

文章编号: 1001-1498(2010)01-0114-06

## 光肩星天牛幼虫排粪规律调查

牛艳玲<sup>1</sup>, 魏建荣<sup>2\*</sup>, 杨忠岐<sup>2</sup>, 丁保福<sup>2</sup>

(1. 陕西省西安市未央区果林管理站, 陕西 西安 710016;

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:** 天牛幼虫排出的虫粪在指示天敌寻找寄主的过程中起着重要的作用。通过在光肩星天牛幼虫发生期定期收集幼虫粪的方法, 首次研究了林间天牛幼虫排粪量的变化规律。结果显示, 光肩星天牛成虫羽化前, 排粪总量呈现由上升到下降的过程, 单个排粪孔的日平均排粪量为(0.030 2 ±0.002 1) g, 单排粪孔的日最大排粪量可以达到 0.319 4 g。同时研究了幼虫排粪量与寄主树的胸径、树皮厚度、树皮含水量和排粪孔大小的关系, 结果表明, 在调查期内, 无论是各个排粪孔的排粪总量还是日均最大排粪量, 均与排粪孔的大小有直接关系, 而与其他几个因子无关。通过在树干上捆绑胶带形成的微栖境, 采集到了光肩星天牛的天敌花绒寄甲成虫, 表明花绒寄甲的发生与寄主天牛的发生紧密相关。

**关键词:** 光肩星天牛; 花绒寄甲; 蛀干害虫

中图分类号: S763

文献标识码: A

## Study on Frass Extruded by Larvae of *Anoplophora glabripennis*

NIU Yan-ling<sup>1</sup>, WEI Jian-rong<sup>2</sup>, YANG Zhong-qi<sup>2</sup>, DIN Bao-fu<sup>2</sup>

(1. Fruit and Forest Station of Weiyang District of Xian City, Shaanxi Province, Xian 710016, Shaanxi, China; 2. Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry; Key Laboratory of Forestry Protection, State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

**Abstract:** Frass of longhorned beetle larvae plays an important role in natural enemies searching for their cerambycid hosts. By periodically collecting larval frass of *Anoplophora glabripennis* in field from April to June, the quantities of frass extruded by longhorned beetle larvae were studied. The result showed that the quantity of frass extruded by larvae firstly increased then decreased during investigation period before adult emergence. The average quantity of frass per hole per day was (0.030 2 ±0.002 1) g, and the maximum of frass quantity per hole per day was 0.319 4 g. The relationship between frass quantity, diameter at breast height of host tree, thickness and water quantities of bark, and diameter of frass-extruded hole were studied. Results showed that total frass quantity or maximal frass quantity per day of every frass-extruded hole only had direct relation with the size of hole during investigation period and were independent of other factors. In order to collect frass during investigation, adhesive tapes were used to cover frass holes, so micro-habitats under tape were established. More than thirty adults of *Dastarcus helophoroides*, an important natural enemy of *A. glabripennis*, were collected under tape during the investigation period. Results indicated that occurrence of *D. helophoroides* were consist with host mature larval stage or pupae stage for more parasitizing chances.

**Key words:** *Anoplophora glabripennis*; *Dastarcus helophoroides*; wood borer

收稿日期: 2008-11-04

基金项目: 国家自然科学基金项目(30771738)、中央级公益性科研院所科研业务费专项资金(CAFRIF200703)和“十一五”科技支撑(2006BAD08A12)

作者简介: 牛艳玲(1967—), 女, 山西运城人, 工程师, 从事害虫防治工作。

\* 通讯作者. E-mail: weijr@caf.ac.cn

天牛类蛀干害虫在国内外均是较难防治的一类林木害虫,其中光肩星天牛(*Anoplophora glabripennis* (Motschulsky))的寄主树木种类较多,对我国“三北”防护林曾造成重大危害,使一期、二期防护林工程基本全部被毁。并且美国、加拿大和欧盟对从我国进口物品的木质包装材料提出了严格检疫的要求<sup>[1]</sup>。由于近年来在山东、安徽、河南、湖南、湖北等省大面积种植杨树(*Populus spp.*)以提供造纸的原料,公路、街道两旁栽植柳树(*Salix spp.*)作为绿化树种,给光肩星天牛的再次大规模发生留下了隐患,因此,仍需保持对这种重灾性林木蛀干害虫足够的重视。

