

# 桑天牛产卵分泌物对其产卵刻槽含水量、pH 值及微生物数量的影响

金凤<sup>1,2</sup>, 嵇保中<sup>2,\*</sup>, 刘曙雯<sup>3</sup>, 田铃<sup>2</sup>, 高洁<sup>2</sup>

(1. 金陵科技学院园艺学院, 南京 210038; 2. 南京林业大学森林资源与环境学院, 南京 210037;

3. 江苏省南京中山陵园管理局, 南京 210014)

**摘要:** 为探讨桑天牛 *Apriona germari* 产卵分泌物对其产卵刻槽微生境的作用, 选用构树树干设置野外接虫和人工封槽两种处理, 取样测定和分析了桑天牛产卵分泌物对其产卵刻槽微生境含水量、pH 值和微生物数量的影响。结果表明: 产卵 4 日内每日的人工封槽刻槽含水量均显著低于对照 ( $P < 0.05$ ), 4 日后均高于对照, 产卵刻槽含水量的日变化与对照相似。产卵 5 日内, 人工封槽刻槽和产卵刻槽处树皮的 pH 值波动与对照基本一致, 5 日后, 二者均高于对照, 但同日的人工封槽刻槽与产卵刻槽 pH 值无明显差异 ( $P > 0.05$ )。产卵刻槽、人工封槽刻槽与对照细菌数量比较如下: 产卵后第 2 日人工封槽刻槽显著高于对照和产卵刻槽 ( $P < 0.05$ ); 新制作与产卵后第 1, 6, 7 和 8 日人工封槽刻槽均达到极显著水平 ( $P < 0.01$ ); 第 3 日对照组的细菌数量 ( $1\ 320.0 \pm 189.0$ ) 极显著高于人工封槽刻槽和产卵刻槽 ( $P < 0.01$ ); 第 4 日人工封槽刻槽显著高于产卵刻槽 ( $P < 0.05$ ), 但与对照无显著差异 ( $P > 0.05$ ); 第 5 日三者差异不显著 ( $P > 0.05$ )。分析表明桑天牛产卵分泌物具有维持刻槽微生境含水量稳定的作用, 对刻槽处树皮 pH 值无明显影响, 对细菌数量的增加有一定抑制作用。

**关键词:** 桑天牛; 产卵分泌物; 产卵刻槽; 含水量; pH 值; 细菌数量

中图分类号: Q968 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2011)04-0477-06

## Influence of oviposition secretion of *Apriona germari* Hope (Coleoptera: Cerambycidae) on water content, pH level and microbial quantity in its incisions on paper mulberry (*Broussonetia papyrifera*)

JIN Feng<sup>1,2</sup>, JI Bao-Zhong<sup>2,\*</sup>, LIU Shu-Wen<sup>3</sup>, TIAN Ling<sup>2</sup>, GAO Jie<sup>2</sup> (1. Department of Horticulture, Jinling College of Science and Technology, Nanjing 210038, China; 2. College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China; 3. Management Office of Sun Yatsen's Mausoleum, Nanjing 210014, China)

**Abstract:** To study the effects of oviposition secretion on microenvironment of ovipositing incisions in *Apriona germari*, the influence of oviposition secretion on water content, pH level and microbial quantity was analyzed by artificial inoculation of paper mulberry (*Broussonetia papyrifera*) trunk caged in the field and imitated incisions. The results showed that the daily water content of the imitated incisions within 4 d after eggs being laid was significantly lower than that of CK ( $P < 0.05$ ), while the water content of the imitated incisions beyond 4 d after eggs being laid was higher than that of CK. The diurnal variation of water content in the ovipositing incisions was similar to that of CK. Within 5 d after eggs being laid, the diurnal variation of pH values of the barks with an ovipositing incision and the barks with an imitated incision was similar to that of common barks. Beyond 5 d after eggs being laid, the pH values of the barks with an ovipositing incision and that of the barks with an imitated incision were higher than those of common barks. But there was no obvious difference in pH value between the barks with an ovipositing incision and with an imitated incision at the same day after eggs being laid ( $P > 0.05$ ). The bacterial quantity of the barks was compared among imitated incisions, ovipositing incisions and CK. The results showed that at 2 d after eggs being laid, the bacterial quantity of the barks with an imitated incision was significantly ( $P < 0.05$ ) higher than that of the barks with an ovipositing incision or that of the common barks. At the day of eggs being laid and at 1, 6, 7, and 8 d after eggs being laid, the bacterial quantity of the barks with an imitated incision

