

单季稻褐飞虱空间分布格局及其抽样技术

王会福¹,汪恩国²,陈伟强¹

(¹浙江省台州市农科院,浙江临海 317000;²浙江省临海市植保站,浙江临海 317000)

摘要:为了提高预测预报与持续控制水平,应用聚集度指标法、Iwao法和Taylor法等对单季稻褐飞虱的空间分布型进行测定检验,结果表明单季稻褐飞虱呈聚集分布,其聚集强度是随着种群密度升高而增加。通过对抽样技术分析,提出了单季稻褐飞虱抽样方式以5点式抽样为最佳,其次为跳跃式和Z字型;同时应用Iwao抽样通式建立理论抽样数模型,由此确定了一套单季稻褐飞虱在不同密度下的理论抽样数表,并在此基础上提出了最佳理论抽样数和序贯抽样模型,即在一般低密度($m \leq 5.0$)田,每公顷查570~14895丛;在中、高密度($m > 15.0$)田,每公顷查300~570丛。

关键词:单季稻;褐飞虱;空间分布型;抽样技术

中图分类号:S-3

文献标志码:A

论文编号:2010-0285

Spatial Distribution Pattern of Brown Planthopper in Late Rice and the Sampling Method

Wang Huifu¹, Wang Enguo², Chen Weiqiang¹

(¹Taizhou Academy of Agricultural Science, Linhai Zhejiang 317000;²Linhai Plant Protection Station, Linhai Zhejiang 317000)

Abstract: we tested the spatial distribution pattern of *Nilaparvata lugens* on the late rice season. The testing method included the aggregated indices method, Iwao method, and Taylor power law method. All of three methods shown that the distribution pattern of *Nilaparvata lugens* is the assemble distribution type. Moreover, the assemble distribution index increased along with the increasing of their population density. Based on the distribution pattern, we proposed the best sampling method, the best theoretical sampling method, and sequential sampling model.

Key words: late rice; *Nilaparvata lugens*; spatial distribution pattern; sampling method

0 引言

褐飞虱(*Nilaparvata lugens*-Stal)是亚洲地区一种远距离迁飞性水稻害虫,也是中国长江流域及华南和西南广大稻区水稻上的重要害虫。浙江省台州市自20世纪70年代初以来,褐飞虱暴发的频率显著增加,严重威胁水稻生产,特别是1987、1991年在全市稻区特大暴发,大片水稻毁秆倒伏,损失空前惨重。1992年以后,由于大面积推广长效性、选择性防治褐飞虱的新药剂扑虱灵、吡虫啉,褐飞虱种群呈逐年下降趋势。2005年,由于受多次台风影响,大量褐飞虱迁入浙江省台州市,迁入期之早、迁入峰次之多、迁入量之大,是历史以来所罕见的^[1]。目前国内外对此虫正开展多方面的研究,基础材料必须对田间种群进行抽样调查,而

了解褐飞虱空间分布格局、正确的抽样方法及抽样数量是保证调查数据准确的基本前提^[2]。

近年来随着以单季稻为主要栽培制度的改变,单季稻植株高大,生育期拉长,褐飞虱迁入期明显提早,迁入峰次明显增多,主害期显著拉长,致使单季稻褐飞虱灾发频率显著上升,成为当前单季稻超高产优质栽培的重要障碍^[3-5]。为了揭示和明确单季稻褐飞虱的田间分布信息及其种群行为特征,提高其预测预报与持续控制水平,2009年9月对单季稻褐飞虱的空间分布及抽样技术进行了调查研究。现将结果报道如下。

1 调查研究方法

1.1 空间分布型研究

2009年9月下旬在单季稻灌浆期,正值七(5)代

基金项目:浙江省台州市重大课题“稻褐飞虱灾变暴发因子及生态防控技术研究”(062KY01)。

第一作者简介:王会福,男,1970年出生,浙江临海人,农艺师,中国农科院农业推广硕士研究生,研究方向:植物保护。Tel:0576-85196587,E-mail: tznkywhf@126.com。

收稿日期:2010-01-27,修回日期:2010-02-03

褐飞虱若虫盛发期,对临海市大田平原稻区成片的10块单季稻进行调查,以1块稻田为1个样地,1丛为1个样本,每块样地调查60丛,即单行直线取样60丛,采用盆拍分别调查每丛稻的若虫数、成虫数,并逐丛记载。

