

# 刺槐叶瘿蚊越冬幼虫空间格局及抽样调查技术\*

高素红<sup>1</sup> 路常宽<sup>1\*\*</sup> 赵春明<sup>1</sup> 王晓勤<sup>1</sup> 曹晓亚<sup>1</sup> 宋国涛<sup>2</sup> 赵志波<sup>2</sup>

(1. 河北科技师范学院农林有害生物监测技术研究所 秦皇岛 066600;

2. 昌黎县国营团林林场 昌黎 066600)

**Over-wintering larvae distribution pattern and sampling techniques of *Obolodiplosis robiniae*.** GAO Su-Hong<sup>1</sup>, LU Chang-Kuan<sup>1\*\*</sup>, ZHAO Chun-Ming<sup>1</sup>, WANG Xiao-Qin<sup>1</sup>, CAO Xiao-Ya<sup>1</sup>, SONG Guo-Tao<sup>2</sup>, ZHAO Zhi-Bo<sup>2</sup> (1. Institute for Agro-forest Pest Monitoring Technology, Hebei Normal University of Science and Technology, Qinhuangdao 066600, China; 2. Nationalized Tuanlin Forest Station, Changli 066600, China)

**Abstract** Five aggregation degree indices, the Taylor method and the Iwao method, were used to test the spatial distribution pattern of *Obolodiplosis robiniae* (Haldemann) in fields. The results indicate that *O. robiniae* had an aggregated distribution due to innate behavioral and environment factors. Over-wintering larval population density was measured by 5 sampling methods; “Z” shape, parallel lines, ‘checkerboard’, twin-diagonal lines and ‘big five points’, and 5, 10 and 15 samples obtained by each method compared through simulating sampling. The results show that collecting 15 samples using the twin-diagonal lines method was the best sampling regime. 3cm proved a feasible soil depth to collect larvae. A theoretical sampling model  $n = t^2 / D^2 (1.1957 / \bar{x} + 0.8905)$  was developed. A comparison of the efficiency of collecting larvae from soil by hand and rinsing them from soil with water indicated that rinsing was superior.

**Key words** *Obolodiplosis robiniae*, spatial distribution pattern, sampling techniques, over-wintering larvae

**摘要** 本文采用聚集指标法分析了刺槐叶瘿蚊 *Obolodiplosis robiniae* (Haldemann) 越冬幼虫的空间分布格局, 结果表明: 刺槐叶瘿蚊越冬幼虫在林间呈聚集分布; 其聚集的原因与刺槐叶瘿蚊自身的行为习性有关或由刺槐叶瘿蚊本身与环境的异质性共同作用所造成。采用“z”字型、平行线、棋盘式、大五点、对角线 5 种抽样方法估计林间刺槐叶瘿蚊越冬幼虫虫口密度, 确定对角线法调查 15 样方为最佳抽样方法。对土壤不同深度土层中越冬幼虫数量调查, 明确最适取样深度为 3 cm。同时利用 Iwao 回归建立了理论抽样数量模型:  $n = t^2 / D^2 (1.1957 / \bar{x} + 0.8905)$ 。利用过筛手检和过筛水漂 2 种方法检数土中幼虫, 对检出刺槐叶瘿蚊越冬幼虫虫量及检虫时间进行了对比分析, 结果表明过筛水漂法检虫较为可取。

**关键词** 刺槐叶瘿蚊, 空间格局, 抽样技术, 越冬幼虫

刺槐叶瘿蚊 *Obolodiplosis robiniae* (Haldemann) 是其寄主树种刺槐 (*Robinia pseudoacacia*) L. 的原产地害虫<sup>[1]</sup>, 近年来已传播到世界许多国家和地区。国内作为一种新入侵害虫已在河北、辽宁、山东、北京等地相继出现, 并对刺槐造成了严重危害。据张东风等<sup>[2]</sup>对刺槐叶瘿蚊在中国的危險性评估结果, 其最宜适生区 ( $EI \geq 15$ ) 包括华北、华中、华南及云南大部; 适生区 ( $5 \leq EI < 15$ ) 包括辽宁和河北大部、山西及陕西南部、四川、甘肃东南部; 半适生区 ( $0 < EI < 5$ ) 包括黑龙江、吉林、四川大部

及西藏、甘肃、宁夏部分地区。并预测其在中国的风险值为 2.26, 属于高度危险生物。一旦该虫发生成灾, 必将对我国大面积栽植的刺槐林的生态、经济以及社会效益的发挥造成重大威胁。因此必须提高警惕, 加强检疫, 防止其扩散蔓延, 并开展防治研究。

