

星天牛在悬铃木上的空间分布研究^{*}

王志华 董立坤 毛润萍 于静亚
刘超 段庆明 潘婷婷

(武汉市园林科学研究院, 湖北 武汉 430081)

摘要 为明确星天牛 *Anoplophora chinensis* 在寄主植物上的空间分布规律, 更好地开展星天牛种群调查和精准防控, 在武汉地区选取受害严重的 6 条城市道路, 对星天牛幼虫在寄主植物悬铃木 *Platanus acerifolia* 上的不同高度、不同方位的分布进行了实地调查和分析。结果表明: 星天牛幼虫在悬铃木不同高度层分布存在较大差异。星天牛集中分布在树干 1~2 m 和 5 m 以上, 占比分别为 21.63%、19.01%, 其次是 2~3 m、3~4 m 区段, 在根基部分布较少, 占比 1.80%。方位对星天牛的空间分布没有显著影响。1~2 m 区段虫孔数量与整株虫孔数量呈极显著相关, 根据 1~2 m 区段虫孔数量可预测整株星天牛的幼虫虫口数量。因此, 在星天牛虫情监测与精准防控时, 应结合种群空间分布差异合理施用不同防治措施。

关键词 星天牛; 空间分布; 悬铃木; 虫孔

中图分类号: S763 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053(2023)02-0116-05

Study on Spatial Distribution of *Anoplophora chinensis* on *Platanus acerifolia*

WANG Zhihua DONG Likun MAO Runping YU Jingya
LIU Chao DUAN Qingming PAN Tingting

(Wuhan Institute of Landscape Architecture, Wuhan, Hubei 430081, China)

Abstract In order to clarify the spatial distribution pattern of *Anoplophora chinensis* on *Platanus acerifolia* and provide valuable information about detecting and precise controlling *A. chinensis*, field surveys and analyses were conducted on the distribution of low instar larvae of *A. chinensis* at different heights and orientations on the *P. acerifolia* in six roads in Wuhan. The results showed that there were significant difference in the distribution of *A. chinensis* larvae at different height levels in the hanging bush. The larvae were concentrated on the trunk 1-2 m and above 5 m, accounting for 21.63% and 19.01% respectively, followed by the 2-3 m and 3-4 m zones, and less in the root base, accounting for 1.80%. Orientation had no significant effect on the spatial distribution of *A. chinensis*. The number of insect holes in the 1-2 m zone was highly significantly correlated with the number of insect holes in the whole plant, and the number of insect holes in the 1-2m zone could predict the number of insects in the whole plant. Therefore, different control measures should be applied in conjunction with the spatial distribution of the population when monitoring and precisely controlling the insects.

Key words *Anoplophora chinensis*; spatial distribution; *Platanus acerifolia*; wormhole

^{*} 基金项目: 武汉市园林和林业局科研项目 (WHGF2021A01)。

第一作者: 王志华 (1987—), 女, 工程师, 主要从事园林有害生物防治及入侵生物学研究, E-mail: wzlingling@qq.com。

通信作者: 董立坤 (1979—), 男, 高级工程师, 主要从事园林有害生物防治及生物多样性研究, E-mail: dlikun@sohu.com。

星天牛 *Anoplophora chinensis* 隶属于鞘翅目 Coleoptera, 天牛科 Cerambycidae, 星天牛属 *Anoplophora*, 为亚洲本土的林木钻蛀性害虫, 是长江中下游地区重要的蛀干害虫。其分布极广, 在我国黑龙江、辽宁、吉林、北京、河北、江苏、浙江、湖北、湖南、四川、广东、广西、云南、海南等 20 多个省市皆有分布记录^[1]; 国外主要分布于日本、缅甸、印尼、马来西亚等^[2], 在国内被列入危险性林业有害生物名单, 在国际上已被北美地区和欧洲多个国家列为重点检疫对象^[3-4]。

星天牛食性杂、寄主广泛, 可危害植物多达 26 科 40 属, 超过 100 种, 多种植物如二球悬铃木 *Platanus acerifolia*、垂柳 *Salix babylonica*、杨树 *Populus* sp、栎树 *Koelreuteria paniculata*、石楠 *Photinia serratifolia*、美国红枫 *Acer rubrum* 等深受其危害^[5-7]。悬铃木作为武汉主要行道树之一, 栽植量达 10.7 万余株。在江岸区、硚口区、武昌区等发生严重地区的悬铃木星天牛有虫株率可达 90% 以上, 造成树木生长衰弱, 树体枯死, 影响城市园林绿化景观和行道树景观^[8]。星天牛除成虫外, 其余虫态均在树干内取食为害, 具有较强的隐蔽性, 给林间种群密度调查和防治工作带来极大困难。

