

茶小卷叶蛾幼虫空间格局及抽样技术

陈向阳¹, 唐鑫生¹, 邹运鼎², 汪文俊³

(1. 黄山学院生命与环境科学学院, 黄山 245041; 2. 安徽农业大学林学与园林学院, 合肥 230036;

3. 黄山市植保站, 黄山 245011)

摘要: 应用聚集度指标、Taylor 的幂法则、Iwao 的 m^*-m 回归分析法, 对茶小卷叶蛾幼虫空间格局进行了分析, 并研究了茶小卷叶蛾幼虫在茶树上的序贯抽样技术。结果表明, 茶小卷叶蛾幼虫在茶树上的空间分布属聚集分布, 个体间相互吸引, 分布的基本成分是个体群, 其聚集性随密度的增大而增加。其聚集原因经 Blackith 种群聚集均数测定, 当 $m < 1.0095$ 时, 其聚集是由外界环境条件所致; 当 $m > 1.0095$ 时, 其聚集是由于害虫本身的群集行为与环境条件综合影响所致。在此基础上提出了最佳理论抽样数和最佳序贯抽样模型: $N = 1.96^2 / D^2 [1.23602 / m + 1.27954]$, $T_0(n) = 3.6n \pm 8.9888n^{1/2}$, 最大样本数为 $n = 234$ 。

关键词: 茶小卷叶蛾; 空间分布; 抽样技术

中图分类号: Q968.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2012)02-0252-05

Spatial distribution pattern of *Adoxophyes honmai* larvae and sampling technique

CHEN Xiang-yang¹, TANG Xin-sheng¹, ZOU Yun-ding², WANG Wen-jun³

(1. School of Life and Environment Science, Huangshan University, Huangshan 245041;

2. College of Forestry and Landscape Architecture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

3. Plant Protection Station of Huangshan City, Huangshan 245011)

Abstract: In this paper, the spatial distribution pattern of *Adoxophyes honmai* larvae was analyzed with aggregation indexes, Taylor's power law and Iwao's distribution function. The results showed that the spatial distribution pattern of *Adoxophyes honmai* larvae belonged to aggregation with the form of colony, which means the larvae attracted each other, and the basic component of the distribution was individual colony, with the aggregation intensity increased with the density. It was tested by Blackith's method, when $m < 1.0095$, the aggregation was caused by some environmental factors; when $m > 1.0095$, the aggregation was caused by their behavior and environmental conditions. Based on this distribution pattern, a suitable sampling number ($N = 1.96^2 / D^2 [1.23602 / m + 1.27954]$) and Iwao's model ($T_0(n) = 3.6n \pm 8.9888n^{1/2}$) of sequential sampling were put forward. The largest sampling number was 234.

Key words: *Adoxophyes honmai*; spatial distribution; sampling technique

茶树属山茶科山茶属, 为多年生常绿木本植物。原生长在高温多湿的热带、亚热带原始森林中, 几千万年的进化形成了耐荫、喜湿的生物学特性。人类将茶树从森林中迁出单独种植, 改变了茶树的生态环境, 必然会引起茶树生长发育特性的改变。我国是世界上最早种茶、制茶、饮茶的国家, 茶树的栽培已有几千年的历史。但是人工种植茶树多为单

一纯林, 其昆虫群落构成相对简单, 时间格局单调或不明显, 时间过程中波动性较大, 易导致突发性害虫种群的发生^[1-2]。

茶小卷蛾 (*Adoxophyes honmai*) 又称为小黄卷叶蛾、棉褐带卷叶蛾, 属于鳞翅目, 卷蛾科, 茶小卷蛾在国内外均有分布, 国外主要分布于日本、斯里兰卡、印度等地, 国内分布于江苏、浙江、安徽、

收稿日期: 2011-11-25

基金项目: 安徽省 2008 年高等学校省级自然科学重点研究项目 (KJ2008A088) 和安徽省 2011 年高等学校省级自然科学研究项目 (KJ2011B166) 共同资助。

