

危害白蜡树的云斑白条天牛种群空间格局及抽样技术

李建庆¹, 梅增霞¹, 杨忠岐^{2*}

(1. 滨州学院, 山东省黄河三角洲生态环境重点实验室, 山东 滨州 256603;

2. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 国家林业局森林保护学重点实验室, 北京 100091)

摘要:云斑白条天牛在黄河三角洲地区严重危害白蜡树,本研究应用聚集指标法、Taylor 幂法则、Iwao $m * -m$ 回归分析法,对危害白蜡云斑白条天牛种群卵、幼虫、成虫的空间分布型和抽样技术进行了研究。结果表明:危害白蜡云斑白条天牛种群的卵、幼虫、成虫均呈聚集分布,其聚集性随密度的增加而增大。运用 Iwao $m * -m$ 回归中的两个参数 α 和 β 值,建立了在不同精度下以刻槽、排粪孔和羽化孔为防治指标时的理论抽样数公式及序贯抽样数公式,计算出了抽样调查时的理论抽样数据表及序贯抽样数据表,在生产实践中可根据实际需要查询表中数据确定调查样本数。

关键词:云斑白条天牛;空间分布;抽样技术;白蜡树

中图分类号:S763

文献标识码:A

Spatial Distribution Pattern and Sampling Technique of *Batocera lineolata* (Coleoptera: Cerambycidae) Population in Ash Trees

LI Jian-qing¹, MEI Zeng-xia¹, YANG Zhong-qi²

(1. Shandong Province Key Laboratory on Eco-environments of Yellow River Delta, Binzhou University, Shandong 256603, Binzhou, China;

2. Key Laboratory of Forest Protection of State Forestry Administration, Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: *Batocera lineolata* is an important stem-borer, attacking ash trees in Yellow River Delta. In the paper, study on spatial distribution pattern and sampling technique of egg, larva, and adult of *B. lineolata* in ash trees was analyzed with aggregation indexes, Taylor's power law, and Iwao's distribution function. The results showed that the spatial distribution pattern of egg, larva, and adult of *B. lineolata* in ash trees were all aggregated, and the aggregation intensity was increased with population density. By using the parameters α and β in Iwao's $m * -m$ regression equation, the optimal and sequential sampling formula, which the incisions, frass holes and emergence holes were control indexes, were established. The optimal and sequential sampling data table were calculated, and the data can be applied in the field control.

Key words: *Batocera lineolata*; spatial distribution pattern; sampling technique; ash trees

云斑白条天牛(*Batocera lineolata* Chevrolat), 鞘翅目(Coleoptera)天牛科(Cerambycidae), 又名云斑天牛,是我国重要林木蛀干害虫,在国内分布广泛,寄主众多,对林业生产和园林绿化造成了严重危

收稿日期: 2015-01-19

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD08A12); 山东省优秀中青年科学家科研奖励基金项目(BS2013NY014), 山东省自然科学基金项目(ZR2014CL031), 山东高等学校科技计划项目(J13LF10)

作者简介: 李建庆(1977—), 博士, 副教授, 从事森林害虫研究, E-mail: lijianqing1977@126.com

* 通讯作者: 教授, 博导, E-mail: yzhqi@caf.ac.cn

害^[1-3]。由于该虫蛀干危害,迁移扩散能力相对较弱,长期在不同地域危害不同寄主后,对当地寄主形成了一定嗜食性,其很多行为习性也随之发生分化。作者调查发现云斑白条天牛在长江流域主要危害杨树,而在黄河三角洲地区却主要危害白蜡,白蜡是当地园林绿化的重要树种,大量广泛种植,云斑白条天牛已成为当地白蜡的主要害虫^[4-5]。有关云斑白条天牛的空间格局的研究已经开展^[6-8],但这些研究多局限于对幼虫单一虫态的研究^[9-14],对某一昆虫种群多个虫态的分布型同时进行研究报道较少。作者曾研究了危害杨树云斑白条天牛种群不同虫态分布型及抽样技术^[16],考虑到作者在调查中发现的危害白蜡云斑白条天牛种群与危害杨树种群在行为习性和危害特点上也存在很多差异。因此危害杨树种群的抽样结论不一定适合于危害白蜡种群的调查,因此有必要进一步开展危害白蜡云斑白条天牛种群的空间布局 and 抽样技术,为在黄河三角洲地区的白蜡林地防治云斑白条天牛提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 样地概况

