

飞蝗凭啥抱团产卵不惧天敌

■本报记者 李晨

在中国农业科学院深圳农业基因组研究所(以下简称基因组所)研究员常贺坦的养虫房里,一排排 35 厘米见方的网笼最为显眼。

白炽灯挂在笼顶补温,网壁留出便于飞蝗幼虫攀附蜕皮的孔眼。每个网笼内密密麻麻爬满了飞蝗幼虫,大约有三四百只,它们的后足在这狭窄的空间里不停互相摩擦。

就是靠这些精心饲养的飞蝗,常贺坦和同事揭示了蝗虫“抱团”产卵导致蝗灾跨世代暴发的秘密:群居雌蝗通过母传共生菌把一种挥发性小分子 2,4,6- 三甲基吡啶(2,4,6-TMP)涂在卵荚上,它既是“集结号”,能招来同类一起产卵;又是“驱虫剂”,能赶走挖卵的天敌或使其中毒。近日,相关研究成果在《细胞》发表。

中国科学院院士、中国科学院动物研究所研究员康乐评价,这项研究将飞蝗群聚产卵、共生菌垂直传递、挥发性信号合成以及天敌防御整合至同一生态框架,构建了完整且严密的跨营养级证据链,为阐释飞蝗群居性状的跨代维持与蝗灾持续暴发机制提供了新依据。

中国工程院院士、中国农业科学院植物保护研究所研究员吴孔明认为,该研究从昆虫-微生物-天敌多营养级互作视角出发,揭示了共生微生物协同调控飞蝗集群产卵与后代防御的新机制,拓展了害虫成灾机制的研究边界。

飞蝗“抱团”产卵的秘密

“蝗虫会形成巨型蝗群,是众所周知的古老研究对象。”论文共同通讯作者、基因组所研究员 Bill S. Hansson 告诉《中国科学报》。飞蝗是全球重大农业害虫,1 平方千米蝗群一天可吃掉约 3.5 万人一天的口粮。我国主要成灾对象是东亚飞蝗,历史上有记载的大规模蝗灾发生过 800 多次。

提到蝗虫,人们往往会想起它们“成群迁飞,铺天盖地吃庄稼”。但论文共同通讯作者常贺坦告诉《中国科学报》,蝗虫成灾的原因远不止成虫阶段。飞蝗的生活方式有两种典型的密

度依赖形式:低密度时多为散居型,体色偏绿、独处、取食少、不暴躁;种群变密后,个体后足频繁互碰,行为转成群居型,体色转深、取食猛、聚集生活,并可能迁飞。

其中,群居型是形成大规模蝗灾的主要危害形态。当蝗虫在一地的种群数量不断扩“大后,就有可能为了寻找更好的生存环境而大规模迁飞。”这种散居-群居动态很值得研究。”Hansson 说。

论文共同通讯作者、基因组所研究员王桂荣介绍,群居型的雌蝗会把大量卵荚集中产在小片土壤里;而散居型雌蝗在一处只产很少的卵荚,孵化后幼虫密度低,从而长期维持散居状态。“产卵方式”因此成为两型维持和蝗灾际传递的关键环节。

“我们已经知道,飞蝗通过后足摩擦让脑内多巴胺升高,从而维持群居并使行为变暴躁。但群居特征怎么传给下一代,一直没搞清楚。”常贺坦说。

2018 年,常贺坦到德国马普化学生态学研究所 Hansson 实验室做博士后研究,参与了中德蝗虫嗅觉与化学生态学项目。他们观察到,群居型的蝗虫卵荚能吸引其他雌蝗来同地产卵,而散居型的卵荚不会吸引同类。

到底是什么物质吸引同类来产卵呢?在常贺坦 5 年后回国组建自己的实验室后,这项工作继续推进。Hansson 也来到基因组所,与常贺坦、王桂荣成立了研究团队。

论文共同第一作者、基因组所博士生袁进喜介绍,他们的初步假设有两个——卵本身或卵表面的微生物合成了这种物质。他们用抗生素处理并清除了卵表面的肠道相关微生物,结果卵荚不再释放目标挥发物;回接细菌后,卵荚挥发物又恢复释放。

由此,他们把研究方向从“蝗虫卵本身产生气味”转到了“卵荚共生菌产生气味”。

35 厘米见方,三四百只飞蝗

对常贺坦和袁进喜来说,想要养好蝗虫得从头学起。

飞蝗的实验室饲养对温湿度要求很严格。2023 年,常贺坦建实验室初期,可供实验的蝗虫很少,他就先按一般养昆虫的方法养飞蝗。结果发现飞蝗长得慢,尤其是蜕皮和产卵过程都不顺利。

