

蜜蜂良种繁育技术

常志光 李剑飞 葛蓬 杨春红 吴常茵 李杰奎
(吉林省养蜂科学研究所, 吉林 132108)

摘要: 蜜蜂良种繁育是养蜂业提质增效的基础性工程, 其核心目标是实现优良蜂种的规模化扩繁与遗传性状稳定传递。本文系统阐述了纯系繁育、集团繁育、闭锁繁育、集团闭锁繁育四大核心技术的原理、操作要点及应用场景, 重点解析了闭锁繁育中基础种群构建、标准化交配模式、继代蜂王选择等关键技术环节。结合群体遗传学理论与我国养蜂生产实际, 明确了各技术的参数标准与实施要点, 为育种单位开展良种繁育、遗传资源保存及生产性蜂场优质种源获取提供了技术支持。实践表明, 科学应用该技术可实现优良蜂种遗传多样性维持, 为养蜂业可持续发展奠定遗传基础。

关键词: 蜜蜂; 良种繁育; 纯系繁育; 集团繁育; 闭锁繁育; 集团闭锁繁育

Honeybee Elite Strain Breeding Technology

Chang Zhiguang Li Jianfei Ge Peng Yang Chunhong Wu Changyin Li Jieluan
(Apiculture Science Institute of Jilin Province, Jilin 132108, China)

Abstract: Breeding of superior bee strains is a foundational project for improving the quality and efficiency of the beekeeping industry. Its core goal is to achieve the large-scale propagation of high-quality bee strains and the stable transmission of genetic traits. This paper systematically explains the principles, key operational points, and application scenarios of four core technologies: pure-line breeding, group breeding, closed breeding, and group closed breeding. It focuses on key aspects of closed breeding, such as the construction of foundational swarms, standardized mating patterns, and the selection of successive queens. By combining population genetics theory with the practical realities of beekeeping production in China, this paper clarifies the parameter standards and implementation key points of each technology. It provides technical support for breeding units in conducting high-quality breeding, conserving genetic resources, and obtaining superior breeding stock for productive apiaries. Practical experience shows that the scientific application of these technologies can maintain the genetic diversity of high-quality bee strains, thus laying a genetic foundation for the sustainable development of the beekeeping industry.

Key words: honeybee; strain breeding; pure-line breeding; group breeding; closed breeding; group closed breeding

1 引言

蜜蜂种质资源是蜜蜂科学原始创新和新品种选育的重要物质基础^[1], 遗传改良工作的本质是对现有品种(系)持续选育提高, 保证其具有持续稳定的遗传进展^[2]。蜜蜂作为典型的社会性昆虫, 其生产性能(产蜜量、产浆量)、抗逆性(抗螨性、抗病性)及适应性等性状均具有显著的遗传特性^[3,4]。新选育或引进的优良蜂种, 初始种群数量往往处于临界规模, 若缺乏标准化的繁育技术体系支撑, 其优良遗传背景易因遗传漂变、近交衰退等因素丢失, 难以快速转化为产业化应用^[5]。

良种繁育与遗传资源保存是辩证统一的技术体系, 良种繁育是实现优良性状规模化传递的手段, 遗传资源保存是维持遗传多样性的保障, 二者协同构成蜂种改良的可持续发展链条。本文基于群体遗传学理论与多年育种实践, 系统梳理四大核心繁育技术的操作要点与应用场景, 旨在为蜜蜂育种工作提供技术参考, 推动养蜂业向优质、高效、可持续方向发展。

2 良种繁育的四大核心技术

2.1 纯系繁育技术

纯系繁育又称为单群繁育, 是指父群与母群源于同一蜂群的近亲繁育模式^[6], 即父本雄蜂和母本蜂王

基金项目: 国家蜂产业技术体系(CARS-44-KXJ3); 吉林省科技发展计划项目(20220402063GH); 吉林省创新创业人才项目(2023QN47)

