

文章编号: 100F 1498(2004) 04 0500 05

美国白蛾卵块及幼虫网幕空间格局研究*

魏建荣¹, 王传珍², 杨 隽², 邵凌松², 张同友³

(1. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 北京 100091;

2. 山东省烟台市森林保护站, 山东 烟台 264000; 3. 山东省青州市五里镇林业站, 山东 青州 262521)

摘要: 在美国白蛾发生区, 分别在行道树和林地中对美国白蛾卵块及幼虫网幕的空间格局进行了研究。结果表明, 美国白蛾卵块及幼虫网幕的空间格局为负二项分布型, 呈聚集分布。对其空间分布指数进行的计算也表明, 美国白蛾卵块及幼虫网幕在行道树上和林地中均为聚集分布。在此基础上, 分别计算出了行道树和林地中的卵块及幼虫网幕在不同虫口密度时的理论抽样数, 为防治时调查美国白蛾数量, 进而确定释放天敌的数量提供了依据。

关键词: 美国白蛾; 空间格局; 理论抽样数

中图分类号: S763 文献标识码: A

美国白蛾(*Hyphantria cunea* (Drury)) 于 20 世纪 70 年代末传入我国以来, 逐步蔓延扩散^[1], 现在辽宁、河北、天津、山东、陕西等地分布, 主要危害行道树和林缘树木^[2]。国内外还未见有对其空间格局进行研究的相关报道。为了方便调查取样为防治提供依据, 对美国白蛾卵块和幼虫网幕的空间格局进行了研究。

美国白蛾的卵孵化后, 1~ 4 龄幼虫在卵块所在部位吐丝结网隐藏其中群集取食, 5 龄以后才分散危害, 所以其卵块的空间格局基本与幼龄幼虫的相同。因此, 主要以调查卵块的方法对其空间格局进行研究。由于美国白蛾为喜光性害虫, 主要危害行道树和小块林地的树木, 因此, 分行道树和林地两种立地类型分别调查其空间格局, 并计算其理论抽样数。

1 调查与统计方法

1.1 行道树

于美国白蛾产卵末期和幼虫吐丝结网幕隐藏其中危害期, 选择其喜食的行道树种白蜡(*Fraxinus chinensis* Rosb.) 和悬铃木(*Platanus orientalis* L.), 在其经常发生的地段, 连续逐株调查美国白蛾的卵块或幼虫的网幕。以 40 株树为一组编组, 最后一组为 35 株, 共调查 635 株, 以此数据来研究美国白蛾卵块的空间格局。

1.2 林地

在烟台市郊幸福十二村, 选择美国白蛾喜食的白榆(*Ulmus pumila* L.) 林地约 3.3 hm² 为样

收稿日期: 2003 04 14

作者简介: 魏建荣(1972—), 男, 山西省忻州人, 助理研究员。

* 中国林科院杨忠岐教授对本研究工作给予了指导, 在此表示诚挚感谢。

地。于美国白蛾产卵末期和幼虫网幕期, 采用平行线法逐株调查树上的美国白蛾卵块(幼虫网幕)分布。每2行寄主树得一组数据, 共得14组, 以此研究美国白蛾卵块的空间格局。

1.3 空间格局计算方法^[2-5]

频次比较法: 应用频次比较法对美国白蛾卵块(幼虫网幕)的空间格局进行拟合性检验, 以判断其遵从哪种空间格局。其中平均密度和方差的计算公式分别为:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N} \quad s^2 = \frac{\sum x^2 - \frac{1}{N}(\sum x)^2}{N-1}$$

分布型指数法: 应用6种空间分布型指数进行计算, 确定美国白蛾卵块是否为聚集分布:

(1) 样本平均拥挤度 x^* : $x^* = \bar{z} + v/(\bar{x} - 1)$ (采用大量整片抽样法), 其中 \bar{x} 为样本平均数, $v = s^2$ 。

(2) 扩散型指数 I : 其中 $I = v/\bar{x} - 1$ 。 $I < 0$ 为均匀分布; $I = 0$ 为随机分布; $I > 0$ 为聚集分布。

(3) 聚集指数 x^*/\bar{x} : 其中 $x^*/\bar{x} < 1$ 为均匀分布; $x^*/\bar{x} = 1$ 为随机分布; $x^*/\bar{x} > 1$ 为聚集分布。

(4) 扩散系数 c : 公式: $c = s^2/\bar{x}$ 。 $n < 100$ 时, c 的置信区间为: $\bar{x} \pm t_{\alpha s}(\bar{x}) = 1 \pm 1.96 \sqrt{2n/(n-1)^2}$

