



中国动物传染病学报
Chinese Journal of Animal Infectious Diseases
ISSN 1674-6422, CN 31-2031/S

《中国动物传染病学报》网络首发论文

题目: 瓦螨及其防控研究进展
作者: 白文凤, 吴志豪, 黄强
收稿日期: 2020-11-17
网络首发日期: 2021-03-03
引用格式: 白文凤, 吴志豪, 黄强. 瓦螨及其防控研究进展. 中国动物传染病学报.
<https://kns.cnki.net/kcms/detail/31.2031.S.20210303.1427.002.html>



网络首发: 在编辑部工作流程中, 稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定, 且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式(包括网络呈现版式)排版后的稿件, 可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定; 学术研究成果具有创新性、科学性和先进性, 符合编辑部对刊文的录用要求, 不存在学术不端行为及其他侵权行为; 稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准, 正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性, 录用定稿一经发布, 不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容, 只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认: 纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司签约, 在《中国学术期刊(网络版)》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版, 以单篇或整期出版形式, 在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊(网络版)》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物(ISSN 2096-4188, CN 11-6037/Z), 所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

瓦螨及其防控研究进展

白文凤^{1,2}, 吴志豪^{1,2}, 黄强^{1,2}

(1. 江西农业大学蜜蜂研究所, 南昌 330045; 2. 江西省蜜蜂生物学与饲养重点实验室, 南昌 330045)

摘要: 狄斯瓦螨, 简称瓦螨 (*Varroa destructor*), 是对蜂群危害最大的寄生虫。被感染后, 会导致蜂群的生产力下降、免疫力下降、寿命缩短。如果不除螨, 2-3年内蜂群就会瓦解。本文从蜂螨的食性、寿命、繁殖、遗传和生物形态等方面, 系统阐述蜂螨的生物学特性和有效的防治手段, 为我国的蜂螨防治研究提供参考。

关键词: 蜜蜂; 瓦螨; 病毒; 防控

文献标识码: A

INSIGHT OF *VARROA DESTRUCTOR* BIOLOGY AND CONTROL

BAI Wengfeng^{1,2}, WU Zhihao^{1,2}, HUANG Qiang^{1,2}

(1. Honeybee Research Institute, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China; 2. Jiangxi Province Key Laboratory of Honeybee Biology and Beekeeping, Nanchang 330045, China)

Abstract: *Varroa destructor*, is the most damaging parasite to the bee colonies. As a result of infestation, the colonies showed less productive, reduced immune responses and shortened life span. Without the treatment, the colonies collapse within two to three years. In this paper, the biological characteristics and effective control methods of this parasite are reviewed, including the feeding habits, life cycle, and heredity characters. The review aims to provide insight for the parasite research and control.

Key words: honeybee; *Varroa destructor*; virus; parasite control

意大利蜂 (*Apis mellifera* L.), 简称意蜂, 其具有产卵能力强, 采集能力强和繁殖速度快等优势, 在 20 世纪初, 我国从国外引进意大利蜜蜂^[1]。随后, 瓦螨寄生于意蜂, 并成为危害意蜂最为严重的寄生虫。目前, 在全球大多数地区都出现意蜂蜂群大规模衰弱、崩溃的情况, 引起人们广泛的关注与研究, 其中瓦螨占据关键的因素。意蜂蜂群自主清理行为较弱, 若不人为清除瓦螨, 则被瓦螨感染的蜂群会在一到三年内瓦解^[3-4]。瓦螨感染可引发蜜蜂寿命缩短、农药耐受性降低、蛹发育受损、对环境敏感度降低和免疫力下降等多种疾病^[5-8]。因此, 我们要多方面了解瓦螨, 从而有效控制瓦螨。

收稿日期: 2020-11-17

基金项目: 江西省科技厅重点研发计划项目 (20202BBFL63028)

作者简介: 白文凤, 女, 硕士研究生, 主要从事蜜蜂生物学研究, Email: dabaiwf@163.com

通信作者: 黄强, E-mail: qiang-huang@live.com

1 瓦螨的生物学特性

1.1 瓦螨食性 最初, Glinski 等^[10-11]发现寄生在蜜蜂上的瓦螨, 会影响蜜蜂血淋巴含量变化^[9]。在采用放射同位素技术后得出结论: 瓦螨以蜜蜂的血淋巴为食。但由于采集血淋巴的样品是幼虫, 样品内也含有大量脂肪体, 因此该观点不能够解释, 为何在进行使用血淋巴为饲料的瓦螨体外饲养试验时, 结果不理想^[12-13]。在最近的研究中发现, 瓦螨是以脂肪体为食, 而不是研究人员一直认为的血淋巴。脂肪体分布在幼虫和早期蛹的血腔中, 而在成年蜂中分布在腹部。雌性瓦螨有锯齿状的口器, 可以用来切割蜜蜂的表皮, 利用口器在宿主蜂的表皮制造相对较大的进食孔, 瓦螨可以利用这些孔取食。在被瓦螨感染的蜂蛹上一般有一至三个伤口, 这些孔可被瓦螨和它们的后代反复用于进食^[14]。通过对比瓦螨寄生在蜜蜂取食的位置发现: 蜜蜂头部没有螨, 胸部只有少量螨, 而大多数螨集中在腹部。通过饲喂标记脂肪组织的尼罗红染色剂和标记血淋巴的荧光素钠染色剂, 在蜜蜂肠道中可以清楚观察到荧光素钠荧光染色剂, 却几乎看不见尼罗红染色剂^[15-16]。这些均为瓦螨是以脂肪体为食提供了有力证据。

