



窦飞越, 李红英, 宋海涛, 寇若玫, 周泽扬, 罗阿蓉, 黄敦元. 凹唇壁蜂的营巢生物学研究 [J]. 环境昆虫学报, 2022, 44 (1): 184 - 193.

## 凹唇壁蜂的营巢生物学研究

窦飞越<sup>1</sup>, 李红英<sup>1</sup>, 宋海涛<sup>3</sup>, 寇若玫<sup>1</sup>, 周泽扬<sup>1</sup>, 罗阿蓉<sup>2\*</sup>, 黄敦元<sup>1\*</sup>

(1. 重庆师范大学重庆市媒介昆虫重点实验室, 重庆 401331; 2. 中国科学院动物研究所动物进化和系统学重点实验室, 北京 100101; 3. 烟台必丰农业科技有限公司, 山东栖霞 265300)

**摘要:** 凹唇壁蜂 *Osmia excavata* Alfken 是我国早春果园重要的野生传粉昆虫, 具有重要的农业价值。本研究分别在山东烟台、江西赣州和重庆沙坪坝地区利用人工放养滞育状态下的凹唇壁蜂成虫, 并通过野外观察和室内解剖该蜂的筑巢巢管, 系统研究了该蜂的筑巢习性、访花行为、日活动规律和生活史等营巢生物学及相关生物学特性。结果表明: 凹唇壁蜂的雌蜂偏好选择长度平均为  $121.86 \pm 48.44$  mm, 内径平均为  $8.01 \pm 1.42$  mm 的巢管筑巢。经室内解剖, 该蜂的巢管结构主要包括前庭、虫室、间室和空室共四个部分, 平均长度分别为  $18.24 \pm 7.24$  mm,  $12.84 \pm 2.72$  mm,  $20.92 \pm 8.88$  mm,  $11.64 \pm 5.39$  mm。野外观察发现, 该蜂在重庆沙坪坝地区 1 年发生 1 代, 卵期 3~4 d、幼虫期 20~25 d、蛹期 25~30 d, 以滞育状态下的成虫在茧内越冬。翌年 3 月下旬成虫陆续破茧出巢, 一般雄蜂较雌蜂早 1~2 d 出巢, 雌蜂出巢后即可完成访花、交配、筑巢和产卵等行为。该蜂收集巢内杂物时间平均为  $38.73 \pm 19.75$  s, 出巢处理杂物时间平均为  $10.58 \pm 6.05$  s, 出巢收集泥团时间平均为  $67.33 \pm 21.32$  s, 筑巢时间平均为  $58.08 \pm 18.90$  s, 采集花(粉)蜜时间平均为  $371.00 \pm 152.06$  s, 携粉回巢滞留的时间平均为  $104.39 \pm 37.58$  s。该蜂采集(粉)蜜源植物主要有苹果 *Malus pumila* Mill、梨 *Pyrus* spp.、樱桃 *Cerasus pseudocerasus*、风轮菜 *Clinopodium chinense*、女贞 *Ligustrum lucidum* 和酢浆草 *Oxalis corniculata* 等。本研究通过野外观察和人工巢管技术对凹唇壁蜂雌蜂日常活动行为及筑巢规律等生物学特性的观察, 旨在明确该蜂的营巢习性以期为后续该蜂的规模化利用提供基本依据。

**关键词:** 凹唇壁蜂; 生活史; 筑巢行为; 访花行为; 寄生性天敌

中图分类号: Q968.1; S89

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2022) 01-0184-10

### Nesting biology of *Osmia excavata* Alfken (Hymenoptera: Megachilidae)

DOU Fei-Yue<sup>1</sup>, LI Hong-Ying<sup>1</sup>, SONG Hai-Tao<sup>3</sup>, KOU Rou-Mei<sup>1</sup>, ZHOU Ze-Yang<sup>1</sup>, LUO A-Rong<sup>2\*</sup>, HUANG Dun-Yuan<sup>1\*</sup> (1. Chongqing Key Laboratory of Vector Insects, College of Life Sciences, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China; 2. Key Laboratory of Zoological Systematics and Evolution, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 3. Yantai Bifeng Agricultural Science and Technology Co., LTD., Qixia 265300, Shandong Province, China)

**Abstract:** *Osmia excavata* Alfken is an important wild pollinator for agriculture, being active in early spring orchards in China. In this study, *O. excavata* adults of diapause were artificially stocked in Yantai of Shangdong, Ganzhou of Jiangxi, and Shapingba of Chongqing. Via both field observation and indoor anatomy of the nest, we systematically studied the nesting biology and related biological characteristics

基金项目: 中国科学院动物进化与系统学重点实验室开放课题 (0529YX5105); 国家自然科学基金 (31970484); 科技基础资源调查专项 (2018FY100405); 重庆市科技兴林项目 (渝林科研 2020-5)

作者简介: 窦飞越, 男, 硕士研究生, 主要从事野生蜜蜂生物学的相关研究, E-mail: 728999253@qq.com

\* 共同通讯作者 Author for correspondence: 黄敦元, 博士, 副教授, 研究方向为传粉生态学, E-mail: huangdunyan@126.com; 罗阿蓉, 博士, 副研究员, E-mail: luoar@ioz.ac.cn

收稿日期 Received: 2020-09-28; 接受日期 Accepted: 2021-01-07

such as nesting habits , life history and pollination behavior. Females from three regions preferred a nest tube with an average length of  $121.86 \pm 48.44$  mm and average inner diameter of  $8.01 \pm 1.42$  mm. According to indoor dissection and observation , nest consists of vestibular cell , brood cells , intercalary cell and empty cell , with mean length were  $18.24 \pm 7.24$  mm ,  $12.84 \pm 2.72$  mm ,  $20.92 \pm 8.88$  mm and  $11.64 \pm 5.39$  mm , respectively. *O. excavata* occurred one generation a year in Shapingba of Chongqing , phases of the egg , pupae and larva were of 3 ~ 4 days , 20 ~ 25 days , and 25 ~ 30 days , respectively. And the diapaused adult overwinter in the cocoon and would begin to go out of its nest in late March of the next year , mainly including behaviors of mating , nesting , flower foraging and oviposition. Field observation showed that mean time for the bee collecting nesting debris was  $38.73 \pm 19.75$  s , mean time for dealing with debris of the nest was  $10.58 \pm 6.05$  s , mean time for collecting nesting material was  $67.33 \pm 21.32$  s , mean time for staying in the nest with materials was  $58.08 \pm 18.90$  s , mean time for collecting the pollen and nectar was  $371.00 \pm 152.06$  s , and mean time for staying in the nest with pollen and nectar was  $104.39 \pm 37.58$  s. Females mainly visited the plants of *Malus pumila* Mill , *Pyrus* spp. , *Cerasus pseudocerasus* , *Clinopodium chinens* , *Ligustrum lucidum* , and *Oxalis corniculata*. In general , our study revealed the daily activity behavior and nesting habits of females by trap-nesting and field observation , aiming to clarify the nesting biology , in order to provide the basis for the future management , domestication and propagation of *O. excavata* Alfken.