作者简介: 常志光(1978-), 男, 研究员, 主要从事蜜蜂种质资源保护与利用研究

通讯作者: 李杰奎, E-mail: 58104546@qq.com

为同一只蜂王的繁育方式，实际上就是兄妹交配。本质上属于纯系选育的基础技术，该技术适用于特异性状突出的优良单群，如高产蜜型的单群，通过连续世代的自群繁育，可从原始种用蜂群中分离出遗传稳定的品系。

纯系繁育的优点是代次越高，其蜂群的纯度也越高；缺点是随代次的增加，蜂群的生活力将越来越低，即近亲衰退现象越来越严重^[7]，因此需严格控制繁育世代，或采用隔代杂交的方式缓解近交衰退，防止产蜜量下降、繁殖力降低等负面效应。

在技术应用中，纯系繁育的核心优势在于能快速浓缩单一蜂群的优良遗传背景，避免外来基因干扰，因此在原种保纯、纯种提纯及隐性优良基因固定等场景中应用广泛。

2.2 集团繁育技术

若选出经济性状表现良好的蜂群数量较多，可采用集团繁育技术^[8]，该技术是规模化育种的核心方法之一，其群体遗传稳定性优于单群繁育。集团繁育能较好地避免近亲繁殖的不良影响，使后代蜂群具有比较丰富的遗传性、较强的生活力和较高的生产力^[9]。技术流程遵循“种群分组——定向培育——隔离交尾”的标准化模式。

2.2.1 种群分组

按遗传背景一致性，将优良蜂群划分为母群与父群，确保组内蜂群在形态特征、经济性状上保持同质性。

2.2.2 定向培育

母群专司提供受精卵及1~2日龄小幼虫（最佳移虫日龄）用于处女王培育，父群则是通过控制蜂王生产的未受精卵培育种用雄蜂。

2.2.3 隔离交尾

将培育的处女王（出房后5~6日龄）与种用雄蜂（出房后12~15日龄）转移至隔离条件达标的交尾场，山区隔离半径不小于12 km，平原区隔离半径不小于16 km，隔离区内无其他蜂群^[10]，采用自然交尾或人工授精技术完成配种。

集团繁育的关键技术要点是实行同质组配，即参与繁育的蜂群在形态特征（如吻长、翅长、翅宽、肘脉指数、跗节指数等）、生物学特性（产卵力、繁殖力、分蜂性、温驯性等）及生产力指标上保持遗传一致性，该技术既适用于良种扩繁，也可用于纯种遗传性状的巩固与提纯。

2.3 闭锁繁育技术

闭锁种群育种，简称闭锁繁育，普遍运用于家畜育种中，早在20世纪50年代，国外蜜蜂育种工作者就已将家畜育种中的闭锁繁育原理引入蜜蜂育种中，提出了蜜蜂闭锁种群育种理论和方法，后来美国的R·佩奇和H·莱德劳等人，根据其对蜜蜂遗传学研究的结果，特别是对蜜蜂性别决定机制研究的结果，又对蜜蜂闭锁种群育种法进行了补充和完善，使之成为迄今为止最佳的蜜蜂保种方法^[11]。

2.3.1 闭锁种群的构建

基础种群的选择直接决定闭锁繁育效果，需遵循“性状互补、遗传多元”原则，应按单个性状突出性选择基础种群，如产蜜型、产浆型等，确保种群组汇集多种优良性状的基因资源。

2.3.2 种群内交配模式

闭锁种群的交配必须在严格隔离的交尾场进行，三种核心交配模式的技术要点如下。

2.3.2.1 随机自然交配

育王季节同步培育种群组内所有蜂群的处女王与种用雄蜂，在隔离交尾场实现自由交配，避免交配竞争失衡。该模式操作简便，能最大程度保留群体遗传多样性，适用于基础种群数量 ≥ 50 群的场景。

