

ImageJ 计数蜂群巢门口“爽飞”行为

李永明¹ 郭绍方¹ 曲玉凤² 汪正威²

(1 普洱学院生物与化学学院, 普洱 665000; 2 中国科学院西双版纳热带植物园森林生态重点实验室, 昆明 650223)

摘要: 蜜蜂是一种社会性昆虫, 在授粉和生态服务中起重要作用。然而, 它们巢门口行为却很少受到关注。在本研究中, 我们试图应用 ImageJ 来计数东方蜜蜂和西方蜜蜂在巢门口爽飞形成“蜜蜂云团”时候的数量。结果表明 ImageJ 可以用来准确计数西方蜜蜂巢口个体数量高达 180 只和东方蜜蜂巢口个体数量高达 90 只蜜蜂的“爽飞云团”。当同时飞行的个体不到 30 只时, 通过 ImageJ 自动计数的效率可以达到 100%, 而当蜜蜂数量增加时, 效率仍能维持在 93% 左右的水平。因此, 在蜂箱前使用 ImageJ 计数蜜蜂数量的方法是可行并且高效的, 并讨论了提高计数效率改进方法和注意事项。与高劳动消耗计数方法相比, ImageJ 计数法是一种友好、高效的监测蜂箱入口活动的方法, 甚至可以将此方法的原理并入未来的智能蜂巢监控系统开发中, 专门用于观察有大量个体活动的蜜蜂行为, 如爽飞行为、分蜂行为和飞逃行为等。

关键词: 东方蜜蜂; 西方蜜蜂; ImageJ 计数; 幼龄蜂; 排泄; 认巢

ImageJ counts the “bee cloud” at the honey bee hive entrance

Li Yongming¹, Guo Shaofang¹, Qu Yufeng², Wang Zhengwei²

(1 College of Biology and Chemistry, Pu'er University, Pu'er 665000, China; 2 CAS Key Laboratory of Forest Ecology, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China)

Abstract: Honeybees are eusocial insects, which play an important role in pollination and ecological service. However, their entrance activities are highly overlooked. In the present study, we try to apply ImageJ to count bee numbers of “bee cloud” at both entrance of *Apis mellifera* and *Apis cerana*. The results showed that ImageJ could be used to count bee numbers of “bee cloud” up to 180 individuals for *A. mellifera* and 90 individuals for *A. cerana*, respectively. The efficiency of automatically counting via ImageJ could reach 100% when there were less 30 individuals flying at the same time, while the efficiency reduced to around 93% when bee numbers increased. It was proved to be a reliable method to count bee hive entrance activities. Compared with highly labor-consume counting method, we believe this would be a friendly-using and efficient method to monitor bee hive entrance activities. It could even be built in smart hive monitor system in future, specially for observing large number activities such as orientation flight, swarming and absconding.

Key words: *Apis cerana*; *Apis mellifera*; ImageJ; young adult bees; defecation; orientation flight

1 引言

蜜蜂是世界上最重要的传粉昆虫之一, 具有重要的经济和生态价值, 蜜蜂作为社会性昆虫, 其复杂的社会性及其智能行为, 是研究巢口行为计数的模式生物, 蜜蜂巢门口行为很常见, 却很少受到关注。蜜蜂巢门口行为按照数量的多少, 可分为两大类: 一类是发生时动态数量少的, 例如采集、守卫、防御、盗蜂、理毛、移走、学习、认知等行为^[1]; 另一类是发生时动态数量较多的, 有飞逃、婚飞、爽飞(幼蜂试飞)、分蜂等行为^[2]。

对于蜜蜂的采集行为和婚飞行为^[3], 目前, 采用较多的门控技术, 如无线射频识别技术多用于巢口对进出蜜蜂个体进行计数来推算其外出采集的时长、频次来分析蜂群行为^[4], 或者通过不同感应器设置, 来

记录标记和未标记蜜蜂进出巢口的频次等行为^[4]。对于巢口外一定空间距离的行为, 则多通过单个摄像头进行视频和图像采集, 来记录和分析巢门口的进出频次。视角往往局限于巢口较小的范围(REF)^[5], 对于巢门口的动态行为则相对关注较少。

