

褐稻虱危害水稻经济阈值的研究

严英俊* 尤民生 吴中孚

(福建农学院植保系)

摘要 本文运用系统分析的原理和方法,研究了褐稻虱田间种群动态、水稻的受害情况和褐稻虱一种主要天敌——草间小黑蛛的捕食作用,并建立这三个亚系统的模拟模型;在此基础上,将三个亚模型耦联起来进行逐日模拟,测定出随褐稻虱种群数量、虫龄结构、水稻生育期、产量水平及草间小黑蛛密度的变化而变化的动态经济阈值,为褐稻虱经济阈值的研究探讨一种比较系统而有效的方法。

关键词 褐稻虱; 经济阈值; 动态模拟

褐稻虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 经济阈值的研究和制定是褐稻虱综合防治的重要内容,也是生产上亟待解决的问题。关于褐稻虱防治指标或经济阈的研究,前人已经做了不少的工作。他们一般是采用室内或田间罩笼试验法,等水稻收获时进行测产^[1,4,5]。因此,以往的研究只是孤立测定褐稻虱虫口密度与产量损失的关系,而对褐稻虱田间种群动态、天敌和气候等经济阈值的影响及其与阈值之间的动态关系则未深入探究。本文通过研究褐稻虱田间种群动态、水稻受害情况及天敌作用等三个亚系统模型,分析它们之间的动态关系,尔后将这三个亚模型耦联起来,在计算机上进行逐日模拟,测定出防治褐稻虱的动态经济阈值并取得较好的效果。

1 材料与方法

1.1 为害损失的试验研究

试验分别采用(1)在水稻不同生育期于室内和大田进行单株笼罩接虫、(2)在试验田内按随机区组方法设计不同虫口密度的小区处理、(3)在福州市郊区不同生境的稻田内进行定期系统调查和施药处理等3种方法,待水稻成熟时进行理论和实收测产,折算成不同虫龄及不同虫口密度与所造成的产量损失的关系。

1.2 田间种群动态的模拟模型

根据吴中孚等^[3]的研究结果,褐稻虱田间种群动态的模拟模型为:

* 严英俊现在福建亚热带园艺植物研究中心工作
1991-03-18 收稿

$$\begin{cases}
 X_{1,1}(k) = \sum_{i=1}^{22} (22i/32-3)^{0.2} \cdot e^{-(22i/32-3)} / 2X_{1,1} \cdot 4P \cdot W / 2368.8 \\
 X_{1,1}(k) = 0 \quad \text{当 } 22i/32-3 < 0 \\
 X_{i,j+1}(k+1) = SP_j(k) \cdot SN_j(k) \cdot G_j(k) \cdot X_{N_j,j}(k) \quad \text{当 } M_j(k) = 0 \\
 X_{i,j+1}(k+1) = SP_j(k) \cdot SN_j(k) \cdot \{ (1-G_j(k)) X_{N_j-M_j(k)+1,j}(k) \\
 \quad + G_j(k) \cdot X_{N_j-M_j(k)+1-1,j}(k) \} \quad \text{当 } 1 \leq i \leq M_j(k) \\
 X_{i,j}(k+1) = SP_j(k) \cdot (1-G_j(k)) \cdot X_{i,j}(k) + SP_{j-1}(k) \cdot SN_{j-1}(k) \\
 \quad \cdot G_{j-1}(k) \cdot X_{N_{j-1},j-1}(k) \quad \text{当 } i = M_j(k) + 1 \\
 X_{i,j}(k+1) = SP_j(k) \cdot \{ (1-G_j(k)) \cdot X_{i-M_j(k),j}(k) + G_j(k) \cdot X_{i-M_j(k)-1,j}(k) \} \\
 \quad \text{当 } M_j(k) + 2 \leq i \leq N_j
 \end{cases} \quad (1)$$

据此，只要输入日平均温度，各发育龄期的年龄数及其存活率，同时输入初始状态（各虫期的初始数量），在计算机上即可进行褐稻虱田间种群动态的逐日模拟预测。各项具体说明及运算步骤详见前文。