**Key words:** *Osmia excavata* Alfken; life history; nesting behavior; pollination behavior; parasitic enemies

植物依赖动物传粉是一种重要的生态系统服务,全球约 87.5% 的开花植物需要动物授粉,全球 75% 的主要粮食作物也需要动物授粉(贾翔宇等,2018; Bentrup *et al.* ,2019),其中昆虫授粉功能占据非常重要的地位(徐环李等,2009)。据统计,2015 年,仅在中国的农业系统内,昆虫对 22 类主要农作物的授粉服务价值就达 8 860.5 亿元(欧阳芳等,2019)。近年来,由于栖息地丧失、农药过度使用以及愈加规模化和集约化的农业发展,传粉昆虫面临多种风险因素,从而导致全球授粉功能的严重下降(Potts *et al.* ,2010; De Palma *et al.* ,2017; Boyle *et al.* ,2020)。为了维持经济作物的授粉需求,研究者开始寻找并开发具有商业化潜力的其它传粉昆虫(Ryder *et al.* ,2020)。20 世纪中期,日本和美国等多个国家开始利用壁蜂为苹果、梨等果树授粉(Parker,1981; Torchio *et al.* ,1987; 魏枢阁等,1991; 徐环李等,1994)。上个世纪 90 年代中期,我国也开始广泛利用熊蜂为茄子、番茄、桃和梨等多种作物授粉(吴杰等,2006),并尝试从国外引进苜蓿切叶蜂 *Megachile rotundata* 帮助苜蓿授粉(徐环李等,2009),均取得了良好的效果。

壁蜂属 *Osmia* 隶属于昆虫纲 Insecta 膜翅目 Hymenoptera 蜜蜂总科 Apoidea 切叶蜂科 Megachilidae(徐环李等,1994),全世界有 80 余

种(闫卓等,2018)。该属多数类群喜在土壁、石洞、墙壁等洞穴中筑巢,以采集花粉(蜜)为食并完成世代繁育(袁锋等,1992)。诸多研究表明:壁蜂属多数物种因具有易管理、低成本和高传粉效率等特点,所以常作为人工放养野生蜜蜂被广泛应用于苹果、樱桃、梨等果树的授粉(魏枢阁和赵兰英,1995; 魏永平等,2000; 逮彦果,2004)。

凹唇壁蜂 *Osmia excavata* Alfken 隶属于壁蜂属,广泛分布于我国山东、陕西、山西、河南、河北、新疆、辽宁、江苏等地区(魏永平等,2001)。根据刘丽等(2019)在山东烟台对凹唇壁蜂的授粉价值的研究显示,该蜂对樱桃、苹果和梨的授粉经济服务价值分别超过 180、600 和 50 亿元。另外,相比其它授粉蜜蜂,凹唇壁蜂具有耐低温、日活动时间长、访花效率高、授粉范围集中及管理简单等优点(魏永平和袁锋,1997),因此,该蜂被认为是一种优良且可以规模化放养的野生传粉昆虫,在未来农业领域具有较大的应用前景(何伟志和周伟儒,2009)。

人工巢穴技术(Trap-nesting)是根据诱集对象(包括野生蜜蜂和胡蜂类群)的筑巢习性,人为利用木头、竹子、纸筒或塑料管等中空材料来收集独栖性蜂类的一种方法(黄敦元等,2012)。该技术可用于独栖性蜂的标本采集和生物学特性

观察 (黄敦元等, 2013), 也常用于生物多样性的分析 (郭鹏飞等, 2018) 及子代性别分配和亲本投资机制的研究 (Staab *et al.*, 2018; Gonçalves & da Costa, 2019)。本文利用人工巢穴技术在山东烟台、江西赣州和重庆沙坪坝地区收集放养的凹唇壁蜂, 并对其营巢生物学进行系统的研究, 旨在进一步明确其巢穴结构和营巢习性, 为该蜂的科学管理和规模化利用作为依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究地点

本研究野外试验于 2020 年 3 月至 5 月在山东烟台栖霞市 (37°17'12"N, 120°49'53"E; 海拔 180 m)、江西省赣州市赣县五云镇 (25°59'36"N, 114°49'41"E; 海拔 142 m) 和重庆市沙坪坝区 (29°36'56"N, 106°17'46"E; 海拔 292 m) 进行, 其中该蜂的生活史研究主要在重庆市沙坪坝样地完成。

### 1.2 研究材料

本试验所用凹唇壁蜂蜂茧由烟台必丰农业科技有限公司提供。于 2019 年 6 月购买并存放在重庆师范大学媒介昆虫重点实验室冰箱中低温保存 (4℃)。在野外试验开始前 1 周从冰箱中取出常温保存。

### 1.3 研究方法

#### 1.3.1 凹唇壁蜂释放和巢管安装

2020 年 3 月至 5 月, 分别在 3 个试验样地人工放养 2 000 头凹唇壁蜂滞育成虫, 同时在每个样

地内各安置 3 个人工巢箱 (每个巢箱 1 500 根巢管), 人工巢箱的制作和安装参考 Staab 等 (2014)。

#### 1.3.2 巢室分析

从 3 个试验样地收集凹唇壁蜂的筑巢巢管并带回实验室, 使用解剖刀剖开约 1/3 的巢管, 观察巢管内部结构, 记录虫室数量, 同时使用电子游标卡尺测量虫室长度、前庭长度、空室长度、间室长度及巢管内径 (图 1)。

#### 1.3.3 筑巢和访花行为的观察

野外对重庆沙坪坝样地内的凹唇壁蜂巢管进行不同颜色标记 ( $n = 10$ ), 采取目测、追踪和摄像相结合的方法对刚开始筑巢的雌性个体进行连续 4 d 的野外观察, 每天观察时间段为 7:00 - 18:00, 主要观察以及记录的数据有: 环境的温度、雌蜂清理巢管的时间、采集筑巢材料的时间、携 (粉) 蜜回巢的时间及巢管内滞留的时间。另外, 记录雌蜂到访 (粉) 蜜源植物的种类, 同时摄像记录该蜂访花行为。

#### 1.3.4 幼虫发育观察

将已解剖的重庆沙坪坝样地内的凹唇壁蜂巢管置于试管内, 用脱脂棉堵塞试管口, 对巢管内的各虫态发育过程及行为习性进行记录, 包括卵期、幼虫期和蛹期的发育时间以及各个阶段的形态特征等。