\* 资助项目: 河北省科技厅科技支撑项目 (课题编号: 06220103D-4)。

\*\* 通讯作者, E-mail: luchk888@163.com

收稿日期: 2009-12-08, 修回日期: 2010-01-26

目前,关于刺槐叶瘿蚊形态、生物学习性及发生等方面的研究已有报道<sup>[2-4]</sup>。由于该虫虫体较小,不易观测,造成其测报与防治仍未系统化。因此探讨刺槐叶瘿蚊的空间分布格局及林间取样调查方法显得尤为重要,其中对越冬虫口密度的调查是摸清越冬虫口基数及越冬死亡率,确定防治指标和策略的基础和关键。本文就刺槐叶瘿蚊越冬幼虫的空间分布型及林间调查抽样技术进行了研究探讨,以期为对其进行准确测报提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

秦皇岛市昌黎县黄金海岸刺槐防护林地。该地区属中国东部季风区、暖温带、半湿润大陆性气候。无霜期平均为 186 d,年平均气温 11℃,平均年降水量 712.7 mm,年均日照时数达 2 800 h;刺槐防护林郁闭度 90% 以上。属刺槐叶瘿蚊适生区<sup>[2]</sup>,发生严重。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 调查方法** 采用等距行宽法取样。在标准地内每隔 5 行刺槐选取 1 行,每行隔 10 株于林间地面取一 20 cm × 20 cm × 10 cm 土壤样方。每行取 10 个样方,共取 20 行。土样经孔径 0.5 mm 筛过滤,直至无沙或仅存少量沙土,装入塑料袋内,带回室内计数刺槐叶瘿蚊越冬幼虫数量。

**1.2.2 空间分布型分析** 采用聚集指标判断法:分别利用扩散系数  $C$ , David & moore 扩散指标  $I$ , Lloyd 平均拥挤度  $m^*/\bar{x}$ , Cassie  $Ca$  指标, Iwao  $m^* - m$  回归法等判断分析刺槐叶瘿蚊越冬幼虫的空间分布型<sup>[5]</sup>。利用 Blackith 提出的聚集均数( $\lambda$ )分析害虫的聚集原因: $\lambda = \bar{x}/2k \times r$ 。并采用 Iwao 方法计算其理论抽样数: $n = t^2/D^2[(\alpha + 1)/\bar{x} + \beta - 1]$ <sup>[5,6]</sup>。

**1.2.3 不同抽样技术比较** 参照仵均祥等对小麦吸浆虫的研究方法<sup>[6]</sup>。根据调查统计资料,将林间调查 200 个样方的越冬幼虫数量绘制成平面标准方位图,方位图的位置与实际调查每行和每个样方的位置相一致,然后采用

Z 字法、平行线法、棋盘式、大五点法及对角线法 5 种抽样方法进行模拟抽样,每种方法分别抽取 5、10、15 个样方。将所得越冬幼虫虫口密度与总体对照比较求出变异系数  $c_v = s/\bar{x}$ 、标准差  $s$ 、标准误  $s_x$ 、绝对误差和相对误差等参数,判定最佳抽样方法。

**1.2.4 取样深度** 于试验林地随机取 20 cm × 20 cm ×  $\bar{x}$  cm 样方 10 组,分别统计 0 ~ 3 cm, 3 ~ 6 cm, 6 ~ 9 cm, 9 ~ 12 cm, 12 ~ 15 cm, 15 ~ 20 cm 土层上刺槐叶瘿蚊越冬幼虫的数量。经对数转换稳定方差后进行方差分析,确定最适取样深度。

**1.2.5 检虫方法** 随机抽取 20 cm × 20 cm × 10 cm 样方 20 个,分 2 组,每 10 个样方为一组,分别采用过筛手检法和过筛水漂法计数样方内幼虫数量,同时记录计数每个样方所用的时间。

**1.2.5.1 过筛手检法** 国内外对土中结茧幼虫的调查通常采用过筛法<sup>[7]</sup>。将取好的土样经孔径 0.5 mm 筛过滤,直至无沙或仅存少量沙土,装入塑料袋内,带回室内计数刺槐叶瘿蚊越冬幼虫数量。

**1.2.5.2 过筛水漂法** 过筛方法与上同。带回室内后将含有越冬幼虫及腐殖质、沙土等杂物的混合物倒入盛有水的瓷盆中,搅拌使越冬幼虫、虫茧及沙土沉底,枯叶腐殖质漂浮在水层上面。将漂起的枯叶捞出,再将盆底物质经孔径 0.5 mm 网袋过滤,将剩余物晾干后计数刺槐叶瘿蚊幼虫数量。

