

长木蜂的形态和生物学观察^{*}

贺春玲^{1,2**} 嵇保中^{2***} 刘曙雯³

(1. 河南科技大学林学院 洛阳 471003; 2. 南京林业大学森林资源与环境学院 南京 210037;

3. 南京中山陵园管理局 南京 210014)

摘 要 长木蜂 *Xylocopa tranquebarorum* (Swederus) 属于多访花性昆虫。本文报道了长木蜂的形态特征、生活史及幼虫和成虫的行为等生物学特性。该蜂在南京地区 1 年发生 1 代, 以成虫在巢室内越冬。翌年的 3 月下旬成虫开始外出活动, 主要是筑巢、采集粉蜜、酿贮蜂粮和产卵。6 月中旬至 7 月下旬新一代成虫羽化, 新羽化的成虫群集在蜜源植物青桐树上补充营养, 并在青桐的附近空中婚飞、交配。室内观察长木蜂的卵期 9~11 d, 平均 (9.97 ± 0.76) d; 幼虫期 19~22 d, 平均 (20.30 ± 1.18) d, 预蛹期 8~9 d, 平均 (8.53 ± 0.51) d, 蛹期 19~21 d, 平均 (19.67 ± 0.66) d。雌雄比为 2.17:1。雌蜂酿制蜂粮的盛期在 5 月上旬, 采集蜂粮的最佳时期在 5 月上中旬。该蜂的卵产在块状的蜂粮上, 卵长 10.06~13.34 mm, 腊肠形或香蕉形, 略弯曲, 两端钝圆, 头部略窄与尾部, 尾部最宽, 重 (0.0438 ± 0.0122) g。

关键词 长木蜂, 卵, 幼虫, 婚飞

Morphology and biology of *Xylocopa tranquebarorum*

HE Chun-Ling^{1,2**} JI Bao-Zhong^{2***} LIU Shu-Wen³

(1. Forestry College of Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China;

2. College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China;

3. The Administration of Dr. Sun Yat-sen's Mausoleum, Nanjing 210014, China)

Abstract This paper describes the morphology, life history and biological characteristics of *Xylocopa tranquebarorum* (Swederus), a generalist nectar and pollen forager. *X. tranquebarorum* has one generation a year in Nanjing and overwinters as adults in the nest. It reappears in late March of the following year, after which it engages in nesting, pollen and nectar foraging trips, storing bee bread and oviposition. Adults of the next generation emerge from mid-June to late July and cluster around the nectariferous plant, *Firmiana simplex*, for nutrition, nuptial flights and mating. Laboratory observations indicate that eggs required and average of 9–11 days to develop (mean = $9.97 \text{ d} \pm 0.76 \text{ d}$), the larval stage lasted 19–22 days (mean = $20.30 \text{ d} \pm 1.18 \text{ d}$), the prepupal stage was 8–9 days (mean = $8.53 \text{ d} \pm 0.51 \text{ d}$) and the pupal stage was 19–21 days (mean = $19.67 \text{ d} \pm 0.66 \text{ d}$). The ratio of males to females was 2.17:1. The peak period of making bee bread was in early May, so the best period for collecting bee bread was in early or middle May. Eggs were laid on the clumpy bee bread, which is about 10.06–13.34 mm long, with an average weight of $0.0438 \pm 0.0122 \text{ g}$, botuliform, or banana-shaped, slightly curved with obtuse ends.

Key words *Xylocopa tranquebarorum*, egg, larva, nuptial flight

木蜂作为蜜蜂科的一个重要类群, 用来研究昆虫社会进化的早期阶段具有非常重要意义 (Schwarz *et al.*, 1997; Steen and Schwarz, 2000)。木蜂一般为大型种类, 主要分布于热带和亚热带,

少数分布于温带地区; 巢室多筑于各种枯木或木材中, 弯月木蜂亚属 *Biluna* 的种类于竹杆中或竹建筑中筑巢; 中亚地区分布的突眼木蜂属 *Proxycopa* 于土中筑巢; 木蜂中也有在石缝土隧

* 资助项目: 河南科技大学博士基金项目 (09001446)、南京林业大学科技开发项目 (163010024)。

** E-mail: hechunling68@126.com

*** 通讯作者, E-mail: jbz9885@nifu.edu.cn

收稿日期: 2010-09-05, 接受日期: 2011-09-01

道中筑巢的(吴燕如,2000;Michener,2007)。雌雄木蜂异型,雄性唇基、上颚、上唇、触角及颊上有白色或黄色斑,雌性头部大多黑色,仅少数色浅。有些雌雄两性常异色,难以确认为同一种(吴燕如,2000);木蜂的生活方式有独栖性,亚社会和半社会行为(Gerling *et al.*, 1989)。

