

水稻品种抗虫性对白背飞虱种群的控制作用

丁克军 黄寿山 曾 玲 庞雄飞
(昆虫生态研究室)

摘要 本文在白背飞虱实验种群及自然种群生命表数据的基础上,应用状态空间分析法,研究水稻品种抗虫性对白背飞虱种群的控制作用。实验种群的研究表明,白背飞虱在不同品种上的产卵过程均有差异,且其产卵量高于田间实际卵量,这是由于天敌引起白背飞虱成虫非正常死亡与其逐日产卵概率的联合作用;以田间品种为标准品种,把水稻品种抗虫性对白背飞虱存活率、发育历期、生殖力的影响转化成控制指数,进而预测不同品种上白背飞虱的种群动态;给予水稻品种抗虫性对白背飞虱种群的控制作用比较合理的评价。

关键词 白背飞虱; 水稻品种抗虫性; 种群动态; 种群控制; 状态空间法

白背飞虱 [*Sogatella furcifera* (Horvath)] 是一种重要水稻害虫。本文在白背飞虱实验种群及自然种群生命表数据的基础上,应用状态空间分析方法,探讨水稻品种抗虫性对白背飞虱种群的控制作用。

1 白背飞虱实验种群研究结果

1.1 不同品种上白背飞虱若虫存活率、发育历期和产卵量

表1 白背飞虱实验种群若虫存活率、发育历期和产卵量* (广州,1991)

	TN1(HS) X±SD	早特青(S) X±SD	青华矮(MS-MR) X±SD	七桂早(MR) X±SD	Mudgo(R) X±SD
存 1~2 龄	0.955±0.096	1.0±0.0	0.946±0.089	0.906±0.159	0.597±0.281
活 3~5 龄	0.665±0.198	0.674±0.300	0.608±0.119	0.440±0.402	0.324±0.360
率 全历期	0.633±0.202 ^a	0.674±0.300 ^a	0.571±0.098 ^a	0.401±0.387 ^b	0.123±0.104 ^c
卵 量	90.1±58.4 ^a	62.2±69.0 ^b	40.3±43.2 ^c	31.6±29.5 ^c	2.4±8.0 ^d
历 1~2 龄	3.93±0.46	4.06±0.41	4.70±0.24	4.86±0.34	6.61±0.55
3~5 龄	7.37±0.59	9.69±1.47	9.33±0.64	10.5±2.44	10.8±2.53
期 全历期	11.3±0.43 ^a	13.8±1.40 ^b	14.0±0.67 ^b	15.3±2.20 ^c	17.4±2.10 ^c

*X 为平均值,SD 为标准差。同一横栏内标不相同字母者为 LSD 检验在 0.05 水平差异显著,否则差异不显著。HS,S,MS,MR,R 分别表示抗性级别为高感,感,中感,中抗,抗。

1993-02-18 收稿

结果表明,不同抗性级别水稻品种上白背飞虱若虫存活率、发育历期及产卵量存在明显差异(表1)。

1.2 白背飞虱成虫产卵过程模拟模型

根据不同水稻品种上白背飞虱成虫逐日产卵量室内观察结果;参照吴伟坚等^[1]和曾玲等^[2]模拟褐稻虱产卵过程的方法模拟白背飞虱成虫产卵过程(参数见表2)。

$$P_{f,i} = \begin{cases} \frac{(i-h)^{(k-h)/2} \cdot e^{-(i-h)/2}}{r}, & i > h \\ 0, & i \leq h \end{cases}$$

其中: $P_{f,i}$ 为第*i*天成虫产卵概率,*i*为雌虫羽化后天数,*h*为最短产卵前期,*k*为产卵高峰日,

$$r = \sum (i-h)^{(k-h)/2} \cdot e^{-(i-h)/2}$$

经卡方检验,各品种上白背飞虱逐日产卵概率的理论值与实际值在5%水平上差异不显著。关于白背飞虱成虫产卵过程对下代种群量的控制作用将在下面讨论。

表2 白背飞虱产卵过程参数 (广州,1991)

	TN1	早特青	青华矮	七桂早	Mudgo
最短产卵前期(<i>h</i>)	2	2	2	2	3
产卵高峰日(<i>k</i>)	6	7	6	10	8
最长寿命(<i>n</i>)	22	27	20	21	15
<i>r</i>	15.96	37.58	15.91	741.72	34.41
卡方值(χ^2)	0.715	0.310	0.495	0.599	1.052
下代卵量概率 [$\sum p_i (S_{n,i})^i$]	0.175	0.142	0.175	0.079	0.119

