

捕食性天敌对褐稻虱种群的控制作用

包华理 梁广文 庞雄飞
(植物保护系)

摘要 本文将集中作用于褐稻虱若虫和成虫期的稻田捕食性天敌归纳为 4 个类群、分别作用于褐稻虱种群 1~2 龄若虫、3~5 龄若虫和成虫 3 个状态,应用五因子二次回归正交旋转组合设计方法进行试验,结合生命表资料,建立褐稻虱这 3 个状态的控制指数方程,通过状态空间分析法和控制指数的综合分析,结果表明,稻田捕食性天敌对褐稻虱种群的控制作用是明显的。

关键词: 二次回归旋转组合设计; 状态空间法; 捕食性天敌; 褐稻虱

据多年相同地点同次世代的生命表分析表明,在褐稻虱种群系统中,捕食性天敌是控制褐稻虱种群数量发展趋势的重要因子之一,也是影响其种群数量变动的关键因子(另文讨论)。稻田捕食性天敌种类甚多,它们能够同时捕食褐稻虱种群的多个虫态和其他猎物,构成了复杂的关系,本文试以二次回归旋转组合设计方法和状态空间分析法为基础,研究褐稻虱若虫和成虫期的捕食性天敌对其种群的控制作用。

1 褐稻虱种群系统的状态空间表达式

庞雄飞等^[4,5]曾讨论了状态空间表达式在害虫种群系统控制研究中的设计及应用问题。为研究捕食性天敌对褐稻虱种群的控制作用,我们把褐稻虱种群系统状态空间表达式设计为:

$$X(t+1) = AX(t) + BX(t) \quad (1)$$

$$Y(t) = CX(t) \quad (2)$$

其中, $X(t)$ 为状态向量, $Y(t)$ 为输出向量, A 为系统矩阵, B 为控制矩阵, C 为输出矩阵。

根据现有文献报道^[1,3]和我们的调查结果,在 24~28℃ 温度范围内,在感虫品种上,褐稻虱第二世代各虫期的历期见表 1。根据发育历期的情况,可把各虫期再细分为以一天为单位的年龄组,即以 32 个状态变量作为输入向量和控制向量。这样得到相同维数的系统矩阵和控制矩阵,将便于下面的分析。

1991-09-10 收稿

表 1 褐稻虱第二世代发育历期及其种群系统的状态变量

虫态 (x)	历期 (天)	年龄组 (i)	各虫态的 数量 (N_i)	状态变量 (X_i)
若虫	卵 (E)	7	NE	$X_1=NE/7$
				$X_2=NE/7$
				$\vdots$
	1~2龄 (S)	5	N_s	$X_7=NE/7$
				$X_8=N_s/5$
				$X_9=N_s/5$
	3~5龄 (L)	8	N_L	$\vdots$
				$X_{12}=N_s/5$
				$X_{13}=N_L/8$
	成虫 (A)	12	N_A	$X_{14}=N_L/8$
				$\vdots$
				$X_{18}=N_L/8$

表 2 褐稻虱 1976~1990 年 5~6 月种群平均生命表
(广东省阳江市海陵岛)

虫态 (x)	历期 (天)	作用因子 (i)	各因子作用 存活率或 产卵量 (S_i)	各虫期 存活率或 产卵量 (S_x)	年龄组 (序号) (i)	各年龄组 存活率或 产卵量 (a_{ij}, a_i, j)
若虫	卵	7 捕食 寄生 不解	$S_1=0.5610$ $S_2=0.8490$ $S_3=0.9510$	$S_E=0.401$	1	
					2	0.8776
					3	0.8776
	1~2龄	5 捕食 其他	$S_4=0.3974$ $S_5=0.8456$	$S_S=0.336$	4	$\vdots$
					5	0.8776
					6	
	3~5龄	8 捕食 寄生 其他	$S_6=0.4207$ $S_7=0.8350$ $S_8=0.7702$	$S_L=0.271$	7	
					8	0.8040
					9	0.8040
	成虫	12 标准卵量 达标准卵量概率 雌性概率 逐日捕食存活率 迁飞 下代卵量 概率	$F=1.000$ $P_r=0.246$ $P_f=0.728$ $S_9=0.8653$ $S_{10}=0.3901$ $S_{11} \sum P_n (S_n)^{11}$ $=0.1125$	$\hat{N}_A=20.15$	10	$\vdots$
					11	0.8040
					12	