长木蜂 *Xylocopa* (*Biluna*) *tranquebarorum* (Swederus) 属于膜翅目 Hymenoptera, 蜜蜂科 Apidae, 木蜂亚科 Xylocopina, 木蜂属 *Xylocopa* 的双月木蜂亚属 *Biluna* Maa。国内主要分布于江苏、浙江、安徽、江西、湖北、湖南、福建、台湾、广东、海南、广西、四川、云南等省,国外分布于东亚等地区(吴燕如,2000)。吴燕如(1965,2000)记述了长木蜂成虫形态特征和采访植物。Maeta 等(1985,1996)对长木蜂在台湾的筑巢行为进行研究。罗禄怡等(1992)研究了长木蜂的生物学习性和生态关系。贺春玲等(2009a,2009b,2010)对长木蜂筑巢和酿贮蜂粮行为、长木蜂蜂粮酿制过程中 pH 值和花粉活力的测定以及长木蜂蜂粮的抑菌活性进行研究和报道。对于该蜂的生活史和生活习性还不甚清楚,作者于 2006—2009 年采用室内饲养和野外观察、拍照等方法对长木蜂各虫态形态特征、年生活史和生物学习性进行较为详细的观察,现将研究结果报道如下:

1 材料与方法

1.1 供试虫源

长木蜂的成虫、卵、幼虫和蛹主要采自南京林业大学树木标本园、中山植物园和南京情侣园花卉公园。

1.2 方法

1.2.1 生活史的观察 2007 年 3—6 月,天气晴好,每天外出观察长木蜂的活动情况,在雌蜂开始活动后,标记雌蜂的筑巢日期,并随机选取 3~5 个巢管带回实验室,解剖巢室,记录长木蜂的虫态和发育情况。2007 年 6 月下旬—2007 年的 10 月每周外出观察长木蜂的活动情况,观察方法同上;2007 年 10 月—2008 年 3 月每 2 周外出观察 1 次,观察方法同上。

1.2.2 卵期、幼虫期和蛹期的测定 从 2007 年 4 月上旬至 5 月下旬,采集标记的筑巢巢管,带回室内($T=25^{\circ}\text{C}$ 、 $\text{RH}=75\%$ 、无光照)解剖巢室后将带

有卵的蜂粮块放入直径 6 mm 的塑料培养皿,培养皿中铺上灭菌滤纸并滴加灭菌水保湿。每天观察记载卵、幼虫、蛹的发育进度($N=30$)。

1.2.3 雌成虫产卵量的观察 在长木蜂进入越冬后,采集带有巢室的枯竹,在实验室内解剖观察巢室内成虫的数量,长木蜂制作蜂粮后未产卵的蜂粮数量和未取食的蜂粮数量,以及雌蜂在巢室内做隔板的数量,统计每巢内雌蜂一生的产卵数量。

1.2.4 雌雄比的观察 采集的卵块,在室内条件下羽化的成虫统计雌雄数量;将越冬后在室外采集的巢室带回室内解剖,统计每一巢室中的成虫数量和雌雄数量;将所有的统计结果汇总得雌雄的比值($N=501$)。

1.2.5 成虫寿命的观察 越冬雌虫翌年产卵结束后不会马上死亡,还可以和子代成虫共居一室,7 月份以后,解剖巢室观察雌蜂的上颚磨损程度和解剖雌蜂观察卵巢有无产卵斑,从而确定越冬成虫的寿命。

1.3 形态描述和数据分析

利用 LEICA MA6 型体视显微镜对长木蜂的 4 种虫态的活体标本、针插标本进行观察、拍摄并绘图。采用 Microsoft Excel 表格处理软件和 SPSS Base Ver. 13.0 统计软件(SPSS, IL, Chicago, USA)进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 分布和形态特征

在 2009 年 8—11 月首次在河南洛宁县发现有长木蜂的活动,寄主为枯死的竹杆。长木蜂的生活史及各虫态形态见图 1 和图版 I。

2.1.1 成虫 雌成虫体长 19~27 mm,平均 (22.40 ± 1.58) mm ($N=30$);黑色;翅深褐色,基部近黑色,端部有紫红色的闪光。头宽于长;上颚 2 齿;唇基刻点密,端缘光滑,边缘稍凹陷;额脊明显;触角 12 节,触角第 1 鞭节长等于节 2+3+4;颊显著窄于复眼;颅顶后缘凹陷较深;中胸背板中盾沟及侧盾沟明显,中部光滑闪光,被极少点刻,四缘刻点密且细;小盾片后缘及腹部第 1 节背板前缘圆;腹部背板中部刻点稀少,两侧则较密,第 6 节背板刻点极细;后胫节胫基板位于该节的 3/7 处。触角第 1~10 节鞭节黑褐色;体被黑色,胸部四缘,侧板及腹部臀板上被黑绒毛;足被黑褐色

图 1 长木蜂的年生活史(南京:2007—2008)

Fig. 1 The life cycle of bamboo carpenter bee *Xylocopa (Biluna) tranquebarorum* (Nanjing:2007—2008)