有关光肩星天牛的防治理论和技术在国内外已有深入的研究<sup>[2-7]</sup>,尤其在多树种配置控制光肩星天牛的危害方面取得了很大的成绩,建立了一整套生态调控理论与技术<sup>[8]</sup>,对光肩星天牛控制起到了积极的指导作用。在利用天敌昆虫的生物防治方面,近年来也取得了较大的进展。

花绒寄甲(*Dastarcus helophoroides* Sharp)(又名花绒坚甲、花绒穴甲,曾用学名为*Dastarcus longulus* Sharp)是光肩星天牛的主要天敌昆虫<sup>[9-11]</sup>。在北京地区部分地段花绒寄甲对光肩星天牛的自然致死率可以达到50%~70%<sup>[12]</sup>。在陕西,研究也表明花绒寄甲对光肩星天牛的致死率可以达到50%~70%<sup>[13]</sup>。一般,天敌昆虫依靠寄主植物受植食性昆虫取食前后释放的互利素以及植食性昆虫本身所释放的利它素等来找到寄主或猎物<sup>[14-15]</sup>。天牛属木质部钻蛀类隐蔽性植食害虫,研究发现,花绒寄甲主要是通过天牛幼虫的虫粪所释放的利它素来寻找寄主<sup>[16-17]</sup>。因此,研究清楚自然情况下天牛幼虫的排粪量,结合单位虫粪释放利它素的量,就能够以该利它素为引诱剂,通过控制其释放率来有效地引诱天敌,为在林间监测花绒寄甲的种群数量和评估生物防治的效果打下理论基础<sup>[17]</sup>。

研究发现杨树受光肩星天牛危害的程度与树皮厚度有一定的关系<sup>[18]</sup>,但天牛幼虫的排粪量与树皮厚度、含水量等是否有关还未见相关研究。因此,作者对光肩星天牛的排粪量与树皮厚度、胸径、树皮含水量和排粪孔大小的关系进行了初步研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 调查地点概况

调查地点位于陕西省西安市未央区机场大道,

约在108°54'E, 34°19'N。两侧的行道树主要是金丝柳(*Salix ×aureo-pendula*),树龄约为10年,近几年来,光肩星天牛危害严重,受害株率几乎达100%。

### 1.2 研究方法

1.2.1 越冬后光肩星天牛幼虫排粪量时序变化  
为在野外能较准确地收集并测定光肩星天牛幼虫的虫粪量,选择受害木主干2 m以下部位,将天牛幼虫的排粪孔用透明宽胶带缠绕覆盖,使虫粪不易风干、掉落地上。将排粪孔编号,共计113个。定期解开胶带用塑料离心管分别收集每个排粪孔的虫粪,紧盖后寄回中国林业科学研究院,分别称取湿质量,再分别于120℃条件下烘干4 h后称取干质量,连续3次,直到干质量不再变化为止。由于光肩星天牛幼虫在西安地区于4月份开始陆续活动,因此于天牛幼虫活动的始盛期(4月18日)开始将排粪孔覆盖,每5天收集1次虫粪;到5月13日,由于天牛幼虫排粪量加大,改为每4天收集1次;6月6日后,天牛幼虫的排粪量减少,改6天收集1次。进入6月中旬,由于天牛成虫大量羽化,结束调查。室内分析排粪量随时间变化的关系,其中,每次调查时能收集到新鲜虫粪的排粪孔数称为有效排粪孔数。

1.2.2 光肩星天牛幼虫排粪量与寄主树相关因子关系调查  
分别测定了寄主树的胸径、树皮(包括外表皮至韧皮部)厚度及含水量、排粪孔的大小,以确定是否与天牛幼虫的排粪量相关。

树皮含水量的测定方法:从每棵寄主树上切取2 cm<sup>2</sup>的树皮,分别测其湿、干质量,干质量测量方法同1.2.1中虫粪的测量。

天牛幼虫的排粪量:

每排粪孔日均最大排粪量 = Max(每次收集虫粪的量/间隔期)

寄主树的胸径、树皮的厚度以及排粪孔的大小直接在野外进行测量。

1.2.3 花绒寄甲发生情况与光肩星天牛发生关系调查  
每次收集虫粪前,仔细观察树干上是否有花绒寄甲成虫并记录所栖息的部位。于5月上旬,在样地内的非样树上,砍、劈开枝干,采集光肩星天牛幼虫,统计虫态、虫龄(分为小幼虫、大幼虫及末龄幼虫,即采回后用人工饲料饲养数天即化蛹)。

