

棉田棉铃虫卵估值抽样的研究

丁岩钦 陈玉平

(中国科学院动物研究所)

摘 要

由于棉铃虫卵在棉株上的空间分布结构属负二项分布,并且它在棉株上的垂直分布特征系上部卵量明显较下部为多,这样,本文应用了二阶抽样技术代替当前国内采用的简单随机抽样法,在允许误差为10%时,每株抽取上部15个叶蕾,每块棉田共抽60株棉株。

抽样单位的大小对于抽样的时间消费与抽样精确度亦有直接的影响,因此,确定最适的抽样单位也是很重要的。本文根据棉铃虫卵在田间个体群平均占据的面积大小,提出一次调查6株(2行×3株/行)棉株较单株为优。即在棉田中每次调查6株,共调查10次。

新的抽样方法较当前国内应用抽样法,提高效率2.2—2.6倍。

随着经济效应与生态效应纳入害虫管理系统,管理技术与分析方法的日趋完善,近十几年来,不论在“作物-害虫”系统的控制与预测的数学模型方面,或者在综合管理措施方面均有了迅速的发展。但不足之处是缺乏可靠的进行决策的技术,而进行决策的主要依据,是正确的估计出田间害虫、益虫的种群密度与为害程度,即害虫田间抽样问题。如果没有正确的抽样技术,对于害虫、益虫的数量动态、害虫的为害程度就不可能进行准确的预测与采取风险小而收益大的行动决策措施。更不能保证害虫防治经济阈值的正确执行。而害虫抽样技术在近50年来没有多大变化,仍停留在过去的水平上。为了适应新的形势,因此70年代以来国内外对于昆虫抽样技术与理论给予了很大的重视,投入了大量的研究力量。并对抽样技术提出了4个要求标准,即“准确、迅速、简便、价廉”。要达到上述要求,就需要将害虫的生物学特性、作物生长发育特性与抽样理论三者相结合进行研究。

关于棉铃虫卵的估值抽样技术,近几十年来,国内外一直采用全株检查的简单随机抽样估值法。即在棉田内随机抽取一定数量的棉株,检查全株上的着卵数,然后估计单株或单位面积的卵密度,国内在棉株蕾期检查一块棉田通常需要1—2小时,而且抽样的代表性误差是否合乎要求,亦从未予以考虑。为了使这项决策技术尽快适应新的形势,我们从1980年开始,对棉铃虫卵在棉田内及棉株上的分布特征,进行了系统的记载,并对不同抽样技术所需的抽样时间亦分别进行了比较。兹将其结果整理于下。

一、结 果 与 分 析

1. 棉铃虫卵在棉株上的垂直分布特征及方差分析

棉铃虫卵在棉株各部位上的垂直分布是极不均匀,卵量主要分布在棉株的顶端嫩尖部

分。在棉铃虫二代期间, 由于正适棉株蕾期阶段, 此时棉株尚未打顶, 因此, 棉铃虫卵主要分布在棉株顶心与第1—3果枝的端部嫩叶与幼蕾上(图1)。根据多块棉田大面积的调查