时间Time	3月		4月		5月		6月		7月		8月		9月		10月						
	March		April		May		June		July		August		Septembe		October						
虫态	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中
Stage	L	F	M	L	F	M	L	F	M	L	F	M	L	F	M	L	F	M	L	F	M
越冬成虫	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
Overwintering adult																					
卵 Egg			⊙	⊙	⊙	⊙	⊙														
幼虫 Larva				△	△	△	△	△	△												
蛹 Pupa							●	●	●	●	●	●	●								
成虫 Adult								+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	⊕

注: ○ 卵 Egg; △ 幼虫 Larva; ● 蛹 Pupa; + 成虫 Adult; ⊕ 越冬成虫 Overwintering adult; E 上旬 Early; M 中旬 Middle; L 下旬 Late.

毛,中足及后足胫节及跗节被长的红黑褐色;腹部背板光滑无毛。

雄成虫体长 19 ~ 27 mm,平均(23.11 ± 1.98) mm ($N = 30$);与雌性主要区别为:后足腿节粗大。唇基(除前缘外)、颜面及额均黄色,且黄色区域骨化程度低。中单眼被 2 新月形黄斑包围。中胸背板、侧板及腹部第 1 节背板被黄褐色毛,其他部分被黑毛。翅褐色,基部深褐色,端部颜色稍淡无紫红色闪光。

2.1.2 卵 卵腊肠形或香蕉形,略弯曲,两端钝圆,头部略窄于尾部,尾部最宽。卵产在块状的蜂粮上。长 10.06 ~ 13.34 mm,平均(12.07 ± 1.107) mm,最宽处 2.5 ~ 3.2 mm,平均宽(2.733 ± 0.228) mm,重(0.0438 ± 0.0122) g;刚产下的卵乳白色不透明,表面光滑明亮,24 h 内卵的外部形态没有明显变化,但卵表面的光泽度减小,第 3 天在卵的尾部形成透明带,然后两端形成透明带,随着日龄的增加,透明带渐宽,体表稍皱褶,整个卵内卵黄蛋白等物质可见;9 ~ 11 d 卵壳内幼虫的形态发育完成,在体视显微镜下可以观察到身体在缓慢的蠕动,然后以头部破卵而出,卵壳从背中线逐渐开裂,卵壳很薄,幼虫不取食卵壳(图版 II)。

2.1.3 幼虫 幼虫为显头型,体粗肥,蛆状,无足,表皮白色,光滑;头部宽圆,下口式,上颚具 2 齿,淡褐色,骨化程度较强。初孵幼虫白色透明,长 10.00 ~ 12.36 mm,平均(11.32 ± 0.72) mm;随着虫龄增加,体色逐渐变成乳白色,半透明;老龄幼虫长

20.00 ~ 29.00 mm,平均(23.30 ± 2.14) mm。

2.1.4 蛹 裸蛹。刚化蛹时呈白色,略透明,以后逐渐变成黄褐色、翅、足、触角都游离。复眼呈白色,后呈红紫色,最后变成深褐色。

2.2 生物学习性

2.2.1 生活史 长木蜂在南京 1 年发生 1 代,以成虫在巢室中群居越冬,翌年的 3 月下旬成虫开始外出活动,寻找蜜源植物补充营养,然后在老巢的附近选址筑巢,巢筑好后,雌蜂采集花粉和花蜜酿贮蜂粮,卵产在酿贮好的蜂粮上,2007 年观察筑巢高峰期在 4 月上旬;卵期在 4 月中旬—5 月下旬,产卵盛期在 5 月上中旬;幼虫期在 4 月下旬—6 月中旬,蛹期在 6 月上旬到 7 月下旬,化蛹高峰期在 6 月中旬;新一代成虫在 6 月上旬开始羽化,羽化高峰期在 6 月中下旬;采集蜂粮的最佳时期在 5 月上中旬,此时雌蜂酿制蜂粮的数量多,而孵化的幼虫还是小幼虫,取食量较少,采集获得的蜂粮产量较高(图 1)。

2.2.2 生活习性

2.2.2.1 越冬成虫活动 越冬雌蜂的活动 越冬的成虫在翌年的 3 月下旬开始活动,出孔后先寻找蜜源植物补充营养,补充营养时间一般 2 ~ 3 d;然后开始在老巢的附近选择巢址建立新的巢室,巢室由雌蜂完成,雄虫不参与筑巢。长木蜂筑巢寄主在南京观察到的主要是竹子和芦苇。雌蜂用上颚咬巢,巢口的大小和身体的宽度基本一致,