基金项目: 国家自然科学基金基金项目(30271086, 30471399); 江苏省高校自然科学研究计划项目(04KJB180053)

作者简介: 金凤, 女, 1973 年生, 吉林抚松人, 博士, 副教授, 研究方向为园艺园林植物害虫生理、发生及防治, E-mail: jf888@126.com

\* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: jbz9885@njfu.edu.cn

收稿日期 Received: 2010-07-09; 接受日期 Accepted: 2010-10-28

was extremely significantly ( $P < 0.01$ ) higher than that of the barks with an ovipositing incision or that of the common barks respectively. At 3 d after eggs being laid the bacterial quantity of the common barks ( $1\ 320.0 \pm 189.0$ ) was extremely significantly ( $P < 0.01$ ) higher than that of either the barks with an ovipositing incision or the barks with an imitated incision. At 4 d after eggs being laid, the bacterial quantity of the barks with an imitated incision was higher than that of the barks with an ovipositing incision ( $P < 0.05$ ). There was no significant difference in bacterial quantity between the every two of the three kinds of barks at 5 d after eggs being laid ( $P > 0.05$ ). These results suggest that at the prophase of embryonic development, the secretion has the ability of keeping water content of the ovipositing incisions to a certain extent, and does not influence the pH values of the barks containing an ovipositing incision, but the bacterial quantity in the ovipositing incision is inhibited by the secretion.

**Key words:** *Apriona germari*; oviposition secretion; ovipositing incision; water content; pH value; bacterial quantity

桑天牛 *Apriona germari* 雌虫产卵时,先在适合的寄主植物上啃咬树皮达木质部,再将啃咬部位下的木质部撬起一条缝隙,将卵产于缝隙中,枝条上被啃咬部位及卵所在处称为产卵刻槽,产卵刻槽及其周围的特定区域称为刻槽微生境(邓彩萍等,2006),桑天牛卵及1~3龄幼虫的发育均在刻槽微生境中完成。刻槽微生境含水量、pH值以及微生物群落的变化影响卵和低龄幼虫发育、刻槽部位愈伤组织的形成,并表现为寄主林木对卵及幼虫的抗性。如光肩星天牛 *Anoplophora glabripennis* 卵与树皮下活动的幼虫死亡率最高(刘贤谦等,1995;邵铁军等,1998)。制造刻槽和产生产卵分泌物是具有刻槽产卵习性的天牛繁育后代最重要的保护措施(田润民和张玉凤,2006)。与其他具有刻槽产卵习性的天牛一样,桑天牛雌虫产卵后也产生分泌物用于堵塞产卵孔和修复刻槽(金凤等,2007)。目前,关于桑天牛产卵分泌物功能的报道较少(Anbutsu and Togashi, 2000; 李继泉等,2006; 田润民和张玉凤,2006)。本文报道了桑天牛产卵分泌物对刻槽微生境含水量、pH值和微生物数量变化的影响,为探索天牛虫害治理新途径提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试虫源

2007年6月初至7月中旬,于南京市幕府山及市郊(浦口、江宁、溧水)等地,采集桑天牛成虫,室内饲养(温度 $26^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度75%)。雄虫群养,雌虫单头饲养,分别喂以1~2年生构树 *Broussonetia papyrifera* 枝条。定期给雌虫配以雄虫进行交配,保障其正常产卵。

### 1.2 接虫

采用田间套笼法。市购不锈钢窗纱,剪成 $40\text{ cm} \times 60\text{ cm}$ 的长方形,在两长边上安装拉链。在田间用所做窗纱套住构树树杆,固定好上、下端笼口,每枝1笼,放入桑天牛雌成虫,拉上拉链。并在笼内放置1~2根新鲜的1~2年生构树枝条供其取食。

