

水稻品种抗性对褐稻虱自然种群控制作用的评价

曾 玲 庞雄飞
(昆虫生态研究室)

摘要 在水稻品种抗性对褐稻虱种群的控制作用研究中,大多数材料是在实验种群的试验中获得的。本文应用控制指数分析方法^[1]把实验种群的试验结果与自然种群的重要作用因子组合起来,对水稻品种抗性对褐稻虱自然种群的作用进行综合评价。结果说明,品种抗性作用于若虫存活率,与天敌的作用起着相辅相成的作用;而品种抗性对成虫繁殖力的影响,与捕食性天敌引起的成虫非正常死亡的共同作用,对褐稻虱种群后代卵量起着重要的控制作用。分析结果进一步明确品种抗性在种群系统控制中的优点,并为作物品种抗虫性对害虫自然种群作用的评价提供参考。

关键词 褐稻虱; 水稻抗性; 控制指数; 种群系统

水稻品种抗性对褐稻虱的影响是多方面的,其中对存活率、产卵量的影响与其种群数量发展趋势有直接的联系。目前的品种抗性研究大多是在实验种群上进行,这样可获得较为准确的数据,但其结果并不完全能反映品种抗性对褐稻虱自然种群的影响。在自然种群中,作用于存活率和产卵量的因子是复杂的。在品种抗性级别基本不变的情况下,天敌对若虫存活率的作用,特别是天敌引起成虫非正常死亡而对后代卵量的作用,成为作用于褐稻虱自然种群的重要因子和关键因子^[2]。在自然种群生命表中,品种抗性是归入“捕食及其他”的作用因子中,如果品种抗性有所改变,天敌与抗性的作用也将随之变化。本文应用控制指数分析方法,分析和综合褐稻虱自然种群中的天敌因子与实验种群中品种抗性对褐稻虱的作用,对抗虫品种在自然种群系统的控制作用给予量化的评价。

1 不同抗性品种对褐稻虱实验种群的影响

褐稻虱实验种群的若虫存活率,成虫繁殖力试验均在人工气候箱内进行,温度为 $27 \pm 1^{\circ}\text{C}$,相对湿度 90%,光照 13 h。试验方法参照曾玲等^[3],供试品种为 TN₁ (感虫)、包选 2 号 (中抗) 辐包矮 21 (中抗) 和 7105 (抗)。

试验结果表明,在适温条件下,不同抗性品种对褐稻虱的若虫存活率和发育历期均有显著的影响(表 1)。其中若虫存活率以感虫品种 TN₁ 上的最高,在抗虫品种 7105 上的最低。供试的两个中抗品种中,辐包矮 21 的抗生性较强,对褐稻虱存活率的影响较大;而在以耐害性为主的包选 2 号上,褐稻虱的若虫存活率虽低于 TN₁,却比另外两品种都要高。品种抗性对若虫发育历期的影响也呈现了与上述结果相同的趋势,即发育历期的长短与品种抗性

1991-08-29 收稿

的强弱成反比。褐稻虱成虫繁殖力试验表明，品种抗性的影响主要表现在产卵前期、产卵高峰日、产卵量和寿命等方面，其影响程度的大小与品种抗性强弱成正比（表 2）。

表 1 品种抗性对若虫历期及存活率的影响*（广州，1987.9）

品 种	若虫历期 (d)			若虫存活率		
	1~2 龄	3~5 龄	全历期	1~2 龄	3~5 龄	1~5 龄
TN ₁	4.89	7.82	12.71a	0.98	0.97	0.95a
包选 2 号	4.89	7.84	12.73a	0.92	0.94	0.85b
辐包矮 21	5.90	9.30	15.19b	0.78	0.96	0.62c
7105	7.03	11.15	18.40c	0.16	0.50	0.08d

