

卵荚的“细菌暗号”：飞蝗凭啥抱团产卵不惧天敌

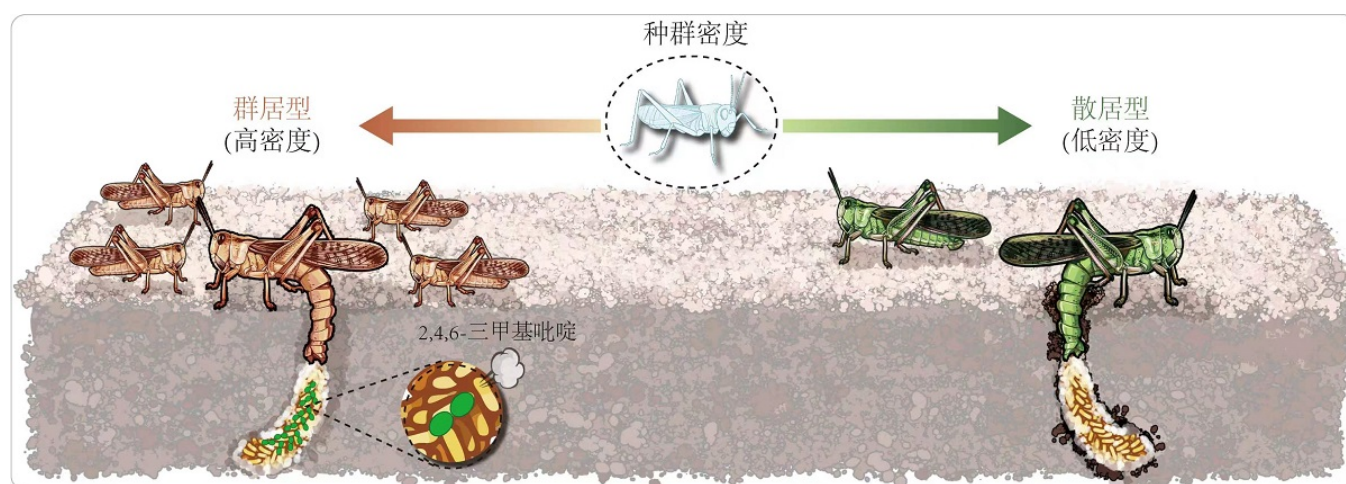
作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/42534.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

卵荚的“细菌暗号”：飞蝗凭啥抱团产卵不惧天敌。 在中国农业科学院深圳农业基因组研究所研究员常贺坦实验室的养虫房里，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。



东亚飞蝗通过母传细菌释放的2,4,6-TMP实现聚集产卵与卵防御。受访者

就是靠这些精心饲养的飞蝗，该所研究员常贺坦、Bill S. Hansson、王桂荣团队揭示了蝗虫靠抱团产卵的方式延续蝗灾世代的秘密：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，能把挖卵的天敌赶走甚至毒倒。相关研究成果近日在《细胞》上发表。

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，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

蝗虫是众所周知、有巨型蝗群的古老研究对象。论文共同通讯作者Hansson告诉《中国科学报》。飞蝗是全球重大农业害虫，1平方公里蝗群一天可吃掉约3.5万人一天口粮。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，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代际传递的关键环节。

我们已经知道，飞蝗通过后足摩擦让脑内多巴胺升高，多巴胺高则维持群居、行为转暴躁，但群居特征怎么传给下一代，一直没搞清楚。常贺坦说。

2018年，常贺坦到德国马普研究所Hansson实验室做博士后研究，开始接触蝗虫的研究，参与中德蝗虫嗅觉与化学生态项目。

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？这项工作常在贺坦5年后回到中国组建了自己的实验室后继续推进。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、中国农业科学院深圳农业基因组研究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厘米见方养三四百只飞蝗

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光要求很严格。2023年，常贺坦建实验室初期，可供实验的蝗虫很少，他就先按一般昆虫养飞蝗。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、

改笼网、改投喂频次，后来才逐渐稳定下来。

飞蝗蜕皮、产卵需要相对更高的温度。袁进喜说，他们就在养虫室加上多盏白炽灯供热。飞蝗蜕皮时还要攀附，他们就把笼子改成带孔/网的结构，利于飞蝗攀爬。

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约三四百只飞蝗。而散居飞蝗的居住条件则好多了，可以住单间。

这样做是为了让群居型飞蝗在高密度养殖环境中，后足频繁摩擦，导致其多巴胺上升，维持黑/黄褐色的群居表型，并集中产卵；而散居型飞蝗则要避免后足摩擦，保持绿色，产卵分散。



群居型飞蝗（左图）和散居型飞蝗（右图）。（受访者供图）

东亚飞蝗幼虫喜欢吃嫩麦苗、玉米苗、单子叶杂草。我们自己种小麦苗喂飞蝗。‘集体宿舍’里虫子多，食量大。袁进喜说，忙起来的时候靠师弟师妹一起养。

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2,4,6-三甲基吡啶（TMP）这种特殊的气味。人要在较低稀释倍率下才勉强闻到这种气味，偏刺鼻。而飞蝗在约 10^{-2} ~ 10^{-3} 体积稀释比的浓度下即可响应，真实的卵荚释放量级也在此范围之内。

然后，他们从几百株蝗虫卵荚的分离菌中筛到一株高效产气味的菌（*Enterobacter roggkampii*）。后续用EGFP荧光标记活体示踪证明，这种菌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TMP这种气味。

一个信号，双重功能

最神奇的是，他们发现，TMP这单一微生物信号承担了双重生态功能。

王桂荣介绍，TMP对同类是集结信号：告诉其它雌蝗此处已产卵，一起来，维持高密度；而对天敌则是警告，甚至毒药。

他们在红火蚁、步甲、线蚓三类土壤捕食者中做了行为验证。其中， 10^{-5} 浓度的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、广西等地约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，新的问题又出现了，后足摩擦刺激如何影响到雌蝗产出的卵荚带不带菌？其背后机制引起了他们的关注。常贺坦表示，这可能与外周神经系统的受体有关，他们已经开始了进一步的相关研究。

与此同时，他们也开始了这项成果的应用探索。常贺坦介绍，一个方向是用*E. roggkampii*菌作载体，改造它表达对蝗虫而言有毒的蛋白或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，Hansson强调，他们的目标不是把蝗虫全杀死，而是管理飞蝗，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，其它迁飞或土壤产卵的害虫可能存在类似的菌替宿主发信号的互作，但物质、受体、天敌组合可能会不同。可以逐个重做行为、微生物和田间验证，不能由飞蝗直接外推。

康乐认为，该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讯的害虫监测预警与绿色防控新策略提供了重要科学基础。（来源：中国科学报李晨）

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

作者：常贺坦等 来源：《细胞》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发