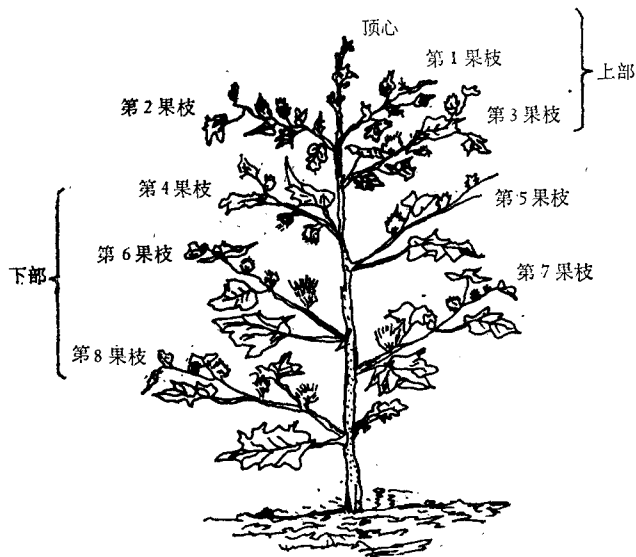


图1 棉株果枝顺序

Fig. 1 The order of boll-bearing branch of cotton plant

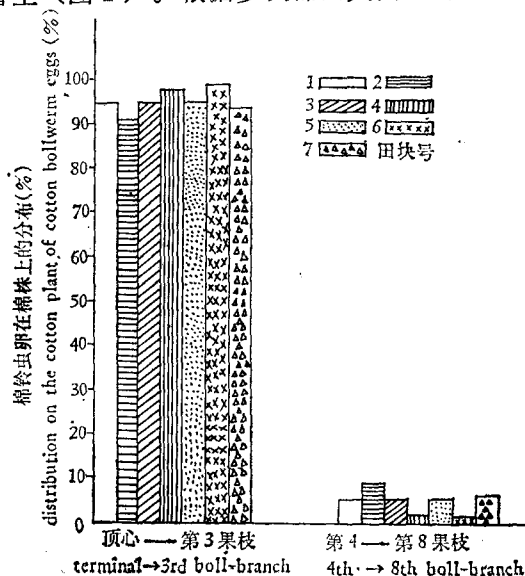


图2 第二代棉铃虫卵量在棉株上的垂直分布

Fig. 2 Vertical distribution of cotton bollworm eggs of the 2nd generation on the cotton plant

结果, 在上述部位的着卵量占棉铃虫总卵量的90%左右(图2)。

而在棉铃虫4代期间, 此时棉株已高大, 并已打去顶尖, 棉铃虫卵主要分布在第1—3果枝上。卵量占90%以上(见表1)。

表1 南通地区第4代棉铃虫卵量在棉株上的垂直分布

Table 1 Vertical distribution on the cotton plant of cotton bollworm eggs of the 4th generation in Nantong

处理 卵分 期 布 期 date	不同果枝上的卵量分布(%) eggs distribution on the different boll-bearing branch of cotton plant								
	第一果枝 1st boll- branch	第二果枝 2nd boll- branch	第三果枝 3rd boll- branch	合 计 sum	第四果枝 4th boll- branch	第五果枝 5th boll- branch	第六果枝 6th boll- branch	第七果枝及以 上 7th boll- branch and over	合 计 sum
8月24日	48.3	38.3	11.7	98.3	1.7	0	0	0	1.7
25日	41.8	25.4	20.9	88.1	9.0	2.9	0	0	11.9
26日	48.4	31.0	15.5	94.9	0	3.4	0	1.7	5.1
27日	44.0	31.6	12.2	87.8	7.1	4.1	1.0	0	12.2
28日	41.7	36.9	14.6	93.2	3.9	2.9	0	0	6.8
29日	40.0	40.0	18.5	98.5	1.5	0	0	0	1.5

根据同一棉田内, 棉株上棉铃虫卵在顶心及不同果枝上的垂直分布进行方差分析, 结果明显地可以看出, 棉株各层间的卵分布有显著差异(见表2)。

表 2 棉铃虫卵在棉株各层次间分布的方差分析

Table 2 Variance analysis of cotton bollworm eggs on the different stratification of cotton plant

棉 田 号 cotton field number	资 料 变 换 transfor- mation of data	变 差 来 源 source of variation	平 方 和 sum of squares	自 由 度 d.f.	均 方 mean square	F 值 F-value
1	对数变换	总 的	6.02367	499		
		组 间	0.46340	8	0.05792	
		组 内	5.56027	491	0.01261	4.5942**
2	对数变换	总 的	9.0684	349		
		组 间	1.30148	6	0.216913	
		组 内	7.76692	343	0.022644	9.57925**
3	对数变换	总 的	18.8508	499		
		组 间	7.45531	9	0.82837	
		组 内	11.3954	490	0.02326	35.6195**
4	对数变换	总 的	7.3905	449		
		组 间	1.6546	8	0.206825	
		组 内	5.7359	441	0.013007	15.9015**
5	对数变换	总 的	9.95607	899		
		组 间	0.73742	8	0.092177	
		组 内	9.21865	891	0.010346	8.9091**

再以各层间的平均数进行 WSD 法检验比较, 顶心与其它各层差异显著占60%, 顶心与第1—2果枝之间差异不显著占40%, 而与其它层次差异显著。而第4果枝至第8果枝各层次间差异不显著。这说明顶心至第3果枝与第4—8果枝可分为两个层次。

