

# 褐飞虱稳定增长初期种群空间格局 及抽样技术的研究\*

蔡立正 黄方能 程遐年

丁宗泽

(南京农业大学植保系, 南京)

(江苏省太湖地区农科所, 望亭)

**提 要:** 褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 种群稳定增长初期 (8月初) 田间成、若虫拟合为负二项分布, 卵为截尾负二项分布。由此导出理论抽样数模式。成、若虫为  $n = (t/D)^2 \cdot (1/\bar{x}) + 1/2.3854$  或  $n = (t/D)^2 \cdot (1/\bar{x} + 1/2.3854)$ 。卵为  $n = (9.1777/D^2 \cdot \bar{x}) \cdot (1 - P(1))$  或  $n = (t/D)^2 \cdot (9.1777/\bar{x}) \cdot (1 - P(1))$ 。应用改进的  $\bar{x} - \bar{x}$  回归法, 求得成、若虫的理论抽样数模式为  $n = (1/D^2) \cdot (7.4820/\bar{x}) + 0.11\bar{x} - 1.322$  或  $n = (t/D)^2 \cdot (7.4820/\bar{x}) + 0.11\bar{x} - 1.322$ 。应用 Taylor 指数法得到理论抽样数模式为  $n = (0.9932/D^2) \cdot \bar{x}^{-0.26854}$  或  $n = (t/D)^2 \cdot 0.9932\bar{x}^{-0.26854}$ 。

**关键词:** 褐飞虱; 种群; 空间分布型; 抽样技术

褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 是亚洲东部地区和我国水稻最重要的害虫之一。目前国内外对此虫正开展多方面的研究, 其中以种群数量动态计算机模拟模型及管理模型研究尤引人注目。这些工作必须对田间种群进行抽样调查, 而正确的抽样方法和抽样数量是保证调查数据准确的基础。在计算机模拟模型的预测中, 输入种群基数的精确程度, 直接影响着预测结果可靠程度的高低。因此, 对褐飞虱种群早期抽样技术的研究显得十分重要。

我们在褐飞虱种群数量动态计算机预测模型研究中<sup>[1, 2, 4, 6, 7]</sup>, 根据迁飞昆虫和太湖流域单季晚稻区褐飞虱田间种群消长的规律, 将褐飞虱种群的发生过程划分为少量迁入 (6月下旬至7月中旬)、大量迁入 (7月下旬至8月初)、稳定增长 (8月上、中旬至9月上旬) 和种群高峰长翅型成虫迁出 (9月以后) 等4个阶段, 并运用稳定增长初期的种群密度, 动态地进行中期数量预报。为了配合这一模型的推广和应用, 我们于1987年8月在江苏省太湖地区农科所, 对种群稳定增长初期褐飞虱的空间分布格局及抽样技术进行了研究。现将结果报道于下。

## 材 料 与 方 法

### (一) 调查记载

在褐飞虱大量迁入阶段基本结束, 种群处于稳定增长初期的8月3—5日, 选择常规单季晚粳 (品种为“早单白”) 稻田3块, 随机取样, 每样点盘拍检查1穴, 共调查4396穴水稻, 记载每穴褐飞虱成、若虫头数。同时, 随机拔取水稻1773株, 带至室内逐株剥查镜检, 记载每株卵粒数。

1988年1月7日收到, 1988年4月8日收到修改稿。

\* 丁锦华副教授对本项研究给予大力支持并审阅全文, 南京农业大学植保41班和昆虫41班董春等10位同学参加田间调查, 在此一并致谢。

(二) 数据处理

1. 频次分布的拟合

编制包括 Poisson 分布、正二项分布、负二项分布、截尾负二项分布以及Neyman分布等频次分布分析软件。将(一)项调查结果整理成田间观察频次分布表,输入IBM-PC/XT计算机,用上述分析软件的各种群分布型,逐一计算分析,经 $\chi^2$ 测验检查各自的显著性,以确定稳定增长初期田间褐飞虱成、若虫和卵的分布型。

