

意大利蜜蜂和小峰熊蜂在温室桃园的传粉行为及其影响因素

赵亚周¹, 安建东^{1,*}, 周志勇¹, 董捷¹, 邢艳红², 秦建军²

(1. 中国农业科学院蜜蜂研究所, 农业部授粉昆虫生物学重点开放实验室, 北京 100093;

2. 北京市平谷区农民专业合作社指导服务中心, 北京 101200)

摘要: 意大利蜜蜂 *Apis mellifera ligustica* 和小峰熊蜂 *Bombus hypocrita* 是我国设施农业中的两种主要授粉昆虫, 二者的传粉方式和传粉效率因不同作物而各有不同。为了选用最理想的蜂种为温室作物授粉, 提高作物的授粉效率, 我们于 2008–2010 年连续 3 年在北京的温室桃园进行了意大利蜜蜂和小峰熊蜂的传粉行为及其影响因素的研究。结果表明, 两种蜂的日活动规律不同, 和意大利蜜蜂相比, 小峰熊蜂的活动起点温度低、日工作时长、单花访问时间长, 采集蜂在温室内距离蜂巢不同距离之间扩散比较均匀。而意大利蜜蜂采集蜂的数量随授粉半径的增大而明显减少。温室内环境因子对两种蜂传粉活动的影响基本一致, 温度对两种蜂的传粉活动影响最大, 其次是湿度、单花花蜜浓度和光照强度, 而单花花蜜体积对蜂活动无明显影响。本研究认为对于温室桃授粉应优先选用授粉性能稳定的小峰熊蜂, 并且适当调节温室内环境条件, 以提高其授粉效率。

关键词: 意大利蜜蜂; 小峰熊蜂; 授粉昆虫; 温室桃园; 授粉行为; 环境因素; 花蜜; 传粉效率

中图分类号: Q965 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2011)01-0089-08

Pollination behavior of *Apis mellifera ligustica* and *Bombus hypocrita* (Hymenoptera, Apidae) and the influencing factors in peach greenhouse

ZHAO Ya-Zhou¹, AN Jian-Dong^{1,*}, ZHOU Zhi-Yong¹, DONG Jie¹, XING Yan-Hong², QIN Jian-Jun²

(1. Key Laboratory for Insect-Pollinator Biology of the Ministry of Agriculture, Institute of Apiculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100093, China; 2. Farming Service Center of Pinggu District, Beijing 101200, China)

Abstract: The honeybee *Apis mellifera ligustica* and the bumblebee *Bombus hypocrita* are the two main pollinators for greenhouse agriculture in China. Their pollination behavior and activity patterns differ on some crops. In order to employ the most appropriate bee species and improve pollination efficiency, we investigated the pollination behavior of the two bee species and the factors that influence it in greenhouses for peaches between 2008 and 2010. The results showed that diurnal activity differed between the species. Compared with *A. mellifera ligustica*, *B. hypocrita* started work at a lower temperature and had a longer working day, as well as a longer visiting time per flower, and the number of foraging bees was almost the same at different distances from the nest. In contrast, the number of foraging bees of *A. mellifera ligustica* declined with their distance from the hive. In greenhouses, the influences of environmental factors on bees were basically the same. Temperature was the most important factor for limiting pollination activity, while the humidity, nectar concentration of a flower, and the illumination intensity, were all less important. The nectar volume per flower was not directly correlated with the level of bee activity. In conclusion, *B. hypocrita* should be favored for pollination in peach greenhouses. Furthermore, in order to improve the efficiency of bee pollinators, greenhouse conditions may need to be adjusted.

Key words: *Apis mellifera ligustica*; *Bombus hypocrita*; insect pollinator; peach greenhouse; pollination behavior; environmental factors; nectar; pollination efficiency

基金项目: 国家自然科学基金项目(30901055); 中国农业科学院院长基金项目(09ZN009); 公益性行业(农业)科研专项经费项目(nyhyzx 07-041); 国家蜜蜂产业技术体系建设专项

作者简介: 赵亚周, 男, 1984 年生, 河北保定人, 硕士, 研究方向为昆虫授粉生态学, E-mail: zhaoyazhou0301@hotmail.com