棉铃虫卵在棉株上的垂直分布与不同棉田田块间的方差分析: 根据棉株不同层次与不同棉田对棉铃虫卵分布的综合分析知, 棉铃虫卵在棉株不同层次间差异显著, 而在不同棉田之间差异不显著。(见表3)。

表 3 棉铃虫卵在棉田间与棉株层次间的方差分析

Table 3 Variance analysis of cotton bollworm eggs between cotton fields and stratifications of cotton plant

资 料 变 换 transformation of data	变 差 来 源 source of variation	平 方 和 sum of squares	自 由 度 d.f.	均 方 mean square	F 值 F-value
$\sin^{-1}\sqrt{P}$ 变 换	总 的	18844.94	62		
	棉株层次间	17239.11	8	2154.89	66.49**
	棉 田 间	50.18	6	8.36	0.26
	误 差	1555.63	48	32.41	

棉铃虫卵的分布与不同产卵时间的关系: 根据不同产卵日期与棉铃虫卵的分布的方差分析, 无论是在棉铃虫成虫二代产卵期, 或4代成虫产卵期间, 其分析结果均一致说明, 棉铃虫卵的分布与不同产卵时间因素差异不显著(见表4、5)。

表 4 二代棉铃虫卵在不同产卵时间与棉株层次间的方差与分析

Table 4 Variance analysis of cotton bollworm eggs between the different date of oviposition and stratifications of cotton plant

资 料 变 换 transformation of data	变 差 来 源 source of variation	平 方 和 sum of squares	自 由 度 d.f.	均 方 mean square	F 值 F-value
$\sin^{-1}\sqrt{P}$ 变换	总 的	10375.74	41		
	棉株层次间	9832.89	6	1638.82	98.25**
	日 期 间	42.38	5	8.48	0.51
	误 差	500.47	30	16.68	

表 5 四代棉铃虫卵在不同产卵时间与棉株层次的方差分析

Table 5 Variance analysis of cotton bollworm eggs of the 4th generation between the different date of oviposition and stratifications of cotton plant

资 料 变 换 transformation of data	变 差 来 源 source of variation	平 方 和 sum of squares	自 由 度 d.f.	均 方 mean square	F 值 F-value
$\sin^{-1}\sqrt{P}$ 变换	总 的	10385.44	41		
	日 期 间	4152.00	5	8.3	0.5
	层 次 间	9841.71	6	1640.29	97.99**
	误 差	502.21	30	16.74	

上述结果说明: (1) 棉铃虫卵在棉株上的垂直分布各层次间有显著差异, 该差异主要表现在上部层次与下部层次之间, 而在下部各果枝间差异不显著; (2) 棉铃虫卵的分布在棉株各层次间有显著差异, 但在各棉田田块之间差异不显著; (3) 棉铃虫卵在棉株上的分布并不随时间的变化而发生显著变化。这说明棉铃虫卵在田间分布, 除在棉株上垂直分布外, 而棉田之间, 时间之间的因素均可不予考虑。

2. 阶层抽样及其在棉铃虫卵估值上的应用

简单随机抽样系假设组成总体的最小单位均可直接随机抽取。这样对于有些生物种群的信息即不可能包括在抽样模型之内, 而阶层抽样则系将组成抽样总体的最小单位, 根据实际要求又分为几个阶层, 然后应用阶层抽样理论计算出各阶层间最佳的组合抽样数。若将阶层分为 2 个, 称为二阶抽样。

设 总体 X 分为 N 个初级单元

$$X = X_1 + X_2 + \cdots + X_N$$

对于每个初级单元 X_i ($i = 1, 2, \cdots, N$) 又可分为 m 个次级单元

$$X_i = X_{i1} + X_{i2} + \cdots + X_{im}$$

若初级单元抽样数为 n , 次级单元抽样数为 m

则

$$\text{样本平均 } (\bar{x}) = \frac{1}{nm} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ij} \quad (1)$$

每个初级单元的样本平均 $(\bar{x})$ 为

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i / n = m \bar{\bar{x}} \quad (2)$$

