

文章编号: 1001-411X(2000)02-0018-03

寄生性天敌对小菜蛾种群的控制作用模拟

何余容, 吕利华, 庞雄飞

(华南农业大学昆虫生态研究室, 广东 广州 510642)

摘要: 利用小菜蛾自然种群连续世代生命表结果, 通过状态空间方程和作用因子添加分析法, 模拟增补释放赤眼蜂、菜蛾绒茧蜂和菜蛾啮小蜂对小菜蛾种群的控制作用。结果表明: 在春季, 单独释放拟澳洲赤眼蜂、小菜蛾啮小蜂以及任何两种或两种以上的寄生性天敌联合释放就可以使下代小菜蛾种群的数量不再增长; 在秋季, 只有同时释放寄生作用较强的拟澳洲赤眼蜂和小菜蛾啮小蜂或 3 种寄生性天敌同时释放才能完全控制小菜蛾下代种群的增长。

关键词: 小菜蛾; 拟澳洲赤眼蜂; 菜蛾啮小蜂; 菜蛾绒茧蜂; 作用因子添加法; 种群控制; 模拟

中图分类号: Q968.1

文献标识码: A

寄生性天敌在小菜蛾种群的自然控制中起着至关重要的作用^[1,2]。庞雄飞等^[3]提出的害虫种群动态控制理论和状态空间分析法, 可定量分析和客观评价作用因子对害虫种群系统的控制作用。本文以深圳龙岗示范生态农场 1997 年春季和秋季小菜蛾自然种群连续世代生命表种群为例^[4], 利用状态空间方程中的作用因子添加分析法, 模拟在第一代时增补释放赤眼蜂、菜蛾绒茧蜂和菜蛾啮小蜂对小菜蛾种群的控制作用, 探讨 3 种寄生性天敌对小菜蛾种群系统控制的可能性。

1 材料与方法

材料: 拟澳洲赤眼蜂 *Trichogramma confusum* Viggiani 来源于广东昆虫所, 在室内用米蛾卵续代繁殖。菜蛾绒茧蜂 *Cotesia plutellae* 和菜蛾啮小蜂 *Oomyzus sokolowskii* 采自田间, 在室内用小菜蛾幼虫繁殖。

试验方法: 在菜芯地苗期小菜蛾卵高峰期释放拟澳洲赤眼蜂, 释放点距离为 3 m, 每点 2 000 头; 在生长中期以笼罩的方法在田间小菜蛾 2~3 龄高峰期释放菜蛾绒茧蜂, 平均每 100 头小菜蛾幼虫释放 10 对绒茧蜂成虫; 4 龄高峰期释放菜蛾啮小蜂, 平均每 100 头小菜蛾幼虫释放 30 头绒茧蜂成虫, 雌雄性比为 4~5:1。调查卵寄生率、幼虫寄生率和蛹寄生率, 试验重复 3~5 次。

2 小菜蛾种群系统的结构和控制网络模型

图 1 的网络模型简明地描述了小菜蛾种群在各因子作用下的网络模型。方框内为小菜蛾种群系

统, 小菜蛾种群系统按发育阶段划分为 7 个状态, 即卵(X_E)、1 龄幼虫(X_{L1})、2 龄幼虫(X_{L2})、3 龄幼虫(X_{L3})、4 龄幼虫(X_{L4})、蛹(X_P)和成虫(X_A), 各状态间以存活率相连。拟澳洲赤眼蜂、菜蛾绒茧蜂和菜蛾啮小蜂作为小菜蛾种群的边界作用因子, 以控制信号的形式分散作用于各个相应的状态, 进而影响系统的输出。图 1 中的网络模型如用状态方程来表述, 则有:

$$X(t_{i+1}) = (A + B + B' + B'')X(t_i) \quad (1),$$

$$Y(t_i) = CX(t_i) \quad (2).$$

式中, $X(t_{i+1})$, $X(t_i)$ 分别是时间 t_{i+1} , t_i 时的状态向量; A 为系统矩阵; B 、 B' 、 B'' 为分别由赤眼蜂、绒茧蜂和啮小蜂组成的控制矩阵; C 为输出矩阵。