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: anjiandong@yahoo.com.cn

收稿日期 Received: 2010-07-31; 接受日期 Accepted: 2010-12-14

昆虫授粉是农业生产中最重要的一环,可大大提高作物花朵的授粉受精成功率,使得作物的杂交优势明显,提高作物果实或种子的产量和品质(Cunningham *et al.*, 2002; Shrestha, 2008; Oz *et al.*, 2009)。并且昆虫授粉(尤其是蜂类授粉)所产生的经济价值明显,世界上与人类食物密切相关的农作物种类 85% 依赖于昆虫授粉(Klein *et al.*, 2007)。2008 年,蜜蜂等传粉昆虫为全球农作物授粉的增产价值高达 2 170 亿美元,占全球农作物总产值的 9.5% (Gallai *et al.*, 2009)。但是近年来,由于蜜蜂的生境破坏以及受疾病、寄生虫等危害造成了农作物授粉的配套蜂群减少,严重威胁到正常的农业生产(Kremen *et al.*, 2002; Winfree *et al.*, 2007; Higes *et al.*, 2009; Potts *et al.*, 2010)。因此,有专家呼吁,在保护现有蜜蜂蜂群的同时,应当加强对其他授粉昆虫的研究与利用,开发成熟的规模化饲养技术和授粉应用技术(Dasgan *et al.*, 2004; 李继莲等, 2006; 安建东等, 2007; Thompson and Maus, 2007; De la Rua *et al.*, 2009)。目前,各国已经根据当地具体情况开发利用了大量授粉昆虫,我国应用较为成熟的主要有蜜蜂属昆虫和熊蜂属昆虫两大类(Dag and Kammer, 2001; Morandin *et al.*, 2001; 安建东等, 2003, 2004; 吴杰等, 2009)。

蜜蜂属于高级社会性昆虫,个体较小,进化程度高,趋光性强和信息交流系统灵敏,蜜蜂群体较大且生命力强(陈盛禄, 2001)。蜂群在高峰繁殖期,一群蜂可达 5~6 万头,中等蜂群也可达 3 万头左右(Seeley and Visscher, 2010)。应用蜜蜂授粉技术已经比较成熟,据报道,1 头蜜蜂出巢 1 次可采集 50~100 朵花,每天出巢采集 6~8 次,测算下来,一群蜂 1 d 可采集 5~5.4 万蜂次,其传粉次数高于任何其他授粉昆虫(张今会, 2005)。因此,目前设施蔬菜类和瓜果类作物多采用蜜蜂传粉。熊蜂个体较大,浑身绒毛,喙较长,为深花冠植物传粉性能优良(Matheson, 1996)。熊蜂蜂群的社会性较低,其群势远不及蜜蜂群势(一群蜂 20~300 头不等),但是与蜜蜂相比,熊蜂具有其独特的生物学特性,首先,熊蜂的趋光性差,在温室内传粉不易发生撞棚、飞逃等现象(Matheson, 1996);熊蜂比蜜蜂更容易适应温室的条件,在温度 8~35℃ 和相对湿度 80% 以内的条件下,熊蜂均能正常地进行传粉工作(彭文君等, 2007; 黄家兴等, 2007);其次,熊蜂耐寒能力强,在低温天气下也能正常出巢活动;还有,熊蜂的传粉方式为声震传粉,有利

于番茄 *Solanum lycopersicum*、茄子 *S. melongena* 等声震授粉作物花粉的释放和传播(Stanghellini *et al.*, 2002)。因此,熊蜂也是一类优秀的授粉昆虫。

意大利蜜蜂 *Apis mellifera ligustica* 是我国设施果菜授粉应用最早的蜂种,也是到目前为止应用最为广泛的蜂种;小峰熊蜂 *Bombus hypocrita* 是我国最早实现人工驯养的本土熊蜂种类之一,此种熊蜂人工繁育效率较高、传粉性能稳定,也是目前我国实施果菜授粉应用最主要的熊蜂种类。在此基础上,我们于 2008~2010 年连续 3 年在北京的温室桃园进行了意大利蜜蜂和小峰熊蜂的传粉效率的研究,分析了温室内环境因子的变化规律、不同蜂的访花行为差异和影响蜂活动的主要因素,以期为更好地应用不同蜂对温室作物授粉提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试温室

2008~2010 年连续 3 年的 1 月下旬到 2 月下旬,本研究于北京市平谷区峪口镇峪口村的日光温室桃园展开。温室为透明度较好的塑料薄膜覆盖、二四双层砖墙结构的标准日光温室,墙厚 0.6 m,高 2.1 m,脊高 3.1 m,内跨 6.5 m,长 150 m,后坡仰角 35°,温室顶棚夜间加盖一层由自动卷铺系统控制的复合保温被。温室内主要有毛桃、油桃和蟠桃 3 个品种按照一定比例实行间作套种,行株距为 1.5 m × 1 m。

1.2 供试蜂种

意大利蜜蜂 *A. mellifera ligustica* 由中国农业科学院蜜蜂研究所试验蜂场提供,越冬前对强势的正常蜂群进行分蜂处理以加快繁殖,授粉前将蜂群调整成 3 脾装入专用的授粉箱。授粉蜂群内工蜂数约为 6 000 头。