每个初级抽样单元之内的平均 ($\bar{x}_i$) 为

$$\bar{x}_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m x_{ij}$$

$$\text{抽样方差 } (s^2) = s_w^2 + s_b^2 \quad (3)$$

其中 s_w^2 与 s_b^2 分别为初级单元之内与初级单元之间的方差。

$$s_w^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (x_{ij} - \bar{x})^2 / n(m-1)$$

$$s_b^2 = m \sum_{i=1}^n (\bar{x}_i - \bar{x})^2 / (n-1)$$

由于棉铃虫卵在棉田内的分布呈聚集分布, 卵在棉株上的垂直分布特征很不均匀, 因此我们对于上部果枝应用了 Kuno (1976) 根据平均拥挤度 (x^*) 与平均数 ($\bar{x}$) 关系提出的适用于动物种群分布的二阶抽样模型, 而对于下部果枝, 由于卵量少且分散, 应用了经典的二阶抽样模型。

根据棉铃虫卵在棉株上的垂直分布调查, 卵主要分布在顶心至第 3 果枝, 而第 4—8 果枝卵量很小, 因此我们将两者进行了 t 检验, 结果 $t = 9.7906$, 在 $p_{0.01}$ 水平显著。这样我们对棉株的抽样, 分为两个层。Kuno (1976) 的二阶抽样模型:

$$x^* = a + \beta_1 \bar{x} \quad (4)$$

$$x_{ij}^* = a + \beta_2 \bar{x}_i \quad (5)$$

$$s^2 = (a+1) \bar{x} + (\beta_1 - 1) \bar{x}^2$$

$$s_i^2 = (a+1) \bar{x}_i + (\beta_2 - 1) \bar{x}_i^2$$

其中 β_1 、 β_2 分别为总体分布与初级单元分布的斜率, a = 公共截距。

样本平均数的标准误差 (d) 平方, 即为

$$d^2 = \frac{1}{n} \left[\frac{a+1}{m} \bar{x} + \left\{ \frac{\beta_1(\beta_2-1)}{m\beta_2} + \left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{\beta_1-\beta_2}{\beta_2} \right\} \bar{x}^2 \right] \quad (6)$$

若 $D = d/\bar{x}$ 作为相对精确度水平, 以替代 d , 则种群平均数估值的精确度为

$$D^2 = \frac{1}{n} \left\{ \frac{1}{m} \left[\frac{a+1}{\bar{x}} + \frac{\beta_1(\beta_2-1)}{\beta_2} \right] + \left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{\beta_1-\beta_2}{\beta_2} \right\} \quad (7)$$

若在给定精确度 (D) 时, 所需的抽样数可从下列方程估计, 若 N 很大, n/N 项趋向于零。

当每个初级单元的次级单元数 (m) 固定时, 则所需初级单元数 (n)

$$n = \frac{\frac{1}{m_0} \left\{ \frac{a+1}{\bar{x}} + \frac{\beta_1(\beta_2-1)}{\beta_2} \right\} + \frac{\beta_1-\beta_2}{\beta_2}}{D_0^2 + \frac{1}{N} \cdot \frac{\beta_1-\beta_2}{\beta_2}} \quad (8)$$

$$\text{或 } n = \frac{\frac{1}{m_0} \left\{ \frac{a+1}{\bar{x}} + \frac{\beta_1(\beta_2-1)}{\beta_2} \right\} + \frac{\beta_1-\beta_2}{\beta_2}}{D_0^2} \quad (9)$$

当 $N \rightarrow \infty$ 时

同样, 当 n 固定时, 所需 m 数

$$m = \frac{\frac{\alpha+1}{x} + \frac{\beta_1(\beta_2-1)}{\beta_2}}{n_0 \left(D_0^2 + \frac{1}{N} \cdot \frac{\beta_1-\beta_2}{\beta_2} \right) - \frac{\beta_1-\beta_2}{\beta_2}} \quad (10)$$

棉铃虫成虫在棉株上产卵主要分布在上部果枝的叶蕾上, 首先在考虑应用阶层抽样模型时, 可以将棉株作为初级抽样单元, 上部的叶蕾作为次级抽样单元, 而棉铃虫的空间分布特征可用 α 与 β 参数表示。这样, 即可应用抽样理论在一定允许误差保证下, 可以将最佳组合的理论抽样数 (包括棉株数与叶蕾数) 估计出来。

