蜜蜂仿生巢础研究与应用*

江武军** 张进明 夏晓翠 张串联 韩兵庚 娄 文 席芳贵***

（江西省养蜂研究所，南昌 330052）

摘 要 【**目的**】 巢础是人工制造的蜜蜂巢房房基，供蜜蜂筑造巢脾的基础。针对市场上的蜜蜂巢础出现结构单一和质量良莠不齐等问题，江西农业大学蜜蜂研究所根据蜜蜂生物学特性，研制了一种蜜蜂仿生巢础（ZL.201420569243.2）。本文旨在对蜜蜂仿生巢础生产可行性进行评价。【**方法**】 以西方蜜蜂 *Apis mellifera* 为试验材料，分析仿生巢础对蜂群群势、蜂蜜产量以及蜂群抗病性的影响。【**结果**】 工蜂在仿生巢础上造脾效果良好；使用仿生巢础蜂群群势和蜂蜜产量均显著高于使用普通工蜂巢础蜂群，使用仿生巢础蜂群蜂螨寄生数量高于使用普通工蜂巢础蜂群。【**结论**】 本研发的仿生巢础的生产和繁殖性能较好，可以在养蜂生产中推广应用。

关键词 蜜蜂；仿生巢础；繁殖力；产蜜量

A bionic comb foundation for honeybee hives

JIANG Wu-Jun** ZHANG Jin-Ming XIA Xiao-Cui
ZHANG Chuan-Lian HAN Bing-Geng LOU Wen XI Fang-Gui***

(Apicultural Research Institute of Jiangxi Province, Nanchang 330052, China)

Abstract **[Objectives]** Comb foundation is artificially manufactured for bees to build their combs on. However, commercial comb foundations have many disadvantages, such as monotonicity in structure and unevenness in quality. To address these problems, the Honeybee Research Institute of Jiangxi Agricultural University developed a bionic comb foundation (Zl.201420569243.2). This study aims to evaluate the feasibility of using this bionic comb foundation in commercial beekeeping. **[Methods]** The effects of the bionic comb foundation on colony size, honey production and *Varroa destructor* resistance, of the honeybee *Apis mellifera*, were measured. **[Results]** Worker bees quickly accepted and built comb on the bionic foundation. Moreover, the bionic comb foundation significantly increased colony size and honey production relative to the commercial worker comb foundation. The number of *Varroa* mites in the bionic colony was, however, higher than in the control colony. **[Conclusion]** The bionic comb foundation increased both colony size and honey production and therefore has the potential to benefit commercial beekeeping.

Key words honeybee; bioniccomb foundation; reproductivity; honey production

蜜蜂是一种经济效益和生态效益好的社会性昆虫（曾志将，2020）。蜜蜂授粉对提高农作物的产量和质量具有十分重要的作用（刘朋飞等，2011）；同时，蜜蜂产业的发展还可为人类提供营养丰富的蜂产品（田学军，2019）。养蜂业的发展也依赖于蜂机具的改进与发展，而巢脾是蜜蜂繁衍生息和蜂产品贮存的主要场所。巢础是蜜蜂筑造巢脾之本，现代养蜂离不开巢础（龚绍安，2012）。1857 年德国的 Mehring 发明了平面巢础压印器，利用平面巢础压印器和蜂蜡制作巢础，便于蜜蜂快速筑造巢脾（匡海鸥和王以真，2010）。随后，Smith（1951）对巢础的制作方法进行了改进。巢础由房底和略为凸起的房基组成，蜜蜂在巢础的基础上筑成巢脾后，形成典型

*资助项目 Supported projects：国家蜂产业技术体系（CARS-44-SYZ21）；江西省重点研发计划项目（20192BBFL60030）

**第一作者 First author，E-mail：jiangwj2260@163.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：18942225810@qq.com

收稿日期 Received：2020-07-01；接受日期 Accepted：2020-08-09

的六角棱柱（巢房）。巢础质量对养蜂生产的发展有举足轻重的作用。市场上的蜜蜂巢础结构单一，常出现组成成分不明、污染程度高、质量良莠不齐等问题。巢础的质量优劣直接影响着蜂群的繁殖、发展和蜂产品的产量与质量，间接影响养蜂经济效益（蔡英伟，1999）。使用劣质巢础供蜜蜂筑造巢脾时会出现凸凹不平、蜜蜂啃咬巢础、甚至出现蜂王不愿在其上产卵和巢脾中的幼虫不孵化或患病等现象，从而严重影响蜂群的繁殖、生产。