## 2 结果与分析

### 2.1 空间分布型

**2.1.1 聚集度指标测定与分析** 利用 5 种聚集度指标判定刺槐叶瘿蚊越冬幼虫的空间分布型,结果见表 1。

从表 1 可以看出,各标准地 5 种聚集度指标:扩散系数  $C$  均 > 1; Cassie  $Ca$  均 > 0; David & moore  $I$  均 > 0; Lloyd  $m^*/m$  均 > 1;  $k$  值均 > 0,可判定刺槐叶瘿蚊越冬幼虫的空间分布型为聚集分布。同时  $m^*$  亦均大于 0,说明存在个体群。

表 1 刺槐叶瘿蚊越冬幼虫空间分布聚集度指标

| 标准地 | 平均密度 $\bar{x}$ | 方差 $S^2$ | 拥挤度 $m^*$ | $I$ 指标 | $m^*/m$ 指标 | $Ca$ 指标 | 扩散系数 $C$ | $k$ 指标 | $\lambda$ |
|-----|----------------|----------|-----------|--------|------------|---------|----------|--------|-----------|
| 1   | 22.935         | 542.329  | 45.581    | 22.647 | 1.987      | 0.987   | 23.647   | 1.013  | 15.848    |
| 2   | 23.047         | 456.807  | 41.868    | 18.821 | 1.817      | 0.817   | 19.821   | 1.225  | 17.873    |
| 3   | 35.409         | 1157.596 | 67.101    | 31.692 | 1.895      | 0.895   | 32.692   | 1.117  | 25.202    |
| 4   | 16.372         | 256.668  | 31.049    | 14.677 | 1.896      | 0.896   | 15.677   | 1.115  | 11.637    |

进一步采用 Taylor 幂法则,  $\lg s^2 = \lg a + b \lg \bar{x}$  测定得:

$\lg s^2 = 0.04027 + 1.95137 \lg \bar{x}$   $R = 0.9929^{**}$   
式中  $\lg a > 0, b > 1$ , 同样表明刺槐叶瘿蚊越冬幼虫在林间呈聚集分布, 而且聚集程度随着密度的增大而增加。

根据 Iwao  $m^* - m$  回归分析法  $m^* = \alpha + \beta m$  测定得:

$m^* = 0.1957 + 1.8905 m$   $R = 0.9944^{**}$   
式中:  $\alpha > 0$ , 表明刺槐叶瘿蚊越冬幼虫个体间相互吸引, 以个体群形式存在。  $\beta > 1$ , 说明基本成分的空间分布图式为聚集分布。同时由于  $\alpha > 0, \beta > 1$ , 揭示了刺槐叶瘿蚊越冬幼虫的种群

空间分布呈一般负二项分布。

**2.1.2 聚集原因分析** 从表 1 中可以看出, 各标准地刺槐叶瘿蚊越冬幼虫的  $\lambda$  值均大于 2, 说明引起其聚集的原因与刺槐叶瘿蚊自身的行为习性有关或是由刺槐叶瘿蚊本身与环境的异质性共同作用所造成。

## 2.2 抽样技术研究

**2.2.1 几种抽样方法的比较** 以林间调查 200 个样方所得数据代表总体, 求得不同抽样方法的平均密度  $\bar{x}$ , 标准差  $s$ , 标准误  $s_x$ , 变异系数  $c_v$ , 绝对误差和相对误差, 并进行  $t$  检验, 比较各种抽样方法的抽样效果。