上述分布参数的计算步骤: 在一块棉田中, 取棉株 50 株, 每株由上而下检查 15 个叶蕾数上的棉铃虫卵, 然后计算出 x_i^* 与 β_2 , 我们共取 5 块棉田, 即可计算 x^* 与 β_1 。根据表 (6) 中资料示例如下:

在估出 β_1 、 β_2 , $\bar{x}$ 后, 并给出 m 、 D 值后, 即可用 9 式, 将所需的棉株数计算出来。结果见表 7、8。

表 6 棉铃虫卵在棉株顶心至第 3 果枝上总分布与初级单元内的平均拥挤度的计算

Table 6 Calculation of the values of mean crowding for the intra-PSU and the overall distribution on the cotton plant which means from tip to 3rd boll-bearing branch below it of cotton bollworm eggs

棉 株 cotton plant (i)	卵在棉株叶蕾上的频次分布 frequency distribution on cotton plant of cotton bollworm eggs	平 均 数 mean $\bar{x}_i$	方 差 variance s_i^2	平 均 拥 挤 度 mean crowding x_i^*
1	0(12) 1(3)	0.20	0.17	0.05
2	0(11) 1(1) 2(1) 3(2)	0.60	1.26	1.70
3	0(9) 1(5) 2(1)	0.47	0.41	0.34
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
50	0(13) 1(1) 2(1)	0.20	0.31	0.75

$$\bar{X}_{\text{上}} = \frac{1}{nm} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{x}_i = \frac{1}{50} (0.20 + 0.60 + 0.47 + \dots + 0.20) = 0.494$$

$$S_w^2 = \frac{1}{n(m-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_i)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n s_i^2$$

$$= \frac{1}{50} (0.17 + 1.26 + 0.41 + \dots + 0.31) = 0.4252$$

$$S_b^2 = \frac{m}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2$$

$$= \frac{15}{49} \{ (0.20 - 0.494)^2 + (0.60 - 0.494)^2 + \dots + (0.20 - 0.494)^2 \} = 0.5015$$

$$s^2 = 0.4252 + 0.5015 = 0.9262$$

$$X^* = \bar{x} + s^2 / \bar{x} - 1 = 0.494 + (0.9262 / 0.494) - 1 = 1.37$$

$$\beta_2 = 1.9375$$

表 7 应用 5 块棉田资料对 $X^*-\bar{X}$ 关系中 β_1 的计算Table 7 Calculation of the slope β_1 in the m^*-m relation for the overall distribution using the data from 5 cotton fields

	棉 田 cotton field					
	1	2	3	4	5	
$\bar{x}$	0.170	0.200	0.330	0.494	0.510	$\Sigma \bar{x}^2 = 0.6819$
x^*	0.290	0.670	1.230	1.370	2.340	$\Sigma \bar{x} x^* = 2.4594$

$$\beta_1 = (\Sigma \bar{x}(x^* - \alpha) / \Sigma \bar{x}^2) = (2.4594 / 0.6819) = 3.6067 \quad (\alpha = 0)$$

表 8 在一定相对允许误差条件下, 当叶蕾数固定时, 所需的棉株抽样数

Table 8 Sample sizes of cotton plant for a fixed value of necessary leaf for securing a given level of the precision

允 许 误 差 (D)	叶 蕾 数 numbers of leaf and square	
desired degree of precision	10	15
0.10	137	92
0.10	85	57
0.10	66	44
0.10	56	38
平 均 mean	86	58
0.15	61	41
0.15	38	25
0.15	29	20
0.15	25	17
0.15	38	26

当 $D_0 = 0.1$ 时, 每株抽取 10 与 15 个叶蕾数时, 需要抽取的棉株数分别为 86 与 56 株。而当 $D_0 = 0.15$ 时, 则需要的抽样株数迅速下降。

关于第 4—8 果枝的二阶抽样, 由于卵量很少, 因此应用了经典的二阶抽样模型, 每株取叶蕾数 20 个 ($m = 20$), 共取 50 株 ($n = 50$)。其频次分布与计算结果 (见表 9)。

表 9 棉铃虫卵在第 4—8 果枝上的频次分布

Table 9 Frequency distribution on the 4th—8th boll-bearing branch of cotton plant of cotton bollworm eggs