传统饲养蜂群观点认为雄蜂不参与蜂群内勤和采集，反而增加蜂群蜜粉饲料消耗，为了蜂群高产，必须长年割雄蜂蛹，以便减少蜂群中雄蜂数量。导致市场上的巢础大部分为单一的工蜂巢础，即整张巢础筑成工蜂巢房（孟兆和，2005）。另外一部分巢础为单一的雄蜂巢础，用来培育种用雄蜂或科学研究等。但这种传统饲养观点，越来越受到许多研究结果挑战。据金汤东（1991）报道：长年不割雄蜂蛹的养蜂场，雄蜂不仅不会泛滥，转地蜂场在同等条件下蜂产品群产量反而更高。沈汉涛（1993）也表明蜂群中的雄蜂不应消灭，蜂群中的雄蜂可以激发工蜂采集的积极性。曾志将等（1999，2000）系统地研究了蜜蜂性比值对蜂群生产力、繁殖力及分蜂性等的影响，结果发现割雄蜂蛹组（群内无雄蜂，不存在性比）与不割雄蜂蛹组（群内有雄蜂，存在性比）相比，两组的蜂群蜂王浆产量、繁殖力、分蜂性及群势都差异不显著；但不割雄蜂蛹组的产蜜量、工蜂出巢率及采粉积极性分别比割雄蜂蛹组提高 8.40%-14.04%、17.10%-23.50%和 23.80%-26.50%。而且在自然蜂群中，巢脾的边缘含有雄蜂巢房，蜜蜂不仅可以用这些巢房来培育雄蜂个体，也可以用来储存蜂蜜等。

江西农业大学蜜蜂研究所在以上研究基础上，依据蜜蜂生物学特性，研制一种契合蜜蜂生物学特性、含有一定量雄蜂房基的蜜蜂仿生巢础（ZL.201420569243.2）。本文研究了仿生巢础对蜂群群势、产蜜量、抗病性的影响。仿生巢础研究与应用可为蜜蜂健康高效养殖技术的研究奠定基础，有利于促进养蜂业的健康发展。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

仿生巢础试验蜂群为 10 群意大利蜜蜂 *Apis mellifera ligustica* 由江西省养蜂研究所提供，饲养在江西省南昌市小蓝经济开发区（纬度：28.57° N，经度 115.92° E）和江西省安福县严田镇土桥村（纬度：27.31° N，经度 114.32° E）。仿生巢础对蜂群群势和抗病性影响试验分别在江西省南昌市小蓝经济开发区和江西省安福县严田镇土桥村完成，仿生巢础对蜂群蜂蜜产量影响试验在江西省安福县严田镇土桥村完成。试验时间：2020 年 2 月至 2020 年 6 月。

1.2 主要仪器

纯蜂蜡制作的仿生巢础和普通工蜂巢础（江西农业大学蜜蜂研究所研制），电子除螨仪（江西省养蜂研究所研制），电子秤（1-150 kg±50 g，永康市五鑫衡器有限公司）。

1.3 仿生巢础研制思路

在自然蜂群中会季节性的出现蜜蜂性比（雌性个体和雄性个体的比例），根据蜜蜂泌蜡筑造双面具有六边形巢房的巢脾的生物学特性，研发一种下边缘含有一定比例雄蜂房基的仿生巢础。将该巢础放入蜂群建造巢脾后，蜜蜂可以根据自身繁育等需要，合理地利用巢脾下缘分布的雄蜂巢房，使蜂群在繁殖季节能培育相应数量的雄蜂，提高蜂群工蜂出巢率及采集积极性。在蜂群不需要培育雄蜂时，蜂群可以利用这些雄蜂巢房用来储存蜂蜜等。