田间接虫地点为南京市幕府山行知园附近一片构树林。由于桑天牛一般选择直径 $10 \sim 30\text{ mm}$ 的构树枝条产卵,产卵时间主要集中在下午和晚上。所以,接虫时间选在每日15:00时开始,所选枝条直径为 $10 \sim 30\text{ mm}$ ,每笼接虫1~2头。次日早晨6:30将桑天牛取回室内饲养,第2日再进行田间接虫,共用80头雌虫交替进行田间接虫。

### 1.3 人工封槽刻槽和产卵刻槽的制作与标记

桑天牛雌虫放入接虫笼后,一般先在枝干上爬行一段时间选择适宜的产卵位置,位置选好则开始咬槽、产卵和封槽。在每头雌虫产出第1粒卵还未封槽前,用去皮构树枝人工封槽,即为人工封槽刻槽,并用记号笔在该刻槽背面的树皮上做记号,留虫在林间过夜。第2天早上,将此枝条上的其他产卵刻槽做标记,挂牌,标明刻槽制作日期。各类刻槽的制作、标记及采集主要在6月28日至8月5日完成。

### 1.4 取样方法

桑天牛卵在南京7月间的发育历期一般为 $8 \sim 10\text{ d}$ ,按刻槽内卵日龄的不同,分别采集卵日龄为 $0 \sim 8\text{ d}$ 的9组刻槽,用消毒无菌的剪枝剪剪取同一接虫枝上的产卵刻槽、人工封槽刻槽及相同长度无刻槽处木段(对照),分别放入无菌 $10\text{ mL}$ 离心管或具棉塞无菌大试管中,再放入有冰块的保温瓶内带回实验室, $4^{\circ}\text{C}$ 冰箱中保存,待测。

## 1.5 刻槽微生境含水量、pH 值、微生物数量的测定

**1.5.1 含水量的测定:** 分别称取人工封槽刻槽、产卵刻槽及与它们大小相近的无刻槽处木段(对照)的鲜重后,放入烘箱中,80℃烘 6 h 以上,直至恒重,测干重,按下式计算含水量:

$$\text{含水量}(\%) = (\text{刻槽鲜重} - \text{刻槽干重}) / \text{刻槽干重} \times 100$$

每日龄人工封槽刻槽、产卵刻槽及对照各取 5 个。

**1.5.2 pH 值的测定:** 剥取人工封槽刻槽、产卵刻槽的树皮,以及与它们大小相近的无刻槽处树皮(对照),烘干,再分别放入盛有 25 mL 无菌双蒸水的锥形瓶中,28℃,150 r/min 振荡 48 h 后,测 pH 值。每日龄的人工封槽刻槽、产卵刻槽及对照树皮各取 5 个。

**1.5.3 微生物数量的测定:** 采用平板菌落计数法。无菌条件下剥取同日制作的人工封槽刻槽、产卵刻槽的树皮,以及与它们大小相近的无刻槽处树皮(对照)各 5 个,无菌水冲洗 3 次,切成小粒,分别置于 50 mL 无菌水中,28℃,150 r/min 振荡培养 0.5 h。分别吸取振荡培养液的  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-7}$  的稀释液 0.1 mL,涂布接种到牛肉膏蛋白胨培养基和马铃薯培养基上,细菌在 37℃ 下培养 2 d 后,计数,真菌在 28℃ 下培养 4 d 后计数。每个浓度重复 5 次。

## 1.6 数据统计与分析

实验数据采用 Excel 软件进行统计,采用 Duncan 氏新复极差法进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 桑天牛产卵分泌物对刻槽微生境含水量的影响

同一枝条上采集的人工封槽刻槽、产卵刻槽及无刻槽处木段(对照)的含水量随桑天牛卵发育的变化见表 1。产卵 4 日内每日人工封槽刻槽的含水量均低于对照,4 日后均高于对照。产卵刻槽含水量的日变化波动明显:新制作产卵刻槽与对照接近,产卵后第 1,2 日均低于对照,第 3,4 日均与对照接近,第 5 日高于对照,第 6,7 日均与对照接近,第 8 日高于对照。新制作和产卵后第 1 日的人工封槽刻槽和产卵刻槽含水量差异均不显著( $P > 0.05$ );第 3,4 日二者含水量差异分别为显著( $P < 0.05$ )和极显著( $P < 0.01$ );其他日二者无显著差异( $P > 0.05$ )。结果表明产卵分泌物对刻槽微环境含水量的维持有一定作用。