将田间调查所得数据以每块样地为1组,分别列出若虫、成虫及成若虫的频次分布表,并分别计算出平均数(m)、方差(S^2)及平均拥挤度(M')。采用聚集度指标法(Beall扩散系数 C 、David and Moore 丛生指标 I 、Water's 负二项分布参数 K 、Cassie 指标 C_A 、Lloyd 聚块性指标 M'/m)、Iwao 法、Taylor 法等3种方法测定其成若虫分布的内部结构及其分布格局,并采用 Blackith 提出的种群聚集均数(λ)分析其聚集原因^[2,4]。

1.2 抽样技术研究

选有代表性的单季稻一块,逐行逐丛从全部调查,记录每丛成若虫数量,并绘制虫口数量实况图。然后按1)五点式,每点10丛;2)棋盘式;3)Z字型;4)双对角线;5)平行跳跃式等5种方法抽样调查,2)~5)各取10点,每点5丛。将抽样结果与全查结果作比较,并进行 t 检验,确定最佳抽样方式。

应用 Iwao(1977)的理论抽样原理,建立理论抽样

数模型,求出理论抽样数。应用 Iwao(1977)提出的新序贯抽样理论,建立新序贯抽样模型,制定序贯抽样表,并以此作防治决策。

2 结果与分析

2.1 空间分布型测定结果

2.1.1 聚集度指标法测定结果 测定结果见表1~表3,成虫、若虫、成若虫三者的田间空间分布的各项指标除表1中7号样地成虫低密度(平均丛虫量0.55头)外,均达到 $C>1$ 、 $I>0$ 、 $K>0$ 、 $C_A>0$ 、 $M'/m>1$,均符合聚集分布的检验标准,表明10块样地单季稻褐飞虱的空间分布型表现一致,均呈聚集分布格局,并且其聚集强度随着虫口密度的提高而增强。

2.1.2 Iwao 法测定结果 运用 Iwao(1977)提出的 $M'-m$ 回归分析法检验,其成虫、若虫及成若虫三者的回归方程式分别为:

$$\text{成虫: } M' = 1.3314m_1 + 0.3369, (r = 0.9764^{**});$$

$$\text{若虫: } M' = 1.8381m_2 - 4.6522, (r = 0.9983^{**});$$

$$\text{成若虫: } M' = 1.7717m - 6.8527, (r = 0.9893^{**}).$$

得 $\alpha_1 = 0.3369$, $\alpha_2 = -4.6522$, $\alpha = -6.8527$, 即 $\alpha_1 > 0$, $\alpha_2 < 0$, $\alpha < 0$, 表明单季稻褐飞虱成虫分布的基本成分是个体

表1 单季晚稻褐飞虱成虫聚集度测定结果

指标	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
调查丛数(N)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
平均数(m)	6.633 3	13.466 7	14.316 7	2.183 3	12.750 0	1.216 7	0.550 0	1.066 7	11.466 7	0.850 0
方差(S^2)	11.626 0	63.541 2	81.542 1	5.948 9	124.224 6	2.850 6	0.522 9	2.131 1	35.202 3	1.485 6
扩散系数(C)	1.752 7	4.718 4	5.695 6	2.724 7	9.743 1	2.342 9	0.950 7	1.997 9	3.070 0	1.747 8
K 指标	8.813 2	3.621 6	3.048 9	1.265 9	1.458 3	0.906 0	-11.154 7	1.068 9	5.539 5	1.136 7
C_A 指标	0.113 5	0.276 1	0.328 0	0.789 9	0.685 7	1.103 8	-0.089 6	0.935 5	0.180 5	0.879 7
丛生指数(I)	0.752 7	3.718 4	4.695 6	1.724 7	8.743 1	1.342 9	-0.049 3	0.997 9	2.070 0	0.747 8
拥挤度(M')	7.386 0	17.185 1	19.012 3	3.908 0	21.493 1	2.559 6	0.500 7	2.064 5	13.536 6	1.597 8
M'/m 指标	1.113 5	1.276 1	1.328 0	1.789 9	1.685 7	2.103 8	0.910 4	1.935 5	1.180 5	1.879 7

