

捕食性天敌对白背飞虱种群的控制作用

陶方玲

(华南农业大学昆虫生态研究室, 510642, 广州)

摘要 本文根据白背飞虱自然种群生命表及捕食性天敌对白背飞虱种群各虫态的捕食作用讨论捕食性天敌对白背飞虱种群的控制作用。得到如下结果:捕食性天敌是影响白背飞虱种群密度的重要因子。白背飞虱种群动态应用状态方程描述。经计算白背飞虱各虫期在排除捕食性天敌作用后的存活率估计状态方程系统矩阵的元素值。由捕食性天敌作用所导致的死亡率估计得到捕食性天敌控制作用矩阵各元素值。把模型模拟值与田间实测值作比较可见:在水稻分蘖期两者趋势一致,大小近似。在水稻孕穗及抽穗期,因没考虑白背飞虱种群迁飞对数量动态的影响,两者存在较大的差异,因此对白背飞虱种群迁飞比率的研究有其理论及现实意义。

关键词 白背飞虱;捕食性天敌;生命表;状态方程

中图分类号 S435.112.3

白背飞虱(*Sogatella furcifera*)是水稻主要害虫之一。近年来随着杂交水稻的大面积种植,白背飞虱对水稻生产的危害日益为人们所重视。有关白背飞虱种群动态规律、环境因子与种群动态的相互关系,以及白背飞虱种群控制措施评价、经济阈值与防治指标等方面国内外已有许多研究报道(朱明华,1990;肖英方等,1989;杨金生等,1984;黄邦侃,1984)。这些工作为白背飞虱种群的控制提供了有益的依据与启示。

在稻田生物群落中,对白背飞虱种群起控制作用的捕食性天敌包括蜘蛛及捕食性昆虫两类,这两个类群不仅种类众多,且数量丰富,对白背飞虱等害虫种群数量动态控制起重要作用。庞雄飞等(1988)以状态空间分析法为主要手段,研究蜘蛛对稻纵卷叶螟种群系统的控制作用,认为这一类群与稻纵卷叶螟数量动态关系密切。包华理等(1991)分析捕食性天敌对褐稻虱种群的控制作用,捕食性天敌种群密度的改变将对褐稻虱种群数量动态起重要影响作用。根据1989年至1991年作者在广东省阳江市海陵岛对白背飞虱进行研究所积累的材料,本文讨论捕食性天敌对白背飞虱种群的控制作用。

1 材料与方法

采用平行跳跃式及五点取样法对白背飞虱种群各虫态数量及捕食性天敌种类组成及数量动态进行调查。平行跳跃式取样法:每田取30点,每点取五科水稻,记录每点白背飞虱1~2龄若虫、3~5龄若虫及成虫数量,记录所见捕食性天敌种类及各种数量,不能鉴

1993-04-01 收稿

定的种类捕获带回室内鉴定。同时每点取 2 科水稻的叶鞘带回室内镜检,分正常、已孵、寄生、捕食、不孵等项目记录白背飞虱卵量。每五点取样法:每点取水稻 20 科,每田取 5 点,调查内容与平等跳跃式一致。

2 结果与分析

2.1 稻田生态系统中捕食性天敌各类群数量动态

根据调查结果,在稻田生态系统中,捕食性天敌由以下几类组成:活动于水稻茎秆、叶片及稻田水面,过游猎生活的狼蛛类,拟水狼蛛是其中的代表种;在水稻叶片上结苞生活的管巢蛛类,棕管巢蛛是其中的优势种;在水稻茎秆间结小网的微小蛛类,以食虫瘤胸蛛数量最多;捕食飞虱与叶蝉成若虫、稻纵卷叶螟等害虫的隐翅虫、瓢虫类,以青翅蚁形隐翅虫为常见种。这几个类群的数量动态见图 1。由各类群数量动态可见:随水稻生长,其数量都呈 S 型曲线方式。以狼蛛类、微小蛛类密度较高。