“刚开始对养殖方法不了解,养不活、产量上不来。”袁进喜就去请教有经验的人,改温度、改灯、改网、改投喂频次,后来才逐渐稳定下来。

要想实现飞蝗向群居型转变,还得保持比较高的养殖密度。袁进喜说,从低龄若虫算起,一个 35 厘米见方的笼子里要养三四百只飞蝗。而散居飞蝗的居住条件则好多了,“可以住单间”。

东亚飞蝗幼蝗喜欢吃嫩麦苗、玉米苗、单子叶杂草。“我们自己种小麦苗喂飞蝗。”集体宿舍“里虫多,食物需求量大。”袁进喜说,忙起来的时候靠大家一起养。

实验室里的群居雌蝗在产卵基质里集中产卵荚,一个卵荚里约有 30~70 粒卵,孵化率约为 70%-80%。雌蝗产卵后,他们就要收集卵荚,再按群居、散居分别做表面灭菌、微生物分离、回接和荧光示踪实验。

常贺坦介绍,他们首先锁定了 2,4,6-TMP 这种特殊的气味。人要在较低稀释率下才能勉强闻这种很“刺鼻”的气味。而飞蝗在约 10⁻⁶~10⁻⁵ 体积稀释比的浓度下即可作出响应,真实的卵荚释放量级也在此范围之内。

然后,研究人员从几百株蝗虫卵荚的分离菌中筛选出一株高效产气味的菌(*Enterobacter rogenkampii*),后续的荧光示踪实验证明,它可通过雌蝗进行母系垂直传递。群居雌蝗经后足高密度刺激后会启动一个机制,把大量菌运到卵荚,进而产生大量 2,4,6-TMP;而散居雌蝗几乎不会向卵荚传递这种菌,也就几乎不会产生 2,4,6-TMP。

一个信号,双重功能

最神奇的是,研究发现 2,4,6-TMP 这一单一微生物信号承担了双重生态功能。

王桂荣介绍,2,4,6-TMP 对同类是

集结信号:告诉其他雌蝗“此处已产卵,一起来,维持高密度”;对天敌则是警告,甚至“毒药”。

研究人员在红火蚁、步甲、线蚓三类土壤捕食者中做了行为验证。其中,10⁻⁶ 浓度的 2,4,6-TMP 对红火蚁有毒性。

为确认红火蚁和飞蝗是否竞争同一生态位,常贺坦带着团队成员专门到海南、广东、福建、广西等地的 8 个田间点进行调查。结果确认,有红火蚁巢的区域附近确有飞蝗产卵,而红火蚁会攻击飞蝗的卵。

然而,新问题又出现了,后足摩擦刺激对雌蝗产出的卵荚带不带菌有何影响?常贺坦表示,这可能与外周神经系统的受体有关,他们已经着手进一步的相关研究。

与此同时,研究人员也开始了这项成果的应用探索。常贺坦介绍,一个方向是以 *E. rogenkampii* 菌作载体,改造它表达对蝗虫有毒的蛋白或 dsRNA,使其在蝗虫体内定殖、经母传扩散,边吸引集群产卵,边干扰发育。

另一个方向是管理飞蝗,将其种群保持在相对安全的水平。这套“母传菌-卵荚-挥发物”系统会让雌蝗把卵集中到同一地点,这样就能提前定位、集中处理。

对其他害虫,常贺坦持谨慎态度。他强调,“母传菌-卵荚-挥发物-天敌”这一框架不仅限于飞蝗,其他迁飞或土壤产卵的害虫可能也存在类似的“菌替宿主发信号”的互作,但物质、受体、天敌组合可能不同。“应逐个重做行为、微生物和田间验证,不能由飞蝗直接外推。”