1.2 繁殖 瓦螨寄生在蜜蜂体表, 瓦螨的生命周期与蜜蜂密切相关, 其周期包括体外寄生和巢内繁殖两阶段^[17]。雌性螨虫利用成年蜜蜂作为寄生媒介, 在繁殖阶段找到适龄幼虫巢房, 在幼虫封盖后进行产卵^[18]。同时瓦螨又对宿主蜂有选择性偏好, 当蜂巢内出现新幼虫或新工蜂, 它们会重新选择宿主^[19]。在繁殖期的母螨首先产下一枚雄性卵, 然后产 3-5 枚雌性卵, 雌螨发出信息素吸引雄性, 求偶并在封盖巢房内完成交配^[20-21]。在前期的寄生阶段可以持续 5~11 天, 若蜂群内如无子脾, 可持续长达 5~6 个月。后期繁殖产卵阶段, 雌螨在蜜蜂封盖期后 70 小时开始产卵, 同个巢房内可产 5~6 个卵^[22]。瓦螨的生长发育分为三个阶段: 卵、若螨和成螨。卵期约为 1 天, 若螨期约为 7.5 天(雄螨为 5.5 天), 雌螨的平均寿命为 43.5 天^[23]。瓦螨的生存状态很大程度上取决于寄主蜂的存在和质量, 蜂群巢房变小也会影响瓦螨繁殖数量^[24-25], 如图 1 所示。

1.3 形态 瓦螨具有明显的雌雄特征: 成年雌螨, 背板和腹板高度硬化, 呈棕褐色, 体宽大于体长的椭圆形的躯体, 具有 4 对足, 足短而强壮, 如图 2 所示。成年雄螨的躯体呈淡黄色的梨形, 明显小于雌螨, 但雄螨的足比雌螨的足长^[26-27]。虽然瓦螨可以寄生在不同环境和季节下的蜜蜂体表, 但是瓦螨的形态也会有所差别, 表现在背板长、刺针毛数、生殖器腹板长和宽、肛门板宽、胸骨板上刚毛数、气孔数以及刚毛间距等方面。实验表明: 冬季瓦螨和夏季螨在形态特征上有明显差别: 冬季瓦螨体型较大, 体横较长, 生殖前板较小, 胸骨板孔较多, 腿较长, 性状较稳定; 夏季瓦螨的特点是体型小, 体横长, 生殖前板大, 胸骨板孔少, 腿短, 大部分性状高度分散。不同形态特征的瓦螨可以适应不同环境, 冬季瓦螨更适合在蜜蜂上越冬, 夏季瓦螨更适合在蜜蜂繁殖季节在蜜蜂巢房内繁殖。利用形态特征变化确定瓦螨的适应能力, 为研究新型瓦螨防控措施做准备^[28]。

1.4 瓦螨与 DWV 病毒的关系 瓦螨作为媒介, 可传播多种病毒, 最常见的 6 种病毒包括克什米尔蜜蜂病毒(*Kashmir bee virus, KBV*)、囊状幼虫病毒(*Sacbrood virus, SBV*)、急性蜂麻痹病毒(*Acute bee paralysis virus, ABPV*)、以色列急性麻痹病毒(*Israeli acute paralysis virus, IAPV*)和残翅病毒(*Deformed wing virus, DWV*)^[29]。其中残翅病毒明确引起蜜蜂疾病, DWV 来源于西方蜜蜂, 瓦螨提供直接传播途径, 在全球范围内以指数方式快速传播^[30]。被瓦螨寄生的蜜蜂感染残翅病毒后, 引起成年蜜蜂的翅膀变形和腹部缩短、肿胀, 最终由于蜂群失去清理行为和蜂王飞逃等社会行为, 导致蜂群瓦解^[31]。在瓦螨肆虐的蜂群中, 蜜蜂的死亡率与螨媒传播病毒有关, 这种传播主要发生在进食期间, 大量 DWV 病毒通过摄食蜜蜂血淋

巴在瓦螨的肠道中积累，瓦螨摄食可抑制蜜蜂的免疫反应，从而引起蜜蜂体内的 DWV 病毒复制^[32]。在瓦螨的整个生命周期中，成年雌螨是对蜜蜂群体中最有害的螨类个体^[33]。此外，Dries Cardoen 等发现病毒与蜜蜂生殖能力有相关性，导致成年蜜蜂不育^[34]。瓦螨病毒载量与其感染蜜蜂病毒载量存在显著相关性，瓦螨饲养的强度可以通过同时清除所触发的动态过程来影响病毒感染的进程^[35]。

2 瓦螨的基因组

目前瓦螨的基因组已经更新，最早的瓦螨基因组由美国农业部主持，基于 Illumina 和 454 测序技术，在 2010 年完成^[36]。最新的瓦螨基因组由日本冲绳科学技术大学主持，基于 PacBio 和 Illumina 测序技术完成，全长 368 Mbp，由 4498 contig 和 12760 个基因组成。

瓦螨最初被广泛的命名为雅氏瓦螨，认为是一种在东方蜜蜂的蜂房内繁殖的寄生螨，之后通过比较分布于亚洲各地蜜蜂中收集到的雅氏瓦螨的线粒体 DNA (mtDNA) 序列 CO-I 编码基因序列，发现了 18 种基因型并重新分类，分为感染马来西亚、印度尼西亚和爪哇岛的中华蜜蜂的雅氏瓦螨的九种单倍型、感染亚洲大陆的六种单倍型和感染菲律宾地区的未能分类的三种单倍型。继而从原来的一种雅氏瓦螨分为新雅氏瓦螨和新定义的狄斯瓦螨两种，其中基因型为朝鲜基因型和日本|泰国基因型的狄斯瓦螨可以在东方、西方蜜蜂的雄蜂房和西方蜜蜂的工蜂房繁殖^[37]。来源于不同种群的瓦螨，即使体型相似，但对于寄生在东方、西方蜜蜂上，其繁殖能力还是存在差别。朝鲜基因型的瓦螨大规模蔓延到亚洲和欧洲地区，日本基因型的瓦螨也在相同范围内的部分地区被发现，但是频率较低^[38]。朝鲜基因型的瓦螨致病性、对西方蜜蜂的危害强度均大于日本基因型。通过 mtDNA COI 基因序列和限制性内切酶酶切可以区别二者，仅能被限制性内切酶 Xho I 切断，不能被限制酶 Sac I 切断的螨类为朝鲜基因型^[39]。

