

# 蚊子绝育用上了“核技术”

● 本报记者 张思玮

“当前,以药浸蚊帐和室内滞留喷洒为主的媒介按蚊控制仍是预防疟疾的关键措施,然而对户外媒介按蚊控制仍缺乏新技术,特别是针对斯氏按蚊,亟须研发新技术。”近日,中山大学中山医学院副教授张东京在接受《医学科学报》采访时表示,斯氏按蚊已逐渐入侵非洲国家城市中心,并定植扩散,给“非洲疟疾控制和消除计划”带来严峻挑战。

凭借此前中山大学中山医学院在使用昆虫不育技术(SIT)控制媒介伊蚊方面积累的经验,张东京团队着手研发SIT应用于控制城市疟疾媒介的斯氏按蚊,以解决户外疟疾媒介传播的问题。

“与传统媒防治方法相比,这种做法不会产生环境污染,控蚊特异性强,不祸及其他有益生物或害虫天敌,并且不会诱导蚊子产生抗药性,防治效果持久,是目前唯一有可能在一个区域内根除特定蚊虫、达到控制疾病传播目的的现代生物防治技术。”张东京说。

## 辐照处理,实现绝育

SIT由美国农业部的科学家在20世纪初提出,最初用于对付造成严重经济损失的蝇类害虫——螺旋蝇,并在20世纪中期取得较好的防治效果,成功在美洲大陆根除该蝇。进入21世纪,科学家开始尝试将SIT用于控制一些传播疾病的昆虫,比如蚊子。

那么,SIT灭蚊是如何操作呢?张东京解释称,先在实验室条件下繁育出大量的蚊子种群,之后当蚊子达到适当的发育阶段时,使用伽马射线或X射线等辐射源对其进行辐照,损坏雄性蚊子的生殖细胞,使其不育。然后将这些被辐照处理过的雄性蚊子释放到自然环境中,让这些不育雄性蚊子与野生雌性蚊子交配、无法产生后代,从而减少蚊子种群的数量。

“由于蚊子的生命周期相对较短,为了持续控制昆虫种群,需要定期释放新的不育蚊子。同时,需要对蚊子种群的数量和分布进行持续监测,以评估SIT的效果并调整控制策略。”张东京说,现有的实验结果初步显示,通过SIT可以有效减少蚊子种群的数量,

降低疾病的传播风险。

## 不同蚊种,技术各异

需要指出的是,不同蚊子的生物学特性不一样,虽然都遵循从卵、幼虫到蛹、成蚊的成长过程,但每个阶段所需要的食物、氧密度、水源、pH值、密度完全不一样,生长发育速度也存在差异。

比如,伊蚊的卵在实验室可以较长时间保存(数月),需要时拿出孵化。而按蚊的蚊卵是不能保存的,产下的蚊卵必须马上孵化。

另外,囿于当前的技术瓶颈,不管是伊蚊还是按蚊在雌雄分离方面都不可能做到100%。伊蚊的雌雄蛹大小区别明显(超过20%),研究人员通过一个简单的装置,就可以很容易地将它们分离。但按蚊的雌雄蛹是没有大小区别的。

“通过搜索的文献,再结合针对其他按蚊建立的一些技术标准,我们通过行为学的差异,即雌蚊吸血、雄蚊不吸血对其进行分离。分离主要是通过血餐里添加一些有毒性物质,使雌蚊吸完毒血之后死掉,剩下的就是雄蚊。”张东京承认,通过行为学的差异进行分离的效率比较低,花费时间也比较长。使用有毒物质虽然毒死了雌蚊,但如果雄蚊沾到被毒死的雌蚊体液后,也会导致死亡、造成部分损失。在成蚊阶段采用图像识别结合深度学习进行分离,或建立基于温度敏感致死性别遗传蚊株,通过升温在幼虫阶段特异杀死雌蚊幼虫等,可能是未来解决按蚊雌雄分离的发展方向。

另外,蛹辐照与成蚊辐照在辐照绝育剂量上也是有差别的。

张东京介绍,蛹辐照需要在水里,而辐照所产生的氧负离子与容器的氧气存在相关性。当蛹在水里的时候,水也会吸收一些辐照剂量。这两个因素叠加,举个例子,原本可能只需要100Gy剂量辐照就能使雄蚊产生99%的绝育效果,但因为辐照微环境的改变,辐照剂量必须提升至150Gy才可以达到类似的结果,这样势必伤及雄蚊。