巢口筑好并清理干净巢室后,开始大量采集花粉和花蜜,酿贮蜂粮;蜂粮是长木蜂幼虫一生所需的粮食,当一块蜂粮酿好后,雌蜂将卵产在蜂粮上;卵单产,一块蜂粮上产一粒卵,偶尔雌蜂蜂粮酿好后不产卵,出现空巢现象。雌蜂每产一卵后,开始在巢口附近啃咬竹屑,混合花粉花蜜做巢室壁板,然后向外再建新的巢室。6月上旬越冬雌蜂基本停止产卵,但不会立即死亡,越冬雌蜂和子代同居一个巢室,但外出活动没有酿贮蜂粮阶段频繁,每次外出不再携粉回巢,解剖雌蜂发现蜜囊比较饱满,直到越冬;通过解剖巢室观察雌蜂的上颚磨损程度和雌蜂头部腺体的发育程度以及卵巢的状况,到10月上旬巢室中还有越冬雌蜂存活,11月份解剖巢室中,未见越冬成虫存在,但翌年的3月份解剖巢室发现巢室中有死亡的雌蜂,从雌蜂上颚的磨损程度看,有的是越冬代的雌蜂,所以,初步判断雌虫的寿命在1年半左右。雌蜂一生筑一个巢室,未发现筑第2个巢室行为。

越冬雄蜂的活动 越冬的雄蜂在翌年的3月下旬开始活动,出孔后寻找蜜源植物补充营养,越冬雄虫出巢补充营养后未见有交配行为,也不参与新巢的构建、采集粉蜜和酿贮蜂粮。在雌蜂筑巢期间,雄蜂一般不利用越冬的巢室,而是寻找废弃的老巢或者被损坏的枯竹中多只雄虫群居在一起生活,少数雄虫混住在雌虫的巢室中;5月下旬以后在野外未见雄虫的访花行为。雄虫寿命短于雌虫。

2.2.2.2 雌蜂的产卵能力 不同的雌蜂产卵能力有差别,最少的一生产2粒,最多的产13粒。2007年调查的62巢276块酿制好的蜂粮中,雌蜂没有产卵的蜂粮块14块,空巢率为5.07%;长木蜂在蜂粮上产卵,但中途被破坏或没有孵化成幼虫的有23块,自然孵化率为91.67%。

2.2.2.3 新一代成虫活动 羽化的成虫体色黑色,翅白色,成虫不能爬行;第2天翅面颜色从基部到端部颜色逐渐加深,翅基部紫红色,端部黄白色;第3天翅基部黑色、端部暗褐色,成虫能在巢室内爬行;第4天雌虫的翅面端部有紫红色闪光,翅基本发育完成,能正常爬行,啃咬巢室隔板;第5天多数雌蜂开始将巢室的虫粪和巢室隔板等清理出巢外,少数长木蜂羽化后不清巢;第6~7天成虫开始出孔补充营养。

2007年6月中旬,在南京林业大学树木标本

园、南京农业大学校园、南京中山植物园和南京情侣园花卉公园均观察到成虫补充营养的主要寄主为青桐,大量的成虫集聚在青桐树上采花蜜补充营养,并且边补充营养边在高空中婚飞完成交配,交配时,雄虫在高空中追逐雌虫,同时飞行一段距离,然后分开,几个来回后,雄虫和雌虫完成交配过程,交配用时很短,几乎在瞬间完成。在成虫婚飞时,气候条件对它的影响相对较小,小雨天也观察到少量长木蜂照常外出活动,婚飞交配。8月份以后,成虫外出活动时间受气候影响比较大,出巢蜂较少,主要外出补充营养,到10月中旬以后未见成蜂出巢,同巢室蜂聚集在一起越冬。

调查99个巢室共计501只成虫,雌虫343只,雄虫158只,其雌雄比为2.17:1,雌虫数量是雄虫的2倍多。

2.2.2.4 卵、幼虫和蛹的发育 卵、幼虫和蛹均在巢室中活动。长木蜂卵、幼虫和蛹的发育相对比较一致,卵期9~11 d,平均 (9.97 ± 0.76) d;幼虫期19~22 d,平均 (20.30 ± 1.18) d,预蛹期8~9 d,平均 (8.53 ± 0.51) d,蛹期19~21 d,平均 (19.67 ± 0.66) d。

初孵幼虫在体视显微镜下才能看到头部的活动和食物进入肠道的蠕动过程,幼虫体表几乎透明,在体视显微镜下能看到体内的肠道和黄色的马氏管。幼虫伏在蜂粮上取食,将蜂粮吃成凹坑状,3龄以后,取食量大增,开始向外排虫粪,幼虫从蜂粮上蠕动到巢室中,身体围绕蜂粮成卷曲状,绕着蜂粮周围取食,直至将蜂粮取食殆尽,少数幼虫会留下极少量的蜂粮(图版II:6)。