### 1.4 数据统计分析

实验数据储存和图形制作采用 Excel 2016 软件进行处理。

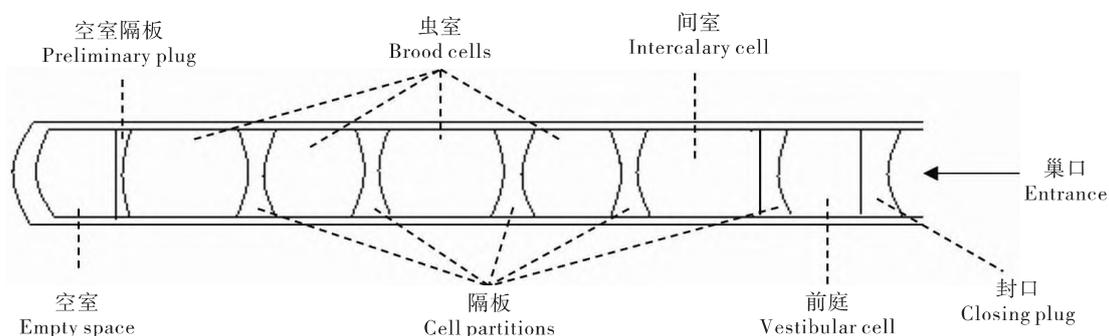


图 1 凹唇壁蜂的巢管结构

Fig. 1 Nest structure of *Osmia excavata*

## 2 结果与分析

### 2.1 生活史

凹唇壁蜂营独栖生活, 在重庆沙坪坝地区 1 年

发生 1 代, 以成虫在茧内越冬。翌年的 3 月下旬, 成虫陆续破茧出巢 (雄蜂一般早于雌蜂 1~2 d 出巢), 在巢穴附近寻找 (粉) 蜜源植物, 吸食花 (粉) 蜜补充营养并完成巡飞婚配。交配完成的部分雌蜂会飞回最初被释放的地点, 选择并标记适

合的巢管进行筑巢, 采集花(粉)蜜制作蜂粮并完成产卵繁殖后代。重庆沙坪坝地区的雌蜂成虫活动期为 30~45 d, 卵期 3~4 d、幼虫期 20~

25 d、蛹期 25~30 d。幼虫取食完花粉团后便结茧化蛹进入前蛹期, 8月到9月开始在茧内羽化成虫并开始越冬(表 1)。

表 1 凹唇壁蜂的生活史(重庆沙坪坝)

Table 1 Life cycle of *Osmia excavata* Alfken (Shapingba District of Chongqing City)

世代 Generation	3月 March			4月 April			5月 May			6月 June			7月 July			8月 Aug.			9月-翌年3月 Sep. - next March				
	上 F	中 M	下 L	上 F	中 M	下 L	上 F	中 M	下 L	上 F	中 M	下 L	上 F	中 M	下 L	上 F	中 M	下 L	上 F	中 M	下 L		
	第一代 1 <sup>st</sup> generation	±	±	±	±	±																	
				+	+	+	+	+	+														
				●	●	●	●	●	●														
				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
						△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△							
																			○	○	○	○	
																					±	±	±

注: ●, 卵; -, 幼虫; △, 前蛹期; ○, 蛹; ±, 滞育状态; +, 出巢活动成虫; F, 上旬; M, 中旬; L, 下旬。  
Note: ●, egg; -, larva; △, anterior pupal stage; ○, pupa; ±, diapause state; +, emerged adult; F, the first ten days of the month; M, the middle ten days of the month; L, the last ten days of the month.

卵(图 2-A): 呈乳白色半透明, 月牙状形, 微弯曲, 表面光滑, 长  $3.47 \pm 0.11$  mm ( $n=10$ ), 伏在蜂粮表面。随着日龄的增加, 卵内卵黄蛋白等物质清晰可见, 体表逐渐褶皱。3~4 d 后, 幼虫的形态基本形成, 头部先破壳而出, 并通过身体不断蠕动使卵壳逐渐脱落至尾端, 等到幼虫发育至 2 龄时卵壳完全脱离。

幼虫(图 2-A): 初孵幼虫体型跟卵粒一般大小, 乳白色, 咀嚼式口器, 基本无移动能力, 依靠深入蜂粮内的口器取食。随着日龄增大, 幼虫体表呈淡黄色, 部分为砖红色或淡灰色。到了 3 龄左右, 幼虫围绕蜂粮呈“C”字形, 后肠内的虫粪清晰可见, 此时幼虫的进食行为和排泄行为可以同步进行。历经 20~25 d 取食完蜂粮后, 幼虫通过身体运动将虫粪清理至虫室一端开始结茧进入前蛹期, 并在之后的发育过程中始终保持头部朝向巢管出口。

蛹期(图 2-B): 被蛹, 结茧过程需 2~3 d。初茧为白色后渐变为红褐色, 外被一层具有固定作用的白色丝质膜粘附在管壁上, 茧前端有一突起为茧封闭处。茧形状为椭圆形, 长度  $8.06 \pm 0.10$  mm ( $n=10$ ), 茧直径与巢管内径基本一致。

茧内初蛹呈乳白色, 体粗肥, 然后渐变为淡黄色再到黑褐色并进入前蛹期。8~9 月幼虫陆续羽化, 成虫在茧内以专性滞育状态越冬, 翌年 3 月下旬成虫陆续破茧出巢。

## 2.2 雌蜂筑巢行为

### 2.2.1 巢管选择及巢室结构

交配后的雌蜂一般回到羽化附近选择巢箱筑巢, 通过多次进出巢管的方式, 选择合适的巢管进行筑巢并繁殖后代。根据室内对筑巢巢管的解剖和测量发现, 雌蜂偏好选择的巢管长度为 25.66~209.69 mm, 平均长度为  $121.86 \pm 48.44$  mm ( $n=110$ ), 选择的巢管内径范围为 5.06~11.88 mm, 平均内径为  $8.01 \pm 1.42$  mm ( $n=110$ )。该蜂巢管内的巢室结构主要包括前庭(Vestibular cell)、虫室(Brood cells/provisioned cells)、间室(Intercalary cells)和空室(Empty cell)四个部分(图 1), 长度范围分别为 8.26~31.71 mm, 6.13~23.85 mm, 11.36~37.61 mm, 5.28~21.47 mm, 平均长度分别为  $18.24 \pm 7.24$  mm ( $n=62$ ),  $12.84 \pm 2.72$  mm ( $n=565$ ),  $20.92 \pm 8.88$  mm ( $n=18$ ),  $11.64 \pm 5.39$  mm ( $n=20$ ) (表 2)。