此外，随着研究的深入，我国瓦螨的单倍型与朝鲜型单倍型区别较大，中国单倍型在连续两次接种期间在工蜂房里完全不育，而朝鲜单倍型正常繁殖。而且在中蜂和意蜂之中，朝鲜单倍型明显在意蜂中表现繁殖率更高，中国单倍型则显示繁殖率降低。不同种类的瓦螨是自然分离的，来源于东方蜜蜂的瓦螨和意大利蜜蜂的瓦螨不仅是不同的单倍型，而且在工蜂幼虫上的繁殖也是不同的^[40]。研究表明，在西方蜜蜂和东方蜜蜂上两组瓦螨中，能够在意大利蜜蜂上繁殖的瓦螨之间的基因表达差异更大，一小部分基因显示在意大利蜜蜂宿主的瓦螨中表达相对减少，其中可能包括转录因子和消化道发育基因^[41]。

为了验证瓦螨和蜜蜂之间的寄主-寄生协同进化关系，用 PCR 扩增引物对六种意大利蜜蜂单倍型的 tRNA^{leu}-COX2 基因间隔区的扩增产物进行了 Sanger 测序。同时对瓦螨群体的细胞色素 c 氧化酶 1(Cox1)和细胞色素 b(Cytb)片段的线粒体扩增片段进行 Sanger 测序分析，结果表明，不同的瓦螨单倍型和异质体广泛分布并共存于采样点的意蜂群体中，在 mtDNA 水平上没有严格的寄主-寄生虫关联。因此，携带不同单倍型和异质体的瓦螨都能很好地适应寄主，而不依赖于每个群体中存在的已鉴定的单倍型^[42]。

在鉴定瓦螨的基因序列后，发现只有双歧病毒科 (*Dicistroviridae*) 和斑潜蝇病毒科 (*Iflaviridae*) 各属的正义 RNA 病毒与瓦螨有关，然而，与瓦螨相关的 DNA 病毒还没有被鉴定出来。进一步的实验鉴定出两种新的环状复制相关蛋白(*Rep*)编码单链 DNA 病毒。这两种病毒，一种是基因组病毒科(基因组病毒科双环病毒属)，另一种是一种新的病毒(水芹 DNA 病毒)^[43]。在另一个研究中，为了鉴定基因对瓦螨的生存和繁殖的相关度，利用 PCR 扩增测出了无子(Da)、蛋白酶体 26S 亚单位三磷酸腺苷酶(Pros26S)、核糖体蛋白 L8(RpL8)、核糖体蛋白 L11(RpL11)、核糖体蛋白 P0(RpP0)、核糖体蛋白 S13(RpS13)等基因

在瓦螨上的反应，实验结果，注射 *Da dsRNA* 和 *Pros26S dsRNA* 瓦螨的存活率明显降低，而其他四种没有显著差异，表明 *Da dsRNA* 和 *Pros26S dsRNA* 对瓦螨的生存有关键作用。同时也发现基因对瓦螨繁殖的影响，*RpL11* 的生殖抑制作用最强，其次是 *RpP0*、*PpS13*，*RPL8* 的抑制作用最小^[44]。

3 瓦螨的防治

3.1 化学防治

3.1.1 合成化学药物防治 在合成化学药物杀螨剂中，氟胺氰戊菊酯 (*Tau-fluvalinate*) 和氟菊酯 (*Flumethrin*) 最常见。这两种杀螨剂对蜜蜂的毒性相对较低，除螨效果好，可以消除被感染蜂群中 98% 的瓦螨。以氟胺氰戊菊酯为基础的合成制剂 *Apistan*，是使用最广泛的杀螨剂。*Apistan* 通过接触作用，使蜜蜂接触后将化学药物传递到其他蜜蜂身上，从而除去瓦螨。但由于氟胺氰戊菊酯不挥发的特性，会使其残留在巢脾中，需及时定期换脾。*Bayvarol* 是以氟菊酯为基础合成的杀螨剂，使用方法与 *Apistan* 相似，也会残留在巢脾中，转移到储蜜中^[45]。在蜂箱内施加氟菊酯条带，可以使蜜蜂更快地接触到氟菊酯，从而更高效除螨^[46]。

这两种杀螨剂长期使用后，导致瓦螨产生抗药性。研究人员大量报道瓦螨对此类杀螨剂的抗性演变，并对瓦螨的部分活性成分的突变是否与其抗药性有关展开了试验，结果发现瓦螨 L925V (第 925 位亮氨酸被缬氨酸突变) 突变与氟胺氰戊菊酯抗药性有关^[47]。在美国东南部 7 个不同地区的瓦螨群体的 VGSC (钠离子通道) 中鉴定出两个氨基酸替突变位点 L925M (蛋氨酸突变) 和 L925I (异亮氨酸突变)，这两个等位基因与瓦螨对氟胺氰戊菊酯的抗性显著相关^[48]。Joel González-Cabrera 等在前者的基础上，进一步讨论了对瓦螨使用氟胺氰戊菊酯的综合防治措施，试验发现瓦螨对氟胺氰戊菊酯的抗药性存在动态平衡，在有突变基因的瓦螨中，氟胺氰戊菊酯使用剂量增大，则瓦螨抗性频率也可能增加，相反，抗性会降低。因此节约使用氟胺氰戊菊酯对瓦螨防治有效性和抑制其对蜜蜂的毒性都是相对合理的^[49]。

除了合成菊酯类杀螨剂外，蝇毒磷 (*coumaphos*) 杀螨剂也是同样具有高效的杀螨作用的化学药物，可以通过接触性的传播和内吸性使用达到除螨。在长期广泛的使用蝇毒磷后，瓦螨对其抗药性发生了变化，半数致死剂量 (LC50) 会随着时间的推移增加^[50]。

3.1.2 有机酸防治 长期使用氟菊酯等合成化学杀螨剂导致蜂群瓦螨的抗药性增加，而使用甲酸 (*formic acid*, *FA*) 和草酸 (*oxalic acid*, *OA*) 等天然合成杀螨剂对瓦螨的抗性很低。甲酸具有挥发性，在温度较高时，使用甲酸处理蜂群要及时通风，否则瓦螨死亡率可能会下降，而蜜蜂幼虫死亡率会上升^[51]。进一步研究中，Marco Pietropaoli 等验证了甲酸对瓦螨的抑制作用和对蜜蜂的毒性。在田间试验中，使用低浓度甲酸处理蜂群，对成年蜜蜂和蜂王没有不良影响，但随着甲酸浓度增加，对蜂群造成的损伤开始加大。甲酸的蒸发速率也会影响蜂群，蒸发速率越不规则，甲酸对蜜蜂的毒性越高^[52]。

