

昆虫种群控制系统的信息处理(二)

—多种群共存系统的信息处理问题

庞雄飞 吴进才*

(昆虫生态研究室)

摘要 在昆虫种群控制系统中,往往遇到多种捕食性天敌共同作用于对象种群的问题。每一种天敌的作用,与本身的密度有关,与对象种群的密度有关,与其他被捕食者的密度有关,还有各种天敌相互作用的情况。在这种情况下如何提取控制作用的信息,这是昆虫种群系统研究中较难解决的问题。本文应用二次回归旋转组合设计,通过3种天敌2种害虫相互作用的试验,建立多种群共存系统相互作用模型,提出多种群共存系统信息处理的研究途径,为多种群共存系统及昆虫种群系统的控制研究提供参考。

关键词 昆虫种群;系统控制

Volterra (in Chapman)^[8],详细地讨论了2个种群、3个种群以及多个种群相互关系的各种情况,并进行了数学模拟。近代的许多学者进行了不少研究和对这些数学模型进行修改和补充^[7]。刘永清和宋中昆^[4]也专门讨论了Lotka—Volterra模型在几个种群共存系统的情况。这说明了种群间的相互关系在数学上和在生物学上都引起重视和兴趣。在多个种群共存时,其相互关系在数学上可以用各个种群相互作用的系数进行描述。在生物学上要求通过试验把这些相互作用的系数量化。共存而相互作用的种群愈多,系数愈多,试验安排的困难愈大。随着系统处理方法的发展,可以把种群划分为不同的状态,各状态分别承受其中一些因子的作用,这可以把复杂的边界因子其中包括天敌的作用分散而相对地简化了^[2,3],但仍存在着多种群同时作用于对象种群的一个状态的问题。例如捕食性天敌,每一种天敌的作用,与本身的密度有关,与对象种群的密度有关,与其他捕食者的密度有关,还存在着各种天敌相互作用的复杂情况。这是多种群共存系统和在这个系统中提取对种群系统控制作用的信息研究中的一个重要问题。

1 多种群共存系统的模拟模型

在这里将以5个种群共存系统作为实例进行描述。这5个种群是相互作用的。可以是4种天敌和1种害虫,可以是3种天敌2种害虫,也可以是2种天敌3种害虫等。这5个种群的相互关系可以采用下面的网络模型进行描述(图1)。在该模型中,方框内

* 吴进才现在江苏农学院工作。

1989年12月16日收稿

为5个种群共存的系统, P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 为该5个种群的状态(变量), 各状态间的有向线段表示各种群的相互联系, 其中 a_{ij} 为状态的转移关系; 在方框的两侧, $P_i(t_0)$ 为时刻 t_0 的状态变量, 组成输入向量, $P_i(t_1)$ 为经历一个单位时间后的状态变量, 组成输出向量。在5个种群中, P_5 为对象种群, P_{5i} 为该种群的一个状态。在方框下方为对象种群受控作用的输出 b_i , 通过处理成为对 P_{5i} 的控制信息, 输入 P_5 种群系统传输之中。