1.3 为害损失的测定

我们假定褐稻虱的为害损失与取食量成正比，同时将1~2龄若虫的为害略去不计，根据褐稻虱的累计为害损失率及褐稻虱累计取食量与发育历期的关系，得出褐稻虱的逐日为害损失模型：

$$Y_{s,j}(k) = X_{s,j} \cdot ((k/t)^{2.288} - ((k-1)/t)^{2.288}) \cdot A_s$$

$$Y_{s,j}(k) = \begin{cases} X_i \cdot A_s / t & \text{分蘖期} \\ X_i \cdot A_s / t & \text{孕穗期} \\ (3.0988 e^{0.0428 x_i}) / t & \text{乳熟期} \\ (1.9288 e^{0.0596 x_i}) / t & \end{cases} \quad \begin{matrix} \text{当 } X_i < 5 \\ \text{当 } X_i \geq 5 \end{matrix} \quad (2)$$

其中 $Y_{s,j}(k)$ 、 $Y_i(k)$ 为3~5龄若虫和成虫在第 k 天的为害损失率， $X_{s,j}$ 为3~5龄若虫第 j 年龄级的虫口数量， X_i 为成虫数， A_s 为各虫期在水稻不同生育期的为害损失率（表1）， t 为各虫期的发育历期，由下式给出：

$$t = DD / \left[\sum_{k=1}^N T(k) / N - C \right] \quad (3)$$

式中 DD 为有效积温， C 为发育起点温度， $T(K)$ 为第 K 天的日平均温度， N 为各虫期的发育天数。

1.4 草间小黑蛛的捕食作用模型

为了探讨褐稻虱种群动态和经济阈值随天敌数量而变化的动态关系，我们选择研究了褐稻虱的一种主要天敌——草间小黑蛛成蛛在不同温度下对不同虫态褐稻虱的捕食作用，建立了同时考虑褐稻虱不同虫态和温度对捕食量的影响模型^[2]：

$$N_s = \frac{(0.4833 - 0.0063 \sqrt{DD} \cdot N)}{1 + (-3.9 \times 10^{-5} \sqrt{DD} + 0.0217) \cdot N} \cdot \frac{1}{1 + 0.0127 (T - 31.8)^2 e^{0.1595(T - 31.8)}} \quad (4)$$