2.2.2.5 成虫的访花种类 长木蜂属于多访花性昆虫,随着花期的变化,有选择性的改变访花植物,通过对成虫在不同阶段的访花植物的观察,在南京情侣园花卉公园和南京林业大学树木标本园观察到长木蜂采访植物有21种,隶属于樟科 Lauraceae、十字花科 Cruciferae、豆科 Leguminosae、芍药科 Paeoniaceae、蔷薇科 Rosaceae、罂粟科 Papaveraceae、锦葵科 Malvaceae、木犀科 Oleaceae、梧桐科 Sterculiaceae、千屈菜科 Lythraceae、杜鹃花科 Ericaceae 11科16个属的植物。越冬雌蜂外出补充营养期间,主要采访的植物有香樟(*Cinnamomum camphora*)、二月兰(*Orychophragmus violaceus*)、海棠(*Malus spectabilis*)、紫藤(*Wisteria sinensis*)、油菜(*Brassica campestris*)等植物;在酿贮

蜂粮期间,主要采访的植物有二月兰、芍药(*Paeonia lactiflora*)、虞美人(*Papaver rhoeas*)、槐花(*Sophora japonica*)、云实(*Caesalpinia decapetala*)、蜀葵(*Alcea rosea*)、蔷薇(*Rosa* spp.)、女贞(*Ligustrum lucidum*)、杜鹃(*Rhododendron simsii*) (采蜜)等植物;新一代成虫羽化后外出补充营养期间,主要采访的植物有女贞、青桐(*Firmiana simplex*)、紫薇(*Lagerstroemia indica*)、蜀葵等植物。长木蜂对花色的选择性不强,采访的植物花色有白色、黄色、紫色、红色、粉红、粉白等多种颜色。

3 讨论

3.1 长木蜂的生物学

长木蜂主要在枯竹上筑巢,对巢竹的选择与雌蜂个体大小有关,个体大的雌蜂选择的枯竹直径较大,个体小的雌蜂选择的枯竹直径较小;雌蜂个体的大小与产卵能力不成正相关,在解剖巢室发现,枯竹直径较小、巢孔较小的巢室中雌蜂的产卵数较多。卵的大小与雌蜂的个体大小有关,雌蜂个体大,选择的巢管直径大,酿制的蜂粮块大,产的卵大。按照 Iwata 和 Sakagami (1966) 卵指数的大小分级标准,木蜂的卵是昆虫中大型的种类 (Rozen and Özbek, 2003), Iwata (1938) 报道卵的长度为 15.7 mm; Maeta 等 (1985) 报道长木蜂的卵长 13.0 mm, 本研究测量长木蜂卵长在 10.06 ~ 13.34 mm 之间,基本上与 Maeta 等 (1985) 报道一致,关于长木蜂的雌蜂的产卵能力与卵的大小之间的相关性研究将另文报道。

长木蜂属于多访花性昆虫,吴燕如 (2000) 报道该蜂的访花植物有 22 种;罗禄怡 (1992) 观察发现长木蜂采访的植物种类上百种,一年中春末至秋初活动盛,一天中主要采访时间在上午 8:00—下午 18:30。作者在观察中发现,长木蜂在不同阶段访花植物的种类主要有 21 种,且活动受天气状况影响较大,在越冬成蜂补充营养阶段,成蜂出巢晚,回巢较早,酿贮蜂粮盛期气温在 20℃ 以上时,雌蜂早上出巢早,晚上回巢较晚;新一代成虫羽化后,在婚飞时,天气情况对成蜂的活动影响相对较小,在气温较高的小雨天,成蜂外出补充营养并在蜜源附近的高空交配;婚飞过后,成蜂活动主要是补充营养。连续 2 年对长木蜂的观察中发现,成虫的寿命长,从春季到秋季成虫都表现出访花行为,筑巢寄主主要是枯死的竹子,将有巢的枯竹和

无巢的枯死的竹子捆绑在一起,在早春长木蜂未开始活动前移到授粉点附近,长木蜂可以成功的在附近大量筑巢繁殖,达到授粉的目的。罗禄怡 (1992) 报道长木蜂对红三叶草授粉生态学的影响,作为授粉昆虫对于该蜂具体访花能力和对某种植物的授粉效果有待进一步研究。