作者简介: 陈向阳, 男, 讲师。E-mail: cxy700210@126.com

福建、江西、广东、海南、四川、台湾、广东、湖南、贵州、云南等省。该虫为害植物种类很多, 主要有油茶、茶、苹果、梨、柑桔、棉花等植物。在安徽一年发生 4~5 代, 以幼虫(少数以蛹)在卷叶苞内越冬。翌年 3 月中下旬开始活动。除第 1 代发生较整齐外, 其余各代均重叠发生。全年以春茶发生较重。幼虫活泼, 能前后爬跳, 受惊常爬出虫苞逃脱坠地。幼虫卷结嫩叶, 潜伏其中取食, 被害叶片呈不规则枯斑, 造成鲜叶减少, 芽梢生长受抑, 受害嫩梢制成茶叶后碎片多, 品质下降。为害严重时茶丛蓬面红褐焦枯, 芽叶生长停滞。茶小卷叶蛾幼虫有转移结苞的习性, 且随虫龄增大渐转茶树中下部为害成叶或老叶, 在茶园中有明显的发虫为害中心^[3-5]。为了明确茶小卷叶蛾幼虫在茶树上的空间分布信息及其种群行为特征, 笔者通过对茶小卷叶蛾幼虫在茶树上的空间分布动态及抽样技术进行了调查研究, 此研究明确了种群的空间分布, 可为茶小卷叶蛾种群数量调查时取样方法以及抽样数的确定提供指导。

1 材料与方法

1.1 研究地区概况

研究地区位于黄山市所在地屯溪区 (29°43'N, 118°17'E), 在气候区划上属于北亚热带湿润季风气候, 年平均气温 15~16°C, $\geq 10^\circ\text{C}$ 年积温 4500~5000°C, 年平均日照时间 1755.5 h, 无霜期 236 d, 年平均降雨量 1670 mm, 平均相对湿度为 78%, 低山地大部分为黄壤, 山地为黄棕壤。

1.2 调查方法

在安徽省黄山市屯溪区茶场选取 12 块样地。每块样地南北为行, 采用平行跳跃法, 行距约为 1 m, 株距约为 0.3 m, 隔行取样, 共抽取样树 30 株, 分 6 行每行 5 株; 每树在东、南、西、北 4 个方位和上、中、下 3 层各取一代表性枝条, 以一年生为主; 调查每个枝条从梢部向内 30 cm 长度内的茶小卷叶蛾幼虫数量, 同时对样地情况作详细记录。调查工作于 2011 年 7 月中旬进行, 其间茶园正常管理, 但不施化学农药。

1.3 分布型的测定方法^[6-11]

(1) 扩散系数 C : $C = s^2/m$, 当 $C < 1$ 时为均匀分布, 当 $C = 1$ 时为随机分布, 当 $C > 1$ 时为聚集分布 (s^2 为样本方差, m 为样本平均数, 即害虫平均密度, 下同);

(2) I 指标(David 和 Moore, 1954): $I = s^2/m - 1$; 当 $I < 0$ 时为均匀分布, 当 $I = 0$ 时为随机分

布, 当 $I > 0$ 时为聚集分布;

(3) m^*/m 指标(Lloyd, 1967): 即平均拥挤度与平均值之比, m^*/m (其中 $m^* = m + s^2/m - 1$)

当 $m^*/m < 1$ 时为均匀分布, 当 $m^*/m = 1$ 时为随机分布, 当 $m^*/m > 1$ 时为聚集分布;

(4) C_A 指标(Cassie, 1962; Kuno, 1969): $C_A = (s^2/m - 1)/m$

当 $C_A < 0$ 时为均匀分布, 当 $C_A = 0$ 时为随机分布, 当 $C_A > 0$ 时为聚集分布;

(5) 负二项分布 k 值(Waters, 1959): $k = m^2/(s^2 - m)$;