式中 N_s 为褐稻虱被捕食量， DD 为褐稻虱的虫龄（1~2龄和3~5龄的 DD 值分别为45.88和181.34个日度）， N 为褐稻虱密度， T 为温度。

1.5 经济阈值的动态模拟

通过褐稻虱的每日取食量及草间小黑蛛的捕食量，把前述3个亚模型耦联起来，即可模拟出动态经济阈值，具体过程如图1所示。

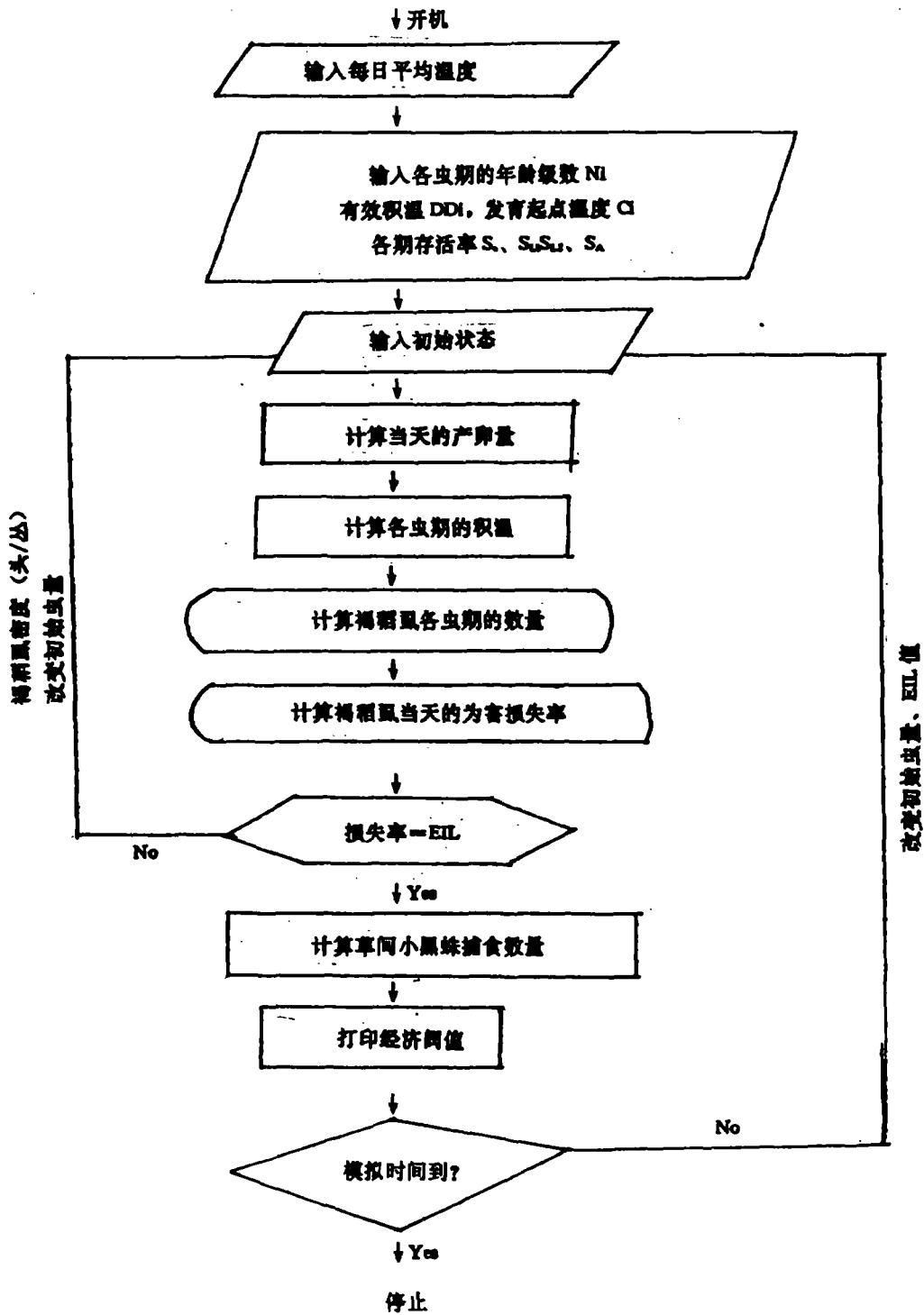


图1 计算褐稻虱经济阈值的动态模拟框图

在确定经济阈值 (ET) 时, 我们是根据 Headley^[1] 的定义: 害虫造成的额外损失等于保护这种损失所花的费用时的种群密度; 同时考虑到由于化防而降低了自然天敌的控制效能, 于是对城所隆等^[2] 提出的经济损失水平 (EIL) 作了校正. EIL 的含义是: 防治害虫时, 挽回产量损失的价值至少等于防治所耗去的费用. 若设 P 为粮食价格, E 为农药防治效果, Y 为粮食产量, C 为防治成本 (包括农药费用 IC , 人工费用 HC , 植保器械折旧费 MC), 则有:

$$EIL = \frac{C}{P \cdot E \cdot Y} = \frac{(IC + HC + MC)}{P \cdot E \cdot Y} \quad (5)$$

为了在害虫防治的实践中把经济效益和生态效益统一起来, Chiang^[7] 曾经在讨论防治害虫经济阈值的一般模式时, 提出有必要增加一个校正系数 F , 以便适当放宽经济阈值, 控制化学农药的施用量, 并认为 F 值在 1~2 之间变动. 有鉴于此, 本文把褐稻虱经济阈值的模型表述为:

$$ET = EIL \cdot F \quad (6)$$

式中 F 值是根据田间系统调查的结果和褐稻虱种群生命表的数据确定的; 由于化防使卵期天敌的作用率减少了 39%, 使若虫期天敌的作用率减少了 20%, 因此我们把 F 值定为 $1 + 0.39 + 0.2 = 1.59$.

2 结果与分析

2.1 褐稻虱的为害损失率

为了便于经济阈值的动态模拟, 我们将褐稻虱的为害期划分为 1~2 龄若虫、3~5 龄若虫和成虫 3 个时期, 计算出平均每丛每头褐稻虱在水稻各生育期的累计损失率 (表 1).

表 1 不同虫期褐稻虱的为害损失率

损 失 率 生育期	虫 期 (%)	1~2 龄若虫	3~5 龄若虫	成 虫
		分蘖末期	0.053 96	0.354 2
孕穗期		0.046 88	0.305 2	0.889 4
乳熟期		0.028 45	0.186 8	0.545 4

由表 1 可以推知, 1~2 龄若虫期的为害损失率仅为整个世代为害损失率的 3.75%; 若以每日计, 则比例更小. 为了便于实际应用, 在逐日模拟确定褐稻虱为害的经济阈值时, 可将此虫期的为害略去, 只考虑 3~5 龄若虫和成虫期的为害损失率.