3.2 长木蜂的交配行为

木蜂种类丰富,不同的种类其交配策略不同,已报道 16 亚属 38 种木蜂的交配行为,其交配策略与雄虫复眼的大小, Mesosomal gland 的大小和性二型颜色 3 个形态形状有关 (Leys and Hogendoorn, 2008)。木蜂交配活动期间具有领地行为,雄蜂利用上颚腺分泌的信息素标记自己的领地,通过视觉和上颚腺分泌的气味驱逐侵入领地的其它雄蜂 (Hefetz, 1983; Sugiura, 2008), 当雌蜂进入雄蜂的领地,雄蜂追逐并设法接近雌蜂,截止目前,对木蜂交配过程的观察报道文献非常少, Alcock (1993) 报道 *X. varipuncta* 的交配地点在非资源领地; *X. sulcatipes* 和 *X. flavorufa* 的交配均在高空飞行期间完成 (Watmouth, 1974; Gerling et al., 1983); *X. virginica* 的交配活动在高空飞行的瞬间进行,并且属于一夫多妻 (Barthell and Baird, 2004)。本研究对长木蜂的交配行为观察,发现长木蜂在新一代成虫羽化后,群居在青桐树上 (青桐的盛花期),边补充营养边在青桐附近高空中进行婚飞交配,而巢室中由于不便观察,长木蜂能否在巢室中完成交配有待证实,但也发现,有的雌蜂的一个巢室中,子代全部是雌虫,这样在巢室中完成交配自然不可能。这一观察结果与罗禄怡 (1992) 报道交尾场所在巢竹内进行不一致,并且本文仅对长木蜂的交配行为进行初步观察,具体的交配策略还有待进一步深入研究。

参考文献 (References)

- Alcock J, 1993. Differences in the site fidelity among territorial males of the carpenter bee *Xylocopa varipuncta* (Hymenoptera: Anthophoridae). *Behaviour*, 125 (3/4): 199—217.
- Barthell JF, Baird TA, 2004. Size variation and aggression among male *Xylocopa virginica* (L.) (Hymenoptera: Apidae) at a nesting site in Central Oklahoma. *J. Kansas Entomol. Soc.*, 77(1): 10—20.
- Gerling D, Hurd PD, Hefetz A, 1983. Comparative behavioral

