



吕洋. 狄斯瓦螨防控研究进展[J]. 黑龙江农业科学, 2022(3):93-99.

# 狄斯瓦螨防控研究进展

吕 洋

(黑龙江省农业科学院 牡丹江分院, 黑龙江 牡丹江 157000)

**摘要:**狄斯瓦螨(*Varroa destructor*)为世界公认的对蜂群有毁灭性的寄生虫。瓦螨寄生于蜜蜂体表通过吸食脂肪体传播病毒危害蜜蜂,是引起“蜂群崩溃综合症”[Colony Collapse Disorder(CCD)]的重要因素之一,对西方蜜蜂危害最大。为了全面了解瓦螨及其对蜜蜂的危害、瓦螨对杀螨剂的耐药性、经济治疗阈值的下降等问题,从而降低全球蜂群损失,维持生态系统稳定性,提高蜜蜂的经济产能,本文主要从瓦螨的生物学特性及危害、化学防治、物理防治方面对近年来几种常用有效的防治瓦螨的方法进行阐述,但是研究发现没有适用于每个蜂场固定的防治方法,养蜂人必须先了解自己蜂场的情况从而选择有效的治疗方法。

**关键词:**狄斯瓦螨;蜜蜂;化学防治;物理防治

蜜蜂,作为传粉昆虫在全球生态系统和粮食生产中起着至关重要的作用。大量的采集蜂突然离巢消失,留下蜂王和大量的幼蜂等死,这种现象称为“蜂群崩溃综合症”[Colony Collapse Disorder(CCD)]。狄斯瓦螨(*Varroa destructor*, 以下简称瓦螨),是一种蜜蜂体外寄生螨,是引起 CCD 的重要因素之一,在大多数国家都有报道,只有澳大利亚、非洲几个国家还有一些岛屿尚未见相关报道。瓦螨最初起源于东南亚,并在 20 世纪初从最初的宿主东方蜜蜂转移到意大利蜜蜂,后来蜜蜂的全球化贸易以及迁徙养蜂,最终导致这种寄生螨在全球迅速传播<sup>[1]</sup>。瓦螨对西方蜜蜂(意大利蜜蜂 *Apis mellifera*)危害最为严重<sup>[2]</sup>,不仅直接危害蜜蜂,还是传播蜜蜂病毒的载体,会减少成蜂的体重、寿命和对病原体的免疫力,如果没有适当的防治措施,蜂群会在 2~3 年内崩垮和死亡<sup>[3-5]</sup>。高度感染的弱小蜂群群体有助于瓦螨和病毒传播到更强壮、更健康的蜂群。蜂群数量的减少,会对生态和经济产生重要的负面影响,对野生植物多样性的维持、生态系统稳定性、作物生产、粮食安全,乃至人类福祉产生重大影响,因此防治瓦螨的方法也成为研究的热点,受到国内外广泛关注<sup>[6-7]</sup>。本文从瓦螨的生物学特性及危害、

化学防治、物理防治方面介绍了几种常用有效的防治瓦螨的方法,以期降低蜂群损失,提高蜜蜂的经济产能提供借鉴。

## 1 瓦螨的生物学特性及危害

### 1.1 形态

瓦螨表现出明显的性二型性,即雌雄两性。雌成螨呈扁椭圆体,背板和腹板高度硬化呈棕红色,体长 1.0~1.2 mm,体宽 1.6~1.8 mm,有研究表明在冬季瓦螨的体长、体宽和体比显著下降,可能是由于冬季蜜蜂活动量降低导致的瓦螨摄食和活动较低。有 4 对足,短而强劲,足末端有吸盘,吸附物体,能快速爬行。雄成螨体呈淡黄色梨形,主要在足和背板有微弱的硬化,雄成螨比雌成螨小,但是雄成螨的足体比雌成螨长<sup>[8]</sup>。

### 1.2 生活史

瓦螨的发育经历卵、若螨、成螨,雌成螨由卵到成螨需 6~9 d,雄成螨由卵到成螨需 6~7 d。瓦螨的生活史分为两个阶段:巢内繁殖和体外寄生。繁殖阶段开始于雌成螨进入一个未封盖的 5 日龄蜜蜂幼虫的巢房,待巢房封盖后产下 1 个未受精的卵,并与其雄性后代交配。雌成螨不需要交配产卵,因为它们具有无性生殖的单性生殖系统<sup>[9]</sup>。一般情况下在工蜂巢产生 0.70~1.45 个雌成螨后代,在雄蜂巢产生 1.6~2.5 个雌成螨后代。雄成螨和若虫只寄生在封盖幼虫细胞中,雌成螨寄生成年蜜蜂,待蜜蜂羽化出房时,会带走雌成螨,雄成螨和若虫脱离蜂体留在巢内直至死亡。雌成螨通过蜜蜂觅食或飞行活动进行