### 1.3 统计分析

采用SPSS统计软件,多元线性回归的方法(Stepwise逐步引入-剔除法)分析排粪量与各因子的关系。排粪量、寄主树的胸径、树皮厚度和排粪孔

直径的原始数据采用平方根(SQRT)做标准化处理,树皮含水量则采用反正弦(Arcsin)进行处理。

## 2 结果

### 2.1 光肩星天牛幼虫排粪量的时序变化

首先,计算出了虫粪的平均含水量,为  $76.34\% \pm 0.48\%$  ( $n=807$ )。为保证统计的准确性,后面的计算均以虫粪的干质量为原始数据。

4—6月的调查中发现,刚开始时,正在排粪的天牛幼虫的排粪孔(以下称有效排粪孔)数较多,随着时间的推移,有效排粪孔数逐渐减少,如图1所示。有效排粪孔最多时达92个,到6月12日调查时,只剩下42个排粪孔在继续排粪。

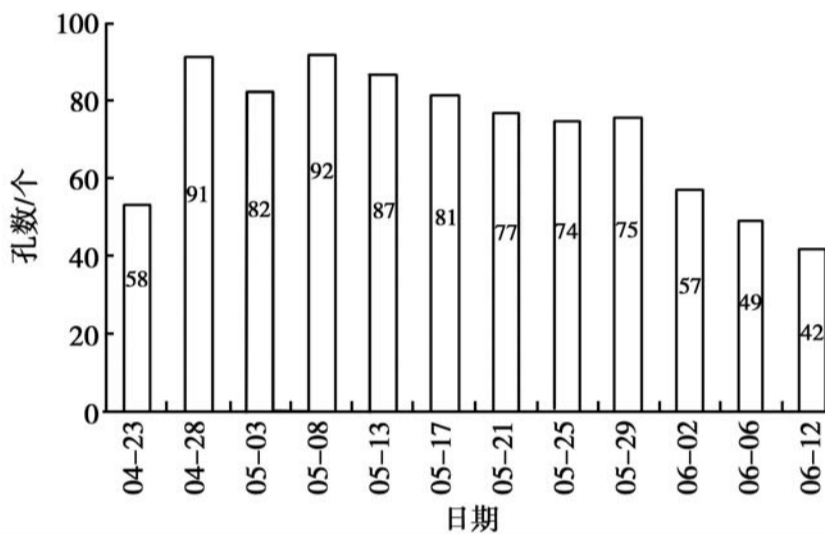


图1 年不同日期的有效排粪孔数(2008年)

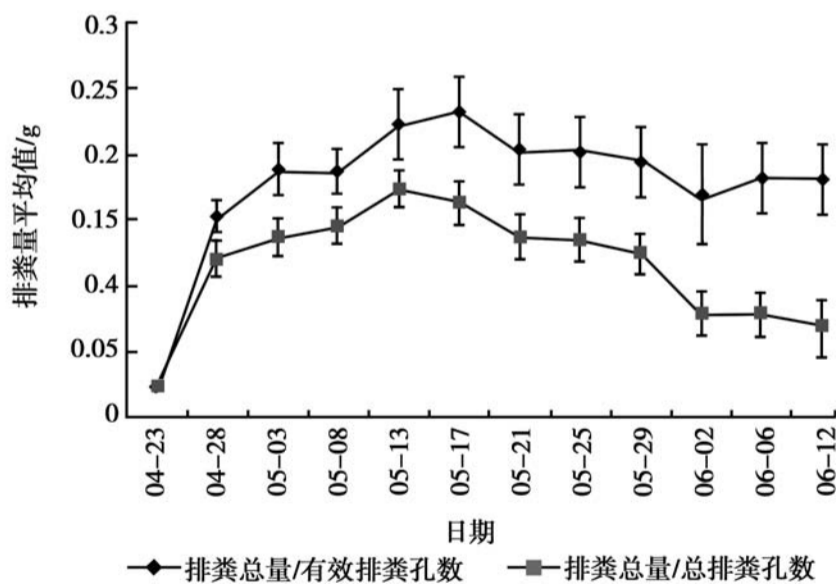


图2 不同调查日期各排粪孔排粪量的平均值(2008年)