小峰熊蜂 *B. hypocrita* 来自于中国农业科学院蜜蜂研究所熊蜂繁育室,每年的 4 月初从华北地区采集野生越冬出蛰的小峰熊蜂蜂王,带回繁育室进行人工饲养,夏季时子代交尾蜂王经低温储存和 CO₂ 麻醉打破滞育,再次繁育成群后,冬季提供授粉服务。小峰熊蜂蜂群内的工蜂数约为 60 头。

1.3 试验方法

温室桃园中花朵开放前 2 d 左右,将同一温室用纱网平均分隔成 2 个小区,分别放置 1 群小峰熊蜂和 1 群意大利蜜蜂进行传粉;同时将温室顶部的

通风口用 1.5 m 宽的防虫网封住, 防止授粉蜂飞逃。蜂箱摆放在温室中部靠墙位置, 巢门距地面高度 100 cm 左右, 巢门朝南, 蜂箱前放置蜂群的喂水器, 每 2 天更换一次, 温室桃花花期内不进行打药处理。在桃花的花期, 每天早上 8:00 左右开棚, 每天的 9:00–16:00, 利用自动温湿度记录仪和光度计每 1 h 记录 1 次温湿度和光照强度; 记录授粉蜂每天的活动起点时间、温度和相对湿度; 9:00–16:00 每 1 h 记录 1 次授粉蜂出巢数和携粉数, 每次记录 30 min; 利用秒表记录授粉蜂的访花时间和访花间隔时间, 并计算授粉蜂的访花频率(1 min 内访问花朵数量); 每 1 h 测量 1 次单花泌蜜量及其浓度; 每天于不同时间段在温室内不同位置观察授粉蜂的数量及其采访花朵的规律。另外, 为了提高数据的精确度, 我们同时在 3 个不同的温室进行上述试验。

1.4 数据统计与分析

试验数据利用 SPSS 16.0 和 Microsoft Excel 软件进行统计分析。统计试验期每天不同时间段内温室中环境因子(温度、相对湿度和光照强度)的变化规律, 并用 Excel 作图; 统计试验期内每天不同时间段内授粉蜂的出巢数和携粉数, 并用 Excel 作图; 利用 SPSS 软件对各环境因子与授粉蜂活动规律(出巢数和携粉数)进行简单相关性分析; 利用 SPSS 软件对不同授粉蜂的活动起点温度、日工作时间、单花访问时间和访花频率进行计算, 得出其相应的均值和标准差。

2 结果与分析

2.1 温室内环境因子的变化规律

本试验所采用的温室为日光加温型, 每天早晨 8:00 准时开棚, 此时太阳刚刚升起, 光线较弱, 温度较低。经过一夜的扣棚保温措施, 温室内的水分无法散失, 开棚时室内相对湿度接近 100%。从图 1 和图 2 可以看出, 晴天开棚后, 太阳逐渐升高, 光照强度从 9:00 时的 $4\,422.86 \pm 359.11$ lx 逐渐上升, 中午 13:00 时达到最高值 $19\,866.50 \pm 2\,336.70$ lx; 随着太阳的上升, 日光温室的作用开始发挥, 塑料薄膜通过聚光并保温, 使得室内温度从 9:00 时的 8.33 ± 0.41 °C 开始迅速上升; 光照的增强和温度的上升导致温室内的水分开始蒸发, 相对湿度从 9:00 时的接近饱和状态($93.71\% \pm 0.57\%$) 开始迅速下降; 由于日光温室的聚光保温作用会导致温室

内温度和相对湿度变化稍稍滞后于外界, 一般在 13:00 左右, 温度和相对湿度达到最高的 23.35 ± 0.66 °C 和 $35.63\% \pm 3.38\%$, 此时须将温室的通风口打开, 以防止温度过高而使花器受损; 随后的时间内, 3 个环境因子指标开始呈相反的方式变化, 但是由于冬季日照时间较短, 观测数据在扣棚时刻(16:00)止于光照强度 $4\,041.43 \pm 521.55$ lx、温度 18.26 ± 0.57 °C 和相对湿度 $61.57\% \pm 2.54\%$ 。

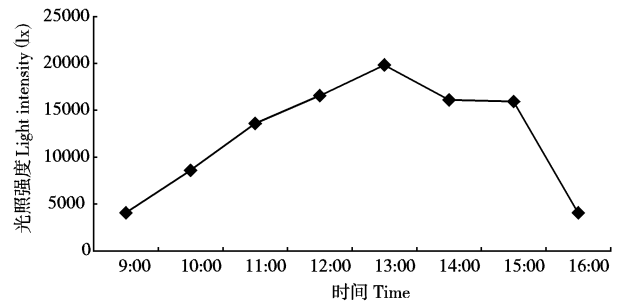


图 1 桃温室内光照强度日变化规律(北京平谷)