研究样地位于山东省黄河三角洲腹地的东营市和滨州市(36°41'~38°16' N, 117°15'~119°10' E),该区域为黄河冲积平原,地势平坦,土壤盐碱化程度高,耐盐碱植物白蜡广泛种植。该区属北温带湿润气候区,一年四季分明,1月平均为-3.4~4.2℃,7月平均为25.8~26.8℃,年均气温在11.7~12.6℃;年均降水量在530~630 mm,夏季降水量占全年降水量的70%以上;年均日照时数2 600~2 800 h;无霜期200 d左右。

1.2 调查方法

根据黄河三角洲地区白蜡主要用于道路和园林绿化的现状以及受害情况,选择了6块试验标准地,分别为公路林和城市行道绿化林各1块,片林和庭院绿化林各2块,面积约0.5~1.0 hm²。应用整片

抽样法,分别调查每株受害树上云斑白条天牛当年新鲜刻槽、排粪孔和羽化孔的数量,即为云斑白条天牛的卵、幼虫和成虫的虫口数。在幼虫活动期的5月12日—16日调查排粪孔的数量,成虫活动期结束后的7月5日—10日调查刻槽和羽化孔数量。

1.3 分布型的测定^[9]

聚集指标法的主要指标:丛生指标(I);Cassie指标(Ca);聚集性指标(m^*/m), m^* 平均拥挤度, m 为平均密度;负二项分布指标(K);扩散系数(C)。判断方法,若 I 值大于0, Ca 值大于0, m^*/m 值大于1, K 值大于0, C 值大于1时,则为聚集分布。

Iwao m^*-m 回归分析法:建立 m^* 和平均密度 m 相关的回归方程 $m^* = \alpha + \beta m$,其中, α 为截距,说明分布的基本成分按大小分布的平均拥挤度; β 为回归系数,说明基本成分的空间分布型。

Taylor 幂指数法: S^2 与 m 的 Taylor 分析式为 $\log S^2 = \log a + b \log m$,其中, a 为抽样因素, b 为聚集特征指数。

聚集均数法:方程式为 $\lambda = \frac{m\gamma}{2k}$,式中, k 为负二项分布参数, m 为平均密度, γ 为 χ^2 分布表中自由度等于 $2k$ 与 $p=0.05$ 所对应的 χ^2 值。

1.4 数据分析

数据处理采用 DPS(V8.50 版)的空间分布型模块作聚集度指标进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 调查林地受害情况

试验选取的6个林地的基本情况见表1,林分特征基本包含了黄河三角洲地区白蜡人工林地的主要类型,分别为公路林、片林、庭院绿化林和城市行道绿化林。调查林地白蜡树的平均胸径在8.69~21.02 cm之间,有虫株率在22.93%~100%之间,株均排粪孔在0.73~6.90个·株⁻¹之间,代表了不同受害程度的白蜡林地。

表1 调查样地基本情况统计

样地号	林地性质	调查株数	平均胸径/cm	株均排粪孔数/(个·株 ⁻¹)	有虫株率/%
1	城市行道绿化林	40	14.38 ± 0.72	2.68 ± 0.68	45.00
2	庭院绿化林	41	15.66 ± 0.36	2.90 ± 0.44	75.61
3	庭院绿化林	70	21.02 ± 0.46	6.90 ± 0.34	74.29
4	公路林	41	18.27 ± 0.57	4.95 ± 0.80	100.00
5	片林	79	11.11 ± 0.20	2.81 ± 0.36	72.15
6	片林	205	8.69 ± 0.11	0.73 ± 0.14	22.93

注:表中数据为平均数 ± 标准误

2.2 空间分布型聚集度指标

对云斑白条天牛危害白蜡时的刻槽、排粪孔和羽化孔 3 个统计指标分别进行统计分析,得出其空间分布型的聚集度指标(见表 2)。统计结果表明,6 个调查样点云斑白条天牛刻槽、排粪孔和羽化孔 I 值均大于 0, m^*/m 值均大于 1, Ca 值均大于 0, C 值均大于 1, K 值均大于 0, 根据空间分布型聚集度指标的判断标准,危害白蜡云斑白条天牛刻槽、排粪孔和羽化孔的空间分布型均为聚集分布,也就是,危害白蜡云斑白条天牛种群的卵、幼虫和成虫的空间布局均为聚集分布。

