

杨乐,江武军,史晶亮,等.3种蜂王上颚腺信息素对中蜂雄蜂吸引效果的研究[J].江西农业大学学报,2018,40(3):616-621.

## 3种蜂王上颚腺信息素对中蜂雄蜂吸引效果的研究

杨乐,江武军,史晶亮,何旭江,曾志将\*

(江西农业大学 蜜蜂研究所,江西 南昌 330045)

**摘要:**以中华蜜蜂(*Apis cerana cerana*)为实验材料,探索3种蜂王上颚腺信息素对雄蜂的吸引作用。分别在巢门口和巢脾上抓取雄蜂,利用行为学观察方法检测3种信息素对雄蜂的吸引效果。结果表明:10  $\mu\text{g}/\mu\text{L}$  反式-9-氧代-2-癸烯酸(9-ODA)组对巢门口雄蜂的吸引力显著高于1  $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ 组和100  $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ 组( $P<0.05$ ),表明过高或过低的浓度均不能有效吸引雄蜂;1  $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ 对羟基苯甲酸甲酯(HOB)组对巢门口雄蜂吸引力显著高于10  $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ 组和100  $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ 组( $P<0.05$ ),表明低浓度的HOB对于巢门口雄蜂的吸引力更强;10  $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ 组和100  $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ 组的4-羟基-3-甲氧苯基乙醇(HVA)对巢门口雄蜂的吸引力均显著高于1  $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ 组( $P<0.05$ )。另外,不同浓度的这3种蜂王上颚腺信息素对巢脾上雄蜂的吸引力差异不显著( $P>0.05$ )。研究结果表明9-ODA、HOB和HVA信息素对雄蜂吸引的最佳浓度分别为10  $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ 、1  $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ 与100  $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ 。中华蜜蜂雄蜂的飞行行为能增强其对蜂王上颚腺信息素的感知力。

**关键词:**蜂王上颚腺信息素;中华蜜蜂;雄蜂;吸引效果

中图分类号:S893.2 文献标志码:A 文章编号:1000-2286(2018)03-0616-06

## The Attraction of Three Queen Mandibular Gland Pheromones to the Drones of Chinese honeybees, *Apis cerana cerana*

YANG Le, JIANG Wu-jun, SHI Jing-liang, HE Xu-jiang, ZENG-Zhi-jiang\*

(Honeybee Research Institute, Jiangxi Agricultural University, Nanchang, 330045, China)

**Abstract:** In the present study, the attraction of three different queen mandibular gland pheromone to the drones of Chinese honeybees, *Apis cerana cerana* was analyzed. The drones which captured at hive entrance and frames in hive were used to determine the attraction effect of three different queen mandibular gland pheromone to the drones using behavior observation method. The results showed that 10  $\mu\text{g}/\mu\text{L}$  group was significantly higher than the 1  $\mu\text{g}/\mu\text{L}$  and 100  $\mu\text{g}/\mu\text{L}$  groups in the attraction of (E)-9-oxodec-2-enoic acid (9-ODA) to the drones captured at hive entrance ( $P<0.05$ ), which indicated that much higher or lower concentration cannot effectively attract drones. Compared with the 1  $\mu\text{g}/\mu\text{L}$  group, 10  $\mu\text{g}/\mu\text{L}$  and 100  $\mu\text{g}/\mu\text{L}$  groups had lower difference in attraction of methyl *p*-hydroxybenzoate (HOB) to the drones captured at hive entrance ( $P<0.05$ ). The effect illustrate that low concentration of HOB was more attractive to the drones captured at hive entrance. 10  $\mu\text{g}/\mu\text{L}$  and 100  $\mu\text{g}/\mu\text{L}$  groups were significantly higher than the 10  $\mu\text{g}/\mu\text{L}$  group in the attraction of

收稿日期:2017-12-15 修回日期:2018-03-16

基金项目:国家自然科学基金项目(31572469)和国家蜂技术体系(CARS-44-kxj15)

Project supported by the National Natural Science Foundation of China (31572469) and the Earmarked Fund for China Agriculture Research System(CARS-44-kxj15)

作者简介:杨乐(1992—),男,硕士生,主要从事蜜蜂生物学研究,18735431277@163.com; \*通信作者:曾志将,教授,bees1965@sina.com。

4-hydroxy-3-methoxyphenylethanol (HVA) to the drones captured at hive entrance ( $P < 0.05$ ). Moreover, there were no statistical differences in three different queen mandibular gland pheromone to the drones captured at frames in hive ( $P > 0.05$ ). It was concluded that  $10 \mu\text{g}/\mu\text{L}$ ,  $1 \mu\text{g}/\mu\text{L}$  and  $100 \mu\text{g}/\mu\text{L}$  were the optimal concentration of 9-ODA, HOB and HVA, respectively. Furthermore, the flight activities increased the perception of drones to queen mandibular gland pheromone.