### 2.2 桑天牛产卵分泌物对刻槽微生境 pH 值的影响

人工封槽刻槽、产卵刻槽处树皮及对照树皮的 pH 值变化结果见表 2。新制作及产卵后第 2,3,4,5,8 日的人工封槽刻槽、产卵刻槽与对照 pH 值都无显著差异( $P > 0.05$ ),第 1 日的人工封槽刻槽和产卵刻槽 pH 值均明显低于对照( $P < 0.05$ ),第 6 日的人工封槽刻槽和产卵刻槽 pH 值均明显高于对照( $P < 0.05$ ),第 7 日的人工封槽刻槽和产卵刻槽 pH 值均极显著高于对照( $P < 0.01$ )。对照树皮的

表 1 桑天牛人工封槽刻槽和产卵刻槽在产卵后不同日含水量的比较

Table 1 Comparison of water content in imitated incisions and ovipositing incisions of *Apriona germari* at different days after eggs being laid

产卵后天数 Days after eggs being laid	含水量 Water content (%)		
	无刻槽(CK) Without incision	人工封槽刻槽 Imitated incision	产卵刻槽 Ovipositing incision
0	134.44 ± 28.46 a	97.55 ± 13.46 b	127.98 ± 33.66 ab
1	89.44 ± 16.75 a	77.19 ± 18.11 ab	66.92 ± 4.78 b
2	87.84 ± 6.39 aA	67.67 ± 5.2 bB	67.83 ± 5.61 bB
3	105.69 ± 13.89 a	73.20 ± 4.56 b	116.37 ± 38.13 a
4	83.57 ± 8.53 abAB	70.00 ± 4.46 aA	89.63 ± 52.12 bB
5	135.06 ± 25.96 b	193.90 ± 40.7 a	181.69 ± 25.81 a
6	102.35 ± 21.04 a	129.24 ± 46.81 a	93.87 ± 56.14 a
7	103.05 ± 22.4 a	135.90 ± 44.98 a	106.47 ± 13.84 a
8	105.12 ± 10.26 bB	141.77 ± 13.98 aA	151.30 ± 18.32 aA

表中数据是平均值 ± 标准差(Duncan 氏检验),同列数据后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( $P < 0.01$ );下同。Data in the table are means ± SD, and values followed by different capital and small letters in the same column are significantly different at the 0.01 and 0.05 level, respectively (Duncan's multiple range test). The same below.

pH 值随环境因素的变化在 pH 7.5 左右波动。产卵 5 日内, 人工封槽刻槽和产卵刻槽处树皮 pH 值的波动与对照基本一致, 5 日后, 人工封槽刻槽和产卵刻槽 pH 值均高于对照, 这种变化可能与愈伤组织形成或微生物演替有关。但二者 pH 值的日变化无明显差异 ( $P > 0.05$ ), 这表明产卵刻槽处树皮 pH 值变化与人工封槽刻槽处 pH 值变化趋势相似, 产卵分泌物对刻槽处树皮 pH 值无明显影响。

### 2.3 桑天牛产卵分泌物对刻槽微生境微生物数量的影响

寄主植物树皮的细菌数量变化与其环境密切相关, 如空气中微生物数量、寄主立地条件、温湿度及其他在寄主上活动的生物区系等。试验所选接虫寄主的立地条件基本一致, 但产卵后不同日采集的样品还会受到空气中微生物数量、环境温湿度等的影响。因此, 产卵后不同日对照组细菌数量波动较