康乐认为,这一成果不仅深化了人们对昆虫-微生物-天敌多级互作的认识,还揭示了害虫成灾并非宿主单独作用的结果,有望为蝗灾精准预警与绿色防控开辟新途径。

吴孔明则强调,这一发现深化了对害虫成灾机制的认识,也为研发基于微生物及化学通信的害虫监测预警与绿色防控新策略提供了重要科学基础。

相关论文信息:<https://doi.org/10.1016/j.cell.2026.08.050>

中国工程院院士王浩：11 年回升逾 15 米，需科学应对北京地下水位变化

■本报记者 冯丽妃

水资源是城市发展的生命线。近日,北京将新建 5 座水库组成防洪屏障的消息受到关注。除了水库这个地表“大水缸”,地层深处的“隐形水缸”——地下水,同样也是城市水安全的重要战略家底与应急压舱石。据北京市水务局发布的最新消息,2026 年 10 月 7 日,北京市平原区地下水平均埋深为 10.53 米。与 2015 年末的 25.75 米相比,目前已累计回升 15.22 米,增加储量 70 多亿立方米,地下水严重超采区已全部清零。

北京地下水位回升背后的成因是什么?带来哪些机遇与潜在风险?未来如何科学管控?《中国科学报》就此专访了中国工程院院士、中国水利水电科学研究院研究员王浩。



北京怀柔区灏明湖。 冯丽妃 / 摄

现在 3 个层面:一是水源替代,南水进京后,生活、工业用水有了稳定保障,地下水开采压力明显减轻;二是调蓄,可与本地水资源统筹调度,如进入密云水库统一调蓄,提高调配能力;三是生态补水,南水进京水量的约 22%用于回补地下水源和河湖湿地,通过河道生态补水向地下渗透。

北京地下水位为何持续回升

《中国科学报》:请谈谈北京地下水位回升的主要成因。

王浩:“天帮忙”和“人努力”的原因都有,“人努力”是基础,“天帮忙”是加速器。

首先是人为调控。根据 2025 年《北京市水资源公报》数据——多年平均地表水资源量 9.61 亿立方米,以北京市政府公布的 2025 年底常住人口 2180 万计算,北京多年平均人均地表水资源只有约 44 立方米。过去地下水长期承担重要供水保障功能,开采强度较大。这些年,我们逐步从“多用多采”转向“少采多补”;南水北调进京后,生活和工业用水有了稳定替代水源;持续关停自备井、压减开采;通过永定河、潮白河生态补水,以及雨洪利用、再生水回补等,多渠道增加补给。截至 2025 年底,南水北调中线进京水量已达约 116 亿立方米,明显减轻了地下水含水层的负担。

近几年降水偏多也起到了明显加速作用,丰水年相当一部分地表水和河道水可通过海绵城市设施、河床、砂石坑、蓄滞洪区向地下渗透。

所以,不是单纯“老天爷下雨下回来的”,而是靠一系列管理措施把地下水流失“止住”,把地下水“养起来”,而近年较多的降水又进一步加快了地下水位的恢复。

《中国科学报》:南水北调工程在北京地下水位回升中扮演了怎样的角色?

王浩:地下水位回升是降水、压采、生态补水等多种因素共同作用的结果,南水北调创造了非常重要的基础条件,让地下水有条件从重要供水水源逐步转变为战略储备。这主要体

《中国科学报》:如何看待降水对地下水位回升的加速作用?

王浩:降水是地下水恢复过程中的“加速器”。近年华北总体进入偏湿阶段,例如北京 2024 年 6 至 9 月降雨偏多六成,直接增大了土壤、河湖入渗补给。

不过要强调一点,降水年际变化明显,今年降水多不代表明年一定多。北京地下水位能持续回升,关键靠长期节水、压采和水源替代,否则遇枯水年仍可能下降。这一点从北京用水结构的变化可以看出:北京农业用水量从 2003 年约 13.8 亿立方米降至 2025 年约 2.2 亿立方米,地下水取用量从 25.4 亿立方米降至 11.1 亿立方米,占比由 71%降至 26%。

所以,降水是“加速器”,长期压采、节水和水源替代才是地下水持续恢复的“底盘”。过去重点是“压采、止跌”,现在则要转向更科学的适宜水位调控。

(下转第 2 版)

《自然》文章称中国科研实力迅速提升

据新华社电 英国《自然》杂志 10 月 14 日刊文指出,中国已成为全球科研重要力量,其科研实力的快速提升将重塑全球技术进步与创新的格局。

文章指出,中国大力发展科学和教育,科研产出不断提升。据自然指数统计,中国科研人员在该指数追踪的高影响力期刊上发表的论文数量于 2023 年超过美国,目前位居全球首位。该指数追踪自然科学、应用科学、社会科学和健康科学领域的上百种期刊。

文章称,人工智能领域的突破受到全球关注。2025 年初,中国人工智能公司深度求索推出的大语言模型以较低成本,实现了可与美国科技企业主流模型相媲美的性能。在中国政府的推动