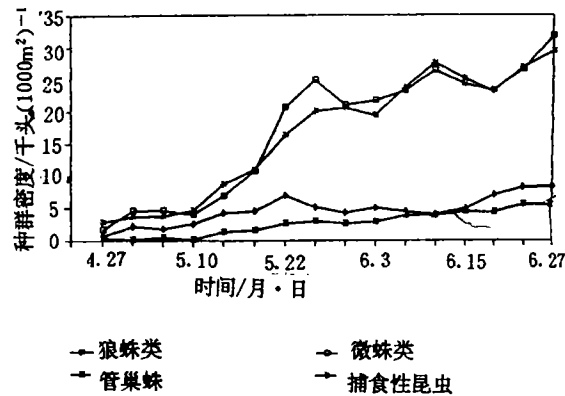


图 1 稻田生态系统中捕食性天敌数量动态

2.2 白背飞虱种群数量动态分析

应用庞雄飞等(1992)提出的生命表组建方法对系统调查数据进行整理,得到白背飞虱种群平均生命表(表 1)。由结果可见:白背飞虱种群趋势指数 $I=1.5755$,说明白背飞虱种群数量有所上升。应用排除作用控制指数分析影响白背飞虱种群动态各因子的作用程度,有: $EIPC(\text{捕食及其他})=16.2508$, $EIPC(\text{寄生})=1.1033$, $EIPC(\text{不孵})=1.0319$ 。以捕食及其他这一因子对白背飞虱种群动态影响作用最明显,当排除这一因子时,白背飞虱种群将增加 167.2508 倍。可见捕食性天敌是影响白背飞虱种群动态的重要因子。

表 1 白背飞虱自然种群平均生命表及其分析 (1989~1990 年,阳江市海陵岛)

虫 期	作用因子	各虫期存活率(S_i)	EIPC
卵	捕食	0.848 0	1.179 2
	寄生	0.914 5	1.093 5
	不孵	0.969 1	1.031 9
1~2 龄若虫	捕食及其他	0.336 3	2.973 5
3~5 龄若虫	捕食及其他	0.359 6	2.780 9
	寄生	0.991 1	1.009 0
成虫	逐日存活率	0.774 2	
	性比	0.600 0	
	$P_0 P_1 P_2 \sum P_n (S_{A_n})'$	17.490 2	17.152 5
种群趋势指数(I)		1.5755	

2.3 捕食性天敌对白背飞虱捕食作用分析

根据二次通用旋转回归组合设计试验所获数据(陶方玲,1993),经计算得到如下的二次多项式模型,描述白背飞虱被捕食量与共存系统各种群编码值的关系。

$$\begin{aligned} \Delta N_{11} = & 3.8182 + 2.3333N_{11} + 0.5N_3 + 0.875N_4 + 0.291N_5 - 0.375N_{11}N_2 \\ & + 0.3125N_{11}N_3 + 0.125N_{11}N_4 + 0.125N_{11}N_5 + 0.375N_2N_3 \\ & + 0.3125N_2N_4 - 0.0625N_2N_5 + 0.375N_3N_5 + 0.1875N_4N_5 + 0.4318N_{11}^2 \\ & + 0.2443N_2^2 - 0.0611N_3^2 + 0.0365N_4^2 + 0.1818N_5^2 \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta N_{21} = & 2.9318 + 1N_{21} + 0.125N_2 + 0.2083N_3 + 0.75N_4 + 0.1667N_5 \\ & + 0.25N_{21}N_2 - 0.0625N_{21}N_3 + 0.3125N_{21}N_4 + 0.125N_{21}N_5 + 0.3125N_2N_3 \\ & - 0.1875N_2N_4 - 0.25N_2N_5 + 0.1875N_3N_5 + 0.3125N_4N_5 + 0.0682N_{21}^2 \\ & + 0.1307N_2^2 - 0.0522N_3^2 - 0.0071N_4^2 - 0.1818N_5^2 \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta N_{31} = & 3.8409 + 1.625N_{31} + 0.3333N_2 + 0.4583N_3 + 0.25N_4 + 0.125N_5 \\ & - 0.125N_{31}N_2 + 0.3125N_{31}N_3 - 0.3125N_{31}N_4 - 0.25N_{31}N_5 - 0.25N_2N_3 \\ & - 0.125N_2N_4 - 0.1875N_2N_5 - 0.5625N_3N_4 - 0.25N_3N_5 - 0.25N_4N_5 \\ & + 0.2216N_{31}^2 - 0.1534N_2^2 - 0.5227N_3^2 + 0.3937N_4^2 - 0.3409N_5^2 \dots\dots (3) \end{aligned}$$