草酸在养蜂业被广泛使用，主要是在糖水溶液中滴入草酸放到蜂箱中，实验验证，糖水 中草酸浓度越高，瓦螨的防治效果越好，但蜜蜂中毒风险越大，因此草酸杀螨剂的最高剂量控制在每只蜜蜂约为 250 微克。而在不同季节，草酸杀螨的效果也有所差异。在冬季，用草酸处理无幼虫蜂群时的螨虫死亡率较高，而在夏季蜜蜂发育和繁殖期时，重复使用草酸的蜂群的螨虫死亡率较高^[25]。也有研究证明，草酸与蜂群管理结合除螨效果会更好。将蜂王暂时关在王笼里，同时除去封盖或未封盖子脾，可以明显提高瓦螨死亡率^[53]。比较了连续 64 次使用草酸治疗的瓦螨和从未接触过草酸的瓦螨的易感性，以评估瓦螨对草酸的抗药性。结

果表明,前者的杀螨毒性高于后者,尽管长时间使用草酸,瓦螨仍然容易受到草酸的影响^[54]。

3.2 生物防治 虽然在处理瓦螨的方法中,杀螨剂在短期内效果最好,但长期使用会出现蜂巢内残留物累积、蜜蜂幼虫死亡等问题。而生物防治方法成为养蜂业具有重大意义、安全和有效的处理手段。对瓦螨采用生物防治措施既不会污染环境,蜂群内残留物累积,同时也会对瓦螨具有较好的控制^[55-56]

3.2.1 以螨治螨 剑毛帕厉螨 (*Stratiolaelaps scimitus*) 是一种生活在土壤中的捕食者,可以捕食多种节肢动物害虫,为剑毛帕厉螨作为瓦螨的生物防治方法奠定了基础。为验证剑毛帕厉螨对瓦螨的捕食能力水平,将瓦螨分别放入有剑毛帕厉螨、普通杀螨剂和未处理的三种容器中,与未处理组相比,剑毛帕厉螨组的瓦螨死亡率显著升高。但是在处理田间蜂巢瓦螨的效果不理想,可能受到温度(剑毛帕厉螨繁殖和生长的平均温度与蜜蜂幼虫巢房有所差异)、被引入的剑毛帕厉螨在未繁殖前可能被工蜂清除,或剑毛帕厉螨没有充足时间可以捕食在未进入封盖期的寄主蜂幼虫的瓦螨。我们虽然不能最终推荐用剑毛帕厉螨处理蜂群来生物防治瓦螨,但是在未来进一步研究中,这种生物防治可能成为重要的选择^[57]。

3.2.2 真菌治螨 近些年来,真菌杀螨剂得到广泛的关注,昆虫病原菌是瓦螨的天敌,可以寄生在瓦螨体内,导致瓦螨死亡,而对蜂群的影响又很低,可以利用其生物特点作为瓦螨的生物防治剂^[58]。昆虫病原菌包括金龟子绿僵菌 (*Metarhizium anisopliae*)、汤普森多毛菌 (*Hirsutella thompsoni*) 和球孢白僵菌 (*Beauveria bassiana*)。球孢白僵菌被认为是瓦螨的天敌,自然存在于蜂巢内幼虫上的瓦螨中,球孢白僵菌即可以很好地适应蜂群环境,也可以控制瓦螨^[59]。在正常巢温下,金龟子绿僵菌对瓦螨有显著的亚致死行为,同时对蜜蜂无害,也不会影响蜂蜜等蜂产品的品质^[60-61]。

3.2.3 信息素治螨 已知的蜜蜂在不同阶段分泌的信息素有所差别,瓦螨则通过信息素寻找适合的宿主,试验验证,相比于工蜂,瓦螨明显偏好雄蜂;相比于采集蜂,瓦螨会选择哺育蜂。同样,蜜蜂也可能通过幼虫所分泌信息素的变化,判断幼虫是否感染瓦螨,随即引发蜜蜂清理和移虫行为。其中信息素的醚类可以改变瓦螨的选择寄主,避蚊胺(DEET)降低了瓦螨找到宿主蜜蜂的频率。因此,可以利用瓦螨和蜜蜂的信息素相互作用成功防治螨类,但基于目前处于实验阶段,还需要进一步研究^[21]。

3.2.4 蜂胶治螨 蜂胶是由各种植物树脂和蜜蜂的上颚腺、蜡腺的分泌物混合而成的胶状物质,蜂胶具有抗菌、抗病毒的特性,长期以来只关注蜂胶对人的药理价值,而很少研究蜂胶对蜜蜂本身的益处^[62]。经研究,发现蜂胶乙醇提取物的致死作用和麻醉效果对瓦螨有一定影响,浓度越高,作用越强,但在自然条件下,很少有高浓度的蜂胶乙醇提取物,蜂胶抑制瓦螨可能与蜜蜂采集的具有杀螨特性的植物有关。此外,蜂群的采集蜂胶量与其瓦螨传播的病原菌呈现正相关,表明蜜蜂通过自我治疗行为采集蜂胶抑制病原菌^[63]。最近的一项研究也验证了这一观点,当蜂群受到瓦螨所感染的病原菌时,蜜蜂会自我治疗,自发的采集蜂胶。实验证明,有瓦螨感染蜂群时,工蜂采集蜂胶的数量显著增加,同时蜜蜂清理行为也增加^[64]。