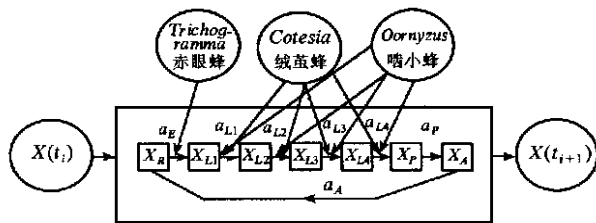


图 1 小菜蛾种群系统控制网络模型

Fig. 1 The control model of DBM population system

系统矩阵由两大部分组成, 第一部分为第一行中的生殖力向量; 第二部分为各虫期的存活率分块矩阵, 除成虫期分块矩阵外, 每一分块矩阵均为对角矩阵, 而成虫期分块矩阵为对角矩阵加上最后一列(全部为零)组成, 元素值为 1。对角矩阵可细分为 1 d 为单位的等期状态, 每一状态存活率是相等的, 即每一对角矩阵内对角元素的值相等, $a_{i1} = a_{i2} = a_{i3} = \dots = a_{ik} = S_i^{1/k}$ 。控制矩阵与系统矩阵在结构上相同,

收稿日期: 1999-05-20

作者简介: 何余容(1963~), 女, 讲师, 博士。

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目(980135); 华南农业大学博士启动基金资助项目(4200-K98019)

1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

根据庞雄飞^[3]作用因子的添加分析法, 控制指数 Sa 的输入方式采用乘法输入, 得到的结果为 S_aS_i , 即对角矩阵内对角元素的值为: $b_{i1}=b_{i2}=b_{i3}= \cdots \cdots b_{ij}= (S_aS_i)^{1/k}$.

输出矩阵 $C= \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}_{2 \times N}$.

3 小菜蛾种群动态控制状态方程的拟合

根据小菜蛾各虫期的发育历期, 卵、1 龄幼虫、2 龄幼虫、3 龄幼虫、4 龄幼虫和蛹历期春季种群分别为 3, 2, 2, 2, 3, 4 d, 秋季种群分别为 3, 2, 2, 2, 4, 4 d, 每一天作为 1 个状态变量, 成虫期划分为 13 个状态变量. 小菜蛾春季和秋季种群系统矩阵的元素值结果见表 1, 系统矩阵中成虫生殖力向量见表 2.

表 2 系统矩阵中的成虫生殖力元素值

Tab. 2 The longevity and fecundity of DBM adult

成虫寿命 longevity	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
产卵量 fecundity	69.2	61.6	18.7	20.7	20.1	15.2	11.1	5.1	2.7	3.3	4.9	2.4	4.8

4 结果分析与讨论

调查结果表明拟澳洲赤眼蜂寄生率为 75%, 4 龄幼虫小菜蛾绒茧蜂平均寄生率为 31.7%, 蛹期小菜蛾啮小蜂平均寄生率为 73.3%. 将 3 种寄生蜂作用后的存活率

表 1 小菜蛾各虫期存活率与系统矩阵的元素值

Tab. 1 The survival rate of DBM and the value of systematic matrix

矩阵 matrices	春季种群 DBM population in spring		秋季种群 DBM population in autumn	
	虫期存活率	矩阵元素值	虫期存活率	矩阵元素值
	survival rates	values of matrix	survival rates	values of matrix
S_E	0.756 0	0.911	0.962 6	0.952
S_{L1}	0.659 0	0.812	0.826 0	0.909
S_{L2}	0.707 2	0.841	0.760 5	0.872
S_{L3}	0.807 3	0.898	0.591 8	0.769
S_{L4}	0.263 3	0.641	0.221 6	0.686
S_P	0.341 0	0.764	0.946 3	0.986
S_A	1.00 0	1.00	1.00 0	1.00

带入控制矩阵 B 、 B' 、 B'' , 按(1)和(2)式运算, 运行 25 d, 可得到春季第一代和秋季第一代 25 d 内小菜蛾的种群数量动态, 以及各作用因子添加后小菜蛾的种群数量动态, 动态模拟结果见图 2、3.

