

多物种复合种群捕食量的数学模型及 在褐稻虱数量预测中的应用*

吴进才

庞雄飞

(江苏农学院植保系, 扬州)

(华南农业大学昆虫生态室, 广州)

摘 要

本文应用二次回归旋转组合设计方法,研究了4种蜘蛛(拟水狼蛛、食虫瘤胸蛛、棕管巢蛛、菱头跳蛛)与褐稻虱共存系统捕食量的数学模型。对捕食量模型的分析可以了解各天敌类群间的相互作用和各类天敌不同数量与褐稻虱不同密度组合下对褐稻虱捕食量的影响。同时建立了各类天敌在田间数量增长的亚模型,应用现代控制论的状态空间分析法建立了褐稻虱的状态方程,用以研究褐稻虱种群数量预测和数量控制。其中系数矩阵以褐稻虱田间生命表数据作为基础,以各虫期数量作为输入向量,以微蛛、狼蛛、管巢蛛、跳蛛4类天敌和褐稻虱数量所建立的捕食量模型构成控制矩阵和控制向量。应用该模型预测褐稻虱数量变化,结果预测值与实测值的增减趋势基本相似。

关键词: 天敌-褐稻虱复合种群, 二次回归旋转组合设计, 捕食量模型, 数量预测。

许多研究表明捕食性天敌是影响褐稻虱数量动态的重要因子^[1-3]。有关捕食者-猎物系统的研究一直是种群生态学的活跃课题,尤其是捕食者-猎物系统模型研究文献甚多^[4-5]。然而,稻田捕食性天敌种类繁多;一种天敌往往捕食多种害虫、一种害虫又会被多种天敌捕食;捕食性天敌种间种内还存在着相互制约的复杂情况。目前,多物种共存系统捕食作用的估算仍是一个较难解决的问题^[6-7]。另外, Hughes 等(1984)认为各种群生命系统连锁的研究可能是研究生态系的一个很好的方法。稻田生态系中,连接各生命系统的重要成员是捕食性天敌。因此研究多种天敌-害虫共存系统捕食量模型,它正是以种群生命系统为基础组建害虫系统模型,研究害虫协调管理(IPM)的关键问题。本文应用二次回归旋转组合设计(composite design of quadratic regression rotation)探讨上述问题。

一、研究方法

捕食量模型的组建:选择江苏句容稻田四种蜘蛛(拟水狼蛛 *Pirata subpiraticus*、食虫瘤胸蛛 *Oedothorax insecticeps*、棕管巢蛛 *Clubiona japonicola*、菱头跳蛛 *Bianor hotingchichi*)作为捕食性天敌的代表。在二次回归旋转组合设计中,把每种天敌和害虫密度看成是影响褐稻虱被捕食量的一个因素。4种天敌、1种害虫共存系统属5因素试验设计,即按5因子(1/2实施)二次回归旋转组合设计表安排试验^[8]。试验均在盆栽水稻笼罩内进行,按设计要求接入一定数量的天敌和褐稻虱,3天后检查褐稻虱被捕食数。建立捕食量模型。天敌和褐稻虱均采自田间。中心点重复6次,每个物种的-1和+1水平重复8次。

* 沈斌斌同志协助一部分调查和试验工作;句容县病虫测报站给以大力支持,特此致谢。

本文于1990年1月16日收到。

褐稻虱自然种群生命表组建, 每3天调查一次田间各类天敌和褐稻虱数量。调查时用目测法仔细清点所有天敌和褐稻虱。每次随机查50穴水稻, 并用排除天敌法测定褐稻虱若虫自然存活率。应用平均龄历期法建立褐稻虱自然种群生命表。盆栽和田间调查的水稻品种为盐梗二号, 田间管理完全类似于其它大田(系统调查田不用药)。试验于1988年完成。

二、结果与分析

1. 4种蜘蛛-褐稻虱共存系统捕食量模型与分析

(1) 捕食量的数学模型 4种蜘蛛-褐稻虱共存系统因子水平及编码值见表1, 试验结果见表2。

根据表2结果按二次回归旋转组合设计回归系数计算公式得下列捕食量的数学模型:

表1 因子密度水平及编码值*

Table 1 Density level and code value of factors

编码值	拟水狼蛛 (P_1)	食虫瘤胸蛛 (P_2)	棕管巢蛛 (P_3)	菱头跑蛛 (P_4)	褐稻虱 三龄若虫 (X)
-2	0	0	0	0	5
-1	1	1	1	1	10
0	2	2	2	2	20
1	3	3	3	3	40
2	4	4	4	4	80