表 2 云斑白条天牛刻槽、排粪孔和羽化孔的各项聚集度指标

调查指标	样地号	m	S^2	聚集指标					
				m^*	I	m^*/m	Ca	C	K
刻槽	1	4.55	30.72	10.30	5.75	2.26	1.26	6.75	0.79
	2	4.37	22.99	8.63	4.26	1.98	0.98	5.26	1.03
	3	7.30	76.36	16.76	9.46	2.30	1.30	10.46	0.77
	4	10.66	95.83	18.65	7.99	1.75	0.75	8.99	1.33
	5	3.77	21.69	8.52	4.75	2.26	1.26	5.75	0.79
	6	1.40	5.57	4.38	2.98	3.13	2.13	3.98	0.47
排粪孔	1	2.68	18.38	8.54	5.86	3.19	2.19	6.86	0.46
	2	2.90	7.89	4.62	1.72	1.59	0.59	2.72	1.69
	3	6.90	74.61	16.71	9.81	2.42	1.42	10.81	0.70
	4	4.95	26.30	9.26	4.31	1.87	0.87	5.31	1.15
	5	2.81	10.16	5.43	2.62	1.93	0.93	3.62	1.07
	6	0.73	4.04	5.26	4.53	7.21	6.21	5.53	0.16
羽化孔	1	0.75	1.68	1.99	1.24	2.65	1.65	2.24	0.60
	2	1.02	2.12	2.10	1.08	2.06	1.06	2.08	0.95
	3	0.59	1.15	1.54	0.95	2.61	1.61	1.95	0.62
	4	1.59	3.80	2.98	1.39	1.87	0.87	2.39	1.14
	5	0.46	0.69	0.96	0.50	2.09	1.09	1.50	0.92
	6	0.43	0.87	1.45	1.02	3.38	2.38	2.02	0.42

负二项分布的参数值 K 作为估计种群聚集参数的指标时,种群聚集程度越大, K 值越小,若 K 值趋于 ∞ 时(通常指在 8 以上时),则认为该种群为 Poisson 分布,从表 2 的聚集度 K 值看,云斑白条天牛的刻槽、排粪孔和羽化孔的负二项分布指标 K 均小于 8,不符合 Poisson 分布,也就是不可能表现为均匀分布。通过计算云斑白条天牛刻槽、排粪孔和羽化孔的公共 K 值,表明危害白蜡云斑白条天牛种群刻槽、排粪孔和羽化孔的 $\chi^2 > \chi_{0.05}^2$, 差异不显著,符合负二项分布(见表 3),因此,危害白蜡云斑白条天牛种群的卵、幼虫和成虫的分布型符合负二项分布,空间布局为聚集分布。

表 3 云斑白条天牛刻槽、排粪孔和羽化孔的负二项分布检验结果

调查指标	公共 K 值	自由度 (df)	χ^2	$\chi_{0.05}^2$	是否符合负二项分布
刻槽	0.69	5	14.01	11.07	是
排粪孔	0.44	5	138.76	11.07	是
羽化孔	0.63	5	11.79	11.07	是

2.3 Iwao $m^* - m$ 回归关系

通过 Iwao $m^* - m$ 回归方程分别对云斑白条天牛刻槽、排粪孔和羽化孔进行拟合,并对回归关系做方差分析,计算结果分别为:云斑白条天牛刻槽的 Iwao $m^* - m$ 空间回归方程为 $m^* = 2.44 + 1.64m (r = 0.97)$, 方差分析表明,刻槽空间的回归关系极显著 ($F = 66.40, p = 0.0012 < 0.01$);排粪孔的回归方程为 $m^* = 1.82 + 1.86m (r = 0.87)$, 方差分析表明,回归关系显著 ($F = 13.10, p = 0.02 < 0.05$);羽化孔的回归方程为 $m^* = 0.62 + 1.49m (r = 0.95)$, 方差分析表明,回归关系极显著 ($F = 39.58, p = 0.0033 < 0.01$)。以上分析结果可见,危害白蜡云斑白条天牛种群刻槽、排粪孔和羽化孔的空间 Iwao $m^* - m$ 的回归方程中,均为 $\alpha > 0, \beta > 1$, 空间布局均表现为聚集分布,即,危害白蜡云斑白条天牛种群的卵、幼虫和成虫的空间布局均为聚集分布,且个体群为分布的基本成分。

