

中华蜜蜂不同体色蜂王的蜂群工蜂形态和生产性能比较及蜂种初步选育*

彭成涛^{1,2**} 郭冬生³ 裴亚琳^{1,4} 傅佳豪^{1,4} 胡俊彦^{1,4} 颜伟玉^{1,4***}

(1. 江西农业大学蜜蜂研究所, 南昌 330045; 2. 江西省养蜂研究所, 南昌 330052; 3. 江西宜春学院, 宜春 336000; 4. 江西省蜜蜂生物学与饲养重点实验室, 南昌 330045)

摘要 【目的】选育江西本地优良的中华蜜蜂 *Apis cerana cerana* 蜂种。【方法】比较江西本地饲养的枣红色蜂王蜂群和黑色蜂王蜂群的生产性能, 选择较优的一种作为亲本进行育王。利用人工授精技术控制处女王与雄蜂交尾, 测定每代工蜂的初生重、单个采集蜂蜜囊重和 38 个外部形态指标并进行分析比较。【结果】枣红色蜂王蜂群的工蜂初生重和单个采集蜂蜜囊重均显著高于黑色蜂王蜂群, 但在采集力和产育力方面两者差异均不显著。选取枣红色蜂王蜂群作为亲本进行育种, 后代蜂群工蜂的初生重和蜜囊重都显著高于枣红色蜂群亲本。选育蜂群的工蜂长度指标均有显著提高, 颜色、翅钩数和肘脉指数均与亲本差异显著。【结论】枣红色蜂王蜂群和黑色蜂王蜂群相比, 两者在生产性能方面无显著差异。经初步选育的枣红色蜂群工蜂初生重和单个采集蜂蜜囊重均显著增加, 但与亲本蜂群比较, 工蜂的形态多样性并未出现明显分化。

关键词 中华蜜蜂; 枣红色蜂王; 黑色蜂王; 人工选育; 形态和生产性能

Comparison of worker morphology and productivity in colonies with different colored queens, and results of preliminary selective breeding of *Apis cerana cerana*

PENG Cheng-Tao^{1,2**} GUO Dong-Sheng³ PEI Ya-Lin^{1,4}
FU Jia-Hao^{1,4} HU Jun-Yan^{1,4} YAN Wei-Yu^{1,4***}

(1. Honeybee Research Institute, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China; 2. Apicultural Research Institute of Jiangxi Province, Nanchang 330052, China; 3. Jiangxi Yichun University, Yichun 336000, China; 4. Jiangxi Province Key Laboratory of Honeybee Biology and Beekeeping, Nanchang 330045, China)

Abstract 【Objectives】To select and breed high quality *Apis cerana cerana* honeybees in Jiangxi Province. 【Methods】The performance of colonies with either jujube red, or black, queens in Jiangxi Province was compared, and superior queens were selected for breeding. Artificial insemination was used to control the mating between queens and drones, and the birth weight, honey sac weight of foragers and 38 external morphological indicators of each generation of worker bees, were measured and compared. 【Results】Although differences in foraging effort and fertility were not significant, the weight of newly emerged worker bees and the honey sac weights of foragers in jujube red queen colonies were significantly higher than those in black queen colonies. Jujube red queen colonies were therefor selected for breeding. The birth weight and honey sac weight of the offspring of jujube red queens were significantly higher than those of the parent colonies. The length indices of the offspring was also significantly higher, and the color, number of wing hooks and elbow pulse index were significantly different from those of their parents. 【Conclusion】There was no significant difference in honey production between colonies with either black or jujube red queens, but the emergence weight and honey sac weights of workers were significantly higher

*资助项目 Supported projects: 江西省蜂产业技术体系项目资金资助 (JXARS-14); 国家自然科学基金项目 (32160133)

**第一作者 First author, E-mail: 2440548179@qq.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: ywygood-0216@163.com

收稿日期 Received: 2023-04-06; 接受日期 Accepted: 2023-05-08

in F1 colonies of selectively bred jujube red queens. There was, however, no obvious difference in morphological diversity between F1 colonies and parent colonies.

Key words *Apis cerana cerana*; jujube red queen; black queen; artificial breeding; morphology and production performance

江西省地处中国东南部, 长江中下游南岸, 属亚热带湿润气候, 气候温和, 四季分明, 雨量充沛(叶武光等, 2018)。江西省森林和丘陵地区占全省总面积的78%, 森林覆盖率达63.1%, 居全国第二, 并且蜜粉源植物种植面积大, 种类丰富, 达210余种, 为江西养蜂业发展提供良好的自然环境(秦加敏等, 2018; 江武军等, 2020)。2020年, 江西省农业农村厅统计数字显示, 江西省蜜蜂现有饲养量为115.50万群, 其中中华蜜蜂*Apis cerana cerana*(简称中蜂)76.10万群, 覆盖90多个县、区、市(曾蜜等, 2021), 为农作物的增产和生态环境保护发挥了重要的作用。江西省内饲养的中蜂蜂王有2种不同的体色, 一种为黑色, 另一种为枣红色。黑色蜂王腹部为黑色带深褐色光泽, 老年时常变为光亮的铁青色, 具有产卵规律且整齐、配合蜂群群势发展、巡脾勤快等特点, 但不喜光, 不能扣王, 扣王后容易不产卵和产雄蜂卵。枣红色蜂王在产卵盛期腹部变大, 其中枣红色纹就会从腹节中显露出来, 具有性情温和、不怕强光、不怕风、提脾时也会产卵、不恐慌、产卵能力强等特点(陈学刚, 2015)。2种蜂群在江西各地受蜂农的喜爱程度不一, 它们的质量优劣差异尚未见相关报道。

蜂群的质量可以通过蜂群生产力、产育力、工蜂的数量、越冬性、抗病性、分蜂性和攻击性等进行综合评定(科普捷夫和陈祀栩, 1989)。蜂群生产力通过蜂箱的日增重来测定, 表示每日蜂群的采蜜和采粉量(刘守礼, 2016)。蜂群的产育力是指蜂王产卵力和工蜂哺育力, 是用于判断蜂群发展速度的指标(高寿增, 2002)。蜂群生产力和产育力是蜂群最为重要的经济性状, 能够直接反映蜂群中工蜂和蜂王的质量, 进而体现蜂群的质量(Wu *et al.*, 2023)。蜜蜂的形态特征鉴定是研究蜜蜂种质资源的一种方便有效的方法, 可以为蜂种鉴定提供依据, 但部分指标与生产性能密切相关, 与蜂群的质量存在一定的相关