收稿日期:2021-11-26

基金项目:国家现代农业产业技术体系(蜜蜂)牡丹江综合试验站(CARS-44-SYZ5)。

作者简介:吕洋(1989—),女,硕士,助理研究员,从事蜜蜂病理研究。E-mail:89617974@qq.com。

传播,并且进入蜜蜂幼虫蜂巢中待幼虫封盖后进行产卵繁殖。在东方蜜蜂中,瓦螨只在雄蜂中繁殖,所以瓦螨种群数量增长被限制,在西方蜜蜂中,瓦螨在雄蜂和工蜂中表现出较高的侵染特性<sup>[10]</sup>。一般来说雄蜂更吸引瓦螨,一方面由于雄蜂幼虫频繁取食,增加了接触风险,另一方面雄蜂出房的时间较工蜂长,在这种条件下瓦螨繁殖量增加<sup>[7]</sup>,有研究表明瓦螨在雄蜂聚集区进行大量传播<sup>[11]</sup>,从而可以通过限制雄蜂来阻断或降低瓦螨的传播。

### 1.3 危害

瓦螨生长发育主要通过取食蜜蜂的脂肪体组织,这会使蜜蜂的脂肪和蛋白质合成明显减少从而体重减轻<sup>[12]</sup>。瓦螨寄生在成蜂身上越冬,它们用口器切开成蜂节间膜获取食物<sup>[7]</sup>。除了破坏蜜蜂的组织,它们还会作为媒介传播病毒,如蜜蜂残翅病毒[Deformed Wing Virus (DWV)],导致成年蜜蜂翅膀畸形,腹部缩短肿胀,行动乏力,还伴有复眼着色延迟等新特征,蜜蜂个体发育畸形率升高,体重显著下降,寿命显著减少<sup>[13]</sup>。还可能影响蜜蜂的一些生理功能,如能量代谢、氧化应激反应、氧化还原酶活性以及嗅觉系统<sup>[14]</sup>。

## 2 瓦螨的防治方法

### 2.1 瓦螨数量监测

春季瓦螨的种群数量呈指数增长达到最大,初夏随着蜂群产卵量的减少,瓦螨的种群数量减弱。秋季瓦螨数量的增加可能与瓦螨的迁移有关,所以在夏初的时候治螨效率最高<sup>[15-16]</sup>。

蜂群中对瓦螨数量进行监测的方法很多,可以用二氧化碳方法,即向蜂群施用二氧化碳气体,瓦螨会从蜜蜂身上掉落,但是此方法收集到的瓦螨死亡率高<sup>[17]</sup>。糖卷法(sugar shake, sugar roll)是在成年蜜蜂身上撒上糖粉,搅拌几分钟,然后摇动以清除和收集螨虫的方法,此方法可以去除77%~91%的瓦螨。但是此方法易受温度和湿度的影响<sup>[18]</sup>,可以用烘烤的大豆粉替代,是一种评价瓦螨发展数量的简单手段<sup>[19]</sup>。

建立瓦螨种群增长模型也可对瓦螨进行预报预测,Degrandi<sup>[20]</sup>建立的模型主要针对蜜蜂群体和螨虫种群的增长如何依赖于天气条件、季节性育雏模式以及工蜂和雄蜂细胞中的螨虫感染率来研究,Palmer<sup>[21]</sup>建立了巢内外蜂群数量互作微分

方程组从而确定蜂群瓦螨数量。因为澳洲是没有瓦螨寄生的地区,通过增加检测的覆盖范围和频率、放置哨兵蜂箱和使用粘板的方法,有效地监测瓦螨数量<sup>[22]</sup>。

### 2.2 化学防治

2.2.1 杀螨剂及抗药性 一项调查报告表明在蜂产品、蜜蜂及蜂箱中检测出120多种杀虫剂和代谢物的农药残留,其中超过一半数量为化学杀螨剂,几十年来养蜂人广泛使用的杀螨剂有蝇毒磷(coumaphos)、氟氰胺菊酯(Tau-fluvalinate)、氟氯苯菊酯(flumethrin)和双甲脒(amitraz),它们具有成本低、使用方便、活性强、杀螨效率高的特点<sup>[23]</sup>。