2.4 Taylor 幂指数

通过 Taylor 幂指数方程分别对云斑白条天牛刻槽、排粪孔和羽化孔进行拟合,计算结果分别为:云斑白条天牛刻槽的 S^2 与 m 的回归直线方程为 $\lg S^2 = 0.51 + 1.46 \lg m (r = 0.99)$,排粪孔的 S^2 与 m 的回归直线方程为 $\lg S^2 = 0.51 + 1.46 \lg m (r = 0.99)$,羽化孔的 S^2 与 m 的回归直线方程为 $\lg S^2 = 0.45 + 1.32 \lg m (r = 0.97)$ 。通过以上分析结果可见,危害白蜡云斑白条天牛种群刻槽、排粪孔和羽化孔的 Taylor 幂指数回归方程中 b 值均大于 1,可断定其空间布局均为聚集分布,即,危害白蜡云斑白条天牛种群的卵、幼虫、蛹或成虫的分布均呈聚集分布。

2.5 云斑白条天牛聚集分布的原因分析

以上不同的分析方法均表明危害白蜡云斑白条天牛种群均呈聚集分布,聚集分布的原因多为种群自身习性和环境因素所致,应用 Blackith 的种群聚集均数 (λ) 可检验种群聚集的原因。根据聚集均数 (λ) 判定标准,由表 4 可见,云斑白条天牛刻槽、排粪孔和羽化孔的聚集均数 λ 值部分大于 2,部分小于 2,说明云斑白条天牛聚集分布的原因除与自

身习性和环境因素外,还与种群密度有密切关系。将危害云斑白条天牛种群刻槽、排粪孔和羽化孔的平均密度与聚集均数 λ 进行回归分析,可以看出种群密度与聚集均数的相关性。将刻槽平均密度与聚集均数的回归方程为 $\lambda = -0.36 + 0.49 m (r = 0.78)$,经方差分析表明回归关系显著 ($F = 14.28, p = 0.0194 < 0.05$);排粪孔的回归方程为 $\lambda = 0.18 + 0.50 m (r = 0.94)$,回归关系显著 ($F = 31.05, p = 0.0051 < 0.05$);羽化孔的回归方程为 $\lambda = -0.19 + 0.65 m (r = 0.84)$,回归关系显著 ($F = 21.52, p = 0.0097 < 0.05$)。因此,通过以上回归方程可见,危害云斑白条天牛刻槽、排粪孔和羽化孔的聚集均数随平均密度的增大而增大,即,危害云斑白条天牛种群的卵、幼虫和成虫的聚集均数随种群密度的增大而增大。

表 4 不同白蜡林地云斑白条天牛刻槽、排粪孔和羽化孔的聚集均数

样地号	聚集均数(λ)		
	产卵刻槽	排粪孔	羽化孔
1	1.31	1.22	0.28
2	2.95	2.04	0.25
3	2.15	2.23	0.21
4	5.54	2.99	0.96
5	1.08	1.81	0.11
6	0.64	0.33	0.20