表2 单季稻褐飞虱若虫聚集度测定结果

指标	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
调查丛数(N)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
平均数(m)	19.116 7	13.816 7	44.133 3	4.650 0	118.950 0	4.483 3	8.683 3	5.300 0	86.216 7	6.550 0
方差(S^2)	220.748 9	63.474 3	837.236 2	6.638 1	12997.912 7	9.915 0	102.254 0	22.281 4	4918.986 2	24.963 6
扩散系数(C)	11.547 5	4.594 0	18.970 6	1.427 6	109.272 1	2.211 5	11.775 9	4.204 0	57.053 8	3.811 2
K 指标	1.812 4	3.844 3	2.455 9	10.875 8	1.098 6	3.700 6	0.805 8	1.654 2	1.538 1	2.329 9
C_A 指标	0.551 7	0.260 1	0.407 2	0.091 9	0.910 2	0.270 2	1.241 0	0.604 5	0.650 2	0.429 2
丛生指数(I)	10.547 5	3.594 0	17.970 6	0.427 6	108.272 1	1.211 5	10.775 9	3.204 0	56.053 8	2.811 2
拥挤度(M')	29.664 1	17.410 7	62.103 9	5.077 6	227.222 1	5.694 9	19.459 2	8.504 0	142.270 4	9.361 2
M'/m 指标	1.551 7	1.260 1	1.407 2	1.091 9	1.910 2	1.270 2	2.241 0	1.604 5	1.650 2	1.429 2

表3 单季稻褐飞虱若虫聚集度测定结果

指标	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
调查丛数(N)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
平均数(m)	25.750 0	27.283 3	58.450 0	6.833 3	131.7000	5.7000	9.233 3	6.366 7	97.683 3	7.400 0
方差(S ²)	287.0720	189.7997	1179.573 7	11.056 5	15270.4508	13.230 5	102.7582	26.168 4	5360.6607	26.922 0
扩散系数(C)	11.148 4	6.956 6	20.180 9	1.618 0	115.948 8	2.321 1	11.129 0	4.110 2	54.877 9	3.638 1
K指标	2.537 3	4.580 3	3.047 3	11.056 7	1.145 7	4.314 4	0.911 6	2.047 0	1.813 0	2.805 0
C _A 指标	0.394 1	0.218 3	0.328 2	0.090 4	0.872 8	0.231 8	1.097 0	0.488 5	0.551 6	0.356 5
丛生指数(D)	10.148 4	5.956 6	19.180 9	0.618 0	114.948 8	1.321 1	10.129 0	3.110 2	53.877 9	2.638 1
拥挤度(M)	35.898 4	33.240 0	77.630 9	7.451 4	246.648 8	7.021 1	19.362 4	9.476 9	151.561 3	10.038 1
M/m指标	1.394 1	1.218 3	1.328 2	1.090 4	1.872 8	1.231 8	2.097 0	1.488 5	1.551 6	1.356 5

群,且个体间相互吸引;但若虫分布的个体间独立性较强,并呈现互相排斥状态,使田间扩散转移危害显著加重。从总体来分析,单季稻褐飞虱成若虫分布的个体间独立性较强,形成互相排斥现象,主要在于若虫比重大,占成若虫数的82.9%,随虫龄逐渐增大而扩散转移所致。但 $\beta_1=1.3314$, $\beta_2=1.8381$, $\beta=1.7717$, 即 $\beta_1>0$, $\beta_2>0$, $\beta>0$, 表明单季稻褐飞虱成若虫无论在若虫期还是成虫期、无论其种群在较低密度下还是在高密度下均呈聚集分布格局,其聚集强度是随着种群密度升高而增加。这与聚集度指标法测定结果相一致。

2.1.3 Taylor法测定结果 利用Taylor(1965)的幂法则,拟合方差(S²)与平均数(m)的幂相关回归方程式,其结果分别为:

成虫: $\lg S_1^2 = 1.4134 \lg m_1 + 0.2245$, ($r=0.9773^{**}$), 即 $S_1^2 = 1.6869 m_1^{1.4134}$;