3.2.5 蜜蜂对瓦螨的抗性机制 蜜蜂的清理行为是群体重要的免疫防御之一,当蜜蜂幼虫表现出信息素 (*brood ester pheromone*, *BEP*) 异常、组成或数量的偏差,或蜜蜂幼虫的发育延迟,可触发蜜蜂清理行为,还有少部分清理行为是特异性病毒有关。通过清理这些幼虫,可以破坏瓦螨的繁殖周期,降低繁殖率^[65]。当蜂群幼虫被感染或寄生时,诱发蜜蜂表现出选择性的清理行为,而不是螨类的出现^[66]。研究发现,瓦螨对意蜂的损害十分严重,而对中蜂相反,即使在没有人防防治处理,蜂群依旧存活。针对这一现象,更深入的研究显示,中蜂和意蜂的幼虫都会被瓦螨感染,但中蜂通过清理行为,可将受感染和生长发育异常的幼虫移除蜂群,从而减少了蜂群中瓦螨繁殖数量^[67]。不仅如此,被感染的中蜂幼虫死亡率显著高于西方蜜蜂幼虫。东方蜜蜂这种通过自我牺牲,阻断瓦螨繁殖,最终控制瓦螨数量可能是在与瓦螨长期协同进化中形成^[68]。

3.3 植物提取物防治 除了常见的几种杀螨剂,其他具有创新性和挑战性的除螨方法也值得讨论,可以有效防控的同时也将减少对蜜蜂的损害,其中许多植物对蜂群中的瓦螨有抑制作用,由于养蜂业追求安全又有效的杀螨剂,从植物中提取精油的方法越来越被大家关注^[69]。早在十几年前,蘇晓玲等研究的丁香油 (*clove*)、茴香 (*Turestar Anisetree*) 对蜜蜂无毒或低毒,且具有较强杀螨作用^[70]。印楝树 (*Azadirachta indica*) 和蔓荆类 (*Barbaka*) 植物提取物具有杀螨、抗菌的特性。印楝树和蔓荆类对瓦螨有抑制作用,但印楝树和蔓荆类的提取物的效果不如其他杀螨剂^[71]。Li 等表明丁香 (*Syzygium aromaticum L*) 能够影响瓦螨体内的代谢和免疫系统,从而抑制瓦螨发育^[72]。茴香烯 (*Anethole*)、柠檬草精油 (*Cymbopogon oil*) 和万寿菊精油 (*Tagetes oil*) 都有显著的杀螨效果。其中茴香烯和柠檬草精油对蜜蜂的毒性相对较小。因此,茴香烯的选择度更高,对蜜蜂相对安全^[73]。研究人员将 11 种精油 (细辛 (*Manchurian Wildginger*)、紫檀 (*Odoriferous Rosewood*)、草豆蔻 (*Katsumade Galangal Seed*)、羌活 (*Incised Notopterygium*)、茴香 (*Fennel*)、高良姜 (*Lesser Galangal*)、藿香 (*Cablin Potchouli*)、侧柏 (*Chinese Arborvitae*)、金钱蒲 (*Grassleaf Sweetflag*)、薄荷 (*Mint*)、草果 (*Cao Guo*)) 分别涂在滤纸上,再放在双层圆柱形塑料盒的底部对顶部的蜜蜂 (瓦螨) 进行熏蒸,发现紫檀、茴香、藿香、薄荷、细辛及草果等六种精油有明显的杀螨作用,尤其前两者的效果最好,并且对蜜蜂的生长发育无明显的影响。虽然高剂量的精油会导致蜜蜂中毒,但低影响最大剂量的精油对蜜蜂的毒性仍然远低于其他合成杀螨剂,因此紫檀和茴香作为杀螨剂有很大潜力^[74]。由此可见,以植物提取液为主要成分的绿色杀螨剂,具备逐步取代化学杀螨剂的潜力。