式中 ΔN_{11} , ΔN_{21} , ΔN_{31} 分别表示白背飞虱1~2龄若虫、3~5龄若虫和成虫被捕食量估计量, N_{11} , N_{21} , N_{31} , N_2 , N_3 , N_4 , N_5 分别表示白背飞虱1~2龄若虫、3~5龄若虫和成、食虫瘤胸蛛, 棕管巢蛛、拟水狼蛛、青翅蚁形隐翅虫的编码值。对上述模型进行失拟性及回归显著性检验, 有: 模型在 $\alpha=0.05$ 水平上, 不存在失拟性因素, 且在此水平上回归显著。说明所获模型能较好地描述白背飞虱各虫态被捕食量与共存系统中各物种编码值的关系。

2.4 捕食性天敌对白背飞虱种群的控制作用

根据种群系统理论, 白背飞虱种群数量动态应用状态方程描述, 边界因子对白背飞虱种群的控制作用都可用白背飞虱各龄期的死亡率改变量来表述, 经参数变换, 有如下的状态方程:

$$\begin{aligned} X(t+1) = & [A+B] X(t) \dots\dots\dots (4) \\ Y(t) = & C X(t) \end{aligned}$$

式中, A, B, C 分别为系统矩阵、控制矩阵与输出矩阵。 $X(t+1), X(t), Y(t)$ 分别为 $t+1, t$ 时刻的状态向量及输出向量。根据白背飞虱种群系统各虫态间数量转换关系, 系统矩阵、控制矩阵取 Leslie 矩阵形式, 输出矩阵取行向量矩阵形式。向量及矩阵的维数与白背飞虱世代历期相等。根据白背飞虱自然种群生命表、捕食性天敌各类群数量动态及对白背飞虱种群各龄期的捕食作用, 即可计算系统矩阵与控制矩阵的各元素值。

2.4.1 白背飞虱种群状态方程系统矩阵及控制矩阵各元素值计算 应用排除作用控制指数对影响白背飞虱的捕食及其他、寄生等因子进行分析, 得到: 捕食及其他因子是影响白背飞虱种群数量动态的重要因子。在大田中, 虽然不能直接增加或减少捕食性天敌个体数量, 但可经过助长、保护等措施对捕食性天敌个体密度施加影响。本文把捕食及其他因子独立出来, 单独组建控制矩阵, 讨论捕食性天敌对白背飞虱种群的控制作用。设 S_i 为白背飞虱第 i 虫期在排除捕食及其他这一因子后的存活率, 则相应于第 i 虫期的白背飞虱系统矩阵分块对角阵元素为:

$$a_{jj} = S_i^{(1/n_i)} \dots\dots\dots (5)$$

式中 a_{jj} 为第 i 分块阵的元素值, S_i 为第 i 虫期的存活率, n_i 为第 i 虫期历期。代 S_i 及 n_i 于式(5)中,即可求取各分块阵的元素值。成虫期逐日产卵量由总卵量及卵量分布概率密度函数计算得到(结果见表 2)。

根据白背飞虱被捕食量模型,代入水稻生长期,捕食性天敌各类群的种群密度相应的编码值,计算得到各虫态白背飞虱被捕食量,由此计算捕食性天敌控制矩阵各元素值:

