



王志华, 谭淑娟, 毛润萍, 于静亚, 董立坤, 刘超, 裴张新. 星天牛在悬铃木木段上的产卵行为研究 [J]. 环境昆虫学报, 2023, 45 (4): 974–981.

## 星天牛在悬铃木木段上的产卵行为研究

王志华, 谭淑娟, 毛润萍, 于静亚, 董立坤\*, 刘超, 裴张新

(武汉市园林科学研究院, 武汉 430081)

**摘要:** 为明确产卵木段粗细对星天牛 *Anoplophora chinensis* 刻槽产卵的影响、了解刻槽产卵习性及其产卵规律, 以不同直径悬铃木 *Platanus acerifolia* 木段为产卵材料, 通过无选择和选择性产卵试验, 测定了星天牛在悬铃木上产卵部位选择, 并监测了星天牛的产卵过程。结果表明: 星天牛产卵过程主要包括刻槽部位选择、咬槽、产卵和封槽 4 个阶段。星天牛在不同直径的悬铃木木段上都能刻槽产卵, 但木段的粗细对刻槽数量、产卵量的影响差异显著, 对空槽率、卵的大小没有影响。刻槽产卵行为主要集中在直径 10~15 cm 木段。在直径 3~5 cm 木段上刻槽数量和产卵量最低, 显著低于直径大于 5 cm 的木段。在武汉地区, 星天牛产卵高峰期在 6 月下旬–7 月中旬, 孵化高峰期在 7 月中下旬。该结果为深入研究星天牛的生殖行为, 精准监测和防控提供参考。

**关键词:** 星天牛; 产卵选择; 产卵动态

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2023) 04-0974-08

## Study on the oviposition behavior of *Anoplophora chinensis* on its host plant, *Platanus acerifolia*

WANG Zhi-Hua, TAN Shu-Juan, MAO Run-Ping, YU Jing-Ya, DONG Li-Kun\*, LIU Chao, PEI Zhang-Xin  
(Wuhan Institute of Landscape Architecture, Wuhan 430081, China)

**Abstract:** In order to elucidate the oviposition behavior of *Anoplophora chinensis*, including impact of different trunk diameter on oviposition, gnawing nidus oviposition habits and oviposition dynamics on its host plant *Platanus acerifolia*, selective and non-selective oviposition tests were performed to examine the oviposition site selection on the host plant, as well as the oviposition stages. The results showed that four oviposition stages were observed for *A. chinensis*: site selection, scar gnawing, oviposition and scar sealing. *A. chinensis* could gnaw oviposition scars on all diameters of *P. acerifolia* trunk sections. Trunk diameter had significant impact on the number of scars and effective oviposition, but did not affect unsuccessful oviposition rate and egg size. The oviposition behavior occurred mainly on trunk section of 10~15 cm in diameter. Lowest number of oviposition scar was found on 3~5 cm diameter trunks, significantly lower than on trunks of over 5 cm in diameter. In Wuhan, the highest number of oviposition occurs from late June to mid July, while hatching occurs in mid to late July. These results can provide insight for future research on reproduction, precise monitoring and control.

**Key words:** *Anoplophora chinensis*; oviposition selection; oviposition dynamics

基金项目: 武汉市园林和林业局科研项目 (WHGF2021A01)

作者简介: 王志华, 女, 硕士, 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: wzhlingling@qq.com

\* 通讯作者 Author for correspondence: 董立坤, 高级工程师, 主要研究方向为园林有害生物防治及生物多样性保护, E-mail: dlkun@sohu.com

收稿日期 Received: 2022-04-22; 接受日期 Accepted: 2022-09-07

星天牛 *Anoplophora chinensis* 隶属于鞘翅目 Coleoptera 天牛科 Cerambycidae 星天牛属, 为亚洲本土的林木钻蛀性害虫, 是长江中下游地区重要的钻蛀性害虫。该虫在我国华南 1 a 发生 1 代, 北方地区 2~3 a 发生 1 代, 在湖北武汉地区 1 a 发生 1 代。其分布极广, 在我国河北、浙江、湖北、海南等 20 多个省市皆有分布记录 (魏建荣等, 2011); 国外主要分布于日本、缅甸、印尼、马来西亚等 (张宇凡和王小艺, 2019)。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 (Vander et al., 2010)。欧盟委员会于 2008 年出台了紧急植物检疫措施 (WTO 通报编号 G/SPS/N/EEC/334), 2010 年又发布实施了更为严厉的修订案 (2008/840/EC)。美国于 2009 年发布有关星天牛寄主植物限制令, 涉及到的检疫性植物多达 65 个属 (国家质检总局动植物检疫司, 2009)。