空间分布是昆虫种群的一个重要特征。目前国内学者关于光肩星天牛 *Anoplophora glabripennis*、松褐天牛 *Monochamus alternatus*、黄斑星天牛 *Anoplophora nobilis* 等在寄主植物上的空间生态位、垂直分布等方面做了大量研究。经统计发现不同天牛在寄主植物上的分布差异较大。郭新荣^[9]研究发现光肩星天牛危害部位集中在 1 m 以下和 2 m 以上。高娜等^[10]研究松褐天牛垂直分布时发现松褐天牛主要集中分布在寄主树干 1~2 m 处, 而卢桦等^[11]发现松褐天牛幼虫侵入孔主要分布在树干中段。赵建国等^[12]研究表明黄斑星天牛主要分布在 2~2.5 m 区段, 且阳面分布数量大于阴面。关于星天牛在寄主植物上的空间分布目前尚未有相关报道。了解星天牛在寄主植物上的空间分布规律, 不仅有助于开展虫情调查, 而且可促进天敌释放、人工掏挖等防治措施的规范化, 对有效控制星天牛的传播蔓延和精准防控都具有十分重要的意义。

本研究通过对星天牛幼虫在悬铃木上的空间分布进行了调查分析, 并探讨了不同高度层、不

同方位枝干上虫孔数量与整株天牛虫口数量的关系, 以期了解星天牛在寄主植物上的空间分布规律, 并探明虫情调查的简易方法, 为便捷、高效地虫情监测和精准防控提供重要的科学依据。

1 材料及方法

1.1 调查区域基本概况

武汉市位于湖北省东部, 长江与汉江交汇处。坐标介于 29°58'~31°22'N, 113°41'~115°05'E 之间, 总面积 8 569.15 km², 东西最大横距 132.1 km, 南北最大纵距约 154 km。武汉市属北亚热带季风性(湿润)气候, 具有常年雨量丰沛、热量充足、雨热同季、冬冷夏热、四季分明等特点, 年平均气温 15.8~17.5 ℃, 年降水量 1 150~1 450 mm, 降雨集中在每年 6 月—8 月, 约占全年降雨量的 40% 左右。武汉市常见绿化树种有香樟 *Cinnamomum camphora*、悬铃木、栎树、重阳木 *Bischofia polycarpa*、银杏 *Ginkgo biloba*、樱花 *Prunus serrulata*、美国红枫等。其中, 香樟、悬铃木、栎树栽植量居于前三。

调查样地共计 6 个, 依次分布于湖北省武汉市受星天牛危害严重的 6 条道路, 分别为解放路、民主路、长春街、崇仁路、航空路、汉西三路。该区域位于 30°32'~30°36'N, 114°10'~114°18'E。调查范围主要包括相对独立的道路两侧的行道树, 样地内行道树主要为悬铃木, 平均树高 8~15 m, 平均胸径 20~50 cm。

1.2 调查方法

于 2021 年 7—10 月星天牛幼虫危害期, 在样地内, 每样地以隔株取样调查悬铃木 30 株, 共计 180 株。自树干基部向上划分成根基部(地平线处树干基部及露地侧根)、1 m 以下、1~2 m、2~3 m、3~4 m、4~5 m、5 m 以上 7 个区段, 同时标明树干朝向, 以树干南半面为阳面, 记作 S, 北半面为阴面, 记作 N。统计悬铃木树干不同区段、不同方位内有新鲜虫粪排出的天牛排粪孔, 以排粪孔数量代替天牛幼虫数量, 统计悬铃木树干各区段内、方位内的星天牛幼虫的数量。分析星天牛空间分布与悬铃木树干方位、区段的关系。

1.3 数据分析

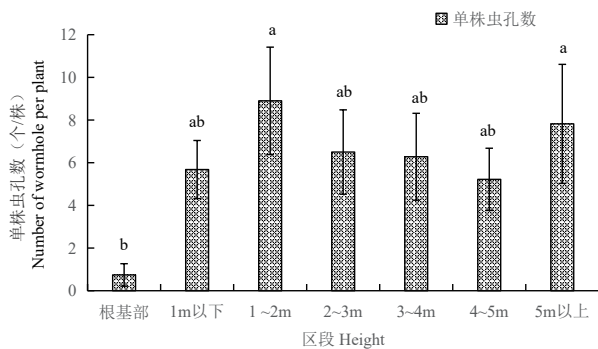
利用 Microsoft Excel 2007 和 SPSS 20 软件进行数据统计和线性回归分析, 采用 Duncan's 新复极差法进行差异显著性比较。采用多因素方差分