* 表中数值为 10 个重复(100 头虫)的平均值,数值后面跟有相同字母者,经方差分析表明在 0.05 水平上差异不显著。下表同此。

表 2 品种抗性对褐稻虱繁殖力的影响*（广州，1987，10）

品 种	产卵前期 (d)	产卵高峰日 (羽化后 d)	平均卵量 (粒/♀)	孵化率	雌虫寿命 (d)	雌虫比率
TN ₁	3.4	8	343.3 a	0.96	25.25	0.482
包选2号	4.5	10	282.4ab	0.95	25.85	0.464
辐包矮 21	6.3	10	50.1c	0.93	14.45	0.395
7105	7.6	10	11c	0.90	9.1	0.052

* 表中数值为 30 头雌虫的平均值

2 品种抗性对卵——若虫存活率的控制作用

将实验种群的试验结果以作用因子组配的生命表的形式统计记录于表 3，与此同时，把广东省海陵岛 1976~1990 年中 11 年平均生命表^[2]的相应组分，也记录于表 3 之中。

表 3 品种抗性对卵——若虫存活率的控制作用（试验材料综合）

虫期 (x)	作用因子 (i)	在不同品种上实验种群存活率				自然种群 平均存活 率
		TN ₁ (感虫)	包选 2 号 (中抗)	辐包矮 21 (中抗)	7105 (抗)	
卵	捕食 S ₁	—	—	—	—	0.561
	寄生 S ₂	—	—	—	—	0.849
	不孵 S ₃	0.96	0.95	0.93	0.90	0.951
1~2 若 龄	捕食及抗性 S ₄	0.98	0.92	0.78	0.16	0.336
3~5 虫 龄	捕食及抗性 S ₅	0.97	0.94	0.96	0.50	0.324
	寄 生 S ₆	—	—	—	—	0.835

表 3 中的自然种群存活率，主要在相当于包选 2 号同等抗性级别的水稻品种上进行，与实验种群中的包选 2 号相比较，天敌对褐稻虱种群控制的干扰作用控制指数 $IPC_{N\#}$ ^[1]为：

$$IPC_{N\#} = \frac{(0.561)(0.849)(0.951)(0.336)(0.324)(0.835)}{(0.95)(0.92)(0.94)}$$
$$= 0.034$$

表4 自然种群成虫在不同品种上产卵模拟结果

品 种	产卵期其(b) 及 产卵数高峰日(k)	成虫逐日产卵概率												$\sum P_n(S_i)$	实际种 群产卵 量 FP_v	自然种群 产卵量 N_v (模拟结果)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
TN ₁	$b=3.4$ $k=8$	0	0	0	0.003	0.58	0.149	0.202	0.198	0.160	0.113	0.073	0.044	0.178	343.3	61.1
包选2号	$b=4.6$ $k=10$	0	0	0	0	0	0.017	0.083	0.163	0.211	0.212	0.179	0.135	0.125	282.4	36.3
锦包矮21	$b=6.3$ $k=10$	0	0	0	0	0	0	0.001	0.037	0.137	0.244	0.296	0.285	0.096	50.1	4.8
7105	$b=7.6$ $k=10$	0	0	0	0	0	0	0	0	0.030	0.164	0.345	0.461	0.085	11	0.9
成虫逐日产卵量(S_i) $S_1=0.800$		0.800	0.640	0.512	0.410	0.328	0.262	0.210	0.168	0.134	0.107	0.086	0.069	—	—	—

天敌的控制指数说明,在自然种群中,天敌对卵——若虫期的作用相当明显,由于天敌的作用,使种群趋势指数下降为原来的 0.034。

在表 3 中,如以包选 2 号为标准品种,与其他抗性级别的品种相比较,应用干扰作用控制指数表示其差别,则各品种的干扰作用控制指数为:

$$IPC_{(TN_1)} = (0.96)(0.98)(0.97)/(0.95)(0.92)(0.94) = 1.111$$

$$IPC_{(包选21)} = (0.93)(0.78)(0.96)/(0.95)(0.92)(0.94) = 0.847$$

$$IPC_{(T105)} = (0.90)(0.16)(0.50)/(0.95)(0.92)(0.94) = 0.088$$

据以上分析,如果换用感虫品种,褐稻虱的种群数量发展趋势将会增长;如果换用抗性较强的中抗品种,其种群数量发展趋势将会下降;如果换用抗级品种,其种群数量发展趋势将会明显下降。如与天敌的作用组合一起,在自然种群中,抗级品种的抗性与天敌的控制指数综合作用,其种群趋势指数将下降为:

$$IPC_{(N_E+2)} = (0.034)(0.088) = 0.003$$

然而,仅从对卵——若虫存活率的作用,仍未能给予品种抗性对自然种群作用的全面评价。

3 品种抗性对褐稻虱成虫产卵量的影响

褐稻虱成虫历期比若虫期更长。在自然种群中,由于天敌引起成虫非正常死亡的概率,甚至比若虫期更高。若虫期的非正常死亡,可以采用整个若虫期的存活率表示。成虫产卵后全部死亡,成虫期的存活率为零,但成虫的逐日存活率 (S_i) 是一个可以采用的参数。

在实验种群中,成虫逐日产卵量占总产卵量的概率 (P_n) 有一定的分布规律,可用如下方程进行模拟^[2]

$$P_n = [(i-h)^{(k/2)-1} \cdot e^{-(i-h)/2}] / r$$

P_n —第 i 天产卵量占总产卵量的概率; i —成虫羽化后经历的天数; h —成虫产卵前期; k —产卵最高峰日; r —待定系数, $r = (i-h)^{k/2} \cdot e^{-(i-h)/2}$;

在自然种群中,褐稻虱成虫的产卵过程与实验种群相似,但受到成虫逐日存活率的干扰,其产卵总量 (N_E) 可按下面的方程估计:

$$N_E = F P_F P_F S_n [\sum P f i (S_a)^i]$$

$$\sum P_n (S_a)^i = P_n (S_a)^1 + P_n (S_a)^2 + P_n (S_a)^3 + \dots + P_{n12} (S_a)^{12}$$

其中, N_E —自然种群每雌卵量, F —标准卵量, P_F —达标准卵量概率, P_F —雌虫概率, S_i —迁移后居留率, S_i —成虫逐日存活率, P_n —第 i 天逐日产卵概率

根据褐稻虱实验种群在不同抗性级别品种上有关成虫产卵量的参数(表 2),模拟自然种群成虫在不同品种上的产卵量,所得结果见表 4。

从表 4 可见,以水稻品种包选 2 号为例,褐稻虱的产卵前期为 5 天,第 6 天开始产卵,第 10 天进入产卵高峰日。当成虫逐日存活率 $S_a = 0.800$ (多年平均数) 时,成虫在羽化后至开始产卵的第 6 天时,存活概率为 0.262,将近 3/4 在产卵前死亡;进入产卵高峰日的第 10 天,存活概率为 0.107,将近 90% 的成虫已在进入产卵高峰前死亡;其自然种群的总产卵概率为实验种群的 0.125,仅及 1/8 (如果成虫逐日存活率 $S_a = 1$,则 $\sum P_n (S_a)^i = 1$;如果成虫逐日存活率 $S_a < 0.800$, $\sum P_n (S_a)^i$ 则更低)。成虫逐日产卵概率与逐日存活率的组合,即 $\sum P_n (S_a)^i$,可以看成是成虫产卵概率的一个控制指数。

在不同抗性品种上，由成虫逐日产卵概率与逐日存活率组合的控制指数 $\sum P_n (S_n)^i$ 表现出一定的差别，反映了品种抗性对褐稻虱繁殖力影响的大小，这是评价品种抗性对褐稻虱种群控制的一个重要方面，在研究品种抗性对种群数量发展趋势中也是一个要求重视的问题。