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 (Haack et al., 2010; 揭育泽等, 2010)。有报道显示在我国南方的柑橘园区和木麻黄 *Casuarina equisetifolia* 防护林带发生严重 (徐丽丽等, 2020)。近年来在湖北武汉地区星天牛的危害和种群数量呈上升趋势, 悬铃木 *Platanus acerifolia* 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上星天牛有虫株率可达 90% 以上, 受害严重的树体长势衰弱甚至枯死 (王志华等, 2022)。目前已成为严重危害悬铃木的主要害虫之一。由于星天牛为害隐蔽, 以及监测不到位、防治不及时等原因, 均加剧了星天牛的扩散与危害, 不仅对城市景观造成了严重影响, 而且带来了巨大的经济损失 (黄咏槐等, 2018)。

在寄主树干上刻槽产卵是星天牛的主要生物学特性, 是成虫选择产卵场所后繁殖后代的重要环节, 也是裸露自由活动虫态和隐蔽虫态的关键联系环节。在星天牛的综合防治中, 星天牛刻槽产卵期是防治的一个关键时期, 多种防治措施如人工敲击、掏挖幼虫、释放天敌高度等均与刻槽产卵部位、时期密切相关。因此, 进一步掌握星天牛的刻槽产卵部位选择、习性及其产卵规律对该虫的调查、预报及寻找无公害的综合治理措施均具有重要意义。

近年来关于天牛产卵部位的选择已有相关研究。光肩星天牛 *Anoplophora glabripennis* 在糖槭

*Acer saccharum* 上产卵部位的选择随着胸径的增加呈增加趋势, 刻槽数量与树枝直径或胸径极显著相关 (马晓乾等, 2012)。目前关于星天牛刻槽产卵选择及产卵行为研究未见报道。由于树体上产卵部位难以准确观察统计, 本研究选取新鲜的悬铃木木段作为产卵材料, 通过开展无选择和选择性产卵试验, 测定了产卵木段粗细对星天牛产卵刻槽的影响, 并监测分析了其刻槽产卵习性及其产卵规律, 旨在为精准监测和防控星天牛及深入研究星天牛的生殖行为提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试虫源

本试验所用星天牛成虫均采自湖北省武汉市江夏区安山中试基地, 基地内美国红枫 *Acer rubrum*、悬铃木上大面积发生星天牛危害, 为试验提供了充足的虫源保障。成虫于 5 月下旬陆续羽化出孔, 收集新羽化的星天牛成虫作为试虫。

### 1.2 试验方法

产卵试验在武汉市园林科学研究院圃地内进行, 搭设 1 m × 1 m × 1 m 养虫笼若干, 模拟自然环境并在笼顶覆盖塑料薄膜以防止雨水对星天牛的不利影响。

#### 1.2.1 无选择性产卵测定

在养虫笼内四角各放 1 根长约 80 cm, 直径规格相同的悬铃木木段供成虫产卵, 共设 5 个处理, 木段直径分别为 20~30 cm、15~20 cm、10~15 cm、5~10 cm 和 3~5 cm 木段下端插入盛清水的培养瓶中, 上端用封口膜包好。每个养虫笼放入 1 对新羽化的星天牛成虫 (1 ♀ + 1 ♂), 雄虫若有死亡, 及时补充新的雄虫进去。并在养虫笼中央放入新鲜的悬铃木嫩枝, 供成虫补充营养。各处理重复 3 笼, 每隔 2~3 d 更换清水及悬铃木嫩枝。记录木段上天牛产卵的刻槽数、有卵的刻槽数 (即有效刻槽) 以及产卵量, 直至雌虫死亡。

#### 1.2.2 选择性产卵测定

将 20~30 cm、15~20 cm、10~15 cm、5~10 cm 和 3~5 cm 5 种不同规格直径的木段贴笼网等距放入同一个养虫笼内, 木段下端插入盛清水的培养瓶中, 上端用封口膜包好。每个养虫笼放入 1 对性成熟的星天牛成虫 (1 ♀ + 1 ♂), 方法同