1.4 仿生巢础对蜂群性能的影响测定

2 月中旬组织 10 群蜂王质量、蜂群群势和群内蜜粉基本一致的意大利蜜蜂，随机分为实验组（Treated）和对照组（Control），每组 5 群。当蜂群繁殖需要加巢脾时，实验组蜂群一直是加仿生巢础进行造脾，对照组蜂群一直是加普通工蜂巢础进行造脾。试验过程中蜂群间不调动蜜蜂子脾和蜂脾，实验组蜂群和对照组蜂群饲养管理

方式一致。

仿生巢础对蜂群群势的影响：组织实验组蜂群和对照组蜂群 1 个月后，开始估算蜂群群势，蜂群群势以足框蜂量核算，然后每月同一日期估算蜂群群势，并记录相关数据。

仿生巢础对蜂群蜂蜜产量的影响：组织实验组蜂群和对照组蜂群后，在大流蜜期进行蜂蜜生产，实验组蜂群和对照组蜂群分别进行 5 次取蜜，测定其蜂蜜产量并记录相关数据。

仿生巢础对蜂群抗病性的影响：本实验以蜂螨寄生情况作为评估蜂群抗病性的指标，使用电子除螨仪对蜂群进行除螨，记录落螨数量。组织实验组蜂群和对照组蜂群 1 个月后，开始评估蜂群抗病性，然后每月同一日期评估蜂群抗病性。

1.5　数据分析

使用 SPSS 17.0 软件中 *t*-检验对仿生巢础应用试验数据进行统计分析，$P < 0.05$ 表示组间差异显著。

2　结果与分析

2.1　仿生巢础的结构

仿生巢础采用纯蜂蜡制作，巢础上设有房底和凸起的房基，房基为正六角形，巢础中上部分为工蜂房基，下缘部分为雄蜂房基，雄蜂房基占比为 10%。试验结果表明仿生巢础造脾速率快且巢脾整齐，蜂王产卵积极，幼虫孵化良好。仿生巢础和普通工蜂巢础及其造脾和子脾效果如图 1 所示。

2.2　仿生巢础对蜂群群势的影响

从图 2 可知，从 2 月份以后，试验蜂群群势逐渐增强。自 3 月份开始，使用仿生巢础的蜂群群势均显著强于使用普通工蜂巢础的蜂群群势（$P < 0.05$）。

2.3　仿生巢础对蜂群蜂蜜产量的影响

从图 3 可知，蜂群在试验期间总共取蜜 5 次，使用仿生巢础的蜂群蜂蜜产量均显著高于使用普通工蜂巢础的蜂群蜂蜜产量（$P < 0.05$）。

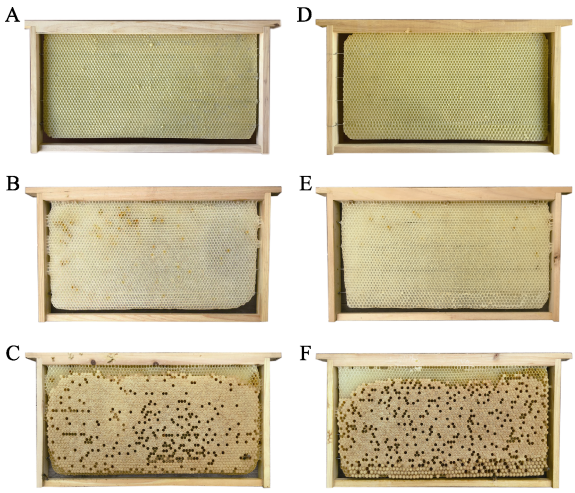


图 1　仿生巢础在蜂群的应用效果

Fig. 1　Application effect of bionic comb foundation in bee colony

A. 普通工蜂巢础；B. 普通工蜂巢础造脾；C. 普通工蜂巢础造脾后的子脾；D. 仿生巢础；E. 仿生巢础造脾；F. 仿生巢础造脾后的子脾。

A. Commercial worker comb foundation; B. Worker bees built comb on the commercial worker comb foundation; C. Brood comb on the commercial worker comb foundation; D. Bionic foundation; E. Worker bees built comb on the bionic foundation; F. Brood comb on the bionic foundation.