蝇毒磷[O, O-二乙基-O-(3-氯-4-甲基香豆素-7-基)硫代磷酸酯]是一种有机磷杀虫剂,通过抑制乙酰胆碱酯酶靶向胆碱传递信号,并在瓦螨的神经系统中形成大量的兴奋性神经传递<sup>[24]</sup>,虽然蝇毒磷对蜜蜂的影响微乎其微,但是诱发蜜蜂的氧化应激反应,从而可能影响蜜蜂健康并增加蜜蜂的死亡率<sup>[25]</sup>。双甲脒[N, N-双(2, 4-二甲基苯基氨基甲基)甲胺]是一种有机氮类杀螨剂,以章鱼胺和酪胺(G蛋白偶联受体)为靶点抑制单胺氧化酶的作用干扰宿主的神经调控系统<sup>[26-27]</sup>。双甲脒长期过量使用会损害蜜蜂的繁殖能力、减少蜂蜜产量,可能减少蜜蜂的学习记忆能力,以及味觉和嗅觉<sup>[28]</sup>。氟氰胺菊酯和氟氯苯菊酯都属于拟除虫菊酯类的杀螨剂,其作用于瓦螨的神经系统,通过改变电压门控钠通道的门控动力学(VGSC),推迟钠离子通道的关闭,使神经系统受到干扰和阻断,最终导致瓦螨瘫痪甚至死亡<sup>[29]</sup>。氟氰胺菊酯和氟氯苯菊酯的药效是持久的,当杀螨效果为94%~96%时移除药条之后还会继续上升<sup>[30]</sup>。Smodiš等<sup>[31]</sup>利用化学杀螨剂处理蜂群,发现在蜜蜂幼虫、蜜蜂头部以及蜂王浆中都有残留。El-Wahab等<sup>[32]</sup>比较双甲脒和氟氰胺菊酯防治蜂螨的施用方法(挂棉条、放纸板和直接喷施),结果发现利用纸板的方法(将药液浸泡5 min然后放在巢脾上端)的残留量最小。

然而过度依赖并长期使用化学杀螨剂不仅在蜂产品中残留而且会增加瓦螨的抗药性。表现为行为反应改变,穿透角质层的能力降低,靶点敏感性降低,解毒能力增强。减少细胞色素P450单

氧酶对蝇毒磷的激活是主要的抗性机制,可以通过抑制瓦螨中 P450 (CYP) 介导的激活来降低瓦螨抗性<sup>[33]</sup>。 $\beta$ -肾上腺素样章鱼胺受体 (Oct $\beta$ 2R) 中的两种氨基酸 (N87S 和 Y215H) 被替换与双甲脒抗性有关,可以利用 Carmen Sara Hernández Rodríguez 开发的高通量诊断分析方法<sup>[34]</sup>,识别携带突变基因的瓦螨拟除虫菊酯的抗性机制是 VGSC 基因突变导致通道蛋白中的氨基酸替换; González-Cabrera<sup>[35]</sup>发现氨基酸替代物 L925V (亮氨酸 925 转缬氨酸) 与耐药性密切相关, L925V 存在于缬氨酸处理后存活下来的螨中。目前高通量 TaqMan 分析基于 DNA 的检测方法用于突变检测和耐药性监测,成本低,速度快,能够测试质量差或者死亡的样品,如从蜂箱中收集或在常温储存数天的死螨。能够准确地对个体进行基因分型,确定使用杀螨剂治疗前是否有突变可能。

**2.2.2 有机酸** 甲酸熏蒸法是一种非常有效的化学处理方法,它不仅能杀死寄生在成蜂身上的螨,还能杀死封盖子脾里面的螨。并且甲酸是水溶性的,在蜂蜡中没有残留。使用甲酸处理对环境温度有一定要求,温度太低不能使甲酸蒸发的话反而会造成蜜蜂死亡。Steube 等<sup>[36]</sup>的研究发现,使用 85% 的甲酸处理效果最好,并且有效减少对环境温度的依赖。Beyer 等<sup>[37]</sup>调查表明在 8 月使用 85% 的甲酸能有效地减少蜂群死亡。Nassenheider Professional® (德国制造) 是一个甲酸分配器,放置在蜂巢框上面,温度范围为 8~35℃。装入 290 mL 60% 甲酸药效 57.0%±21.8%~72.7%±12.5%,并且对蜂群数量及蜂王死亡率影响不大,是用于控制温带地区夏季螨虫感染的一种可持续的、有效的解决方案<sup>[38-40]</sup>。液相色谱-质谱/质谱 (LCMS/MS) 蛋白质组学分析方法研究了甲酸对瓦螨的作用机制,甲酸引起瓦螨细胞蛋白质合成受损,伴随着蛋白质减少和氨基酸降解,表明蛋白质失衡。同时伴有氧化应激反应如线粒体细胞呼吸失调,以及细胞防御机制的增加,包括诱导热休克蛋白和解毒酶。了解甲酸对瓦螨作用的分子效应及解毒和防御信息不仅有助于适应和优化甲酸治疗,而且可以通过发现和开发新的细胞靶点,更好地控制瓦螨<sup>[41]</sup>。

草酸也被广泛地应用于防治蜂螨,在糖浆

(60%) 中添加 4.2% 的草酸,平均杀螨率可达 96.8%,杀螨率随着草酸浓度增加而增加<sup>[42]</sup>,草酸的施用导致蜜蜂的活动、护理行为和寿命显著减少,草酸处理的蜜蜂也表现出明显自我梳理和嗅觉调节反应<sup>[43]</sup>。喷施草酸可使蜜蜂幼虫的抗氧化酶活性发生变化,同时也有研究表明草酸对蜜蜂幼虫可能有害,所以可以在无子群中应用草酸治螨<sup>[44]</sup>。也有研究表明通过去除卵和幼虫或者给蜂王囚禁在王笼中结合草酸治疗瓦螨的死亡率显著上升<sup>[45]</sup>。