1.2.1, 重复 5 笼。记录木段上天牛产卵的刻槽数、有卵的刻槽数 (即有效刻槽) 以及卵数, 直至雌虫死亡。并用游标卡尺测量卵的大小。

### 1.2.3 星天牛产卵行为观察

将新羽化的星天牛雌、雄成虫成对饲养在养虫笼中, 放入直径 10~15 cm 的悬铃木木段供雌成虫刻槽产卵, 并在养虫笼内放入新鲜的悬铃木嫩枝供成虫补充营养, 重复 5 笼, 观察记录交配时间、产卵时间、产卵过程、孵化时间等。

### 1.2.4 星天牛产卵期及幼虫孵化观察

每个养虫笼放入新羽化的星天牛雌、雄成虫 5 对 (5♀+5♂), 放入直径 10~15 cm 的悬铃木木段供雌成虫刻槽产卵, 并在养虫笼内放入新鲜的悬铃木嫩枝供成虫补充营养, 共重复 5 笼。开始刻槽产卵即进入产卵期, 每天傍晚更换木段, 并统计每笼有效刻槽总数量, 记为日刻槽总数, 幼虫孵化后统计幼虫数量, 连续观察记录 3 个月。

### 1.3 试验时间

2020 年 5 月下旬~9 月中下旬。

### 1.4 数据处理

利用 Microsoft Excel 2007 和 SPSS 20 软件进行数据分析, 采用 Duncan's 新复极差法进行差异显著性比较 ( $P < 0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 星天牛成虫无选择性产卵测定

#### 2.1.1 木段直径对产卵刻槽的影响

星天牛成虫在不同直径的悬铃木木段上均能刻槽, 但不同直径木段之间的刻槽数、有效刻槽数差异显著 (图 1)。其中, 星天牛在直径 10~15 cm 的悬铃木木段上刻槽数、有效刻槽数最多, 分别是 86.3 个、72.0 个, 刻槽占比 40.3%、有效刻槽占比 37.5%。直径 20~30 cm 的悬铃木木段次之, 均为 58.3 个, 刻槽占比 27.3%、有效刻槽占比 30.4%。在 3~5 cm 悬铃木木段上刻槽数最少, 仅为 1 个, 刻槽占比 0.5%, 且有效刻槽数为 0。

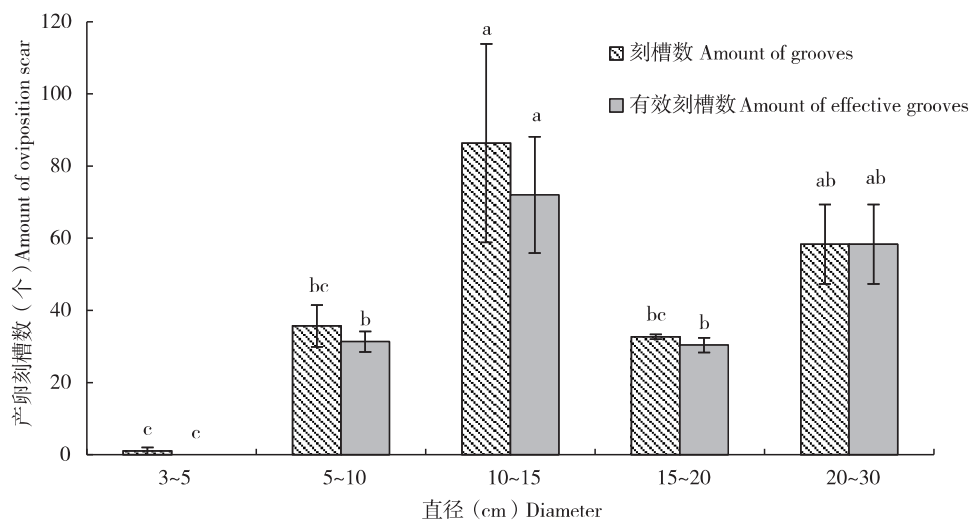


图 1 星天牛成虫对不同直径悬铃木木段无选择性刻槽产卵

Fig. 1 Non-selective oviposition behavior of *Anoplophora chinensis* adults on *Platanus acerifolia* trunk at different diameter

注: 不同小写字母表示不同处理之间存在显著差异 ( $P < 0.05$ )。下同。Note: Lowercase letters in the figure indicated significant different at 0.05 level. The same below.