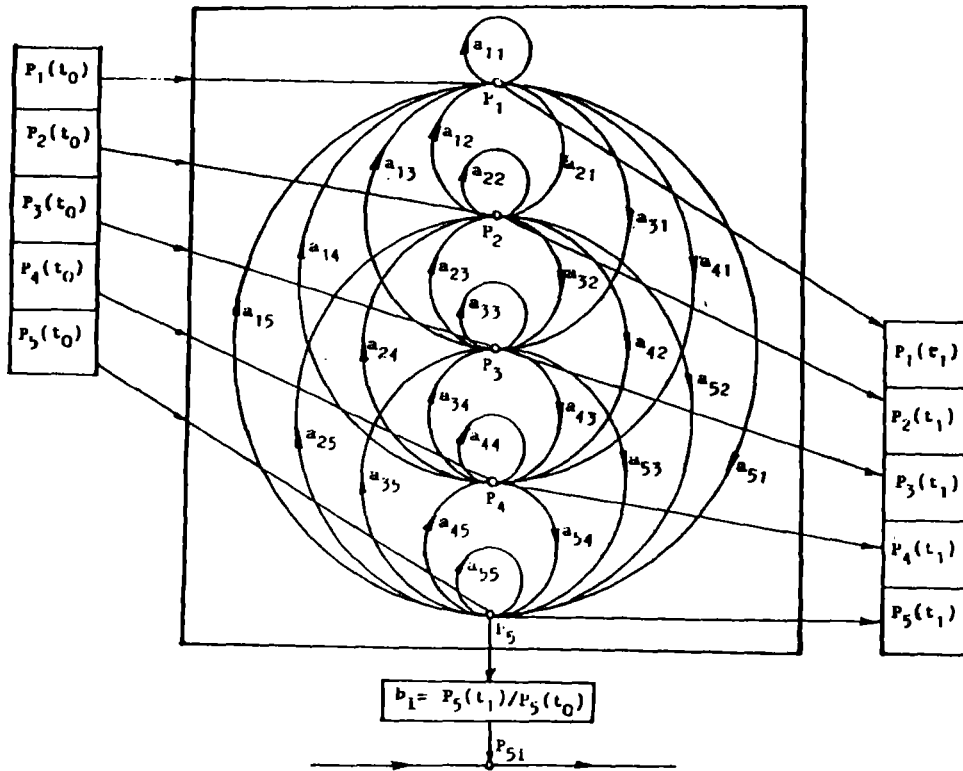


图1 5个种群共存系统相互作用的模拟(解释如文)

设该模型的转移关系的转移时间是同步的, 均以 t_1 为转移时间单位, 全部转移关系均以相互作用的概率表示。该网络模型符合马尔柯夫链的特征, 可以用下面的矩阵模型表示。

$$\begin{bmatrix} P_1(t_1) \\ P_2(t_1) \\ P_3(t_1) \\ P_4(t_1) \\ P_5(t_1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_1(t_0) \\ P_2(t_0) \\ P_3(t_0) \\ P_4(t_0) \\ P_5(t_0) \end{bmatrix} \dots\dots\dots (1)$$

采用同样的通过网络模型建立矩阵模型的方法, 可以建立2个以上相互联系的种群的数学模型。问题在于采用试验方法把全部转移概率量化。按照一般的试验方法, 如果每个种群安排5个数量水平进行试验, 要求3125个处理, 才能解决5个种群的相互作用的研究。处理数过大, 将会带来工作上的困难。在试验设计中, 对多因素多变量的

研究, Box^[5,6] 提出二次回归旋转组合设计 (Rotation composite design of quadratic regression), 和正交试验设计相似的是最大限度减少处理数, 同时形成了规范化的试验组合, 以及完整的试验结果计算和建立模型的方法。本文试用这个方法研究解决上述转移矩阵中的转移系数估计问题。

2 二次回归通用旋转组合设计简介

在二次回归旋转设计中, 根据设计方法和数据处理的不完全相同, 分为二次回归通用旋转设计和二次回归正交旋转设计。这里主要介绍二次回归通用旋转组合设计方法。

二次回归通用旋转组合设计按下面的规范下安排。

2.1 把参试的每个因子取 5 个规范的自然变量, 即 5 个数量水平。其中包括上水平、下水平、零水平、 r 及 $-r$ 水平。

每个因子的上水平和下水平的取值按试验要求决定, 零水平为上水平与下水平的中值, 即零水平把上、下水平划分为 2 个等值的区间。 r 及 $-r$ 两个水平的取值依赖于参数 r , 参数 r 依赖于参试因子的数量 P 。当设计方案全部实施时, $r=2^{P/4}$; 取 $1/2$ 实施时, $r=2^{(P-1)/4}$; 取 $1/4$ 实施时, $r=2^{(P-2)/4}$; 取 $1/8$ 实施时, $r=2^{(P-3)/4}$ 。

r 的取值 = 上水平 + $(r-1) \times$ 变化区间

$-r$ 的取值 = 下水平 - $(r-1) \times$ 变化区间

在试验方案中, 每个因子的 5 个自然变量的有量纲的数量水平要求转换为无量纲的 $-r, -1, 0, 1, r$ 的编码值, 以便于建立规范化的数学模型及模型的系数计算。

2.2 全部试点数 N 由三部分组成, 即:

$$N = m_c + m_r + m_0$$

表 1 二次回归通用旋转组合设计参数表

参试因子数(P)	m_c	m_r	m_0	N	r	系数个数
2	4	4	5	13	1.414	6
3	8	6	6	20	1.682	10
4	16	8	7	31	2.000	15
4(1/2 实施)	8	8	4	20	1.682	15
5(1/2 实施)	16	10	6	32	2.000	21
6(1/2 实施)	32	12	9	53	2.378	28
6(1/4 实施)	16	12	4	32	2.000	28
7(1/2 实施)	64	14	14	92	2.828	36
7(1/4 实施)	32	14	8	54	2.378	36
8(1/4 实施)	64	16	13	93	2.828	45
8(1/8 实施)	32	16	7	55	2.378	45

