

# 褐稻虱自然种群生命表的组建方法

庞雄飞 侯任环 包华理

(昆虫生态研究室)

**摘要** 本文把褐稻虱种群按其生长发育顺序划分为卵(E)、1~2龄若虫(S)、3~4龄若虫(L)和成虫(A)4个阶段,把各阶段的作用因子划分为相对独立的状态(states)。在稻田调查中分别记录其单位面积的数量。通过换算,计算卵、1~2龄若虫和3~5龄若虫的存活率( $S_E, S_S, S_L$ )及各作用因子相对应的存活率( $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_A$ ),同时通过实验种群的产卵量( $FP_F P_S$ ),成虫逐日产卵概率( $P_H$ )和自然种群成虫逐日存活率( $A_{Ht}$ )组成的下代卵量概率, $\Sigma P_H (S_{Ht})^t$ 组成褐稻虱自然种群生命表的各个组分。如果包含成虫迁移后的居留率 $S_t$ ,则根据生命表组分建立的种群趋势数字模型(Morris-Watt 种群数学模型<sup>[7,10,11]</sup>)可扩充为:

$$I = S_E S_S S_L F P_F P_S; S_t \Sigma P_H (S_{Ht})^t$$
$$I = S_1 S_2 S_3 S_4 S_5 S_A F P_F P_S; S_t \Sigma P_H (S_{Ht})^t$$

该数学模型有助于褐稻虱种群系统研究的各项分析

**关键词** 种群系统; 种群生命表; 褐稻虱

生命表方法是害虫种群系统的研究基础<sup>[3]</sup>。Morris and Miller<sup>[7]</sup>组建的以虫期组配的昆虫自然种群生命表的研究对象为云杉卷叶蛾, 庞雄飞等<sup>[2~4]</sup>组建的以作用因子组配的自然种群生命表的研究对象为稻纵卷叶螟, 这些害虫成虫历期较短。褐稻虱的成虫历期甚至比若虫的历期更长, 天敌对成虫的非正常死亡的作用更为明显。在褐稻虱自然种群生命表的组建中, 天敌引起成虫非正常死亡是一个不可忽视的因素。本文以成虫逐日存活率表示成虫的非正常死亡。成虫逐日存活率与成虫逐日产卵概率乘积之和, 组成下代预计卵量概率, 在生命表中补充下代预计卵量概率, 对褐稻虱自然种群系统的研究有一定的帮助。

## 1 褐稻虱自然种群生命表的组建方法

褐稻虱自然种群生命表的基础数据, 主要来源于稻田的定期密度调查。在每次调查中, 同时记录卵、1~2龄若虫、3~5龄若虫和成虫的密度; 并于5龄若虫高峰期, 选取20对饲养至成虫, 隔天更换稻茎以观察记录产卵量。除此以外, 分别调查卵的被捕食及被寄生概率及其他虫期的被寄生概率, 以计算各虫期及各作用因子相对应的存活率。

### 1.1 卵期调查

褐稻虱卵期7天左右, 产出后前3天乳白色透明, 第4天后可见红色的眼点, 孵化时自卵的外端孵出。被稻虱小蜂 *Anagrus nilaparvatae* Pang and Wang 及其他小蜂 *Anagrus* spp. 寄生的发育历期约10天, 前3天未显出明显的变化, 第4天后被寄生卵呈橙红色, 最后2天透过卵壳可见成形的蜂体, 并可区别雌、雄。黑肩绿盲蝽的若虫及成虫均吸食褐稻虱卵, 不论被寄生与否及发育程度如何均可能被吸食, 吸食后寄主卵壳皱缩, 褐稻虱或小蜂均

会死亡。在卵期调查中均可看到上述的情况。

调查时在每样本中选取一丛，统计每丛的蘖数，每丛在边缘选取一叶，在中央选取一蘖，取回后在双目镜下检查记录卵痕数，把分层取样结果计算卵痕密度，并随机选取100~200卵痕解剖，分别记录卵粒数( $N_s$ )，红眼点卵粒数( $N_h$ )，乳白透明而未显出眼点或未显红色的卵粒数( $N_{ew}$ )，卵壳皱缩的黑肩绿盲蝽捕食的卵粒数( $N_e$ )，呈红色的缨小蜂寄生卵粒数( $N_{ea}$ )计算：