#### 2.1.2 木段直径对产卵量的影响

星天牛虽然在不同直径的悬铃木木段上均能刻槽, 但木段的直径对产卵量的影响存在显著差异 (表 1)。星天牛除在直径 3~5 cm 的悬铃木木段上不能产卵外, 在直径大于 5 cm 的悬铃木木段上均能产卵。其中, 在直径 10~15 cm 的悬铃木木段上平均产卵量最多, 为 72 粒, 其次是直径 20~

30 cm 的悬铃木木段, 平均产卵量为 58.3 粒, 在直径 5~10 cm、15~20 cm 的悬铃木木段上产卵量差异不显著。而刻槽的空槽率随着直径的增粗而降低。其中, 直径 3~5 cm 的悬铃木木段上的空槽率为 33.3%, 存在仅刻槽未产卵现象。直径 20~30 cm 的悬铃木木段上的空槽率为 0。说明悬铃木木段直径越大, 星天牛产卵成功率越高。

表 1 不同直径悬铃木木段对星天牛产卵量的影响 (无选择性产卵试验)

Table 1 Effect of different trunk diameter on number of oviposition (non-selective oviposition behavior)

直径 (cm) Diameter	平均刻槽数 (个/段) Mean oviposition scars	平均产卵量 (粒) Mean number of oviposition	空槽率 (%) Unsuccessful oviposition rate
3~5	1.0 ± 1.0 c	0.0 ± 0.0 c	33.3 ± 33.3 a
5~10	35.7 ± 5.8 bc	31.3 ± 2.8 b	10.2 ± 6.2 a
10~15	86.3 ± 27.5 a	72.0 ± 16.1 a	11.1 ± 7.9 a
15~20	32.7 ± 0.7 bc	30.3 ± 2.0 b	7.3 ± 4.5 a
20~30	58.3 ± 11.0 ab	58.3 ± 11.0 ab	0.0 ± 0.0 a

## 2.2 星天牛成虫选择性产卵测定

### 2.2.1 木段直径对产卵刻槽的影响

星天牛选择性产卵试验结果显示, 星天牛在不同直径的木段上均能刻槽, 但不同直径木段之间的刻槽数、有效刻槽数存在显著差异 (图 2)。其中, 星天牛在直径 10~15 cm 的悬铃木木段上刻槽数、有效刻槽数最多, 均为 38.3 个, 刻槽占比 34.0%、有效刻槽占比 35.5%。直径 15~20 cm 的悬铃木木段次之, 分别为 32.3 个、30.7 个, 刻槽占比 28.7%、有效刻槽占比 28.4%。在 3~5 cm 悬铃木木段上刻槽数最少, 仅为 4.3 个, 且有效刻槽数为 3.3 个, 刻槽占比 3.8%、有效刻槽占比 3.1%。

### 2.2.2 木段直径对产卵量的影响

星天牛成虫在不同直径的木段上均能刻槽并产卵, 但木段的粗细对产卵量的影响存在显著差异 (表 2)。在直径 10~15 cm 的悬铃木木段上平

均产卵量最多, 为 38.3 粒, 之后依次是直径 15~20 cm、20~30 cm 的悬铃木木段, 平均产卵量为 30.7 粒、25.7 粒, 在直径 3~5 cm 的悬铃木木段上产卵量显著低于直径 5 cm 以上的悬铃木木段, 仅为 3.3 粒, 且刻槽的空槽率也最高, 但不同直径上悬铃木木段的空槽率差异不显著。

不同直径木段上星天牛卵长区间为 5.6~5.7 mm, 卵宽区间为 1.4~1.5 mm, 它们之间均不存在显著差异。

### 2.3 星天牛刻槽产卵行为

星天牛雌雄成虫交尾持续时间 1~3 h, 晴朗无风的 8:00-11:00 及 15:00-18:00 取食、交尾频繁。早晨较活跃, 中午多停息嫩枝, 21:00 后及阴雨天多静止。雌雄可多次交尾 (图 3-a), 交尾取食 3~4 d 后产卵。