棉 株 (i)	卵在叶蕾上的频次分布 frequency distribution on the cotton plant of eggs	平 均 数 ($\bar{x}_i$) mean	方 差 (s_i^2) variance
1	0(19) 1(1)	0.05	0.05
2	0(19) 1(1)	0.05	0.05
3	0(19) 1(1)	0.05	0.05
4	0(20)	0.00	0.00
⋮	⋮	⋮	⋮
50	0(20)	0.00	0.00

$$\begin{aligned}\bar{x}_F &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{x}_i = 0.003 \\ s_w^2 &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n s_i^2 = 0.003 \\ s_b^2 &= \frac{m}{n-1} \sum (\bar{x}_i - \bar{x})^2 = 0.003 \\ s_u^2 &= \frac{s_b^2 - s_w^2}{m} = 0 \\ n &= \frac{(s_w^2/m) + s_u^2}{D_0^2} = 0.3 \quad m=1 \quad D_0=0.1\end{aligned}$$

根据计算结果, 当每株取下部一个叶片时, 一块棉田调查一株棉株即可达到 $D_0 = 0.1$ 的精确度, 因此, 该层的信息, 即可忽略不计。

这样, 根据上述的分析, 我们认为, 在进行棉田内棉铃虫卵的抽样时, 可用棉株上部果枝的着卵量信息来估计总体。结合棉铃虫二代产卵期间棉株生长的实际情况, 此时由顶心至第 3 果枝的叶蕾数一般在 14—15 个左右。因此, 每块棉田检查棉株 60 株, 每株检查由顶心至第 3 果枝的叶蕾数 15 个, 即可达到 $D_0 = 0.1$ 的精确度。

3. 棉铃虫卵的抽样消耗与抽样点组合比较

1) 棉铃虫卵抽样的时间消耗比较 在检查棉铃虫卵在棉株不同部位的数量时, 并同时记录检查所需时间 (见表 10)。

表 10 不同类型棉田检查棉株上卵数所需的时间

Table 10 The necessarily surveying time on the cotton plant of cotton bollworm eggs in the different cotton field

年 别 year	棉 田 号 cotton field number	棉田中 100 株上卵量 egg numbers/100 plants	检 查 株 数 surveying plants	平均检查一株所需的时间 (秒) mean surveying time/per plant (sec)	
				全株 whole plant	顶心→第 3 果枝 tip to 3rd boll branch
1982	1	571	50	92.69	40.81
1983	1	167	50	46.48	20.43
1983	2	269	50	63.64	28.00

从表 10 中可以看出, 检查全株所需的时间, 因卵量多少而不同, 在 1982 年棉铃虫大发生年, 全株卵量检查所需时间平均 92.7 秒, 1983 年发生中常年检查全株所需时间平均 55.06 秒, 若每块棉田以 60 株抽样计, 即所需时间分别为 5,562 秒与 3,304 秒, 约合 1.55 小时和 0.92 小时。若根据棉铃虫在棉株上产卵的特性, 结合阶层抽样要求, 仅检查上部顶心至第 1—3 果枝叶蕾上的卵, 检查 60 株所需的时间为 0.68 小时与 0.40 小时, 缩短调查时间分别均在一半以上。提高工作效率 2.2 倍。

2) 棉铃虫卵的抽样单位组合 棉铃虫卵的抽样单位, 如上所述系以单株为初级抽样单元, 上部叶蕾为次级抽样单元, 现已基本确定每株以抽取上部顶心至第 1—3 果枝的 15 个叶蕾为宜。而各单株如何更好的组合, 对于节约抽样时间亦有密切的关系。在考虑这个问题时, 我们系以种群的空间分布结构为依据。棉铃虫卵的空间分布系负二项分布, 即卵系以个体群形式而存在于田间, 而卵的个体群的平均面积 (ρ_i), 可用 Iwao (1976) 提出的公式