若虫: $\lg S_2^2 = 2.0787 \lg m_2 - 0.3237$, ($r=0.98409^{**}$), 即 $S_2^2 = 0.4767 m_2^{2.0787}$;

成若虫: $\lg S^2 = 2.0545 \lg m - 0.3864$, ($r=0.9794^{**}$), 即 $S^2 = 0.4108 m^{2.0545}$ 。

由于 $b_1=1.4134$, $b_2=2.0787$, $b=2.0545$, 即 $b_1>1$, $b_2>1$, $b>1$, 表明单季稻褐飞虱无论是若虫还是成虫在稻丛空间分布都呈聚集格局特征。

2.2 影响聚集分布的原因

应用Blackith(1961)的种群聚集均数(λ)检验聚集的原因,其公式为 $\lambda = m / (2k \cdot r)$, 其中 k 为负二项分布的指数 k 值, r 为 $2k$ 自由度当 $\alpha=0.5$ 时的 χ^2 分布的函数值。将各样地样方成若虫平均数(m)与聚集均数(λ)进行相关分析,得: $\lambda = 2.8680 m - 11.1928$, ($r=0.9898^{**}$)。由此可知,当成若虫平均密度在4.6以下时, $\lambda < 2$, 聚集是由于某些环境如气候、植株营养、生育期状况等等所引起的;当成若虫平均密度在4.6以上时, $\lambda \geq 2$ 时,其聚集是由害虫本身的聚集行为与环境条件综合影响的结果。

2.3 抽样技术

2.3.1 抽样方式的确定 将样地全查结果分别与5种抽样结果进行比较和检验。结果经表4显示,各抽样方式 t 值均小于 $t_{0.05} = 1.982$ ($df = n - 1 = 99$), 表明5种抽样方式所得平均数与总体平均数无显著差异,故这5种抽样方式均可靠。相比较而言,五点式抽样方式调查结果更接近总体平均值,其误差率 t 值最小,变异系数较小,其代表性最佳,而平行跳跃式和Z字型次之。

2.3.2 理论抽样数的确定 根据Iwao(1977)提出的抽样原理,其公式为:理论抽样数 $N = t^2 / D^2 ((\alpha + 1) / m + (\beta - 1))$, 将保证概率(t)定为1,其允许误差(D)分别取0.2、0.3的情况下,建立理论抽样数模型,即得: $N_1 = 97.4525 / m + 18.7575$; $N_2 = 43.3122 / m + 8.3367$ 。应用上述理论抽样数模型,当分布型和允许误差确定后,即可求得单季稻褐飞虱幼虫在不同样方虫口密度(m)下应抽取的理论抽样数(株数)(表5)。

2.3.3 序贯抽样技术 根据Iwao(1977)提出的新序贯抽样理论,即设种群临界密度(防治指标)为 m_0 , 把抽样过程中接受和拒绝的两条直线定义为:在特定 t 值下抽样样本中个体总数 $T_0(n)$ 的上、下界。其通式为: $T_0(n) = m_0 n \pm t \sqrt{n} [(\alpha + 1) m_0 + (\beta - 1) m_0^2]$, 式中取防治指标为每株15.0头,即 $m_0 = 15.0$, n 为抽样方数, t 为自由度 ∞ 时的 t 值即 $t = 1.96$, α 、 β 分别为 $M - m$ 回归方程中的截距和斜率, $\alpha = -6.8527$, $\beta = 1.7717$ 。代入通式得褐飞虱新序贯抽样模型: $T_0(n) = 15.0n \pm 18.159 \sqrt{n}$ 。当 n 分别为5, 10, 15, ..., 100时,即得褐飞虱序贯抽样表(表6)。

在田间调查应用序贯抽样时,凡调查 n 株样本的的累计虫量超过上界,即判为防治对象田,而低于下界则暂不需防治。当累计虫量在上下界之间,则应继续进行调查,直到最大抽样数。当 $D=0.2$, $m_0=15.0$ 时,其最大抽样数为25.0丛;当 $D=0.3$, $m_0=15.0$ 时,其最大抽样数为11.0丛。若这时累计虫量仍在上下界之间,则