产卵过程主要包括刻槽部位选择、咬槽、产卵和封槽 4 个阶段。

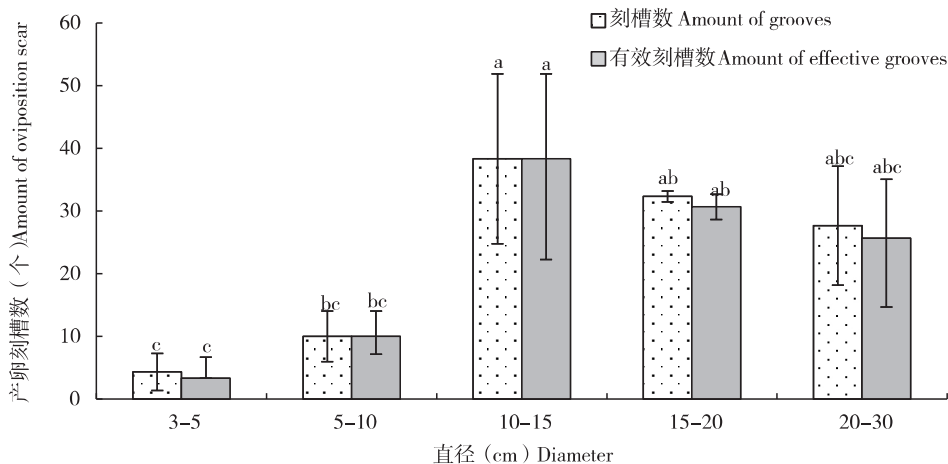


图 2 星天牛成虫对不同直径悬铃木木段选择性刻槽产卵

Fig. 2 Selective oviposition behavior of *Anoplophora chinensis* adults on different diameter of *Platanus acerifolia* trunk



表 2 不同直径悬铃木木段对星天牛产卵量的影响 (选择性产卵试验)

Table 2 Effect of different trunk diameter on number of oviposition (selective oviposition behavior)

直径 (cm) Diameter	平均刻槽数 (个/段) Mean oviposition scars	平均产卵量 (粒) Mean number of oviposition	空槽率 (%) unsuccessful oviposition rate	卵长 (mm) Length of egg	卵宽 (mm) Width of egg
3~5	4.3 ± 2.9 c	3.3 ± 3.3 c	33.3 ± 33.3 a	5.7 ± 0.2 a	1.5 ± 0.0 a
5~10	10.0 ± 4.0 bc	10.0 ± 4.0 bc	0.0 ± 0.0 a	5.7 ± 0.1 a	1.4 ± 0.0 a
10~15	38.3 ± 13.5 a	38.3 ± 13.5 a	0.0 ± 0.0 a	5.7 ± 0.2 a	1.4 ± 0.1 a
15~20	32.3 ± 0.9 ab	30.7 ± 2.0 ab	5.2 ± 2.2 a	5.6 ± 0.1 a	1.5 ± 0.0 a
20~30	27.7 ± 9.5 abc	25.7 ± 9.4 abc	8.6 ± 4.4 a	5.7 ± 0.1 a	1.5 ± 0.0 a



图 3 星天牛刻槽产卵行为

Fig. 3 Oviposition behavior of *Anoplophora chinensis*

注: a, 雌雄交尾; b, 咬槽; c, 产卵; d, “T”刻槽; e, 卵; f, 初孵幼虫。Note: a, Mating; b, Scar gnawing; c, Oviposition; d, “T” scar; e, Egg; f, Newly hatched larvae.

首先, 雌成虫通过爬行或飞行到达产卵木段, 并不断用触角和口器接触树皮表面进行探测, 直到选择合适的刻槽位置。雌成虫选好产卵位置后, 头朝树干和树枝生长的反方向, 先以上颚在树干上咬破皮层, 产生长约 0.8 cm 的横向裂口 (图 3-b)。咬槽完成后, 雌成虫调转方向头朝上, 腹部末端伸向刻槽位置, 腹部弯曲, 末端不断接触树干表皮, 身体不断调整位置, 直至腹部末端接触到裂口, 产卵器缓慢伸出, 插入裂口中, 腹部不断蠕

动进行产卵。每处产 1 粒卵于皮层下 (图 3-c)。产卵完成后产卵器慢慢收回, 并分泌淡黄色胶状物进行封口, 再以口器夹拢刻槽, 后期产卵处皮层稍微隆起、开裂, 表面湿润, 多呈 “T” 形 (图 3-d)。

经统计单头雌成虫可产卵 30~80 粒。卵长椭圆筒形, 中部稍弯, 初产时为白色, 以后渐变为乳白色, 将孵化时为黄褐色 (图 3-e)。卵经 7~15 d 孵化出初孵幼虫 (图 3-f)。

## 2.4 星天牛成虫产卵期及幼虫孵化动态

2020年5月29日将新羽化成虫放入养虫笼中饲养,经观察发现6月3日成虫开始出现交配,6月中上旬开始产卵,产卵高峰期在6月24日-7月19日,产卵期第31d(7月9日)达到产卵最高峰。产卵期前41d产卵量相对较高,此后,产卵量逐渐减少,产卵可持续至8月中旬,产卵后期产卵量稳定在较低水平,全年产卵期长达80d。幼虫自6月中下旬开始孵化,初期幼虫孵化量相对平稳,7月中旬后孵化量逐渐增多,孵化高峰期集中在7月中下旬,且孵化期持续时间较长(图4)。