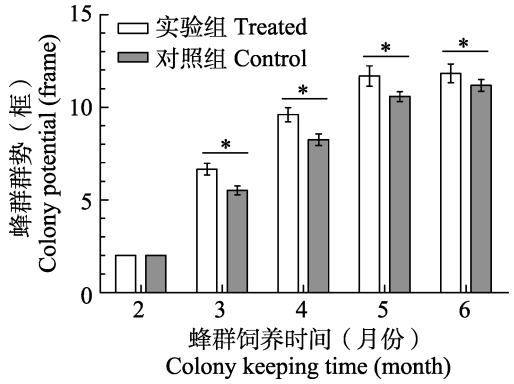


图 2　仿生巢础对蜂群群势的影响

Fig. 2　The influence of bionic comb foundation on bee colony potential

图中数据为平均值±SE；柱上标有星号表示实验组与对照组存在差异显著（$P < 0.05$）。下图同。

Data are mean ± SE. Histograms with asterisk indicate significant difference between the treated group and the control group ($P < 0.05$). The same below.

2.4　仿生巢础对蜂群抗病性的影响

从图 4 可知，从 2 月份以后，试验蜂群中蜂螨寄生数量逐渐增多。自 4 月份开始，使用仿生

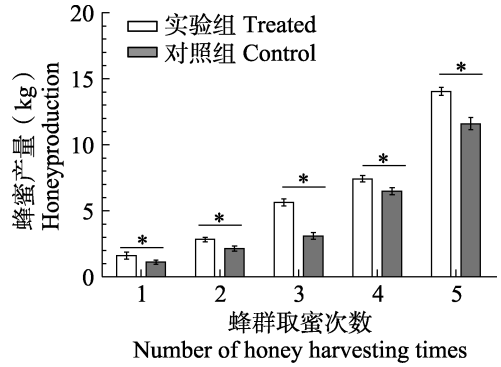


图 3　仿生巢础对蜂群蜂蜜产量的影响

Fig. 3　The influence of bionic comb foundation on honey production

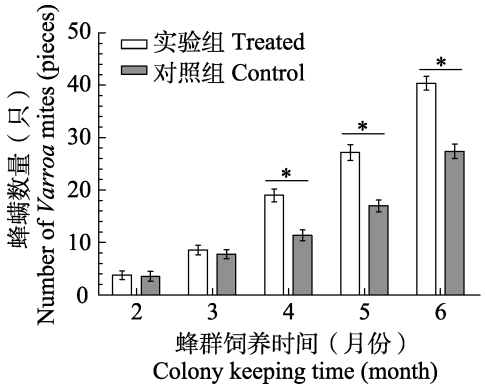


图 4　仿生巢础对蜂群抗病性的影响

Fig. 4　The influence of bionic comb foundation on disease resistance of bee colony

巢础的蜂群蜂螨寄生数量均显著多于使用普通工蜂巢础的蜂群蜂螨寄生数量（$P < 0.05$）。

3　讨论

巢础是蜜蜂巢房房基，供蜜蜂筑造巢脾的基础，养蜂业的发展离不开巢础。巢础、摇蜜机和朗氏蜂箱称为蜂业的三大发明，巢础、巢础框和朗氏蜂箱的配合使用形成了活框蜂箱饲养模式（Dadant and Henry，1948），方便生产蜂产品及日常饲养管理，极大提高了养蜂的生产效率。根据蜜蜂性比值对蜂群生产力、繁殖力及分蜂性等的影响结果（薛运波和曾志将，1998；曾志将，1999，2000），推断蜂群雄蜂巢房在总巢房总数的 10%-12%比较适宜，有利于蜂群健康繁殖。本研究试验的仿生巢础采用纯蜂蜡制作，雄蜂房基位于巢础的下缘，雄蜂房基的占比为 10%，更契合蜂群生物学特性。应用试验表明，工蜂在仿生巢础上造脾平整，蜂王在其上产卵积极，幼虫孵化效果良好。