性。已有38个指标用于西方蜜蜂形态特征测定(Ruttner, 1988; Verma *et al.*, 1994; Ruttner *et al.*, 2000; Radloff *et al.*, 2005)。但在东方蜜蜂中, 由于唇基、小盾片和背板的颜色丰富, 不适合使用西方蜜蜂的标准, 因此王桂芝等(2006a, 2006b, 2006c)、罗凌娟等(2014)对东方蜜蜂的唇基、小盾片和背板颜色进行研究, 设计了符合东方蜜蜂的测定标准, 对东方蜜蜂的形态指标判定有着重要的意义。

为了比较2种体色蜂王蜂群的质量差异, 筛选适合江西本地饲养的优良中蜂蜂种, 本研究对同一蜂场饲养的黑色蜂王蜂群和枣红色蜂王蜂群的生产性能进行测定, 比较工蜂的初生重、采集蜂的蜜囊重、蜂群采集力和产育力等指标。选择相对优良的蜂种作为亲本, 利用人工授精保证父本雄蜂来源, 对蜂种进行初步选育。测定选育后3代工蜂的初生重、采集蜂蜜囊重和38个外部形态特征, 以比较选育蜂群工蜂的生产性能和性状。

1 材料与方法

1.1 试验蜂群

试验蜂群为中华蜜蜂枣红色蜂王蜂群(简称枣红色蜂群)(图1:A)与黑色蜂王蜂群(简称黑色蜂群)(图1:B)。挑选群势和蜂王日龄较一致的蜂群各5群, 用于试验。蜂群均饲养在江西省铜鼓县山花蜂业专业合作社蜂场。试验时间为2019-2020年。

1.2 仪器与试剂

电子分析天平(ME204, 梅特勒-托利多有限公司)、电子称(AU-Y002, 浙江沃可鑫电子科技有限公司)、镊子、滤纸、隔王片、隔王板、育王框、免移虫王台、移虫笔、显微镜(GL-99TI204151, 桂林桂光仪器有限公司)、电

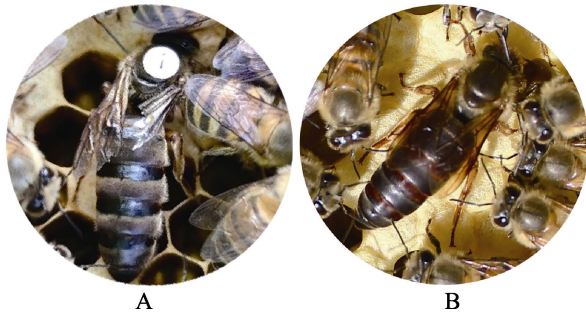


图 1 两种颜色蜂王

Fig. 1 Queens with two different colors

A. 黑色蜂王; B. 枣红色蜂王。

A. The queen with black color;

B. The queen with jujube red color.

脑、微小物体形态测量与数据分析系统软件、人工授精仪(上海索胜生物有限公司)、盖玻片、载玻片、蜡盘、75%酒精。

1.3 试验方法

1.3.1 2 种体色蜂王亲本 (F_0) 生产性能比较

1.3.1.1 工蜂初生重测定 在试验蜂群中随机抓取 50 只刚出房的工蜂, 放在电子天平上称量初生重(精确至 0.01 g), 取平均值。

1.3.1.2 单个采集蜂蜜囊重测定 在黑色蜂群和枣红色蜂群巢门口分别抓取采集飞回的采集蜂各 5 群, 每群 30 只, 立即冷冻处死, 解剖取出蜜囊(图 2), 放在电子天平上称量, 测出工蜂单次采集的花蜜重, 取平均值。



图 2 工蜂蜜囊解剖

Fig. 2 Anatomy of a worker's honey sac

1.3.1.3 蜂群采集力测定 在 7-8 月边荷枫蜜粉源植物开花期间, 参照刘守礼(2016)的方法, 每天早上 8:00 用电子称称量蜂箱重量, 记录当天采进的花蜜和花粉量, 共称量 11 d。计算公式

为日增花蜜和花粉重=当日蜂箱重-前一日蜂箱重。

1.3.1.4 蜂群产育力测定 黑色蜂群、枣红色蜂群各 5 群蜂(初始群势统一为 4 张脾), 用 4.4 cm × 4.4 cm 网格(每个格子中大约有 100 个工蜂巢房)测量每群蜂巢脾上的卵、幼虫和封盖子数量(图 3), 11 d 测量一次, 连续测量 4 次。



图 3 蜂群卵、幼虫和封盖子测量

Fig. 3 Measurement of colony eggs, larvae and caps

1.3.2 蜂种选育

1.3.2.1 父本雄蜂的选择 在培育蜂王前一周开始, 对 1.3.1 中生产性能较优的蜂种蜂群中每日出房的雄蜂用彩色标记笔进行标记, 每周更换一种颜色, 用于大致判断雄蜂日龄。蜂王出房后停止标记, 为处女王进行人工授精时提供性成熟的雄蜂。待培育蜂群至 F_2 代及 F_3 代时, 均选择相应体色蜂王的蜂群培育雄蜂, 为人工授精提供性成熟的雄蜂。

1.3.2.2 蜂王培育与人工授精 对生产性能较优的蜂种母本蜂群 (F_0) 进行控王产卵, 3 d 后将孵化的幼虫移入育王框中的王台内, 然后放入无王群中哺育。在蜂王出房前 2 d, 将王台从育王框上取下, 放入提前组织好的交尾群内。待蜂王出房后, 在巢门口安装隔王片, 防止蜂王飞出去交尾。7 d 后蜂王性成熟, 进行人工授精(薛运波, 2022)。然后按照上述的方法继续培育生产性能较优的蜂种 F_2 和 F_3 代。

1.3.2.3 选育后代工蜂生产性能测定 选取选育蜂群的 F_1 、 F_2 和 F_3 代, 测定工蜂生产性能, 方法同 1.3.1。其中 F_1 代由于有的蜂群失王, 所以单个采集蜂蜜囊重数据缺失。测采集力和产育力在 2020 年秋繁期间, 但遇到长时间下雨天气,

数据不完整, 因此未采用。

1.3.2.4 工蜂形态测定 从黑色蜂群、枣红色蜂群 F_0 代、选种 F_1 、 F_2 和 F_3 代中每群各取 50-60 只工蜂, 放入 75% 酒精中保存。再从酒精中随机取 15 只伸喙完全的工蜂, 放在盛有 75% 酒精的