* P_n =成虫逐日产卵概率, S_n =成虫逐日被捕食存活率。

在褐稻虱自然种群中，天敌捕食和自然死亡因素（品种抗性及其他因素）的致死作用常常混合一起，我们试以田间排除捕食性天敌干扰后的自然存活率及成虫迁移后的居留率，将天敌捕食作用存活率分解出来，用于捕食性天敌作用控制矩阵B的设计。而系统矩阵A则以平均生命表各年龄组存活率或生殖力为基础组建，与控制矩阵B一样，同为 32×32 方阵，其中假设在各虫期内每天的死亡机率相等，即 $a_{11}=a_{12}=\dots=a_{1k}=(S_i)^{1/K}$ ，(S_i 为各期存活率， K 为各期历期)。成虫期12天，感虫品种上其产卵前期 $h=3$ 天，产卵高峰日 $K+1=9$ 天，设成虫逐日产卵概率为 P_n ， $P_n=[(i-h)^{(K/2)-1}e^{-(i-h)/2}]/r$ （负值取零）其中， $r=\sum_{i=h}^{K+1} (i-h)^{(K/2)-1}e^{-(i-h)/2}$ ，则成虫逐日产卵量为 $a_{11}=FP_P P_n$ 。成虫的迁飞一般在产卵前完成，因此，假设迁飞在第3天完成，并把迁飞后的居留率添加在成虫期的第3个年龄组。由此可以得到表2的系统矩阵各元素的数据（表2）。

2 稻田捕食性天敌控制作用的信息处理

在广东阳江稻田中，褐稻虱卵期主要捕食性天敌是黑肩绿盲蝽，若虫和成虫期捕食性天敌种类繁多，按其生活习性及其数量多少可归纳为4个类群：狼蛛类（以拟水狼蛛为代表）、微蛛类（以食虫瘤胸蛛为代表）、管巢蛛类（以棕管巢蛛为代表）和捕食性鞘翅目昆虫（以青翅蚁形隐翅虫为代表）。梁广文等^[6]根据在广东省阳江市多年的田间调查材料，建立了多种主要捕食性天敌在早稻田的数量动态模型：

$$\text{狼蛛密度 } D_L(t_i) = K_L / [1 + \exp(4.0418 - 0.0914 t_i)]$$

$$\text{微蛛密度 } D_E(t_i) = K_E / [1 + \exp(8.9197 - 0.1842 t_i)]$$

$$\text{管巢蛛密度 } D_C(t_i) = K_C / [1 + \exp(8.1015 - 0.1331 t_i)]$$

$$\text{隐翅虫密度 } D_{u(w)} = K_u / [1 + \exp(3.6046 - 0.0823 t_i)]$$

$$\text{步甲密度 } D_m(t_i) = K_m / [1 + \exp(6.1946 - 0.1131 t_i)]$$

$$\text{瓢虫密度 } D_{co}(t_i) = K_{co} / [1 + \exp(7.5616 - 0.1372 t_i)]$$

在以上各式中，符号 K_L 、 K_E 、 K_C 、 K_u 、 K_m 和 K_{co} 分别为在早稻田狼蛛、微蛛、管巢蛛、隐翅虫、步甲和瓢虫的环境容纳量（可以用历年来在早稻田调查到的每亩最高数量估计）。在海陵岛则为： $K_L=3480$ ， $K_E=18840$ ， $K_C=3078$ ， $K_u=1775$ ， $K_m=1310$ ， $K_{co}=1420$ （头/亩），在海陵岛一般亩科数为30000。式中 t_i 为调查日距水稻插植期的天数，在海陵岛可用距4月1日的天数估计。

这些模型可以用来预测阳江市海陵岛早稻田捕食性天敌混合种群数量。同时，我们建立了褐稻虱1~2龄若虫、3~5龄若虫和成虫分别与拟水狼蛛、食虫瘤胸蛛、棕管巢蛛、青翅蚁形隐翅虫四种代表性天敌共存系统中褐稻虱相应虫期1天（24h）后的残存量回归方程^[2]：