2. 聚集强度的测定

平均拥挤度和聚块性指标 根据 Lloyd (1967)<sup>[9]</sup>用平均数 $\bar{x}$ 和方差 $S^2$ ,计算平均拥挤度的公式

$$\bar{x}^* = \bar{x} + (S^2 / \bar{x} - 1) \dots\dots\dots (1)$$

计算平均拥挤度。同时依照Lloyd关于聚块性指标( $\bar{x}^* / \bar{x}$ )的概念和判断标准(即 $\bar{x}^* / \bar{x} < 1$ 时,种群分布是均匀的; $\bar{x}^* / \bar{x} = 1$ 时,种群分布是随机的; $\bar{x}^* / \bar{x} > 1$ 时,种群分布是聚集的),确定田间褐飞虱种群不同虫态的空间格局。

$\bar{x}^* - \bar{x}$  回归分析法 根据徐汝梅(1984)<sup>[5]</sup>以非线性相关改进Iwao(1968)<sup>[8]</sup>的直线回归法描述 $\bar{x}^* - \bar{x}$ 的关系,确定褐飞虱基本成分(即个体群,下同)的空间格局。该模式为

$$\bar{x}^* = \alpha' + \beta' \bar{x} + \gamma \bar{x}^2 \dots\dots\dots (2)$$

式中 $\alpha'$ 为每个基本成分中个体数分布的平均拥挤度, $\beta'$ 为低密度情况下基本成分分布的相对聚集度, $\gamma$ 为基本成分的相对聚集度随种群变化的速率。

(三) 理论抽样数的确定

1. 由频次分布直接导出理论抽样数公式

用频次分布研究的结果,根据抽样理论可直接导出其理论抽样数方程。

2. 由改进的 $\bar{x}^* - \bar{x}$ 回归法导出理论抽样模式

根据(1)、(2)式得

$$\bar{x} + (S^2 / \bar{x} - 1) = \alpha' + \beta' \bar{x} + \gamma \bar{x}^2$$

方差为

$$S^2 = (\alpha' + 1) \bar{x} + (\beta - 1) \bar{x}^2 + \gamma \bar{x}^3$$

根据抽样理论得出抽样模式为

$$n = (1/D^2) \cdot ((\alpha' + 1) / \bar{x} + \gamma \bar{x} + \beta - 1) \dots\dots\dots (3)$$

式中n为理论抽样穴数,D为允许误差, $\bar{x}$ 为样本平均数。对D值赋以概率保证,则理论抽样模式为

$$n = (t/D)^2 \cdot ((\alpha' + 1) / \bar{x} + \gamma \bar{x} + \beta - 1) \dots\dots\dots (4)$$

式中t为一定置信度下的t分布值, $\alpha'$ 、 $\beta$ 和 $\gamma$ 可由 $\bar{x}^* - \bar{x}$ 回归方程求得。

(3) 由Taylor氏指数法则导出理论抽样数模式

用Taylor<sup>[10,11]</sup>的方差与平均数之间的指数相关

$$S^2 = a \bar{x}^b$$

推导理论抽样模式为

$$n = (a/D^2) \cdot \bar{x}^{b-2} \dots\dots\dots (5)$$

对允许误差D赋以概率保证,则

$$n = (t/D)^2 \cdot a \bar{x}^{b-2} \dots\dots\dots (6)$$



其 $X^2=25.9030 < X_{0.05}^2=31.41$ , 处于5%的显著水平之上; 卵的观察频次与截尾负二项分布(TND)的理论频次相比, 其 $X^2=23.5858 < X_{0.05}^2=23.68$ , 亦处于5%的显著水平之上。分析结果表明, 种群稳定增长初期, 褐飞虱成、若虫在田间呈负二项分布, 卵呈截尾负二项分布。