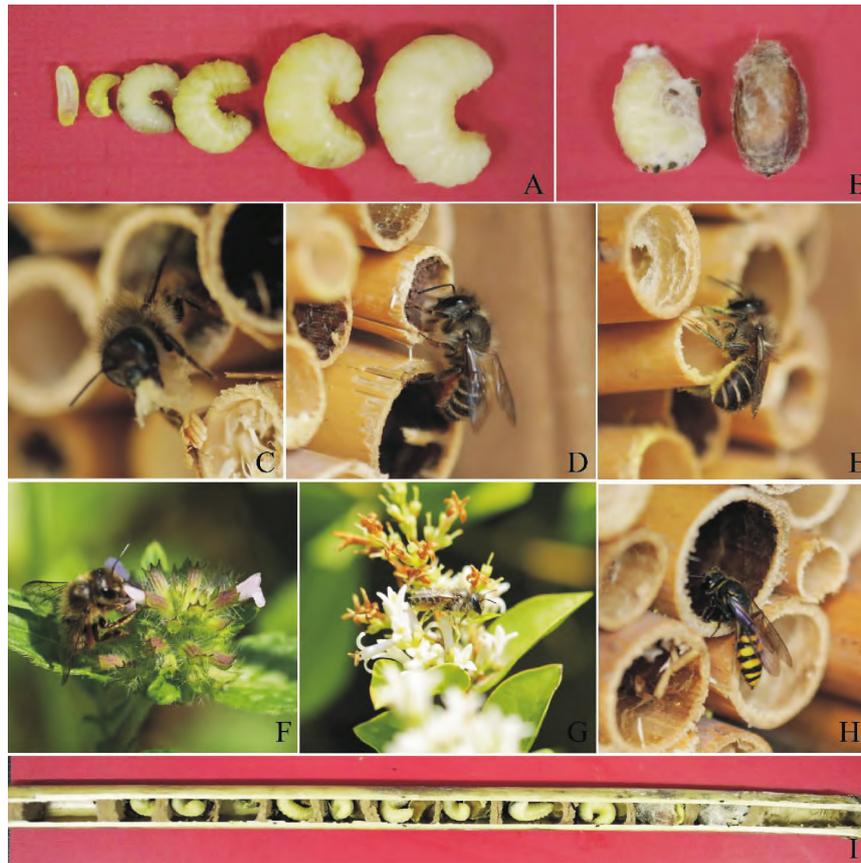


图2 凹唇壁蜂的营巢生物观察

Fig. 2 Nesting biology of *Osmia excavata* Alfken (Hymenoptera: Megachilidae)

注: A, 从左到右分别为卵、1 龄幼虫、2 龄幼虫、3 龄幼虫、4 龄幼虫和 5 龄幼虫; B, 从左到右分别为结茧时的幼虫和结茧完成的蛹; C, 雌蜂清理巢管行为; D, 雌蜂筑巢行为; E, 雌蜂携(粉)蜜回巢; F, 访问蜜源植物风轮菜; G, 访问蜜源植物女贞; H, 叉唇寡毛土蜂侵入巢穴; I, 巢结构。Note: A, from left to right were egg, first instar larva, second instar larva, third instar larva, fourth instar larva, and fifth instar larva; B, from left to right were the larvae when cocooning and the pupa after cocooning; C, behavior of female to clear the nest; D, female nesting behavior; E, female carried pollen and nectar to nest; F, visited nectar plant (*C. chinense*); G, visited the nectar plant (*L. lucidume*); H, *Sapyga coma* invade nests; I, nest structure of *Osmia excavata* Alfken.

表2 凹唇壁蜂巢管的相关特性

Table 2 Related characteristics about the nests of *Osmia excavata*

参数 Parameters	平均 ± 标准误 Mean ± SE	最小值 Min.	最大值 Max.
巢管长度 (mm) Length of nest	121.86 ± 48.44	25.66	209.69
巢管内径 (mm) Diameter of nest	8.01 ± 1.42	5.06	11.88
封口厚度 (mm) Thickness of closing plug	5.00 ± 1.36	2.68	7.57
前庭 (mm) Length of vestibular cell	18.24 ± 7.24	8.26	31.71
空室 (mm) Length of empty cell	11.64 ± 5.39	5.28	21.47
虫室长度 (mm) Length of brood cell	12.84 ± 2.72	6.13	23.85
间室 (mm) Length of intercalary cell	20.92 ± 8.88	11.36	37.61
虫室数 (n) Number of brood cell	5 ± 3	1	13

### 2.2.2 巢管清理

筑巢巢管确定后, 雌蜂开始对巢内的芦苇芯等杂物进行清理, 清理行为主要有 3 种: 芦苇芯较小时, 雌蜂会直接用上颚将其咬碎带出巢外; 芦苇芯较大时, 雌蜂会用前足将其抱住再带出巢外; 芦苇芯较多时, 雌蜂会将其先聚集到巢口, 最后用腹部推出。整个清理过程需要 20 ~ 35 次完成, 收集杂物时间范围在 5 ~ 106 s, 平均时间为  $38.73 \pm 19.75$  s ( $n=92$ ) (图 3-A), 出巢处理杂物时间范围为 2 ~ 54 s, 平均时间为  $10.58 \pm 6.05$  s ( $n=92$ ) (图 3-B)。

### 2.2.3 筑巢材料采集

清理巢管结束后, 雌蜂开始出巢挖掘附近新鲜的泥土并带回巢穴中构建巢室。首先雌蜂用上颚挖取泥团, 然后带回巢穴, 为避免材料凝固, 雌蜂会立即开始筑巢。筑巢时雌蜂先构建巢管底部的隔板, 通过上颚不断咬合沿巢管内壁向中心

塑形 (图 2-D)。一块完整的隔板需要泥团数量为 12 ~ 27 个, 雌蜂外出采集筑巢材料的单次时间为 33 ~ 179 s, 平均时间  $67.33 \pm 21.32$  s ( $n=68$ ) (图 4-A), 巢内的滞留时间为 22 ~ 211 s, 平均时间  $58.08 \pm 18.90$  s ( $n=68$ ) (图 4-B)。

### 2.2.4 蜂粮制作及产卵

当虫室隔板构筑完成后, 雌蜂出巢采集花粉和花蜜。回巢后雌蜂会将蜜囊中的花蜜吐出, 用后足卸下腹部的花粉, 将花粉和花蜜混合一起制作蜂粮 (图 2-E), 一枚完整的蜂粮需要收集 15 ~ 29 次。蜂粮制作完成后, 雌蜂在蜂粮表面产卵后用泥块封闭虫室并进入下一个虫室的构筑。雌蜂单次采集花粉和花蜜时间为 125 ~ 1 234 s, 平均为  $371.00 \pm 152.06$  s ( $n=78$ ) (图 5-A), 处理花粉的时间为 36 ~ 446 s, 平均时间为  $104.39 \pm 37.58$  s ( $n=78$ ) (图 5-B)。