蜡盘上, 参照 Ruttner (1988) 年提出的 38 个形态特征, 依次将每只工蜂的喙、头部、胸部、前翅、后翅、后腿、第 2 背板、第 3 背板、第 4 背板、第 5 背板、第 3 腹板和第 6 腹板解剖下来(图 4: A-L), 放入装有 75% 酒精的培养皿中。其中

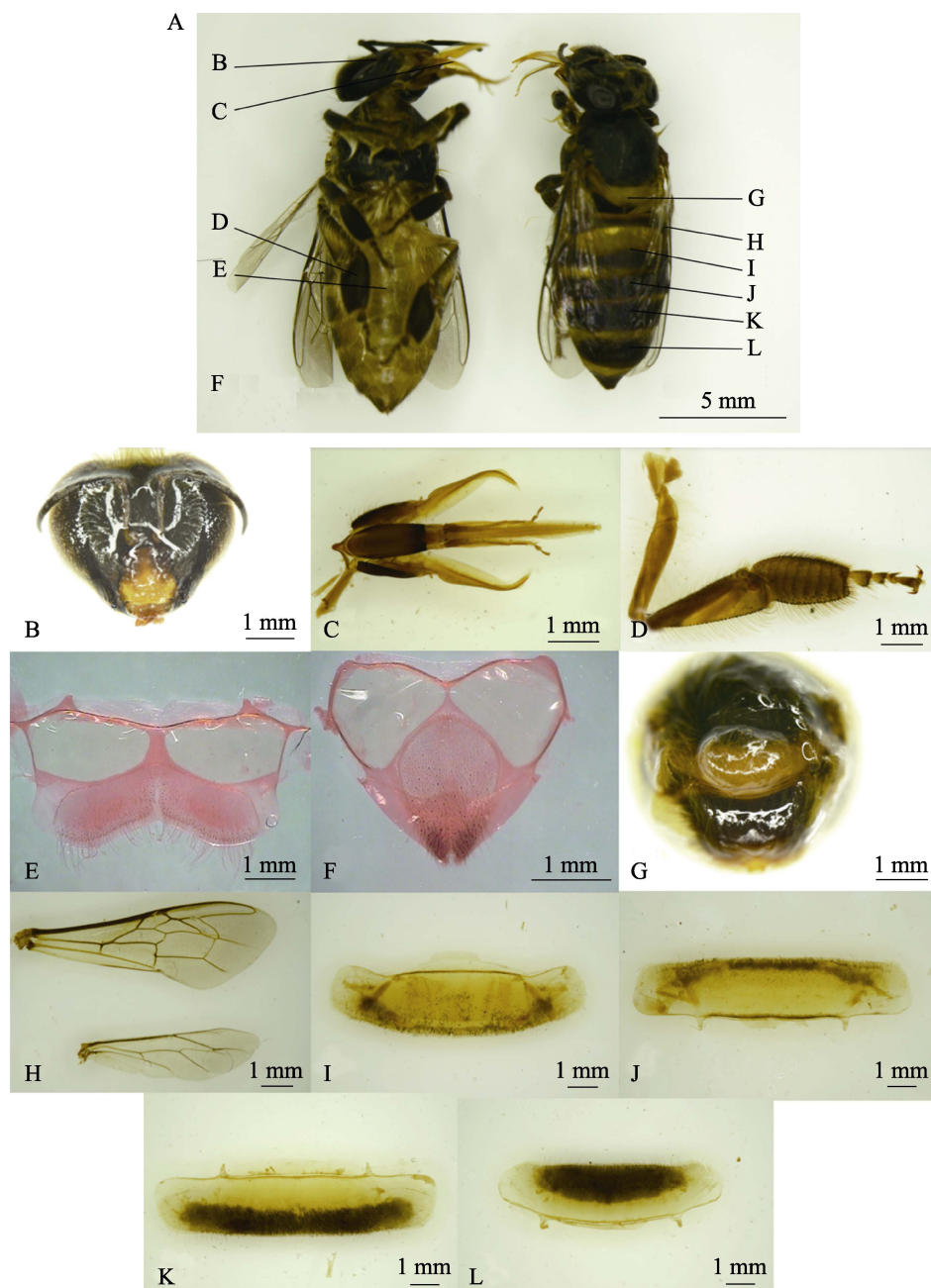


图 4 工蜂解剖图

Fig. 4 Anatomical diagram of worker bees

- A. 工蜂正反面; B. 唇基; C. 喙; D. 后腿; E. 第 3 腹板; F. 第 6 腹板; G. 小盾片;
H. 前翅和后翅; I. 第 2 背板; J. 第 3 背板; K. 第 4 背板; L. 第 5 背板。
A. Front and back of worker bees; B. Clypeus; C. Proboscis; D. Hind leg; E. Sternite 3; F. Sternite 6;
G. Scutellum; H. Fore wing and hind wing; I. Tergite 2; J. Tergite 3; K. Tergite 4; L. Tergite 5.

第3腹板和第6腹板的培养皿中加伊红染液进行染色,再将各个部位放在载玻片上,盖上盖玻片,放在显微镜下,用微小物体形态测量与数据分析系统软件进行图像拍摄及测量,唇基、小盾片和背板颜色测定参照王桂枝等(2006a, 2006b, 2006c)及罗凌娟等(2014)的方法。

1.4 数据统计分析

数据均采用 SPSS 22.0 软件进行分析,形态特征数据聚类分析采用软件中的“聚类分析”进行分析,两组数据采用 t 检验进行比较,多组数据采用“ANOVA”进行统计分析,表格和图中数据采用平均数 $\pm$ 标准误 (Mean $\pm$ SE) 表示。所有图片均使用 GraphPad Prism 8 绘制。

2 结果与分析

2.1 亲本蜂群的生产性能比较

2.1.1 工蜂初生重 从图5可知,黑色蜂群的工蜂平均初生重为 87.87 mg,枣红色蜂群的工蜂平均初生重为 90.48 mg,两组蜂群差异显著 ($P<0.05$)。

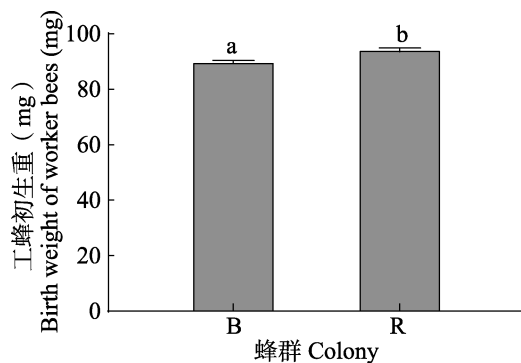


图5 工蜂初生重

Fig. 5 Birth weight of worker bees

B: 黑色蜂群 F_0 ; R: 枣红色蜂群 F_0 。柱上标有字母相同表示差异不显著 ($P>0.05$, t 检验), 不同表示差异显著 ($P<0.05$, t 检验)。下图同。

B: Black colonies F_0 ; R: Jujube red colonies F_0 .