* $S_{n,i}$ 来自表3

2 白背飞虱自然种群生命表

根据1988~1992年5~6月定期调查资料,按庞雄飞等^[1]的方法,组建了白背飞虱1988~1992年第2世代自然种群平均生命表(表3)。

3 水稻品种抗虫性对白背飞虱种群控制作用

我们以与田间品种抗性级别相当的青华矮为标准品种,讨论改种不同抗性品种引起的白背飞虱种群趋势的变化。

例如改种类似高感品种TN1的品种,其1~2龄若虫期存活率将由0.946变为0.955,则其控制指数为 $0.955/0.946=1.010$ 。另一方面,其1~2龄若虫期历期将由4.7天变为3.93天,相当于改变了被天敌及其它因子作用的机会。在青华矮上,排除品种抗虫性后天敌及其它因子作用的白背飞虱1~2龄若虫存活率为 $0.277/0.946=0.293$,逐日存活率为 $(0.293)^{1/4.7}=0.77$,即其控制指数为:

$$(0.770)^{3.93}/0.293=1.222$$

所以改种TN1对白背飞虱1~2龄若虫的干扰作用控制指数为 $1.101 \times 1.222=1.234$ 。

相类似可得到不同品种各龄期的干扰作用控制指数(表4)。

表3 1988~1992年白背飞虱第二代自然种群平均生命表 (广东 海陵)

虫期 (X)	各期存活率 (S_X)	致死因子 (i)	各致死因子存活率 (S_i)
卵(E)	$S_E=0.745$	捕食	$S_1=0.878$
		寄生	$S_2=0.911$
		不孵	$S_3=0.932$
1~2 若 龄(S)	$S_S=0.277$	捕食、抗生 及其它	$S_4=0.277$
3~5 虫 龄(L)	$S_L=0.290$	捕食、抗性 及其它寄生	$S_5=0.304$ $S_6=0.953$
成虫(A)	标准卵量		$F=1000$
	达标准卵量概率		$P_F=0.120$
	雌性概率		$P_{\frac{1}{2}}=0.615$
	迁飞后居留率		$P_A=0.239$
	逐日存活率		$S_{AA}=0.775$
	下代卵量概率		$\Sigma P_{fi}(S_{AA})^i=0.116$
种群趋势指数(I) $I=S_1S_2\cdots S_6P_A P_{\frac{1}{2}} \Sigma P_{fi}(S_{AA})^i=0.122$			

*品种相当于“中感”级的青华矮

另外,在成虫期,除产卵量随品种改变而不同外,其产卵过程也发生变化,尤其是与天敌的联合作用明显影响到下代卵量概率 $\Sigma P_{fi}(S_{AA})^i$ (表2)。与前相类似也可得到其干扰作用控制指数(见表4)

表4 不同水稻品种的干扰作用控制指数

龄 期	控制指数(以青华矮为对照)				
	TN1	早特青	青华矮	七桂早	Mudgo
1~2 龄	1.234	1.248	1	0.918	0.383
3~5 龄	1.281	1.081	1	0.662	0.476
$FP_F P_{\frac{1}{2}}$	2.236	1.543	1	0.784	0.060
$\Sigma P_{fi}(S_{AA})^i$	1.0	0.811	1	0.451	0.680
全世代	3.535	1.688	1	0.215	0.007

由表4可知,改种不同抗性品种,将引起白背飞虱种群数量动态的差异。改种高感品种TN1或相类似的品种,种群趋势指数将增大为3.535倍,而改种抗虫品种Mudgo或相类似的品种,则将减小为0.007倍。可见水稻品种抗虫性对白背飞虱种群的控制作用是相当明显的。

4 水稻品种抗虫性对白背飞虱种群动态的控制作用

讨论水稻品种抗虫性对白背飞虱种群动态的控制作用, 状态空间分析方法是一个有效的分析途径。其状态空间表达式为

$$X(t+1)=[A+B]X(t)$$

$$Y(t)=C X(t)$$

其中: X 为状态向量, Y 为输出向量, A 为系统矩阵, B 为水稻品种抗虫性控制矩阵, C 为输出矩阵。

按庞雄飞等^[3]和庞雄飞^[2]的方法, 以白背飞虱自然种群平均生命表(表3)和不同水稻品种上白背飞虱实验种群参数(表1, 2, 4)为基础建立系统矩阵和控制矩阵。