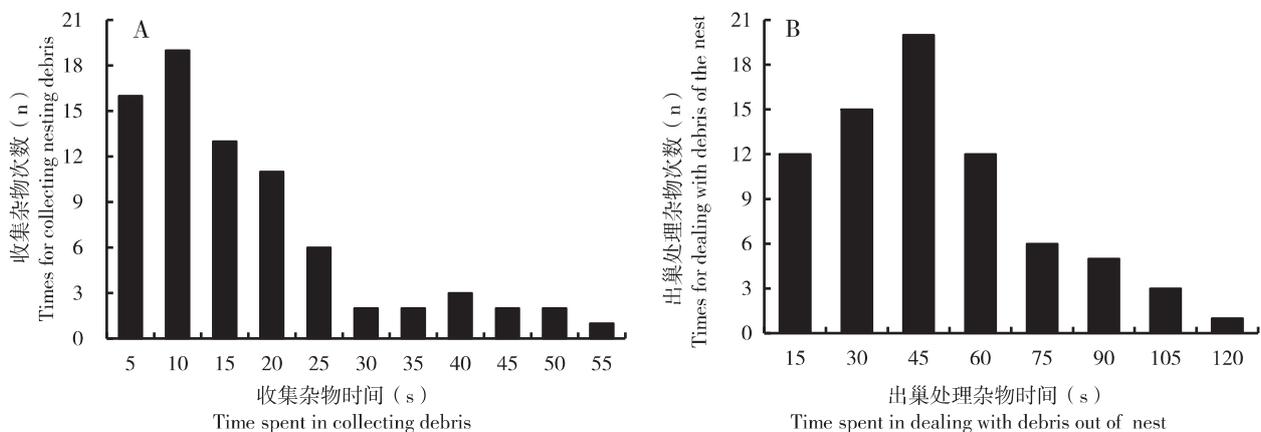


图 3 凹唇壁蜂收集杂物时间 (A) 和出巢处理杂物时间 (B)

Fig. 3 Time spent in collecting debris (A) and dealing with debris (B) of *Osmia excavata*

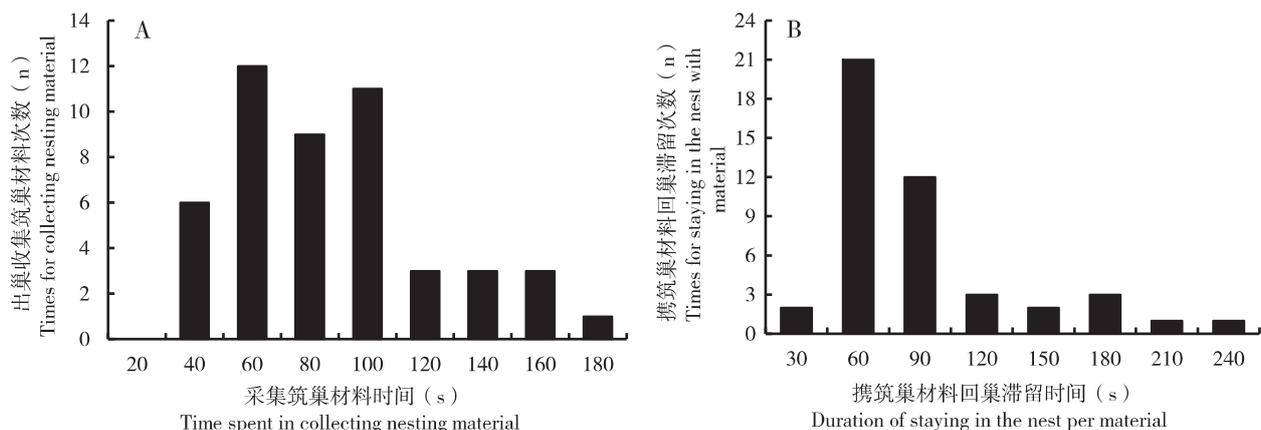


图 4 凹唇壁蜂采集筑巢材料时间 (A) 和携筑巢材料回巢滞留时间 (B)

Fig. 4 Time spent in collecting nesting material (A) and duration of staying in the nest per material (B) of *Osmia excavata*

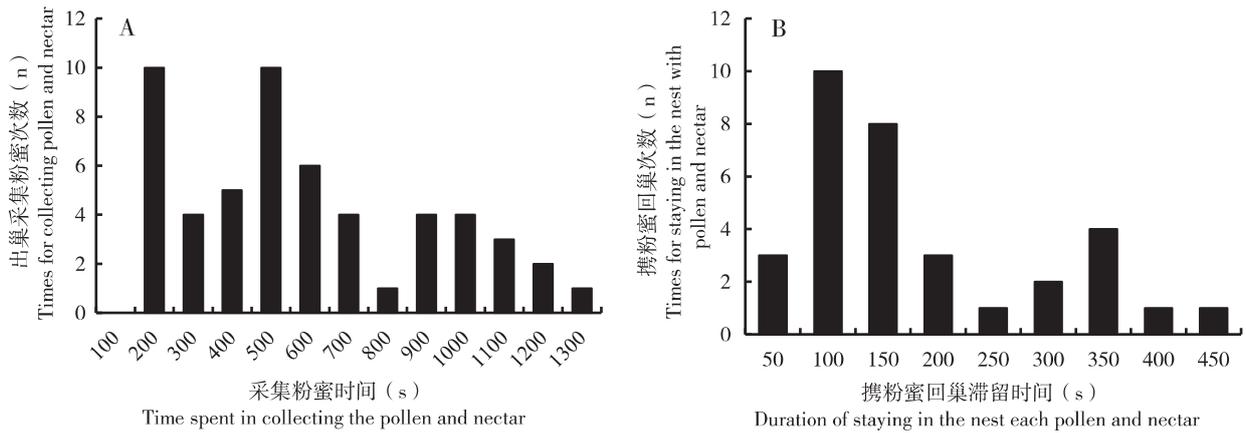


图5 凹唇壁蜂采集(粉)蜜时间(A)和携(粉)蜜回巢滞留时间(B)

Fig. 5 Time spent in the pollen and nectar (A) and duration of staying in the nest each pollen and nectar (B) of *Osmia excavata*