$$Y_{1-1} = \begin{bmatrix} 1 \\ (P_1-10)/5 \\ (P_2-1)/0.5 \\ (P_3-1)/0.5 \\ (P_4-1)/0.5 \\ (P_5-1)/0.5 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} 6.1111 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & -0.1042 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0.4583 & -0.375 & 0.5208 & 0 & 0 & 0 \\ -0.0833 & 0.375 & -0.0625 & 0.1667 & 0 & 0 \\ -0.125 & 0.0625 & 0.375 & -0.125 & 0.3333 & 0 \\ -0.25 & -0.1875 & -0.25 & 0.25 & 0.3125 & -0.1042 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ (P_1-10)/5 \\ (P_2-1)/0.5 \\ (P_3-1)/0.5 \\ (P_4-1)/0.5 \\ (P_5-1)/0.5 \end{bmatrix} \dots (3)$$

$$Y_{3-5} = \begin{bmatrix} 1 \\ (P'_1-8)/4 \\ (P_2-1)/0.5 \\ (P_3-1)/0.5 \\ (P_4-1)/0.5 \\ (P_5-1)/0.5 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} 4.7188 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2.2708 & -0.1406 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0.4167 & -0.25 & 0.2344 & 0 & 0 & 0 \\ -0.0625 & 0.0313 & 0.1875 & 0.1719 & 0 & 0 \\ -0.2292 & -0.1563 & -0.25 & 0.0313 & 0.1094 & 0 \\ -0.25 & -0.1875 & -0.1563 & -0.25 & 0.4375 & -0.0781 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ (P'_1-8)/4 \\ (P_2-1)/0.5 \\ (P_3-1)/0.5 \\ (P_4-1)/0.5 \\ (P_5-1)/0.5 \end{bmatrix} \dots (4)$$

$$Y_A = \begin{bmatrix} 1 \\ (P''_1-8)/4 \\ (P_2-1)/0.5 \\ (P_3-1)/0.5 \\ (P_4-1)/0.5 \\ (P_5-1)/0.5 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} 5.3715 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1.7708 & -0.5573 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0.4375 & -0.2188 & -0.1198 & 0 & 0 & 0 \\ -0.1875 & 0.3438 & -0.0313 & -0.0573 & 0 & 0 \\ -0.2292 & -0.4063 & -0.5313 & -0.1563 & 0.1198 & 0 \\ -0.1875 & -0.1563 & 0.0938 & 0.4688 & 0.2813 & -0.307 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ (P''_1-8)/4 \\ (P_2-1)/0.5 \\ (P_3-1)/0.5 \\ (P_4-1)/0.5 \\ (P_5-1)/0.5 \end{bmatrix} \dots (5)$$

式中, Y_{1-2} , Y_{3-5} , Y_A 分别为褐稻虱 1~2 龄若虫、3~5 龄若虫和成虫残存量, P_1 , P'_1 , P''_1 分别为褐稻虱 1~2 龄若虫、3~5 龄若虫和成虫的密度(头/科), P_2 , P_3 , P_4 , P_5 分别为拟水狼蛛、食虫瘤胸蛛、棕管巢蛛和青翅蚁形隐翅虫的密度(头/科)。

在二次回归旋转组合设计中,当编码值 X_i 大于 1 或小于 -1 时,参试种群特别是对象种群试验组合数少,误差较大,而在 $-1 \leq x_i \leq 1$ 时,试验组合有足够的重复次数,误差相对较小。在实际应用中,如果被测的对象种群其密度水平的编码值小于 -1,可将样本扩大,使其密度水平编码值介于 -1 和 1 之间,让算得结果较符合实际。

在广东省海陵岛及其他华南南部稻区,褐稻虱种群数量一般在 5 月中下旬开始增长,5 月末 6 月初低龄若虫达到数量高峰,依此,结合捕食性天敌混合种群数量动态模型和表 2,我们可以获得如下害虫及其天敌参数(表 3):

表 3 褐稻虱及其捕食性天敌参数

(广东省海陵岛)

距插植期 天数(t)	种群密度(头/百科)				
	褐稻虱	狼蛛	微蛛	管巢蛛	捕食性鞘翅目昆虫
60	1804.5	9.38	56.14	4.83	10.62
65	606.3	10.09	59.97	6.51	12.12
73	164.3	10.82	62.13	8.56	13.66