大(表 3)。人工封槽刻槽、产卵刻槽及对照均采自同一树枝, 但新制作及产卵后第 1 日的人工封槽刻槽细菌数量极显著高于对照和产卵刻槽 ( $P < 0.01$ ), 后两者间均无差异 ( $P > 0.05$ ); 第 2 日人工封槽刻槽显著高于对照和产卵刻槽 ( $P < 0.05$ ); 第 3 日人工封槽刻槽、产卵刻槽均低于对照 ( $P < 0.01$ ), 但两者间无显著差异 ( $P > 0.05$ ); 第 4 日人工封槽刻槽显著高于产卵刻槽 ( $P < 0.05$ ); 第 5 日三者细菌数量差异不显著 ( $P > 0.05$ ); 第 6, 7, 8 日人工封槽刻槽的细菌数量均为最高 ( $P < 0.01$ ), 第 6 日产卵刻槽细菌数量高于对照 ( $P < 0.01$ ), 第 7 日产卵刻槽低于对照 ( $P < 0.01$ ), 第 8 日与对照相近; 产卵 5 日后, 产卵刻槽细菌数量变化趋势与对照基本一致。以上结果表明产卵分泌物在产卵后 4 日内对细菌生长起到一定抑制作用。

表 2 桑天牛人工封槽刻槽和产卵刻槽在产卵后不同日 pH 值的比较

Table 2 Comparison of pH value in imitated incisions and ovipositing incisions of *Apriona germari* at different days after eggs being laid

产卵天数后 Days after eggs being laid	pH		
	无刻槽(CK) Without incision	人工封槽刻槽 Imitated incision	产卵刻槽 Ovipositing incision
0	7.69 ± 0.15 a	7.67 ± 0.14 a	7.78 ± 0.12 a
1	7.24 ± 0.36 a	6.89 ± 0.10 b	7.05 ± 0.21 ab
2	7.32 ± 0.10 a	7.43 ± 0.22 a	7.35 ± 0.22 a
3	7.31 ± 0.09 a	7.35 ± 0.18 a	7.18 ± 0.13 a
4	7.91 ± 0.26 a	7.83 ± 0.24 a	7.78 ± 0.27 a
5	7.79 ± 0.16 a	7.70 ± 0.17 a	7.79 ± 0.09 a
6	7.39 ± 0.20 b	7.66 ± 0.25 ab	7.82 ± 0.14 a
7	7.33 ± 0.16 bB	7.79 ± 0.25 aA	7.93 ± 0.33 aA
8	7.65 ± 0.25 a	7.78 ± 0.05 a	7.82 ± 0.07 a

表 3 桑天牛人工封槽刻槽和产卵刻槽细菌数量的日变化

Table 3 The diurnal variation of bacterial quantity in imitated incisions and ovipositing incisions of *Apriona germari*

产卵后天数 Days after eggs being laid	细菌数量 Bacterial quantity ( $\times 10^6$ )		
	无刻槽(CK) Without incision	人工封槽刻槽 Imitated incision	产卵刻槽 Ovipositing incision
0	35.5 ± 5.5 bB	1 300.0 ± 182.4 aA	132.0 ± 19.3 bB
1	385.0 ± 56.5 bB	1 407.0 ± 106.5 aA	296.0 ± 138.0 bB
2	11.6 ± 2.1 b	1 730.0 ± 1 140.0 a	114.0 ± 18.8 b
3	1 320.0 ± 189.0 aA	207.0 ± 64.9 bB	143.0 ± 49.7 bB
4	189.0 ± 66.0 ab	96.6 ± 74.6 a	12.1 ± 1.9 b
5	720.0 ± 282.0 a	287.0 ± 163.0 a	999.0 ± 536.0 a
6	506.0 ± 160.0 bB	2 023.0 ± 102.0 aA	970.0 ± 248.0 cC
7	28.6 ± 15.0 cC	488.0 ± 56 aA	16.3 ± 2.3 bB
8	51.4 ± 8.1 cB	337.0 ± 8.0 aA	80.0 ± 20.0 bB