如 c 值落入此置信区间范围内, 则可认为是属于随机型或随机扩散; 如果 c 值大于置信区间的范围, 则可认为是属于聚集型。

(5) 负二项分布 k : 其中 $k = \bar{x}/(v/\bar{x} - 1)$ 。 $k < 0$ 为均匀分布; $k > 0$ 为聚集分布; $k \rightarrow \infty$ 为随机分布。

(6) 聚集均数 λ : 其中 $\lambda = \bar{x} \cdot \sqrt{2k}$ 。 k 为上述负二项分布参数, χ^2 为 X^2 分布表中自由度等于 $2k$ 与 $p = 0.5$ 所对应的 X^2 值。若 $\lambda > 2$, 其聚集原因为昆虫本身的习性或环境因素引起, 若 $\lambda < 2$, 其聚集原因是由于环境因素引起。

1.4 美国白蛾卵块(幼虫网幕)的 $x^* - \bar{x}$ 模型

分别对在行道树上和林地中的美国白蛾卵块(及幼虫网幕)的样本平均拥挤度(x^*)和平均密度(\bar{x})应用统计软件建立回归方程, 由回归方程的系数研究美国白蛾是否属于聚集分布。

1.5 理论抽样数计算方法

应用 Iwao 理论抽样数公式计算美国白蛾卵块的抽样数。

经初步筛选后选择相对允许误差为: $D = \partial_x/\bar{x}$, 其中, $\partial_x = \sqrt{s^2/n}$ 。

则理论抽样数公式为:

$$n = \left(\frac{t}{D} \right)^2 \left[\frac{a+1}{x} + b - 1 \right]$$

其中 a , b 为 Iwao 公式中的两个参数 a , b 值。选择置信率为 70%, 则 $t = 1$ 。

2 结果

2.1 行道树上美国白蛾卵块(幼虫网幕)空间格局拟合性检验

对行道树上美国白蛾卵块及幼虫网幕的空间分布格局进行拟合性检验。表1为对寄主树

上美国白蛾卵块(幼虫网幕)的统计结果,其中 $\bar{x} = 0.99$, $S^2 = 3.18$ 。根据这些数据进行 χ^2 拟合性检验,结果见表2。表明行道树上的美国白蛾卵块(幼虫网幕)的空间图式符合负二项分布,为聚集型。

表1 行道树上美国白蛾卵块频次分布统计

卵块数	频数(f)	$f\bar{x}$	$f\bar{x}^2$
0	388	0	0
1	113	113	113
2	49	98	196
3	27	81	243
4	15	60	240
5	18	90	450
6	9	54	324
7	4	28	196
8	7	56	448
9	4	36	324
10	1	10	100
求和 Σ	$\Sigma f = 635$	$\Sigma f\bar{x} = 626$	$\Sigma f\bar{x}^2 = 2634$

表2 行道树上美国白蛾卵块空间格局拟合性检验

分布型	χ^2	自由度(df)	$\alpha_{0.05}^2$	检验结果
泊松分布	35 435.41	11- 2= 9	16.92	不符合
负二项分布(零频率法)	11.55	11- 3= 8	15.51	符合
Poisson 二项分布	983 806 441.30	11- 3= 8	15.51	不符合
奈曼 A 型分布	123.97	11- 3= 8	15.51	不符合

表3 林地中美国白蛾卵块频次分布统计

卵块数	频数(f)	$f\bar{x}$	$f\bar{x}^2$
0	299	0	0
1	65	65	65
2	18	36	72
3	20	60	180
4	6	24	96
5	4	20	100
6	0	0	0
7	1	7	49
求和 Σ	$\Sigma f = 413$	$\Sigma f\bar{x} = 212$	$\Sigma f\bar{x}^2 = 562$

2.2 林地中的美国白蛾卵块(幼虫网幕)空间分布型拟合性检验

表3为在林地中调查的美国白蛾卵块(幼虫网幕)分布情况,其中: $\bar{x} = 0.51$, $S^2 = 1.10$ 。根据这些数据,进行了卡方拟合性检验,结果见表4。可以看出,美国白蛾卵块(幼虫网幕)在林地中同样符合负二项分布,为聚集型。

表4 林地中美国白蛾卵块空间格局拟合性检验

分布型	χ^2	自由度(df)	$\alpha_{0.05}^2$	检验结果
泊松分布	1 772.49	8- 2= 6	12.59	不符合
负二项分布	10.08	8- 3= 5	11.07	符合
零频率法	10.32			
最大或然估值法				
Poisson 二项分布	260.68	8- 3= 5	11.07	不符合
奈曼 A 型分布	17.54	8- 3= 5	11.07	不符合