$$\rho_i = \frac{x_{i-1}^* - \bar{x}_{i-1}}{x_i^* - x_i} \quad \text{估出}$$

经用不同抽样单位与 ρ_i 值比较, 其关系曲线 (见图 3)。

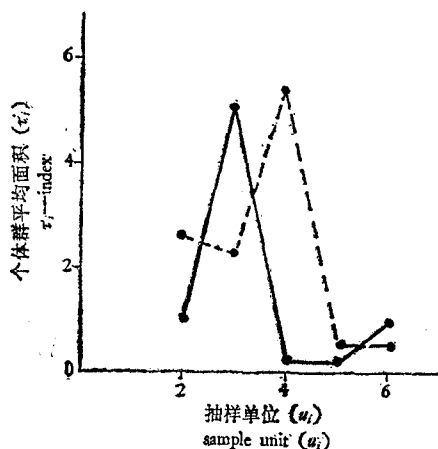


图 3 棉铃虫卵个体群平均面积
 ρ -index of cotton bollworm eggs

从图中可以看出棉铃虫卵个体群平均面积为 5—6 株, 约占面积 4.32 平方尺。这样, 结合空间分布特征, 可以考虑采用 6 株 (3 株/行 $\times$ 2 行) 为一抽样点。

若在棉田内采用平行线式取样 (袁锋, 1980), 而点与点之间的距离为一常数 (a), 则各抽样点所需的时间 (t_u) 可用下式表示

$$t_u = (a + b_u)m_u$$

a —样点间移动所需的时间

b_u —检查第 u 种抽样点时所需的时间

m_u —抽样点的相对大小

若以二阶抽样为例, 抽样点分为单株与 6

株两种, 检查一块棉田抽样 60 株, 其所需时间分别为

$$(15 + 28) \times 6 = 258 \text{ 秒} \quad (\text{单株})$$

$$(15 + 168) \times 1 = 183 \text{ 秒} \quad (6 \text{ 株})$$

设点与点相距 100 尺 (20 步) 需时 15 秒

$$a = 15 \quad \text{一株棉株检查 15 个叶蕾需时 28 秒}$$

$$b_u = 28$$

这样, 调查每块棉田所需的时间即为 258×10 与 183×10 秒, 若用简单随机抽样, 而抽样点分别为单株与 6 株时, 所需时间分别为

$$(15 + 63.6) \times 6 = 471.6 \text{ 秒}$$

$$(15 + 381.6) \times 1 = 396.6 \text{ 秒}$$

一株棉株检查全部叶蕾需时 63.6 秒, $b_u = 63.6$ $a = 15$

调查每块棉田所需的时间, 即为 4716 秒与 3966 秒。若以简单随机抽样与二阶抽样进行比较, 则为

$$(15 + 168) \times 10 = 1830 \text{ 秒} \quad (\text{二阶抽样})$$

$$(15 + 381.6) \times 10 = 3966 \text{ 秒} \quad (\text{简单随机抽样})$$

$$(15 + 63.6) \times 60 = 4716 \text{ 秒} \quad (\text{简单随机抽样})$$

上述结果说明, 当棉田内取样 60 株棉株时, 不同抽样点的组合, 所需的抽样时间不同, 若以当前国内检查棉铃虫卵所用的简单随机抽样法与我们提出的二阶抽样法进行比较。后者较前者可节约时间 0.593—0.802 小时, 提高工作效率 2.17—2.58 倍。

4. 精确度固定下的序贯抽样

当应用 $x^* - \bar{x}$ 关系的方法进行二阶抽样分析时, 还可利用二阶抽样的参数 α 、 β_1 、 β_2 进行序贯抽样, 对于产生序贯抽样的停止线的方程, Kuno (1976) 提出如下

$$T_n = \frac{a+1}{D_0^2 - \frac{1}{N} \left[\frac{\beta_1(\beta_2-1)}{\beta_2} + \frac{\beta_1-\beta_2}{\beta_2} m \right]}$$