* 褐稻虱的编码值采用 20×2^x 。

表2 5因子二次通用旋转组合设计及结果

Table 2 Composite design of quadratic common rotation of five factors and experimental result (Jurong, Jiangsu, 1988)

处理组合	拟水狼蛛 (P_1)	食虫瘤胸蛛 (P_2)	棕管巢蛛 (P_3)	菱头跑蛛 (P_4)	褐稻虱 三龄若虫 (X)	褐稻虱若虫 被捕食数 ($Y_{N,1}$)	模型估计值 ($\hat{Y}_{N,1}$)	处理组合	拟水狼蛛 (P_1)	食虫瘤胸蛛 (P_2)	棕管巢蛛 (P_3)	菱头跑蛛 (P_4)	褐稻虱 三龄若虫 (X)	褐稻虱若虫 被捕食数 ($Y_{N,1}$)	模型估计值 ($\hat{Y}_{N,1}$)
1	-1	-1	-1	-1	1	29	27.3	17	-2	0	0	0	0	9	12.6
2	-1	-1	-1	1	-1	9	7.8	18	2	0	0	0	0	15	14.5
3	-1	-1	1	-1	-1	7	4.8	19	0	-2	0	0	0	10	12.3
4	-1	-1	1	1	1	31	30.4	20	0	2	0	0	0	11	11.8
5	-1	1	-1	-1	-1	8	6	21	0	0	-2	0	0	15	16.8
6	-1	1	-1	1	1	32	31.6	22	0	0	2	0	0	18	19.3
7	-1	1	1	-1	1	32	30.8	23	0	0	0	-2	0	8	11.5
8	-1	1	1	1	-1	9	8.1	24	0	0	0	2	0	16	15.6
9	1	-1	-1	-1	-1	3	2	25	0	0	0	0	-2	1	3.1
10	1	-1	-1	1	1	37	36.9	26	0	0	0	0	2	58	58.9
11	1	-1	1	-1	1	39	38.1	27	0	0	0	0	0	12	13.1
12	1	-1	1	1	-1	4	4.1	28	0	0	0	0	0	14	13.1
13	1	1	-1	-1	1	31	30.4	29	0	0	0	0	0	14	13.1
14	1	1	-1	1	-1	3	3.4	30	0	0	0	0	0	13	13.1
15	1	1	1	-1	-1	3	2.5	31	0	0	0	0	0	13	13.1
16	1	1	1	1	1	36	36.4	32	0	0	0	0	0	16	13.1

$$\begin{aligned} \hat{Y}_{N,1,1} = & 13.1492 + 0.4583P_1 - 0.125P_2 + 0.625P_3 + 1.0417P_4 + 13.9583x \\ & - 0.9375P_1P_2 + 0.4375P_1P_3 - 0.0625P_1P_4 + 2.25P_1x \\ & + 0.1875P_2P_3 + 0.1875P_2P_4 - 0.3125P_2x - 0.6875P_3P_4 \\ & + 0.5625P_3x + 0.0625P_4x + 0.1008P_1^2 - 0.2742P_2^2 + 1.2258P_3^2 \\ & + 0.1004P_4^2 + 4.4758x^2 \end{aligned} \quad (1)$$

式中 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 、 x 分别为拟水狼蛛、食虫瘤胸蛛、棕管巢蛛、菱头跑蛛和褐稻虱的编码值。编码值与其密度 P'_i 、 x' 的关系为:

$P_i = P'_i - 2 (i = 1, 2, 3, 4)$, $x = \frac{\ln x' - 2.9957}{0.6932}$ 。对模型的 F 检验达极显著水平。

(2) 捕食量模型的分析 (i) 捕食量计算示例 建立了多物种共存系统捕食量模型, 只要将田间查得的各类天敌和褐稻虱密度转换成编码数值直接代入模型(1), 就可求出褐稻虱若虫被捕食量。例如9月13日调查得拟水狼蛛每穴1.8头($P_1 = -0.2$)、食虫瘤胸蛛每穴3.32头($P_2 = 1.32$)、棕管巢蛛每穴0.74头($P_3 = -1.26$)、菱头跳蛛每穴0.38头($P_4 = -1.62$)、褐稻虱若虫每穴24.46头($x = 0.4038$), 代入模型(1)得3天后褐稻虱被捕食16.8头/穴。(ii) 各参试物种密度对褐稻虱捕食量的影响