## 2.3 物理防治

**2.3.1 热处理** 雌成螨耐受温度 $\leq 32^{\circ}\text{C}$ , $>40^{\circ}\text{C}$ 可致命,然而蜜蜂幼虫的耐受温度比雌成螨高 2~3℃,所以热处理可以使蜂箱内的螨致死而封盖的蜜蜂幼虫不受影响,所以热处理方法应用越来越广泛。Goras 等<sup>[46]</sup>利用加热处理蜂箱温度范围在 42.3~46.5℃,随着加热时间的延长,螨的死亡率也持续上升,而在加热 120 min 时封盖子中发现有死亡的蜜蜂幼虫,但这种处理不会造成蜜蜂的过度死亡。Kablau 等<sup>[47-48]</sup>研究了热处理对蜂群的影响,研究发现温度控制在 41℃持续加热 2 h 有效杀死若螨,从而阻断螨的正常繁殖发育且不会影响雄蜂的繁育能力;43.7℃持续加热 2 h 杀螨效果最好,短时间热处理发育早期的蜜蜂幼虫,对蔗糖反应性显著降低并且延长了寿命。热处理方法可以作为化学杀螨剂的替代品,适用于小范围的蜂场。

**2.3.2 天然精油防治** 根据欧洲药典委员会 (The Commission of the European Pharmacopoeia) 的规定,天然精油 (essential oils, EOs) 通常是带有复杂成分的有气味的产物,通过从植物原料中经过提取蒸馏、干馏或机械作用提取出来的。EOs 具有亲脂性,可能含有 100 多种不同的植物次级代谢产物,如萜类和苯丙烷类、单萜类、倍半萜类、醛类、醇类等。EOs 防治蜂螨具有高效、环保的特点,是化学杀螨剂的替代品。EOs 大多数来自唇形科植物,其含有丰富的芳香油,是防治蜂螨的主要活性物质,如薰衣草、百里香、牛至草、鼠尾草等<sup>[49-51]</sup>。不同精油在不同季节效果也不同,如百里香酚油在冬季使用效果最好,而肉桂油在夏季效果最好,同种精油浓度不同效果也不同,如 15% 的百里香精油比 30% 的杀螨效果

好,30%的茴香油比15%的效果好,所以需根据不同时期选择相应效果好的精油防治<sup>[52]</sup>。但部分研究表明天然精油同样也会对蜜蜂产生副作用,当蜜蜂暴露在高浓度的精油中时会出现中毒症状(翻滚扭动、抽搐痉挛、张开口器死亡等),但是其毒性远远低于使用化学合成杀螨剂对蜜蜂的影响<sup>[53]</sup>。所以要选择对蜜蜂影响最小且杀螨率较高的精油。还可以通过配比精油中成分选择最佳杀螨物质,研究表明百里酚(Thymol)和水芹烯(Phellandrene)混合对螨虫具有高度选择性<sup>[54]</sup>。

2.3.3 RNA 干扰及氯化锂防治 RNA 干扰(RNA interference, RNAi)是将 mRNA 组成的双链 RNA(dsRNA)导入细胞,可以使 mRNA 发生特异性的降解,导致相应的基因沉默现象。RNAi 技术可以特异性剔除或关闭特定基因的表达。这一技术也在防治瓦螨中应用,Campbell 等<sup>[55]</sup>使用 mu 型谷胱甘肽 S-转移酶(VdGST-mu1)作为候选基因研究了双链 RNA 干扰(dsRNAi)基因敲除瓦螨的可行性,结果发现针对这种体积小的生物体,浸泡在 dsRNA 溶液是最简单廉价、相对高通量的基因沉默的方法。Huang 等<sup>[56]</sup>通过 RNA 干扰,发现了两个对瓦螨生存至关重要的基因(*Da* 和 *Pros26S*)和 4 个对瓦螨繁殖至关重要的基因(*RpL8*, *RpL11*, *RpP0* 和 *RpS*)。这些基因有望成为未来控制瓦螨的可能靶基因。基因沉默在无脊椎动物寄主和寄生物之间转移,Garbian 等<sup>[57]</sup>给感染瓦螨的蜜蜂喂食 dsRNA 发现摄入瓦螨基因序列 dsRNA 的蜜蜂成为 dsRNA 载体,将信号传输给瓦螨,从而导致瓦螨基因沉默并导致瓦螨死亡,但是最近的研究中,Bettina 等<sup>[58]</sup>发现利用 RNA 干扰技术防治瓦螨真正起作用的可能为其他活性物质。氯化锂(LiCl)常用于沉淀 RNA,参与 dsRNA 生产合成,研究发现喂食洗脱掉氯化锂的 dsRNA,防治瓦螨效果明显降低。在相关研究中提到,喂食蜜蜂氯化锂糖浆的方式进行杀螨<sup>[59-60]</sup>,因为氯化锂没有限量(MRL),尽管在蜂产品中检测出的锂均低于定量限,成蜂也能代谢掉锂,但是长期喂食蜜蜂氯化锂糖浆可能在蜂产品中积累,也可能对蜜蜂产生危害,有研究表明通过氯化锂直接接触瓦螨的方式也能杀螨,这种方法可以减少氯化锂对蜂产品及蜜蜂的污染危害<sup>[61]</sup>。