析比较悬铃木树干不同区段、方位与星天牛幼虫数量的交互效应差异。以上统计的差异性显著水平均为 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 星天牛幼虫在悬铃木上的垂直分布

由星天牛幼虫分布与悬铃木树干不同区段的关系可知,星天牛幼虫在行道树悬铃木树干上的分布是全株型,从根基部到5 m以上高度均有分布,但不同高度区段的幼虫分布量存在较大差异。其中,在树干1~2 m区段的平均单株虫孔数最多,为8.9个/株,占单株总虫孔数的21.63%,在树干5 m以上单株虫孔数次之,为7.82个/株,占比19.01%,两者之间差异不显著。在根基部的单株虫孔数最少,仅有0.74个/株,占比1.80%,与1~2 m、5 m以上区段的虫孔数差异显著。而树干1 m以下、2~3 m、3~4 m、4~5 m区段之间的单株虫孔数差异不显著(图1)。因此,星天牛幼虫在悬铃木上的垂直分布具有选择性。星天牛幼虫在悬铃木树干上的分布从根基部向上逐渐增多,集中分布在悬铃木树干1~2 m处,之后随着高度增大,分布数量逐渐减少,在5 m以上的区段,数量又再次增多。



注:不同区段间不同小写字母表示在0.05水平上差异显著($P < 0.05$)。

Note: Means by different lowercase letters in the same column were significant difference at 0.05 level.

图1 星天牛幼虫在悬铃木不同区段的分布

Fig.1 The distribution of the longicorn larva in different height of the trunk

2.2 星天牛幼虫在悬铃木树干不同方位的空间分布

从不同方位看,星天牛幼虫在悬铃木树干阳面的平均单株虫孔数为27.33个/株,占总虫孔

数的51.25%,阴面为26个/株,占总虫孔数的48.75%。阳面略大于阴面,差异不显著(图2)。

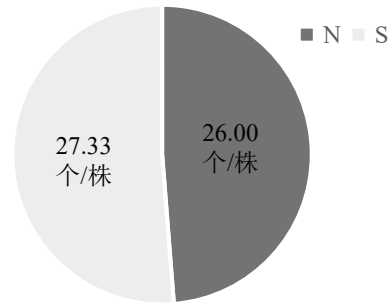
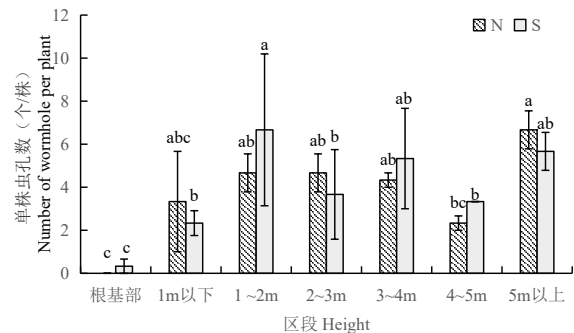


图2 星天牛幼虫在悬铃木不同方位的分布

Fig.2 The distribution of the longicorn larva in different direction of the trunk

从树干区段分析,在树干阴面,5 m以上区段中平均单株虫孔数最多,为6.67个/株,与其他区段差异显著。1~4 m之间的每个区段单株虫孔数差异不显著。星天牛在根基部的阴面没有分布。在树干阳面的不同区段间,1~2 m区段中的平均单株虫孔数最多,为6.67个/株。其次为5 m以上、3~4 m区段,平均单株虫孔数分别为5.67个/株、5.33个/株,两个区段差异不显著。星天牛在根基部阳面分布最少,为0.33个/株(图3)。



注:不同区段间不同小写字母表示在0.05水平上差异显著($P < 0.05$)。

Note: Means by different lowercase letters in the same column were significant difference at 0.05 level.