固定4个自变量取零水平, 导出另一自变量与捕食量关系的偏回归子模式。以此比较各物种对捕食作用影响的大小及了解各物种密度增加而导致捕食量的变化。5个物种的偏回归子模式分别为:

$$\hat{Y}_{N.I.P_1} = 13.1492 + 0.4583P_1 + 0.1008P_1^2$$

$$\hat{Y}_{N.I.P_2} = 13.1492 - 0.125P_2 - 0.2742P_2^2$$

$$\hat{Y}_{N.I.P_3} = 13.1492 + 0.625P_3 + 1.2258P_3^2$$

$$\hat{Y}_{N.I.P_4} = 13.1492 + 1.0417P_4 + 0.1004P_4^2$$

$$\hat{Y}_{N.I.x} = 13.1492 + 13.9583x + 4.4758x^2$$

上述方程的曲线见图1。

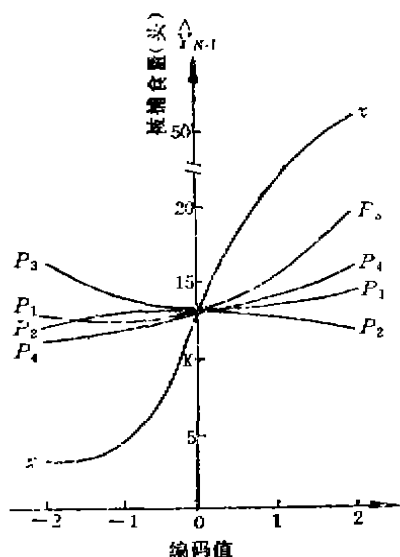


图1 各物种与褐稻虱被捕食量的关系
Fig.1 Relation of different species to the numbers of the nymph preyed

由图1可知, 当4种蜘蛛密度小于每穴2头(编码值小于0), 种间捕食作用大小依次为: 棕管巢蛛(P_3)、拟水狼蛛(P_1)、食虫瘤胸蛛(P_2)、菱头跳蛛(P_4); 当4种蜘蛛密度大于每穴2头, 捕食作用大小依次为: 棕管巢蛛、菱头跳蛛、拟水狼蛛、食虫瘤胸蛛。在4种蜘蛛中以棕管巢蛛的捕食作用最大, 食虫瘤胸蛛最小。

(iii) 参试中的两物种相互作用分析

在模型(1)中, 包含了参试的各物种中两物种组合对褐稻虱被捕食量的影响, 在分析中称为交互作用。两物种随各自密度的增加, 捕食量增加, 这里称为正交互作用, 反之称为负交互作用。负交互作用是由种间干扰、残杀引起。若以捕食总量、交互项中两物种组成3向立体坐标, 可得不同密度下捕食量的一个反应面。5个物种共存系统有10组交互作用, 为

节省篇幅, 现仅分析拟水狼蛛与食虫瘤胸蛛、棕管巢蛛、菱头跳蛛及棕管巢蛛与菱头跳蛛的交互作用。其反应面见图2。从这些图中分析得知拟水狼蛛与食虫瘤胸蛛, 棕管巢蛛与菱头