### 2.3 访花习性与寄生天敌

凹唇壁蜂访花方式为顶采式,即访花时直接落在花朵雄蕊上,腹毛刷紧贴雄蕊并通过腹部运动采集花粉,或是用头部吸取花蜜(图2-F, G)。经过野外调查,发现凹唇壁蜂访问的野生(粉)蜜源植物主要有风轮菜 *Clinopodium chinens*、女贞 *Ligustrum lucidume*、酢浆草 *Oxalis corniculata*, 经济作物主要有苹果 *Malus pumila* Mill、梨 *Pyrus* spp.、樱桃 *Cerasus pseudocerasus* 等。

通过野外观察和室内解剖发现,在雌蜂出巢收集花粉时,叉唇寡毛土蜂 *Sapyga coma* 会潜入已筑巢的巢管内部,并在蜂粮上产下自己卵(图2-H)。

### 2.4 雌蜂日采(粉)蜜活动规律

为探究雌蜂的访花规律,在重庆沙坪坝地区,对同一根已筑巢的巢管进行标记,跟踪该巢管内雌蜂的访花行为,记录其在不同天气下每2h出巢采集粉(蜜)的次数,同时每2h记录环境的温度。结果如图5显示,雌蜂采集花(粉)蜜的活动时间段为7:00-19:00,全天活动时间达到12h,其中11:00-15:00期间为活动高峰期,17:00-19:00期间雌蜂随着气温下降以及傍晚的临近其活动频率骤然下降,在18:00之后,雌蜂一般回巢准备过夜。在不同天气下(晴天和阴天)都显示出,雌蜂在7:00-13:00期间的活动频率随着气温的上升而在加快,但在晴天时的活动频率明显比在阴天时的活动频率高,当气温超过35℃时(13:00),雌蜂活动频率显示出下降趋势。

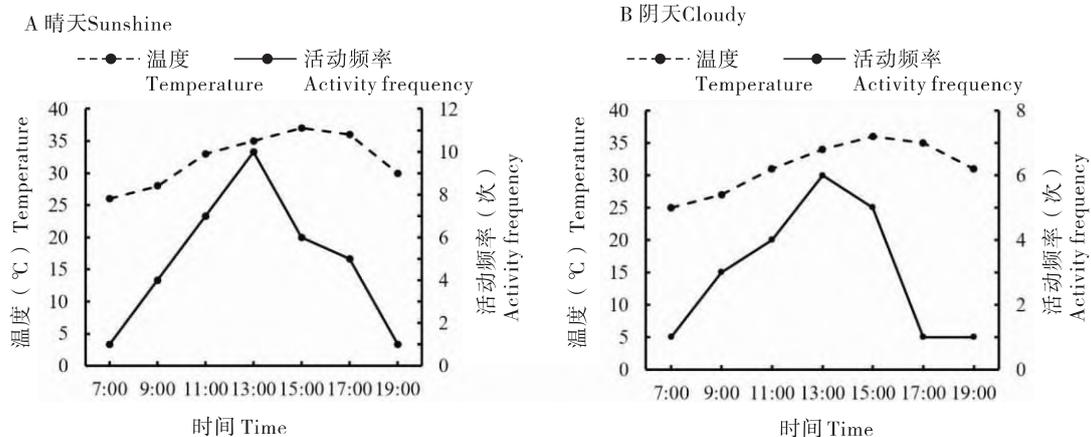


图6 雌蜂的日采(粉)蜜活动规律

Fig. 6 Daily pollen and nectar collection activities of the female

注: A, 晴天; B, 阴天。Note: A, sunshine; B, cloudy.

### 3 结论与讨论

叉壁蜂 *Osmia pedicornis* Cockerell、角额壁蜂 *Osmia cornifrons* Radoszkowski 和紫壁蜂 *Osmia excanata* 等壁蜂属物种在我国均 1 年 1 代, 成蜂在春季果树开花前后破茧出巢 (袁锋等, 1992)。本研究发 现凹唇壁蜂在重庆沙坪坝地区也是 1 年 1 代, 3 月下旬成蜂出巢活动, 选择合适的巢管筑巢, 采集花粉 (蜜) 制作蜂粮并繁殖后代。研究发 现凹唇壁蜂在黑龙江地区的卵期通常为 6 ~ 10 d, 幼虫期 15 ~ 20 d, 蛹期 25 ~ 30 d (刘畅等, 2015), 而该蜂在重庆沙坪坝地区的卵期只有 3 ~ 4 d、幼虫期延长为 20 ~ 25 d、蛹期为 25 ~ 30 d, 这一差异的结果可能与两地气候因素有关。温度在昆虫的生长和发育中起着重要作用, 具体体现在温度对幼虫发育速度、神经发育及免疫系统的影响 (McKinney *et al.*, 2017)。在早春的同一时期, 南方的温度通常比北方高, 更适合凹唇壁蜂发育, 促进了卵期的发育过程, 随着时间往后, 南方的温度不断上升, 超过了凹唇壁蜂发育的最适温度, 延长了幼虫期的发育过程。

地上筑巢的独居蜂依赖于自然界现存的孔穴筑巢如石缝、枯木中的虫洞甚至蜗牛壳等 (Seidelmann *et al.*, 2016), 对这类独居性蜂而言, 选择适宜的筑巢空穴对其后代的生存和发育至关重要。研究表明, 巢管内径大小可以影响独居蜂后代性比及体型, 通常在 内径较小的巢管中, 其后代性比偏向雄性且体型较小, 而在内径较大的巢管中, 其后代性比偏向雌性且体型较大 (Polidori *et al.*, 2011; 王丽娜等, 2018)。凹唇壁蜂也是典型的利用自然界现存空穴筑巢的物种, 在人工提供的芦苇管下, 凹唇壁蜂会在巢管内筑巢并且其行为会受到选择的巢管大小影响, 该蜂选择的巢管内径与其体型一般大小时, 会限制该蜂在巢管内的活动范围, 特别是在携花粉回巢时, 雌蜂需要多次进出巢管以便将身上的花粉完全卸掉, 而该蜂选择的巢管内径过大时, 又会增加修筑单个隔板所花费的时间。

独居性蜂的巢室由空室 (Empty cell)、虫室 (Brood cells/provisioned cells)、间室 (Intercalary cell)、前庭 (Vestibular cell) 共 4 部分组成 (Gonçalves and da Costa, 2019)。室内解剖巢管发现, 凹唇壁蜂的巢内也具有这类结构 (图 2 - I),