The same lowercase letter above the histograms indicate no significant difference ($P>0.05$, t -test), while different lowercase letters indicate significant differences ($P<0.05$, t -test); The same below.

2.1.2 单个采集蜂蜜囊重 从图6可知,黑色蜂群的单个采集蜂蜜囊重为 38.98 mg,枣红色蜂群的单个采集蜂蜜囊重为 46.52 mg,枣红色蜂群工蜂单次采集的花蜜量显著高于黑色蜂群 ($P<0.05$)。

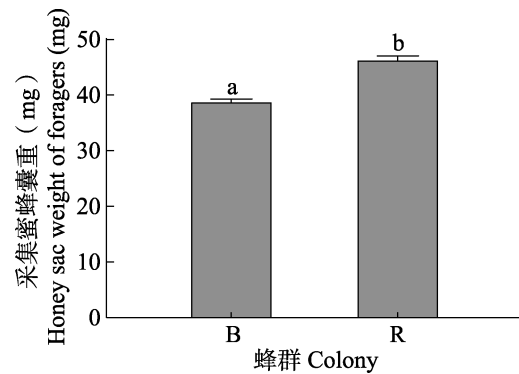


图6 采集蜂蜜囊重

Fig. 6 Honey sac weight of foragers

2.1.3 蜂群采集力 从图7可知,黑色蜂群日平均采集力为 4.17 kg,枣红色蜂群日平均采集力为 4.59 kg,两组蜂群差异不显著 ($P>0.05$)。

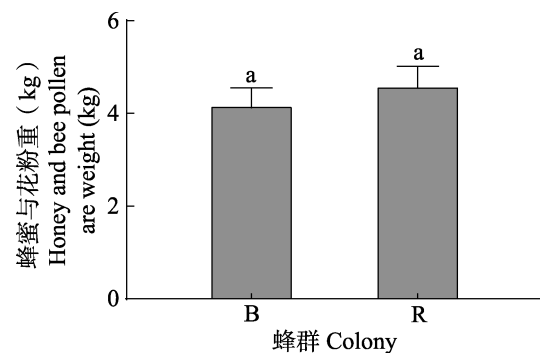


图7 蜂群采集力

Fig. 7 Colony gathering force

2.1.4 蜂群产育力 从表1可知,黑色蜂群和枣红色蜂群的卵、幼虫和封盖子均差异不显著 ($P>0.05$),因此两种蜂群的产育力无显著差异。

由于枣红色蜂群工蜂在初生重和采集蜂蜜囊重均优于黑色蜂群,因此本研究选用枣红色蜂群作为亲本,对蜂群进行选育,并进行形态指标和生产性能测定。

2.2 选育蜂群生产性能和形态特征比较

2.2.1 工蜂初生重 由图8可知,枣红色蜂群 F_1 代与 F_0 比较差异不显著 ($P>0.05$); F_1 、 F_2 和

表 1 蜂群产育力比较
Table 1 Comparison of fertility of honeybee colonies

蜂子类型 Brood type	测定日期 Date of measurement	枣红色蜂群 Jujube red colonies	黑色蜂群 Black colonies
卵 (×100 粒) Eggs (×100)	2019.7.24	16.86±1.756 a	12.78±1.622 a
	2019.8.4	14.16±1.888 a	14.32±2.787 a
	2019.8.15	12.94±1.511 a	11.82±0.560 a
	2019.8.26	13.28±1.418 a	10.20±1.374 a
幼虫 (×100 只) Larvae (×100)	2019.7.24	16.92±2.271 a	16.28±1.998 a
	2019.8.4	18.42±1.993 a	18.26±3.054 a
	2019.8.15	20.86±2.258 a	19.42±2.181 a
	2019.8.26	12.44±1.697 a	10.98±0.705 a
封盖子 (×100 个) Caps (×100)	2019.7.24	55.02±3.738 a	49.46±2.758 a
	2019.8.4	52.36±4.865 a	49.74±3.619 a
	2019.8.15	67.64±7.556 a	64.28±5.954 a
	2019.8.26	45.02±7.916 a	44.80±4.659 a

同行数字后标有字母相同表示差异不显著 ($P>0.05$, t 检验), 字母不同表示差异显著 ($P<0.05$, t 检验)。
The same lowercase letters in the same line indicate no significant difference ($P>0.05$, t -test), while different lowercase letters indicate significant differences ($P<0.05$, t -test) .

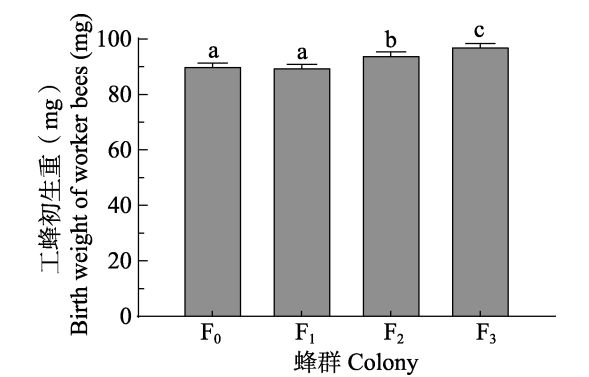


图 8 工蜂初生重
Fig. 8 Birth weight of worker bees
 F_1 、 F_2 和 F_3 均为枣红色蜂王选育的后代。
 F_1 , F_2 and F_3 are all offspring from the red queen bee colonies.
柱上标有字母相同表示差异不显著 ($P>0.05$, ANOVA 分析), 不同字母表示差异显著 ($P<0.05$, ANOVA 分析)。
The same lowercase letters in the same line indicate no significant difference ($P>0.05$, ANOVA test), while different lowercase letters indicate significant differences ($P<0.05$, ANOVA test)