跳蛛负交互作用较强, 而拟水狼蛛与菱头跳蛛, 拟水狼蛛与棕管巢蛛负交互作用较弱。

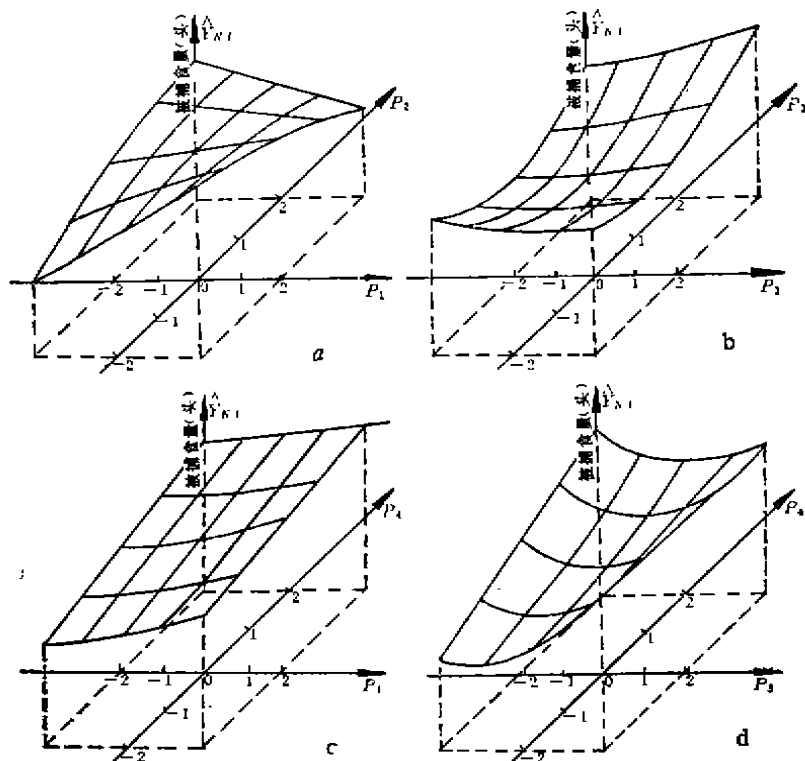


图2 拟水狼蛛(P_1)与食虫瘤胸蛛(P_2), 拟水狼蛛(P_1)与棕管巢蛛(P_3), 拟水狼蛛与菱头跳蛛(P_4), 棕管巢蛛(P_3)与菱头跳蛛(P_4)的交互作用反应面。
Fig.2 Interaction response surfaces of *P. subpiraticus*(P_1) with *O. insecticeps*(P_2), *P. subpiraticus* with *C. japonicola*(P_3), *P. subpiraticus* with *B. hottingchiehi*(P_4) and *C. japonicola* with *B. hottingchiehi*, respectively

2. 捕食量模型在褐稻虱数量预测中的应用

庞雄飞等(1988)根据昆虫种群的特点, 提出了应用状态空间分析法研究害虫种群数量控制的可能性。本文在此基础上, 把捕食性天敌的捕食作用作为边界因子设计为直接对状态变量发生影响, 这样可以把建立的捕食量模型嵌入控制矩阵中, 由调查的各类天敌数量或各类天敌种群增长亚模型研究种群数量预测和数量控制问题。状态方程设计为:

$$X(t + \Delta t) = AX(t) - BU(t) \quad (2)$$

式中 $X(t)$ 、 $X(t + \Delta t)$ 分别为时刻 t 、 $t + \Delta t$ 的状态向量; A 为系数矩阵; B 为控制矩阵; $U(t)$ 为 t 时刻的控制向量。

边界因子对褐稻虱种群生命系统的作用见图3。

褐稻虱第三代发育历期及各期存活率见表3。本文把捕食性天敌对褐稻虱若虫的捕食作用作为控制变量从捕食作用存活

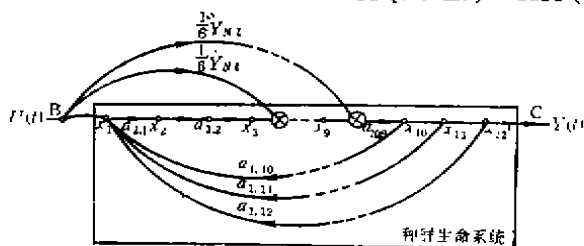


图3 边界因子对褐稻虱种群生命系统的作用
Fig.3 Effect of boundary factors on population life system of *N. lugens*

率独立出来,按实际调查的各类捕食性天敌和褐稻虱若虫密度代入模型(1)推算褐稻虱若虫被捕食数。所以表3中“捕食”引起的存活率设计为1.0000。

表3 褐稻虱第三代生命表

Table 3 Third generation life table of *N. lugens* natural population (Jurong, Jiangsu 1988.9)

虫态	历 期 (天)	死亡因子 (dx/F)	各死亡因子作用存 活率或产卵量	各虫期存活率 或产卵量(S_x)	状态序号 (i)	各状态存活 率或产卵量
卵	9	捕食	$S_1 = 0.9372$	$S_E = 0.7604$	1	$a_{3,1} = 0.9127$
		寄生	$S_2 = 0.8501$		2	$a_{3,2} = 0.9127$
		不孵	$S_3 = 0.9191$		3	$a_{4,3} = 0.9127$
若虫	18	捕食	$S_4 = 1.0000$	$S_N = 0.6804$	4	$a_{5,4} = 0.9378$
		寄生	$S_5 = 0.9848$		5	$a_{6,5} = 0.9378$
					6	$a_{7,6} = 0.9378$
					7	$a_{8,7} = 0.9378$
		自然死亡	$S_6 = 0.6909$		8	$a_{9,8} = 0.9378$
					9	$a_{10,9} = 0.9378$
成虫*	9	产卵(粒/头)	$FP_F P_{\text{♀}} = 83$		10	$a_{1,10} = 11.9$
					11	$a_{1,11} = 35.6$
					12	$a_{1,12} = 35.6$