但其间室、空室及前庭部分并非所有的筑巢巢管都具有。在 Natalie 等 (2019) 对另一种壁蜂属 *Osmia lignari* 的研究中, 该蜂的巢管结构与凹唇壁蜂一致。有趣的是, 凹唇壁蜂和 *Osmia lignari* 都表现出减少甚至去除间室、前庭和空室部分, 以获得更多的空间而用于虫室的构建。这种营巢策略相比其它蝶翼类群的独居蜂有很大的差异。在关于蝶翼类群的相关研究中可以发现, 这类蜂的筑巢巢管内具有多个间室和虫室, 通常一个虫室紧连着一个间室 (黄敦元等, 2013; Gonçalves and da Costa, 2019)。但对于凹唇壁蜂而言, 其间室仅有一个甚至没有, 研究表明, 在 (粉) 蜜源充足、天气较好的晴天, 凹唇壁蜂单个巢管内可建 8 ~ 12 个巢室 (徐环李等, 1994)。

蜜蜂的营养需要花粉、花蜜和水来提供, (粉) 蜜源植物多样性和数量影响蜜蜂的抗病性和寿命 (Brodschneider & Crailsheim, 2010; Degrandi-Hoffman & Chen, 2015)。本研究观察到凹唇壁蜂授粉的经济作物有苹果、梨和樱桃等果树, 而授粉的野生植物有风轮菜、女贞和酢浆草等。为了更多的掌握凹唇壁蜂的觅食偏好, 还需要后续进一步的研究。

### 参考文献 (References)

- Bentrop G, Hopwood J, Adamson NL, *et al.* Temperate agroforestry systems and insect pollinators: A review [J]. *Forests*, 2019, 10 (11): 981.
- Boyle NK, Artz DR, Lundin O, *et al.* Wildflower plantings promote blue orchard bee, *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae) reproduction in California almond orchards [J]. *Ecology and Evolution*, 2020, 10 (7): 3189 - 3199.
- Boyle NK, Pitts - Singer TL. Assessing blue orchard bee (*Osmia lignaria*) propagation and pollination services in the presence of honey bees (*Apis mellifera*) in Utah tart cherries [J]. *PeerJ*, 2019, 7: e7639.
- Brodschneider R, Crailsheim K. Nutrition and health in honey bees [J]. *Apidologie*, 2010, 41 (3): 278 - 294.
- Dai YG. The advantage of *Osmia* pollination for fruit trees of rosaceae [J]. *Apicultural Science and Technology*, 2004, 2: 48. [彦彦果. 壁蜂为蔷薇科果树授粉的优越性 [J]. 养蜂科技, 2004, 2: 48]
- De Palma A, Kuhlmann M, Bugter R, *et al.* Dimensions of biodiversity loss: Spatial mismatch in land - use impacts on species, functional and phylogenetic diversity of European bees [J]. *Diversity and Distributions*, 2017, 23 (12): 1435 - 1446.
- Degrandi - Hoffman G, Chen Y. Nutrition, immunity and viral infections in honey bees [J]. *Current Opinion in Insect Science*, 2015, 10: 170 - 176.

- Gonçalves RB, da Costa CCF. What do we know about neotropical trap-nesting bees? Synopsis about their nest biology and taxonomy [J]. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 2019, 59: e20195926.
- Guo PF, Tao M, Yuan F, et al. The research on the sex allocation of offspring of *Anterhynchium flavomarginatum* (Hymenoptera: Eumeninae) [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2018, 40 (3): 645–650. [郭鹏飞, 陶玫, 袁峰, 等. 探究黄缘蜾蠃后代性别的分配 [J]. 环境昆虫学报, 2018, 40 (3): 645–650]
- He WZ, Zhou WR. Study on the pollination effect of *Osmia jacoti*, *Apis mellifera* and artificial pollination on apple [J]. *Apiculture of China*, 2009, 60 (11): 9–11. [何伟志, 周伟儒. 凹唇壁蜂、意大利蜜蜂与人工授粉对苹果授粉效果研究 [J]. 中国蜂业, 2009, 60 (11): 9–11]
- Huang DY, He B, Yu JF, et al. Nesting biology of *Euodynerus nipanicus* Schulthess (Hymenoptera: Vespidae) [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2013, 35 (6): 783–791. [黄敦元, 何波, 余江帆, 等. 日本佳盾蜾蠃营巢生物学研究 [J]. 环境昆虫学报, 2013, 35 (6): 783–791]
- Huang DY, Zhu CD, Xiao ZY, et al. Application of trap-nesting technique in the research of entomology [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2012, 40 (10): 5974–5975. [黄敦元, 朱朝东, 肖忠优, 等. 人工巢穴技术在昆虫学研究中的应用 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40 (10): 5974–5975]
- Jia XY, Bai B, Zhang JQ, et al. The effects of IPBES deliverables on global biodiversity conservation strategy – an analysis based on the U. S. pollinator protection policy [J]. *Biodiversity Science*, 2018, 26 (5): 527–534. [贾翔宇, 白彬, 张洁清, 等. IPBES 评估报告对全球生物多样性保护的影响 – 以美国传粉者保护政策为例 [J]. 生物多样性, 2018, 26 (5): 527–534]
- Liu C, Gu GJ, Bu HD, et al. Application research on fruit release technique of *Osmia* in fruit of cold area [J]. *Forest By-Product and Speciality in China*, 2015, 5: 43–46. [刘畅, 顾广军, 卜海东, 等. 寒地果树壁蜂释放技术应用研究 [J]. 中国林副特产, 2015, 5: 43–46]
- Liu L, Li LL, Ou YF, et al. Fruit-setting and yield increase for apple pollination by *Osmia excavata* Alfken and evaluation of economic value in Shandong Province [J]. *Apiculture of China*, 2019, 70 (8): 65–68. [刘丽, 李丽莉, 欧阳芳, 等. 山东省凹唇壁蜂为苹果授粉坐果增产及经济价值评估 [J]. 中国蜂业, 2019, 70 (8): 65–68]
- Liu L, Li LL, Ou YF, et al. Fruit-setting and yield increase for pear pollination by *Osmia excavata* Alfken and evaluation of economic value in Shandong Province [J]. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*, 2019, 8: 233–236. [刘丽, 李丽莉, 欧阳芳, 等. 山东省凹唇壁蜂为梨授粉坐果增产及经济价值评估 [J]. 农业科技通讯, 2019, 8: 233–236]
- Liu L, Li LL, Ou YF, et al. Men, X. Y. Fruit-setting, yield increase and economic value evaluation for cherry pollination by *Osmia excavata* Alfken in Shandong Province [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2019, 51 (5): 125–128. [刘丽, 李丽莉, 欧阳芳, 等. 山东省凹唇壁蜂为樱桃授粉坐果增产及经济价值评估 [J]. 山东农业科学, 2019, 51 (5): 125–128]
- McKinney M, Ahn JJ, Park YL. Thermal biology of *Osmia cornifrons* (Hymenoptera: Megachilidae) eggs and larvae [J]. *Journal of Apicultural Research*, 2017, 56 (4): 421–429.
- Ou YF, Wang LN, Yan Z, et al. Evaluation of insect pollination and service value in China's agricultural ecosystems [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39 (1): 131–145. [欧阳芳, 王丽娜, 闫卓, 等. 中国农业生态系统昆虫授粉功能量与服务价值评估 [J]. 生态学报, 2019, 39 (1): 131–145]
- Parker FD. A candidate red clover pollinator *Osmia coerulea* (L.) [J]. *Journal of Apicultural Research*, 1981, 20 (1): 62–65.
- Polidori C, Boesi R, Borsato W. Few, small, and male: Multiple effects of reduced nest space on the offspring of the solitary wasp, *Euodynerus* (*Pareodynerus*) *posticus* (Hymenoptera: Vespidae) [J]. *Comptes Rendus Biologies*, 2011, 334 (1): 50–60.
- Potts SG, Biesmeijer JC, Kremen C, et al. Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers [J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 2010, 25 (6): 345–353.
- Ryder JT, Cherrill A, Prew R, et al. Impact of enhanced *Osmia bicornis* (Hymenoptera: Megachilidae) populations on pollination and fruit quality in commercial sweet cherry (*Prunus avium* L.) orchards [J]. *Journal of Apicultural Research*, 2020, 59 (1): 77–87.
- Seidelmann K, Bienasch A, Pröhl F. The impact of nest tube dimensions on reproduction parameters in a cavity nesting solitary bee, *Osmia bicornis* (Hymenoptera: Megachilidae) [J]. *Apidologie*, 2016, 47 (1): 114–122.
- Staab M, Ohl M, Zhu CD, et al. A unique nest-protection strategy in a new species of spider wasp [J]. *PLoS ONE*, 2014, 9 (7): e101592.
- Staab M, Pufal G, Tschamtker T, et al. Trap nests for bees and wasps to analyse trophic interactions in changing environments – a systematic overview and user guide [J]. *Methods in Ecology and Evolution*, 2018, 9 (11): 2226–2239.
- Torchio PF, Asensio E, Thorp RW. Introduction of the European bee, *Osmia cornuta*, into California almond orchards (Hymenoptera: Megachilidae) [J]. *Environmental Entomology*, 1987, 58 (3): 42–52.
- Wang LN, Yan Z, Ou YF, et al. The inner diameter of nest tubes influences reproductive parameters of *Osmia excavata* Alfken (Hymenoptera: Megachilidae) [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2018, 55 (6): 1001–1006. [王丽娜, 闫卓, 欧阳芳, 等. 巢管内径尺寸对凹唇壁蜂 (膜翅目: 切叶蜂科) 种群参数的影响 [J]. 应用昆虫学报, 2018, 55 (6): 1001–1006]
- Wei SG, Wei SL, Wang R, et al. Morphological and biological study of fruit pollinator *Osmia cornifrons* Radoszkowski [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 1991, 28 (2): 106–108. [魏枢阁, 魏守礼, 王韧, 等. 果树授粉昆虫角额壁蜂的形态和生物学研究 [J]. 昆虫知识, 1991, 28 (2): 106–108]
- Wei SG, Zhao LY. Attention should be paid to the use of *Osmia* to pollinate fruit trees [J]. *Northern Fruits*, 1995, 2: 15–16. [魏枢阁, 赵兰英. 利用壁蜂为果树授粉应注意的问题 [J]. 北方果树, 1995, 2: 15–16]