成蚊辐照是一个一个蚊子叠起来,没有水的存在,也没有缺氧环境,这样辐照的剂量相比蛹辐照大大降低,还可以维持绝育的强度。成蚊辐照之前将其放置于一个恒定的低温环境,使其处于昏睡状态,辐照效果更好。“我们是世界上首个尝试成蚊规模化辐照,并且取得稳定的绝育效果的团队。基于该结果,2023年12月,我们还牵头制定了《白纹伊蚊雄蚊规模化辐照雄性不育技术要求》这一团体标准。”

“相比野生雄性蚊子,经过辐照后的雌性蚊子在野外的求偶交配能力的确会降低,因此我们目前采取的策略是‘以量取胜’。”张东京提醒,在释放过程中难免会有一些经过辐照后的雌性蚊子,所以必须对它的安全性进行评估,特别是评估雌蚊在经受辐照之后传播病原体的能力是增强,还是没有改变或者降低等。

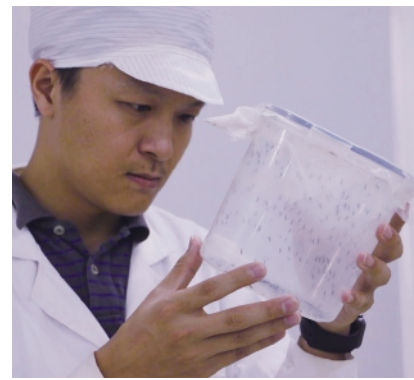
## 风险较低,仍需沟通

谈到为何将斯氏按蚊作为研究对象,张东京表示,主要基于两方面的原因:其一,斯氏按蚊主要分布在南亚和阿拉伯地区,但其凭借强势的入侵能力已经慢慢入侵到非洲;其二,当前疟疾主要发生在非洲的农村地区,但随着非洲城市化进程加快,有学者预测,城市疟疾防控值得关注,斯氏按蚊恰恰能在城市定植。

并且,在相关文献检索过程中,研究人员发现,在50多篇文献中仅有1篇文章是在SIT框架下对斯氏按蚊的研究。“我们也觉得这个蚊种应该是未来研究的重点,特别是在城市地区,所以就考虑研发SIT控制这一城市的疟疾媒介。”

实际上,过去几十年在SIT控制领域,伊蚊方面进展得比较快。早在2020年,国际原子能机构就联合世界卫生组织发表了SIT作为防治媒介伊蚊传播疾病的指导性框架。他们认为,使用SIT控制媒介蚊虫,生态与健康风险都非常低。

不过,新技术实验与应用都需要与政府部门、民众进行充分沟通。并且,经过SIT处理后的蚊子进行野外



张东京观察按蚊。 受访者供图

释放时,不同国家监管政策也不一样。

“目前,就我掌握的资料来说,多数国家对SIT控制蚊虫持支持态度。但一般情况下,我们如果去野外释放绝育蚊子,还是最好与当地政府、民众讲清楚。获得他们的支持很重要。”张东京认为,SIT发挥作用有点类似于天敌,“雄蚊与野生雌蚊交配,并不杀死雌蚊,只是使这个雌蚊产生的蚊卵不能孵化”。

## 联合施治,事半功倍

既然SIT的控蚊效果值得期待,但为何在实际应用上并不奏效?对此,张东京表示,最主要的原因就是资金、人力投入远远不够。“如果没有多少人参与这个项目研究,技术更新、迭代肯定比较慢。”

另外,使用SIT控蚊更多是“靠量取胜”,但实际情况是每个蚊子工厂的产量是固定的,可能一周最多几百万只,“目前能够控制的区域有限,需要从技术上提高效率,推广应用才有商业价值”。

目前,相比伊蚊是登革热的主要传播媒介,库蚊是乙脑的主要传播媒介,按蚊是疟疾传播的主要传播媒介。我国疟疾处于消除阶段,主要防范输入性疟疾引起的本地流行。

立足全球消除疟疾的大背景,张东京建议,SIT最好与传统灭蚊技术相结合,才能对病媒传播疾病的防控产生事半功倍的效果。传统技术没有办法把害虫种群密度控制到100%,还会有一些残留,那么SIT就针对这些残留发挥作用。“我们已经在小规模区域实现了登革热媒介白纹伊蚊的种群清除。”