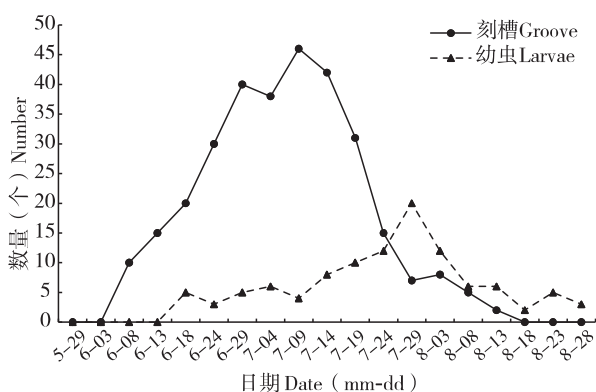


图4 星天牛刻槽产卵、幼虫孵化的动态变化(2020年)

Fig. 4 Dynamic change of oviposition and larvae hatching of *Anoplophora chinensis*

## 3 结论与讨论

木段直径对星天牛刻槽产卵行为有重要影响。星天牛无选择性产卵试验和选择性产卵试验结果均表明,产卵木段的粗细对星天牛的刻槽数、产卵量有显著影响,但对空槽率、卵的大小没有影响。星天牛在不同直径的悬铃木木段上都能刻槽,但刻槽产卵行为主要集中在直径10~15cm的木段上,且产卵成功率较高,而在3~5cm上刻槽数和产卵量最低,显著低于直径大于5cm的悬铃木木段。推测一方面可能是因为5cm以下的木段直径过小,难以提供幼虫生长发育所需的营养物质与活动空间,另一方面,也可能是因3~5cm的木段树皮光滑,星天牛无法用足稳固抓握树皮完成产卵过程,成虫为减少幼虫死亡率,形成了一种长期适应机制。因此,星天牛在此类木段上产卵较少。在幼虫孵化期调查林间星天牛自然种群中发

现胸径8~30cm的悬铃木上,星天牛低龄幼虫在胸径10~25cm悬铃木上分布较多,且树干1~2m处和5m以上高度的枝干上有集中分布。5m以上枝干均在分支点以上且直径约为10~15cm。而在直径3~5cm枝干上未见低龄幼虫分布。因低龄幼虫刚孵化后,通常在产卵刻槽附近取食危害,因此,低龄幼虫分布位置亦是成虫产卵的部位。这与笔者在养虫笼内研究星天牛的产卵行为选择结果一致。

天牛的产卵选择一般发生在天牛接触寄主后。除寄主植物的直径大小外,物理特征也是天牛选择产卵寄主的重要线索,特别是植物表面的物理特性,主要包括寄主植物维管束密度、分布位置、表皮角质化和硅质化程度等(董子舒等,2017)。关于寄主树皮厚度、粗糙程度等对星天牛产卵选择的影响有待进一步研究。

星天牛的刻槽数大于实际成功产卵数,说明星天牛并没有在每一个刻槽里产卵。这一现象在光肩星天牛 *A. glabripennis* 里也有发生(Keena, 2002; 朱宁, 2017)。推测这是因为星天牛造出刻槽后发现不适合产卵,亦或有意的给天敌制造一种假象从而躲避天敌,其原因有待进一步研究。有报道称因星天牛雌成虫在刻槽时,有时足未能抱紧树干易掉落,再爬上树干未找到原来刻槽便形成空槽,呈“一”型。星天牛的每一个刻槽里最多只有1粒卵,这与已有报道的星天牛一个刻槽只产一粒卵一致。与光肩星天牛 *A. glabripennis*、青杨天牛 *Saperda populnea*、松墨天牛 *Monochamus alternatus* 等的研究结果相似(马晓乾等, 2012; 李永福等, 2015; 王文琪, 2015; 王立超等, 2021)。出现这种现象的原因可能是这种行为能保证幼虫孵化后有充足的食物及空间,提高幼虫的存活率。此外,因天牛幼虫是一种具有相互啃咬习性的昆虫,推测也是为了避免后代个体之间因竞争食物和生存空间而进行自残。