### 3 讨论

#### 3.1 桑天牛产卵分泌物与刻槽微生境的维持

昆虫产卵分泌物主要功能可以归结为营造卵发育环境与对卵的保护。鳞翅目家蚕 *Bombyx mori* 的产卵分泌物是一种含有 11% 蛋白质的胶状粘性物质, 雌虫通过该物质将卵黏附于植物或固体表面, 起到固定和保护卵的作用, 即防止水分蒸发, 阻止天敌的破坏, 为卵的发育创造良好的环境 (Weerawan *et al.*, 1992)。此外, 产卵分泌物还具有标记卵, 促使种内不同个体间、种间合理分配空间, 最大限度利用资源, 以及分泌抗性物质于卵表等功能 (Ueno and Tanaka, 1996; Marchini *et al.*, 1997; Rosi *et al.*, 2001; 陈华才和程家安, 2005; Adesso *et al.*, 2007)。有些昆虫的产卵分泌物中含有利它素, 能够诱导寄主植物产生间接性防御物质, 吸引卵寄生天敌前来产卵 (Meiners *et al.*, 2000; Schröder *et al.*, 2007)。对天牛产卵分泌物功能的研究表明, 天牛产卵分泌物具有抑制同种个体产卵、杀死寄主植物组织、增强寄主植物对卵寄生天敌的吸引等功能 (Peddle *et al.*, 2002; Allison *et al.*, 2004; 田润民和张玉凤, 2006; 李继泉等, 2006)。本试验通过野外交虫和人工封槽, 测定分析了桑天牛产卵分泌物对刻槽微生境含水量、pH 值变化的影响, 结果表明, 在胚胎发育前期分泌物具有维持和稳定刻槽含水量的作用。

昆虫的卵能否正常孵化, 取决于胚胎发育所需条件能否满足。胚胎发育期间, 环境的温度、湿度及水分等变化, 都会影响胚胎发育的进程, 不利的环境条件往往会使胚胎发育终止, 降低卵的孵化率 (韩瑞东等, 2005; 李广伟等, 2007; 刘飞等, 2008)。桑天牛将卵产于刻槽中, 卵发育所需的温度主要受气温的影响, 而卵发育所需湿度及水分主要取决于刻槽含水量的变化。桑天牛产卵分泌物是一种粘性的胶状物, 含水 80%, 含蛋白 2.3%, 雌虫产卵后将其涂抹于刻槽上, 不仅能有效阻止刻槽处水分的散失, 也可避免外界水分的大量进入, 保证了胚胎发育对湿度、水分的要求 (金凤等, 2008), 正常产卵刻槽处含水量的变化也证实了这一点。从本文结果看, 桑天牛产卵分泌物主要起保护卵和维持刻槽微生境湿度及水分含量稳定的作用, 对刻槽处树皮的 pH 值变化无明显影响。

#### 3.2 桑天牛产卵分泌物与微生物变化

林间大量观察发现, 有些桑天牛刻槽处的树皮、木质部发生腐烂, 有些则逐步形成愈伤组织。植物愈伤组织是由韧皮部细胞和皮层薄壁细胞分裂形成的, 愈伤组织快速形成往往将发育中的卵杀死 (易咏梅等, 2001; 曹兵和徐锡增, 2004)。但严重腐烂的刻槽, 往往由于含水量过高或过早干枯, 对卵的发育也不利, 甚至导致卵的死亡。刻槽处微生物的变化与刻槽的腐烂密切相关。产卵 4 日内产卵刻槽微生物的数量变化不明显, 尤其在产卵后第 3 日对照微生物数量增加时, 其微生物数量并没有增加, 说明分泌物对微生物数量的增加有一定抑制作用。与家蚕卵表胶状物相比, 桑天牛产卵分泌物中水分、蛋白质含量都较低, 还有约 17% 的未知成分 (金凤等, 2009)。未知成分是否存在抑菌物质, 有待进一步研究证实。产卵 4 日后, 微生物数量变化趋势与对照相似, 这可能意味着分泌物作用的减弱, 而微生物数量波动主要受寄主、环境中水分及 pH 值等的影响。人工封槽刻槽的微生物变化呈双峰形, 与对照的变化趋势明显不同, 这可能是由于伤口处的环境为部分微生物的生长创造了有利条件, 初期数量增长较快, 但随后又受到水分含量的限制而降低。试验中对产卵刻槽、人工封槽刻槽、对照树皮等处的霉菌也进行了培养, 但在此分离培养条件下均未获得霉菌菌落。产卵分泌物对细菌生长的抑制作用还需要进一步的研究证实。