表 2 刺槐叶瘿蚊越冬幼虫调查几种抽样方法比较

| 抽样方法  | 样方数量 | 平均密度 $\bar{x}$<br>(头/样方) | 标准差<br>$s$ | 标准误<br>$s_x$ | 变异系数<br>$c_v$ | $t$ 值   | 绝对误差    | 相对误差   |
|-------|------|--------------------------|------------|--------------|---------------|---------|---------|--------|
| 对照    | 200  | 24.62                    | 25.3391    | 1.7917       | 1.03          |         |         |        |
|       | 5    | 40.20                    | 23.2745    | 10.4087      | 0.58          | 3.3476  | 15.5829 | 0.6330 |
| 对角线法  | 10   | 29.90                    | 20.3767    | 6.4437       | 0.68          | 2.5926  | 5.2829  | 0.2146 |
|       | 15   | 24.85                    | 26.3884    | 6.8135       | 1.06          | 0.1324  | 0.2329  | 0.0095 |
|       | 5    | 11.40                    | 10.8305    | 4.8435       | 0.95          | -6.1018 | 13.2717 | 0.5369 |
| 平行线法  | 10   | 24.00                    | 19.8158    | 6.2663       | 0.83          | -0.3114 | 0.6171  | 0.0251 |
|       | 15   | 17.75                    | 12.5315    | 3.2356       | 0.70          | -8.2198 | 6.8671  | 0.2790 |
|       | 5    | 22.40                    | 21.6056    | 9.6623       | 0.96          | -0.5131 | 2.2171  | 0.0901 |
| Z 字型法 | 10   | 27.60                    | 18.2890    | 5.7835       | 0.66          | 1.6310  | 2.9829  | 0.1212 |
|       | 15   | 22.87                    | 20.3043    | 5.2425       | 0.89          | -1.2932 | 1.7471  | 0.0711 |
|       | 5    | 39.80                    | 29.9867    | 13.4105      | 0.75          | 2.5316  | 15.1829 | 0.6168 |
| 棋盘式   | 10   | 32.20                    | 17.0281    | 5.3848       | 0.53          | 4.4532  | 7.5829  | 0.3080 |
|       | 15   | 21.80                    | 18.9330    | 4.8885       | 0.87          | -2.2319 | 2.8171  | 0.1144 |
|       | 5    | 11.80                    | 8.7864     | 3.9294       | 0.74          | -3.2619 | 12.8171 | 0.5207 |
| 大五点式  | 10   | 27.50                    | 33.7252    | 10.6650      | 1.23          | 2.5785  | 2.8829  | 0.1171 |
|       | 15   | 30.60                    | 33.5555    | 8.6640       | 1.10          | 3.5319  | 5.9829  | 0.2430 |

经  $t$  检验, 对角线 15 样方、平行线 10 样方及 z 字形 5、10、15 样方所得幼虫虫口密度与对照在  $P = 95\%$  的水平上无显著差异 (表 2), 故可采用。从越冬幼虫虫口密度看, 对角线法 15

样方 (24.85 头/样方) 与总体对照 (24.61 头/样方) 最为接近, 其次为平行线法 10 样方 (24.00 头/样方)。其中以对角线 15 样方取样时绝对误差和相对误差最小, 为最适抽样方法。

**2.2.2 取样深度测定** 对于大多数在土壤中越冬的昆虫来说,其垂直分布并非匀质,而是与其习性息息相关。了解昆虫在土壤中的越冬深度,对研究其生态特性,制定相应的控制策略有指导意义。对不同土层刺槐叶瘿蚊越冬幼虫的分布状况进行调查,确定其主要的越冬场所,进而确定取样的最适深度。

表3 不同土层刺槐叶瘿蚊越冬幼虫虫量比较

| 取样深度(cm) | 越冬幼虫数量(头/样方)      |
|----------|-------------------|
| 0 ~ 3    | 2.824 ± 0.654 a A |
| 0 ~ 6    | 2.999 ± 0.589 a A |
| 0 ~ 9    | 3.059 ± 0.610 a A |
| 0 ~ 12   | 3.083 ± 0.613 a A |
| 0 ~ 15   | 3.083 ± 0.613 a A |
| 0 ~ 20   | 3.083 ± 0.613 a A |

注:表中不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ ),不同大写字母表示差异极显著( $P < 0.01$ )。(下表同)

从表3可以看出,0~3 cm与0~6 cm,0~9 cm及0~12 cm土层刺槐叶瘿蚊越冬幼虫虫量差异均不显著。而10 cm以下土层中基本无越冬幼虫分布。表明,在对刺槐叶瘿蚊越冬幼虫进行调查统计时,取3 cm以上土层即可。

**2.2.3 理论抽样数的确定** 由Iwao回归分析得刺槐叶瘿蚊越冬幼虫的平均拥挤度 $m^*$ 与平均密度 $\bar{x}$ 存在极显著的相关关系( $R = 0.9944$ ,  $R_{0.01,2} = 0.9900$ ),相关关系式为 $m^* = 0.1957 + 1.8905\bar{x}$ 。所以,根据 $n = t^2/D^2[(\alpha + 1)/\bar{x} + \beta - 1]$ 建立理论抽样量模型: $n = t^2/D^2(1.1957/\bar{x} + 0.8905)$ 。一般田间调查 $t = 1$ ,当控制抽样误差为0.15时,本试验调查的4块标准地的理论抽样量分别为42,42,41,43个样方。