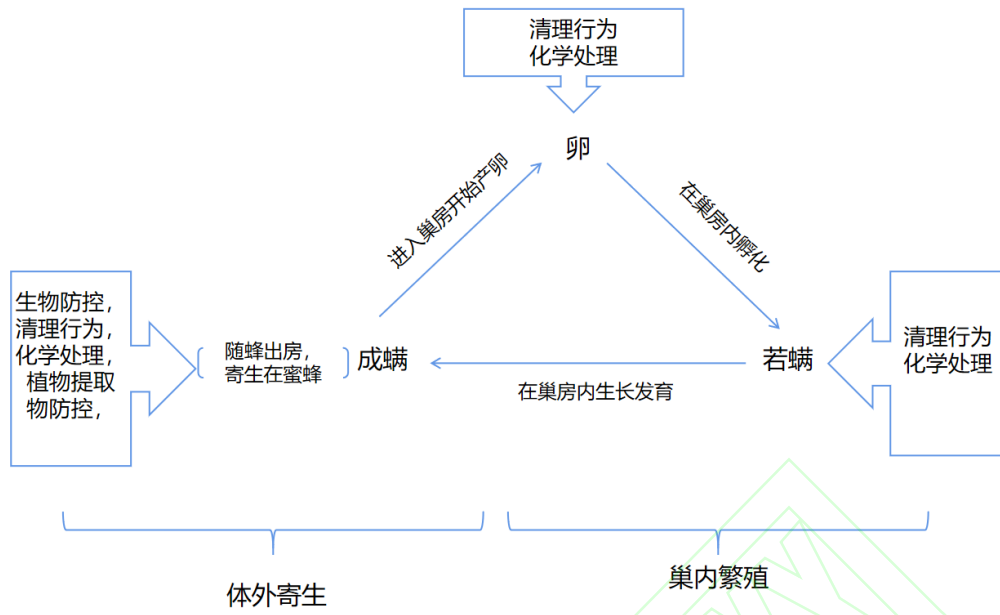


图 1 瓦螨的繁殖阶段与防控
 Fjg. 1 Reproduction and control of Varroa

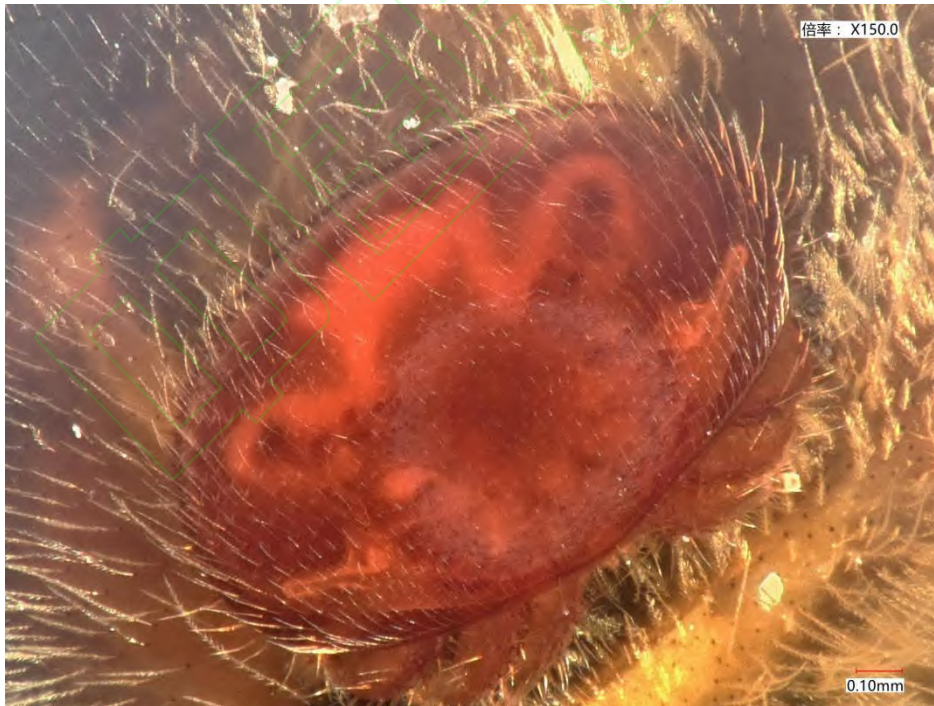


图 2 瓦螨的形态
 Fig. 2 Morphology of the Varroa

参考文献

- [1] 闫德斌, 我国养蜂生产中使用的主要蜂种及其经济性状[J], 养蜂科技, 1999(5): 3-5.
- [2] Fries I, Imdorf A, Rosenkranz P, Survival of mite infested (*Varroa destructor*) honey bee (*Apis mellifera*) colonies in a Nordic climate[J]. Apidologie, 2006, 37(5): 564-570.
- [3] Korpela S, Aarhus A, Fries I, et al. *Varroa jacobsoni* Oud. in cold climates: population growth, winter mortality and influence on the survival of honey bee colonies[J]. J Apic Res, 1992, 31(3-4): 157-164.
- [4] Wahl O, Ulm K. Influence of pollen feeding and physiological condition on pesticide sensitivity of the honey bee *Apis mellifera carnica*[J]. Oecologia, 1983, 59(1): 106-128.
- [5] De Jong D, De Jong P H, Goncalves L S. Weight loss and other damage to developing worker honeybees from infestation with *Varroa jacobsoni*[J]. J Apicult Res, 1982, 21(3): 165-167.
- [6] Amdam G V, Hartfelder K, Norberg K, et al. Altered physiology in worker honey bees (Hymenoptera: Apidae) infested with the mite *Varroa destructor* (Acari: Varroidae): a factor in colony loss during overwintering?[J]. J Econ Entomol, 2004, 97(3): 741-747.
- [7] Kralj J, Brockmann A, Fuchs S, et al. The parasitic mite *Varroa destructor* affects non-associative learning in honey bee foragers, *Apis mellifera* L[J]. J Comp Physiol, 2007, 193(3): 363-370.
- [8] Nazzi F, Brown S P, Annoscia D, et al. Synergistic parasite-pathogen interactions mediated by host immunity can drive the collapse of honeybee colonies[J]. PLoS Pathog, 2012, 8(6): e1002735.
- [9] Glinski Z, Jarosz J. Alterations in haemolymph proteins of drone honey bee larvae parasitized by *Varroa jacobsoni*[J]. Apidologie, 1984, 15(3): 329-338.
- [10] Dinda P K, Beck I T, Beck M. Some observations on the determination of extracellular fluid volume of jejunal tissue using [3H] inulin and [14C] inulin[J]. Can J Physiol Pharmacol, 1977, 55(3): 389-393.
- [11] Smirnov A M. Research results obtained in USSR concerning aetiology, pathogenesis, epizootiology, diagnosis and control of Varroa disease in bees[J]. Apiacta, 1978, 4(13): 14-9162.
- [12] Dietemann V, Nazzi F, Martin S J, et al. Standard methods for *Varroa* research[J]. J Apicult Res, 2013, 52(1): 1-54.
- [13] Bruce W A, Chiesa F, Marchetti S, et al. Laboratory feeding of *Varroa jacobsoni* Oudemans on natural and artificial diets (Acari: Varroidae)[J]. Apidologie, 1988, 19(2): 209-218.
- [14] Kanbar G, Engels W. Communal use of integumental wounds in honey bee (*Apis mellifera*) pupae multiply infested by the ectoparasitic mite *Varroa destructor*[J]. Genet Mol Res, 2005, 4(3): 465-472.
- [15] 孟丽峰. 瓦螨主要取食蜜蜂的脂肪体组织而不是血淋巴[J]. 中国蜂业, 2019, 70(5): 60-62.
- [16] Ramsey S D, Ochoa R, Bauchan G, et al. *Varroa destructor* feeds primarily on honey bee fat body tissue and not hemolymph[J]. PNAS, 2019, 116(5): 1792-1801.
- [17] Garrido C, Rosenkranz P, Paxton R J, et al. Temporal changes in *Varroa destructor* fertility and haplotype in Brazil[J]. Apidologie, 2003, 34(6): 535-541.
- [18] Donz G, Guerin P M. Behavioral attributes and parental care of *Varroa* mites parasitizing honeybee brood[J]. Behav Ecol and Sociobiol, 1994, 34(5): 305-319.
- [19] Kuenen L P S, Calderone N W. Transfers of *Varroa* mites from newly emerged bees: Preferences for age-and function-specific adult bees (Hymenoptera: Apidae)[J]. J Insect Behav, 1997, 10(2): 213-228.
- [20] Rehm S M, Ritter W. Sequence of the sexes in the offspring of *Varroa jacobsoni* and the resulting consequences for the calculation of the developmental period[J]. Apidologie, 1989, 20(4): 339-343.
- [21] Plettner E, Eliash N, Singh N K, et al. The chemical ecology of host-parasite interaction as a target of *Varroa destructor* control agents[J]. Apidologie, 2017, 48(1): 78-92.
- [22] 吴艳艳, 周婷. 瓦螨的生殖生物学特点[J]. 中国蜂业, 2013, 64(19):57.
- [23] H bermann C K, Ziegelmann B, Rosenkranz P. Spermatozoa production in male *Varroa destructor* and its