按不同调查日期分别统计收集到的排粪总量,再分别除以每次调查的有效排粪孔数,得到平均每排粪孔的排粪量,如图2,表明春天刚开始时排粪量较少,随着天气的回暖,排粪量渐渐加大,只要是仍在排粪的排粪孔,其排粪量均维持在一个较高的水平。当以所有排粪孔数作为统计时(即不管调查日是否还在排粪),平均排粪量在5月13日达到一个

高峰后,逐渐下降(图2),也就是所有排粪孔加起来的总排粪量随着日期逐渐下降,考虑到调查日间隔的不同,可以推断天牛幼虫的总排粪量在后期下降很多。根据每排粪孔在调查时期内的总排粪量,可以计算出每排粪孔在排粪历期内的日均排粪量,也可计算出所有受调查的排粪孔的日平均排粪量,为  $(0.0302 \pm 0.0021)$  g。

由于光肩星天牛幼虫发育并不整齐,在调查期内,有些幼虫完成幼虫阶段的发育后进入蛹期。结果显示,这部分幼虫从初春开始取食、排粪至结束排粪的平均历期为36.8天。

### 2.2 光肩星天牛幼虫排粪量与几种因子的关系

计算出每排粪孔的日均最大排粪量:  $Y_1 = \text{Max}$  (每次收集虫粪的量/间隔期),以及每排粪孔排粪总量的数据  $Y_2$ 。统计结果显示单排粪孔的日均最大排粪量达到  $0.3194$  g。树木胸径、树皮厚度、树皮含水量、排粪孔直径与上述二者的数据见表1。调查时,因为有的数个排粪孔位于同一株树上,因此只取日均最大排粪量最大值的排粪孔进行计算。

表1中的数据经标准化处理后,采用多元线性回归分析每孔的日均最大排粪量与所在树的树皮含水量、皮厚、胸径、排粪孔大小的关系。结果显示,每孔的日均最大排粪量仅与排粪孔的大小有关,而其他因子关系不大,这几个因子均在回归过程中被舍去。二者的直线关系为:  $Y_1 = 0.193 + 0.125X_1$ 。模型的复相关系数  $R=0.244$ ,判定系数  $R^2=0.059$ ,估计值的标准误  $SE=0.093$ 。模型经方差分析,  $F=3.668$ ,  $P=0.060$ ,按  $\alpha=0.10$  水平,模型中  $Y_1$  值与  $X_1$  值之间有直线关系,具显著性意义。

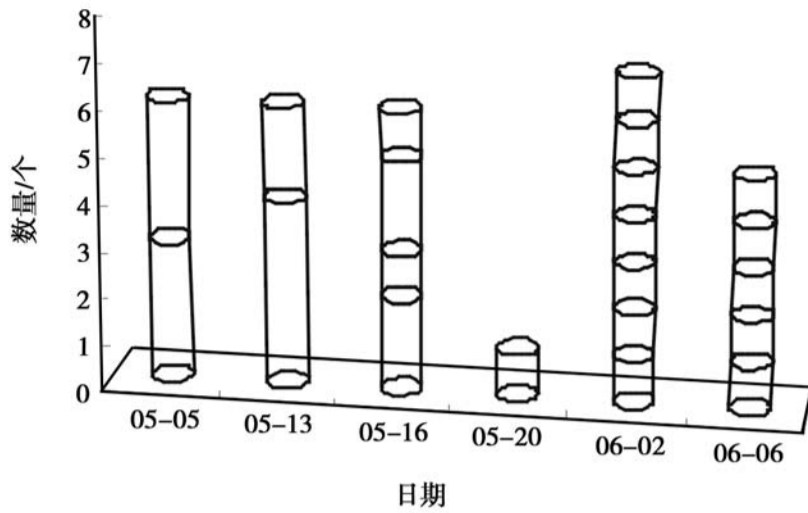
同理,经回归分析,每孔的排粪总量仅与排粪孔大小有关,与所在树的树皮含水量、皮厚、胸径的关系不大。回归后所得到的每排粪孔的排粪总量与排粪孔的关系式为:  $Y_2 = 0.552 + 0.601X_1$ 。模型的复相关系数  $R=0.259$ ,判定系数  $R^2=0.051$ ,估计值的标准误  $SE=0.421$ 。模型经方差分析,  $F=4.181$ ,  $P=0.045$ ,按  $\alpha=0.05$  水平,模型中  $Y_2$  值与  $X_1$  值之间有直线关系,具显著性意义。