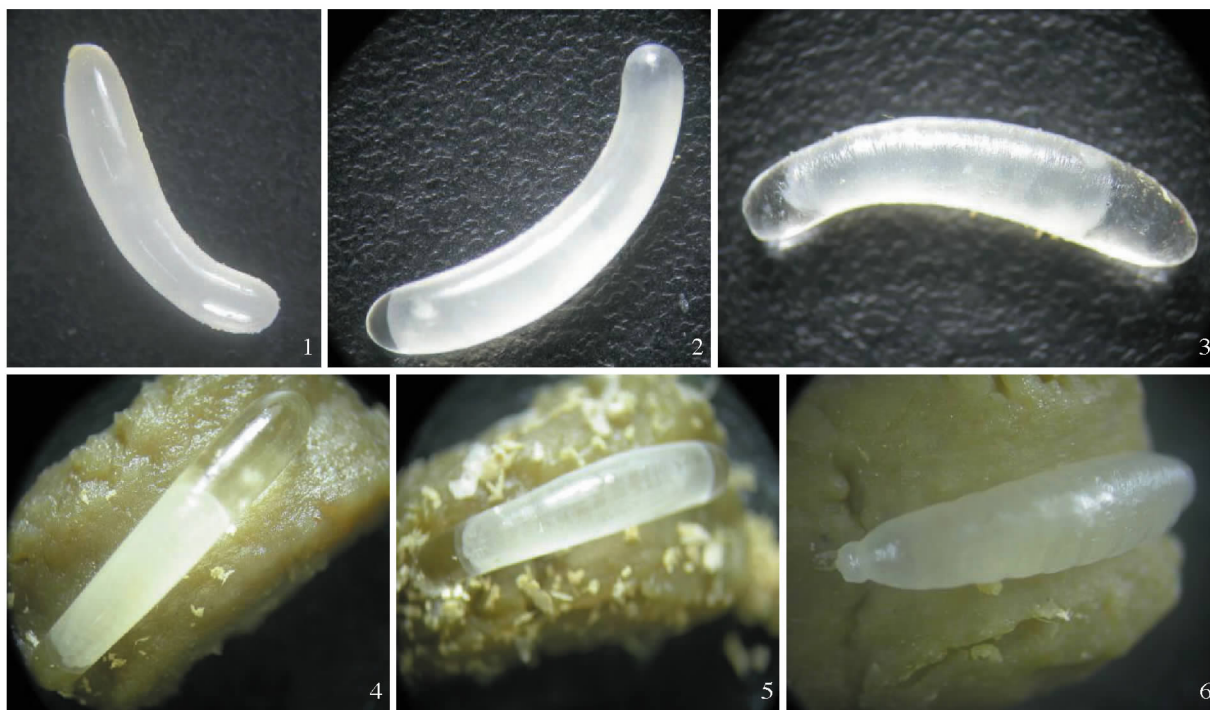
- biology of two middle east species of carpenter bees (*Xylocopa* Latreille) (Hymenoptera: Apoidea). *Smithsonian Contrib. Zool.*, 369:11—15.
- Gerling D, Velthuis HHW, Hefetz A, 1989. Bionomics of the large carpenter bees of the genus *Xylocopa*. *Annu. Rev. Entomol.*, 34(1):163—190.
- 贺春玲, 嵇保中, 刘曙雯, 2009b. 长木蜂筑巢和采粉贮粮行为. *昆虫学报*, 52(9):984—993.
- 贺春玲, 嵇保中, 刘曙雯, 2009a. 长木蜂蜂粮粗提液抑菌活性研究. *南京林业大学学报*, 33(2):17—22.
- 贺春玲, 嵇保中, 刘曙雯, 2010. 长木蜂蜂粮酿贮过程中 pH 和花粉活力的测定. *环境昆虫学报*, 32(1):78—84.
- Hefetz A, 1983. Function of secretion of mandibular gland of male territorial behavior of *Xylocopa sulcatipes* (Hymenoptera: Anthophoridae). *J. Chem. Ecol.*, 9(7):923—931.
- Iwata K, 1938. Habits of some bees in Formosa (II). *Trans. Nat. Hist. Soc. Formosa*, 28:205—215.
- Iwata K, Sakagami SF, 1966. Gigantism and dwarfism in bee eggs in relation to the mode of life, with notes on the number of ovarioles. *Jpn. J. Ecol.*, 16:4—16.
- Leys R, Hogendoorn K, 2008. Correlated evolution of mating behaviour and morphology in large carpenter bees (*Xylocopa*). *Apidologie*, 39(1):119—132.
- 罗禄怡, 罗次毕, 谢继石, 丁应生, 1992. 红三叶草种籽场长木蜂的人工训育及利用研究. *草业科学*, 9(6):5—8.
- Maeta Y, Sakagami SF, Shiokawa M, 1985. Observation of a nest aggregation of the Taiwanese bamboo carpenter bee, *Xylocopa* (*Biluna*) *tranquebarorum tranquebarorum* (Hymenoptera, Anthophoridae). *J. Kansas Entomol.*, 58(1):36—41.
- Matea Y, Miyanaga R, Sugiura N, 1996. Addition notes on the habits of the Taiwanese bamboo carpenter bee. *Jpn. J. Entomol.*, 64(3):669—680.
- Michener CD, 2007. *The Bees of the World*, 2nd edition, Johns Hopkins University, Baltimore, Md, USA. 6—30.
- Rozen JG, Özbek H, 2003. Oocyte, eggs and ovarioles of some long-tongued bees (Hymenoptera: Apoidea). *Amer. Mus. Novit.*, 3393:1—35.
- Schwarz MP, Silberbauer LX, Hurst PH, 1997. Intrinsic and extrinsic factors associated with social evolution in allodapine bees// Crespi B, Choe J (eds.). *The Evolution of Social Behaviour in Insects and Arachnids* Cambridge University Press, Cambridge. 333—346.
- Steen Z, Schwarz MP, 2000. Nesting and life cycle of the Australian green carpenter bees *Xylocopa* (*Lestis*) *aeratus* Smith and *Xylocopa* (*Lestis*) *bombylans* (Fabricius) (Hymenoptera: Apidae: Xylocopinae). *Aust. J. Entomol.*, 39(4):291—300.
- Sugiura S, 2008. Male territorial behaviour of the endemic large carpenter bee, *Xylocopa* (*Koptortosoma*) *ogasawarensis* (Hymenoptera: Apidae), on the oceanic Ogasawara Islands. *Eur. J. Entomol.*, 105(1):153—157.
- Watmouth RH, 1974. Biology and behavior of carpenter bees in southern Africa. *J. Entomol. Soc. South Afr.*, 37:261—281.
- 吴燕如, 1965. 中国经济昆虫志(第九册, 膜翅目, 蜜蜂总科). 北京: 科学出版社. 4—19.
- 吴燕如, 2000. 中国动物志(昆虫纲, 第二十卷, 膜翅目, 准蜂科 蜜蜂科). 北京: 科学出版社. 1—442.

图版 I 长木蜂的形态特征

Plate I The morphology of bamboo carpenter bee *Xylocopa (Biluna) tranquebarorum*

1. 卵 Egg; 2. 初孵幼虫 Newly hatched larvae; 3. 老熟幼虫 Mature larvae; 4. 蛹的腹面观 Ventral view of pupa; 5. 蛹的背面观 Dorsal view of pupa; 6. 雌成虫 Female adult ; 7. 预蛹和蛹 Prepupa and pupa; 8. 巢室 Nest structure.

图版 II 长木蜂卵的形态特征

Plate II The egg biological characteristics *Xylocopa (Biluna) tranquebarorum*

1. 第 1 天 The first day; 2. 第 2 天 The second day; 3, 4. 第 5 天 The fifth day ;5. 第 8 天 The eighty day;6. 初孵幼虫 Newly hatched larvae.