其中 m_c 个试点分布在半径为 $\sqrt{P}$ 的球面上; m_r 个试点分布在半径为 r 的球面上; 全部 m_0 个试点分布在中心点(半径为零的球面)上。 m_c 的试点数依赖于参试因子的数目 P 。具体来说, 取全部实施时 $m_c = P^2$; 取 $1/2$ 实施时, $m_c = 2^{P-1}$; 取 $1/4$ 实施时, $m_c =$

2^{P-2} ; 取 1/8 实施时, $m_c = 2^{P-1}$ 。 m_r 试点数为参试因子数的 2 倍 ($m_r = 2P$)。为了使旋转设计具有通用性, 即在球面上的试点距中心点在 0~1 范围内, 预测值 $\hat{y}$ 的方差基本相等, 要求在中心点补充 m_0 个试点。其取点数及 m_c, m_r, N 的数目列表于下(表 1)。

2.3 二次回归旋转组合设计的试验结果, 以下面的数学模型表示:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{j=1}^P b_j x_j + \sum_{i<j}^P b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^P b_{ii} x_i^2 + \dots \quad (2)$$

式(2)中的回归系数计算公式如下:

$$b_0 = K \sum_{\cdot} y_{\cdot} + E \sum_{j=1}^P \left(\sum_{\cdot} X_{0j}^2 y_{\cdot} \right)$$

$$b_j = e^{-1} \sum_{\cdot} X_{0j}^2 y_{\cdot}$$

$$b_{ij} = m_c^{-1} \sum_{\cdot} X_{ij} X_{0j} y_{\cdot}$$

$$b_{ii} = (F - G) \sum_{\cdot} X_{ii}^2 y_{\cdot} + G \sum_{j=1}^P \sum_{\cdot} X_{ij}^2 y_{\cdot} + E \sum_{\cdot} y_{\cdot}$$

其中:

$$e = m_c + 2r^2$$

$$f = m_c + 2r^4$$

$$H = 2r^4 [Nf + (P-1)Nm_c - Pe^2]$$

$$K = 2r^4 H^{-1} [f + (P-1)m_c]$$

$$F = H^{-1} [Nf + (P-2)Nm_c - (P-1)e^2]$$

$$E = -2H^{-1} e r^4$$

$$G = H^{-1} (e^2 - Nm_c)$$

为了便于应用, 常用的几个系数值列表于下(表 2)

表 2 常用的几个系数值表(据丁希泉^[1])

P	K	E	F	G	e
2	0.2	-0.1	0.143 75	0.018 75	7.998 79
3	0.166 340 2	-0.056 792	0.069 39	0.006 890 03	13.658 25
4	0.142 857 1	-0.035 714 2	0.034 970 2	0.003 720 23	24
4(1/2 实施)	0.224 241 83	-0.063 796 8	0.070 233 53	0.007 733 52	13.658 25
5(1/2 实施)	0.159 090 9	-0.034 090 9	0.034 090 9	0.002 840 9	24
6(1/2 实施)	0.110 748 7	-0.018 738	0.016 842 2	0.001 217 24	43.309 77
6(1/4 实施)	0.2	-0.037 5	0.034 375	0.003 125	24
7(1/2 实施)	0.070 312 5	-0.009 765 62	0.000 488 281	0.008 300 78	79.995 17
7(1/4 实施)	0.119 043 6	-0.017 903 66	0.016 581 525	0.000 956 53	43.309 77
8(1/4 实施)	0.769 230 8	-0.009 615 39	0.008 233 173	0.000 420 67	79.995 17
8(1/8 实施)	0.123 495 9	-0.016 715 94	0.016 325 107	0.000 700 11	43.309 77

在多个种群相互作用的系统中, 参试的是各个种群。如果采用二次回归通用旋转设

计方法,每一种群作为一个参试因子,按设计规范选取5个变量水平,并转换成编码值,按规范安排试验,经历一定时间后记录每一种群残留的数量,将可建立各个种群的数量动态模型。把这些数量动态模型组合起来,有可能替代方程1中的转移矩阵,输入时刻 t_0 各个种群的状态向量,输出时刻 t_1 各个种群的状态向量,同时输出对其中任何一个种群控制作用的信息。