2. 聚集强度的测定

(1) 平均拥挤度和聚块性指标

成 若 虫 由 表 1 算 得 样 本 平 均 数  $\bar{x}=5.8016$ , 方 差  $S^2=20.6360$ , 代 入 (1) 式, 得 到 平 均 拥 挤 度  $\bar{x}^*=8.3750$ , 聚 块 性 指 标  $\bar{x}^*/\bar{x}=1.4405 > 1$ 。由 此 可 以 确 定 在 8 月 初, 种 群 稳 定 增 长 初 期 褐 飞 虱 成、若 虫 田 间 分 布 格 局 是 聚 集 的。这 与 褐 飞 虱 卵 块 繁 殖 孵 化 的 若 虫 是 聚 集 的 和 迁 入 虫 源 降 落 的 不 均 匀 性 有 关。

卵 由 表 1 计 算 样 本 平 均 卵 数  $\bar{x}=0.5381$ , 方 差  $S^2=10.3317$ , 平 均 拥 挤 度  $\bar{x}^*=18.7384$ , 聚 块 性 指 标  $\bar{x}^*/\bar{x}=34.8233 \gg 1$ , 表 明 褐 飞 虱 卵 在 种 群 稳 定 增 长 初 期 有 强 烈 的 “聚 集” 现 象。这 是 由 于 褐 飞 虱 迁 入 成 虫 降 落 产 卵 不 均 匀 和 块 状 产 卵 所 形 成 的。

(2)  $x - \bar{x}$  回归分析

利用两天3次, 3个组共9个样本褐飞虱成、若虫的资料, 根据徐汝梅等的方法, 即代入(2)式, 计算  $\bar{x}^* - \bar{x}$  的改进回归方程为

$$\bar{x}^* = 6.482 - 0.3222\bar{x} + 0.11\bar{x}^2 \quad (r = 0.9940^{***}) \quad \dots\dots\dots (7)$$

由此可知, 褐飞虱田间种群每个基本成分中个体数分布的平均拥挤度  $\alpha' = 6.482$ , 低密度下褐飞虱基本成分分布的相对聚集度  $\beta = -0.3222$ , 基本成分分布的相对聚集度随种群密度变化的速率  $r = 0.11$ , 表明随种群密度的增高种群基本成分分布的相对聚集度增强。

(三) 理论抽样数的确定

1. 依据分布型的理论抽样方程计算的抽样数

(1) 成、若虫

成、若虫在稳定增长初期呈负二项分布, 用最大似然法<sup>[3]</sup>计算参数K的估计值为  $\hat{K} = 2.3584$ 。根据负二项分布的理论抽样方程<sup>[3]</sup>, 导出该时期褐飞虱成、若虫的理论抽样模式为:

$$n = (1/D)^2 \cdot (1/\bar{x} + 1/2.3584) \quad \dots\dots\dots (8)$$

若对允许误差D值赋以概率保证, 则上式乘以  $t^2$  得理论抽样模式为

$$n = (t/D)^2 \cdot (1/\bar{x} + 1/2.3584) \quad \dots\dots\dots (9)$$

例如允许误差为0.1时, 将  $\bar{x} = 5.8016$  代入(8)式得到理论抽样数  $n \approx 60$ 穴; 若以95%的概率 ( $t \approx 2$ ) 保证  $D = 0.1$  时, 则由(9)式得到理论抽样数  $n \approx 240$ 穴。

(2) 卵

稳定增长初期褐飞虱的卵在田间呈截尾负二项分布。由抽样理论推导总体为该分布的理论抽样模式为

$$n = \bar{x} / (S_{\bar{x}}^2 \cdot \hat{w})(1 - P(1))$$

$$n = (t/D)^2 \cdot 1 / (\hat{w} \cdot \bar{x})(1 - P(1))$$

(见黄方能、程遐年(1988)关于总体呈Neyman分布和截尾负二项分布理论抽样数模型的探讨) 式中  $\hat{w}$  为截尾负二项分布参数的估计值,  $P(1)$  为截去零后的样本中含1的频率(可由样本算出),  $n$  为截去零后的理论抽样数,  $\bar{x}$  为截去零后的样本平均数。根据表1算得  $w$  的距法估计值  $\hat{w} = 0.10896$ , 从而导出理论抽样方程为:

$$n = 9.1777 / (D^2 \cdot \bar{x}) \cdot (1 - P(1)) \dots\dots\dots (10)$$

或  $n = (t/D)^2 \cdot 9.1777 / \bar{x} \cdot (1 - P(1)) \dots\dots\dots (11)$

由表1得到截去零的  $\bar{x} = 11.09302$ ,  $P(1) = 0.0465$ , 代入(10)式, 取允许误差  $D = 0.1$ , 得到理论抽样数  $n \approx 6$  (株), 若赋以95%的概率保证  $D = 0.1$  时, 则  $n \approx 24$  (株)。这里的  $n$  为除去零样方后的理论抽样数, 即有卵株数。实际的理论抽样数可在调查过程中确定, 即当调查的有卵株数达到  $n$  值时, 停止抽样; 也可预先估计出有卵样方, 算出实际的理论抽样数。如表1中有卵株率为0.0485, 则可得实际理论抽样数  $n \approx 123$  (株) 或  $n \approx 492$  (株)。

2. 由改进的  $\bar{x}^* - \bar{x}$  回归法导出理论抽样模式

由稳定增长初期褐飞虱成、若虫的  $\bar{x}^* - \bar{x}$  回归式(7), 可知  $\alpha' = 6.482$ ,  $\beta = -0.3222$ ,  $r = 0.11$ , 代入(3)、(4)式得到褐飞虱成、若虫的理论抽样模式为:

$$n = (1/D^2) \cdot (7.482 / \bar{x} + 0.11\bar{x} - 1.3222) \dots\dots\dots (12)$$

或  $n = (t/D)^2 \cdot (7.482 / \bar{x} + 0.11\bar{x} - 1.3222) \dots\dots\dots (13)$

3. 由Taylor氏指数法则导出理论抽样数模式

利用9组褐飞虱成、若虫资料, 算得  $a = 0.9932$ ,  $b = 1.73146$ 。将  $a$ 、 $b$  值分别代入(5)、(6)两式得到种群稳定增长初期褐飞虱成、若虫理论抽样模式为:

$$n = (0.9932/D^2) \cdot \bar{x}^{-0.26854} \dots\dots\dots (14)$$

或  $n = (t/D)^2 \cdot 0.9932 \bar{x}^{-0.26854} \dots\dots\dots (15)$

### 讨 论

本文用1987年8月3~5日太湖平原单季晚稻区褐飞虱种群稳定增长初期3块稻田随机盘查4396穴水稻的褐飞虱成、若虫和剥查镜检1773株水稻的卵的资料, 经空间分布分析程序计算比较, 成、若虫在田间呈负二项分布, 卵呈截尾负二项分布, 其田间格局是聚集的和强烈聚集的。根据分布型的抽样理论建立成、若虫理论抽样模式(8)和(9)以及卵的理论抽样模式(10)和(11), 并运用改进的  $\bar{x}^* - \bar{x}$  回归法和Taylor氏指数法则, 分别推导出成、若虫的理论抽样模式(12)和(13)、(14)和(15)。提出成、若虫和卵在允许误差0.1、概率保证为95%时的理论抽样数分别为240穴和24株(有卵株数)。

应当指出, 该年褐飞虱迁入早, 迁入量大, 田间密度高, 为历史上所罕见。上述穴、株数仅为该年特定条件下的理论抽样数。不同年份和同一年份的不同田块, 由于迁入期迟早和迁入降雨量大小等差异, 造成稳定增长初期田间种群密度高低的差异, 因此应选用文中提出的任意一种抽样数模式计算, 以得出各种具体情况下适宜的理论抽样穴、株数。

在太湖平原单季晚稻区运用“褐飞虱微机数量动态预测模型”进行中后期数量预测时, 输入的各年龄褐飞虱基数抽样数一般为200穴和100株, 尚不能客观反映预测起点的田间虫量, 但预测准确率已达到70%以上<sup>[6]</sup>。由于褐飞虱长、短翅型成虫和若虫的聚集程度不同, 本研究提出的理论抽样数模式尚未能完全解决不同年龄的虫量调查, 但较之现行的抽样数更接近田间实际情况, 对模型预测的准确程度, 将得到进一步提高。

