
动物所揭示蝗虫聚群成灾的奥秘

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/10703.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！

蝗灾与旱灾、洪灾并称我国历史上的三大自然灾害，曾造成严重的农业和经济损失。飞蝗是世界上分布最广泛的蝗虫，据我国近2000多年的历史记载显示，大规模的蝗灾发生过800多次。飞蝗至今仍然是非洲、亚洲、中东和澳大利亚的重要农业害虫。沙漠蝗虽然仅仅分布在非洲、中东、南欧和南亚地区，但危害的记载可以追溯到5000多年以前。这两种蝗虫灾害一直被认为是人类主要的瘟疫之一。从2019年到2020年6月，沙漠蝗的爆发从非洲之角到伊朗南部和印巴边境，蔓延到20多个国家和地区。联合国粮农组织（FAO）判断，沙漠蝗蝗灾波及区域达26万多公顷，规模为25年一遇，1平方公里的蝗群1天就能吃掉3.5万人的口粮，该地区1190万人的粮食供应受到直接威胁。近年来，俄罗斯、北美和南美也遭遇到当地蝗虫的袭扰。在世界范围内，蝗灾仍然对农业、经济和环境构成重大威胁。

尽管蝗灾与人类发展历史长期相伴，但是真正在科学上对蝗灾成因的认识不足百年。国际著名昆虫学家和蝗虫学之父尤瓦洛夫（Uvarov，1921）发现飞蝗之所以能成灾是因为蝗虫可以从低密度的散居型转变为高密度的群居型，他因在蝗虫研究方面的杰出贡献，被英国皇家授予爵士头衔。在尤瓦洛夫提出蝗虫型变理论之前，人们把散居和群居蝗虫认为是两个不同的物种。散居型蝗虫因密度较低，不发生迁飞，一般认为无害。群居型蝗虫一旦形成就会导致蝗灾发生，蝗群会大规模移动或迁飞导致更大范围的蝗灾发生。近80年来，对蝗群如何形成有许多的假说，分别有食物、繁殖地、性成熟、群集信息素、气候等假说，但是究竟是哪一个因素起主要作用以及其中的奥秘和机理并没有在科学上被揭示。20世纪七十年代，国际上科学家们才逐步认识到群聚信息素可能是蝗虫能够聚集的最关键因素。经过50多年几代科学家的不断努力，有几种化合物被认为可能是蝗虫的群聚信息素，这些信息素被命名为蝗醇、蝗酚等。但是，这些化合物中没有一个化合物能符合群聚信息素的所有标准，特别是没有野外种群验证的证据。

最近，中科院动物研究所康乐院士团队通过分析飞蝗群居型和散居型飞蝗的体表和粪便挥发物，在35种化合物中鉴定到了一种由群居型蝗虫特异性挥发的气味，释放量低但生物活性非常高的化合物，4-vinylanisole（4VA，4-乙烯基苯甲醚）。通过一系列行为实验确定4VA对群居型和散居型飞蝗的不同发育阶段和性别都有很强的吸引力。4VA能够响应蝗虫种群密度的变化，随着种群密度增加而增加，甚至它的产生可由4-5只散居飞蝗聚集而触发，具有很低的诱发阈值。研究人员在飞蝗触角上的四种主要感器类型中，发现了4VA特异引起锥形感器的反应。在蝗虫的上百个嗅觉受体中，他们发现定位在锥形感器中的嗅觉受体OR35是4VA的特异性受体。当使用基因编辑技术CRISPR/Cas9敲除OR35后，飞蝗突变体的触角与锥形感器神经电生理反应显著降低，突变体也对4VA的响应行为和吸引力丧失。那么4VA在户外和自然环境中能够吸引和聚集蝗虫吗？研究人员将含有4VA的诱芯布置在田间，通过室外草地双选和诱捕实验证明4VA对实验室种群在户外具有很强的吸引力。进而，他们将诱芯直接布局到蝗虫野外发生区天津北大港，大范围的区块实验再一次证明4VA不仅能吸引野外种群，而且不受自然环境中蝗虫背景密度的影响。本研究首次