2.3.2.2 混合精液人工授精

采用漂洗法或负压采精法收集种群组内所有种用雄蜂的精液，在超净工作台或者特制的无菌箱内，将各雄蜂精液按比例或数量加入到事先净化灭菌的混合管内，用毛细管混匀器向同一个方向慢慢转动，转速为5~10转/min；避免来回转动和产生气泡，以防损伤蜜蜂精子，蜜蜂精液混匀2min左右即可。采用蜂王人工授精仪对处女王进行授精，每只蜂王授精量为8~10 μL ^[12]。该模式可均衡群体遗传背景，有效降低近交风险。

2.3.2.3 顶交繁育

在种群组内确定一只优质蜂王（又称顶交蜂王），用该蜂王产生的大量雄蜂，与各个基本种群培育的处女王，在有良好隔离条件的交尾场进行随机自然交配。或者用该蜂王所产生的雄蜂，按一定比例与各基本种群培育的雄蜂混合，再随机取出混合后的雄蜂精液给各基本种群培育的处女王进行多雄人工授精。为避免遗传基础狭窄导致的性状衰退，一只蜂王只能做一次顶交亲代，且该模式仅适用于 ≥ 50 群的基础种群组^[8]。

2.3.3 继代蜂王的选择

继代蜂王选择需根据种群规模确定技术方案, 确保群体遗传结构稳定, 选择指标包括: 生物学特性, 如产育力、群势增长率、分蜂性、抗病力及抗逆性等; 经济性状, 如采蜜力、采粉力、产浆力等与本蜜蜂品种、品系和遗传资源相关的指标; 形态特征, 如工蜂的吻长、前翅长、前翅宽、肘脉指数等, 以及蜂王的外貌特征、体长、初生重^[13]。

2.3.3.1 母女顶替法

适用于50群以上规模的基础种群组, 每个基础种群需培育3只以上处女王及足量种用雄蜂, 经交配产卵后, 对各种群子代蜂王进行为期2个蜜源期的性能测定。根据测定结果, 从每个种群子代蜂王中筛选最优个体作为继代蜂王, 维持种群原有结构^[8]。该方法可最大限度保留各基础种群的遗传特性, 避免群体遗传漂变。

2.3.3.2 择优选留法

适用于35群以上的基础种群组, 在所有子代蜂王中, 依据综合性能排名筛选与基础种群数量相等的最优个体作为继代蜂王。该方法选择强度更高, 但需扩大子代蜂王培育数量, 每群培育3只以上, 确保选择空间。实施流程与母女顶替法相似, 仅在选择范围上扩大至全群体^[8]。

2.3.4 闭锁繁育的技术要点

2.3.4.1 组建种群组

在该蜜蜂遗传资源分布地区, 挑选彼此血缘关系尽可能远的蜂群 ≥ 50 群, 推荐60群, 兼顾遗传多样性与繁育效率, 编为一个种群组。

2.3.4.2 实施闭锁繁育

将种群组严格“闭锁”起来。在繁育过程中, 不允许将种群组以外的其他任何血统的蜂群引入种群组作为父、母群。

2.3.4.3 种组群互为父母本

规定种群组内所有的蜂群既是父群又是母群。

2.3.4.4 选择继代种蜂王

采用“母女顶替法”或“择优选留法”来选择继代种蜂王。

2.3.4.5 严格控制交配防基因渗入

为确保外来基因不能渗入, 在闭锁繁育过程中, 必须严格控制处女王和雄蜂的交配, 其方法有两种: 一是在山区或岛上建立隔离交尾场, 其隔离半径不小于12 km; 二是进行人工授精培育蜂王^[13]。

2.4 集团闭锁繁育技术

集团闭锁繁育主要用于亚种内品种的培育, 这种同亚种内的多个种群的雄蜂和一个种群的处女王交尾, 保证了亚种内后代的杂合, 它不但有利于后代生活力提高, 也利于后代中选优去劣, 加上同亚种间的杂合, 血缘相对比较接近, 育种中亲和性较强, 容易把性状稳定下来, 并不易分化, 故较易保持种群的原有特性^[14]。