$$\text{卵密度} = \text{卵痕密度} \times \text{每卵痕平均卵粒数}$$

$$\text{被黑肩绿盲蝽捕食的概率 } P_e = N_e / N_s$$

$$\text{被稻虱缨小蜂寄生的概率}$$

$$P_{ea} = [(10/7)N_{ea}] / [(7/4)N_s + (10/7)N_{ea}]$$

除此以外，常会发现稻虱食卵金小蜂(*Pestiferon sp*)幼虫，每一幼虫可捕食卵块内全部卵粒。如果发现，亦可按卵痕数计算其捕食率。

### 1.2 若虫、成虫的密度调查

褐稻虱的空间分布状况多为聚集型，适合负二项分布，其公共K值在1.47~3.492的范围内。棋盘式取样较适合其种群密度调查。样本大小按分布密度粗略估计决定。要求每一样本包含10头以上。密度低时样本可扩大，密度高时样本可缩小。样本数量多少可根据田间密度的粗略估计及容许误差决定。在昆虫生命表的研究中，变异系数C=0.1的误差已为国内外多数研究者所接受<sup>[1]</sup>。按理论抽样数计算公式：

$$n = (x+k) / xkC^2$$

可决定抽样数。该式中n为理论抽样数，x为粗略估计的害虫密度，C为容许误差(以变异系数表示)，k为公共K值。

例如，预先调查16个样本的虫数为12, 16, 27, 26, 20, 19, 10, 17, 16, 20, 11, 9, 24, 26, 22, 21，其平均误差为：

$$x \pm \delta = 18.5 \pm 5.85$$

取k=2.0，C=0.1，则应取样数为：

$$n = (18.5+2.0) / (18.5)(2.0)(0.1)^2 \approx 55$$

即在原来16个样本的基础上再增加39个。

### 1.3 调查结果及计算

调查自一个世代的卵期算起，调查结果列于表1中。由于各虫态历期不一致，各虫期密度的合计数( $N_s$ )，按各虫态历期( $\Delta$ )进行调整，按照每4天一次的调查间距，计算各虫期密度的估计数( $\hat{N}_s = 4N_s / \Delta$ )

各虫期密度估计数( $\hat{N}_s$ )的特点不完全相同。在卵期中，被捕食或被寄生的卵粒均保留于卵块之中，因而每次调查均可统计全部卵数，即卵期起始时的密度估计数，减去被捕食及被寄生以及非正常卵的密度估计数，即为卵末期的密度估计数，也是1~2龄若虫期的起始虫数。1~2龄、3~5龄若虫及成虫的密度估计数与卵期的不同。由于若虫及成虫死亡后不留残骸，调查时统计的个体，可能属于该虫期起始至末其中的任一日龄。粗略估计每日的死亡机率相等，则若虫及成虫的密度估计数( $\hat{N}_s$ )可以看成是该虫期中期的数量。因而可按照图1计算各虫期起始时的密度估计数( $\hat{N}_s$ )。各虫期的存活率为：

$$\text{卵期存活率 } S_s = \hat{N}_s / N_s$$

$$1\sim 2\text{ 龄若虫存活率 } S_s = \hat{N}_s / N_s$$

3~5龄若虫存活率  $S_L = \bar{N}_A / \bar{N}_S$

表1 褐稻虱定期调查及计算

(广东、海陵, 1990年5~6月)

日期	卵				1~2龄若虫		3~5龄若虫		成虫	
	总数	捕食	寄生	不育	总数	寄生	总数	寄生	总数	寄生
5.13	80	0	0	0	—	—	—	—	—	—
5.17	142.5	0	7.5	0	—	—	—	—	—	—
5.21	360	47.5	0	7.5	14	0	—	—	—	—
5.25	510	47.5	5	10	31	0	0	0	—	—
5.29	115	7.5	2.5	0	56	0	38	2	—	—
6.2	292.5	30	0	2.5	134	0	25	1	0	0
6.6	537.5	12.5	20	10	193	0	62	3	5	0
6.10	445	10	0	17.5	130	0	77	5	11	1
6.14	327.5	50	0	12.5	29	0	52	7	10	0
6.19	372.5	62.5	0	32.5	3	0	16	0	16	0
6.22	—	—	—	—	1	0	11	0	10	0
6.26	—	—	—	—	0	0	7	0	5	0
虫态历期△		7			5		8		12	
合计 $\bar{N}_s$	3 082.5	267.5	35	92.5	591	0	288	18	57	1
估计 $\bar{N}_e$	1 761.4	152.9	20	52.9	427.8	0	144	9	19	0.33
起始虫数		1 761.4				1 535.7		346.3		94
存活率		0.8719				0.2255		0.2714		$S_L = 0.7661$