### 2.3 花绒寄甲发生与光肩星天牛虫态的关系

在调查期内,在光肩星天牛的排粪孔处捕到了静栖的花绒寄甲成虫。如图3所示,5月5日在两个排粪孔处发现花绒寄甲成虫各3头;在5月13日在两个排粪孔处分别发现4头和2头成虫,依此类推。共计捕回成虫31头。

表 1 光肩星天牛幼虫排粪孔直径、寄主树胸径、树皮厚、树皮含水量与幼虫排粪量

序号	排粪孔直径/cm $X_1$	胸径/cm $X_2$	树皮厚/cm $X_3$	树皮含水量/% $X_4$	日均最大排粪量/(g·孔 <sup>-1</sup> ) $Y_1$	总排粪量/(g·孔 <sup>-1</sup> ) $Y_2$
1	0.68	17	4.52	48.61	0.176 6	3.719 5
2	2.23	16	6.24	57.27	0.073 5	1.570 9
3	1.13	12	6.68	50.03	0.033 8	0.629 4
4	0.74	14	5.88	52.65	0.053 2	0.913 5
5	0.69	17.5	5.90	55.22	0.116 5	1.070 3
6	0.72	13	4.82	51.15	0.146 1	2.234 5
7	1.48	14	5.58	50.37	0.177 1	2.657 2
8	0.74	18	6.20	56.67	0.147 7	0.210 8
9	0.66	16	5.80	51.77	0.136 1	0.929 2
10	1.06	17	4.76	56.89	0.067 8	1.267 1
11	1.73	16	5.44	52.07	0.051 1	1.394 6
12	1.23	14	5.44	53.30	0.166 9	1.647 4
13	1.07	15.5	4.60	57.49	0.056 7	0.094 5
14	0.95	15	5.24	52.83	0.161 1	1.875 1
15	0.41	15.5	5.26	54.97	0.058 2	0.685 8
16	0.86	16.5	5.90	51.40	0.223 8	3.903 4
17	0.81	18	6.00	54.80	0.043 8	0.443 9
18	0.79	15.6	5.84	55.41	0.196 8	2.307 2
19	0.41	17	5.24	48.70	0.083 4	0.475 3
20	1.05	16	5.24	56.60	0.119 9	2.089 7
21	0.62	13	4.76	58.12	0.124 5	1.662 7
22	1.02	13	4.92	51.96	0.086 4	2.049 9
23	1.33	15.5	5.10	51.16	0.129 5	2.080 5
24	0.67	15	6.36	49.45	0.133 2	2.912 1
25	0.91	15	5.20	49.53	0.034 9	0.798 5
26	1.92	13.6	5.00	53.51	0.224 7	2.414 3
27	0.98	14	4.60	59.31	0.110 3	0.975 3
28	1.23	11	4.44	53.77	0.169 9	2.001 1
29	0.82	15	5.94	48.39	0.034 3	0.441 5
30	1.30	13	5.08	55.65	0.319 4	2.756 1
31	1.55	16	5.98	55.29	0.030 9	0.129 6
32	0.67	13	5.20	58.82	0.103 0	0.808 6
33	1.11	14.5	5.76	45.47	0.095 1	1.300 6
34	1.775	11.5	4.50	55.81	0.136 3	2.581 3
35	1.81	15	6.52	48.65	0.206 0	2.362 1
36	1.35	13	4.90	55.30	0.090 0	1.337 9
37	1.49	12	4.48	56.13	0.066 3	0.118 8
38	1.14	14	5.88	53.99	0.093 9	0.117 6
39	0.41	11	4.66	50.29	0.017 9	0.174 9
40	1.06	10	3.92	49.39	0.112 1	2.703 5
41	1.05	14	4.38	57.51	0.046 4	0.904 1
42	1.01	16	6.00	49.60	0.063 7	1.482 7
43	1.38	12	4.42	53.60	0.091 8	1.233 3
44	0.77	16	5.60	53.90	0.062 2	1.375 9
45	0.39	12	3.84	52.02	0.032 8	0.214 1
46	1.00	16	5.28	47.22	0.085 9	0.817 3
47	0.71	15	5.88	52.81	0.101 0	1.422 5
48	0.89	16	5.90	51.50	0.079 6	1.020 1
49	1.08	17	5.44	46.33	0.126 7	1.983 4
50	0.78	16	5.78	50.24	0.033 8	0.825 1
51	0.62	16	4.68	52.91	0.036 5	0.443 7
52	0.84	14	4.68	45.20	0.071 2	0.674 2
53	0.80	16	4.86	54.37	0.061 3	1.158 8
54	1.39	18	5.38	55.10	0.162 7	3.436 7
55	0.75	11	4.78	56.70	0.051 0	0.620 4
56	0.83	19	5.70	49.64	0.074 9	1.673 7
57	0.91	17	4.24	53.43	0.154 1	1.986 6
58	1.12	18	5.40	54.01	0.182 7	2.888 1
59	0.73	15	4.82	50.02	0.292 0	3.392 8
60	0.84	16	5.92	56.24	0.100 2	2.151 9