2.6 抽样技术

在进行危害调查时,不同的调查精度,所需要的

抽取的样本数量是不一样的。调查危害白蜡云斑白条天牛刻槽、排粪孔和羽化孔时,需要确定不同精度下的抽样数量。根据计算云斑白条天牛刻槽、排粪孔和羽化孔的 Iwao $m * -m$ 回归方程中的 α, β 值及平均密度 m ,假定允许误差 $D (D = 0.1, 0.2, 0.3)$ 与 90% 置信概率相应的 t 值 ($t = 1.96$),相应数值代入公式 $N = (t/D)^2 [(a + 1)/m + \beta - 1]$,可分别得出危害白蜡云斑白条天牛种群刻槽、排粪孔和羽化孔在不同抽样允许误差下抽样数公式:刻槽在不同抽样允许误差下抽样数公式为,将 $\alpha = 2.44, \beta = 1.64$ 代入得, $N_{0.1} = 1321.51/m + 245.86, N_{0.2} = 330.38/m + 61.47, N_{0.3} = 146.83/m + 27.32$;排粪孔在不同抽样允许误差下抽样数公式为,将 $\alpha = 1.82, \beta = 1.86$ 代入得, $N_{0.1} = 1083.33/m + 330.38, N_{0.2} = 270.83/m + 82.59, N_{0.3} = 120.37/m + 36.71$;羽化孔在不同抽样允许误差下抽样数公式为,将 $\alpha = 0.63, \beta = 1.50$ 代入得, $N_{0.1} = 626.18/m + 192.08, N_{0.2} = 156.55/m + 48.02, N_{0.3} = 69.58/m + 21.34$ 。根据上述抽样公式,计算出危害白蜡云斑白条天牛刻槽、排粪孔和羽化孔在各种密度下的最适抽样数(见从表 5 - 表 7)。在实际调查过程中,可根据人力与物力情况和试验允许的误差要求,以及调查地块的统计指标密度,最后查表确定详细调查时所需要的抽样数。一般情况下,随着刻槽、排粪孔和羽化孔株均密度增大,所需抽样数逐渐减少;在株均密度一样的情况下,允许误差越大抽样数越少。

表 5 云斑白条天牛产卵刻槽在不同密度下最适抽样数

允许误差	刻槽的株均数量/(个·株 ⁻¹)																			
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50	55
0.1	780	391	261	196	157	131	113	99	88	79	72	66	61	57	53	46	40	36	33	30
0.2	195	98	65	49	39	33	28	25	22	20	18	17	15	14	13	12	10	9	8	7
0.3	87	43	29	22	17	15	13	11	10	9	8	7	7	6	6	5	4	4	4	3

注:表中数据单位为调查株数。

表 6 云斑白条天牛排粪孔在不同密度下最适抽样数

允许误差	排粪孔的株均数量/(个·株 ⁻¹)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25	30	35	40
0.1	1123	588	409	320	266	230	205	186	171	159	149	141	134	128	123	105	95	88	83	79
0.2	142	82	63	53	47	43	40	38	36	35	34	33	32	31	31	29	28	27	26	26
0.3	125	65	45	36	30	26	23	21	19	18	17	16	15	14	14	12	11	10	9	9

注:表中数据单位为调查株数。

表 7 云斑白条天牛羽化孔在不同密度下最适抽样数

允许误差	羽化孔的株均数量/(个·株 ⁻¹)																			
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10
0.1	1166	744	604	534	491	463	443	428	416	407	399	393	388	383	379	375	372	370	367	365
0.2	292	186	151	133	123	116	111	107	104	102	100	98	97	96	95	94	93	92	92	91
0.3	116	63	45	37	31	28	25	23	22	21	20	19	18	18	17	17	16	16	16	15

注:表中数据单位为调查株数。

2.7 序贯抽样

计算云斑白条天牛刻槽、排粪孔和羽化孔的序贯抽样数上下限计算公式为 $T_0(n) = nm_0 \pm t \sqrt{n[(\alpha + 1)m_0 + (\beta - 1)m_0^2]}$, α, β 值为 Iwao $m * -m$ 回归方程中的对应值, $t = 1.96, m_0$ 临界密度指标, 可根据实际情况设定。将受害白蜡的株均刻槽为 10 个定为临界密度防治指标 ($m_0 = 10$), 将 m_0 及 $\alpha = 2.44, \beta = 1.64$ 值代入计算公式, 得云斑白条天牛刻槽的序贯抽样公式为 $T_0(n) = 10n \pm 1.96 \sqrt{98.40n}$; 将受害白蜡的株均排粪孔为 3 个定为防治指标 ($m_0 = 3$), 将 m_0 及 $\alpha = 1.82, \beta = 1.86$ 值代入计算公式, 得排粪孔的序贯抽样公式为 $T_0(n) = 3n \pm 1.96 \sqrt{16.20n}$; 将受害白蜡的株均羽化孔为 2 个定为防治指标 ($m_0 = 2$), 将 m_0 及 $\alpha = 0.67, \beta = 1.98$ 值代入计算公式, 得羽化孔的序贯抽样公式: $T_0(n) = 2n \pm 1.96 \sqrt{5.26n}$ 。根据抽样公式, 计算得出在不同调查株数时, 刻槽、排粪孔和羽化孔所需调查的上限和下限值 (见表 8)。从表 8 可见, 如在白蜡受害林地调查 30 株树时, 刻槽累计达 451 个时, 需进行防治, 若累计不足 194 个时, 则无需防治; 排粪孔累计达 133 个时, 需进行防治, 若累计不足 47 个时, 则无需防治; 羽化孔累计达 85 个时, 需进行防治, 若累计不足 35 个时, 则无需防治。