蜜蜂待天气晴朗时, 将大量飞出蜂巢^[6]。在巢口进行初次出巢飞行, 飞行时头朝向蜂箱巢门口悬空飞翔, 时高时低, 主要完成自身排泄和认巢, 整个初次出巢飞行过程的持续时间与蜂群的强弱呈正相关, 一般将持续数分钟到数小时, 此过程称为蜜蜂的“爽飞”。此时由于数量众多且飞行轨迹相对杂乱, 形成一团动态蜜蜂“爽飞云团”。若采用无线射频识别技术对爽飞精准计数难度系数很大, 通道太少堵塞蜜蜂巢口, 影响蜜蜂正常爽飞行为, 同时个体间叠加、串联等导

作者简介: 李永明(1998-), 男, 云南文山人

通讯作者: 汪正威(1987-), 男, 副研究员, E-mail: wangzhengwei@xtbg.ac.cn

致的计数不准确。目前尚未有精准、快速对爽飞行为等蜜蜂巢门行为计数的方法。

本文受启发于 photoshop 平面像素计数法介绍一种利用立体像素测量出蜜蜂巢门口爽飞数量的高效、精准的方法^[7]，同时，提出以 ImageJ (<https://imagej.net>) 记录蜜蜂巢门口爽飞的计数方法及该方法的使用条件和标准计数流程。本研究拟为后续智能蜂箱开发、蜜蜂巢门口行为研究以及胡蜂-蜜蜂攻防关系研究提供一定参考依据。

2 材料与方法

2.1 实验材料

实验所用的东方蜜蜂和西方蜜蜂均为带蜂王的健康蜂群，位于中国科学院西双版纳植物园西南生物多样性实验蜂场。通过两台 Gopro 8 高速运动相机于 2020 年 7 月至 2020 年 9 月对蜜蜂巢口行为进行拍摄记录。

2.2 研究方法

2.2.1 拍摄场景设置

将蜂群与三维系统观测组合在一起，使蜂群适应一周。待蜂群采集蜂正常出入采集后，在蜜蜂巢口布置好巢门口飞行记录设备^[8]，待蜂群出现爽飞时进行拍摄。

2.2.2 高速运动相机拍摄

使用高速运动相机进行侧面和顶部拍摄(图 1)。通过俯视拍摄图片和侧面拍摄图片从不同角度观测爽飞行为，达到还原 3D 场景的目的，从而更准确的挖掘出爽飞数量变化曲线、时间。在进行拍摄时，先架设好运动相机，调整到合适位置及拍摄角度并设定好程序后，待东方蜜蜂爽飞时两台相机同时开机，确保两台相机的同步性，对爽飞拍摄直至结束；拍摄时实验员记录当天环境变化、行为发生起始时



图1 东、西方蜜蜂蜂巢门口“爽飞云团”侧面(A、C)和顶部(B、D)拍摄图

间，胡蜂的分布、出现频率以及捕食蜜蜂情况。对于西方蜜蜂爽飞拍摄方法与东方蜜蜂相同，最终得到有效数据 180 组。

2.2.3 实验数据处理

对于 180 组图片数据，进行记录筛选分类整理，删除部分损坏与角度错误图片，必要时有针对性的进行补拍。分别对东方蜜蜂和西方蜜蜂以及俯视和侧面数据进行整理分析，通过 ImageJ 进行计数分析，最终得出此方法在不同环境下对东、西方蜜蜂爽飞计数准确率的差异。数据通过 excel 进行整理，通过卡方分析比较计数准确率。

3 结果与分析

分别整理出东方蜜蜂、西方蜜蜂爽飞时图片，每种蜂分别选择高清俯视图和侧视图各 90 张进行分析。结果显示东方蜜蜂与西方蜜蜂侧视图平均准确率分别为 95.89%、93.14%，俯视图分别为 96.62%、91.34%。30 只以下技术均可达到 100% 准确率；随着只数增加至 60~90 只，准确率仍达到 95.47% (东方蜜蜂)、89.17% (西方蜜蜂)。西方蜜蜂达到 100 只以上，准确率仍在 90% 左右(图 2)。