为了进一步说明,在这里举出五个种群共存系统通过二次回归通用旋转设计试验结果作为实例进一步讨论。

3 三种天敌两种害虫共存系统的动态模拟

供试的3种天敌为食虫瘤胸蛛(P_1)、拟水狼蛛(P_2)、青翅蚊形隐翅虫(P_3)稻纵卷叶螟4龄幼虫(P_4)和褐稻虱3龄若虫(P_5)。在盆栽笼罩内的水稻上进行试验。试验按5因子 $1/2$ 实施的二次回归通用旋转设计方案进行。供试的天敌及害虫的数量水平及编码值见表3。

表3 供试天敌及害虫数量水平及编码值对照表

编码值 (X)	食虫瘤胸蛛 (X_1)	拟水狼蛛 (X_2)	青翅蚊形 隐翅虫 (X_3)	稻纵卷叶螟 4龄幼虫 (X_4)	褐稻虱 3龄若虫 (X_5)
-2	0	0	0	0	0
-1	0.5	0.5	0.5	3	5
0	1	1	1	6	10
1	1.5	1.5	1.5	9	15
2	2	2	2	12	20

试验设计见表4。试验经3天后检查,3天后检查各种群的保留数量列于表4中最后5行的 $y_{P_1}, y_{P_2}, y_{P_3}, y_{P_4}, y_{P_5}$ 内;表4的最后5列为计算结果,便于计算方程2中的系数。

为了组建该5个种群相互作用的模型,方程2可改为矩阵模型的形式(方程3)。

$$\hat{y} = [1 \quad X_1 \quad X_2 \quad X_3 \quad X_4 \quad X_5] \begin{bmatrix} b_0 & & & & & \\ b_1 & b_{11} & & & & \\ b_2 & b_{12} & b_{22} & & & \\ b_3 & b_{13} & b_{23} & b_{33} & & \\ b_4 & b_{14} & b_{24} & b_{34} & b_{44} & \\ b_5 & b_{15} & b_{25} & b_{35} & b_{45} & b_{55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{或: } \hat{y}_{P_i} = P_i(t) = X^T B_{P_i} X$$

由此可得5个种群共存系统相互作用的动态模型(4)。

$$[X^T(t)X^T(t)X^T(t)X^T(t)X^T(t)] \begin{bmatrix} B_{r_1} & & & & \\ & B_{r_2} & 0 & & \\ & & B_{r_3} & & \\ & 0 & & B_{r_4} & \\ & & & & B_{r_5} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X(t) \\ X(t) \\ X(t) \\ X(t) \\ X(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_1(t+1) \\ P_2(t+1) \\ P_3(t+1) \\ P_4(t+1) \\ P_5(t+1) \end{bmatrix} \cdots (4)$$

表4 5种群共存系统二次回归通用旋转设计试点安排及试验结果

No.	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₁ X ₂	X ₁ X ₃	X ₁ X ₄	X ₁ X ₅	X ₂ X ₃	X ₂ X ₄	X ₂ X ₅	X ₃ X ₄	X ₃ X ₅	X ₄ X ₅
1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1
2	-1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1
3	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1
4	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1
5	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1
6	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1
7	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	-1
8	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	1	1
9	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1
10	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1
11	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1
12	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1
13	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1
14	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1
15	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A _{r1}	11	-1.5	-1.5	-3	4	0	-1	1	2	2.5	2	-1	-1		
A _{r2}	0	9	-4	0	0	2	-1	-1	1	-1	1	-1	0		
A _{r3}	0.5	1.5	8.5	0.5	1.5	1.5	0.5	-1.5	-0.5	1.5	-0.5	0.5	0.5		
A _{r4}	0	0	0	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
A _{r5}	-8	-8	5	-8	70	-7	4	1	1	4	3	11	-6		

表4(续)