### 3 展望

关于防控瓦螨的方法还有许多,如利用生物防治技术防控瓦螨,剑毛帕厉螨(*Stratiolaelaps scimitus*)是一种捕食性螨类,有研究表明剑毛帕厉螨捕食瓦螨并且对蜜蜂伤害不大,但是当瓦螨附着在蜜蜂身上时,剑毛帕厉螨不会攻击它们,表现出控制瓦螨的局限性<sup>[62]</sup>。昆虫病原菌中的真菌病原体表现出对瓦螨极高的致病潜力,如绿僵菌(*Metarhizium anisopliae*)、白僵菌(*Beauveria bassiana*),以及汤姆森多毛菌(*Hirsutella thompsonii* Fisher)等,并且对蜜蜂影响不大,是值得开发利用的绿色生物技术产品,未来的研究可以关注分生孢子平衡的浓度及应用方法方面<sup>[63-65]</sup>。从瓦螨分离出来的细菌变种的赖氨酸芽孢杆菌(*Lysinibacillus* sp.)具有治螨效果,且有很好的应用前景<sup>[66]</sup>。雄蜂诱捕法已被证明能有效地降低螨虫水平高达 50.3%~93.4%,但是也存在缺点,如劳动工作密集,雄蜂的损失,或者未能及时移除雄蜂框导致瓦螨数量上升等<sup>[67]</sup>。杀螨产品除了化学合成杀螨剂(硬性杀螨剂)外还有软杀螨剂,VarroMed<sup>®</sup> 是一种基于有机酸的杀螨剂,2017 年在欧盟市场上注册,其杀螨效率为夏季/秋季为 71.2%~89.3%,冬季为 71.8%~95.6%<sup>[68]</sup>。

防治瓦螨的方法不是单一的,瓦螨需要进行持续性的综合治理。害虫综合治理(Integrated Pest Management, IPM)是一种基于生态的可持续虫害管理方法,依靠多种控制策略的结合最大限度地减少环境影响。由于非生物因素(位置、温度、湿度、季节等)或生物因素(螨虫抗性、蜜蜂群体大小、群体对处理的敏感性等),防治瓦螨的效果可能会有所不同。因此,不会有固定的防治瓦螨的方法适用于每个养蜂人,所以养蜂人必须先了解自己蜂场的情况选择有效的治疗方法。尽管如此,Cameron 等<sup>[69]</sup>还是创建了一个治疗方法表,用来帮助养蜂人根据自己的情况选择最佳治疗方法。

#### 参考文献:

- [1] OWEN R. Role of human action in the spread of honey bee (Hymenoptera: Apidae) pathogens[J]. Economic Entomology, 2017, 110: 797-801.
- [2] NEUMANN P, CARRECK N L. Honey bee colony losses [J]. Apicultural Research, 2010, 49: 1-6.