- Wei YP, Yuan F, Zhang YL, *et al.* Study on reproductive characteristics of *Osmia excavata* [J]. *Acta Agriculturae Boreali - occidentalis Sinica*, 2000, 3: 35 - 38. [魏永平, 袁锋, 张雅林, 等. 凹唇壁蜂繁殖特性研究 [J]. 西北农业学报, 2000, 3: 35 - 38]
- Wei YP, Yuan F, Zhang YL. The resistance and reproductive potential of *Osmia excavata* [J]. *Entomological Knowledge*, 2001, 2: 122 - 124. [魏永平, 袁锋, 张雅林. 凹唇壁蜂的耐寒性及生殖潜力研究 [J]. 昆虫知识, 2001, 2: 122 - 124]
- Wei YP, Yuan F. Applying trap - nesting to collection *Osmia jacoti* for fruit pollinating. [J]. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 1997, 5: 46 - 47. [魏永平, 袁锋. 果树授粉蜂—凹唇壁蜂人工应用技术 [J]. 陕西农业科学, 1997, 5: 46 - 47]
- Wu J, An JD, Li JL, *et al.* Research and application of bumblebee in China. In: Proceedings of the 7<sup>th</sup> Symposium of Chinese Beekeeping Society and Pollination Committee [C]. Beijing, 2006: 124 - 136. [吴杰, 安建东, 李继莲, 等. 我国熊蜂的研究与应用. 见: 中国养蜂学会与授粉专业委员会第七次学术研讨会论文集 [C]. 北京, 2006: 124 - 136]
- Xu HL, Wu YR, Zhou WR, *et al.* Studies on the biology of fruit - pollinating insects such as *Osmia exanata* and *Osmia excavata* [J]. *Journal of Fruit Science*, 1994, 3: 153 - 156. [徐环李, 吴燕如, 周伟儒, 等. 果树授粉昆虫——紫壁蜂、凹唇壁蜂生物学研究 [J]. 果树科学, 1994, 3: 153 - 156]
- Xu HL, Yang JW, Sun JR. Current status on the study of wild bee - pollinators and conservation strategies in China [J]. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2009, 36 (4): 371 - 376. [徐环李, 杨俊伟, 孙洁茹. 我国野生传粉蜂的研究现状与保护策略 [J]. 植物保护学报, 2009, 36 (4): 371 - 376]
- Yan Z, Wang LN, Men XY, *et al.* Effect of maintaining surrounding habitat near apple orchards on *Osmia excavata* (Hymenoptera: Megachilidae) [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2018, 55 (6): 1007 - 1015. [闫卓, 王丽娜, 门兴元, 等. 苹果园周围生境对凹唇壁蜂种群的维持作用 [J]. 应用昆虫学报, 2018, 55 (6): 1007 - 1015]
- Yuan F, Wei YP, Zhang YL, *et al.* Investigation and utilization of *Osmia* in Shanxi Province (Hymenoptera: Megachilidae) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1992, 2: 148 - 152. [袁锋, 魏永平, 张雅林, 等. 陕西省壁蜂区系调查与利用研究 (膜翅目: 切叶蜂科) [J]. 昆虫分类学报, 1992, 2: 148 - 152]