2.4.1 技术核心

集团由17个种群(系)组成, 该数量基于处女王自然婚飞时平均可与17只雄蜂交尾的生物学特性确定, 确保群体遗传杂合度, 种群的选择是根据育种目标广泛寻觅, 择优录取。

2.4.2 组配特色

17个种群都培育雄蜂和处女王, 并使它们的青春期吻合, 集团繁育多轮。

2.4.3 繁育方法

将青春期吻合的各种群雄蜂和处女王进行人工授精或隔离自然交尾。

2.4.4 继代种群的选择方法

前期一脉相承, 母女顶替, 中期起不断用集团内最高产种群(系)的后备继代种王去取代低产种群(系)的继代种王, 不断扩大最高产种群(系)的遗传组分, 最后使其形成生产性能好、生活力强、遗传稳定的新品种^[15]。

3 结论

蜜蜂良种繁育技术体系的核心是在维持遗传多样性的基础上, 实现优良性状的定向传递与规模化扩繁。单群纯系繁育适用于优良单群的品系分离与原种保纯, 集团繁育适用于良种规模化扩繁, 闭锁繁育则是实现遗传资源长期保存与优良性状稳定传递的关键技术。集团闭锁繁育适用于亚种内品种的培育。

在实际应用中, 需根据育种目标(保纯、扩繁、资源保存)、种群规模及生产条件选择适宜的繁育技术: 小规模育种单位可采用单群繁育(用于优良性状提纯保纯)与集团繁育(用于规模化扩繁)结合的方式, 兼顾遗传稳定性与生产需求。规模化育种单位应重点推广闭锁繁育和集团闭锁繁育。通过标准化实施本文所述的技术要点, 可实现优良蜂种的遗传多样性维持、生产性能稳定提升, 为我国养蜂业的可持续发展提供坚实的种源保障。未来, 应进一步结合分子标记辅助育种技术, 优化选择效率, 推动蜜蜂良种繁育向精准化、高效化方向发展。

(下转第14页)

确保巢内蜜量充足。在当地主要蜜源（如野坝子）花期结束后，应及时补饲高浓度糖浆（糖与水的比例约为2:1至3:1），以促进蜜蜂充分酿制并封盖存蜜。补饲工作宜在当地气温稳定降至10℃前的20至30天内完成。通常，在末次流蜜结束后约25天（约为9月中旬）开始秋繁。在此期间，可将群势在3框以下的弱群进行合并，以增强整体越冬实力。同时在10月下旬（日均温降至12℃前）采取撤除保温物、缩小巢门等措施，促使蜂群停止繁殖，确保最后一批子脾在越冬前全部羽化出房。

4.4 冬季管理

冬季应对蜂箱进行保温，如在箱外覆盖保温材料，但须注意保持箱内通风，避免闷湿。越冬期间应以箱外观察为主，尽量减少开箱惊扰。可通过倾听箱内声音判断蜂团状态，若需检查饲料，宜选择晴暖无风的中午快速查看。蜂箱应安置在背风向阳处，并可根据山区低温情况，在箱内隔板外填充适量干草等保温物。

越冬期需重点预防蜂群崩溃，应确保饲料充足。一般4~5框蜂群需储备5~8 kg封盖蜜。保温须遵循“宁冷勿热”原则，过度保温易导致蜂群受潮、耗蜜增加，甚至加速死亡。整个冬季应保持环境安静，避免开箱干扰，可通过倾听箱内均匀的“嗡嗡”声判断蜂群是否正常。