#### 参 考 文 献 (References)

- Addesso KM, McAuslane HJ, Stansly PA, Schuster DJ, 2007. Host-marking by female pepper weevils, *Anthonomus eugeni*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 125(3): 269–276.
- Allison JD, Borden JH, Seybold SJ, 2004. A review of the chemical ecology of the Cerambycidae (Coleoptera). *Chemoecology*, 14: 123–150.
- Amornsak W, Noda T, Yamashita O, 1992. Accumulation of glue proteins in the developing colleterial glands of the silkworm, *Bombyx mori*. *Journal of Sericultural Science of Japan*, 61(2): 123–130.
- Anbutsu H, Togashi K, 2000. Deterred oviposition response of *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae) to oviposition scars occupied by eggs. *Agricultural and Forest Entomology*, 2(3): 217–223.
- Cao B, Xu XZ, 2004. Insect-resistance of trees and its chemical mechanism. *Journal of Ningxia Agricultural College*, 25(4): 53–57. [曹兵, 徐锡增, 2004. 林木抗虫性与抗虫化学机制. 宁夏农学院学报, 25(4): 53–57]
- Chen HC, Cheng JA, 2005. Insect host marking pheromones. *Acta Ecologica Sinica*, 25(2): 346–350. [陈华才, 程家安, 2005.