根据表 2 和表 3 的数据,我们就可获得褐稻虱种群的控制指数方程。设褐稻虱 1—2 龄若虫、3—5 龄若虫和成虫期的历期分别为 ΔS 、 ΔL 、 ΔA , 历期内各日龄被捕食存活率相等,相应的存活率依次为 S_1 、 S_2 和 S_A (下标与表 2 相对应),则有:

$$S_1 = [(K_1 Y_{1-2})/P_1]^{\Delta S}, K_1 = 0.8696 \quad (6)$$

$$S_2 = [(K_2 Y_{3-5})/P_2]^{\Delta L}, K_2 = 0.9341 \quad (7)$$

$$(S_A)^{1/\Delta A} = (K_A Y_A)/P'_1, K_A = 1.2488 \quad (8)$$

3 捕食性天敌对褐稻虱种群的控制作用分析

在稻田中,捕食性天敌密度的改变,将会引起褐稻虱种群各期存活率及产卵量的变化,从而对种群数量发生影响。因此在分析捕食性天敌对褐稻虱种群的控制作用时,可以上面建

立的褐稻虱残存量方程 (Y_{1-2}) 、 (Y_{3-5}) 、 (Y_A) 和控制指数方程 (S_1) 、 (S_5) 、 (S_A) 为基础,建立控制矩阵 B 如表 4。其中 b_i 的设计如下:

$$b_{2,1} = b_{3,2} = \dots = b_{7,6} = 0$$

$$b_{8,7} = b_{9,8} = \dots = b_{13,12} = 0.967\ 0[(K_4 Y_{1-2})/P_1] - 0.8040, K_4 = 0.869\ 6$$

$$b_{14,13} = b_{15,14} = \dots = b_{21,20} = 0.946\ 3[(K_5 Y_{3-5})/P'_1] - 0.8494, K_5 = 0.984\ 1$$

$$b_{22,21} = b_{23,22} = b_{25,24} = \dots = b_{33,32} = [(K_A Y_A)/P''_1] - 0.8653, K_A = 1.248\ 8$$

$$b_{24,23} = (0.390\ 1)[(K_A Y_A)/P''_1] - 0.865\ 3]$$

$$b_{1,21} = b_{1,22} = \dots = b_{1,32} = 0$$

在表 4 中,成虫产卵量受捕食性天敌、寄生性天敌、迁飞及品种抗性和气象因子的影响,其中捕食性天敌和迁飞对成虫期的控制组元值已分别设计在控制矩阵 B 中,为便于分析,其他死亡因素的影响包含在排除捕食性天敌和迁飞干扰后的逐日产卵量之中,并设计在系统矩阵 A 内。

由此,可以把表 4 中的 $a_{j,i}$ 、 $a_{1,i}$ 的数值代入状态方程(方程 1)的系统矩阵 A 中,把 $b_{j,i}$ 、 $b_{1,i}$ 的数值代入该方程的控制矩阵 B 中,就可以获得捕食性天敌对褐稻虱种群控制作用的状态方程。输入不同的捕食性天敌数量,便可以获得捕食性天敌对褐稻虱种群的控制信息。

当捕食性天敌数量保持不变,控制矩阵 B 中的 $b_i(1)$ 全部为零,即不会引起褐稻虱种群数量的变化;当捕食性天敌数量减少 50%,控制矩阵 B 中的 $b_i(2)$ 直接对系统矩阵 A 的 $a_{j,i}$ 发生作用,引起相应的组份所表示的存活率增加;假设没有捕食性天敌所起的作用,控制矩阵 B 中的 $b_i(3)$ 对系统矩阵 A 的 $a_{j,i}$ 的控制作用更为显著;当捕食性天敌数量增加 50%,系统矩阵 A 中的 $a_{j,i}$ 相应的存活率都减少了。(天敌数量变动引起褐稻虱各虫期存活率和生殖力变化的 $b_i(1)$ 、 $b_i(2)$ 、 $b_i(3)$ 、 $b_i(4)$ 的数值见表 4)。