* 成虫产卵量引用附近地区上海的资料,成虫产卵从羽化后第9天到第9天平均计算。

由此得以下褐稻虱种群生命系统状态方程:

$$X(t + \Delta t) =$$

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 11.9 & 35.6 & 35.6 \\ 0.9127 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.9127 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.9127 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.9378 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.9378 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.9378 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.9378 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.9378 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.9378 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \\ x_4(t) \\ x_5(t) \\ x_6(t) \\ x_7(t) \\ x_8(t) \\ x_9(t) \\ x_{10}(t) \\ x_{11}(t) \\ x_{12}(t) \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix}
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 1/6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1/6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/6 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/6 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{pmatrix}
 \begin{pmatrix}
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 \hat{Y}_{N,1,1}(t) \\
 \hat{Y}_{N,1,1}(t) \\
 \hat{Y}_{N,1,1}(t) \\
 \hat{Y}_{N,1,1}(t) \\
 \hat{Y}_{N,1,1}(t) \\
 \hat{Y}_{N,1,1}(t) \\
 0 \\
 0 \\
 0
 \end{pmatrix}
 \quad (3)$$

这里拟把捕食量模型(1)设计为整个若虫期的捕食量而平分给各个龄期,田间褐稻虱也以各龄若虫合计数代入模型计算被捕食量。不过如能对每个龄期建立多物种共存系统捕食量模型,效果将会更好,这方面的工作我们将继续完善。 $\hat{Y}_{N,1,1}$ 可写成以下矩阵形式。

$$\hat{Y}_{N,1,1}(t) = [1 \ P_1(t) \ P_2(t) \ P_3(t) \ P_4(t) \ x(t)]
 \begin{pmatrix}
 13.1492 \\
 0.4583 \quad 0.1008 \\
 -0.125 \quad -0.9375 \quad -0.2742 \\
 0.625 \quad 0.4375 \quad 0.1875 \quad 1.2258 \\
 1.0417 \quad -0.0625 \quad 0.1875 \quad -0.6875 \quad 0.1004 \\
 13.9583 \quad 2.25 \quad -0.3125 \quad 0.5625 \quad 0.0625 \quad 4.4758
 \end{pmatrix}
 \begin{pmatrix}
 1 \\
 P_1(t) \\
 P_2(t) \\
 P_3(t) \\
 P_4(t) \\
 x(t)
 \end{pmatrix}$$

t 时刻蜘蛛种群数量增长亚模型为:

$$P_1(t) = 0.6622t - 0.0421t^2 - 0.0346 \quad (F = 18.2^{**})$$

$$P_2(t) = 0.3775t - 0.0167t^2 + 0.1888 \quad (F = 12.01^{**})$$

$$P_3(t) = 0.5$$

$$P_4(t) = 0.5397e^{-0.0548t}$$

$$(r = -0.6827^{**})$$

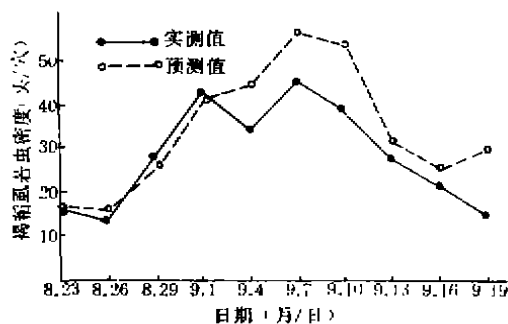


图4 第三代褐稻虱若虫数量预测值与实测值的比较 (江苏句容 1988.9)

Fig. 4 Comparison of prediction value and field value of the third generation nymph (Jiurong, Jiangsu, 1988.9)

t 从8月17日设为1, 时间增量 $\Delta t = 3$ 天。由模型(3)连续预测10个时间单位(计30天, 一个世代)第三代褐稻虱若虫数量见图4。图中预测值与实测值数量增减趋势基本相同。预测值9月16日后若虫数量回升, 此时已属第四代若虫。在江苏句容9月上旬未羽化的成虫部分开始迁出, 可能是田间第四代若虫数量偏少的原因之一。