2.2 经济阈值的动态模拟

在模拟计算经济阈值时, 我们以福建省大面积使用的两种药剂 (即 2% 叶蝉散粉剂和 40% 乐果 50 g 与 80% 敌敌畏 100 g 混合液) 为例, 按常规用量和市场价格计算农药费用, 按亩产 400 kg 及稻谷 0.634 元/kg 计算防治收益; 同时考虑水稻不同生育期和草间小黑蛛成蛛不同密度对经济阈值的影响. 通过逐一改变其中一个因素而固定其它因素的方法来模拟计算 ET 的值, 结果如表 2 所示.

表2 褐稻虱为害水稻的经济阈值(ET)*

ET (头/丛)	9月4日~9月19日		9月20日~10月5日		10月6日~10月30日	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
T	3~5龄 成虫	3~5龄 成虫	3~5龄 成虫	3~5龄 成虫	3~5龄 成虫	3~5龄 成虫
M	9.52	12.57	10.98	14.19	17.74	23.26
P	4.72	5.23	5.36	7.14	9.1	11.07
S	4.14	5.45	2.72	3.88	4.12	5.03
	2.06	2.72	2.92	3.88	4.12	5.03
	10.07	13.25	11.55	14.9	18.6	24.29
	4.99	6.6	8	5.65	7.53	9.57
	2.1	5.67	2.78	4.01	4.23	5.19
	10.59	13.93	12.12	15.57	19.44	25.22
	5.3	6.98	5.96	7.9	10.03	12.22
	4.47	5.88	2.83	4.13	4.34	5.34
	11.16	14.5	12.66	16.25	20.19	26.2
	5.6	7.32	6.25	8.32	10.52	13.27
	4.64	6.11	3.15	4.27	4.45	5.5
	11.69	15.24	13.22	17.01	21.79	27.42
	6.87	7.71	6.55	8.7	11.08	13.27
	4.84	6.34	2.95	4.39	4.56	5.65
	12.11	15.33	13.89	17.68	21.79	28.22
	6.13	7.99	8.84	9.08	11.44	13.77
1	5.01	6.52	2.99	4.53	4.58	5.83
	2.28	2.99	3.29	4.53	10.05	10.5
					4.59	7.96
						8.11

* 表中的T为水稻生育期(4/9~19/9)为分蘖末期,20/9~5/10为孕穗期,6/10~30/10为乳熟期;M表示农药[(1)为2%叶蝉散,(2)为乐果与敌敌畏混合液];S为褐稻虱虫情;P为平均小面积密度。

从表2可以看出, 经济阈值的大小取决于褐稻虱的虫期、发生期和草间小黑蛛的密度。褐稻虱成虫期的危害明显大于3~5龄若虫, 故阈值较小; 褐稻虱发生越早, 经济阈值越小, 在水稻分蘖末期最小, 孕穗期次之, 乳熟期最大; 在同一水稻生育期, 经济阈值随小黑蛛的密度增加而提高, 但不是简单的线性关系, 而是随温度与褐稻虱密度的变化而变化, 当草间小黑蛛的成蛛增加0.2头/丛时, 3~5若虫的经济阈值可相应提高0.09~1.22头/丛, 成虫可提高0.26~0.58头/丛, 平均可分别提高0.69头和0.39。

2.3 不同产量水平下的经济阈值

为了满足实际应用的需要, 我们还对水稻不同产量水平下防治褐稻虱的经济阈值进行了模拟研究, 结果如表3所示。

表3 不同产量水平下防治褐稻虱的经济阈值*

EIL 与 ET	亩产 (kg)	250	300	350	400	500	600
	EIL (%)		1.57	1.31	1.12	0.98	0.79
EIL×F (%)		2.5	2.08	1.78	1.56	1.25	1.04
ET (头/丛)	3~5龄 成虫	20.5 10.56	17.29 8.8	14.94 7.57	13.15 6.53	10.54 5.33	8.85 4.48
	3~5龄 + 成虫	5.84+6.86	4.55+5.77	4.11+4.98	3.21+4.38	3.47+3.53	2.26+2.9

* 使用药剂为2%叶蝉散粉剂

草间小黑蛛成蛛的密度为0.76头/丛, (1986~1987年9月至10月的田间平均值)