以初始调查结果作为初始状态, 参照庞雄飞^[2]的方法按下式计算卵、1~2龄、3~5龄若虫和成虫的初始状态向量。

$$X_{ij}(t_0)=N_i(S_i)^{(j-1)/n_i} / \sum_{k=1}^{n_i} (S_i)^{(k-1)/n_i}$$

$$(j=1, 2, \dots, n_i)$$

其中 i 为虫期(卵 E , 1~2龄 S , 3~5龄 L 和成虫 A), X_{ij} 为虫期 i 的第 j 个状态变量, N_i 为虫期 i 的初始数量, n_i 为虫期 i 的状态变量数, S_i 为虫期 i 的存活率。

我们以1992年5月6日的调查结果作为初始状态的数量来预测不同品种上早稻中后期白背飞虱的种群数量动态。其中: $N_E=225$, $N_S=39$, $N_L=135$, $N_A=37$ (头/50丛) 即白背飞虱的初始状态向量为

$$X(t_0)=\begin{bmatrix} 42 & 40 & 38 & 37 & 35 & 33 & 12.2 & 9.4 & 7.3 & 5.7 & 4.4 & 25 & 21 & 19 & 16 \\ 14 & 12 & 11 & 9 & 8 & 8.7 & 6.8 & 5.2 & 4.1 & 3.2 & 2.4 & 1.9 & 1.5 & 1.1 & 0.9 \\ 0.7 & 0.5 \end{bmatrix}$$

$$\text{令 } C=\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

$$Y(t)=\begin{bmatrix} Y_1(t) \\ Y_2(t) \end{bmatrix}=C X(t)$$

$Y_1(t)$, $Y_2(t)$ 分别为第 t 天输出的卵密度和成若虫密度。

将方程连续运行40天, 可得到第1~40天白背飞虱的卵密度和成若虫密度(见图1-A~E)。从图1可以看出, 改种感虫品种TN1和早特青, 白背飞虱种群数量明显上升, 在中抗品种七桂早上, 白背飞虱种群逐渐下降, 而抗虫品种Mudgo上, 白背飞虱种群数量很快下降, 后期数量很少。可见水稻品种抗虫性对白背飞虱种群的发展有明显的抑制作用。

5 结语

研究表明, 水稻品种抗虫性对白背飞虱若虫发育历期和存活率及成虫产卵量有明显影响。在抗虫品种上, 白背飞虱若虫历期延长, 存活率下降, 成虫产卵量减少。

白背飞虱在水稻植株上的产卵量是决定其种群数量的主要原因之一。由于白背飞虱成虫寿命长, 且连续产卵。对其产卵过程的模拟能更好地解决成虫产卵量在状态方程中分配

问题,有利于估计成虫期捕食作用对种群趋势的影响。

本文在实验种群和自然种群生命表数据基础上,应用控制指数方法分析了品种抗虫性的作用大小,应用状态空间分析方法进一步预测不同品种上白背飞虱种群动态,表明水稻品种抗性对白背飞虱种群动态有明显的控制作用。在白背飞虱种群系统控制中,应重视抗虫品种的作用。

参 考 文 献

- 1 吴伟坚,庞雄飞. 褐稻虱种群生命系统的研究. 见:曾士迈,庞雄飞主编. 系统科学在植物保护研究中的应用. 北京:农业出版社,1988,250~277
- 2 庞雄飞. 褐稻虱种群数量动态的短期预测. 华南农业大学学报,1992,13(3):16~22
- 3 庞雄飞等. 昆虫种群生命系统研究的状态方程. 华南农业大学学报,1988,9(2):1~10
- 4 庞雄飞等. 褐稻虱自然种群生命表的组建方法. 华南农业大学学报,1992,13(1):1~5
- 5 曾 玲,庞雄飞. 水稻品种抗性对褐稻虱自然种群控制作用的评价. 华南农业大学学报,1992,13(3):23~28

THE EFFECT OF RICE VARIETAL RESISTANCE ON THE POPULATION DYNAMICS OF THE WHITEBACKED PLANTHOPPER

Ding Kejun Huang Shoushan Zeng Ling Pang Xiongfei

(Lab. of Insect Ecology)

Abstract In this paper, the state-space analysis method was used to study the effect of rice varietal resistance on the population system of the whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera* (Horvath) (WBPH). The results in the experiment showed that the rice resistance to WBPH existed an adverse influence on nymphal development, survival rate of the nymphs and on fecundity. Feeding on the various varieties, WBPH presented the different processes of oviposition. In rice field, the natural enemies made the adults died abnormally, and resulted in the decrease of the egg quantity of WBPH population dynamics could be forecasted by using the state-space analysis method. It was showed that rice resistance had an obvious suppression on the WBPH population, and that the effect of resistant rice varieties should be emphasised in Integrated Pest Management Programme.

Key words *Sogatella furcifera*; Rice varietal resistance; Population dynamics; Population control; State-space analysis method