T_n ——累积卵总数

$N = n \times m$

n ——棉株数

m ——叶蕾数

我们当将 $D_0 = 0.2$, $m = 15$ 时, 变动 $n = 30, 40, 50, 60, 80$, 其序贯抽样的停止边界线 (见图 4)。

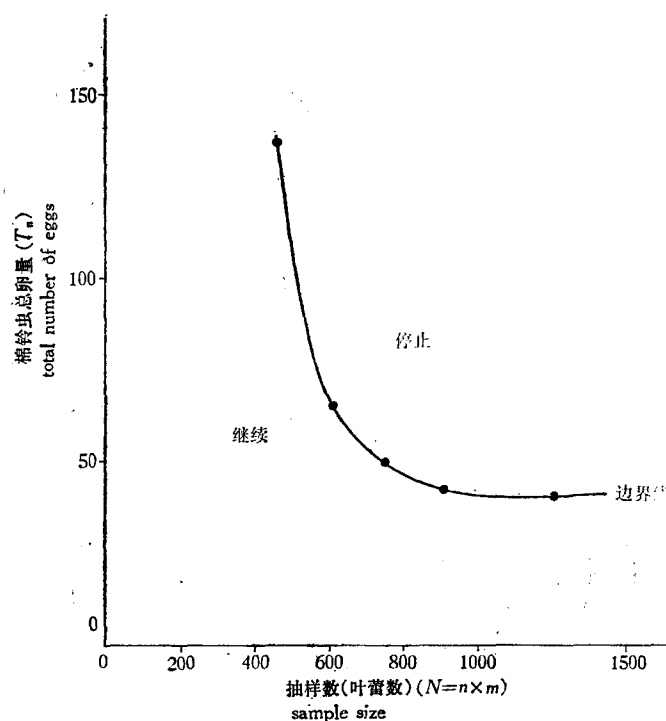


图 4 棉铃虫卵的序贯抽样估值图

($\alpha = 0$, $\beta_1 = 3.6067$, $\beta_2 = 1.9375$, $D_0 = 0.2$, $m = 15$)

Fig. 4 the graph for sequential estimation by two-stage sampling

二、小 结

1. 本文根据棉铃虫卵在棉田中的空间分布与棉株上的垂直分布特征, 应用二阶抽样理论, 提出适用于棉田的棉铃虫卵的估值抽样技术, 即在棉田内抽取60株棉株, 每株调查从顶心至第3果枝15个叶蕾上的棉铃虫卵量。即可达到相对精确度 (D_0) = 0.1的目的。

又据棉铃虫卵在棉田内个体群分布面积的估计, 提出每个抽样点以取2行每行各3株(即6株)较单株为佳, 并且可进一步节约调查时间。

结合应用袁锋(1980)提出的平行线式抽样, 这样在棉田内以平行线式抽取10个样点, 每个样点取6株, 样点与样点之间一般相距100尺。

为了避免估值偏低, 我们吸收了 Lincoln等(1979)应用于美国棉铃虫卵抽样的选择技术,

即在抽样点选取生长好的棉株进行检查。

2. 应用本抽样估值法, 调查一块棉田一般需时半小时左右, 可较当前所用的抽样方法节约时间0.6—0.8小时, 相应提高工作效率2.2—2.6倍。

参 考 文 献

丁岩钦 1980 昆虫种群数学生态学原理与应用。第14—70页。科学出版社。

Kuno, E. 1976 Multi-stage sampling for population estimation. *Res. Pop. Ecol.* 18(1):39—56.

Lincoln, C.G. and J. R. Phillips 1979 point sample scouting. *Southern Cooperative Series Bulletin* 231:102—104.

SAMPLING TECHNIQUES ON THE EGG STAGE OF THE COTTON BOLLWORM IN COTTON FIELD

Ting Yenchin Chen Yupin

(Institute of Zoology, Academia Sinica)

Since the spatial pattern for the cotton bollworm eggs in the cotton field is in agreement with the negative binomial series and the characteristics of the vertical distribution of the eggs on the cotton plant is more greater in the upper than in the lower, two-stage sampling technique based on the mean crowding (x^*)—mean(x) relationship (Kuno, 1976) is used for allocating samples

$$n = \frac{\frac{1}{m_0} \left\{ \frac{a+1}{x} + \frac{\beta_1(\beta_2-1)}{\beta_2} \right\} + \frac{\beta_1-\beta_2}{\beta_1}}{D_0^2}$$

The number of sample cotton plant required to estimate the density of egg at a 10% level of precision is 60, and 15 leaves or squares of each plant are sampled.

A change in the type of sampling unit usually affects both the cost of taking the sample and the precision obtained from it. The determination of optimum type of unit may therefore be important in the economies of sampling. According to the area occupied by a colony (Fig.) a suitable combination of sampling unit is proposed. 6 plants per locality (ie. 2 rows with 3 plants for each) are better than the single plant. It is that 6 plants taken from 10 localities in a cotton field.

The new sampling technique for the egg stage of cotton bollworm could be raise efficiency 2.2—2.6 fold Than that of the sampling method usually used.