No.	X_3X_5	X_4X_5	X_1^2	X_2^2	X_3^2	X_4^2	X_5^2	Y_{P1}	Y_{P2}	Y_{P3}	Y_{P4}	Y_{P5}
1	-1	-1	1	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5	3	9.5
2	1	-1	1	1	1	1	1	0	0.5	0.5	9	4
3	-1	1	1	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5	3	5
4	1	1	1	1	1	1	1	0	0.5	1.5	9	6.5
5	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0.5	3	3
6	-1	1	1	1	1	1	1	0	1	0.5	9	10.5
7	1	-1	1	1	1	1	1	0.5	0.5	1	3	11
8	-1	-1	1	1	1	1	1	0.5	1	1	9	3
9	1	1	1	1	1	1	1	1	0.5	0.5	3	4
10	-1	1	1	1	1	1	1	1.5	0.5	0.5	9	8.5
11	1	-1	1	1	1	1	1	1.5	0.5	1	3	9.5
12	-1	-1	1	1	1	1	1	0.5	0	0.5	9	3.5
13	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1.5	0.5	3	8.5
14	1	-1	1	1	1	1	1	1	1.5	0.5	9	1
15	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.5	3	3
16	1	1	1	1	1	1	1	1.5	1	1.5	9	8.5
17	0	0	4	0	0	0	0	0	1	1	6	8
18	0	0	4	0	0	0	0	2	1	1	6	7
19	0	0	0	4	0	0	0	1	0	1	6	9
20	0	0	0	4	0	0	0	0	2	1	6	6
21	0	0	0	0	4	0	0	1	1	0	6	7
22	0	0	0	0	4	0	0	0	0	2	6	9
23	0	0	0	0	0	4	0	1	1	1	0	6
24	0	0	0	0	0	4	0	1	1	1	8	6
25	0	0	0	0	0	0	4	0	1	1	6	0
26	0	0	0	0	0	0	4	1	1	1	6	12
27	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	6	7
28	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	6	7
29	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	6	7
30*	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	6	6
31	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4	7
32	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	6
A_{P1}	0	0	19	15	15	19	15	19	27	26.5	185	209
A_{P2}	0	0	20	20	16	20	20	19	27	26.5	185	209
A_{P3}	1.5	1.5	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	19	27	26.5	185	209
A_{P4}	0	0	144	144	144	144	144	19	27	26.5	185	209
A_{P5}	-4	-1	159	159	163	147	147	19	27	26.5	185	209

上述试验结果通过计算,其系数矩阵 B_{p_i} 为:

$$B_{p_1} = \begin{bmatrix} 0.1926 & & & & & \\ 0.4583 & 0.1818 & & & & 0 \\ -0.0625 & 0 & 0.056 & & & \\ -0.0625 & -0.0625 & 0.125 & 0.056 & & \\ -0.125 & -0.0625 & 0.125 & -0.625 & 0.1818 & \\ 0.1667 & 0.125 & -0.0625 & 0 & 0 & 0.056 \end{bmatrix}$$

$$B_{p_2} = \begin{bmatrix} 1.0227 & & & & & \\ 0.0417 & -0.0227 & & & & 0 \\ 0.375 & 0.125 & -0.0227 & & & \\ -0.1667 & -0.0625 & -0.0625 & -0.0227 & & \\ 0 & -0.0625 & -0.0625 & 0 & -0.0227 & \\ 0 & 0.0625 & -0.0625 & 0 & 0 & -0.0227 \end{bmatrix}$$

$$B_{p_3} = \begin{bmatrix} 0.7216 & & & & & \\ 0.0208 & 0.0284 & & & & 0 \\ 0.0625 & 0.0937 & 0.0284 & & & \\ 0.3542 & 0.0313 & 0.0937 & 0.0284 & & \\ 0.0208 & -0.0937 & -0.0313 & 0.0625 & 0.0284 & \\ 0.0625 & -0.0131 & -0.0313 & 0.0937 & 0.0937 & 0.0284 \end{bmatrix}$$

$$B_{p_4} = \begin{bmatrix} 4.8815 & & & & & \\ 0 & 0.2147 & & & & 0 \\ 0 & 0 & 0.2147 & & & \\ 0 & 0 & 0 & 0.2147 & & \\ 2.6667 & 0 & 0 & 0 & 0.2147 & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2147 \end{bmatrix}$$

$$B_{p_5} = \begin{bmatrix} 6.8296 & & & & & \\ -0.3333 & 0.0454 & & & & 0 \\ -0.3333 & -0.4375 & 0.0454 & & & \\ 0.2083 & 0.25 & 0.25 & 0.1704 & & \\ 0.3333 & 0.0625 & 0.1875 & -0.375 & -0.3296 & \\ 2.9167 & 0.0625 & 0.6875 & -0.25 & -0.0625 & -0.3296 \end{bmatrix}$$