室(150 cm × 80 cm × 90 cm, 120 cm × 60 cm × 60 cm), 此网室四面及顶部是 30 目的尼龙纱网, 底部是木板, 供成虫交尾用, 网袋(80 cm × 40 cm × 30 cm), 以供成虫产卵用。

(5) 仪器设备: 游标卡尺、直尺、干湿球温度计、冰箱。

1.2 饲养条件

在自然光照条件下, 室内温度 22 ~ 25℃, 相对湿度 50% ~ 80%。

1.3 实验方法

(1) 幼虫孵化后每日更换新鲜、洁净的叶片直至其化蛹为止。

(2) 将蛹以头部朝下粘在羽化板上, 悬挂于羽化笼顶, 置于室外自然变温条件下, 待蛹羽化。

(3) 初羽化成虫饲喂蜂蜜水后, 将其放入交配笼中, 给予适宜的温度、湿度和采用自然光照, 笼内放有马缨丹。

(4) 斐豹蛱蝶交配后, 将其放在明亮通风处的寄主植物上, 用网袋将植物罩上, 且网袋内可同时置入数只此蝶, 以此法采卵应每日予以喂食 1 ~ 2 次。在高温时最好用喷雾器喷水降温。

(5) 待寄主植物上有一定量的卵粒后, 用毛笔将卵粒收集在同一片寄主叶上, 或把叶与卵粒一起摘下, 放入养虫盒内, 保持一定的温湿度, 让卵自然孵化。

1.4 蛹的低温保存试验及发育起点温度及有效积温的初步研究

为了使游客在蝴蝶园内, 不同的天气状况下, 感受到成群蝴蝶飞舞的壮观, 并保证周年均衡地供应蝴蝶, 作者在人为调控的温度范围内, 调控斐豹蛱蝶蛹的存活及羽化时间; 同时又在自然变温条件下, 对其发育起点温度及有效积温进行了研究, 并用直线回归法求出了发育起点温度及有效积温。

根据积温法则: $K = N(T - C)$ 可得:

$$T = C + KV$$

式中: T —发育期的平均温度, C —发育起点温度, K —有效积温, V —发育速度。

1.4.1 斐豹蛱蝶蛹的低温保存期限的试验 将化蛹时间不同的斐豹蛱蝶的蛹 100 头编号放入温度设定在 8 ~ 12℃ 范围内的冰箱内, 30 d 后将其从冰箱中取出, 放入温度在 25℃ 左右, 湿度为 50%

~ 80% 的室内, 记录其羽化情况。

1.4.2 蛹的发育起点温度及有效积温的初步研究 饲养观察: 9—10 月, 挑选发育健全的斐豹蛱蝶老熟幼虫分别放入 210 个养虫盒内。编号单个饲养, 30 个一组, 共计 7 组, 饲养的温湿条件与室外基本一致, 直至成虫羽化为止, 同时详细记录化蛹、羽化的具体时间和数量。

气温测定: 在饲养室内放置一干湿温度计, 每日 8:00、14:00 和 20:00 观察记录气温, 计算出日平均温度。

2 结果与分析

2.1 成虫

喜好在开阔的草地及林缘活动, 喜访花, 飞翔迅速, 由于是人工饲养, 所以羽化的时间不一样, 但一般都是上午羽化, 成虫刚羽化时, 又肥又胖, 身体臃肿, 2 对翅膀又小又皱, 好像个丑八怪, 但是, 经过 1 h 左右, 2 对翅膀像把折扇一样张开, 血管形成翅脉, 美丽鲜艳的花纹出现, 翅内的体液返回体内, 不久, 由肛门排出红色的液体废物, 刚羽化后的成虫攀附在空蛹壳上, 翅膀干透变硬后, 才飞离开。雄虫(图版 I: 2)略早于雌虫 1 ~ 2 d 羽化, 羽化后的雌虫(图版 I: 1)第 2 天即可交配, 而雄虫要 1 ~ 2 d 才可交配, 交配时间 9:30—15:00 时进行, 以在阳光明媚的上午 9:30—12:00 居多。雄蝶找到配偶后, 不断振翅, 然后将腹部弯向雌蝶腹部末端, 如雌蝶将腹部末端稍向上翘起, 就能顺利的进行交尾, 交尾姿势多为一字形。交尾时间大约 90 min。雌蝶交尾后在 1 ~ 2 d 内开始产卵, 将卵单产在寄主植物的叶背、枯叶、草梗上以及附近的其它植物上。成虫的寿命在 10 d 左右。为了能周年均衡地供应蝴蝶, 对其进行了低温(8 ~ 12℃)冷藏试验, 成虫的寿命一般平均能延长一星期左右。

2.2 卵

初产的卵淡黄色, 转而变为黄色, 呈圆锥状, 顶端不平整, 卵表有几何形状的纵横刻孔, 直径约 0.8 mm, 高约 0.7 mm(图版 I: 3)。孵化前变黑色, 并可透过卵壳, 见小幼虫。孵化时, 小幼虫首先用前鄂咬破卵壳, 然后逐渐扩大破口, 使之成不规则破口, 当破口可容幼虫体时, 小幼虫即可从中爬出。卵期一般为 5.4 d(温度在 22 ~ 25℃)。在