- impact on reproduction in worker brood of *Apis mellifera*[J]. *Exp Appl Acarol*, 2018, 74(1): 43-54.
- [24] Egekwu N I, Posada F, Sonenshine D E, et al. Using an in vitro system for maintaining *Varroa destructor* mites on *Apis mellifera* pupae as hosts: studies of mite longevity and feeding behavior[J]. *Exp Appl Acarol*, 2018, 74(3): 301-315.
- [25] Oddie M A Y, Neumann P, Dahle B. Cell size and *Varroa destructor* mite infestations in susceptible and naturally-surviving honeybee (*Apis mellifera*) colonies[J]. *Apidologie*, 2019, 50(1): 1-10.
- [26] Rosenkranz P, Aumeier P, Ziegelmann B. Biology and control of *Varroa destructor*[J]. *J Invertebr Pathol*, 2010, 103: S96-S119.
- [27] Abou-Shaara H F, Tabikha R M. Morphological characterization and a morphometry map for *Varroa* mites from northwest of Egypt[J]. *Cercetari Agronomice in Moldova*, 2016, 49(4): 75-84.
- [28] Yevstafieva V O, Zaloznaya L M, Nazarenko O S, et al. Morphological variation of *Varroa destructor* (Parasitiformes, Varroidae) in different seasons[J]. *Biosys Divers*, 2020, 28(1): 18-23.
- [29] Chen Y P, Siede R. Honey bee viruses[J]. *Adv Virus Res*, 2007, 70: 33-80.
- [30] Wilfert L, Long G, Leggett H C, et al. Deformed wing virus is a recent global epidemic in honeybees driven by *Varroa* mites[J]. *Science*, 2016, 351(6273): 594-597.
- [31] De Miranda J R, Genersch E. *Deformed wing virus*[J]. *J Invertebr Pathol*, 2010, 103: S48-S61.
- [32] Erban T, Harant K, Hubalek M, et al. In-depth proteomic analysis of *Varroa destructor*: Detection of DWV-complex, ABPV, VdMLV and honeybee proteins in the mite[J]. *Scientific reports*, 2015, 5(1): 1-16.
- [33] Mondet F, Rau A, Klopp C, et al. Transcriptome profiling of the honeybee parasite *Varroa destructor* provides new biological insights into the mite adult life cycle[J]. *BMC genomics*, 2018, 19(1): 328.
- [34] Cardoen D, Ernst U R, Van Vaerenbergh M, et al. Differential proteomics in dequeened honeybee colonies reveals lower viral load in hemolymph of fertile worker bees[J]. *PLoS One*, 2011, 6(6): e20043.
- [35] Annoscia D, Brown S P, Di Prisco G, et al. Haemolymph removal by the parasite *Varroa destructor* can trigger the proliferation of the *Deformed Wing Virus* in mite infested bees (*Apis mellifera*), contributing to enhanced pathogen virulence[J]. *BioRxiv*, 2018: 257667.
- [36] Cornman R S, Schatz M C, Johnston J S, et al. Genomic survey of the ectoparasitic mite *Varroa destructor*, a major pest of the honey bee *Apis mellifera*[J]. *BMC genomics*, 2010, 11(1): 602.
- [37] Anderson D L, Trueman J W H. *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species[J]. *Exp appl Acarol*, 2000, 24(3): 165-189.
- [38] Evans J D, Cook S C. Genetics and physiology of *Varroa* mites[J]. *Curr Opin Insect SCI*, 2018, 26: 130-135.
- [39] 代平礼,周婷,刁青云,等. 侵染西方蜜蜂的瓦螨种类鉴定[J]. *动物医学进展*, 2013, 34(07): 74-76.
- [40] Li W, Wang C, Huang Z Y, et al. Reproduction of Distinct *Varroa destructor* Genotypes on Honey Bee Worker Brood[J]. *Insects*, 2019, 10(11): 372.
- [41] Andino G K, Gribskov M, Anderson D L, et al. Differential gene expression in *Varroa jacobsoni* mites following a host shift to European honey bees (*Apis mellifera*)[J]. *BMC genomics*, 2016, 17(1): 926.
- [42] Gajić B, Muñoz I, De la Rúa P, et al. Coexistence of genetically different *Varroa destructor* in *Apis mellifera* colonies[J]. *Exp appl Acarol*, 2019, 78(3): 315-326.
- [43] Kraberger S, Visnovsky G A, van Toor R F, et al. Genome sequences of two single-stranded DNA viruses identified in *Varroa destructor*[J]. *Genome Announc*, 2018, 6(9).
- [44] Huang Z Y, Bian G, Xi Z, et al. Genes important for survival or reproduction in *Varroa destructor* identified by RNAi[J]. *Insect science*, 2019, 26(1): 68-75.
- [45] 赵红霞, 曾鑫年, 张学锋, 等. 狄斯瓦螨综合防治方法最新研究进展[J]. *中国农学通报*, 2011, 27(12): 271-276.
- [46] Blacqui ère T, Altreuther G, Krieger K J. Evaluation of the efficacy and safety of flumethrin 275 mg bee-hive