### 2.3 检虫方法

采用过筛手检法与过筛水漂法分别检虫,以确定较佳的检虫方法。对2种方法分别检出的越冬幼虫数量及所需时间进行方差分析,结果见表4。

表4 2种检虫方法检出虫量与所用时间比较

| 检虫方法  | 检出虫量(头/样方)        | 计数时间(min)         |
|-------|-------------------|-------------------|
| 过筛手检法 | 3.114 ± 0.425 a A | 35.3 ± 22.603 a A |
| 过筛水漂法 | 3.047 ± 0.413 a A | 6.8 ± 3.155 b B   |

从表4可以看出,过筛手检法与过筛水漂法检出的刺槐叶瘿蚊越冬幼虫数量差异不显著,而2种检虫方法所用时间达到极显著差异。水漂法检数样方内越冬幼虫数量的时间显著低于手检法所用时间。因此综合分析认为,利用过筛水漂法计数样方中刺槐叶瘿蚊越冬幼虫的数量更为省时高效。

## 3 结论与讨论

采用研究昆虫种群空间分布格局的经典方法,判定刺槐叶瘿蚊越冬幼虫林间分布格局为聚集分布;分布的基本成分是个体群,其聚集程度随着种群密度的升高而增加;引起其聚集的原因与刺槐叶瘿蚊自身的行为习性有关或由其本身与环境的异质性共同作用所造成。这可能与刺槐叶瘿蚊在刺槐上分布的聚集行为有关,而引起在刺槐上聚集分布的原因主要与其自身的产卵习性有关<sup>[3]</sup>。

刺槐叶瘿蚊越冬幼虫大量抽样调查不仅耗费人力物力,调查内容过多、过细,也会造成其统计分析难度加大,难以进行有效地实际应用,从而影响其预测预报的准确性。本研究对刺槐叶瘿蚊越冬幼虫的抽样技术进行了探讨,明确调查方法以对角线调查15样方为最佳。并依据Iwao回归建立了理论抽样数量模型: $n = t^2/D^2(1.1957/\bar{x} + 0.8905)$ 。调查发现刺槐叶瘿蚊老熟幼虫多在0~3 cm表土层中越冬。分析认为表土层上覆盖有大量落叶,并含有丰富腐殖质,从而提高了表土层地温,温差变小,成为越冬幼虫的聚集地。且可能与其在土壤中的行为习性有关。因此取样时建议取3 cm以上土层即可。

刺槐叶瘿蚊以末代老熟幼虫在土中越冬,且虫体较小,样方中又含有大量的刺槐落叶及其他腐殖质等,增大了对其统计计数的难度,影响了调查进程。调查过程中发现刺槐叶瘿蚊末代老熟幼虫多有结茧越冬的习性,且比重比水大。据此,本试验在总结前人工作和自己实践中,尝试了一种新的检虫方法——水漂法,即将土样放入盛有水的瓷盆中,样本中的枯叶与腐

殖质会漂浮到水面上,而幼虫与虫茧则沉入底部,彻底与枯叶及腐殖质分离,将漂浮的枯叶腐殖质去掉后,使用孔径 0.5 mm 纱网滤去沙土,很容易就可对越冬幼虫进行计数。在基于各样方调查幼虫数量无明显差异的前提下,采用此法检虫时所用时间明显少于过筛手检法,达到了省时省力的效果。

### 参 考 文 献

- 1 Duso C. , Fontana P. , Tirello P. Spread of the gall midge *Obolodiplosis robiniae* injurious to black locust in Italy and Europe. *Informatore Fitopatologico*, 2005, **55**:30 ~ 33.
- 2 张东风,路常宽,王晓勤,等. 刺槐叶瘿蚊在中国的危险性评估. *生态学报*, 2009, **29**(4):2 155 ~ 2 161.
- 3 杨忠岐,乔秀荣,卜文俊,等. 我国新发现一种重要外来入侵害虫——刺槐叶瘿蚊. *昆虫学报*, 2006, **49**(6):1 050 ~ 1 053.
- 4 路常宽,张东风,赵春明,等. 刺槐叶瘿蚊发育起点温度和有效积温. *昆虫知识*, 2009, **46**(4):613 ~ 615.
- 5 赵飞,李捷,贺润平,等. 矮化密植枣园枣瘿蚊第一代幼虫空间分布型及抽样技术. *山西农业大学学报(自然科学版)*, 2006, (4):361 ~ 363.
- 6 仵均祥,袁锋,许向莉,等. 麦红吸浆虫越冬幼虫分布格局与抽样技术再研究. *干旱地区农业研究*, 2001, **19**(3):13 ~ 19.
- 7 仵均祥,李长青,成卫宁,等. 一种改进的小麦吸浆虫淘土调查方法及其效果. *昆虫知识*, 2005, **42**(1):93 ~ 96.