**Keywords:** queen mandibular gland pheromone; *Apis cerana cerana*; drone; attraction effect

蜜蜂是一种真社会性昆虫,拥有一套完善、精细的语言通讯系统,是群体与个体能够正常生长、发育与繁衍的重要保证。化学信息素对蜜蜂尤为重要,常见的蜜蜂信息素有蜂王信息素、工蜂信息素、雄蜂信息素和蜜蜂子脾信息素<sup>[1]</sup>。其中蜂王上颚腺信息素又称蜂王物质<sup>[2]</sup>。蜂王上颚腺信息素由蜜蜂蜂王上颚腺产生,可以调控工蜂行为、提高工蜂采集积极性、抑制工蜂卵巢发育,同时也是性引诱剂,诱使雄蜂追踪和发情<sup>[3]</sup>。

蜂王上颚腺信息素的研究经历了一个漫长的过程。1954年Butler预测工蜂能从蜂王体表获得一种“蜂王物质”,并通过工蜂间的相互饲喂行为传递这种蜂王物质,进而达到控制蜂群的目的。1957年他第一次从蜂王头部成功提取到蜂王物质,随后又证明了蜂王物质是通过蜂王上颚腺产生的,因此称为蜂王上颚腺信息素。20世纪60年代,人们先后从蜂王上颚腺信息素中鉴定并分离出反式-9-氧代-2-癸烯酸(9-ODA)和反式-9-羟基-2-癸烯酸(-9-HDA)。1992年Winston和Slessor<sup>[4]</sup>在西方蜜蜂蜂王上颚腺信息素中又鉴定出另外3种成分:顺式-9-羟基-2-癸烯酸(+9-HDA)、对羟基苯甲酸甲酯(HOB)以及4-羟基-3-甲氧苯基乙醇(HVA)。1997年Plettner等<sup>[5]</sup>发现东方蜜蜂蜂王上颚腺信息素中只含有4种成分:9-ODA、+9-HDA、-9-HDA和HOB,不含HVA。2003年Keeling等<sup>[6]</sup>又从西方蜜蜂蜂王上颚腺信息素中鉴定出另外4种新成分:松柏醇(CA)、甲基油酸盐(MO)、十六烷-1-醇(PA)和亚麻酸(LEA)。这些信息素总称为“蜂王上颚腺信息素”或“蜂王物质”。近年来研究发现,蜂王上颚腺信息素最初作为性信息素吸引雄蜂交尾,随着不断的进化,也具有了调节蜂群内工蜂社会行为的作用<sup>[7-8]</sup>。

雄蜂的主要作用就是与蜂王交配<sup>[9]</sup>。在晴朗无风的午后,性成熟雄蜂开始进行婚飞,每次平均持续大约25~32 min。雄蜂婚飞的一个特征是成百上千只雄蜂聚集在一起,形成“雄蜂云”,也叫雄蜂聚集区,多个蜂群的雄蜂会聚集在雄蜂聚集区与蜂王进行交尾<sup>[1]</sup>。通过对蜂王释放的蜂王上颚腺信息素的感知,雄蜂可以快速找到并追逐蜂王,完成交配<sup>[10]</sup>。1993年Loper等<sup>[11]</sup>使用雷达系统探测到9-ODA能吸引到800 m以外的雄蜂,充分显示了蜂王上颚腺信息素对雄蜂极强的吸引效果。