表 4 捕食性天敌对褐稻虱种群控制的系统控制矩阵

j,i	a _{ij}	b _j	M(1)		M(2)	M(3)	M(4)
			不变	减半(-50%)			增加50%
2,1	0.877 6	0	0	0			0
3,2	0.877 6	0	0	0			0
4,3	0.877 6	0	0	0			0
5,4	0.877 6	0	0	0			0
6,5	0.877 6	0	0	0			0
7,6	0.877 6	0	0	0			0
8,7	0.877 6	0	0	0			0
9,8	0.804 0	0.967 0 [(k ₁ Y ₁₋₁) / P ₁] - 0.804 0	0	0.001 4			-0.004 9
10,9	0.804 0	0.967 0 [(k ₁ Y ₁₋₁) / P ₁] - 0.804 0	0	0.001 4			-0.004 9
11,10	0.804 0	0.967 0[(K ₁ Y ₁₋₁)/P ₁]-0.804 0	0	0.001 4			-0.004 9
12,11	0.804 0	0.967 0[(K ₁ Y ₁₋₁)/P ₁]-0.804 0	0	0.001 4			-0.004 9
13,12	0.804 0	0.967 0[(K ₁ Y ₁₋₁)/P ₁]-0.804 0	0	0.001 4	0		-0.004 9
14,13	0.849 4	0.946 3[(K ₁ Y ₁₋₁)/P ₁]-0.849 4	0	0.055 7			-0.039 4
15,14	0.849 4	0.946 3[(K ₁ Y ₁₋₁)/P ₁]-0.849 4	0	0.055 7			-0.039 4
16,15	0.849 4	0.946 3[(K ₁ Y ₁₋₁)/P ₁]-0.849 4	0	0.055 7			-0.039 4
17,16	0.849 4	0.946 3[(K ₁ Y ₁₋₁)/P ₁]-0.849 4	0	0.055 7			-0.039 4
18,17	0.849 4	0.946 3[(K ₁ Y ₁₋₁)/P ₁]-0.849 4	0	0.055 7			-0.039 4
19,18	0.849 4	0.946 3[(K ₁ Y ₁₋₁)/P ₁]-0.849 4	0	0.055 7			-0.039 4
20,19	0.849 4	0.946 3[(K ₁ Y ₁₋₁)/P ₁]-0.849 4	0	0.055 7			-0.039 4
21,20	0.849 4	0.946 3[(K ₁ Y ₁₋₁)/P ₁]-0.849 4	0	0.055 7	0		-0.039 4
22,21	0.865 3	[(K ₁ Y ₁)/P ₁]-0.865 3	0	0.091 8	0		-0.087 0
23,22	0.865 3	[(K ₁ Y ₁)/P ₁]-0.865 3	0	0.091 8	0		-0.087 0
24,23	0.337 3	(0.390 1){[(K ₁ Y ₁)/P ₁]-0.865 3}	0	0.035 8	0		-0.033 9
25,24	0.865 3	[(K ₁ Y ₁)/P ₁]-0.865 3	0	0.091 8	0		-0.087 0
26,25	0.865 3	[(K ₁ Y ₁)/P ₁]-0.865 3	0	0.091 8			-0.087 0
27,26	0.865 3	[(K ₁ Y ₁)/P ₁]-0.865 3	0	0.091 8			-0.087 0
28,27	0.865 3	[(K ₁ Y ₁)/P ₁]-0.865 3	0	0.091 8			-0.087 0
29,28	0.865 3	[(K ₁ Y ₁)/P ₁]-0.865 3	0	0.091 8			-0.087 0
30,29	0.865 3	[(K ₁ Y ₁)/P ₁]-0.865 3	0	0.091 8	0		-0.087 0
31,30	0.865 3	[(K ₁ Y ₁)/P ₁]-0.865 3	0	0.091 8			-0.087 0
32,31	0.865 3	[(K ₁ Y ₁)/P ₁]-0.865 3	0	0.091 8			-0.087 0
33,32	0.865 3	[(K ₁ Y ₁)/P ₁]-0.865 3	0	0.091 8	0		-0.087 0
1,21	0	0	0	0			0
1,22	0	0	0	0			0
1,23	0	0	0	0			0
1,24	1.43	0	0	0			0
1,25	7.88	0	0	0			0
1,26	16.12	0	0	0			0
1,27	23.10	0	0	0			0
1,28	27.40	0	0	0			0
1,29	28.83	0	0	0			0
1,30	27.58	0	0	0			0
1,31	25.01	0	0	0			0
1,32	21.67	0	0	0			0