当 $k < 0$ 时为均匀分布, 当 k 值趋向于 ∞ 大时为随机分布, 当 $0 < k < 8$ 时为聚集分布。

1.4 Taylor 的幂法则^[6-9]

回归模型: $\log s^2 = \log a + b \log m$ 式中: s^2 为样本方差; m 为平均数; a 、 b 为引入的参数。当此方程为线性相关时, a 与 b 的不同组合型就表示了昆虫不同的空间分布型。当 $\log a > 0$, $b = 1$ 时, 种群此时为随机分布; 当 $\log a > 0$, $b > 1$ 时, 种群为聚集分布, 此时分布具有密度依赖性, 聚集度随着种群密度的升高而增加; 当 $\log a < 0$, $b < 1$ 时, 种群为均匀分布, 且密度越高, 种群分布越均匀。

1.5 Iwao 的 m^*-m 回归分析法^[6-9]

回归模型: $m^* = \alpha + \beta m$, Iwao 认为当回归模型呈线性相关时, α 、 β 就能揭示昆虫种群分布型的特征, 而且有特定的生物学意义。 α 说明分布的基本成分按大小分布的平均拥挤度, 当 $\alpha = 0$ 时, 分布的基本成分是单个个体; 当 $\alpha > 0$ 时, 分布的基本成分是种群, 种群个体间相互吸引; 当 $\alpha < 0$ 时, 分布的基本成分仍是种群, 但种群个体间相互排斥。 β 表明基本成分的空间分布型。 α 、 β 的不同组合能表达不同的空间分布型信息: 当 $\alpha = 0$, $\beta = 1$ 时, 为随机分布; 当 $\alpha > 0$, $\beta = 1$ 时, 为聚集分布; 当 $\alpha = 0$, $\beta > 1$ 时, 为聚集分布; 当 $\alpha > 0$, $\beta > 1$ 时, 为聚集分布; 当 $\alpha = 0$, $\beta < 1$ 时, 为均匀分布; 当 $\alpha < 0$, $\beta = 1$ 时, 为均匀分布。其中当 $\alpha > 0$, $\beta = 1$ 时的组合型为核心分布; 当 $\alpha = 0$, $\beta > 1$ 时的组合型为负二项分布; 当 $\alpha > 0$, $\beta > 1$ 时的组合型为一般的聚集分布。

1.6 聚集成因分析^[8]

Blackith 的种群聚集均数(λ): $\lambda = m(2K)^{-1}r$, 式中 r 是自由度 $2K$ 时 $\chi^2_{0.05}$ 的值, K 为负二项分布参数。当 $\lambda < 2$ 时, 其聚集是由某些环境因素所致, 而不是由于昆虫本身的聚集习性活动的缘故; 当 $\lambda \geq 2$ 时, 其聚集的原因是由于上述 2 个因素中的任 1 个因素所引起的。

1.7 抽样数表制定^[12]

应用 Iwao (1977) 的理论抽样公式, 求出理论抽样数模型。在此基础上, 根据不同密度和不同误差要求制定出理论抽样数表。同时依据 Iwao 提出的序贯抽样法, 在确定防治指标的情况下, 建立序贯抽样模型及序贯抽样表, 以此作为防治决策。

2 结果与分析

2.1 茶小卷叶蛾幼虫空间分布型的聚集度指标

对调查的数据进行汇总整理计算各种聚集度指标值, 结果见表 1。从表 1 可以看出, 各样地的茶小卷叶蛾幼虫的各项指标均达到 $C > 1, I > 0, K > 0, C_A > 0, m^*/m > 1$, 根据判定标准, 茶小卷叶蛾幼虫在茶树上的空间分布型表现一致, 均呈聚集分布格局。

2.2 Taylor 法测定

结果表明, S^2 与 m 在茶树上回归直线方程为: $\log S^2 = 0.274 01 + 1.888 11 \log m (R = 0.950 3^{**})$, 查“ r 及 R 的显著表”, 当 $df=30-2=28$ 时, $R_{0.01} = 0.530, R = 0.953 0 > R_{0.01}$, 表明茶小卷叶蛾幼虫在茶树内的聚集度与种群密度之间的指数回归关系极显著。由于 $\log a > 0, b > 1$ 时, 故茶小卷叶蛾幼虫种群为聚集分布, 此时分布具有密度依赖性, 其聚集度随着种群密度的升高而增加。