从化学分析、行为验证、神经电生理记录、嗅觉受体鉴定、基因敲除和野外验证等多个层面对飞蝗群居信息素进行了全面而充分的鉴定和验证，发现和确立了4VA是飞蝗群聚信息素，而过去报道已知的其他化合物都不具备群聚信息素的所有条件，本项研究范式将化学生态学的研究提高到一个新的阶段。因此，这项研究被认为是昆虫学研究的一个重要突破。文章在审稿之际，三位审稿人对文章分别给予了高度评价，两位匿名审稿人认为“该研究旨在阐明4VA作为群居信息素在飞蝗群聚过程中的作用，是一项令人印象深刻的、高技术的、深入的研究。”；“本研究聚焦于一个极具吸引力的生物学问题，在这个领域取得了非常重要的进展”。一位透明审稿人是国际著名神经生物学家、美国科学院院士、美国洛克菲勒大学莱斯莉·沃斯霍尔（Leslie B. Vosshall）教授，她在审稿意见中明确表示“这项工作做出了令人兴奋的发现，找到了一个人们长期寻找的蝗虫群聚信息素分子。文章包含了令人吃惊的多个层次的研究，我给予我无条件地支持，这项杰出的工作不要有任何拖延应该优先在《自然》杂志上发表。”。

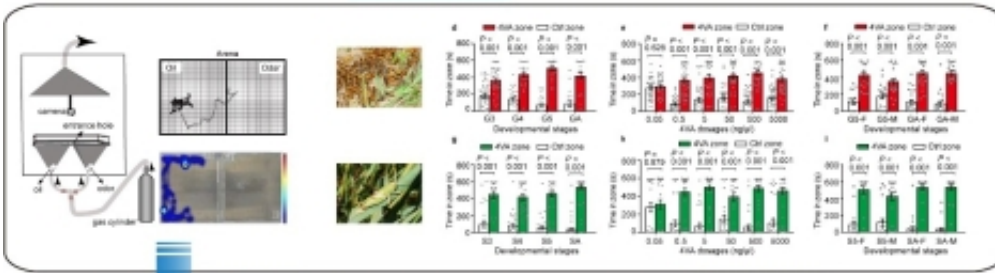
该研究不仅揭示了蝗虫群居的奥秘，而且使蝗虫的绿色和可持续防控成为可能。长期以来，人们对于蝗灾的防治主要依赖化学杀虫剂大规模的喷施，而不合理的化学农药的使用对食品安全、生态系统和人类健康产生了巨大的负面影响。康乐院士团队的这项研究将从多个方面改变人们控制蝗灾的理念和方法：利用人工合成的信息素可以在田间长期监测蝗虫种群动态，为预测预报服务；利用人工合成的信息素可以设计诱集带诱集蝗虫，并在诱集带集中使用化学农药或生物制剂将其消灭，从而极大地减少化学农药的使用；根据4VA的结构设计拮抗剂，阻止蝗虫的聚集；嗅觉受体OR35的发现，为使用基因编辑技术建立4VA反应缺失的突变体成为可能，这种突变体长期释放到野外就可能在重灾区建立起不能群居的蝗虫种群，既在野外维持了一定数量的蝗虫，又达到可持续控制的目的，将环境保护与害虫控制有机地结合起来。因此，4VA和它的受体的发现将极大地改变防治蝗虫的对策和技术。

人类对蝗虫聚群成灾的认识经历了几个重要突破。首先是尤瓦洛夫（Uvarov, 1921）提出的著名的蝗虫型变理论。该理论提出之后，先后在世界上发现大约有10种最具危险性的蝗虫都有型变现象。第二个重要突破是英国科学家辛普森（Simpson）领导的团队在20世纪90年代建立的沙漠蝗群居型与散居型行为判别模式和生理学特征。第三个重要的突破是来自于中科院康乐院士团队，他们从2004年起，开启了蝗虫型变基因表达调控和表观遗传调控的分子机理研究。现在，他们又发现了飞蝗群聚信息素，揭示了飞蝗群聚的奥秘。这一发现具有重要的理论意义与应用价值，进一步推动了国际蝗虫领域的研究。该研究工作以4-vinylanisole is an aggregation pheromone in locusts为题，于8月12日正式在Nature发表（doi: 10.1038/s41586-020-2610-4）。该研究得到了中科院战略性先导科技专项、国家自然科学基金委重点项目等的支持。

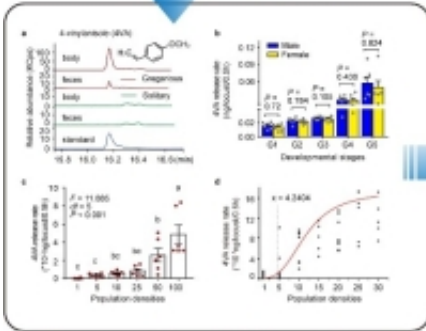


飞蝗 (*Locusta migratoria*)