在实际应用中, 利用表2, 3的数据, 根据田间每次调查所得的褐稻虱发育进度, 各虫期的虫口密度及草间小黑蛛成蛛的密度, 就可以确定褐稻虱的防治对象田。例如, 1987年10月1日的田间调查表明褐稻虱已进入成、若虫并发期, 此时3~5龄若虫密度为5头/丛, 成虫为6头/丛, 而草间小黑蛛成蛛密度为0.385头/丛, 在其它天敌作用不变的情况下, 用2%叶蝉散防治, 同表2可以查知虫口已达到经济阈值, 应进行防治。

3 讨论

害虫防治的经济阈值受害虫、天敌、作物状况、防治措施及费用等因子的影响; 各种因子之间相互作用, 相互制约, 综合影响经济阈值。本文运用系统科学的原理和方法, 把各种影响因子与经济阈值的关系视为不同的亚系统, 通过研究建立害虫种群动态、天敌(草间小黑蛛)捕食作用及水稻受害等3个亚系统模型, 耦联后在计算机上逐日模拟, 给定出褐稻虱危害水稻的动态经济阈值。这种尝试我们认为比以往只考虑虫口密度一个因素, 而对其它因素的影响作用只能定性估计的完善得多。由此可以预见, 只要能较系统、完整地研究掌握害虫的发生规律、种群动态及其主要影响因素, 作物生长及受害情况, 建立它们各个亚系统型模型, 就能模拟确定出害虫的动态经济阈值。

褐稻虱田间种群动态、天敌与害虫的动态关系、水稻的生长与受害情况、农药的污染与副作用对经济阈值的影响是因时、因地、因条件而有所不同, 这些都需要进一步深入研究, 以期掌握较准确材料, 确定出合理的经济阈值, 为褐稻虱的综合防治提供指导。

参 考 文 献

- 1 丁宗泽, 陈茂林, 李沛元. 褐稻虱的产卵繁殖和允许损失阈. 昆虫学报, 1981, 24 (2), 152~159
- 2 严英俊, 吴中孚, 草间小黑蛛对褐稻虱捕食作用及模拟模型. 福建农学院学报, 1989, 18 (3), 289~294
- 3 吴中孚, 严英俊, 赵士熙. 褐稻虱田间种群动态模拟的研究. 福建农学院学报, 1990, 19 (2), 115~122
- 4 洪银山, 魏希保, 吴有为等. 褐稻虱为害损失率与防治指标研究初报. 植物保护, 1985, 11 (4), 22~24
- 5 [日]城所隆等. 被害容许水平和防治战略(I)——害虫管理和 EIL(邹运鼎译). 陆地生态译报, 1982, 82 (2), 33~38
- 6 Chen C N, and C C Cheng. The population levels of *N. l. (Stål)* in relation to the yield loss of rice I. Plant Protection Bulletin, Taiwan, 1978, 20 (3), 197~209
- 7 Chiang, H. C. Factors to be considered in refining a general model of economic threshold. Entomophaga 1982, 27, 99~103
- 8 Headley, J. C. Defining the economic threshold. In Pest Control Strategies for the Future, Washington, DC, Natl. Acad. Sci. 100~108
- 9 Sogawa, K., and C. H. Cheng. Economic thresholds nature of damage, and losses caused by the BPT. Entomol. Dept., IRRI Los Bancos Laguna Philippines. 1980. 125~142

STUDY ON THE ECONOMIC THRESHOLD FOR CONTROLLING DAMAGE DUE TO
THE BROWN PLANTHOPPER, *Nilaparvata lugens* (Stål)

Yan Yingjun You Minsheng Wu Zhongfu
(Dept. Plant Protection, Fujian Agricultural College)

Abstract By means of the systems approach, a simulation model was developed in this paper, which describes the effects of the population dynamics of the brown plant hopper (BPT) in paddy fields, the losses in rice yield caused by BPT, and the functional response of the dwarf spider (*Brigantia graminicola*) to BPT on the economic threshold of BPT. Data obtained from indoor or outdoor experiments were used to run the daily simulations, and the results showed that the economic threshold varied with the population levels of BPT and its age-structure, the growing stage of the rice plant, the rice yield, and the density of the dwarf spider.

Key words *Nilaparvata lugens*; Economic threshold; Dynamic simulation