不同类型的天牛产卵习性差异明显,沟胫天牛亚科成虫基本上具有制作产卵刻槽的习性,而其他亚科天牛绝大多数种类直接将卵产于基物表面或隙缝内(杜孟芳, 2002; 嵇保中等, 2002)。星天牛产卵行为可划分为4个重要阶段,主要包括刻槽部位选择、咬槽、产卵和封槽。与其他有刻槽习性的天牛一样,刻槽部位选择是星天牛找到合适产卵地点的重要步骤。在眉斑并脊天牛 *Glenea cantor*、松墨天牛及柠条绿虎天牛

*Chlorophorus caragana* 都有类似研究报道 (张永慧等, 2006; 张燕如, 2015), 如眉斑并脊天牛产卵行为分为 3 个阶段, 即产卵场所定位与识别、产卵和产后行为 (董子舒, 2021)。

星天牛具有多次交尾习性。李永福等 (2015) 发现青杨天牛、董子舒等发现 (2017) 眉斑并脊天牛、于咏浩等发现 (2020) 蔗根土天牛 *Dorysthenes granulatus* 也具有多次交尾习性。可能多次交尾有利于天牛适应不利的环境因素, 保证种群的顺利繁衍。此外, 星天牛产卵量大、幼虫存活率高, 使星天牛能大量成功繁殖, 短时间内造成较大危害。

目前, 星天牛已成为武汉地区严重危害悬铃木、美国红枫等的钻蛀性害虫。要对星天牛开展经济、有效的治理, 就必须掌握其种群动态及各虫态的发生规律, 抓住关键防治时期, 并采取合理的防治措施, 才能达到有效控制其发生与危害的目的。由于星天牛产卵行为主要发生在韧皮部表层, 且卵期是较为脆弱的一个时期, 也是成虫 (裸露自由活动虫态) 和幼虫 (隐蔽虫态) 的关键联系环节。因此, 在防治工作中应重点关注星天牛刻槽产卵这一关键时期。每年 6 月初星天牛成虫开始产卵时可针对寄主植物开展调查, 重点针对胸径 10~15 cm 以及侧枝直径为 10~20 cm 的寄主植物做好天牛刻槽产卵的监测工作。6 月下旬至 7 月中旬是星天牛产卵高峰期, 此阶段应集中采取敲击产卵刻槽、药剂喷干等防治措施。幼虫孵化高峰期集中在 7 月份, 此时应采取人工掏挖幼虫、释放生物天敌等技术措施及时进行治疗, 可有效降低新一代星天牛的虫口数量。