注: 估计数  $\hat{N}_x = 4\bar{N}_s / \Delta$ ;  $S_L$ —成虫逐日存活率。

由于成虫产卵后全部死亡, 成虫期存活率为零, 因而在昆虫生命表中未能列入成虫存活率。但成虫的非正常死亡(主要是指被捕食而死亡)对其实代卵量影响甚大。在图1中, 已计算成虫起始时的密度估计数, 在调查中已统计成虫中期的密度估计数, 因而可计算成虫起始至中期的逐日存活率( $S_{Ai}$ ):

$$S_{Ai} = (\bar{N}_A / \bar{N}_s)^{1/i} \quad (i \text{ 为成虫起始至中期的天数})$$

#### 1.4 自然种群下代卵量概率的估计

设标准卵量  $F=1 000 / \varphi$  从试验中得出的每雌卵量可计算达标准卵量的概率  $P_F$ , 结合田间成虫雌性概率的调查, 可以估计成虫产卵量参数  $FP_F P_\varphi$ 。对于褐稻虱及其类似的成虫期较长的种类, 成虫逐

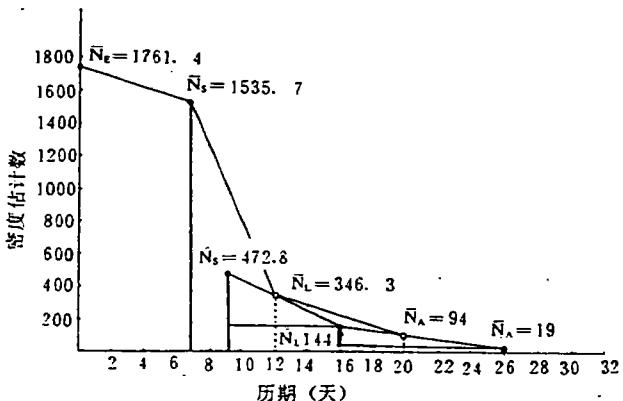


图1 各虫期起始虫数估计值的图解

$$\text{其中: } \bar{N}_t = \bar{N}_s - (\bar{N}_s - \bar{N}_L) (2.5) / 6.5$$

$$\bar{N}_L = \bar{N}_A - (\bar{N}_L - \bar{N}_A) (4) / 10$$

日存活率对产卵量的影响甚大。

褐稻虱成虫有3天以上的产卵前期，开始时产卵量逐日增加，至产卵高峰日以后，产卵量逐日下降。其逐日产卵占总产卵量的概率可按下面的方程进行模拟（方程1）

$$P_n = \frac{(i-h)^{k/2} e^{-(i-h)/2}}{r} \quad (1)$$

$P_n$ ——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*——成虫产卵前历期；

*k*——产卵最高峰日；

*r*——待定系数， $r = \sum (i-h)^{k/2} e^{-(i-h)/2}$ 。

在自然种群中，由于成虫逐日死亡，其下代卵量 $N_{E1}$ 可按下面的方程进行估计：

$$N_{E1} = FP_F P_\varphi P_n (S_{Ae})^i$$

$$P_n (S_{Ae})^i = P_{n1} (S_{Ae}) + P_{n2} (S_{Ae})^2 + P_{n3} (S_{Ae})^3 + \dots$$