上述的蜂王上颚腺信息素对雄蜂的吸引效应主要集中在西方蜜蜂上,在中华蜜蜂方面鲜有研究报道。中华蜜蜂是我国的重要蜂种,对我国农业生产和生态平衡起着重要作用。自西方蜜蜂引进我国之后,中华蜜蜂的数量显著下降。其中原因之一即是西方蜜蜂对中华蜜蜂处女王交尾行为的干扰。2种蜜蜂蜂王上颚腺信息素成分相近<sup>[12]</sup>,且他们的处女王婚飞时间和雄蜂出游时间基本一致。因此当中华蜜蜂处女王婚飞时,能吸引大量西方蜜蜂雄蜂与其接触甚至会出现抱对的“交尾行为”(无效交尾),这使得中华蜜蜂处女王交尾成功率大大下降<sup>[13]</sup>。本研究从生物学角度出发,并利用行为学观测方法研究不同浓度的3种蜂王上颚腺信息素成分对中华蜜蜂巢门口以及巢脾上雄蜂的吸引力,以期为西方蜜蜂雄蜂干扰中蜂蜂王交尾现象提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试蜜蜂

试验所用雄蜂取自江西农业大学蜜蜂研究所饲养的健康中华蜜蜂(*Apis cerana cerana*)。

### 1.2 主要试剂

9-ODA、HOB、HVA(纯度均>95%)购自长沙奥百斯特科技有限公司;蜂蜡巢础购自上饶市精益蜂具有限公司;二氯甲烷购自天津市瑞金特化学品有限公司;滤纸购自杭州特种纸业股份有限公司。

### 1.3 实验方法

1.3.1 实验准备 参照谭昱等的试验方法<sup>[14]</sup>,利用二氯甲烷将 9-ODA、HOB、HVA 均稀释为 1 μg/μL、10 μg/μL、100 μg/μL。稀释后的蜂王上颚腺信息素溶液装入棕色样品瓶内,并用密封带封闭瓶口。

将蜂蜡巢础(41 cm×19.5 cm)装入有机玻璃盒(41 cm×19.5 cm)内,用圆规在巢础最中心位置画出 1 个直径为 4 cm 的圆作为蜜蜂放置区。在巢础 2 端 1/4 的位置分别用昆虫钉固定 2 片滤纸(2 cm×0.8 cm)作为对照组和试验组。试验示意图见图 1。为避免蜂蜡巢础中挥发性物质的干扰,本试验所用到的蜂蜡巢础均已在室温放置 1 年以上。

1.3.2 样品采集 根据雄蜂的出游飞行习惯<sup>[15]</sup>,在晴朗无风的 09:30—11:30 进行巢脾上雄蜂的试验,小心在巢脾上抓取行动敏捷、腹部坚实的中蜂雄蜂;14:30—16:30 进行巢门口雄蜂的试验,在巢门口抓取飞行归巢的中蜂雄蜂。每次抓捕 30 只作为 1 组,小心放于烧杯内防止其逃跑。

1.3.3 3 种不同浓度的蜂王上颚腺信息素对雄蜂的吸引效果 打开有机玻璃盒,用移液枪分别吸取 1 μL 蜂王上颚腺信息素溶液和二氯甲烷加入试验组和对照组。使用 CO<sub>2</sub> 将蜜蜂简单麻醉 5 s,立即放于蜜蜂放置区,随后关闭有机玻璃盒。待蜜蜂苏醒后,开始数 5 min 内雄蜂接触试验组和对照组滤纸的次数。为了防止偏向性,每个实验之间都交换对照组和试验组,每交换 1 次作为 1 个实验重复。最后将(2 次雄蜂接触试验组滤纸的次数-2 次雄蜂接触对照组滤纸的次数)的结果记录下来。每个实验用 3 群中蜂雄蜂做 3 次重复来测试 1 种成分的 1 个浓度。每次试验结束都需要更换蜂蜡巢础和滤纸条,并重新滴加蜂王上颚腺信息素溶液。



图 1 实验所用蜂蜡巢础示意图

Fig.1 The picture of the beeswax foundation used in the expressions

1.3.4 数据统计分析 采用 StatView 5.01 软件对各样品进行显著性差异分析( $P < 0.05$ , LSD 多重比较),并通过 GraphPad Prism5.2 软件作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 巢门口中蜂雄蜂对不同浓度 9-ODA 的选择

结果如图 2 所示,巢门口中蜂雄蜂对于 10 μg/μL 组的选择显著高于 1 μg/μL 组 ( $P < 0.05$ ); 100 μg/μL 组与其余 2 组的差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。