下,民营企业正成为驱动中国创新的重要力量。

航天探索同样取得显著进展。中国于 2022 年建成“天宫”空间站。专家指出,这是中国航天事业的一个里程碑,意味着中国已具备在太空开展中长期研究的能力。

中国还计划加大基础研究和创新投入,推动人工智能、量子应用和可控核聚变等前沿技术发展。

文章指出,追踪科研论文发表数据的研究人士表示,过去 20 年间的发展趋势显示,全球科研格局发生了深刻变化。中国以外的科研人员与中国科学家开展合作,如今已成为常态。中国已不再处于全球科研合作网络的边缘,而是成为这一网络的中心枢纽。

智利西蒙斯天文台开始观测“婴儿”宇宙



本报讯 在智利阿塔卡马沙漠的高处,西蒙斯天文台正在瞄准宇宙中最古老的光——宇宙微波背景辐射(CMB)。这束光诞生于宇宙大爆炸之后 38 万年,是宇宙大爆炸的“余辉”。据《科学》报道,相较于以往的 CMB 观测项目,西蒙斯天文台拥有更高的灵敏度与分辨率,将帮助天文学家深入理解宇宙构成,并寻找宇宙膨胀的痕迹。

这个总造价 1.2 亿美元的项目主要由美国西蒙斯基金会资助,该项目在智利建成了 3 台直径 0.5 米的小口径望远镜,以及一台 6 米直径的大口径望远镜,后者将于本月开始进行巡天观测。

西蒙斯天文台联合主任、美国宾夕法尼亚大学的 Mark Devlin 介绍,科研人员把 CMB 当作背景光源,借此研究这束光产生之后宇宙的演化历程。

从人工诱导的全能性细胞出发 我国科学家成功构建连续发育小鼠胚胎模型

本报讯(记者李惠钰)生命如何从一个起点逐步展开为复杂整体,是发育生物学的核心问题。清华大学药学院教授丁胜团队从一种人工诱导的全能性细胞出发,成功构建出连续发育的小鼠胚胎模型,使其跨越囊胚、原肠运动和早期器官形成等阶段,并出现血管与血液、生殖系以及具有节律性收缩的心脏等组织。10 月 14 日,相关研究成果在线发表于《自然》。

“通常,生命的孕育从精子和卵子结合开始。但这项研究的起点并不是生殖细胞,而是一种可以从体细胞人工诱导出的全能性细胞。”论文通讯作者丁胜表示,“它不仅能够产生胚内和胚外

的多种细胞,还能够让这些细胞按照相应的时序、在相应的空间位置出现,并通过彼此之间的相互作用,逐步自我组织成一个复杂、具有多种生命活动特征的整体。”

研究过程中,随着小鼠胚胎模型不断发育,胚胎组织和支持胚胎发育的胚外谱系在相应位置出现,身体的前后轴逐渐建立,神经褶开始形成,血管和血液、生殖系和心脏组织也在这个彼此协调的发育过程中相继出现。影像、组织学分析和单细胞测序显示,胚胎模型在多个关键细胞类型、空间结构和发育时序上,都与相应阶段的天然小鼠胚胎接近。

在上述小鼠胚胎模型中,心脏组织随着整体发育逐步形成,出现空间有序的心房样和心室样区室,以及流出道样结构。不同类型的细胞在相应的位置发生自组织,随后开始出现有节律、彼此协调且具备不同心脏区室特征的收缩。从最初的细胞状态到有节律的心跳,一个复杂的生命系统正在逐步形成。

不仅如此,在小鼠胚胎模型中,卵黄囊样组织形成了血管网络和血岛,造血祖细胞随之出现,并产生红细胞、母细胞和巨噬细胞,血细胞也开始进入正在发育的心脏区室。血管、血液与心脏相互伴随出现,产生组织和功能上的联

系,呈现出早期循环系统逐步建立的特征。此外,模型中还形成了原始生殖细胞,转入专门培养体系后,这些前体细胞进一步成熟,并显示出进入减数分裂早期阶段的能力。

需要指出的是,这项工作尚未产生完整个体,此外随着发育推进,模型继续发育的效率明显下降,一些结构仍与天然胚胎存在差异。研究人员表示,目前还不能判断这些限制究竟来自体外培养环境、模型本身,还是两者共同作用的结果。怎样支持更长时间、更完整的发育,仍需进一步研究。

相关论文信息:<https://doi.org/10.1038/s41586-026-11164-5>



本报记者朱汉斌摄影报道