## 2 褐稻虱自然种群生命表

通过上面的数据处理，可组建褐稻虱自然种群生命表示例如下（表2）。

表2 褐稻虱种群生命表（广东海陵，1990年5~6月）

虫期 (X)	各虫期存活率 ( $S_x$ )	作用因子 (i)	各作用因子存活率 ( $S_i$ )	
卵	$S_1 = 0.8719$	捕食	$S_1 = 0.9132$	
		寄生	$S_2 = 0.9876$	
		不育	$S_3 = 0.9887$	
1~2龄若虫	$S_4 = 0.2225$	捕食及抗性	$S_4 = 0.2225$	
3~4龄若虫	$S_5 = 0.2714$	捕食及抗性	$S_5 = 0.2974$	
		寄生	$S_6 = 0.9126$	
标准卵量 $F = 1000$				
达标准卵量概率 $P_F = 0.3472$				
雌性概率 $P_\varphi = 0.6164$				
迁移后居留率 $S_t = 0.3901^*$				
成虫逐日存活率 $S_e = 0.7667 \quad \Sigma P_n (S_e) = 0.1238$				
种群趋势指数 $I = S_u S_s S_t F P_F P_\varphi S_e \Sigma P_n (S_{Ae})^i$ $= S_1 S_2 S_3 S_4 S_5 F P_F P_\varphi S_e \Sigma P_n (S_{Ae})^i = 1.395$				

\* 迁移后居留率已计算于成虫逐日存活率之中。

据表2，种群趋势指数模型（Morris—Watt 种群数学模型）<sup>[6,8,9]</sup>可扩充为：

$$\begin{aligned} I &= S_E S_S S_L F P_F P_{\frac{1}{2}} S_t \Sigma P_n (S_{Aa})^t \\ &= S_1 S_2 S_3 S_4 S_5 S_6 F P_F P_{\frac{1}{2}} S_t \Sigma P_n (S_{Aa})^t \dots \dots \dots \quad (2) \end{aligned}$$

关于褐稻虱自然种群生命表及种群趋势指数模型的分析将另外进行讨论。

### 参 考 文 献

- 1 尹汝湛. 昆虫生命表的制作与分析. 植物保护, 1980, 6 (1): 31~37
- 2 庞雄飞等. 稻纵卷叶螟生命表及其主要死亡因子分析. 华南农学院学报, 1981, 2 (4): 71~84
- 3 庞雄飞等. 种群生命系统的状态空间分析法. 华南农业大学学报, 1988, 9 (2): 1~10
- 4 庞雄飞等. 昆虫天敌作用的评价. 生态学报, 1984, 4 (1): 46~56
- 5 Hughes R D, Jones R E and Gutierrez A P. Short term patterns of population change: The life system approach to their study (in Huffaker, C. B. and R. L. Rabb, eds, "Ecological Entomology" John Wiley and sons, New York, 1984).
- 6 Morris R F. Predictive population equation based on key factors Mem Ent Soc Can, 1963, 32: 16~21
- 7 Morris R F and Miller C A. The development of life tables for the spruce budworm. Can. J. Zool, 1954, 32L283 ~301
- 8 Watt K E F. Mathematical models for use in insect pest control. Can. Ent. Suppl., 1961, 19: 62
- 9 Watt K E F. Mathematical population models for five agricultural crop pests. Can. Ent. Soc. Mem, 1963, 32: 83~91

### METHOD TO CONSTRUCT THE NATURAL LIFE TABLE OF *Nilaparvata lugens* STÅL

Pang Xiongfei Hou Renhuan Bao Huali  
(Insect Ecology Laboratory )

**Abstract** This paper deals with a method to construct the natural life table of *Nilaparvata lugens* Stål by the data of field samplings and investigations on the survival rates of egg ( $S_E$ ), 1st—2nd instars and 3rd—5th instars of the nymph stages ( $S_S$  and  $S_L$ ), and the operative factors ( $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$ ;  $S_t$ ). Besides the fecundity coefficient from the investigation on an experimental population ( $F P_F P_{\frac{1}{2}}$ ), the product of the survival rates of adult stage per day ( $S_{Aa}$ )<sup>t</sup> and the fecundity rates per day, ( $P_n, \Sigma P_n (S_{Aa})^t$ ), and the residency rate after migration of the adults ( $S_t$ ) are introduced as a component of the adult stage into the life table. And thus, the mathematical model of population trend (Morris—Watt mathematical model) may be expanded as follow:

$$\begin{aligned} I &= S_E S_S S_L F P_F P_{\frac{1}{2}} S_t \Sigma P_n (S_{Aa})^t \\ \text{or, } I &= S_1 S_2 S_3 S_4 S_5 S_6 F P_F P_{\frac{1}{2}} S_t \Sigma P_n (S_{Aa})^t \end{aligned}$$

**Key words** *Nilaparvata lugens* Stål; Population life table