$$b_{jj} = -\Delta N_{ii}/N_{ii} \dots\dots\dots (6)$$

式中 ΔN_{ii} 为白背飞虱第 i 虫态逐日被捕食量, N_{ii} 为白背飞虱种群密度, b_{jj} 为第 i 虫期控制矩阵块的对角元素值(见表 2)。

表 2 白背飞虱种群系统状态方程系统矩阵与捕食性天敌控制矩阵各元素值

虫 期	历期	系统矩阵/[$a_{i(i-1)}$]	控制矩阵/[$b_{i(i-1)}$]
卵	8	$a_{2,1} = \dots$ $a_{9,8} = 0.9649$	$b_{2,1} = \dots$ $b_{9,8} = 0$
1~2 龄若虫	5	$a_{10,9} = \dots$ $a_{14,13} = 1$	$b_{10,9} = \dots$ $b_{14,13} = -0.188$
3~5 龄若虫	8	$a_{15,14} = \dots$ $a_{21,20} = 0.9989$	$b_{15,14} = \dots$ $b_{21,20} = -0.118$
成虫	12	$a_{22,21} = \dots$ $a_{33,32} = 1$ $F_1 = F_4 = 0$ $F_5 = 3.69$ $F_6 = 12.654$ $F_7 = 20.232$ $F_8 = 26.316$ $F_9 = 27.882$ $F_{10} = 26.676$ $F_{11} = 23.769$ $F_{12} = 20.142$	$b_{22,21} = \dots$ $b_{33,32} = -0.234$

2.4.2 捕食性天敌对白背飞虱种群控制作用 根据模型(4)及表 2 所列数据,分析捕食性天敌对白背飞虱种群的控制作用(见图 2),图中曲线 1 为排除捕食性天敌控制作用条件下白背飞虱种群数量动态过程,曲线 2 为存在捕食性天敌控制作用条件下的白背飞虱种群数量动态,可见两者在数量上差异明显,说明捕食性天敌对白背飞虱有十分重要的控制作用,如果排除捕食性天敌这一因子,白背飞虱种群密度将增加几倍到上万倍。曲线 3 是田间系统调查所获白背飞虱种群数量动态。可见:在海陵岛稻田,在 4 月下旬至 5 月中旬模型模拟结果与田间调查白背飞虱种群密度在趋势上基本一致,计算值在田间实际调查值左右波动,模型能较好地模拟白背飞虱种群数量动态。在 5 月中旬开始直到 6 月份,模型计算值远远高于田间实际调查值。这与模型没有考虑白背飞虱种群实际存在的迁飞行为相关(全国白背飞虱科研协作组,1981)。因此,在海陵岛稻田,对白背飞虱种群数量

动态的分析与控制研究,考虑并从数量上探讨白背飞虱种群迁出比率是一个需要解决的问题。

3 结论及讨论

在白背飞虱自然种群生命表及捕食性天敌对白背飞虱种群捕食作用研究的基础上,本文讨论捕食性天敌对白背飞虱种群的控制作用。在稻田生态系统中,生存着为数众多的捕食性昆虫及蜘蛛,根据各种群的生物学习性及生态学习性,可把捕食性天敌分

为以下几个类群:在地面游猎的狼蛛类;在水稻茎秆间活动的微小蛛类;在叶片上营结苞生活的管巢蛛类,包括瓢虫与隐翅虫在内的捕食性昆虫的这几个类群。随水稻生长其数量呈S形曲线上升。在这几个类群中,选择代表种与白背飞虱种群各虫态组成多种群共存系统,根据试验结果建立白背飞虱各虫态被捕食量模型。这几个模型在 $\alpha=0.05$ 水平上,不存在失拟因素,且在同一水平上模型回归显著。说明这一组模型能较好地反映捕食性天敌对白背飞虱的捕食作用。根据白背飞虱自然种群生命表数据,应用排除作用控制指数(EIPC)分析,捕食及其他因子是影响白背飞虱种群数量动态的重要因子。虽然捕食性天敌种群密度不能人为随意改变,但可以经过助长、保护等措施影响捕食性天敌种群密度。因此,本文把捕食及其他因子独立出来,单独组建控制矩阵,而把寄生等因子的作用组合于系统矩阵中。由生命表数据及这组模型,经计算得到白背飞虱种群系统状态方程的系统矩阵及控制矩阵。代矩阵各元素值于状态方程中,计算水稻不同生育期内存在捕食性天敌及排除条件下的白背飞虱种群密度,可见:捕食性天敌对白背飞虱种群有重要的控制作用,排除这一因子的作用将使白背飞虱种群数量成倍至上万增加。把模型计算值与田间系统调查值作比较,有:在水稻分蘖期,两者不仅趋势基本一致,且模型计算值在田间实测值左右波动,较好地反映了白背飞虱种群数量动态。但在水稻孕穗期至抽穗期,由于模型没有考虑迁飞对白背飞虱种群数量动态的影响(全国白背飞虱科研协作组,1981),致使模型计算结果与田间实测值存在较大的差异。因此,在研究海陵岛稻田白背飞虱种群数量动态及数量控制时,需要从数量上解决白背飞虱成虫迁出比率问题。