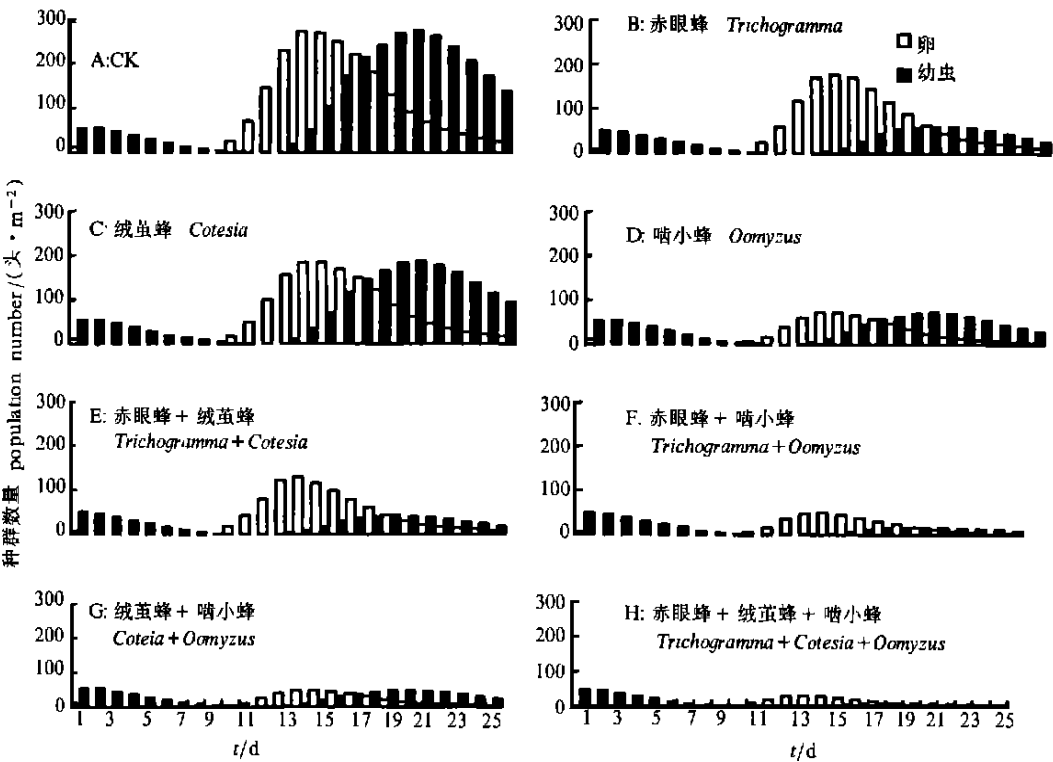


图 2 寄生性天敌对小菜蛾春季种群系统的控制模拟

Fig. 2 Simulation of control effectiveness of parasitoids on population of DBM in spring