蜂群通常由 2 种性别的 3 种类型蜜蜂个体组成，即蜂王、工蜂和雄蜂，蜂王产受精卵因发育条件不同而形成新蜂王和工蜂，未受精卵形成雄蜂。有研究表明：雄蜂除与处女蜂王交尾外，还能影响蜂王产卵力及寿命，同时可激发工蜂采集的积极性使蜂群达到较强群势和较高蜂产品产量（金汤东，1991；沈汉涛，1993；李建军等，1994）。Li 等（2016）研究发现雄蜂幼虫和工蜂幼虫均可调节蜂群内的温湿度，促使蜂群的正常繁殖。本研究结果表明试验蜂群从 2 月中旬繁殖至 6 月，蜂群群势逐渐增强；使用仿生巢础的蜂群群势和蜂蜜产量显著强于使用普通工蜂巢础的蜂群。这可能是使用仿生巢础蜂群中蜜蜂性比更适合蜂群生物学特性所致，结果与前人研究的结果相一致。

瓦螨是世界上对蜂群危害最严重的蜜蜂寄生虫，为了繁殖，雌性瓦螨会在工蜂和雄蜂幼虫封盖前进入巢房。大量研究表明：瓦螨更容易在雄蜂聚集区中寄生，雄蜂巢房中的瓦螨产生存活后代的比例显著高于工蜂巢房，被寄生瓦螨的雄蜂蜂蛹中细胞膜蛋白和肌肉蛋白的差异丰度显著高于工蜂蜂蛹（Calderón *et al.*，2012；Ashley *et al.*，2018；Surlis *et al.*，2018）。在自然蜂群中，雄蜂的产生受季节的限制，通常出现于春末夏初，消失于秋末。本研究结果表明，试验蜂群 2 月中旬已经有瓦螨寄生；随着试验蜂群的繁殖，试验蜂群中雄蜂也逐渐增加，蜂群内瓦螨的寄生数量也随之增多；从 4 月开始，使用仿生巢础蜂群内瓦螨的寄生数量均显著多于使用普通工蜂巢础蜂群，表明使用仿生巢础建造巢房的蜂群在抗蜂螨能力上要弱于普通工蜂巢础，这可能是使用仿生巢础的蜂群含有一定量的雄蜂巢房，促使瓦螨更容易寄生繁殖。为保证蜂群的健康繁殖和蜂产品高产，应在早春繁殖前进行断子，彻底除螨。

参考文献 (References)

Ashley NM, Cameron J, James DE, 2018. The discovery of *Varroa*

destructor on drone honey bees, *Apis mellifera*, at drone congregation areas. *Parasitology Research*, 117: 3337–3339.

Cai YW, 1999. A few comments on the quality of nests. *Apiculture of China,* (6): 21. [蔡英伟, 1999. 关于巢础质量的几点看法. 中国养蜂, (6): 21.]

Calderón RA, Ureña S, van Veen JW, 2012. Reproduction of varroa destructor and offspring mortality in worker and drone brood cells of africanized honey bees. *Experimental & Applied Acarology*, 56(4): 297–307.

Dadant, Henry C, 1948. Bee comb foundation. US. Patent number of US2453411 A.

Gong SA, 2012. Talk about comb foundation on apiculture. *Apiculture of China*, 63(19): 38. [龚绍安, 2012. 养蜂话巢础. 中国蜂业, 63(19): 38.]

Jin TD, 1991. Management of transfer breeding drones. *Journal of Apiculture Technology*, (2): 13. [金汤东, 1991. 转地饲养的雄蜂管理. 养蜂科技, (2): 13.]

Kuang HO, Wang YZ, 2010. The development and direction of bee equipment in China. bee machinery and equipment professional committee of apicultural science association of China. Proceedings of the First Second Symposium of Bee Machinery and Equipment Professional Committee of Apicultural Science Association of China. 6–8. [匡海鸥, 王以真, 2010. 我国蜂机具发展简况与方向. 中国养蜂学会蜂机具及装备专业委员会. 中国养蜂学会蜂机具及装备专业委员会第一届第二次学术研讨会论文集. 6–8.]