注: 同一天每一个隔开的小柱代表 1 个排粪孔上发现的花绒寄甲数量

图 3 花绒寄甲发现的日期与数量 (2008 年)

5 月上旬, 未采集到光肩星天牛蛹及成虫, 采到的 193 头幼虫中, 4 龄以下的小幼虫有 54 头、大幼虫有 99 头, 末龄幼虫的数量为 40 头。因此, 适合花绒寄甲寄生的大幼虫与即将化蛹的末龄幼虫所占的比例较大, 预计到 6 月上中旬, 这些末龄幼虫和大幼虫将先后化蛹、羽化。

### 3 讨论

光肩星天牛在陕西一般是 1 年或 2 年 1 代<sup>[19]</sup>。研究结果显示, 在光肩星天牛成虫羽化前 2 个月内, 越冬后的幼虫的排粪总量开始较小, 随着时间的推移逐渐增大, 以后逐渐减少。有效排粪孔数也呈逐渐下降的趋势, 到 6 月 12 日时, 只有 42 个孔在排粪, 大部分排粪孔已停止排粪。上述现象正好与天牛发生规律相吻合, 即越冬后的幼虫遵循开始活动 暴食 逐渐化蛹 羽化的规律。至 8 月下旬, 天牛成虫的羽化已基本结束。但在 9 月 2 日将所有的 113 个排粪孔重新清查时, 发现仍有 25 个排粪孔在继续排粪, 只有 3 个羽化孔, 这是否说明不排粪的大部分天牛幼虫已经死亡, 而且在 6 月 12 日之前就有部分天牛幼虫死亡。究竟是被花绒寄甲寄生而死, 还是其他原因所致, 有待日后研究中进行树木解析才能获得结论。在本研究中, 由于样树均为行道风景树, 所以无法对样树进行砍伐解析。

研究还发现, 每次调查时并不是所有的排粪孔均能收集到虫粪 (如图 1 所示), 每次只有部分排粪孔能收集到虫粪。这表明光肩星天牛幼虫并不是每天都将虫粪排出树外, 或是待足够多的虫粪后以推出虫道。