东方蜜蜂拍摄场景搭建于较空旷、无建筑阴影地，而西方蜜蜂拍摄场景搭建于近树木和建筑物的地段上，比较东方蜜蜂和西方蜜蜂各区间图片数据，对于蜜蜂数量在 30 只以下图片，无论是东方蜜蜂还是西方蜜蜂、俯视(图)还是侧视(图)，计数准确率均达 100%。侧视图分析结果表明：对于图片蜜蜂数量在 30~60 只的计数西方蜜蜂准确率比东方蜜蜂高 3.07%，对于图片蜜蜂数量在 60~90 只的计数东方蜜蜂比西方蜜蜂准确率高 5.82%，总体侧视图图片东方蜜蜂准确率比西方蜜蜂高 2.75%。俯视图分析结果表明：计数东方蜜蜂准确率比西方蜜蜂高 5.19%，但两者准确率均为 90.00% 以上，从变量数据比较结果可清晰看出该计数方法对爽飞行为计数同样有效。而从整体

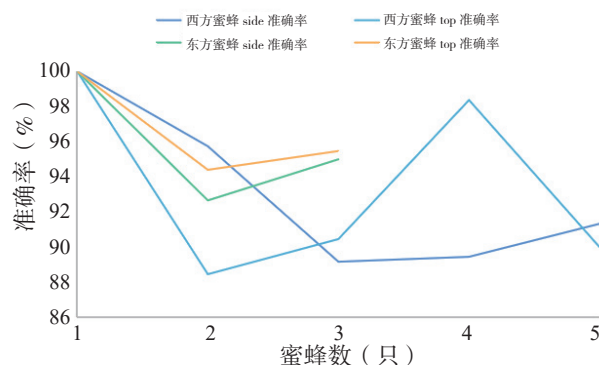


图2 东、西方蜜蜂ImageJ自动计数准确率比较

注：1：0~30只，2：30~60只，3：60~90只，4：90~120只，5：120~150只

数据中可看出在计数蜜蜂数量少时,计数西方蜜蜂较东方蜜蜂准确,在记录30~60只时,计数东方蜜蜂准确率较西方蜜蜂高。同时发现准确率与蜂群拍摄场景的阴影投射面积呈负相关,东方蜜蜂巢门口阴影较少,对自动计数干扰较小,而西方蜜蜂蜂群周围有树木建筑等阴影,对自动计数干扰相对较大,数量众多时,干扰更为明显(图2)。

4 讨论

ImageJ自动计数法适用于蜜蜂爽飞行为的计数,无论是蜜蜂数目较低的爽飞图片(0~30只),还是蜜蜂数目较高的爽飞图片(90~180只),此方法均表现出较高的可信度,与人工计数法计算的爽飞蜜蜂数差异较小。

蜜蜂在画面中所占面积大小与相机镜头距离呈负相关,本次计数方法利用图像处理,通过确定蜜蜂面积的范围从而进行精准自动计数,且计数准确率达90%以上。此外, Motric 面积计数法、PS 像素计数法^[7]、Bayes 抠图算法同为图像处理利用面积计数,但计数原理是用计数总数=总区域面积(像素)/计数对象面积(像素)平均值进行自动计数。此类计数方法在记录立体空间中个体数量时受限较大,因为蜜蜂在巢门口飞行,离镜头远近相差70cm,二者像素大小差异可达到7倍;流式直接体积法也是利用计数总数=总区域体积/计数对象体积平均值进行自动计数,此方法更适用于活细胞类计数。此外, MATLAB 计数法是利用 bwlable 函数对二值图像进行连通域自动计数。

通过研究发现 ImageJ 自动计数法与其他图像处理法相比具有以下优点:可针对因距相机距离不同导致面积不同的蜜蜂进行自动计数,提高可信度;可对拍摄飞行重叠而出现黏连的“蜜蜂片”分割,提高计数精度。缺点:需架设背景板以减少相应的噪音信号,提高准确率;需尽量避免强光及弱光拍摄,造成阴影导致图像中对比度不一致甚至模糊记录。