Li ZY, Huang ZY, Sharma DB, Xue YB, Wang Z, Ren BZ, 2016. Drone and worker brood microclimates are regulated differentially in honey bees, *Apis mellifera*. *PLoS ONE*, 11(2): e0148740.

Li JJ, Hu XF, 1994. Research on the biology and behavior of drones. *Journal of Apiculture Technology*, (1): 14–18. [李建军, 胡晓帆, 1994. 雄蜂生物学和行为的研究. 养蜂科技, (1): 14–18.]

Liu PF, Wu J, Li HY, Lin SW, 2011. Economic values of bee pollination to China's agriculture. *Scientia Agricultura Sinica*, 44(24): 5117–5123. [刘朋飞, 吴杰, 李海燕, 林素文, 2011. 中国农业蜜蜂授粉的经济价值评估. 中国农业科学, 44(24): 5117–5123.]

Meng ZH, 2005. There are many advantages to removing drones. *Apiculture of China*, 56(6), 17. [孟兆和, 2005. 割除雄蜂好处多. 中国蜂业, 56(6), 17.]

Shen HT, 1993. Drones in a swarm should not be exterminated. *Journal of Bee*, (5): 10–11. [沈汉涛, 1993. 蜂群中的雄蜂不应消灭. 蜜蜂杂志, (5): 10–11.]

Smith, Edgar F, 1951. Comb foundation. Patent number of US2561147 A.

Surlis C, Carolan JC, Coffey M, Kavanagh K, 2018. Quantitative proteomics reveals divergent responses in *Apis mellifera* worker and drone pupae to parasitization by *Varroa destructor*. *Journal of Insect Physiology*, 107(6): 291–301.

Tian XJ, 2019. Developing apiculture is an effective way to promote farmers to get rid of poverty. *Journal of Honghe University*, 17(2): 49–50. [田学军, 2019. 发展养蜂业是促进农民脱贫致富的有效途径. 红河学院学报, 17(2): 49–50.]

Xue YB, Zeng ZJ, 1998. The influence of drone of different age on bee sex ratio by artificial insemination. *Journal of Apiculture Technology*, (4): 5. [薛运波, 曾志将, 1998. 人工授精选用不同日龄的雄蜂对蜜蜂性比值的影响. 养蜂科技, (4): 5.]

Zeng ZJ, Guo DS, Xiong HH, Xi FG, Zhang CL, 1999. Study on the effect of bee sexratios on the colonyreproductive capacity and swarming. *Acta Agriculturae Univeritis Jiangxiensis*, 21(2): 142–144. [曾志将, 郭冬生, 熊红华, 席方贵, 张串联, 1999. 蜜蜂性比值对蜂群繁殖力及分蜂性影响的研究. 江西农业大学学报, 21(2): 142–144.]

Zeng ZJ, Guo DS, Wu GS, Xiong HH, 1999. Study on the effect of bee sexratios on thepopulation of a colony. *Acta Agriculturae Univeritis Jiangxiensis*, 21(2): 145–147. [曾志将, 郭冬生, 吴桂生, 熊红华, 1999. 蜜蜂性比值对蜂群群势影响的研究. 江西农业大学学报, 21(2): 145–147.]

Zeng ZJ, Wu GS, Zhang ZY, Guo DS, 2000. Effects of drone pupae excised on the colony productivity, reproductive capacity and swarming. *Journal of Zhejiang University* (*Agric. & Life Sci.*), 26(5): 540–542. [曾志将, 吴桂生, 张中印, 郭冬生, 2000. 割雄蜂蛹对蜂群生产力和繁殖力及分蜂性的影响. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 26(5): 540–542.]

Zeng ZJ, 2020. Advances in honeybee biology in China over the past 70 years. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 57(2): 259–264. [曾志将, 2020. 中国 70 年来蜜蜂生物学研究进展. 应用昆虫学报, 57(2): 259–264.]