分析结果表明, 光肩星天牛幼虫产生虫粪的数量只与排粪孔的大小有关, 而与所在寄主树的胸径、

树皮厚度、树皮含水量均无显著的关系。天牛幼虫的排粪量是否还与其他因子特别是季节变化导致的树木营养成分的改变等有关, 还待进一步研究。

文献记载, 花绒寄甲在 4—5 月份有一个活动高峰期<sup>[12, 20]</sup>, 但由于花绒寄甲一般隐藏在天牛幼虫的虫道中, 成虫很少在白天活动<sup>[20]</sup>, 所以在林间很难见到花绒寄甲成虫。作者通过在树干上捆绑胶带制造的小栖境, 在光肩星天牛幼虫排粪孔处采集到了花绒寄甲成虫, 证明了花绒寄甲确实在这个季节有活动, 这时也正是光肩星天牛大幼虫和末龄幼虫的排粪高峰期, 二者发生时期的吻合说明了天牛幼虫产生的虫粪具有吸引花绒寄甲成虫的功能<sup>[21]</sup>。此外, 图 3 中显示在发现花绒寄甲初期 (5 月上中旬), 在每个排粪孔处的寄甲数量较多, 到了 6 月份, 寄甲的数量分布变得较为分散, 只有单个的成虫在天牛幼虫排粪孔处, 这可能间接反映出了花绒寄甲成虫从越冬处的聚集状态逐渐向外扩散寻找适宜寄主的过程, 也说明花绒寄甲喜欢在这个时期于排粪孔周围或虫道附近产卵、寄生天牛的老熟幼虫或蛹<sup>[12, 20]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 骆有庆, 李建光. 光肩星天牛的生物学特性及发生现状 [J]. 植物检疫, 1999, 13 (1): 5 - 7
- [2] Dubois T, Li Z Z, Hu J F, et al. Efficacy of fiber bands impregnated with *Beauveria brongniartii* cultures against the Asian longhorned beetle, *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae) [J]. Biological Control, 2004, 31: 320 - 328
- [3] 高瑞桐, 李国宏. 我国光肩星天牛研究回顾及发展趋势 [J]. 昆虫知识, 2001, 38 (4): 252 - 258
- [4] Poland T M, Haack R A, Petrice T R, et al. Field evaluations of systemic insecticides for control of *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae) in China [J]. Journal of Economic Entomology, 2006, 99 (2): 383 - 392
- [5] 唐光辉, 何 军, 江志利, 等. 14% 吡虫啉·敌敌畏注干液剂防治柳树天牛技术研究 [J]. 西北农林科技大学学报, 2007, 35 (1): 116 - 120
- [6] 王 涛, 温俊宝, 许志春, 等. 新疆杨不同混交模式对天牛危害和林木生长的影响 [J]. 林业科学研究, 2006, 19 (4): 504 - 508
- [7] 王志刚, 黄大庄, 阎浚杰, 等. 东北地区光肩星天牛的发生动态 [J]. 东北林业大学学报, 2005, 33 (6): 91 - 92
- [8] 骆有庆, 刘荣光, 许志春, 等. 防护林杨树天牛灾害的生态调控理论与技术 [J]. 北京林业大学学报, 2002, 24 (5/6): 160 - 164
- [9] 王卫东, 刘益宁, 宝 山, 等. 宁夏光肩星天牛、黄斑星天牛天敌昆虫的研究 [J]. 北京林业大学学报, 1999, 21 (4): 90 - 93

- [10] 王希蒙, 任国栋, 马 峰. 花绒穴甲的分类地位及应用前景 [J]. 西北农业学报, 1996, 5(2): 75 - 78
- [11] 杨忠岐. 利用天敌昆虫控制我国重大林木害虫研究进展 [J]. 中国生物防治, 2004, 20(4): 221 - 227
- [12] 秦锡祥, 高瑞桐. 花绒寄甲生物学特性及其应用研究 [J]. 昆虫知识, 1988, 25(2): 109 - 112
- [13] 李孟楼, 王培新, 马 峰, 等. 花绒坚甲对光肩星天牛的寄生效果研究 [J]. 西北农林科技大学学报, 2007, 35(6): 152 - 156, 162
- [14] 韩宝瑜, 陈宗懋, 张钟宁. 不同生境异色瓢虫对茶梢互利素和蚜虫利它素 EAG 和行为反应 [J]. 生态学报, 2001, 21(12): 2131 - 2135
- [15] 魏建荣, 杨忠岐, 杜家纬. 天敌昆虫利用信息化学物质寻找寄主或猎物的研究进展 [J]. 生态学报, 2007, 27(6): 2563 - 2573
- [16] 魏建荣, 杨忠岐, 戴建青, 等. 树木 - 蛀干昆虫 - 天敌昆虫间的三级营养关系 [J]. 应用生态学报, 2007, 18(5): 1125 - 1131
- [17] Wei J R, Yang Z Q, Hao H L, *et al.* (R)-(+)-limonene, kairomone for *Dastarcus helophoroides*, a natural enemy of longhorned beetles [J]. *Agricultural and Forest Entomology*, 2008, 10: 323 - 330
- [18] 温俊宝, 叶 刚, 李镇宇, 等. 杨树受光肩星天牛危害程度与树皮厚度的关系 [J]. 河北林果研究, 1998, 13(2): 136 - 140
- [19] 萧刚柔. 中国森林昆虫 [M]. 第 2 版. 北京: 中国林业出版社, 1992: 455 - 457
- [20] 雷 琼, 李孟楼, 杨忠岐. 花绒坚甲的生物学特性研究 [J]. 西北农林科技大学学报, 2003, 31(2): 62 - 66
- [21] 魏建荣, 杨忠岐, 唐 桦, 等. 花绒寄甲成虫的行为观察 [J]. 林业科学, 2008, 44(7): 50 - 55