

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 $n = (1/D^2) \cdot (1/\bar{x}) + 1/2.3854$ 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^[1, 2, 4, 6, 7], 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 χ^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)^[9]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)^[5]以非线性相关改进Iwao(1968)^[8]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 α' 为每个基本成分中个体数分布的平均拥挤度, β' 为低密度情况下基本成分分布的相对聚集度, γ 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, α' 、 β 和 γ 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^[10,11]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 $S^2=20.6300$, 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^[3]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^[3], 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生成、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^[6]。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) 陈若箴等, 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