表 8 云斑白条天牛刻槽、排粪孔和羽化孔序贯抽样分析表

抽样数 /株	累计刻槽数/个		抽样数 /株	累计排粪孔数/个		抽样数 /株	累计羽化孔数/个	
	上限	下限		上限	下限		上限	下限
5	112	7	5	33	0	5	20	0
10	187	39	10	55	5	10	34	6
15	257	75	15	76	14	15	47	13
20	323	113	20	95	25	20	60	20
25	388	153	25	114	36	25	72	28
30	451	194	30	133	47	30	85	35
35	513	235	35	152	58	35	97	43
40	575	277	40	170	70	40	108	52
45	635	320	45	188	82	45	120	60
50	695	363	50	206	94	50	132	68
55	755	406	55	224	106	55	143	77
60	814	449	60	241	119	60	155	85
65	873	493	65	259	131	65	166	94
70	931	537	70	276	144	70	178	102
75	989	582	75	293	157	75	189	111
80	1 047	626	80	311	169	80	200	120
85	1 105	671	85	328	182	85	211	129
90	1 162	716	90	345	195	90	223	137
95	1 219	760	95	362	208	95	234	146
100	1 276	806	100	379	221	100	245	155

当在调查云斑白条天牛受害情况过程中, 若云斑白条天牛的刻槽、排粪孔和羽化孔的累计调查数处在上下限之间, 这是需要往下继续抽样, 当难以给出结论时, 可通过以下公式来确定最大抽样数 $N_{\max} = (t^2/d^2)[(\alpha + 1)m_0 + (\beta - 1)m_0^2]$, 取 $t = 1, d = 0.3$, 作为估计密度所允许的置信限, 分布将 α, β 值代入, 可得云斑白条天牛刻槽、排粪孔和羽化孔的最大抽样数公式。将 $\alpha = 2.44, \beta = 1.64$ 值代入公式, 云斑白条天牛产卵刻槽最大抽样数为 $N_{\max} = 1 093.33$, 因此, 以刻槽为调查防治指标时, 调查样本白蜡的最大抽样数为 1 093 株; 将 $\alpha = 1.82, \beta = 1.86$ 值代入公式, 云斑白条天牛排粪孔最大抽样数为 $N_{\max} = 180.00$, 以排粪孔为防治指标时, 最大抽样数为 180 株; 将 $\alpha = 0.63, \beta = 1.50$ 值代入公式, 云斑白条天牛羽化孔最大抽样数为 $N_{\max} = 58.44$, 以羽化孔为防治指标时, 最大抽样数为 58 株。

3 结论与讨论

云斑白条天牛是黄河三角洲地区白蜡树的重要害虫, 本文通过调查刻槽、排粪孔和羽化孔的数量统计分析危害白蜡云斑白条天牛种群卵、幼虫、成虫的空间分布型, 结果表明各个虫态均为聚集分布, 且密度越大聚集程度越高。根据 Iwao $m * -m$ 回归中的两个参数 α 和 β 值, 建立相应的抽样公式, 计算出了在不同精度下以刻槽、排粪孔和羽化孔为防治指标时的理论抽样数和序贯抽样数, 可供实际调查时参考应用。