2.3 Iwao 的 m^*-m 回归分析

结果表明, m^* 与 m 在茶树上回归直线方程为: $m^* = 0.236 02 + 2.279 54 m (R = 0.935 8^{**})$ 查“ r 及 R 的显著表”, 当 $df=30-2=28$ 时, $R_{0.01} = 0.530, R = 0.935 8 > R_{0.01}$, 表明茶小卷叶蛾幼虫在茶树内平均拥挤度与平均密度之间的回归关系极显著, 而且回归方程中 $\alpha > 0, \beta > 1$, 说明该幼虫为聚集分布, 并且个体间相互吸引, 其分布的基本成分为个体群。

2.4 影响幼虫聚集分布的原因

昆虫种群在空间的聚集原因, 既可能是由于受某些环境因素的影响, 也可能是由于物种本身行为特性的聚集习性所致。应用 Blacith 的种群聚集均数 (λ), 检验茶小卷叶蛾幼虫聚集的原因。将平均密度与聚集均数进行回归分析, 得: $\lambda = -3.506 6 + 5.454 9 m (r = 0.910 7^{**})$, 平均密度与聚集均数之间的回归关系极显著, 而且茶小卷叶蛾幼虫的聚集均数随幼虫密度的增加而增大。由此可知, 当样方平均密度在 1.009 5 以下时, $\lambda < 2$, 聚集是由外界环境条件所引起; 当样方平均密度在 1.009 5 以上时, $\lambda \geq 2$ 时, 聚集是由害虫本身的聚集行为与环境因子综合影响的结果。从表 2 可看出, 被调查 12 块样地内茶树的茶小卷叶蛾幼虫种群聚集数 λ 均大于 2, 说明茶小卷叶蛾幼虫在茶树内的聚集是由本身的行为所引起。

表 1 茶小卷叶蛾幼虫在茶树上的聚集度指标

Table 1 Aggregation indices of *Adoxophyes honmai* larvae in tea trees

样地号 Quadrat No.	总虫数 Total number	s^2	m^*	I	m^*/m	C_A	C	k
1	126	24.993	9.151	4.951	2.179	1.179	5.951	0.848
2	45	2.603	2.236	0.736	1.490	0.490	1.736	2.039
3	66	10.648	6.040	3.840	2.746	1.746	4.840	0.573
4	95	16.489	7.374	4.207	2.328	1.328	5.207	0.753
5	70	13.126	6.959	4.626	2.982	1.982	5.626	0.504
6	105	16.810	7.303	3.803	2.087	1.087	4.803	0.920
7	56	8.326	5.327	3.461	2.854	1.854	4.461	0.539
8	70	7.264	4.447	2.113	1.906	0.906	3.113	1.104
9	142	31.306	10.347	5.614	2.186	1.186	6.614	0.843
10	122	27.375	9.798	5.731	2.409	1.409	6.731	0.710
11	123	31.886	10.877	6.777	2.653	1.653	7.777	0.605
12	133	31.702	10.584	6.151	2.387	1.387	7.151	0.721

s^2 : 方差 Variance; m^* : 平均拥挤度 Mean crowding; I : 丛生指标 Fascicular index; m^*/m : 聚集性指数 Aggregation index; C_A : Kuno 指标 Kuno's index; C : 扩散系数 Coefficient of diffusion; k : 负二项分布参数 Value of negative dist.

