



浙江大学生命科学学院教授

方卫国:“以菌治蚊”实现环境友好型蚊媒控制

可释放挥发性物质吸引健康昆虫,从而实现孢子的主动传播。进一步研究发现,这种吸引作用主要是由新型蚊虫引诱剂长叶烯介导的。

为了从根本上阐明长叶烯的引诱机制,研究团队深入研究了昆虫的嗅觉系统。通过基因敲除、电生理记录等实验,他们成功鉴定出在果蝇中,Or43b 和 Or74a 两个嗅觉受体是感知长叶烯的关键。更重要的是,研究发现蚊虫体内存在果蝇 Or43b 的同源受体,当该受体基因被沉默后,长叶烯和僵虫对蚊虫的吸引力消失。

基于这一发现,研究团队利用基因工程技术,将松树中合成长叶烯的关键基因导入对蚊虫高致病力的平沙绿僵菌中,成功构建了工程菌株 Mp-Tps。该菌株可在廉价的 BRH(米糠、稻谷、谷壳)培养基上大量产孢,并持续释放长叶烯,兼具“诱饵”与

“杀虫剂”双重功能。

为解决孢子户外释放难题,团队还研发了一款低成本、免电源的孢子释放装置。该装置的核心是诱杀模块,其中装载的 Mp-Tps 培养物可持续释放长叶烯,有效吸引野外雄蚊和雌蚊主动接触。当蚊虫落在培养物表面探索或停留时,其体表会沾染大量真菌孢子,进而被孢子感染死亡,实现了从“被动沾染”到“主动诱杀”的技术跨越。

经过系统的实验验证,Mp-Tps 及其释放装置在不同层级的环境中均展现出卓越的蚊虫防控效果,形成了一套从生产到应用、从实验室到户外的完整解决方案。

首先,团队成功开发了配套的液态-固态双相产孢技术。该技术以廉价的 BRH(米糠、稻谷、谷壳)培养基为基础培养 Mp-Tps,实现了孢子的就地生产与长期使用。由此制备的

真菌培养物可在室温下稳定储存,为大规模、低成本的户内外推广应用奠定了坚实的产业基础。

在室内半现场试验中,Mp-Tps 在竞争环境下证明了其强大的吸引力。即便在存在人体气味或诱蚊植物的复杂环境中,Mp-Tps 对野外捕捉的白纹伊蚊的接种率仍超过 90%,并最终引起超过 80%的死亡率。此外,在室外半现场试验中,Mp-Tps 展现了广谱且高效的诱杀潜力。

方卫国表示,Mp-Tps 虽然在室内半现场环境中表现出色,但从科研成果迈向大规模实地应用仍面临挑战。在真实、开放的自然环境中,受极端天气、复杂地貌等因素的综合影响,仍需通过更广泛的野外试验来确认。此外,工程菌株的环境行为、释放装置在不同社区中的适用性以及规模化生产的成本效益,也是未来推广中需要综合考量的因素。

登革热和疟疾等蚊媒传染病仍是全球重大公共卫生挑战,尤其在热带和亚热带地区,户外蚊虫叮咬是疾病传播的重要环节。传统的化学杀虫剂因蚊虫抗药性增强、环境污染等问题,防控效果受限。因此,开发绿色、高效、可持续的户外蚊虫控制技术成为当务之急。

为此,浙江大学生命科学学院方卫国教授团队联合国内外科研单位研发了一种基于真菌的户外蚊虫诱杀技术,旨在通过“以菌治蚊”实现环境友好型蚊媒控制。

研究人员从自然界中广泛存在的昆虫病原真菌——绿僵菌入手,发现其在感染并杀死昆虫后,形成的僵虫

重庆大学生命科学学院教授

彭国雄:户外杀蚊,真菌农药“显威力”

的其他虫态(成虫、卵、蛹)没有控制作用。同时,细菌杀蚊产品在环境中的持续使用,存在蚊虫产生抗性的风险,限制其应用范围。

因此,处理所有户外滋生的成蚊极具挑战性,是完全不可能的任务。有研究者采用黑蚊帐法,在黑色棉布上诱杀成蚊,能有效提高室内灭蚊效果,但不适用于户外广泛使用,也不能用于非成虫阶段(幼虫、卵、蛹)的蚊虫防控。

昆虫病原真菌可为控制蚊虫提供一种环境友好的化学品替代品。虽然国内外杀虫真菌农药已广泛用于防治多种农林害虫,但是缺乏户外使用的高效杀蚊真菌农药,主要原因是缺乏高效的杀蚊菌株和适合户外大面积应用的剂型。

为此,研究团队开展了优良杀蚊真菌菌株选育及其固体发酵研究、高

效杀蚊真菌制剂研制及其毒理学与环境安全性测试、杀蚊真菌制剂室内测试及户外杀蚊应用技术研究。

最终,研究团队筛选出 3 株对媒介蚊虫(成虫、幼虫、蛹、卵)具有高效侵染活性的杀虫真菌菌株(Ma421、MpS10、Ma1630)。经过固体发酵优化后,Ma1630 和 MpS10 的分生孢子产量分别提高了 373.0% 和 50.2%,达到 35.0×10^8 个分生孢子/克基质和 29.8×10^8 个分生孢子/克基质。随后,在 5 批次小试生产中,Ma1630 和 MpS10 的平均孢子产量达到 30×10^8 个分生孢子/克基质,满足工业化生产要求。

在筛选出成蚊引诱剂的基础上,研究团队还开发出 Ma421 杀蚊可分散油悬浮剂,该制剂对成蚊(中华按蚊、白纹伊蚊、致倦库蚊)的吸引率达 45%~55%。半田间防效试验表明,其防治效果达 90% 以上,较不含引诱剂的

Ma421 可分散油悬浮剂对照组提升 30% 以上,能有效克服蚊虫发生区环境复杂导致的施药覆盖不足问题。

“该制剂动物毒性为低毒,对环境生物安全,且连续 3 年的户外大面积(2000 亩)应用显示,其防效达 65%~85%,且能持续控制蚊虫种群数量。”彭国雄坦言,该研究也存在一定局限,比如试验场景较为单一,未在非洲开展防治试验,无法全面评估户外防治效果,杀蚊制剂对幼虫的防治效果有限。

研究团队表示,未来将扩大杀蚊制剂的防治范围以验证效果,增加不同应用场景的技术研究,提升制剂适用性,研发可同时高效防治室外成蚊与幼虫的新型杀蚊真菌农药剂型,进一步提升室外蚊虫防治效果。同时,计划在非洲开展户外防蚊试验,推进国内外农药登记工作,推动研究成果的落地应用。

疟疾是世界上最常见的寄生虫病。疟疾主要通过媒介按蚊叮咬传播给人类。消除传播媒介,特别是户外滋生地虫源,切断疟疾原虫的传播途径,成为治理疟疾的关键措施。

化学杀虫剂的长期大量使用,造成环境污染,并危害人类健康,同时使蚊虫抗药性广泛产生。这导致一些地区暴发了许多与蚊虫有关的疾病,严重威胁蚊媒传染病的控制前景。

“采用病原微生物控制疟疾媒介蚊虫替代或减少化学杀虫剂成为重要的疟疾防控策略。”重庆大学教授彭国雄表示,目前细菌杀蚊产品已商业化,但只能用于控制幼蚊,对蚊虫