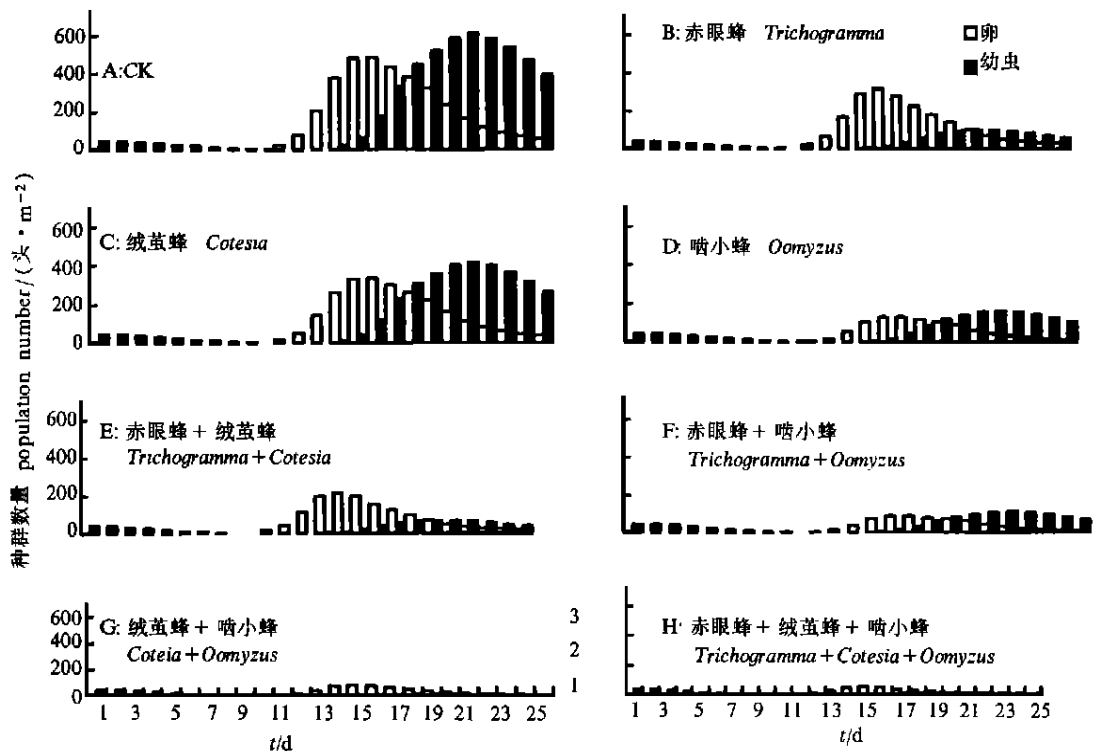


图 3 寄生性天敌对小菜蛾秋季种群系统的控制模拟

Fig. 3 Simulation of control effectiveness of parasitoids on population of DBM in autumn

结果表明, 在小菜蛾的春季第一代种群, 单独添加拟澳洲赤眼蜂和小菜蛾啮小蜂, 任何 2 种或 3 种寄生性天敌的联合作用就能控制小菜蛾种群的增长趋势(图 2); 在小菜蛾的秋季第一代种群, 单独添加拟澳洲赤眼蜂、小菜蛾绒茧蜂或小菜蛾啮小蜂, 均不能控制下代小菜蛾种群的增长趋势, 只有拟澳洲赤眼蜂和小菜蛾啮小蜂同时添加或 3 种寄生性天敌的联合作用可使下代小菜蛾种群的数量不再增长而呈下降趋势(图 3). 因此秋季小菜蛾种群的控制最好能与其它生物因子如苏云金杆菌、小菜蛾颗粒体病毒等措施同时施用.

参考文献:

[1] 柯礼道 方菊莲. 菜蛾绒茧蜂生物学研究[J]. 植物保护学报 1982 9(1):27~33

[2] IGA M. The seasonal prevalence of occurrence and the life tables of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.)[J]. Jap J Appl Zool, 1985, 29:119~25

[3] 庞雄飞 梁广文. 害虫种群系统的控制[M]. 广州: 广东科技出版社, 1995. 24~73

[4] 何余容 吕利华, 庞雄飞. 小菜蛾自然种群连续世代生命表的组建与分析[J]. 华南农业大学学报 2000 21(1): 34~37

Simulation of Control Effectiveness of Several Parasitoids
Against Population of the Diamondback Moth (*Plutella xylostella* L.)

HE Yu-rong, LÜ Li-hua, PANG Xiong-fei

(Lab. of Insect Ecology, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642 China)

Abstract: Based on the natural population life tables of continuous two generations of the diamondback moth (DBM), *Plutella xylostella* L., the control effectiveness of *Trichogramma confusum*, *Oomyzus sokolowskii* and *Cotesia plutellae* on DBM were simulated and evaluated by using state-space equation and addition analysis method of population control. The results were as follows: in spring, any two species of parasitoids mentioned above could effectively control DBM population increase due to the strong natural control of parasitoids, while both *T. confusum* and *O. sokolowskii* or three species of parasitoids released simultaneously could control the increase of DBM population effectively in autumn, because of the low natural parasitization of *O. sokolowskii* and the high increase of population of DBM.

Key words: *Plutella xylostella*; *Trichogramma confusum*; *Oomyzus sokolowskii*; *Cotesia plutellae*; addition analysis method; population control; simulation