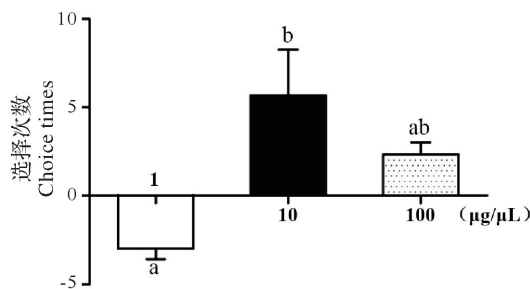


图 2 巢门口雄蜂对不同浓度 9-ODA 的选择次数

Fig.2 The choice times of drones captured at hive entrance to the different doses of 9-ODA

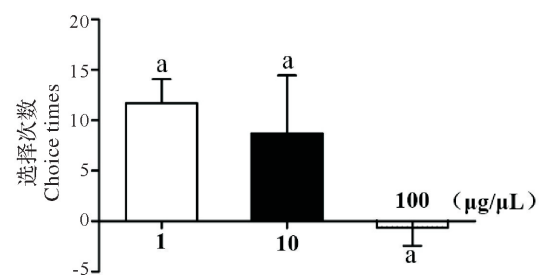


图 3 巢脾上雄蜂对不同浓度 9-ODA 的选择次数

Fig.3 The choice times of drones captured at frames in hive to the different doses of 9-ODA

### 2.2 巢脾上中蜂雄蜂对不同浓度 9-ODA 的选择

结果如图 3 所示,巢脾上中蜂雄蜂对不同浓度 9-ODA 的选择差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。

### 2.3 巢门口中蜂雄蜂对不同浓度 HOB 的选择

结果如图 4 所示,巢门口中蜂雄蜂对于 1 μg/μL 组的选择次数显著高于 10 μg/μL 组和 100 μg/μL 组 ( $P < 0.05$ ),但 10 μg/μL 组和 100 μg/μL 组的选择差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

## 2.4 巢脾上中蜂雄蜂对不同浓度 HOB 的选择

结果如图 5 所示,巢脾上中蜂雄蜂对不同浓度 HOB 的选择差异均不显著( $P>0.05$ )。

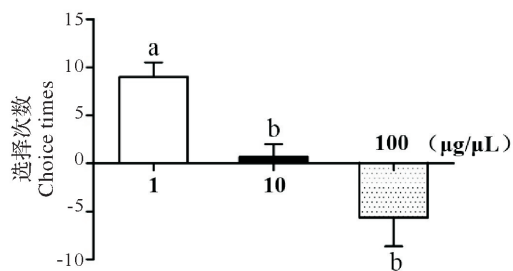


图4 巢门口雄蜂对不同浓度 HOB 的选择次数

Fig.4 The choice times of drones captured at hive entrance to the different doses of HOB

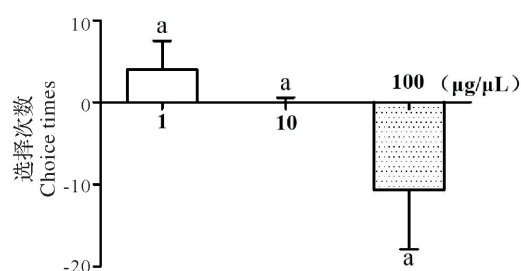


图5 巢脾上雄蜂对不同浓度 HOB 的选择次数

Fig.5 The choice times of drones captured at frames in hive to the different doses of HOB

## 2.5 巢门口中蜂雄蜂对不同浓度 HVA 的选择

结果如图 6 所示,中蜂雄蜂对于 10 µg/µL 组和 100 µg/µL 组 HVA 的选择显著高于 1 µg/µL 组 ( $P<0.05$ ),但 10 µg/µL 组与 100 µg/µL 组的选择差异不显著( $P>0.05$ )。

## 2.6 巢脾上中蜂雄蜂对不同浓度 HVA 的选择

结果如图 7 所示,巢脾上中蜂雄蜂对不同浓度 HVA 的选择差异均不显著( $P>0.05$ )