F_3 之间工蜂初生重均差异显著 ($P<0.05$), 且逐代增加。

2.2.2 采集蜂蜜囊重 由图 9 可知, 枣红色蜂群 F_0 、 F_2 和 F_3 代之间采集蜂蜜囊重均差异显著 ($P<0.05$), 且逐代增加。

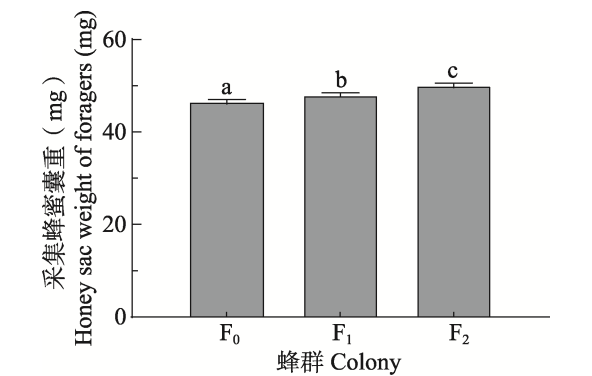


图 9 采集蜂蜜囊重
Fig.9 Honey sac weight of foragers

2.2.3 工蜂形态特征指标 由表 2 可知, 在 38 个形态指标的比较中, 黑色蜂群 F_0 代与枣红色蜂群 F_0 代喙长、胫节长、跗节长、第 2 背板颜色、第 3 背板颜色、第 4 背板颜色、翅脉角 E9、J10、J16、K19、N23、O26 等指标差异显著 ($P<0.05$), 其余指标均差异不显著 ($P>0.05$)。
枣红色蜂群 F_1 与 F_0 代之间的跗节长、第

表 2 工蜂形态特征

Table 2 Morphological characteristics of worker bees

特征指标 (长和宽的单位: mm) Characteristic index (Length and width unit: mm)	黑色蜂群 F ₀ Black colonies F ₀	枣红色蜂群 F ₀ Jujube red colonies F ₀	枣红色蜂群 F ₁ Jujube red colonies F ₁	枣红色蜂群 F ₂ Jujube red colonies F ₂	枣红色蜂群 F ₃ Jujube red colonies F ₃
喙长 Length of proboscis	5.15±0.034 b	5.26±0.041 a	5.31±0.013 a	5.30±0.042 a	5.33±0.012 a
前翅长 Length of forewing	8.78±0.020 d	8.80±0.020 d	9.11±0.026 b	9.04±0.020 c	9.29±0.016 a
前翅宽 Width of forewing	3.07±0.022 bc	3.08±0.016 bc	3.13±0.021 ab	3.06±0.017 c	3.15±0.022 a
股长 Length of femur	2.62±0.041 0 a	2.61±0.009 6 a	2.63±0.010 0 a	2.57±0.010 1 a	2.62±0.008 4 a
胫节长 Length of tibia	3.16±0.012 cd	3.24±0.030 ab	3.22±0.015 bc	3.16±0.019 d	3.29±0.085 a
跗节长 Length of metatarsus	1.99±0.008 4 c	2.03±0.006 7 b	2.06±0.017 0 a	2.00±0.007 1 c	2.06±0.007 0 a
跗节宽 Width of metatarsus	1.13±0.005 3 b	1.12±0.004 8 b	1.14±0.006 1 ab	1.14±0.004 1 ab	1.16±0.015 0 a
第 3 背板长 Length of tergum 3	2.05±0.005 3 d	2.06±0.007 4 d	2.14±0.004 9 b	2.10±0.006 6 c	2.19±0.015 0 a
第 4 背板长 Length of tergum 4	2.02±0.005 0 b	2.06±0.042 ab	2.08±0.053 0 b	2.06±0.006 2 b	2.14±0.014 0 a
第 3 腹板长 Length of sternum 3	2.79±0.007 5 b	2.82±0.041 1 b	2.84±0.007 4 b	2.82±0.006 5 b	2.91±0.017 2 a
蜡镜长 Length of wax mirror	1.30±0.006 3 bc	1.29±0.005 4 bc	1.32±0.024 0 a	1.27±0.006 7 c	1.30±0.005 8 ab
蜡镜宽 Width of wax mirror	2.18±0.006 9 c	2.18±0.008 5 c	2.21±0.009 9 bc	2.19±0.008 4 bc	2.23±0.007 1 a
蜡镜间距 Distance of wax mirror	0.34±0.015 0 ab	0.30±0.004 8 ac	0.33±0.006 0 ac	0.34±0.028 0 bc	0.31±0.006 2 ab
第 6 腹板长 Length of sternum 6	2.50±0.008 4 b	2.52±0.008 1 bc	2.61±0.006 5 d	2.55±0.027 2 c	2.68±0.093 9 a
第 6 腹板宽 Width of sternum 6	2.83±0.007 6 b	2.88±0.009 2 b	2.94±0.012 0 a	2.84±0.008 8 b	2.92±0.010 1 a
第 5 背板覆毛长 Length of tomentum on tergum 5	0.38±0.005 0 b	0.38±0.004 6 bc	0.43±0.008 2 a	0.39±0.005 9 b	0.40±0.006 2 c
第 4 背板绒毛带宽 1 Width 1 of tomentum on tergum 4(1)	0.28±0.010 0 ac	0.26±0.011 8 a	0.20±0.008 8 b	0.26±0.008 3 c	0.16±0.007 6 d
第 4 背板绒毛带宽 2 Width 2 of tomentum on tergum 4(2)	1.01±0.012 3 b	0.98±0.011 0 bc	1.12±0.009 3 a	0.96±0.026 1 c	1.15±0.008 2 a
唇基颜色 Pigment of clypeus	7	7	7	7	7
上唇颜色 Pigment of labrum	6.71±0.150 a	6.71±0.142 a	5.89±0.131 b	6.44±0.108 a	6.09±0.079 b
小盾片颜色 1 Pigment of scutellum1	8.24±0.068 b	8.39±0.080 b	8.22±0.063 b	8.60±0.057 a	7.95±0.089 c
小盾片颜色 2 Pigment of scutellum2	4.83±1.51 dc	5.19±1.41 ad	4.58±0.18 ce	5.45±0.11 a	4.35±0.13 be
第 2 背板颜色 Pigment of tergum 2	7.13±0.142 d	8.28±0.121 b	7.64±0.229 c	8.75±0.057 a	6.97±0.162 d
第 3 背板颜色 Pigment of tergum 3	6.81±0.086 c	7.67±0.069 b	7.58±0.093 b	7.93±0.069 a	6.85±0.075 c
第 4 背板颜色 Pigment of tergum 4	5.68±0.091 c	6.75±0.122 a	6.31±0.183 b	6.40±0.101 b	5.65±0.072 c
翅脉角 A4 (°) Angle A4 of forewing venation (°)	31.52±0.32 ab	31.66±0.27 bc	30.72±0.36 a	31.33±0.28 ac	31.54±0.27 ac
翅脉角 B4 (°) Angle B4 of forewing venation (°)	109.79±0.64 a	110.33±0.61 a	108.75±0.79 a	110.25±1.30 a	110.65±0.58 a