5 病虫害及风险防控

中蜂囊状幼虫病、欧洲幼虫腐臭病、巢虫及胡蜂盗蜂侵扰是永平县需要重点防控的病虫害。

5.1 中蜂囊状幼虫病

该病防控要点在于饲养强群，维持“蜂多于脾”，并于春、秋及初冬加强蜂箱保温，以稳定巢温。同时需注重营养补充，在外界蜜源不足时，及时饲喂优质糖浆及蛋白质饲料（如花粉），以增强蜂群自身抵抗力。发病后应立即处置：更换蜂王或人为断子，以打断病毒繁殖链；同时必须彻底割除所有病脾并焚烧，并对蜂箱进行火焰灼烧消毒，以防病毒存留。

5.2 欧洲幼虫腐臭病

该病常于春繁、秋繁高峰期在弱群中复发。为预防该病发生，应保证蜂群饲料充足，优先选用本地抗病性强的蜂王，对蜂群勤加检查。

5.3 巢虫

巢虫防治需贯彻“防重于治”。必须坚持每周清理箱底蜡屑，及时淘汰老旧巢脾，保持蜂群强盛。对巢脾可采用冷冻或熏蒸处理，也可使用苏云金杆菌（Bt）等生物制剂进行绿色防控。

5.4 农药中毒应急处理

一旦发现大量蜜蜂抽搐死亡，应立即关闭巢门，将蜂群搬离污染区，并饲喂稀糖水（糖:水=1:4）帮助蜂群解毒。

5.5 胡蜂与盗蜂防控

夏秋季（7~10月）是胡蜂高发期，需在蜂场周边安装胡蜂诱捕器，并在蜂箱巢门加装防逃片或隔王栅进行物理阻拦。需注意的是，秋末外界饲料短缺时蜂群易起盗蜂，应缩小巢门、改在傍晚进行饲喂，并注意不将糖水滴洒在箱外。🐝

（上接第12页）

参考文献

- [1] 陈晓, 于福清, 陆健, 等. 我国蜜蜂遗传资源保护现状与对策 [J]. 中国农业科技导报, 2023, 25(05): 1-7.
- [2] 陈晓, 石巍, 陈超, 等. 欧洲蜜蜂遗传改良项目及对中国蜜蜂资源和育种工作的启示 [J]. 中国农业科技导报, 2017, 19(10): 14-20.
- [3] 王加聪. 蜜蜂良种是提高蜂产品产量和质量的关键 [J]. 蜜蜂杂志, 2006(01): 26-27.
- [4] 王红芳, 刘振国, 王颖, 等. 可用于蜜蜂抗逆育种的候选分子标记研究进展 [J]. 山东畜牧兽医, 2024, 45(10): 95-97, 100.
- [5] 宋泽, 钱加荣, 赵芝俊. 我国蜜蜂种业发展现状、问题及对策建议 [J]. 中国农业资源与区划, 2025, 46(04): 255-260.
- [6] 陈国宏, 王丽华, 王桂芝, 等. 蜜蜂遗传育种学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2010.
- [7] 吴杰, 胡福良, 曾志将, 等. 蜜蜂学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2012.

- [8] 薛运波, 牛庆生, 李志勇, 等. 蜜蜂遗传育种与资源开发利用 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2020.
- [9] 林琳, 费杰. 谈谈蜜蜂的良种繁育 [J]. 中国蜂业, 2024, 75(12): 14-15.
- [10] 畜禽遗传资源保种场保护区和基因库管理办法 [Z]. 中华人民共和国农业部公报, 2006(06): 17-19.
- [11] 石巍, 刘先蜀. 蜜蜂闭锁种群育种 [J]. 中国蜂业, 2006(02): 23-24.
- [12] 薛运波, 李志勇, 张发, 等. 蜜蜂人工授精技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2016.
- [13] 全国畜牧总站. 国家级基因库技术文件汇编 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2017.
- [14] 陈盛禄, 林雪珍, 孙勇, 等. 蜜蜂闭锁集团育种研究初报 [J]. 中国蜂业, 1992(03): 7-8.
- [15] 陈盛禄, 陈崇羔, 曾志将, 等. 中国蜜蜂学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2001. 🐝