以褐飞虱为实例, 运用改进  $\bar{x}^* - \bar{x}$  回归法和 Taylor 氏指数法建立的抽样模式, 其理论适用于任何生物种群。建立这些模式的褐飞虱9组资料  $\bar{x}$  值在4~13头/穴范围内, 应用这些模式时, 需满足这个条件。对于负二项分布的参数  $K$  值, 作者发现与平均数  $\bar{x}$  之间存在相关关系。用上述二种方法以及根据分布型理论建立的三种成、若虫理论抽样模式的优劣比较, 限于篇幅, 将作另文探讨。

## 参 考 文 献

- (1) 丁宗泽等, 1987. 褐飞虱种群动态的研究 II. 影响田间种群数量变动的一些生物学参数. 南京农业大学学报 (4): 42—47
- (2) 丁宗泽等, 1988. 太湖稻区褐飞虱天敌及其控制作用. 江苏农业学报 4 (1): 37—42
- (3) 丁岩钦, 1980. 昆虫种群生态学原理与应用. 科学出版社, 14—124
- (4) 陈若篪等, 1986. 褐飞虱种群动态的研究, I. 温度、食料条件对种群增长的影响. 南京农业大学学报 (3): 23—31
- (5) 徐汝梅等, 1984. 改进的 IWAO M—M 模型. 生态学报 4 (2): 111—118
- (6) 綦立正等, 1988. 褐飞虱微机数量动态预测模型的组建与验证. 南京农业大学学报 (待发表)
- (7) 綦立正等, 1988. 褐飞虱微机数量动态预测模型的 BISAC 程序及其操作. 昆虫知识 25 (5): 257—261
- (8) Iwao S., 1968. A New Regression Method for Analysing the Aggregation Pattern of Animal Population. *Res. Popul. Ecol.* 10: 1—20
- (9) Lloyd M., 1967. Mean Crowding. *J. Anim. Ecol.* 36: 1—30
- (10) Taylor LR., 1961. Aggregation, Variance and the Mean. *Nature* 189: 732—735
- (11) Taylor LR., 1965. A Natural Law for the Spatial Disposition of Insects. *Proc. XIIIth Intern. Congr. Ent.* (1964): 388—397

*Chinese J. Rice Sci.*

2 (3): 117—122, 1988

## Studies on the Spatial Patterns and Sampling Techniques of the Population of Brown Planthopper in the Initial Stable-increasing Stage

Qi Lizeng, Huang Fangneng, Cheng Xianian

(Nanjing Agricultural University, Nanjing)

Ding Zongze

(Agricultural Institute of Taihu Lake District, Wangling, Jiangsu)

### Abstract

The distribution of nymph-adult population of brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) in the initial stable-increasing stage fits negative binomial distribution, and egg population fits truncated negative binomial distribution (TNBD). Theoretical sampling sizes models were obtained: For nymph-adult population,  $n = (1/D^2) (1/\bar{x} + 1/2.3584)$  or  $n = (t/D)^2 (1/\bar{x} + 1/2.3584)$ ,  $n$  = theoretical sampling sizes,  $\bar{x}$  = average of sample,  $D$  = allowable error,  $t$  = the value of  $t$ -distribution. For egg population,  $n = 9.1777 / (D^2 \bar{x}) [1 - P(1)]$  or  $n = (t/D)^2 \cdot (9.1777 \bar{x}) [1 - P(1)]$ ,  $n$  = theoretical sampling sizes without zero,  $\bar{x}$  = average of sampling without zero,  $P(1)$  = frequency of one in the samples without zero. Theoretical sampling sizes models of nymph-adult population were obtained according to the improving of IWAO's M—M model and Taylor's power law as following:  $n = 1/D^2 (7.4820/\bar{x} + 0.11\bar{x} - 1.322)$  or  $n = (t/D)^2 (7.4820/\bar{x} + 0.11\bar{x} - 1.322)$  and  $n = 0.9932/D^2 \cdot \bar{x}^{-0.26854}$  or  $n = (t/D)^2 \cdot 0.9932 \bar{x}^{-0.26854}$ .

**Key words:** Brown planthopper; Population; Spatial pattern; Sampling technique