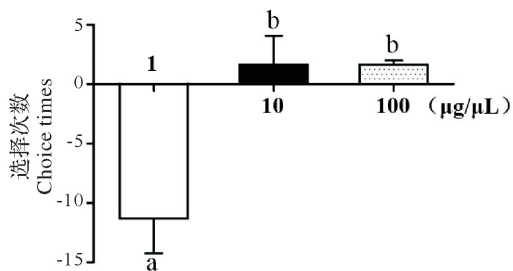


图6 巢门口雄蜂对不同浓度 HVA 的选择次数

Fig.6 The choice times of drones captured at hive entrance to the different doses of HVA

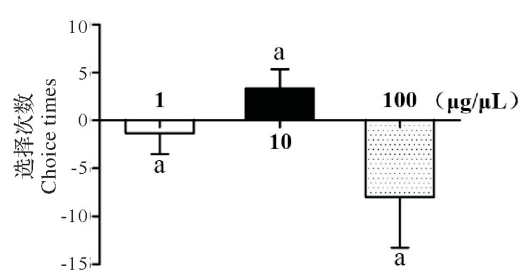


图7 巢脾上雄蜂对不同浓度 HVA 的选择次数

Fig.7 The choice times of drones captured at frames in hive to the different doses of HVA

## 3 讨论

9-ODA 是蜂王上颚腺信息素的主要成分,且是多种成分中唯一一种长距离性信息素<sup>[16]</sup>。本研究发现 10 µg/µL 的 9-ODA 对巢门口雄蜂的吸引力显著高于 1 µg/µL 组( $P<0.05$ )。前人研究证明 0.1 当量浓度的 9-ODA 足以吸引大量西方蜜蜂雄蜂<sup>[17]</sup>。0.1 当量浓度的 9-ODA 相当于 18.4 µg/µL,这与本研究的结果基本一致。

Slessor 等<sup>[18]</sup>发现 HOB 能作为性引诱剂,引诱西方蜜蜂雄蜂与处女王交尾。本研究发现 1 µg/µL 的 HOB 对于巢门口中蜂雄蜂的吸引力显著高于 10 µg/µL 组和 100 µg/µL 组,表明 HOB 对于中蜂雄蜂同样具有吸引力。另外,有研究发现在中蜂蜂王体内 HOB 的含量低于 9-ODA 和 9-HDA<sup>[19]</sup>,且 Plettner 等<sup>[20]</sup>发现处女王体内 HOB 含量低于产卵蜂王。笔者推测高浓度 HOB 可能对中蜂雄蜂的吸引存在抑制作用。

HVA 对西方蜜蜂雄蜂具有吸引力<sup>[21]</sup>。由于中蜂蜂王上颚腺信息素中不含 HVA,所以 HVA 对中蜂雄蜂的作用没有研究报道。本研究发现 10 µg/µL 和 100 µg/µL 的 HVA 对巢门口雄蜂的吸引力显著高于 1 µg/µL 的 HVA,表明 HVA 对中蜂雄蜂也存在吸引作用,且随浓度升高吸引力逐渐增强,但过高浓度的 HVA 并不能增强其对雄蜂的吸引力。

本研究发现不同浓度的 9-ODA、HOB、HVA 对于巢脾上雄蜂的吸引力均差异均不显著。巢门口抓取的雄蜂均为婚飞后返巢的雄蜂,而在巢脾上的雄蜂并未经过出游飞行。有研究发现处女王经过飞行行为会影响其基因表达变化<sup>[22-23]</sup>,笔者推测雄蜂的飞行行为(婚飞或试飞)也可能影响其基因表达或生

理变化,进而提高了其对蜂王上颚腺信息素(9-ODA、HOB、HVA)的选择效果。另外,处女王在婚飞过程中才与性成熟雄蜂发生交尾行为,而在巢脾上并不吸引雄蜂<sup>[1]</sup>。这与处女蜂王对群内巢脾上雄蜂无吸引效果一致。

谭昱等<sup>[14]</sup>证明了西方蜜蜂工蜂对于蜂王上颚腺信息素主要成分的敏感性比中蜂工蜂更强,但目前还没有人系统比较过蜂王上颚腺信息素主要成分对中蜂雄蜂和西方蜜蜂雄蜂的选择行为。本研究证明了9-ODA、HOB以及HVA对飞行归巢中蜂雄蜂均存在吸引作用,同时推测中蜂雄蜂的飞行行为能增强其对蜂王上颚腺信息素的感知力,但有关分子机理还有待于进一步研究。