[经回归方程的 F 检验,5个种群共存系统相互作用模型 $\hat{Y}_1, \hat{Y}_2, \hat{Y}_3, \hat{Y}_4, \hat{Y}_5$ 除 $\hat{Y}_5$ 不显著外,其余均达到显著水平,表明模型拟合较好。5个种群共存系统试验中心点误差方差 S_{ep} 分别为 $S_{ep_1}=0.1667, S_{ep_2}=0, S_{ep_3}=0.2667, S_{ep_4}=0.7, S_{ep_5}=0.267。$]

例如,设:

$$\begin{bmatrix} P_1(t) \\ P_2(t) \\ P_3(t) \\ P_4(t) \\ P_5(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 1 \\ 1 \\ 3 \\ 15 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{编码值}} \begin{bmatrix} X_1(t) = -1 \\ X_2(t) = 0 \\ X_3(t) = 0 \\ X_4(t) = -1 \\ X_5(t) = 1 \end{bmatrix} \text{代入模型(4):} \begin{bmatrix} P_1(t+1) \\ P_2(t+1) \\ P_3(t+1) \\ P_4(t+1) \\ P_5(t+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.3831 \\ 0.7879 \\ 0.6716 \\ 2.8589 \\ 9.8622 \end{bmatrix}$$

由此可以得出该5个种群相互作用的控制作用的信息。该试验延续3天,3天内相互控制的信号为:

对食虫瘤胸蛛: $0.3831/0.5=0.7662$; 对拟水狼蛛: $0.7879/1=0.7879$

对青翅蚊形隐翅虫: $0.6716/1=0.6716$; 对稻纵卷叶螟4龄幼虫: $2.8589/3=0.9530$; 对褐稻虱3龄若虫: $9.8622/15=0.6575$

该模型还可能以 $P(t+1)$ 的向量代入而估计 $P(t+2)$ 的5个种群自然向量。

4 小结

5个种群共存系统相互作用的动态模型,可以扩展为2个以上或多于5个种群共存系统的动态模拟。应用二次回归旋转组合设计方法,在试验方法上解决多种群相互作用的量化关系,提取多种群相互作用的控制信息,对昆虫种群控制系统的信息处理可能是一个可行的途径。

在实际检验中说明,应用二次回归旋转设计所建立的若干种群相互作用的数学模型,各种群密度在编码值为1至-1之间的准确性较大,而在编码值为1至2及-1至-2之间则准确性较小,当编码值大于2或小于-2时则有较大的误差。这与各种群内的个体之间差异较大和在试验设计中编码值为2及-2的密度水平重复较少有关。为了克服所存在的问题,尽可能在试验设计时把自然种群的平均密度作为0水平或在-1及1之间,或者把自然种群的样本扩大或缩小,使其单位面积的数量接近编码值1至-1范围之内。后者由于单位面积不同,可再以空间异质的系数进行必要的校正,以期接近于实际情况。

参 考 文 献

- 1 丁希泉. 农业应用回归设计. 长春:吉林科学技术出版社,1986. 123~176
- 2 庞雄飞,梁广文,尤民生. 昆虫天敌,1986,8(3): 176~186
- 3 庞雄飞,梁广文,尤民生,吴伟坚. 华南农业大学学报,1988,9(2): 1~10
- 4 刘永清,宋中昆. 大型动力系统的理论与应用(卷1). 广州:华南工学院出版社,1988. 195~216
- 5 Box, G. E. P. Biometrics. 1954, 10: 16~60
- 6 Box, G. E. P. Biometrics. 1955, 11(3): 287~323
- 7 Bassell, M. P. and J. K. Waage Ann. Rev. Entomol. 1984, 29: 89~114
- 8 Volterra, V. V. in Chapman, R. N. Animal Ecology. McGraw - Hill Book Comp. New York, London. 1931. 409~488

APPROACH TO INFORMATION TRANSFER OF LIMITING FACTORS
IN INSECT POPULATION CONTROL SYSTEMS(I)

——Control effect in population interaction systems

Pang Xiongfei Wu Jincal

(Insect Ecology Laboratory)

Abstract Some theoretical models of multi-species interaction have been constructed by some authors. But, it is difficult in experiments to determine interaction coefficients when the populations living together number more than 4 species. In this paper, a rotation composite design of quadratic regression is suggested as a method to construct a mathematical model for describing the dynamics of populations interacting together. This mathematical model may be used to forecast the numerical changes in time interval, and may be helpful to input information on control effects in any population system with some species interacting together.

Key words Insect population; System control