2.5 抽样技术

在抽样调查时, 抽取多少样本数量, 即可达到所需要的精度, 因此需要确定最适抽样数。应用 Iwao (1977) 提出的以分布参数 α, β 为基础的理论抽样

原理, 即理论抽样数公式为: $N = t^2 / D^2 [(\alpha + 1) / m + (\beta - 1)]$ 。式中 N 为理论抽样数, 再给定允许误差 D 与置信概率 90% 相应的 t 值, $t = 1.96$, 则 $N = 1.96^2 / D^2 [1.236 02 / m + 1.279 54]$ 。取允许误差 (D) 分别为 0.1、

0.2 和 0.3, 则建立茶小卷叶蛾幼虫理论抽样数模型为: $N_{0.1} = 474.8294/m + 491.5481$, $N_{0.2} = 118.7074/m + 122.8870$, $N_{0.3} = 52.7588/m + 54.6165$, 通过这 3 个模型即可获得在各种密度下的最适抽样数 (表 3)。从表 3 可以看出, 随着虫口密度增加, 所调查

的样数逐渐减少, 但在相同虫口密度下, 抽样数又随着允许误差的减少而提高。在实际调查中要根据人力与时间的情况选择相应的允许误差, 并确定该调查地块的虫口密度, 然后查表确定详细调查时的株数。

表 2 茶小卷叶蛾幼虫在茶树上的聚集度均数
Table 2 Mean aggregation of *Adoxophyes honmai* larvae in tea trees

样地号 Quadrat No.	<i>m</i>	<i>k</i>	$\chi^2_{0.05}$	λ
1	4.200	0.848	5.99	14.831
2	1.500	2.039	9.49	3.492
3	2.200	0.573	3.84	7.373
4	3.167	0.753	5.99	12.597
5	2.333	0.504	3.84	8.886
6	3.500	0.920	5.99	11.393
7	1.867	0.539	5.99	10.375
8	2.333	1.104	9.49	10.031
9	4.733	0.843	7.81	21.923
10	4.067	0.710	7.81	22.368
11	4.100	0.605	5.99	20.294
12	4.433	0.721	7.81	24.008

m: 每株平均密度/头 Mean density per tree; *k*: 负二项分布参数 Value of negative dist; λ : 种群聚集均数 Aggregation mean.

表 3 茶小卷叶蛾幼虫不同虫口密度最适抽样数
Table 3 Sampling number of tea trees in different densities of *Adoxophyes honmai* larvae

允许误差 Allowable error	幼虫在茶树上的虫口密度 Densities of <i>Adoxophyes honmai</i> larvae in tea trees															
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8
<i>D</i> =0.1	1 441	966	808	728	681	650	627	610	597	587	578	571	565	559	555	551
<i>D</i> =0.2	360	241	202	182	170	162	157	153	149	147	144	143	141	140	139	138
<i>D</i> =0.3	160	107	89	81	76	72	70	68	66	65	64	63	62	62	62	61

表 4 茶小卷叶蛾幼虫序贯抽样调查
Table 4 Sequential sampling of *Adoxophyes honmai* larvae

调查株数 Number of trees	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
上限 Upper limit	38	64	89	112	135	157	179	201	244	286	327	368	409	450	490	530	570
下限 Lower limit		8	19	32	45	59	73	87	116	146	176	208	239	270	302	334	366

2.6 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、下限。其通式为: $T_0(n) = m_0 n \pm tn[(\alpha+1)m_0 + (\beta-1)m_0^2]^{1/2}$, 式中取防治指标为每株 3.6 头幼虫, 即 $m_0 = 3.6$, n 为抽样方数, t 为自由度 ∞ 时的 t 值, 即 $t=1.96$, α, β 分别为 $M^* \sim m$ 回归方程中的参数, 得茶小卷叶蛾幼虫序贯抽样模型:

$$\text{上限为 } T_0(n) = 3.6n + 8.9888 n^{1/2}$$

$$\text{下限为 } T_0(n) = 3.6n - 8.9888 n^{1/2}$$

根据序贯抽样模型制成茶小卷叶蛾幼虫 Iwao 的序贯抽样表 (表 4)。在茶园调查应用序贯抽样时, 凡调查 n 株样本的累计茶小卷叶蛾幼虫量超过上限, 即判为防治对象田, 而低于下限则暂不需防治。当累计虫量在上下限之间, 则应继续进行调查, 当不易下结论时, 通过公式 $N_{\max} = t^2 / d^2 [(\alpha+1)m_0 + (\beta-1)m_0^2]$, 确定最大抽样数, 估计密度所允许的置信限, 取 $t=1, d=0.3$, 得: $N_{\max}=234$, 即茶树