图3 星天牛幼虫在悬铃木树干不同方位、不同区段的分布

Fig.3 The distribution of the longicorn larva in different positions of the trunk

双因素方差分析结果显示不同方位的主效应差异没有统计学意义($F(1,34) = 0.648$, $P = 0.426 > 0.05$),表明方位对星天牛在悬铃木树干的分布影响不显著。不同区段的主效应差异具有

统计学意义 ($F(6,34)=4.91, P=0.001<0.01$), 表明区段对星天牛在树干的分布影响显著, 但区段和方位二者之间交互作用不显著 (表 1)。由此可见星天牛在悬铃木树干的空间分布主要受不同区段高度影响, 方位对星天牛的空间分布没有影响。

2.3 不同区段虫孔数量与整株星天牛虫口数量的关系

悬铃木不同区段单株虫孔数量与整株虫孔数量的相关分析表明树干 1~2 m、5 m 以上区段的单株虫孔数量 (x) 与整株虫孔数量 (y) 存在明显的相关关系 (表 2)。相关系数 $\geq 0.999, P < 0.01$, 分别达极显著相关, 回归方程见表 2。这一结果表明, 在进行星天牛虫口密度调查时, 可以依据 1~2 m 或 5 m 以上区段的虫孔数量来估计整株虫孔数量, 从而推算出星天牛的虫口数量。

3 结论与讨论

星天牛幼虫在悬铃木不同高度层分布存在较显著差异 ($P<0.05$), 主要集中在树干 1~2 m 和 5 m 以上的区段, 其次是 2~3 m、3~4 m 区段, 在根基部分布较少。高娜等^[10]研究松褐天牛垂直分布时同样发现松褐天牛主要集中分布在寄主树干 1~2 m 处。本试验是在天牛幼虫孵化期开展的调查, 因幼虫刚孵化后, 通常在产卵刻槽附近取食危害, 因此, 树干 1~2 m 位置亦是星天牛成虫喜欢产卵的部位。这或许与树皮厚度以及树干含

水量和树皮内营养成分有关, 该区段更适合幼虫存活。本研究选取悬铃木胸径在 20~50 cm 之间, 5 m 以上枝干均在分支点以上且直径约为 10~15 cm。研究发现星天牛幼虫在 5 m 以上高度有分布数量最多, 说明星天牛在直径 10~15 cm 的枝干上有分布数量最多。这与笔者在研究星天牛产卵选择时发现星天牛刻槽产卵主要集中在直径为 10~15 cm 的悬铃木木段结果一致。推测星天牛幼虫的垂直分布不仅与高度有关, 与寄主植物的胸径规格也有关系。

本研究表明星天牛在悬铃木树干基部分布较少, 这与郭伟等^[13]研究发现星天牛产卵部位以树干基部以上 10 cm 处居多的结论不一致。本研究同期在各大苗圃、公园等地均调查发现星天牛在悬铃木树干基部分布较少, 而在栎树上星天牛集中分布在树干基部。推测不同寄主植物对星天牛的空间分布存在一定影响, 在描述星天牛分布情况时应明确寄主植物。

星天牛在悬铃木树干不同方位上的空间分布差异不显著。松墨天牛在云南松 *Pinus yunnanensis* 树干不同方位上的分布亦差异不显著, 方位对松墨天牛的产卵选择没有明显影响^[14]。推测光线对天牛的分布、产卵不造成影响。

星天牛是典型的钻蛀性害虫, 危害痕迹 (产卵刻槽、侵入孔和羽化孔) 调查法是钻蛀性害虫的重要调查方法之一。在实际调查工作中, 调

表 1 双因素方差分析
Tab.1 Two-way analysis of variance

源 (Source)	III 型平方和 (SS)	df	均方 (MS)	F	P
校正模型	187.262a	7	26.752	4.308	0.002
截距	632.595	1	632.595	101.866	0.000
方位	4.024	1	4.024	0.648	0.426
区段	183.238	6	30.54	4.918	0.001
误差	211.143	34	6.21		

表 2 不同区段虫孔数量与整株虫口数量相关性的回归分析
Tab.2 Regression analysis of the correlation between the number of wormholes in different sections and the number of wormholes in the whole plant

区段 /m Height	回归方程 Regression equation	相关系数 R	决定系数 R ²	F 值	P 值
1~2	$y=3.667x+0.96$	1	1	19 759.505	0.000
5 以上	$y=3.362x+14.851$	0.999	0.998	1 295.076	0.000

查寄主植物整株的天牛侵入孔、羽化孔需要花大量人力、物力,难度很大,而树干下段的危害痕迹比较容易调查,根据下段危害痕迹数量来估计整株的羽化孔数量,有助于快速掌握林间的虫口数量^[14]。本研究结果显示,树干1~2 m、5 m以上区段虫孔数量与整株虫孔数量均呈极显著相关关系($P < 0.01$)。由于5 m以上区段的虫孔数量不便于观测,为快速、便捷开展星天牛虫情调查,可采用1~2 m区段虫孔数量来估计整株的虫孔数量。有报道认为根据树干高度2~3 m的刻槽数量可以更直观可靠地预测整株马尾松 *Pinus massoniana* 上的松褐天牛羽化孔总数量^[15]。但由于无效产卵刻槽的存在,采用产卵刻槽来估计羽化孔数量,可能会产生较大的误差。天牛幼虫通常较早进入木质部,蛀入后受环境条件和天敌影响较小,种群数量基本稳定^[16-17],因此根据树干1~2 m区段虫孔数量来预测整株星天牛虫口的数量更为准确、可靠,为星天牛的虫情调查提供了一种方便快捷的方法。卢桦等^[11]研究结果表明根据马尾松下段松褐天牛幼虫侵入孔数量可以推算整株羽化孔的数量,与本研究结果一致。