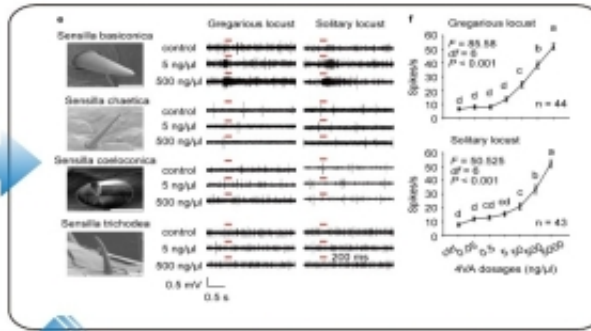
行为筛选与验证



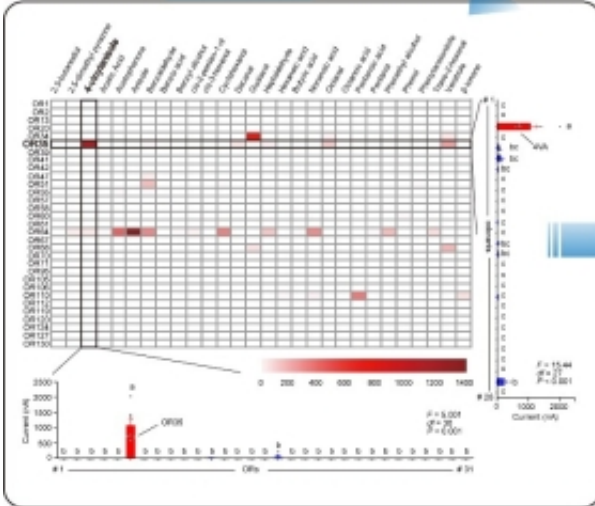
化学分析



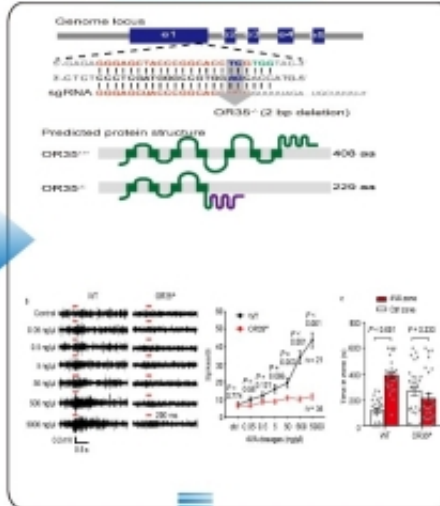
神经环路解析



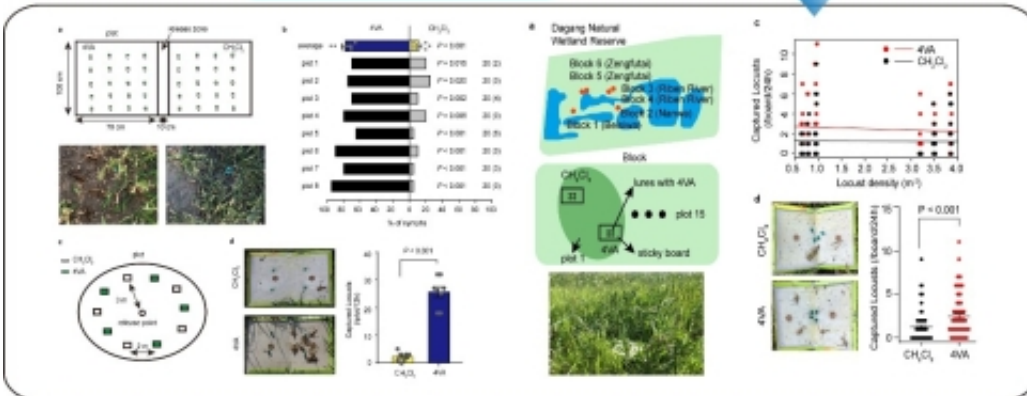
嗅觉受体鉴定



基因编辑与功能验证



户外草坪双选与野外大田诱捕实验



飞蝗群聚信息素4VA的鉴定与功能研究

研究团队单位：动物研究所

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](http://www.iikx.com)转发