表4 几种抽样方式的准确度比较

抽样方式	抽样数(n)	平均数(μ 或 \bar{x})	标准差(s)	标准误(s_x)	t 值	变异系数(cv)
全查	400	31.260 0	12.624 6	0.631 2	1.960 0	40.385 8
Z字型	50	32.220 0	11.639 6	1.646 1	0.583 2	36.125 5
双对角线	50	29.660 0	12.085 8	1.709 2	0.936 1	40.747 7
五点式	50	33.360 0	13.387 1	1.893 2	1.109 2	40.129 2
棋盘式	50	32.620 0	12.890 3	1.823 0	0.746 0	39.516 4
平行跳跃式	50	34.180 0	12.210 2	1.726 8	1.691 0	35.723 3

表5 褐飞虱理论抽样数

m	0.1	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	10.0	20.0	30.0
$D=0.2$	993	214	116	84	67	58	51	43	38	29	24	22
$D=0.3$	441	95	52	37	30	26	23	19	17	13	11	10

表6 褐飞虱序贯抽样表

调查丛数		5	10	15	20	25	30	40	50	100
$T_0(n)=15.0n$	上界	115.6	207.4	295.3	381.2	465.8	549.5	714.8	878.4	1681.6
$\pm 18.159\sqrt{n}$	下界	34.4	92.6	154.7	218.8	284.2	350.5	485.1	621.6	1318.4

可根据它靠近哪一边限确定是否为防治对象田。

3 小结与讨论

(1)通过聚集度指标法、 M^*/m 回归法(Iwao法)和Taylor幂法则等检验测定,结果表明单季稻褐飞虱空间分布呈聚集分布格局,其聚集强度是随着种群密度升高而增加。作为单季稻褐飞虱受时空运动变化影响较大,据对内部结构分析,在成虫期成虫往往出现群集行为,其分布的基本成分为个体群,个体间相互吸引。但若虫期随着虫龄增大而独立性增强,则表现为互相排斥,即表现扩散转移危害。经聚集均数(λ)检验分析,当样方平均密度在4.6以下时,聚集是由某些环境如气候、土壤湿度、植株生长状况等所引起的;当样方平均密度在4.6以上时,其聚集是由害虫本身的群集行为与环境条件综合影响所致。

(2)通过对抽样技术分析,经多种抽样方式测定与比较,单季稻褐飞虱抽样方式以五点式抽样为最佳,其次为跳跃式和z字型。同时,应用Iwao抽样通式建立理论抽样数模型,由此确定了一套单季稻褐飞虱在不同密度下的理论抽样数表。作为测报调查,可对照理论抽样数表进行,即建议在一般低密度($m \leq 5.0$)田,每公顷查570~14 895丛;在中、高密度($m > 15.0$)田,每公顷查300~570丛,即可刻划出被调查田的发生状

况。也可采用序贯抽样表进行序贯抽样。作为田间查定防治决策,应采用序贯抽样,即对照序贯抽样表进行查定,当调查的累计虫量超过上界时,即判为防治对象田,而累计虫量低于下界时则暂不需防治。当调查累计虫量处在上、下界时,则应继续进行调查,直至最大抽样数为止,并依累计虫量靠近哪一边作出决策。这对测报调查和决策防治具有良好指导意义^[6-7]。

参考文献

- [1] 程家安.2005年长江流域稻区褐飞虱暴发成灾原因分析[J].植物保护,2006(4):135-139.
- [2] 蔡立正,黄方能,程遐年,等.褐飞虱稳定增长初期种群空间格局及抽样技术的研究[J].中国水稻科学,1988(3):2-5.
- [3] 丁岩钦.昆虫数学生态学原理与应用[M].北京:科学出版社,1980:84-124.
- [4] 王会福,陈伟强,汪恩国,等.超级稻甬优6号褐飞虱发生危害与防治指标[J].植物保护,2010(1):10-11.
- [5] 汪恩国,陈克松.水稻黑条矮缩病空间分布型及抽样技术[J].浙江农业科学,2003(增):117-118.
- [6] 王华弟.粮食作物病虫害测报与防治[M].北京:中国科学技术出版社,2005.
- [7] 王华弟,祝增荣,陈剑平,等.水稻黑条矮缩病发生流行规律、监测预警与防控关键技术[J].浙江农业学报,2007,19(3):141-146.