在星天牛虫情监测与精准防控时,应结合种群空间分布差异,合理施用不同防治措施。如采取人工掏挖幼虫、敲击产卵刻槽、药剂喷干等措施时,可针对悬铃木树干1~4 m,尤其是1~2 m处进行重点防治。而5 m以上部位也是星天牛集中分布的区域,防治工作亦不可忽视。由于高度受限,对于高区段,可以释放生物管氏肿腿蜂 *Scleroderma guani*。肿腿蜂具有向上搜寻寄主的能力,因此在释放肿腿蜂防治星天牛时建议将释放高度定在树干1.5 m处,既可以有效防治该区段内星天牛,同时,对于高区段的星天牛,亦可以依靠天敌自主搜寻天牛幼虫的能力,达到防治的目的。此外,对于5 m以上区段的星天牛还可结合冬季修剪以减少危害。

本研究受条件限制仅调查了星天牛幼虫期,探明了卵和幼虫的空间分布规律,关于成虫分布的规律及其之间的关系有待进一步研究。

参考文献

- [1] 魏建荣,赵文霞,张永安.星天牛研究进展[J].植物检疫,2011,25(5):81-85.
- [2] 萧刚柔.中国森林昆虫[M].2版.北京:中国林业出版社,1992.
- [3] MACLEOD A, EVANS H F, BAKER R H A. An analysis of pest risk from an Asian longhorn beetle (*Anoplophora glabripennis*) to hardwood trees in the European community[J].Crop Science, 2002,21:635-645.
- [4] VANDER J, SINATRA G, ROVERSIP F, et al. Evaluation of eradication measures against *Anoplophora chinensis* in early stage infestations in Europe[J].EPPO Bulletin, 2010,40(2):176-187.
- [5] HAACK R A, HERARD F, SUN J H, et al. Managing invasive populations of Asian longhorned beetle and citrus longhorned beetle: a worldwide perspective[J].Annual Review of Entomology, 2010,55(1): 521-546.
- [6] 林燕春,章富忠,张迁西.星天牛在紫薇上的发生为害观察及其防治技术研究[J].中国植保导刊,2009,29(1):25-27.
- [7] 揭育泽,徐金柱,秦长生,等.星天牛在红树植物无瓣海桑上的发生规律[J].中国森林病虫,2012,31(3):11-13.
- [8] 王志华,毛润萍,于静亚,等.武汉地区星天牛生物学特性及绿色防控技术[J].农业研究与应用,2022,35(1):1-8.
- [9] 郭新荣.光肩星天牛寄主空间生态位选择性研究[J].西北林学院学报,2007,22(6):89-91.
- [10] 高娜,姚洪锡,李超,等.松褐天牛产卵刻痕在黑松树干上分布规律的研究[J].环境昆虫学报,2013,35(1):33-38.
- [11] 卢桦,陈元生,罗致迪,等.松褐天牛在松材线虫病病死树上的垂直分布规律[J].福建农业学报,2019,34(2):229-234.
- [12] 赵建国,张凡,白敏.黄斑星天牛在杨树干上的分布规律及单株虫口密度估计[J].宁夏农林科技,1991(6):25-26.
- [13] 郭伟,高鹏,王锋,等.星天牛和光肩星天牛的发生规律和防治技术[J].现代园艺,2016,4(8):53.
- [14] 杨子祥,王健敏,陈晓鸣,等.松墨天牛在云南松树干的垂直分布研究[J].林业科学研究,2010,23(4):607-611.
- [15] 涂业苟,喻爱林,曾吉华,等.松褐天牛垂直分布规律[J].生物灾害科学,2018,41(2):138-143.
- [16] 陈元生,涂小云.松墨天牛成虫的生活习性与传病机制及其防控对策[J].中国植保导刊,2012,32(7):17-20.
- [17] 刘晓华,涂业苟,喻爱林,等.产卵木段直径对松褐天牛成虫产卵刻槽数量的影响[J].植物检疫,2019,33(2):23-25.