续表 2 (Table 2 continued)

特征指标 (角的单位 °) Characteristic index (Angle unit °)	黑色蜂群 F ₀ Black colonies F ₀	枣红色蜂群 F ₀ Jujube red colonies F ₀	枣红色蜂群 F ₁ Jujube red colonies F ₁	枣红色蜂群 F ₂ Jujube red colonies F ₂	枣红色蜂群 F ₃ Jujube red colonies F ₃
翅脉角 D7 Angle D7 of forewing venation	96.76±0.60 ac	96.36±0.37 a	95.03±0.68 bc	94.76±0.40 b	95.19±0.38 bc
翅脉角 E9 Angle E9 of forewing venation	20.24±0.21 ab	21.57±0.16 c	21.51±0.19 ab	21.22±0.15 b	21.85±0.17 a
翅脉角 G18 Angle G18 of forewing venation	88.46±0.50 ab	87.71±0.37 b	89.23±0.60 a	87.67±0.40 b	87.65±0.39 b
翅脉角 J10 Angle J10 of forewing venation	48.44±0.48 b	46.85±0.62 c	49.96±0.40 a	50.27±0.35 a	46.96±0.29 c
翅脉角 J16 Angle J16 of forewing venation	100.90±0.53 a	97.70±0.48 b	100.25±0.47 ac	99.49±0.38 c	97.36±0.46 b
翅脉角 K19 Angle K19 of forewing venation	80.60±0.49 a	79.18±0.41 b	78.90±0.63 b	78.31±0.39 b	79.45±0.44 ab
翅脉角 L13 Angle L13 of forewing venation	15.17±0.20 a	14.81±0.15 a	13.74±0.19 b	13.25±0.15 b	13.24±0.13 b
翅脉角 N23 Angle N23 of forewing venation	83.11±0.64 a	78.82±0.51 b	81.92±0.56 a	82.16±0.52 a	79.12±0.47 b
翅脉角 O26 Angle O26 of forewing venation	31.27±0.45 a	30.05±0.42 b	27.73±0.40 c	28.46±0.43 c	28.27±0.43 c
肘脉指数 The index number of cubital veins	4.14±0.091 a	4.32±0.078 a	3.83±0.076 b	3.80±0.070 b	3.84±0.065 b
翅钩数 (个) Number of hindwing hamuli	18.41±0.15 b	18.55±0.16 b	19.51±0.26 a	19.39±0.24 a	19.13±0.19 a

同行数字后标有字母相同表示差异不显著 ($P>0.05$, ANOVA 分析), 字母不同表示差异显著 ($P<0.05$, ANOVA 分析)。
The same lowercase letters in the same line indicate no significant difference ($P>0.05$, ANOVA test), while different lowercase letters indicate significant differences ($P<0.05$, ANOVA test).

3 背板长、第 3 腹板长、蜡镜长、蜡镜宽、第 6 腹板长、第 6 腹板宽和第 5 背板覆毛长、上唇颜色、小盾片颜色 2、第 2 背板颜色、第 4 背板颜色、第 4 背板绒毛带宽 1 和第 4 背板绒毛带宽 2、翅钩数和肘脉指数等指标差异显著 ($P<0.05$), 其他指标差异不显著 ($P>0.05$)。

枣红色蜂群 F₂ 与 F₁ 代之间的前翅长、前翅宽、胫节长、跗节长、第 3 背板长、蜡镜长、第 6 腹板长、第 6 腹板宽和第 5 背板覆毛长、上唇颜色、小盾片颜色 1、小盾片颜色 2、第 2 背板颜色、第 3 背板颜色、第 4 背板绒毛带宽 1 和第 4 背板绒毛带宽 2、翅脉角 G18 等指标差异显著 ($P<0.05$), 其他指标差异不显著 ($P>0.05$)。

枣红色蜂群 F₃ 与 F₂ 代之间的前翅长、前翅宽、胫节长、跗节长、第 3 背板长、第 4 背板长、

第 3 腹板长、蜡镜长、蜡镜宽、第 6 腹板长、第 6 腹板宽、第 5 背板覆毛长、上唇颜色、小盾片颜色 1、小盾片颜色 2、第 2 背板颜色、第 4 背板颜色、翅脉角 E9、J10、J16、N2 等指标差异显著 ($P<0.05$), 其他指标差异不显著 ($P>0.05$)。

2.2.4 工蜂形态特征聚类分析 采用分析软件将工蜂的形态特征数据进行聚类分析, 结果如图 10 所示, F₁-3、F₂-2、F₂-4、F₁-1、F₂-3、F₂-5 等聚为第一类, F₃-4、R5、R2、F₃-1、F₃-3、F₃-5、F₃-2、R3、B5、F₂-1、B2、R1 聚为第二类, F₁-2、B1 和 B4 聚为第三类, R4 聚为第四类, B3 聚为第五类。第二类中包含了选育蜂群、枣红色蜂王蜂群和黑色蜂王蜂群, 表明选育的蜂群与亲本枣红色蜂群之间的形态未产生多样性。