### 参考文献 (References)

- Dong ZS, Zhang YJ, Lai KP, et al. Biological characteristics of *Glenea cantor* Fabricius (Coleoptera: Cerambycidae) [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2017, 39 (6): 1313–1318. [董子舒, 张玉静, 赖开平, 等. 眉斑并脊天牛生物学特性研究 [J]. 环境昆虫学报, 2017, 39 (6): 1313–1318]
- Dong ZS. Behavior and Mechanism on Oviposition Selection of *Glenea cantor* Fabricius [D]. Nanning: Guangxi University Doctor Thesis, 2021. [董子舒. 眉斑并脊天牛的产卵选择行为机制研究 [D]. 南宁: 广西大学博士论文, 2021]
- Du MF. Screening Bt Strain against *Anoplophora glabripennis* (Motsch.) and Cloning its Toxin Gene [D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University Master Thesis, 2002. [杜孟芳. 杀光肩星天牛 *Anoplophora glabripennis* (Motsch.) Bt 菌株的筛选及其杀虫基因的克隆 [D]. 郑州: 河南农业大学硕士论文, 2002]
- Haack RA, Herard F, Sun JH, et al. Managing invasive populations of Asian longhorned beetle: A worldwide perspective [J]. *Annual Review of Entomology*, 2010, 55 (1): 521–546.
- Huang YH, Qian MH, Huang HY, et al. Research progress on control technology of the *Anoplophora chinensis* [J]. *Forestry and Environmental Science*, 2018, 34 (4): 162–167. [黄咏槐, 钱明惠, 黄华毅, 等. 星天牛防治技术研究进展 [J]. 林业与环境科学, 2018, 34 (4): 162–167]
- Ji BZ, Wei Y, Huang ZY. Present situations and prospects of researches on adult's behavior of longicorn beetles [J]. *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition)*, 2002, 26 (2): 79–83. [嵇保中, 魏勇, 黄振裕. 天牛成虫行为研究的现状与展望 [J]. 南京林业大学学报 (自然科学版), 2002, 26 (2): 79–83]
- Jie YZ, Xu JZ, Qin CS, et al. Occurrence regularity of *Anoplophora chinensis* on mangrove plant *Sonneratia apetala* [J]. *Forest Pest and Disease*, 2012, 31 (3): 11–13. [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]. 中国森林病虫害, 2012, 31 (3): 11–13]
- Keena MA. *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae) fecundity and longevity under laboratory conditions: Comparison of populations from New York and Illinois on *Acer saccharum* [J]. *Environmental Entomology*, 2002, 31 (3): 490–498.
- Li YF, Dong DB, Guo KK, et al. Mating, incision and oviposition of *Saperda populnea* [J]. *Forest Pest and Disease*, 2015, 34 (3): 27–29. [李永福, 董德北, 郭康康, 等. 青杨天牛成虫交配刻槽产卵习性初步研究 [J]. 中国森林病虫害, 2015, 34 (3): 27–29]
- Liu XP, Peng JH, He HM, et al. The effect of multiple mating on fitness in insects [J]. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2008, 30 (4): 592–600. [刘兴平, 彭接辉, 何海敏, 等. 多次交配对昆虫适应性的影响 [J]. 江西农业大学学报, 2008, 30 (4): 592–600]
- Ma XQ, Wang Q, Deng X, et al. Studies on oviposition site selection of *Anoplophora glabripennis* in *Acer saccharum* and its gnawing nidus oviposition habits [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2012, 40 (7): 4078–4079, 4107. [马晓乾, 王茜, 邓勋, 等. 光肩星天牛在糖槭上产卵部位的选择及刻槽产卵习性研究 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40 (7): 4078–4079, 4107]
- 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.
- Wang LC, Chen DM, Dong XY, et al. Study on the feeding and oviposition characteristics of *Monochamus alternatus* [J]. *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition)*, 2023, 47 (2): 219–224. [王立超, 陈凤毛, 董晓燕, 等. 松墨天牛取食和产卵特性研究 [J]. 南京林业大学学报 (自然科学版), 2023, 47 (2): 219–224]
- Wang WQ. Study on adult occurrence and oviposition behaviour of *Monochamus alternatus* Hope in northern Jiangxi [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2015, 43 (4): 170–172. [王文琪. 赣北松墨天牛成虫发生及产卵规律 [J]. 江苏农业科学, 2015,

- 43 (4): 170-172]
- Wang ZH, Mao RP, Yu JY, et al. Biological characteristics and eco-friendly control technique of *Anoplophora chinensis* in Wuhan [J]. *Agricultural Research and Application*, 2022, 35 (1): 1-7. [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): 1-7]
- Wei JR, Zhao WX, Zhang YA. Research progress on *Anoplophora chinensis* [J]. *Plant Quarantine*, 2011, 25 (5): 81-85. [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]
- Xu LL, Xie CX, Zheng HY, et al. Research on host selection behavior of *Anoplophora chinensis* [J]. *Journal of Jiangsu Forestry Science & Technology*, 2020, 47 (6): 37-41. [徐丽丽, 解春霞, 郑华英, 等. 星天牛对寄主树种的选择性行为研究 [J]. *江苏林业科技*, 2020, 47 (6): 37-41]
- Yu YH, Qin JM, Long XZ, et al. Oviposition characteristics and effect of temperature on the egg development of *Dorystenes granulosis* Thomson [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2020, 51 (3): 505-511. [于永浩, 覃江梅, 龙秀珍, 等. 蔗根土天牛成虫产卵习性及温度对卵发育的影响 [J]. *南方农业学报*, 2020, 51 (3): 505-511]
- Zhang YF, Wang XY. Advances in biological control of *Anoplophora chinensis* Forster [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2019, 35 (1): 34-145. [张宇凡, 王小艺. 星天牛生物防治研究进展 [J]. *中国生物防治学报*, 2019, 35 (1): 34-145]
- Zhang YR. Host Selection Mechanism of *Chlorophorus caragana* [D]. Beijing: Beijing Forestry University Doctor Thesis, 2015. [张燕如. 柠条绿虎天牛的寄主选择机制 [D]. 北京: 北京林业大学博士论文, 2015]
- Zhu N, Zhang DY, Shen HX, et al. Oviposition preferences of *Anoplophora glabripennis* on three host plants and composition analysis of host plant volatiles [J]. *Journal of Zhejiang A & F University*, 2017, 34 (6): 1059-1064. [朱宁, 张冬勇, 沈红霞, 等. 光肩星天牛产卵偏好性及寄主植物挥发物成分分析 [J]. *浙江农林大学学报*, 2017, 34 (6): 1059-1064]