注:K₁为校正系数,K₁=0.8696,K₂=0.9341 1.2488

如果把输出方程设计为

$$Y(t+32)=[111\cdots 11]X(t+32)$$

就可获得下一世代(历期 32 天后)的全部数量。根据表 4 的材料,可以讨论褐稻虱若虫期和成虫期捕食性天敌对褐稻虱种群的控制作用。

(1)当捕食性天敌数量不发生变化(如表 3)经过一个世代即历期 32 天后,其数量变化

为:

$$\hat{N}_{E(1)} = FP_F P_F S_f \sum P_{fi}(S_a)^i = 20.15$$

$$X_{i(1)}(t+32) = (0.8776)^7 (0.8040)^5 (0.8494)^8 \hat{N}_{E(1)} X_i(t) = 0.7357 X_{i(1)}$$

(2)当捕食性天敌数量减少50%,经过一个世代后,其数量变化为:

$$\hat{N}_{E(2)} = FP_F P_F S_f \sum P_{fi}(S_a)^i = 47.48$$

$$X_{i(2)}(t+32) = (0.8776)^7 (0.8040 + 0.0014)^5 (0.8494 + 0.0557)^8 \hat{N}_{E(2)} X_i(t) = 2.9059 X_{i(1)}$$

(3)假设捕食性天敌不起作用,则经过一个世代后,其数量变化为:

$$\hat{N}_{E(3)} = FP_F P_F S_f \sum P_{fi}(S_a)^i = 69.86$$

$$X_{i(3)}(t+32) = (0.8776)^7 (0.040 + 0.1630)^5 (0.8494 + 0.0969)^8 \hat{N}_{E(3)} X_i(t) \\ = 15.2317 X_{i(1)}$$

(4)当捕食性天敌数量增加50%,则经过一个世代后,其数量变化为:

$$\hat{N}_{E(4)} = FP_F P_F S_f \sum P_{fi}(S_a)^i = 8.57$$

$$X_{i(4)}(t+32) = (0.8776)^7 (0.8040 - 0.0049)^5 (0.494 - 0.0394)^8 \hat{N}_{E(4)} X_i(t) \\ = 0.2075 X_{i(1)}$$

根据上面的试验分析,可以得出下面的结果:设褐稻虱若虫和成虫期的捕食性天敌数量不发生变化时控制指数 $IPC(1)=1$;如果这些天敌的数量减少50%,则其控制指数为 $IPC(2)=2.9059/0.7357=3.9498$;如果没有这些天敌的作用,则其控制指数为 $IPC(3)=15.2317/0.7357=20.7037$;如果这些天敌的数量增加50%,则其控制指数为 $IPC(4)=0.2075/0.7357=0.2820$ 。可见,捕食性天敌数量变化对种群数量趋势所起的作用是明显的。如果褐稻虱若虫和成虫期的捕食天敌数量减少50%,其下一世代的数量将为原来的4倍,如果没有这些天敌的作用,则将为原来的20多倍,如果这些天敌的数量增加50%,则将为原来的28.2%。因此,在实施褐稻虱种群系统控制时,应重视保护天敌特别是捕食性天敌。

参 考 文 献

- 1 王菊明,沈天龙等.褐稻虱各虫态发育历期与温度的关系.上海农业科技,1981(4):14~17
- 2 包华理,陶方玲等.多种捕食性天敌对褐稻虱种群的控制作用.青年生态学者论丛(一),北京:中国科学技术出版社,1990.266~271
- 3 李汝铎.温度对褐飞虱种群增长的影响.植物保护学报,1984,11(2):101~106.
- 4 庞雄飞,梁广文等.状态空间法在昆虫种群生命系统研究中的应用.华南农业大学学报,1988,9(2):1~10
- 5 庞雄飞,梁广文等.稻田蜘蛛对稻纵卷叶螟生命系统的控制作用.华南农业大学学报,1988,9(3):16~23
- 6 梁广文,庞雄飞.稻纵卷叶螟种群生命系统的研究.中国水稻害虫综合防治新进展(全国植保总站编),杭州:浙江科学技术出版社,1988.215~238

CONTROL EFFECTS OF THE PREDATORS ON BROWN PLANTHOPPER POPULATION

Bao Huali Linag Guangwen Pang Xiongfei

(Laboratory of Insect Ecology)

Abstract The control effects of the predators on the population of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* was studied in the light of rotation composite design of regression and the state—space method in this paper. The main predators in paddy field in Hailing Island in Guangdong province as the object population for constructing the equation of populations control index(IPC). It was emphasized that the state—space method and IPC could be used to study the integrative control effects of the predators on pest insects.

Key words Rotation compose design of regression; State—space approach; *Nilaparvata lugens*; predators