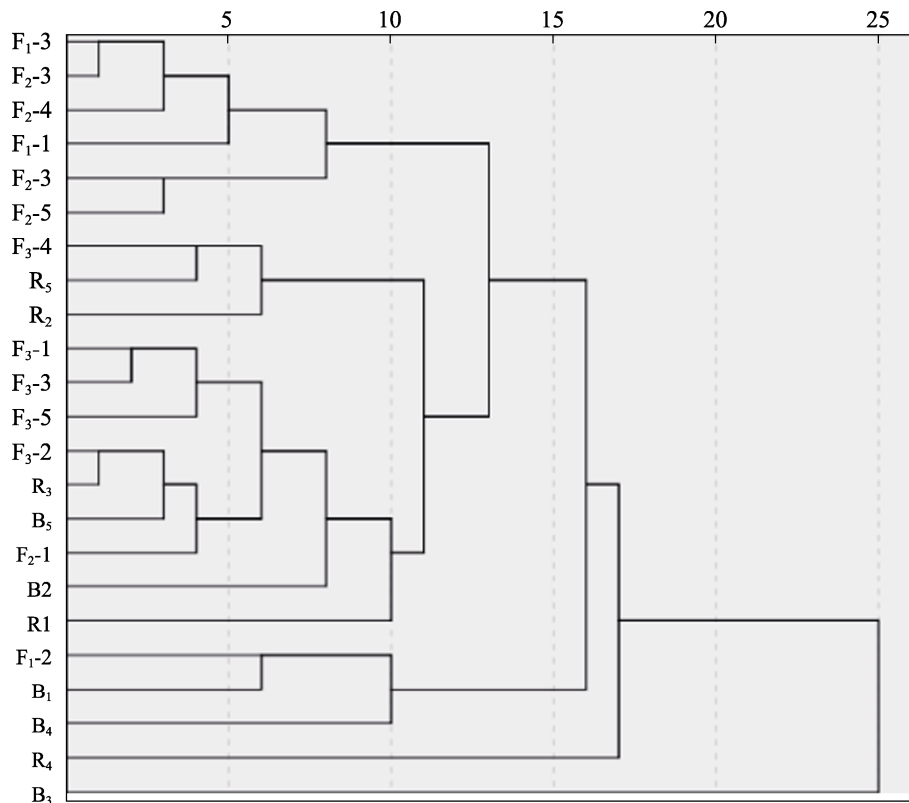


图 10 工蜂形态特征聚类分析 (平均连接法)

Fig. 10 Cluster analysis of morphological characteristics of worker bees (Average connection method)

图中 B1-B5 分别为黑色蜂群的 1 号群-5 号群; R1-R5 分别为枣红色蜂群的 1 号群-5 号群;
F₁-1-F₁-3 分别为枣红色 F₁ 代的 1 号群-3 号群; F₂-1-F₂-5 分别为枣红色 F₂ 代的 1 号群-5 号群;
F₃-1-F₃-5 分别为枣红色 F₃ 代的 1 号群-5 号群。

In figure, B1- B5 are colony 1- colony 5 of black colonies, respectively; R1- R5 are colony 1-colony 5 of jujube red colonies, respectively; F₁-1- F₁-3 are F₁ generation colonies of colony 1- colony 3, respectively; F₂-1- F₂-5 are F₂ generation colonies of colony 1- colony 5, respectively; F₃-1- F₃-5 are F₃ generation colonies of colony 1- colony 5, respectively.

3 结论与讨论

虽然在养蜂实践中有些蜂农偏爱枣红色蜂王的蜂群,但是从育种角度考虑,除了体色表型,还要经济价值。如果单纯选育体色单一的性状,不一定能获得理想的经济性状,因为体色性状不一定与蜜蜂的生产表现力直接相关(谭垦, 1997)。因此,本研究首先比较分析了黑色蜂群和枣红色蜂群在工蜂的初生重、蜜囊重和产育力等反映蜂群生产性能指标的差异,结果表明,枣红色蜂群工蜂的初生重和采集蜂蜜囊重均显著高于黑色蜂群($P<0.05$),表明枣红色蜂群工蜂个体的经济价值在一定程度上优于黑色蜂群的

工蜂。但蜂群在采集力和产育力差异不显著($P>0.05$),这可能与蜂群整体的食物消耗或其它因素有关。

在测定蜂群产育力的时候,有时由于气候干旱蜂群缺乏蜜粉源,幼虫期死亡较大,使得幼虫和封盖子数量在第 4 次测定时下降。但是卵的数量变化不大,可能是由于蜂王对当地的气候已经较为适应。蜂群培育的子脾数量主要取决于哺育蜂和蜂王,当蜂王达到产卵极限时,则取决于哺育蜂(毕桂春, 2019)。

枣红色蜂群 F₁ 代的蜜蜂重和采集力指标缺失是由于在 2020 年秋繁过后出现了连续的降雨,导致蜜蜂不能出去采集,从而无法完成测定。

试验结果显示, 枣红色蜂群 F_0 代工蜂与黑色蜂群比较, 喙长、初生重和蜜囊重指标均差异显著, 这与曾志将等 (1992) 提出的工蜂喙长和蜜囊大小与体重呈正相关的观点一致, 能作为衡量工蜂采集力等生产性能的指标。经 3 代选育后蜂群工蜂的初生重和蜜囊重指标都有显著性的提高, 喙长也有所增长。但由于选育的世代较少, 在形态特征聚类分析上来看并未出现明显的分化。蜜蜂新品系选育通常至少经过 10 个世代的连续选育, 育出的经济性性状新类型才能稳定遗传 (薛运波, 2020)。因此, 虽然初生重和蜜囊重指标有一定提升, 并不代表性状得到了稳定遗传, 还需要持续进行选育, 扩大世代累积。

蜜蜂育种本身存在着一定的特殊性, 与一般动植物的育种工作有所不同, 除了性状遗传力的复杂性、配种的不可重复性、选种效果的不显著性等, 还存在着自然交尾的难以控制性。因此, 只能采用人工授精的方法控制蜂王交尾。但是由于中蜂雄蜂的精液量较少, 人工授精也存在一定的难度, 这给育种带来了困难。在本研究中就出现人工授精成功率相对较低、蜂王产卵量有限等问题, 导致选育累积的世代偏少。因此, 蜜蜂育种往往需要花费很长的时间, 消耗大量人力、物力才有可能达到预期的效果。这可能也是目前为止国内几乎没有获得选育的高产中蜂品系的原因。

江西本地饲养的枣红色蜂王蜂群工蜂初生重和单个采集蜂蜜囊重均显著高于黑色蜂王蜂群, 但在采集力和产育力方面两者差异均不显著。初步选育的枣红色蜂群工蜂的初生重和单个采集蜂蜜囊重具有显著增加, 但与亲本蜂群比较, 工蜂的形态多样性并未出现明显分化。

参考文献 (References)