本研究还发现:高浓度雌性素有抑制雄蜂对蜂王吸引力趋向,这种现象是否与蜂王不在蜂群内与雄蜂交配的生物学特性相关,也有待于进一步探讨。

#### 参考文献:

- [1] 曾志将.养蜂学[M].3版.北京:中国农业出版社,2017.  
Zeng Z J. Apiculture[M]. 3rd. ed. Beijing: China Agriculture Press, 2017.
- [2] 胡福良,玄红专.蜜蜂蜂王信息素研究进展[J].昆虫知识,2004,41(3):208-211.  
Hu F L, Xuan H Z. The recent advances in honeybee queen pheromone[J]. Entomological Knowledge, 2004, 41(3): 208-211.
- [3] 刘俊峰,杨乐,曾志将.蜂王上颚腺信息素研究进展[J].蜜蜂杂志,2017,37(7):6-9.  
Liu J F, Yang L, Zeng Z J. Advances of queen mandibular pheromone[J]. Journal of Bee, 2017, 37(7): 6-9.
- [4] Winston M L, Slessor K N. The essence of royalty: honey bee queen pheromone[J]. American Scientist, 1992, 80(4): 374-385.
- [5] Plettner E, Otis G W, Wimalaratne P D C, et al. Species- and caste-determined mandibular gland signals in honeybees (*Apis*) [J]. Journal of Chemical Ecology, 1997, 23(2): 363-377.
- [6] Keeling C I, Slessor K N, Higo H A, et al. New components of the honeybee (*Apis mellifera* L.) queen retinue pheromone [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2003, 100(8): 4486-4491.
- [7] Kocher S D. Cooperation, conflict, and the evolution of queen pheromones [J]. Journal of Chemical Ecology, 2011, 37(11): 1263.
- [8] Oi C A, Van Zweden J S, Oliveira R C, et al. The origin and evolution of social insect queen pheromones: novel hypotheses and outstanding problems [J]. Bioessays News & Reviews in Molecular Cellular & Developmental Biology, 2015, 37(7): 808.
- [9] 陈盛禄.中国蜜蜂学[M].北京:中国农业出版社,2001.  
Chen S L. The apicultural science in China[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2001.
- [10] Brockmann A, Dietz D, Spaethe J, et al. Beyond 9-ODA: sex pheromone communication in the European honey bee *Apis mellifera* L [J]. Journal of Chemical Ecology, 2006, 32(3): 657-667.
- [11] Loper G M, Wolf W W, Jr T O. Radar detection of drones responding to honeybee queen pheromone [J]. Journal of Chemical Ecology, 1993, 19(9): 1929-1938.
- [12] 吴小波,田柳青,潘其忠,等.中华蜜蜂与意大利蜜蜂蜂王体表信息素含量比较[J].应用昆虫学报,2014,51(6): 1561-1566.  
Wu X B, Tian L Q, Pan Q Z, et al. Comparison of pheromone content on the body surfaces of *Apis cerana cerana* and *Apis mellifera* ligustica queens [J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 2014, 51(6): 1561-1566.
- [13] 王启发,李位三,张启明,等.中、西蜂间自然交尾干扰问题的观察[J].昆虫知识,2003,40(2): 164-167.  
Wang Q F, Li W S, Zhang Q M, et al. The natural mating interference between *Apis cerana* and *A. mellifera* [J]. Entomological Knowledge, 2003, 40(2): 164-167.
- [14] Dong S, Ping W, Qi Z, et al. Resisting majesty: *Apis cerana*, has lower antennal sensitivity and decreased attraction to queen mandibular pheromone than *Apis mellifera* [J]. Scientific Reports, 2017, 7: 44640.
- [15] 苏荣.中华蜜蜂雄蜂飞行时间初探[J].福建农林大学学报(自然版),1992(3): 316-318.  
Su R. A preliminary study on flight duration of drone honeybees, *Apis creana creana* [J]. Journal of Fujian Agricultural College (NSE), 1992(3): 316-318.
- [16] Wanner K W, Nichols A S, Walden K K, et al. A honeybee odorant receptor for the queen substance 9-oxo-2-decenoic acid [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2007, 104(36): 14383-14388.
- [17] Sandoz J C. Odour-evoked responses to queen pheromone components and to plant odours using optical imaging in the anten-