- 昆虫寄主标记信息素. 生态学报, 25(2): 346 – 350]
- Deng CP, Luo YQ, Liu HX, Zhao HL, 2006. Analysis of water content and pH in ovipositing incision of the Asian longhorned beetles, *Anoplophora glabripennis*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 43(6): 853 – 855. [邓彩萍, 骆有庆, 刘红霞, 赵洪林, 2006. 光肩星天牛产卵刻槽含水量与 pH 值的分析. 昆虫知识, 43(6): 853 – 855]
- Han RD, Xu YX, Wang Y, Ge F, 2005. The effect of the high temperatures on the development of eggs of pine caterpillars, *Dendrolimus tabulaeformis*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 42(3): 294 – 297. [韩瑞东, 徐延熙, 王勇, 戈峰, 2005. 高温对油松毛虫卵发育的影响. 昆虫知识, 42(3): 294 – 297]
- Jin F, Ji BZ, Liu SW, Tian L, Gao J, 2007. Studies on the anatomical structure of ovipositor and the gnawing nidus and oviposition habits of female adult *Apriona germari*. *Forest Research*, 20(3): 394 – 398. [金凤, 嵇保中, 刘曙雯, 田玲, 高洁, 2007. 桑天牛雌成虫产卵器解剖和刻槽及产卵习性研究. 林业科学研究, 20(3): 394 – 398]
- Jin F, Ji BZ, Liu SW, Tian L, Gao J, 2008. Study on ingredient of the oviposition secretion of *Apriona germari* (Hope). *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition)*, 32(2): 83 – 86. [金凤, 嵇保中, 刘曙雯, 田玲, 高洁, 2008. 桑天牛刻槽产卵分泌物的组成成分. 南京林业大学学报(自然科学版), 32(2): 83 – 86]
- Jin F, Ji BZ, Liu SW, Tian L, Gao J, 2009. Deposition modes, components and functions of secretions associated with oviposition in insects. *Acta Entomologica Sinica*, 52(9): 1008 – 1016. [金凤, 嵇保中, 刘曙雯, 田玲, 高洁, 2009. 昆虫产卵分泌物的产生方式、成分及功能. 昆虫学报, 52(9): 1008 – 1016]
- Li GW, Zhang JP, Chen J, Liu J, 2007. Threshold temperature and effective accumulated temperature to complete development for the eggs of *Monolepta hieroglyphica*. *Journal of Shihezi University (Natural Science)*, 25(6): 703 – 705. [李广伟, 张建萍, 陈静, 刘继, 2007. 双斑长跗蚱甲卵的发育起点温度和有效积温的研究. 石河子大学学报(自然科学版), 25(6): 703 – 705]
- Li JQ, Wang SX, Yang Y, Huang DZ, Jin YJ, Bai Y, 2006. The study on oviposition, host recognition and discrimination behavior of *Aprostocetus fukutai* (Miwa et Sonan). *Science of Sericulture*, 32(4): 447 – 452. [李继泉, 王树香, 杨元, 黄大庄, 金幼菊, 白颖, 2006. 桑天牛长尾啮小蜂产卵及寄主识别行为的观察与研究. 蚕业科学, 32(4): 447 – 452]
- Liu F, Wu XL, Zhang DL, Zeng W, Tang Y, Chen SJ, Yin DH, 2008. Effects of indoor humidity on egg hatching of the host of *Cordyceps sinensis*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 45(2): 293 – 297. [刘飞, 伍晓丽, 张德利, 曾伟, 唐毅, 陈仕江, 尹定华, 2008. 自然干燥对冬虫夏草寄主蝠蛾卵孵化的影响. 昆虫知识, 45(2): 293 – 297]
- Liu XQ, Zhang ZY, Wang SR, He M, Miao ZW, Zhao HJ, 1995. Studies on the population dynamics of *Anoplophora glabripennis* Moths. *Journal of Shanxi Agricultural University*, 15(4): 386 – 390. [刘贤谦, 张志勇, 王守仁, 何敏, 苗振旺, 赵怀俭, 1995. 光肩星天牛种群动态规律的研究. 山西农业大学学报, 15(4): 386 – 390]
- Marchini D, Marri L, Rosetto M, Manetti AGO, Dallai R, 1997. Presence of antibacterial peptides on the laid egg chorion of the medfly *Ceratitis capitata*. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 240(3): 657 – 663.
- Meiners T, Westerhaus C, Hilker M, 2000. Specificity of chemical cues used by a specialist egg parasitoid during host location. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 95: 151 – 159.
- Peddle S, Grootp D, Smith S, 2002. Oviposition behavior and response of *Monochamus scutellatus* (Coleoptera: Cerambycidae) to conspecific eggs and larvae. *Agricultural and Forest Entomology*, 4(3): 217 – 222.
- Rosi MC, Isidoro N, Colazza S, Bin F, 2001. Source of the host marking pheromone in the egg parasitoid *Trissolcus basalidis* (Hymenoptera: Scelionidae). *Journal of Insect Physiology*, 47: 989 – 995.
- Schröder R, Cristescu SM, Harren FJM, Hilker M, 2007. Reduction of ethylene emission from Scots pine elicited by insect egg secretion. *Journal of Experimental Botany*, 58(7): 1835 – 1842.
- Shao TJ, Zhang HS, Wang GD, 1998. Study on life-table of natural populations and forecast of occurrence quantity of *Anoplophora glabripennis*. *Inner Mongolia Forestry Science & Technology*, (3): 3 – 6. [邵铁军, 张宏世, 王国栋, 1998. 光肩星天牛自然种群生命表及发生量预测的研究. 内蒙古林业科技, (3): 3 – 6]
- Tian RM, Zhang YF, 2006. Research on the function mechanism of *Anoplophora glabripennis* secretion from ovarian to the tree body egg room. *Inner Mongolia Forestry Science and Technology*, 32(4): 20 – 24. [田润民, 张玉凤, 2006. 光肩星天牛卵管分泌物对树体卵室作用机制研究. 内蒙古林业科技, 32(4): 20 – 24]
- Ueno T, Tanaka T, 1996. Self-host discrimination by a parasitic wasp: the role of short-term memory. *Anim. Behav.*, 52: 875 – 883.
- Yi YM, Li X, Rao BJ, 2001. Anatomical structure of *Grevillea robusta* A. Cunn. stem and its formation of the callus. *Journal of Hubei Institute for Nationalities (Natural Science Edition)*, 19(1): 30 – 33. [易咏梅, 李鑫, 饶邦军, 2001. 银桦茎的解剖结构与插穗愈伤组织形成的研究. 湖北民族学报(自然科学版), 19(1): 30 – 33]

(责任编辑: 赵利辉)