计数精准度的提高是研究实验的重要前提,本研究结果表明,降低周围干扰是提高计数精准度的有效方法,降低干扰可从外界拍摄环境控制和软件处理两方面改进。拍摄环境控制方面:拍摄爽飞行为时,最大限度降低干扰,可将拍照背景单一化处理,如可用白色挡板材料作为拍摄背景;天阴时或无强光造成阴影时,拍摄条件最佳;根据拍摄环境调整拍摄方位,避免阴影落入到拍摄空间。本实验得出从顶部拍摄和侧面拍摄效果均比较理想。软件处理方面:在对图片计数时,软件降噪是一种高效便捷的方法,对于原始图片可进行模糊处理,降低背景干扰,增加蜜蜂识别,计数参数设置尤为重要,需根据不同的图片选择面积

范围和圆度等。

蜜蜂巢门口除了能观察到数量较多的爽飞行为,同时还能观察到采集行为、防御行为等^[9,10]。有经验的蜂农甚至可以在不开箱的情况下,通过在蜜蜂巢门口观察采集行为以及爽飞行为来判断蜂群的健康程度^[11]。高效便捷的蜜蜂爽飞计数方法,不仅可以帮助我们实时监测爽飞的发生时间、数量多少、蜂群强弱,更有助于我们快速对其繁殖期幼蜂数量进行动态监控。本研究通过 ImageJ 计数,发现用此方法能观察较多蜜蜂数量巢口行为的爽飞行为,同时对较少蜜蜂数量的其他采集行为的准确率会更高。此方法能为区分爽飞行为、飞逃行为等提供一定参考,可为后期智能蜂箱开发对巢口行为监测提供一定理论参考和应用基础,并为防止蜜蜂飞逃提供支撑^[12,13]。

致谢

在此感谢中国科学院西双版纳热带植物园化学生态组提供的实验设备及实验蜂群,特别鸣谢化学生态组老师和其他师兄师姐的指导和关心。

参考文献

- [1] Scarlett R. Howard, Aurore Avarguès-Weber, Jair E. Garcia, et al. Numerical ordering of zero in honey bees [J]. Science, 2018, 360(6393): 1124–1126.
- [2] 黄强, 曾志将. 蜂群分蜂行为研究进展 [J]. 蜜蜂杂志, 2007(6): 36–38.
- [3] Tian Liuqing, He Xujiang, Wu Xiaobo, et al. Study on foraging behaviors of honeybee *Apis mellifera* based on RFID technology [J]. The Journal of Applied Ecology, 2014, 25(3): 831–835.
- [4] Heidinger Ina Monika Margret, Meixner Marina Doris, Berg Stefan, et al. Observation of the mating behavior of honey bee (*Apis mellifera* L.) queens using radio-frequency identification (RFID): factors influencing the duration and frequency of nuptial flights [J]. Insects, 2014, 5(3): 513–527.
- [5] Chiron G, Petra Gomez-Krämer, Michel Ménard, et al. 3D tracking of honeybees enhanced by environmental context [M]. Image Analysis and Processing-ICIAP 2013, Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- [6] 胡福良, 李英华, 朱威. 蜜蜂飞行的监测 [J]. 养蜂科技, 2002(4): 30.
- [7] 张俊俊, 王桂珍, 尹志龙, 等. 大蜡螟卵粒快速计数法 [J]. 中国蜂业, 2020, 71(7): 24–26.
- [8] 尹志龙, 张俊俊, 刘平臻, 等. 蜜蜂防御胡蜂行为观测系统搭建 [J]. 蜜蜂杂志, 2020, 40(1): 5–8.
- [9] 谭昱, 余玉生, 刘意秋, 等. 胡蜂与蜜蜂的防御行为研究 [J]. 云南农业大学学报, 2004(5): 584–588.
- [10] 孟柏达, 任晓晓, 龚雪阳, 等. 西方蜜蜂对东方蜜蜂采集行为及食物资源利用的影响 [J]. 应用昆虫学报, 2019, 56(5): 1070–1078.
- [11] 李莉, 刘芳, 李文峰, 等. 蜜蜂采集及其信息传递的行为机制研究进展 [J]. 应用昆虫学报, 2012, 49(5): 1354–1359.
- [12] 任勇强, 陈睿劼. 基于 NB-IoT 技术的智能养蜂系统设计与应用 [J]. 物联网技术, 2020, 10(3): 79–80, 83.
- [13] 江勇萍, 叶武光, 张串联, 等. 初探“智能蜂箱” [J]. 蜜蜂杂志, 2018, 38(2): 27–28. 

编辑: 李瑞珍