- [3] GUZMAN-NOVOA E, ECCLES L, CALVETE Y, et al. *Varroa destructor* is the main culprit for the death and reduced populations of overwintered honey bee (*Apis mellifera*) colonies in Ontario, Canada[J]. *Apidologie*, 2010, 41: 443-450.
- [4] DI PRISCO G, PENNACCHIO F, CAPRIO E, et al. *Varroa destructor* is an effective vector of Israeli acute paralysis virus in the honeybee, *Apis mellifera* [J]. *General Virology*, 2011, 92: 151-155.
- [5] GISDER S, AUMEIER P, GENERSCH E. Deformed wing virus: Replication and viral load in mites (*Varroa destructor*) [J]. *General Virology*, 2009, 90: 463-467.
- [6] ROSENKRANZ P, AUMEIER P, ZIEGELMANN B. Biology and control of *Varroa destructor* [J]. *Invertebrate Pathology*, 2010, 103: S96-S119.
- [7] BOECKING O, GENERSCH E. Varroosis-the ongoing crisis in bee keeping[J]. *Consumer Protection and Food Safety*, 2008, 3: 221-228.
- [8] HOSSAM F, ABOU-SHAARA. Using safe materials to control Varroa mites with studying grooming behavior of honey bees and morphology of Varroa over winter[J]. *Agricultural Science*, 2017, 62(2): 205-210.
- [9] HÄUBERMANN C K, GIACOBINO A, MUNZ R, et al. Reproductive parameters of female *Varroa destructor* and the impact of mating in worker brood of *Apis mellifera* [J]. *Apidologie*, 2020, 51: 342-355.
- [10] DIETEMANN V, PFLUGFELDER J, ANDERSON D, et al. *Varroa destructor*: Research avenues towards sustainable control [J]. *Apicultural Research*, 2012, 51(1): 125-132.
- [11] ASHLEY N, MORTENSEN, CAMERON J, et al. The discovery of *Varroa destructor* on drone honey bees, *Apis mellifera*, at drone congregation areas [J]. *Parasitology Research*, 2018, 117(10): 3337-3339.
- [12] RAMSEY S D, OCHOA R, BAUCHAN G, et al. *Varroa destructor* feeds primarily on honey bee fat body tissue and not hemolymph [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2019, 116(5): 1792-1801.
- [13] 李文峰, 韩日畴. 狄斯瓦螨寄生对西方蜜蜂发育的影响 [J]. *应用昆虫学报*, 2020, 57(5): 1093-1103.
- [14] SŁOWIŃSKA M, NYNCA J, BĄK B, et al. 2D-DIGE proteomic analysis reveals changes in haemolymph proteome of 1-day-old honey bee (*Apis mellifera*) workers in response to infection with *Varroa destructor* mites [J]. *Apidologie*, 2019, 50: 632-656.
- [15] ADJLANE N, BENAZIZA D, HADDAD N. Population dynamic of *Varroa destructor* in the local honey bee *Apis mellifera* Intermissa in Algeria [J]. *Bulletin of Pure & Applied Sciences- Zoology*, 2015, 34(1-2): 25-37.
- [16] GLORIA D H, FABIANA A, VICTOR Z, et al. Population growth of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) in honey bee colonies is affected by the number of foragers with mites [J]. *Experimental & Applied Acarology*, 2016, 69: 21-34.
- [17] OLIVER R. A test of using CO<sub>2</sub> for bee-friendly mite monitoring [J]. *American Bee Journal*, 2017, 157(4): 411-416.
- [18] ALIANO N P, ELLIS M D. A strategy for using powdered sugar to reduce varroa populations in honey bee colonies [J]. *Apicultural Research*, 2005, 44: 54-57.
- [19] HORIGANE OGIHARA M, STOIC M, MORIMOTO N, et al. A convenient method for detection of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) using roasted soybean flour [J]. *Applied Entomology and Zoology*, 2020, 55: 1-5.
- [20] DEGRANDI-HOFFMAN G, CURRY R. A mathematical model of Varroa mite (*Varroa destructor* Anderson and Trueman) and honeybee (*Apis mellifera* L.) population dynamics [J]. *Acarology*, 2009, 30(3): 259-273.
- [21] PALMER K. Honeya bee and *Varroa destructor* population dynamics [D]. Dakota: University of South Dakota, 2020.
- [22] OWEN R, STEVENSON M, SCHEERLINCK J. *Varroa destructor* detection in non-endemic area [J]. *Apidologie*, 2021, 52(2): 1-15.
- [23] MULLIN C A, FRAZIER M, FRAZIER J L, et al. High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: Implications for honey bee health [J]. *PLoS One*, 2010, 5(3): e9754.
- [24] BLANKA P B, KATARINA B, TOMAŽ S, et al. Coumaphos residues in honey, bee brood, and beeswax after varroa treatment [J]. *Apidologie*, 2017, 48: 588-598.
- [25] ZIKIC B, ALEKSIC N, RISTANIC M, et al. Anti-Varroa efficiency of coumaphos and its influence on oxidative stress and survival of honey bees [J]. *Acta Veterinaria-Beograd*, 2020, 70(3): 355-373.
- [26] JONSSON N N, KLAFKE G, CORLEY S W, et al. Molecular biology of amitraz resistance in cattle ticks of the genus *Rhipicephalus* [J]. *Frontiers in Bioscience*, 2018, 23(2): 796-810.
- [27] HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ C S, MORENO-MARTÍ S, ALMECIJA G, et al. Resistance to amitraz in the parasitic honey bee mite *Varroa destructor* is associated with mutations in the  $\beta$  adrenergic like octopamine receptor [J/OL]. *Pest Science*, 2021. [2021-11-10]. <https://doi.org/10.1007/s10340-021-0147-3>.
- [28] ILYASOV R A, LIM S, LYEOL M L, et al. Effect of miticides amitraz and fluvalinate on reproduction and productivity of honey bee *Apis mellifera* [J]. *Biology*, 2021, 21(1): 21-30.
- [29] SODERLUND D M, BLOOMQUIST J R. Neurotoxic actions of pyrethroid insecticides [J]. *Entomology*, 1989,