最大抽样数为 234 株。

3 小结与讨论

通过聚集度指标法、Iwao 法和 Taylor 幂法则法等测定,结果表明茶园茶小卷叶蛾幼虫空间分布为聚集分布,分布具有密度依赖性,其聚集度随着种群密度的升高而增加。该种群个体间相互吸引,其分布的基本成分为个体群。茶小卷叶蛾幼虫的聚集均数随幼虫密度的增加而增大,当样方平均密度在 1.009 5 以下时,该幼虫聚集是由于某些环境如气候、土壤湿度、植株生育状况等所引起的;当样方平均密度在 1.009 5 以上时,该幼虫聚集是由害虫本身的聚集行为与环境因子综合影响的结果。被调查茶园内茶树的茶小卷叶蛾幼虫种群聚集均数 λ 均大于 2,说明茶小卷叶蛾幼虫在茶树内的聚集是由本身的行为所引起的,这可能与茶小卷叶蛾幼虫喜食茶树的嫩叶及雌成虫产卵集中的习性有关。

茶小卷叶蛾幼虫在不同的空间其聚集原因存在一定的差异,在防治及测报调查时,可采用理论抽样数或 Iwao 序贯抽样方法调查虫幼虫密度,以确定是否需要防治,根据公式 $N = t^2 / D^2 [(\alpha + 1)/m + (\beta - 1)]$,可确定各种密度下的最适抽样数,通过公式 $N_{\max} = t^2 / d^2 [(\alpha + 1)m_0 + (\beta - 1)m_0^2]$,确定最大抽样数,在生产实践中,可根据茶小卷叶蛾幼虫的空间分布信息结合不同的防治指标,制作序贯抽样表,为测报调查提供抽样依据,更好地指导茶园茶小卷叶蛾幼虫的防治。

参考文献:

- [1] 梁涛. 我国生态复合茶园建设研究进展[J]. 茶业通报, 2005, 27(2): 62-63.
- [2] 田永辉, 梁远发, 王国华, 等. 人工生态茶园生态效应研究[J]. 茶叶科学, 2001, 21(2): 170-174.
- [3] 周性恒, 李兆玉, 朱洪兵. 茶长卷蛾的生物学与防治[J]. 南京林业大学学报, 1993, 17(3): 48-53.
- [4] 张灵玲, 关雄. 茶小卷叶蛾及其生物防治[J]. 福建茶叶, 2004(3): 8-9.
- [5] 彭桂云. 茶小卷叶蛾的防治指标与对策[J]. 蚕桑茶叶通讯, 1989(3): 26, 10.
- [6] 丁岩钦. 昆虫种群数学生态学原理与应用[M]. 北京: 科学出版社, 1980: 87-105; 113-121.
- [7] 曾伟. 分葱田甜菜夜蛾空间分布型及抽样技术初步研究[J]. 植保技术与推广, 2003(8): 11-12.
- [8] 汪恩国, 陈克松, 李达林. 斜纹夜蛾在青花菜上种群分布型及抽样技术研究[J]. 浙江农业学报, 2005, 17(1): 15-18.
- [9] 田瑞, 胡红菊, 王友平. 梨瘿蚊幼虫的空间分布型及序贯抽样技术[J]. 华中农业大学学报, 2008, 27(6): 728-731.
- [10] 陈向阳, 邹运鼎, 毕守东. 松墨天牛和花绒坚甲种群空间格局的地统计学分析[J]. 黄山学院学报, 2010, 12(5): 59-64.
- [11] 陈向阳, 邹运鼎, 李增智, 等. 松墨天牛及其天敌花绒坚甲种群的三维空间分布格局[J]. 应用生态学报, 2006, 17(8): 1547-1550.
- [12] 赵化奇, 吴乔明, 郭振峰, 等. 害虫防治决策的复序贯分析方法及抽样技术研究[J]. 昆虫知识, 2001, 38(2): 186-191.