幼虫个体大,活动性强,搜索时间短,因而被捕食量相对较多。本研究还显示,天敌对猎物的选择捕食作用大小,还取决于猎物的密度,当低龄幼虫的密度远远高于中高龄幼虫时,天敌对斜纹夜蛾低龄幼虫的选择捕食比率也相对较高。

参考文献

[1] Rai P S. *Cantheconidea furcellate* (Wolff), a predator of leaffeeding caterpillars of rice. *Current science*, 1978, **47** (15):556~557.

[2] 朱耀沂,等.黄斑粗喙椿象食性研究.植物保护学会会刊,1975,**17**(1):133~141.

[3] 朱涤芳.叉角厉螳生物学特性研究.昆虫天敌,1990,**12**(2):71~74.

[4] 李丽英,等.叉角厉螳的人工饲料.生物防治通报,1988,**4**(1):45.

[5] 周集中,陈常铭.捕食者对猎物选择性的数量测定方法.生态学报,1987,**7**(1):50~56.

[6] 周集中,陈常铭.拟环纹狼蛛对褐稻虱的捕食作用及其模拟模型的研究Ⅱ:选择捕食作用.生态学报,1987,**7**(3):228~237.

[7] 唐启义,冯明光.实用统计分析及其计算机处理平台.北京:中国农业出版社,1997.

[8] Hassel M J, Southwood T R. Foraging strategies of insects. *Ann. Rev. Scol. Syst.*, 1978, **9**:37~38.