Fig. 1 Diurnal variation of light intensity in a peach greenhouse in Pinggu, Beijing

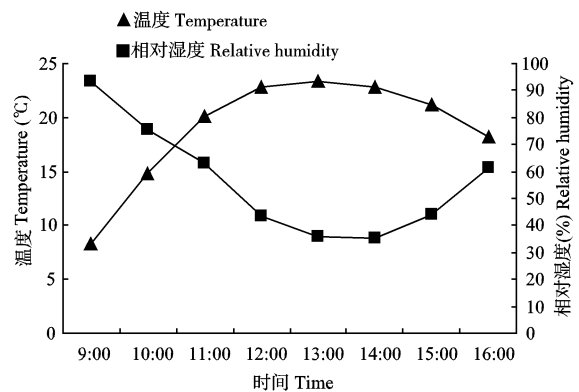


图 2 桃温室内温度和相对湿度日变化规律(北京平谷)

Fig. 2 Diurnal variation of temperature and relative humidity in a peach greenhouse in Pinggu, Beijing

2.2 授粉蜂温室内的活动规律

温室内意大利蜜蜂在不同时间段内出巢数和携粉数(二者均为 30 min 内的观测数)的变化明显(图 3), 说明其活动规律受温室内环境因子的影响较大。随着温室内环境条件(光照、温度和相对湿度等)的适宜程度增强, 意大利蜜蜂的出巢数和携粉数逐渐增大, 二者在上午 9:00–10:00 时分别为 2.67 ± 0.33 和 0, 于 13:00–14:00 时段达到全天最高值, 分别为 100.17 ± 3.15 和 49 ± 1.57 , 最后于 15:00–16:00 时分别为 24.33 ± 0.99 和 16.83 ± 0.79 。

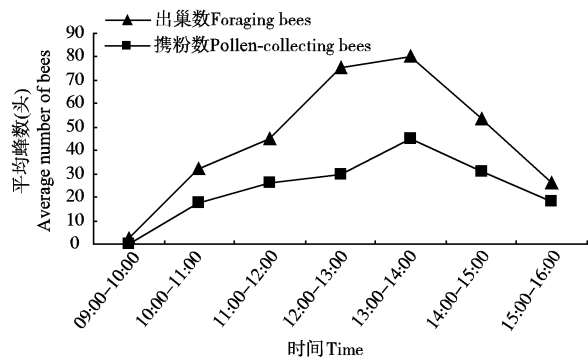


图3 桃温室内意大利蜜蜂日活动规律(北京平谷)
Fig. 3 Diurnal variation of *Apis mellifera ligustica* foraging activity in a peach greenhouse in Pinggu, Beijing

从图4可见,小峰熊蜂在一天内各个时段的出巢数和携粉数均小于意大利蜜蜂,但活动较为稳定,变化趋势比较平缓。9:00-10:00时熊蜂出巢数量上升较快,之后上升较为缓慢,13:30-14:00时达到全天最高值 19.78 ± 0.46 ,而后开始下降,直至16:00扣棚。从图4可以看出,虽然小峰熊蜂全天的携粉数较低,但携粉曲线比较平滑,数值变化不大。说明小峰熊蜂抵抗温室环境条件变化的能力较强,容易适应温室的环境,在温室内采粉活动比较稳定。

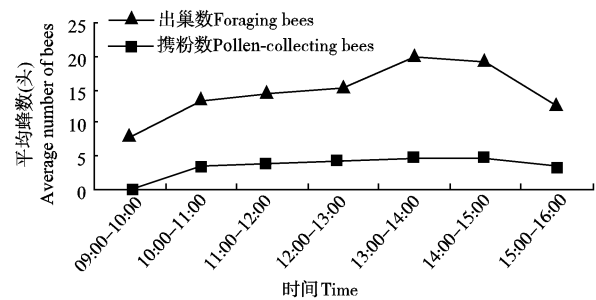


图4 桃温室内小峰熊蜂日活动规律(北京平谷)
Fig. 4 Diurnal variation of *Bombus hypocrita* foraging activity in a peach greenhouse in Pinggu, Beijing

2.3 授粉蜂活动规律的影响因素分析

意大利蜜蜂的日活动(出巢数和携粉数)与温室内各环境因子(温度、湿度、光照强度、单花花蜜体积和单花花蜜浓度)之间的相关性分析见表1,温室内温度与出巢数、温度与携粉数、湿度与出巢数、湿度与携粉数和单花花蜜浓度与出巢数均呈现极显著相关性($P < 0.01$)。光照强度与出巢数和单花花蜜浓度与携粉数呈现显著相关性($P < 0.05$)。说明意大利蜜蜂的日采集活动受到温室内除单花花蜜体积外所有影响因子的作用,其中温度、湿度和单花花蜜浓度对意大利蜜蜂出巢活动的影响较大,而单花花蜜体积对意大利蜜蜂日活动影响极小或者不具影响作用。