2.3 利用分布型指数测定美国白蛾卵块(幼虫网幕)空间格局

另外,利用6种分布型指数分别对行道树上和林地中两种不同生态条件下寄主树木上美国白蛾的卵块(幼虫网幕)进行了空间格局研究,各指标值计算的结果(表5)可以看出,在两种生态条件下,除在低密度下美国白蛾卵块的空间分布表现不出聚集特征外,一般都表现出一定的聚集性。 λ 指标反映出美国白蛾在低密度下可能由于环境(树种等)因素形成聚集分布,高密度下由自身原因引起聚集或环境因素导致呈聚集分布。

2.4 美国白蛾卵块(幼虫网幕)样本平均拥挤度和平均密度的 $x^* - \bar{x}$ 模型(Iwao模型)

对美国白蛾卵块和幼虫网幕的分布运用Iwao公式作了检验,其中样本平均拥挤度 x^* 和平均密度 \bar{x} 有如下关系:

行道树上的美国白蛾卵块(幼虫网幕)拟合的Iwao模型:

$$x^* = 0.91 + 1.15\bar{x} \quad (R_{xy} = 0.76, df = 14, p < 0.05)$$

林地中的美国白蛾卵块(幼虫网幕)拟合的 Iwao 模型:

$$x^* = 0.69 + 1.29\bar{x} \quad (R_{xy} = 0.62, df = 12, p < 0.05)$$

由于两种生态条件下的 Iwao 模型中都是 $a > 0, b > 1$, 所以卵块(幼虫网幕)都为聚集分布, 且个体间相互吸引, 分布的基本成分为个体群。

表 5 不同生态环境中美国白蛾卵块的聚集度指标

组数	均值 \bar{x}	方差 s^2	x^*	I	x^*/\bar{x}	c 及其置信区间	k	λ
行道树上								
1	0.40	0.71	0.66	0.26	1.64	1.26(0.55-1.45)	1.56	0.32
2	0.58	1.08	1.62	1.04	2.81	2.04(0.55-1.45)	0.55	0.29
3	0.33	0.62	0.49	0.17	1.51	1.17(0.55-1.45)	1.96	0.27
4	0.05	0.22	0.02	-0.03	0.49	0.97(0.55-1.45)	-1.95	0
5	0.70	1.04	1.25	0.55	1.79	1.55(0.55-1.45)	1.27	0.53
6	0.10	0.30	0.02	-0.08	0.23	0.92(0.55-1.45)	-1.30	0
7	0.46	0.96	1.42	0.94	2.98	1.94(0.55-1.45)	0.50	0.22
8	0.58	1.11	1.71	1.13	2.97	2.13(0.55-1.45)	0.51	0.83
9	3.18	10.18	7.58	1.93	2.18	2.93(0.55-1.45)	1.80	2.28
10	1.98	2.44	4.00	2.03	2.03	3.03(0.55-1.45)	0.98	1.32
11	0.18	0.45	0.31	0.14	1.80	1.14(0.55-1.45)	1.26	0.11
12	0.45	1.28	3.09	2.64	6.87	3.64(0.55-1.45)	0.17	0.28
13	0.78	1.94	4.64	3.86	5.98	4.86(0.55-1.45)	0.20	0.45
14	0.60	1.26	2.23	1.63	3.72	2.63(0.55-1.45)	0.37	0.29
15	2.83	2.23	3.58	0.76	1.27	1.76(0.55-1.45)	3.72	2.57
16	2.83	2.27	3.66	0.83	1.29	1.83(0.56-1.44)	3.43	2.56
林地中								
1	0.70	1.14	1.54	0.84	2.19	1.84(0.45-1.55)	0.84	0.46
2	0.56	1.15	1.93	1.38	3.48	2.38(0.31-1.69)	0.40	0.24
3	0.78	0.89	0.78	0.22	1.03	1.02(0.45-1.55)	35.39	0.76
4	0.17	0.49	0.56	0.39	3.22	1.39(0.41-1.59)	0.450	0.08
5	0.33	0.48	0.03	-0.30	0.10	0.70(0.36-1.64)	-1.11	0.00
6	1.25	1.70	2.56	1.31	2.05	2.31(0.41-1.59)	0.95	0.88
7	1.23	1.62	2.36	1.12	1.91	2.12(0.59-1.41)	1.10	0.89
8	0.37	0.74	0.86	0.49	2.31	1.49(0.45-1.55)	0.76	0.23
9	0.64	1.16	1.74	1.10	2.71	2.10(0.46-1.54)	0.59	0.30
10	0.29	0.90	2.10	1.82	7.35	2.82(0.46-1.54)	0.16	0.18
11	0.14	0.58	1.58	1.45	11.49	2.45(0.47-1.53)	0.10	0.07
12	0.00	0.00	-	-	-	-	-	-
13	0.13	0.56	1.58	1.45	12.25	2.45(0.49-1.51)	0.09	0.07
14	0.41	0.83	1.09	0.68	2.64	1.68(0.58-1.42)	0.61	0.17