- 34:77-96.
- [30] GREGORC A, SMODI M I. Combating *Varroa destructor* in honeybee colonies using flumethrin or fluvalinate[J]. Acta Veterinaria Brno, 2007, 76: 309-314.
- [31] SMODIŠ Š M I, KMECL V, GREGORC A. Exposure to pesticides at sublethal level and their distribution within a honey bee (*Apis mellifera*) colony[J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2010, 85: 125-128.
- [32] EL-WAHAB T A, SHALABY S, AL-KAHTANI S N, et al. Mode of application of acaricides against the ectoparasitic mite (*Varroa destructor*) infesting honeybee colonies, determines their efficiencies and residues in honey and beeswax[J]. King Saud University, 2021, 33(1): 1-6.
- [33] SPYRIDON V, KONSTANTINOS M, WANNES D. Reduced proinsecticide activation by cytochrome P450 confers coumaphos resistance in the major bee parasite *Varroa destructor*[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2021, 118(6): 1-7.
- [34] RINKEVICH F D, DU Y Z, DONG K. Diversity and convergence of sodium channel mutations involved in resistance to pyrethroids[J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2013, 106: 93-100.
- [35] GONZÁLEZ-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.
- [36] STEUBE X, BEINERT P, KICHNER W H. Efficacy and temperature dependence of 60% and 85% formic acid treatment against *Varroa destructor* [J]. Apidologie, 2021, 52: 720-729.
- [37] BEYER M, JUNK J, EICKERMANN M, et al. Winter honey bee colony losses, *Varroa destructor* control strategies, and the role of weather conditions; Results from a survey among beekeepers[J]. Veterinary Research, 2018, 118: 52-60.
- [38] MARCO P, GIOVANNI F. Acaricide efficacy and honey bee toxicity of three new formic acid-based products to control *Varroa destructor* [J]. Apicultural Research, 2019, 58(5): 824-830.
- [39] MARCO P, GIOVANNI F. Liquid formic acid 60% to control varroa mites (*Varroa destructor*) in honey bee colonies (*Apis mellifera*); Protocol evaluation[J]. Apicultural Research, 2018, 57(2): 300-307.
- [40] RICCARDO C, SARA D, ROBERTA G. Treatment based on formic acid for *Varroa destructor* control with two different evaporators; Efficacy and tolerability comparison [J]. Apicultural Research, 2021: 1-8.
- [41] ANTONIA G, HANNES P, MARTIN B. Influence of formic acid treatment on the proteome of the ectoparasite *Varroa destructor* [J]. PLoS One, 2021, 16(10): e0258845.
- [42] NANETTI A, BÜCHLER R, CHARRIERE J-D, et al. Oxalic acid treatments for varroa control (review) [J]. Apiacta, 2003, 38: 81-87.
- [43] CHNEIDER S, EISENHARDT D, RADEMACHER E. Sublethal effects of oxalic acid on *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae): Changes in Behaviour and Longevity [J]. Apidologie, 43(2): 218-225.
- [44] LUCIA S, ANNA S, MARTIN S, et al. Toxicity of oxalic acid and impact on some antioxidant enzymes on in vitro-reared honeybee larvae [J]. Environmental Science and Pollution Research, 2019, 26(19): 19763-19769.
- [45] ALEŠ G, MOHAMED A, CHRIS W. 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: 821-832.
- [46] GORAS G, TANANAKIA G. Hyperthermia a non-chemical control strategy against varroa [J]. Hellenic Veterinary Medical Society, 2015, 66(4): 249-256.
- [47] KABLAU A, STEFAN B E R G, STEPHAN H, et al. Hyperthermia treatment can kill immature and adult *Varroa destructor* mites without reducing drone fertility [J]. Apidologie, 2019, 51(1): 307-315.
- [48] KABLAU A, STEFAN B E R G, RUTSCHMANN B, et al. Short-term hyperthermia at larval age reduces sucrose responsiveness of adult honeybees and can increase life span [J]. Apidologie, 2020, 51: 570-582.
- [49] NATALIA D, GENDE LIESEL B, PEDRO B, et al. Acaricidal and insecticidal activity of essential oils on *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) [J]. Parasitology Research, 2009, 106(1): 145-152.
- [50] RAMZI H, ISMAILI M R, ABERCHANE M, et al. Chemical characterization and acaricidal activity of *Thymus satyroides* C. & B. and *Origanum elongatum* E. & M. (Lamiaceae) essential oils against *Varroa destructor* Anderson & Trueman (Acari: Varroidae) [J]. Industrial Crops and Products, 2017, 108: 201-207.
- [51] BENDIFALLAH L, BELGUENDOUZ R, HAMOUDI L, et al. Biological activity of the *Salvia officinalis* L. (Lamiaceae) essential oil on varroa destructor infested honeybees [J]. Plants, 2018, 7: 44.
- [52] EL-HADY A M, NOWAR E E, EL-SHEIKH M F. Evaluation of some essential oils for controlling varroa mites and their effects on brood rearing activity in honey bee colonies [J]. Plant Protection and Pathology, 2015, 6(1): 235-243.
- [53] LINA Z, SUC X, WANG B S, et al. Fumigant toxicity of eleven Chinese herbal essential oils against an ectoparasitic mite (*Varroa destructor*) of the honey bee (*Apis mellifera*) [J]. Apicultural Research, 2020, 59(2): 204-210.
- [54] CONSTANZA B, LIESEL G, PEDRO N. Assessing In