表1 温室桃园意大利蜜蜂日活动规律与环境因子的相关性分析

Table 1 Correlation coefficient of effective factors and diurnal foraging activity of <i>Apis mellifera ligustica</i> in peach greenhouse							
	温度 Temperature	相对湿度 Relative humidity	光照强度 Illumination	单花花蜜体积 Nectar volume per flower	单花花蜜浓度 Nectar concentration of a flower	出巢数 Number of foraging bees	携粉数 Number of pollen-collecting bees
温度 Temperature	1	-0.94 **	0.812 *	0.03	0.69	0.91 **	0.88 **
相对湿度 Relative humidity		1	-0.79 *	0.20	-0.83 *	-0.96 **	-0.923 **
光照强度 Illumination			1	0.24	0.65	0.77 *	0.63
单花花蜜体积 Nectar volume per flower				1	-0.73	-0.29	-0.31
单花花蜜浓度 Nectar concentration of a flower					1	0.92 **	0.90 *
出巢数 Number of foraging bees						1	0.94 **
携粉数 Number of pollen-collecting bees							1

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$. 表2同 The same for Table 2.

小峰熊蜂的日活动(出巢数和携粉数)与温室
内各环境因子(温度、湿度、光照强度、单花花蜜体
积和单花花蜜浓度)之间的相关性分析见表 2,可
以得到温室内温度与出巢数、湿度与出巢数和单花
花蜜浓度与出巢数呈现显著相关性($P < 0.05$)。这
说明直接影响小峰熊蜂采集活动的温室环境因子主
要有温度、湿度和单花花蜜浓度;单花花蜜体积对
小峰熊蜂的日活动规律影响较小,甚至不产生
影响。

2.4 不同授粉蜂传粉效率的比较

由表 3 可见意大利蜜蜂的活动起点温度为

12.50℃左右,日平均工作 6.12 h,而小峰熊蜂的活
动起点温度为 7.4℃左右,日平均工作 7.39 h,意
大利蜜蜂和小峰熊蜂在这两个传粉指标上差异极显
著($P < 0.01$)。小峰熊蜂出巢温度较低,相对于意
大利蜜蜂其出巢早,所以其最终的日工作时间比意
大利蜜蜂多 1 h 以上。授粉蜂在访花期间,小峰熊
蜂的单花访问时间(14.88 s)远高于意大利蜜蜂的
单花访问时间(2.81 s),小峰熊蜂每分钟的访花数
(4.50)远低于意大利蜜蜂每分钟的访花数
(13.39),两个指标差异极显著($P < 0.01$),说明两
种授粉蜂在传粉行为上存在明显的差异。

表 2 温室桃园小峰熊蜂日活动规律与环境因子的相关性分析

Table 2 Correlation coefficient of effective factors and diurnal foraging activity of *Bombus hypocrita* in peach greenhouse

	温度 Temperature	相对湿度 Relative humidity	光照强度 Illumination	单花花蜜体积 Nectar volume per flower	单花花蜜浓度 Nectar concentration of a flower	出巢数 Number of foraging bees	携粉数 Number of pollen- collecting bees
温度 Temperature	1	-0.95 **	0.82 *	0.03	0.67	0.85 *	0.86 *
相对湿度 Relative humidity		1	-0.79 *	0.20	-0.81 *	-0.86 *	-0.82 *
光照强度 Illumination			1	0.24	0.45	0.57	0.50
单花花蜜体积 Nectar volume per flower				1	-0.60	-0.32	-0.31
单花花蜜浓度 Nectar concentration of a flower					1	0.78 *	0.69
出巢数 Number of foraging bees						1	0.95 **
携粉数 Number of pollen- collecting bees							1

表 3 温室桃园小峰熊蜂和意大利蜜蜂传粉行为比较

Table 3 The comparison of pollination index between *Bombus hypocrita* and *Apis mellifera ligustica* in peach greenhouse

	活动起点温度(℃) Initial collecting temperature	日工作时间(h/d) Working hours a day	单花访问时间(s) Duration of foraging a flower	访花频率(flowers/min) Foraging frequency
意大利蜜蜂 <i>Apis mellifera ligustica</i>	12.50 ± 0.70	6.12 ± 0.01	2.81 ± 0.99	13.39 ± 6.09
小峰熊蜂 <i>Bombus hypocrita</i>	7.63 ± 0.05	7.39 ± 0.03	14.88 ± 10.24	4.50 ± 3.523
差异显著水平 Sig.	4.22 × 10 ⁻⁹	9.68 × 10 ⁻¹⁰	1.1 × 10 ⁻¹³⁹	1.3 × 10 ⁻¹¹³