- nal lobe of the honeybee drone *Apis mellifera* L [J]. *Journal of Experimental Biology*, 2006, 209(18): 3587-3598.
- [18] Slessor K N, Kaminski L A, King G G S, et al. Semiochemicals of the honeybee queen mandibular glands [J]. *Journal of Chemical Ecology*, 1990, 16(3): 851-860.
- [19] Tan K, Yang M, Radloff S, et al. Worker reproduction in mixed-species colonies of honey bees [J]. *Behavior Ecology*, 2009, 20(5): 1106-1110.
- [20] Plettner E, Otis G W, Wimalaratne P D C, et al. Species- and caste-determined mandibular gland signals in honeybees (*Apis*) [J]. *Journal of Chemical Ecology*, 1997, 23(2): 363-377.
- [21] Pankiw T, Winston M L, Slessor K N. Queen attendance behavior of worker honey bees (*Apis mellifera* L.) that are high and low responding to queen mandibular pheromone [J]. *Insectes Sociaux*, 1995, 42(4): 371-378.
- [22] 吴小波, 王子龙, 张飞, 等. 婚飞行为影响中华蜜蜂性成熟处女蜂王的基因表达 [J]. *昆虫学报*, 2013, 56(5): 486-493.  
Wu X B, Wang Z L, Zhang F, et al. Mating flight behavior affects gene expression in virgin queens of *Apis cerana cerana* (Hymenoptera: Apidae) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2013, 56(5): 486-493.
- [23] 吴小波, 王子龙, 石元元, 等. 婚飞对中华蜜蜂性成熟处女蜂王 sRNAs 表达的影响 [J]. *中国农业科学*, 2013, 46(17): 3721-3728.  
Wu X B, Wang Z L, Shi Y Y, et al. Effects of mating flight on sRNAs expression in sexual matured virgin queens (*Apis cerana cerana*) [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2013, 46(17): 3721-3728.

· 补白 ·

## 《江西农业大学学报》征稿启事

《江西农业大学学报》是江西农业大学主办, 科学出版社出版的综合性农业学术刊物, 双月刊, 国内外公开发行人, ISSN 1000-2286, CN 36-1028/S。本刊立足于国际国内农业科学的发展前沿, 理论探索为主, 面向社会, 刊载有关作物科学、园艺科学、植物保护、林业科学、动物科学与动物医学、食品科学与工程、生物技术与工程、资源与环境科学和农业工程等学科具有创新价值的学术论文、研究简报和研究综述等。本刊是全国中文核心期刊、中国科学院中国科学引文数据库 (CSCD) 来源期刊、中国科技核心期刊、RCCSE 核心期刊和中国农业核心期刊, 被美国《化学文摘》(CA)、美国《剑桥科学文摘》(CSA)、美国《生物学文摘预评》(BA)、英国《动物学记录》(ZR)、英国《国际农业与生物学中心文摘》(CABI)、波兰《哥白尼索引》(IC) 等 20 多种国内外权威数据库收录。荣获“中国期刊方阵双百期刊”“第二届国家期刊奖百种重点期刊”“中国高校精品科技期刊”“江西省名刊建设工程期刊”“中国高校百佳科技期刊”等荣誉。

欢迎广大作者积极供稿, 投稿请使用《江西农业大学学报》投稿系统: <http://www.jxndxuebao.com>。

## 《生物灾害科学》征稿启事

《生物灾害科学》是江西农业大学主管, 江西农业大学、江西省昆虫学会、江西省植物保护学会和江西省植物病理学会共同主办的学术刊物 (CN 36-1320/S, ISSN 2095-3704)。本刊主要刊载有关农业、林业、畜牧和水产方面生物灾害研究 (包括细菌、真菌、病毒等病原微生物、害虫、害草及其它有害植物、害鼠等有害生物及其防治) 的学术论文、研究简报和文献综述等, 主要栏目: 研究综述、植物保护、森林保护、动物疫病防治、水产保护、防控对策、研究简报等。

欢迎广大作者积极供稿, 投稿请使用《生物灾害科学》投稿系统: <http://hxzi.cbpt.cnki.net>。