- vitro acaricidal effect and joint action of a binary mixture between essential oil compounds (thymol, phellandrene, eucalyptol, cinnamaldehyde, myrcene, carvacrol) over ectoparasitic mite *varroa destructor* (Acari: Varroidae) [J]. Apicultural Science, 2017, 61(2): 203-215.
- [55] CAMPBELL E M, BUDGE G E, BOWMAN A S. Gene-knockdown in the honey bee mite *Varroa destructor* by a non-invasive approach: Studies on a glutathione S-transferase [J]. Parasites & Vectors, 2010, 3: 73-82.
- [56] HUANG Z Y, GUOWU B, XI Z Y, et al. Genes important for survival or reproduction in *Varroa destructor* identified by RNAi [J]. Insect Science, 2019, 26(1): 68-75.
- [57] GARBAN Y, MAORI E, KALEV H, et al. Bidirectional transfer of RNAi between honey bee and *Varroa destructor*: Varroa gene silencing reduces varroa population [J]. PLoS Pathogens, 2012, 8(12): e1003035.
- [58] BETTINA Z, ELISABETH A, STEFAN H, et al. Lithium chloride effectively kills the honey bee parasite *Varroa destructor* by a systemic mode of action [J]. Scientific Reports, 2018, 8(1): 683.
- [59] ÉVA K, SAJTOS Z, MÁTYÁS K K, et al. Changes in lithium levels in bees and their products following anti-varroa Treatment [J]. Insects, 2021, 12(7): 579.
- [60] PREŠERN J, KUR U, BUBNIČ J, et al. Lithium contamination of honeybee products and its accumulation in brood as a consequence of anti-varroa treatment [J]. Food Chemistry, 2020, 330: 127334.
- [61] KOLICS E, MÁTYÁS K, TALLER J, et al. Contact effect contribution to the high efficiency of lithium chloride against the mite parasite of the honey bee [J]. Insects, 2020, 11(6): 333.
- [62] RONDEAU S, GIOVENAZZO P, FOURNIER V. Risk assessment and predation potential of *Stratiolaelaps scimitus* (Acari: Laelapidae) to control *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) in honey bees [J]. PLoS One, 2018, 13(12): e0208812.
- [63] PEDRO G F, CÁNDIDO S A, ENRIQUE Q M. 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: 662-673.
- [64] ALEV H U, OZLEM A G, AYSEGUL Y, et al. Isolation and identification of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* from turkey [J]. Fresenius Environmental Bulletin, 2016, 25(22): 5180-5185.
- [65] ALICE S, ERNESTO G N. Evaluation of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* GHA and *Metarhizium anisopliae* UAMH 9198 alone or in combination with thymol for the control of *Varroa destructor* in honey bee (*Apis mellifera*) colonies [J]. Apicultural Research 2018, 57: 308-316.
- [66] MEHTAP U. Isolation and determination of bacterial microbiota of *Varroa destructor* and isolation of *Lysinibacillus* sp. from it [J]. Biology Pest Control, 2021, 31: 136.
- [67] WANTUC H, H A, DAVIAD R T. Removal of drone brood from *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) colonies to control *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) and retain adult drones [J]. Journal of Economic Entomology, 2009, 102: 2033-2040.
- [68] MAJA I S S, JORGE R G, IVANA T G. Efficacy and toxicity of Varro Med® used for controlling *Varroa destructor* infestation in different seasons and geographical Areas [J]. Applied Sciences 2021, 11(18): 8564.
- [69] CAMERON J J, JAMES D E. Integrated pest management control of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae), the most damaging pest of *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) colonies [J]. Insect Science, 2021, 21(5): 1-32.

## Research Progress on Control of *Varroa destructor*

LYU Yang

(Institute of Mudanjiang, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Mudanjiang 157000, China)

**Abstract:** *Varroa destructor* is recognized as a destructive parasite of bee colonies all over the world. *Varroa destructor* parasitizes on the surface of bees, spreads virus and feeds on honey bee fat body tissue. It is one of the important factors causing “colony collapse disorder (CCD)”, especially threat to the survival of western honeybee (*Apis mellifera*) populations. In order to fully understand varroa mite and its harm to bees, the increase of varroa mite resistance to acaricides and the decrease of economic treatment threshold, so as to reduce the global bee colony loss, maintain the stability of ecosystem and improve the economic production capacity of bees. This paper mainly summarized several common and effective control methods of varroa mites in recent years, mainly from the aspects of biological characteristics and harm, chemical control and physical control, and then summarizes that there was no fixed control method suitable for each apiary. Therefore, beekeepers must first understand the situation of their apiaries, so as to choose effective treatment methods.

**Keywords:** *Varroa destructor*; honeybee; chemical control; physical control