由于天牛蛀干危害, 直接调查天牛的种群数量有一定难度, 因此分析天牛的空间布局也不大容易, 一般都是通过间接指标, 如刻槽、排粪孔等来调查种群数量^[15-16]。云斑白条天牛与其他天牛相比, 通过排粪孔来调查种群数量是准确科学的, 因为云斑白条天牛一生只有一个排粪孔。本文以白蜡云斑白条天牛当年危害的新鲜刻槽、排粪孔和羽化孔的数量, 作为云斑白条天牛种群卵、幼虫和成虫的数量指标, 当年危害的刻槽和羽化孔的刻痕清晰、新鲜, 多有树液渗出, 往年危害的刻槽多已愈合且暗淡, 而往年的羽化孔周围已形成愈伤组织, 差别明显, 排粪孔以是否有新鲜虫粪排出来判断, 因此在调查过程中, 当年危害的新鲜刻槽、排粪孔和羽化孔的数量是比较容易辨别和调查的。

本研究经统计分析表明危害白蜡云斑白条天牛种群的空间分布格局与危害杨树种群的空间格局是

一致^[15],这也符合云斑白条天牛种群习性,即成虫聚集产卵的习性是导致其各个虫态均呈聚集分布的根本原因。但在长江流域危害杨树的云斑白条天牛种群和黄河三角洲地区危害白蜡的云斑白条天牛种群,在生态习性、危害特点等方面存在较大差异,经计算所得抽样结论也不一致,因此本文的研究结果对黄河三角洲地区防治危害白蜡的云斑白条天牛具有较大的指导意义。

参考文献:

- [1] 李建庆,杨忠岐,梅增霞,等. 云斑天牛的风险分析及其防控对策[J]. 林业科学研究,2009,22(1):148-153.
- [2] Zhuge PP, Luo SL, Wang MQ, et al. Electrophysiological responses of *Batocera horsfieldi* (Hope) adults to plant volatiles [J]. Journal of Applied Entomology, 2010,134:600-607.
- [3] Luo SL, Zhuge PP, Wang MQ. Mating behavior and contact pheromones of *Batocera horsfieldi* (Hope) (Coleoptera: Cerambycidae) [J]. Entomological Science, 2011,14:359-363.
- [4] 杨忠岐,李建庆,梅增霞,等. 释放花绒寄甲防治危害白蜡的云斑天牛[J]. 林业科学,2011,47(12):78-84.
- [5] 刘凤华,王新亮,刘 涛,等. 云斑天牛的危害及防治技术[J]. 安徽农业科学,2014,42(23):7814-7816.
- [6] 梅爱华. 云斑天牛空间分布型及抽样技术[J]. 昆虫知识,1992,34(2):94-95.
- [7] 吴开明,张建强,代方银,等. 云斑天牛危害桑树及生物学特性研究[J]. 蚕业科学,1995,21(3):53-54.
- [8] 张世权,杨宝祥,郑丽芳. 云斑天牛空间分布型与种群密度估计的研究[J]. 河北林学院学报,1992,(3):210-213.
- [9] 张 锋,陈志杰,张淑莲,等. 柳厚壁叶蜂幼虫空间格局及抽样技术[J]. 应用生态学报,2006,17(3):477-482.
- [10] 孙红霞,李 强,张长波,等. 大棚草莓斜纹夜蛾的空间分布型[J]. 果树学报,2007,24(5):663-668.
- [11] 梅增霞,李建庆. 韭菜迟眼蕈蚊幼虫的空间格局及抽样技术[J]. 湖北农业科学,2012,51(6):1128-1130,1141.
- [12] 嵇 薇,杨茂发,廖启荣,等. 两种育秧方式下稻水象甲幼虫的空间分布型及其抽样技术[J]. 植物保护学报,2013,40(2):128-132.
- [13] 赵 阳,朱景乐,李芳东,等. 杜仲梦妮夜蛾幼虫的空间分布型及抽样技术[J]. 环境昆虫学报,2014,36(4):629-634.
- [14] Naranjo SE, Flant HM. Spatial distribution of adult *Benisia tabaci* in cotton and development and validation of fixed-precision sampling plans for estimating population density. Environmental Entomology, 1995,24:261-270.
- [15] 李建庆,杨忠岐,张雅林,等. 杨树上云斑天牛种群的空间格局及抽样技术[J]. 昆虫学报,2009,52(8):860-866.
- [16] 李友常,夏乃斌,屠泉洪,等. 杨树光肩星天牛种群空间格局的地统计学研究[J]. 生态学报,1997,17(4):393-401.