2.5 美国白蛾危害的寄主树木理论抽样数

2.5.1 行道树 对预先假设的不同美国白蛾卵块的密度(\bar{x}), 以 70% 置信率保证其允许误差(即 $t = 1$), 应用 Iwao 公式计算得到卵块在不同密度时的寄主树木理论抽样数(n 值), 见表 6。

表 6 行道树上不同密度美国白蛾卵块时的寄主树木理论抽样数

卵块密度(\bar{x})	寄主树木理论抽样数					
	0.5	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0
抽样数(n)	810	518	385	309	260	226

2.5.2 林地中 根据 Iwao 理论抽样数计算公式, 针对不同的卵块密度(\bar{x}), 以 70% 置信率保证其允许误差 (即 $t = 1$), 计算在林地中不同卵块密度时的寄主树木理论抽样数 (n 值), 见表 7。

表 7 林地中不同密度美国白蛾卵块时的

卵块密度(\bar{x})	寄主树木理论抽样数					株
	0.5	0.8	1.1	1.4	1.7	
抽样数(n)	367	240	183	150	128	114

3 结论

美国白蛾卵块及幼虫网幕在行道树上和林地中两种生态条件下的空间分布格局都属于负二项分布, 呈聚集分布。不同聚集度指标的计算也表明, 美国白蛾卵块及幼虫网幕呈聚集分布, 说明美国白蛾在其嗜食树种上的聚集原因可能主要是由于害虫本身的特性决定的, 而与所处环境的关系不大。

在美国白蛾危害的行道树和林地中, 根据 Iwao 理论抽样数公式计算出的不同卵块密度时的寄主树木的理论抽样数, 可为应用天敌防治时调查美国白蛾幼虫虫口密度, 进而确定比较准确的天敌释放数量提供了依据。

参考文献:

- [1] 于长义. 美国白蛾防治工作回顾及今后防治对策[J]. 森林病虫害通讯, 1993, (4): 35~ 37
- [2] 张孚允, 魏建荣. 外来入侵物种对生物多样性、生态系统的影响与对策[A]. 生物多样性与外来入侵物种管理国际研讨会论文集——防治外来入侵物种[C]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002. 39~ 44
- [3] 丁岩钦. 昆虫数学生态学[M]. 北京: 科学出版社, 1994. 22~ 62
- [4] 郑汉业, 夏乃斌. 森林昆虫生态学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995. 120~ 168
- [5] 韩日晔, 徐洁莲, 曹莉, 等. 荔枝龟背天牛幼虫空间分布型研究[J]. 昆虫天敌, 1994, 16(1): 175~ 182
- [6] 张振田, 李镇宇. 白杨透翅蛾幼虫空间分布型及抽样技术的研究[J]. 河北林学院学报, 1994, 9(1): 59~ 63

Study on the Spatial Pattern of Eggs and Larva-web of Fall Webworm

WEI Jian-rong¹, WANG Chuan-zhen², YANG Jun², SHAO Ling-song², ZHANG Tong-you³

(1. Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, CAF, Beijing 100091, China;

2 The Forest Protection Station of Yantai City, Shandong Province, Yantai 264000, Shandong, China;

3. The Forestry Station of Wuli District of Qinzhou City, Shandong Province, Qingzhou 262521, Shandong, China)

Abstract: In areas where *Hyphantria cunea* (Lepidoptera: Arctiidae) were a serious pest to host trees, the spatial pattern of the pest's egg cluster and the larva-web were studied in forest land and on shelter-wood trees. It was revealed that the spatial pattern of the egg clusters and larva-webs of the fall webworm belonged to Negative Binomial Distribution, which was also a kind of Aggregated Distribution. Meanwhile, Aggregated Degree Index of egg clusters and larva-webs were also studied and the results showed that the spatial patterns of fall webworm were Aggregated Distribution. Based on these studies, the theoretical sampling numbers of different density of egg clusters and larva-webs in two different kinds of forest stands were calculated too, and that will give a approximately quantity information of the fall webworm for the decision of releasing number of insect natural enemies.

Key words: fall webworm; spatial pattern; theoretical sampling number