4 水稻品种抗性对褐稻虱自然种群的控制作用

综合上述不同水稻品种对褐稻虱若虫存活率及对成虫产卵控制作用的分析，在自然种群中，可以进行下面的估计（表5）。

表5 水稻品种抗性对褐稻虱自然种群控制作用的模拟

虫期 (x)	作用因子 (i)	不同抗性品种上的控制指数			
		TN ₁ (感虫)	包选2号 (中抗)	辐包矮21 (中抗)	7105 (抗)
卵	天敌 S ₁	0.463	0.463	0.463	0.463
	抗性 S ₂	0.96	0.95	0.93	0.90
若虫	天敌 S ₃	0.162	0.162	0.162	0.162
	抗性 S ₄	0.951	0.865	0.749	0.080
成虫	标准卵量 F	1 000	1 000	1 000	1 000
	达标准卵量的概率 P _F	0.343 3	0.282 4	0.050 1	0.011 0
	雌虫比率 P _♀	0.482	0.464	0.395	0.052
种群趋势指数 I*	$\sum P_n (S_n)^i$	0.178	0.125	0.096	0.085
		2.02	0.94	0.10	0.000.3

* $I=S_1S_2S_3S_4FP_{\text{♀}}\sum P_n (S_n)^i$ ，其中迁飞后居留率 S_4 仍缺乏分析资料。天敌 S_1 、 S_3 及 S_4 采用广东省海陵岛 1976~1990 年 5~6 月份褐稻虱平均生命表数据分析结果^[2]。

表5的列表方式采用以作用因子组配的生命表形式，表内的数据为控制指数值。从表5的数据中可见，如果以感虫品种 TN₁ 取代原来的中抗品种包选2号，则其种群趋势指数将为原来的 2.02/0.94=2.15，即种群数量发展趋势的 2.15 倍；如果以辐包矮21取代包选2号，其种群趋势指数将为原来的 0.10/0.94=0.11；而以抗级品种 7105 代替包选2号，其种群趋势指数将为原来的 0.000 3/0.94=0.000 32，可以将褐稻虱的种群数量控制在极低的水平之下。

5 结 语

控制指数是种群系统控制研究中的一个“算子”，应用于分析或综合各因子对害虫种群系统的控制作用^[1]。本文应用控制指数分析和综合褐稻虱自然种群中的重要因子——天敌和实验种群中水稻品种对褐稻虱的抗性作用。水稻品种对褐稻虱控制作用的指标只有在实验种群中才容易获得较为准确的数据，这些数据与自然种群中重要因子的数据组成控制指数，通过控制指数的综合，有可能预测品种更迭对种群动态的影响，以及进一步研究种群数量的控制问题。

参 考 文 献

- 1 庞雄飞. 种群数量控制指数及其应用. 植物保护学报, 1990, 17 (1): 11~16
- 2 侯任环, 庞雄飞. 作用于褐稻虱自然种群的重要因子及关键因子分析. 华南农业大学学报, 1992, 13 (2): 12~15
- 3 曾 玲, 吴荣宗. 水稻品种对褐稻虱的抗性. 昆虫学报, 1984, 27 (4): 375~383

STUDIES ON THE EFFICIENCY OF RICE RESISTANT VARIETIES IN CONTROLLING
NATURAL POPULATION OF *Nilaparvata lugens* Stal (HOMOPTERA: DELPHACIDAE)

Zeng ling Pang Xiongfei
(Laboratory of Insect Ecology)

Abstract In present paper, the mathematical model of population trend (pang et al. 1990) was applied as an analytics to evaluate the effects of several resistant varieties of rice on the natural population of BPH (rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stal). The resistant varieties affected on the survival rates of the nymph stages and the fecundity of the adults of BPH population. The developmental period of the nymph, the peroviposition period and the oviposition process of the adult feeding on the various resistant varieties, were variable. These characters integrating with survival rates daily affected by the natural enemies, strengthened the effects of the plant resistance. It is helpful for evaluating the efficiency of plant resistance to natural population of pest insects. To use the mathematical model of population trend, expanding with the sum of multiplier of the survival rates in adult stage and the fecundity rates daily.

key words *Nilaparvata lugens*; Resistance of rice varieties; Index of population control; population system