授粉蜂的单花访问时间和每分钟访花数的标准误差较大,说明测定的数据差别很大,不整齐。主要是因为授粉蜂在访花时一般根据花朵的开花状态、花蜜含量和花粉量来确定访问时间,造成了每朵花的访问时间和每分钟的访花数(访花频率)差别较大。

3 讨论

总体来说,2008–2010年温室桃花的昆虫授粉试验期中,大多为晴天或者多云等较好天气,偶见阴雪等异常天气。温室内温湿度和光照强度等指标随外界环境条件的改变而改变,温度和光照强度在上午时段呈明显的上升趋势,一般中午前后达到最大值,下午时段下降则较为缓慢,湿度与温度的变化情况相反。温室内环境因子的变化会明显影响授粉蜂的活动规律,因此当这些环境因子变化剧烈时须采取相应的措施予以缓解。例如当夜间温度过低时,可通过在温室内生火炉或者开照明灯以减少低温对桃花和蜂群的损害,中午温度过高时,可将温室顶部的通风口打开进行降温,但是应该确保通风口安装有防虫网,以防止授粉蜂飞逃(安建东等,2007)。湿度和光照强度同样会影响授粉蜂的传粉行为(彭文君等,2007),为提高传粉效率,应注意其变化规律,适时通过改变温室内温度或者通风条件进行调整。

试验表明,温室内环境因子对意大利蜜蜂和小峰熊蜂的日活动规律影响作用明显,其传粉行为对环境变化的依赖性较强。其中,两种蜂的活动受温室内温度影响极为明显。温度较低,授粉蜂的传粉积极性较差,甚至不出巢传粉。其次是湿度和单花花蜜浓度,光照强度间接作用于授粉蜂的传粉活动,而单花花蜜体积对意大利蜜蜂和小峰熊蜂的传粉行为均无影响。湿度变化会引起花蜜体积和浓度的变化,继而影响授粉蜂的传粉积极性;单花花蜜浓度越高,越能够吸引授粉蜂取食,而达到传粉效果(Brodmann *et al.*, 2009);光照强度的直接效应是引起温室内温度的变化,进而影响授粉蜂的传粉活性;温室开棚时,湿度最高接近100%,此时单花花蜜体积有可能大多来自温室内的露水等自然水分,所以单花花蜜体积的变化对授粉蜂的传粉活性不具影响作用。

通过相关性分析发现温室内环境条件对意大利蜜蜂和小峰熊蜂的影响情况相似,但是意大利蜜蜂

对环境条件的敏感度明显高于小峰熊蜂,例如意大利蜜蜂的采集活动与温室内温度、相对湿度和单花花蜜浓度相关性比小峰熊蜂和它们之间的相关性高。意大利蜜蜂进化程度高,社会性强,所以其对温室内环境因子更敏感,需要于授粉前1周将蜂群放入温室,以使蜂群能充分适应温室环境。意大利蜜蜂个体小,其承受低温高湿能力差,出巢时间较晚,另外其趋光性强,当中午前后光照强度增大时,存在严重的老龄工蜂撞棚现象(Antignus *et al.*, 2007)。而小峰熊蜂进化程度低,社会性较弱,趋光性差,并且个体大、隔热性能好,因此其对低温高湿等相对极端的温室环境条件比较适应。蜂箱放进温室静置2 h便可开启巢门,工蜂出巢后先围绕蜂箱低空飞行,待熟悉蜂箱位置和周围环境后便可以正常的访花采集,而且正常的蜂群几乎不存在工蜂撞棚现象。