三、讨 论

近年来许多作者对捕食性天敌的田间数量消长、捕食作用进行了调查研究。有些进行了功能反应和选择性试验。从应用角度来看,研究捕食性天敌的一个重要方面是多物种共存系统中天敌捕食量的估计。而这正是目前较难解决的问题。其难点在于田间捕食性天敌的捕食总量不等于单种天敌测定的捕食量的算术累加。农田生态系中种间关系复杂,物种间具有干扰和残杀现象。由于干扰和残杀,捕食性天敌数量的增加对害虫的捕食量增加量趋缓或下降,尤其在猎物低密度时种间干扰、残杀更为严重。本试验应用多因素-二次回归旋转组合设计研究多物种共存系统害虫被捕食量的问题,建立捕食量的数学模型,通过模型有可能分析种间种内的复杂关系。并以褐稻虱种群生命表为基础,研究褐稻虱数量预测和数量控制。

影响褐稻虱种群数量的因子是复杂的,品种抗性、气候因素、栽培条件等未纳入本试验之中。对褐稻虱来说,仅选择了3龄若虫建立捕食量模型,如能分别各个龄期,甚至对卵、成虫也建立捕食量模型将会得出更好的结果。

参 考 文 献

- [1] Holt, J. Cook, A. G., Perfect T. J. and Norton G. A., 1987, Simulation analysis of brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) population dynamics of rice in the Philippines, *J. Applied Ecology*, 24:87—102.
- [2] 王拱全编著, 1981, 《稻田蜘蛛的保护利用》, 湖南科技出版社。
- [3] 高春先、顾秀慧、贝亚维、王仁民, 1988, 褐稻虱再猖獗原因的探讨, 生态学报 8(2):155—163.
- [4] Hassell, M. P. and Comins H. N., 1978, Sigmoid functional response and population stability, *Theor. Popu. Bio.*, 14:62—87.
- [5] 丁岩钦、兰仲雄、陈玉平, 天敌-害虫系统中寻找效应数学模型研究, 生态学报 3(2):141—149.
- [6] Debach, P., C. B. Huffaker and MacPhee A. W., 1976, Evaluation of the impact of natural enemies, In *theory and practice of biological control* Edited by C. B. Huffaker/P. S. Messenger, Academic press.
- [7] 罗肖南、卓文禧, 1986, 稻田飞虱与天敌数量消长关系及其自然控制作用考查, 昆虫天敌 8(2):72—79.
- [8] 丁希泉编著, 1986, 《农业应用回归设计》, 吉林科学技术出版社。
- [9] Manly, B. F., Miller J. P. and Cook L. M., 1972, Analysis of a selective predation experiment, *American Naturalist* 106:719—763.
- [10] Murdoch, W. W., 1973, The functional response of predators, *J. Applied Ecology*, 10:335—342.
- [11] Murdoch, W. W., Chesson J. and Chesson P. L., 1985, Biological control in theory and practice, *American Naturalist*, 125:344—388.
- [12] 兰仲雄、丁岩钦、陈玉平, 1985, 天敌-害虫系统中两种天敌与一种害虫相互作用形式的几个数学模型, 生态学报 5(1):43—54.

MATHEMATICAL MODEL FOR PREDATION OF NATURAL ENEMY COMPLEX AND ITS APPLICATION TO FORE- CASTING POPULATION OF THE BROWN PLANTHO- PPER (*NILAPARVATA LUGENS* STÅL)

Wu Jin-Cai

(Department of Plant Protection, Jiangsu Agricultural College, Yangzhou)

Pang Xiong-Fei

(Laboratory of Entomocology, South China Agricultural University, Guangzhou)

A mathematical model describing a coexistence system which contains brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) and four spiders (*Pirata subpiraticus*, *Oedothorax insecticeps*, *Clubiona japonicola*, *Bianor hotingchieshi*) was studied by rotation composite design of quadratic regression in this paper. Effects of different density combinations of these species on numbers of prey were analysed through the model. Meanwhile, the submodel of several spiders growth in field was constructed and the state equation of the brown planthopper was constructed by state-space approach in order to study forecasting population and control of the pest. In the equation, the survival rate in the life table was taken as a base of the matrix A and the numbers of the pest at different stages taken as the input vector $X(t)$, and the model of the numbers of prey by the spider complex treated as a control matrix. The result showed that the trend of increase or decline of the population was similarly to that of actual observation.

Key words: natural enemy-brown planthopper population complex, quadratic regression rotation composite design, predation model, population forecasting.