



中山大学中山医学院副教授

## 张东京:用“核辐射”为斯氏按蚊做绝育

授张东京说。

彼时,国内外针对斯氏按蚊的 SIT 研究几乎空白。

为此,张东京联合国际原子能机构、苏丹国家研究中心热带医学研究所和巴基斯坦阿卜杜勒·瓦利汗大学启动项目,计划通过实验室和半野外试验测试 SIT 控制斯氏按蚊的可行性和安全性,为非洲和亚洲国家的现场应用提供科学依据和技术支撑。

通过采集,研究者在实验室建立了两株斯氏按蚊蚊株,并通过形态学和分子鉴定为 *mysorensis* 和 *type* 亚型。进一步研究发现, *mysorensis* 蚊株的产卵量和卵孵化率均比以往报道数据低,因此,研究团队采取优化幼虫饲料配方,通过添加维生素,在 F3 代使得雌蚊产卵数量提升了 35.7%。

有了稳定的蚊群,研究团队开始优化 SIT 的辐照绝育和雌雄分离环节。在诱导雄蚊绝育时,发现辐照源(伽马射

线和 X 射线)并不影响绝育效果,95Gy 照射能让雄蚊不育率达 99%以上,且蛹期和成虫期辐射效果没差别。

值得注意的是,不管是在实验室还是半野外环境,5~6 日龄的绝育雄蚊比 3~4 日龄具有更高的竞争交配力。研究团队进一步发现,给绝育雄蚊喂 2.5% 蜂王浆 +10%糖水,相比单纯饲喂 10%糖水,前者能够延长其寿命,并提升交配竞争力。

雌雄分离则结合“冷涡流”(蛹和幼虫在水中浮力不同,蛹往上漂)和“毒血餐”(羊血 + 溴氰菊酯 + PBO),最终使雌蚊死亡率达 90%,而雄蚊不吸血能继续存活,且其飞行能力和交配能力不受影响。

“技术好用还得安全。”张东京表示,他们还专门测试了辐照后的雌蚊是否更易传播疟疾。通过给 95Gy 辐照后的雌蚊喂含伯氏疟原虫的血餐,分别对比卵囊和孢子数量,结果发现和正常雌蚊没差别,这意味着即使有少量雌蚊意外释

放,也不会增加传播疟原虫的风险。

值得注意的是,辐照后的雌蚊完全无法产卵,且寿命会显著下降,进一步增加技术的安全性。

此外,研究团队还发现过量的伊蚊雄蚊会骚扰同种雌蚊,从而降低它们的吸血成功率和寿命,并且发现白纹伊蚊雄蚊会跨界骚扰斯氏按蚊雌蚊,以此提出防控的新思路。

张东京坦言,该研究也存在“待补的短板”。如目前雌雄分离率还达不到 100%,少量残留雌蚊可能影响压制效果;研究多在实验室和半野外开展,没经过自然环境的检验;大规模生产时,饲料、设备运维成本还比较高,性价比需进一步优化。

“未来,我们将探索基因编辑等更精准的雌雄分离方法,争取实现‘零雌蚊’释放,并结合‘种间交配干扰’,构建综合防控体系,助力全球城市疟疾防控。”张东京说。

疟疾至今仍是全球公共卫生的“心腹之患”。过去,疟疾多在非洲农村传播,以冈比亚按蚊为主要传播媒介。

但一种名为斯氏按蚊的蚊子正打破这一格局,被世界卫生组织列为非洲疟疾消除的重大挑战。

传统蚊媒控制主要靠化学杀虫剂,但药浸蚊帐和室内滞留喷洒对防控户外活动斯氏按蚊效果有限,且长期滥用误用已导致蚊子抗药性,还会污染环境、威胁人体健康。

“昆虫不育技术(SIT)通过释放辐照绝育的雄蚊,让其与野生雌蚊交配产生不育后代,从而减少蚊群数量,不仅对物种针对性强,还对环境友好,已成功消灭多种农业害虫。”中山大学副教



中国科学院分子植物科学卓越创新中心研究员

## 王四宝:蚊子肠道亦是消灭疟原虫的“战场”

那么,肠道菌如何影响和塑造蚊子对疟原虫的易感性和传播能力?蚊子体内是否存在能有效阻断疟原虫感染和传播的天然共生菌?哪些微生物能够更有效地抑制疟原虫?

从 2013 年以来,我们研究团队便在包括云南省在内的多个疟疾高发地区开展野外蚊子采集工作,分离并比较蚊子肠道菌群,进而研究其功能和机制。我们成功发现了多株具有天然抗疟活性的蚊子肠道共生菌,并深入解析了这些肠道菌的抗疟机制,最终发展出了一种利用蚊子肠道共生菌阻止疟原虫感染和传播的新策略。

在此前的研究中,我们与中国疾病预防控制中心寄生虫病预防控制所合作,通过分析不同地区过往疟疾病例数据,发现了一个有趣的现象:有些地区尽管存在大量输入性疟疾病例,

但本地的疟疾几乎不会发生流行,即本地感染疟疾病例数显著低于输入性疟疾病例数,不存在相关性。我们推测,可能是这些地区的蚊子“与众不同”,使得蚊子的疟疾传播效率较低。

为解答这个现象,我们奔赴疟疾病例出现不同趋势的代表性地区,包括江苏、辽宁和云南等地,采集当地数千只蚊子带回实验室,通过给蚊子喂食感染疟原虫的血液样本,比较不同地区蚊子对疟原虫的易感性,最终发现云南腾冲地区的蚊子对疟原虫表现出了较低的易感性,即该地区的媒介按蚊具有较高的抗疟能力。

经过大量的研究测试,我们在腾冲地区的蚊子体内分离出多株益生菌,它们能够高效地阻断蚊子体内疟原虫的感染和传播。其中一株细菌通过释放的胞外囊泡递送抗疟效应蛋白——脂肪

酶,经疟原虫磷脂酰胆碱清除途径精准靶向杀死疟原虫;另一株肠道益生菌则通过激活蚊子体内的天然免疫系统,间接抑制疟原虫的感染。

进一步的实验表明,携带这种共生菌的雄性蚊子可以通过交配将细菌水平传播给雌蚊,而雌蚊则能通过产卵将这种细菌垂直传播给后代。这一发现为我们提供了新的思路:如果能够在疟疾高风险地区的蚊子种群中有效引入这种蚊子共生菌,我们便能够在源头上抑制疟原虫的传播,从而有效防止蚊子叮咬传播疟疾,最终通过“治疗”蚊子消除疟疾这一困扰人类数千年的顽疾。

未来,我们仍需要持续创新,不断为户外蚊媒控制提供绿色安全、可持续且能大规模应用的新策略和新方法,以期消除疟疾这一困扰人类数千年的重大公共卫生问题作出贡献。

(4~6 版由本报记者张思玮采访整理)

疟疾的传播主要是雌蚊通过叮咬吸食被感染患者的血液,将血液中的疟原虫带入蚊子的肠道。疟原虫在蚊子体内大量增殖,并最终感染蚊子的唾液腺,使蚊子具备了通过再次叮咬传播疟原虫的能力,从而继续传播疟疾。然而,绝大部分疟原虫随血液摄入蚊子肠道后会被杀灭,只有极少量的疟原虫能成功存活并繁殖。

在此过程中,蚊子肠道菌与疟原虫“共处一室”,成为限制疟原虫感染和传播的关键因子。蚊子肠道是决定疟原虫能否感染传播的关键场所,也是消灭疟原虫的“战场”。