从小峰熊蜂和意大利蜜蜂的传粉行为的比较上可以定量得到二者的差异,数据表明小峰熊蜂对温室桃花的传粉效率较之意大利蜜蜂高。小峰熊蜂的单花访问时间较长,是意大利蜜蜂的6倍左右,因此小峰熊蜂可以充分利用自身通体绒毛的特性充分粘连花粉,并在不同花朵之间传播,完成授粉任务。我们观察到小峰熊蜂在访花时主要是采集花蜜,很少刻意采集花粉,所以其所访问的花朵之间距离较大,而不是像意大利蜜蜂那样逐朵采集,造成了小峰熊蜂的访花频率较低。但是,小峰熊蜂这样长距离采集增加了桃花的异花授粉机会,有助于提高果实品质。通过试验观察,意大利蜜蜂在蜂箱近周的数量较多,而随着授粉半径的增大而明显减少,靠近温室东西两头处的蜜蜂数量明显较少,不能充分覆盖所有授粉果树。小峰熊蜂的数量则在整个温室内分布比较均匀,且在花簇间活动频繁,移动距离比意大利蜜蜂长,可以覆盖大范围的授粉果树,大大增加了其授粉效率,这与Velthuis和van Doorn(2006)的研究结果一致。熊蜂没有像意大利蜜蜂那样灵敏的信息交流机制,从而减少了熊蜂飞逃出温室的机会。另外,熊蜂在访花时存在声震现象,可以将雄蕊上的花粉振落到自身的绒毛上,大大增加了其传粉效率,因此熊蜂可以为许多声震植物授粉,而意大利蜜蜂则没有这方面的优势(李继莲等,2006)。再者由于熊蜂个体大, surface/volume 比值小,造成了熊蜂飞行过程中损失水分较蜜蜂大,其需要从花蜜中或者体内糖分分解的过程中获取水分,所以熊蜂在授粉过程中更加注重于采

集花蜜(Matheson, 1996), 该解释与本试验研究结果一致。

综上所述, 温室桃园的授粉期主要在冬季寒冷的1月底至2月中旬左右, 对于温室内影响授粉蜂传粉效率的环境条件, 需根据实际情况进行适当调节, 更好地满足授粉蜂群的传粉需要, 提高授粉效率。通过对意大利蜜蜂和小峰熊蜂的授粉行为比较, 发现2种蜂均能够为温室桃提供有效的传粉服务, 但是小峰熊蜂抗低温高湿和低光照条件的能力较强, 易于适应温室的环境, 而且, 小峰熊蜂在温室内扩散比较均匀, 更加适宜为温室桃花进行传粉, 应当大范围推广。

致谢 中国农业科学院蜜蜂研究所黄家兴老师、硕士研究生陈文锋和汪明明, 福建农林大学本科生王向伟和李辉等参加部分试验工作, 中国农业大学徐环李博士和福建农林大学李江红博士审阅论文并提出修改建议, 在此一并表示感谢。

参 考 文 献 (References)

- An JD, Tong YM, Guo ZB, Peng WJ, Wu J, Sun YS, Li NG, 2004. A study on *Bombus terrestris* pollination to greenhouse eggplant. *Apiculture of China*, 55(3): 7-8. [安建东, 童越敏, 国占宝, 彭文君, 吴杰, 孙永深, 李乃光, 2004. 熊蜂为温室茄子授粉试验, 55(3): 7-8]
- An JD, Wu J, Peng WJ, Tong YM, Guo ZB, Li JL, 2007. Foraging behavior and pollination ecology of *Bombus lucorum* L. and *Apis mellifera* L. in greenhouse peach garden. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 18(5): 1071-1076. [安建东, 吴杰, 彭文君, 童越敏, 国占宝, 李继莲, 2007. 明亮熊蜂和意大利蜜蜂在温室桃园的访花行为和传粉生态学比较. 应用生态学报, 18(5): 1071-1076]
- An JD, Xing YH, Peng WJ, Guo ZB, Tong YM, Wu J, 2003. Releasing of bumblebees for pollinating peach in greenhouses. *China Fruits*, (5): 13-14. [安建东, 邢艳红, 彭文君, 国占宝, 童越敏, 吴杰, 2003. 日光温室桃园释放熊蜂授粉试验. 中国果树, (5): 13-14]
- Antignus Y, Lachman O, Pearlsman M, 2007. Spread of tomato apical stunt viroid (TASVd) in greenhouse tomato crops is associated with seed transmission and bumble bee activity. *Plant Disease*, 91(1): 47-50.
- Brodmann J, Twele R, Francke W, Luo YB, Song XQ, Ayasse M, 2009. Orchid mimics honey bee Alarm pheromone in order to attract hornets for pollination. *Current Biology*, 19(6): 1368-1372.
- Chen SL, 2001. The Apicultural Science in China. China Agriculture Press, Beijing. 541-546. [陈盛禄, 2001. 中国蜜蜂学. 北京: 中国农业出版社. 541-546]
- Cunningham SA, FitzGibbon F, Heard TA, 2002. The future of pollinators for Australian agriculture. *Australian Journal of Agricultural Research*, 53(8): 893-900.
- Dag A, Kammer Y, 2001. Comparison between the effectiveness of honey bee (*Apis mellifera*) and bumble bee (*Bombus terrestris*) as pollinators of greenhouse sweet pepper (*Capsicum annuum*). *American Bee Journal*, 141(6): 447-448.
- Dasgan HY, Ozdogan AO, Kaftanoglu O, Abak K, 2004. Effectiveness of Bumblebee pollination in anti-frost heated tomato greenhouses in the Mediterranean basin. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28(2): 73-82.
- De la Rua P, Jaffé R, Dall' Olio R, Munoz I, Serrano J, 2009. Biodiversity, conservation and current threats to European honeybees. *Apidologie*, 40(3): 263-284.
- Gallai N, Salles JM, Settele J, Vaissière BE, 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68(3): 810-821.
- Higes M, Martín-Hernández R, Garrido-Bailón E, González-Porto AV, García-Palencia P, Meana A, Del Nozal MJ, Mayo R, Bernal JL, 2009. Honeybee colony collapse due to *Nosema ceranae* in professional apiaries. *Environmental Microbiology Reports*, 1(2): 110-113.
- Huang JX, An JD, Wu J, Guo ZB, 2007. Advantage of bumblebee as pollinator for solanum in greenhouse. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 23(3): 5-9. [黄家兴, 安建东, 吴杰, 国占宝, 2007. 熊蜂为温室茄属作物授粉的优越性. 中国农学通报, 23(3): 5-9]
- Klein AM, Vaissiere BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, Tscharntke T, 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 274(1608): 303-313.
- Kremen C, Williams NM, Thorp RW, 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 99(26): 16812-16816.
- Li JL, Peng WJ, Wu J, An JD, Guo ZB, Tong YM, Huang JX, 2006. Strawberry pollination by *Bombus lucorum* and *Apis mellifera* in greenhouses. *Acta Entomologica Sinica*, 49(2): 342-348. [李继莲, 彭文君, 吴杰, 安建东, 国占宝, 童越敏, 黄家兴, 2006. 明亮熊蜂和意大利蜜蜂为温室草莓的授粉行为比较观察. 昆虫学报, 49(2): 342-348]
- Matheson A, 1996. Bumble Bees for Pleasure and Profit. International Bee Research Association, Cardiff, UK. 1-2.
- Morandin LA, Kevan PG, Lavery TM, 2001. Effect of bumblebees as pollinators in American greenhouses is becoming more commonplace. *Florida Grower*, 98(4): 29.
- Oz M, Karasu A, Cakmak I, Goksoy AT, Turan ZM, 2009. Effects of honeybee (*Apis mellifera*) pollination on seed set in hybrid sunflower (*Helianthus annuus* L.). *African Journal of Biotechnology*, 8(6): 1037-1043.
- Peng WJ, Wu J, An JD, Xing YH, 2007. Comparative studies on pollination biologies of *Bombus lucorum* and *Apis mellifera ligustica* in Katy apricot greenhouse. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition)*, 36(3): 302-306.