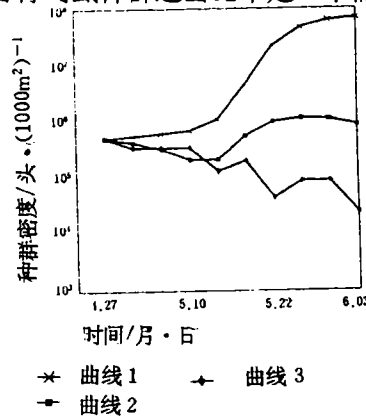


图2 白背飞虱种群状态方程模拟计算值与田间实测值

参 考 文 献

- 包华理,陶方玲,庞雄飞. 1991. 多种捕食性天敌对褐稻虱种群的控制作用研究. 青年生态学者论丛(一):266~271
- 朱明华. 1990. 白背飞虱种群动态研究. 昆虫操作知识,(5):257~260
- 全国白背飞虱科研协作组. 1981. 白背飞虱迁飞规律的初步研究. 中国农业科学,(5):25~31
- 肖英方,杜正文. 1989. 几个梗稻品种抗白背飞虱的研究. 昆虫学报,32(3):286
- 宋健,于景元. 1985. 人口控制论. 北京:科学出版社,1~100
- 杨金生,胡建章. 1984. 杂交稻白背飞虱的发生动态与防治对策. 江苏农业科学,(7):16~19
- 庞雄飞,梁广文,尤民生. 1988. 稻田蜘蛛对稻对稻纵卷叶螟种群生命系统控制作用. 华南农业大学

学报,10(3):1~8

庞雄飞,侯任环,包华理. 1992. 褐稻虱自然种群生命表的组建方法. 华南农业大学学报,13(1):1~5

黄邦侃. 1984. 白背飞虱种群变动的自然因素初步探讨. 昆虫知识,22(2):49~51

陶方玲. 1993. 多物种共存系统中捕食性天敌对白背飞虱捕食作用. 昆虫天敌,15(1):39~44

THE CONTROL EFFECT OF PREDATOR ON THE POPULATION OF WHITEBACK PLANTHOPPER (*Sogatella furcifera*)

Tao Fangling

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

Abstract The control effect of the predator on the whiteback planthopper (*Sogatella furcifera*, WBPH) population was discussed in this paper by the data of the WBPH life table and the preying effectiveness of the predators in different stages of WBPH. The following results were concluded. The effectiveness of the predator was the important factor which controlled the population dynamics of WBPH. The population dynamics was analyzed by the state equations. The elements in the systematic matrix were estimated by the survival rates of the different stages of WBPH after the factor of prey and the other was excluded. The elements in the control matrix of the predator were calculated from the mortalities in different stages of WBPH with the models describing the relationships between the attacked numbers of different stages of the WBPH and the codes of the predators and the prey in the coexisting system. In the comparison between the values investigated in rice field and calculated by the state equation, the population density of WBPH would increase greatly if the predators were excluded. When the WBPH population was controlled by the predators, the expected trend and values of WBPH calculated from the state equation were similar to those investigated during the rice tilling stage in field. But during the booting and head stages, there were differences between these values, the calculating values were much larger, because the migrating rate of WBPH was not concerned in this model. Therefore, it was necessary in theory and practice to study the migrating rate of the WBPH in further research.

Key words Whiteback planthopper (*Sogatella furcifera*); Life table; Predator; State equation