- strips (PolyVar Yellow®) against *Varroa destructor* in naturally infested honey bee colonies in a controlled study[J]. Parasitol Res, 2017, 116(1): 109-122.
- [47] Gonzalez-Cabrera J, Davies T G E, Field L M, et al. An amino acid substitution (L925V) associated with resistance to pyrethroids in *Varroa destructor*[J]. PLoS One, 2013, 8(12): e82941.
- [48] Gonzalez-Cabrera J, Rodriguez-Vargas S, Davies T G E, et al. Novel mutations in the voltage-gated sodium channel of pyrethroid-resistant *Varroa destructor* populations from the Southeastern USA[J]. PLoS One, 2016, 11(5): e0155332.
- [49] González-Cabrera J, Bumann H, Rodríguez-Vargas S, et al. A single mutation is driving resistance to pyrethroids in European populations of the parasitic mite, *Varroa destructor*[J]. J Pest Sci, 2018, 91(3): 1137-1144.
- [50] Mitton G A, Szawarski N, Ramos F, et al. *Varroa destructor*: when reversion to coumaphos resistance does not happen[J]. J Apicult Res, 2018, 57(4): 536-540.
- [51] Gregorc A, Sampson B. Diagnosis of *Varroa* Mite (*Varroa destructor*) and Sustainable Control in Honey Bee (*Apis mellifera*) Colonies—A Review[J]. Diversity, 2019, 11(12): 243.
- [52] Pietropaoli M, Formato G. Liquid formic acid 60% to control varroa mites (*Varroa destructor*) in honey bee colonies (*Apis mellifera*): protocol evaluation[J]. J Apicult Res, 2018, 57(2): 300-307.
- [53] Gregorc A, Alburaki M, Werle C, et al. Brood removal or queen caging combined with oxalic acid treatment to control varroa mites (*Varroa destructor*) in honey bee colonies (*Apis mellifera*) [J]. Apidologie, 2017, 48(6): 821-832.
- [54] Maggi M D, Damiani N, Ruffinengo S R, et al. The susceptibility of *Varroa destructor* against oxalic acid: a study case[J]. Bull. Insectology, 2017, 70: 39-44.
- [55] 曾志将, 周利华. 生物防治原理在防治蜂螨中应用前景[J]. 养蜂科技, 1998(5): 3-5.
- [56] 刘祥伟. 生物防治蜂螨的研究进展[J]. 山东农业科学, 2011(4): 86-89.
- [57] Rangel J, Ward L. Evaluation of the predatory mite *Stratiolaelaps scimitus* for the biological control of the honey bee ectoparasitic mite *Varroa destructor*[J]. J Apicult Res, 2018, 57(3): 425-432.
- [58] Chandler D, Sunderland K D, Ball B V, et al. Prospective biological control agents of *Varroa destructor* n. sp., an important pest of the European honeybee, *Apis mellifera*[J]. Biocontrol Sci Techn, 2001, 11(4): 429-448.
- [59] García-Fernández P, Santiago-Álvarez C, Quesada-Moraga E. Pathogenicity and thermal biology of mitosporic fungi as potential microbial control agents of *Varroa destructor* (Acari: Mesostigmata), an ectoparasitic mite of honey bee, *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae)[J]. Apidologie, 2008, 39(6): 662-673.
- [60] Steenberg T, Kryger P, Holst N. A scientific note on the fungus *Beauveria bassiana* infecting *Varroa destructor* in worker brood cells in honey bee hives[J]. Apidologie, 2010, 41(1): 127-128.
- [61] Reinbacher L, Ferrari F, Angeli S, et al. Effects of *Metarhizium anisopliae* on host choice of the bee-parasitic mite *Varroa destructor*[J]. Acarologia, 2018, 2(58): 287-295.
- [62] 王秀清, 申树芳, 张英锋, 马子川. 蜂胶的有效成分与功效[J]. 渤海大学学报(自然科学版), 2010, 31(3): 219-224.
- [63] Drescher N, Klein A M, Neumann P, et al. Inside honeybee hives: Impact of natural propolis on the ectoparasitic mite *Varroa destructor* and viruses[J]. Insects, 2017, 8(1): 15.
- [64] Pusceddu M, Piluzza G, Theodorou P, et al. Resin foraging dynamics in *Varroa destructor* - infested hives: a case of medication of kin?[J]. Insect Sci, 2019, 26(2): 297-310.
- [65] Mondet F, Kim S H, De Miranda J R, et al. Specific cues associated with honey bee social defence against *Varroa destructor* infested brood[J]. Scientific reports, 2016, 6: 25444.
- [66] Schöning C, Gisder S, Geiselhardt S, et al. Evidence for damage-dependent hygienic behaviour towards

- Varroa destructor*-parasitised brood in the western honey bee, *Apis mellifera*[J]. J Expl Biol, 2012, 215(2): 264-271.
- [67] Lin Z, Qin Y, Page P, et al. Reproduction of parasitic mites *Varroa destructor* in original and new honeybee hosts[J]. Ecol Evol, 2018, 8(4): 2135-2145.
- [68] Page P, Lin Z, Buawangpong N, et al. Social apoptosis in honey bee superorganisms[J]. Sci Rep, 2016, 6: 27210.
- [69] Dietemann V, Pflugfelder J, Anderson D, et al. *Varroa destructor*: research avenues towards sustainable control[J]. J Apicult Res, 2012, 51(1): 125-132.
- [70] 苏晓玲, 郑火青, 费中华, 等. 中草药精油对蜜蜂狄斯瓦螨的熏杀效果[J]. 应用昆虫学报, 2012, 49(5): 1189-1195.
- [71] Anjum S I, Ayaz S, Shah A H, et al. Controlling honeybee pathogen by using neem and Barbaka plant extracts[J]. Biotechnol Biotec Eq, 2015, 29(5): 901-906
- [72] Li L, Lin Z G, Wang S, et al. The effects of clove oil on the enzyme activity of *Varroa destructor* Anderson and Trueman (Arachnida: Acari: Varroidae)[J]. Saudi J Biol Sci, 2017, 24(5): 996-1000
- [73] Sabahi Q, Hamiduzzaman M M, Barajas-Pérez J S, et al. Toxicity of Anethole and the Essential Oils of Lemongrass and Sweet Marigold to the Parasitic Mite *Varroa destructor* and Their Selectivity for Honey Bee (*Apis mellifera*) Workers and Larvae[J]. Psyche, 2018, 2018:1-8.
- [74] Lin Z, Su X, Wang S, et al. Fumigant toxicity of eleven Chinese herbal essential oils against an ectoparasitic mite (*Varroa destructor*) of the honey bee (*Apis mellifera*)[J]. J Apicult Res, 2020, 59(2): 204-210.