- [彭文君, 吴杰, 安建东, 邢艳红, 2007. 温室凯特杏园明亮熊蜂和意大利蜜蜂的传粉生物学比较. 福建农林大学学报(自然科学版), 36(3): 302–306]
- Potts SG, Biesmeijer JC, Kremen C, Neumann P, Schweiger O, Kunin WE, 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6): 345–353.
- Seeley TD, Visscher PK, 2010. Survival of honeybees in cold climates: the critical timing of colony growth and reproduction. *Ecological Entomology*, 10(1): 81–88.
- Shrestha JB, 2008. Honeybees: the pollinator sustaining crop diversity. *Journal of Agriculture and Environment*, 9: 90–92.
- Stanghellini MS, Ambrose JT, Schultheis JR, 2002. Diurnal activity, floral visitation and pollen deposition by honey bees and bumble bees on field-grown cucumber and watermelon. *Journal of Apiculture Research*, 40(1–2): 27–34.
- Thompson HM, Maus C, 2007. The relevance of sublethal effects in honey bee testing for pesticide risk assessment. *Pest Management Science*, 63(11): 1058–1061.
- Velthuis HHW, van Doorn A, 2006. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. *Apidologie*, 37(4): 421–451.
- Winfree R, Williams NM, Dushoff J, Kremen C, 2007. Native bees provide insurance against ongoing honey bee losses. *Ecology Letters*, 10(11): 1105–1113.
- Wu J, Huang JX, An JD, Hu FL, 2009. Effects of different diets on worker colony development of the bumblebee *Bombus hypocrite* Pérez (Hymenoptera: Apidae). *Acta Entomologica Sinica*, 52(10): 1115–1121. [吴杰, 黄家兴, 安建东, 胡福良, 2009. 不同饲料对小峰熊蜂工蜂群发育的影响. 昆虫学报, 52(10): 1115–1121]
- Zhang JH, 2005. Analysis of application of honeybee pollination in fruit garden. *China Science and Technology Information*, (24): 108. [张今会, 2005. 果园中蜜蜂授粉的应用分析. 中国科技信息, (24): 108]

(责任编辑: 袁德成)