- Bi GC, 2019. Analysis of the reasons for the decreased oviposition of queen bees in strong colonies. *Apiculture of China*, 70(2): 27. [毕桂春, 2019. 解析蜂王在强群产卵力下降的原因. 中国蜂业, 70(2): 27.]
- Chen XG, 2015. Two body colors of the queen bee and spawning condition. *Apiculture of China*, 66(5): 54. [陈学刚, 2015. 中蜂王两种体色及产卵情况. 中国蜂业, 66(5): 54.]
- Gao SZ, 2002. Analysis of the main factors affecting bee colony fertility. *Apicultural Science and Technology*, 2002(3): 11. [高寿增, 2002. 影响蜂群产育力的主要因素浅析. 养蜂科技, 2002(3): 11.]
- Jiang WJ, Xi FG, Xia XC, Han BG, Liu F, Lou W, Ye WG, 2020. Development trend and suggestion of Jiangxi apiculture industry. *Apiculture of China*, 71(8): 50–51. [江武军, 席芳贵, 夏晓翠, 韩兵庚, 刘锋, 娄文, 叶武光, 2020. 江西蜂产业发展趋势与建议. 中国蜂业, 71(8): 50–51.]
- Koptev BC, Chen SX, 1989. The quality of the colony. *Apiculture of China*, 40(2): 40–41. [科普捷夫 B.C., 陈祀栩, 1989. 蜂群的质量. 中国蜂业, 40(2): 40–41.]
- Luo LJ, Zhu LF, Zhang ZY, Yang QH, 2014. Method for determination of bees form. *Apiculture of China*, 65(C2): 18–20. [罗凌娟, 朱立蕃, 张祖芸, 杨启鸿, 2014. 蜜蜂形态测定方法研究. 中国蜂业, 65(C2): 18–20.]
- Liu SL, 2016. Determination and cause analysis of the productivity of *Apis cerana*. *Apiculture of China*, 67(9): 24–27. [刘守礼, 2016. 中蜂生产力的测定与原因分析. 中国蜂业, 67(9): 24–27.]
- Qin JM, Liu F, Jiang WJ, Xi FG, Yang L, Ye WG, Lou W, Tu Q, Luo Q, Hu JH, 2018. Status and development prospect of honeybee pollination in Jiangxi province. *Apiculture of China*, 69(11): 45–47. [秦加敏, 刘锋, 江武军, 席芳贵, 杨柳, 叶武光, 娄文, 涂群, 骆群, 胡景华, 2018. 江西省蜜蜂授粉现状与发展前景. 中国蜂业, 69(11): 45–47.]
- Radloff SE, Randall HH, Stefan F, Otis GW, Soesilawati H, Hepburn C, Tan K, 2005. Multivariate morphometric analysis of the *Apis cerana* populations of oceanic Asia. *Apidologie*, 36(3): 475–492.
- Ruttner F, 1988. Biogeography and Taxonomy of Honey Bees. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 66–78.
- Ruttner F, Elmi MP, Fuchs S, Poirer EM, 2000. Ecoclines in the Near East along 36°N latitude in *Apis mellifera* L. *Apidologie*, 31(2): 157–165.
- Tan K, 1997. Genetic breeding and improved breeding of honeybees. *Apicultural Science and Technology*, 1997(4): 21, 28. [谭垦, 1997. 蜜蜂的遗传育种和良种选育. 养蜂科技, 1997(4): 21, 28.]
- Verma LR, Mattu VK, Daly HV, 1994. Multivariate morphometrics of the Indian honeybee in the northwest Himalayan region. *Apidologie*, 25(2): 203–223.
- Wang GZ, Shi W, Zhang XL, Lv LP, Ding GL, 2006a. Criterion about tergum pigmentation of *Apis cerana*. *Apiculture of China*, 57(5): 7–8. [王桂芝, 石巍, 张秀琳, 吕丽萍, 丁桂玲, 2006. 东方蜜蜂背板色型标准. 中国蜂业, 57(5): 7–8.]

- Wang GZ, Zhang XL, Lv LP, Ding GL, Shi W, 2006b, Criterion of *Apis cerana's* clypeus pigmentation. *Apiculture of China*, 57(7): 9–10. [王桂芝, 张秀琳, 吕丽萍, 丁桂玲, 石巍, 2006. 东方蜜蜂唇基色型标准. 中国蜂业, 57(7): 9–10.]
- Wang GZ, Zhang XL, Lv LP, Ding GL, Shi W, 2006c. Scutellum pigment of *Apis cerana* in Taihang mountains. *Apiculture of China*, 57(1): 11–12. [王桂芝, 张秀琳, 吕丽萍, 丁桂玲, 石巍, 2006. 太行山区中华蜜蜂小盾片色型研究. 中国蜂业, 57(1): 11–12.]
- Wu XB, Li Z, Yang HY, HE XJ, Yan WY, Zeng ZJ, 2023. The adverse impact on lifespan, immunity, and forage behavior of worker bees (*Apis mellifera* Linnaeus 1758) after exposure to flumethrin. *Science of the Total Environment*, 858: 160146.
- Xue YB, 2020. Genetic Breeding and Resource Development and Utilization of Honeybee. Beijing: China Agriculture Press. 190–191. [薛运波, 2020. 蜜蜂遗传育种与资源开发利用. 北京: 中国农业出版社. 190–191.]
- Xue YB, 2022. Artificial insemination technology of honeybee (9) ——artificial insemination techniques of *Apis cerana cerana*. *Apiculture of China*, 73(5): 27–28. [薛运波, 2022. 蜜蜂人工授精技术(九)——中华蜜蜂人工授精技术. 中国蜂业, 73(5): 27–28.]
- Ye WG, Liu F, Qin JM, Yi ZL, Hu JH, Xi FG, Zhang CL, 2018. Thoughts on the development of modern apiculture in Jiangxi. *Apiculture of China*, 69(12): 57–58. [叶武光, 刘锋, 秦加敏, 伊作林, 胡景华, 席芳贵, 张串联, 2018. 江西现代蜂业发展的思考. 中国蜂业, 69(12): 57–58.]
- Zeng M, Zhou WL, Yan WY, Zeng ZJ, 2021. An example of the contribution of targeted scientific input to the development of the honeybee industry: The Jiangxi apiculture research system. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 58(4): 995–999. [曾蜜, 周伟良, 颜伟玉, 曾志将, 2021. 农业科技投入对蜜蜂产业发展的影响——以江西省蜂产业技术体系为例. 应用昆虫学报, 58(4): 995–999.]
- Zeng ZJ, 1992. Correlation analysis between morphological index and honey yield of worker bees. *Apiculture of China*, 43(3): 12, 23. [曾志将, 1992. 工蜂形态指标与产蜜量的关联度分析. 中国蜂业, 43(3): 12, 23.]