
动物所在蝗虫群体防御机制研究中获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/3793.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！

动物所在蝗虫群体防御机制研究中获进展。动物聚集(animal aggregations)在自然界十分普遍。这种聚集行为的利弊和得失一直以来是进化生物学家和生态学家争议的焦点。特别是聚集如何有效防御天敌的捕食，以及它们采取什么样的防御策略？

人们发现群居动物个体从形态、颜色和和行为等方面表现得更加容易暴露自己，如具有更鲜亮的色彩等。这种现象被称为“警告”信号(Aposematism)，如颜色、气味、味道和声音等信号往往与它们含有的有毒物质关联，诱发捕食者学习回避特定信号的行为，甚至有些捕食者进化出天生就回避某些警告信号的行为。

迄今，群居动物如何获得警告信号、警告信号与毒物如何相互协调防御天敌捕食是悬而未决的科学问题。蝗灾暴发的最关键原因是蝗虫从散居型到群居型的转变，其中也包括它们长期进化出来的防御策略转变。

尽管蝗虫有很多天敌，同时也是人类喜食的昆虫种类，但人们观察到蝗虫大发生时很少有天敌喜欢捕食群居型蝗虫。用群居蝗虫饲喂家禽也会导致家禽的不适反应。群居蝗虫难吃背后的机制仍然是未解之谜。

中国科学院院士、中国科学院动物研究所研究员康乐率领的飞蝗(*Locusta migratoria*)研究团队结合生物化学、分子生物学和行为生态学的研究方法对群居飞蝗防御天敌的机制进行了深入研究。研究团队发现群居型飞蝗大量释放挥发性化合物苯乙腈(Phenylacetonitrile)，而散居型几乎不合成苯乙腈，它是两型飞蝗差别最大的信息化合物。该化合物对种群密度变化响应十分灵敏，群居散居化处理后释放量大幅下降，而散居群居化处理后急剧产生苯乙腈。

苯乙腈在沙漠蝗(*Schistocerca gregaria*)中被认为是种内交流的聚集素(Aggregation pheromone)或性信息素(Sex pheromone)，但长期以来存在很大的争议。动物所的科学家通过行为测定并没有发现飞蝗对不同浓度苯乙腈表现出趋化性，否认了苯乙腈在飞蝗中是聚集信息素的可能性。因为苯乙腈是苯丙氨酸代谢途径的一个中间化合物，最终生物合成剧毒化合氢氰酸(Hydrogen cyanide)。因此，他们提出科学假说：苯乙腈可能是一种嗅觉警戒化合物，可进一步合成氢氰酸达到防御天敌的目的。

为了验证这个科学假说，他们首先对苯乙腈在飞蝗体内的生物合成途径进行了研究。他们在群居飞蝗体内发现了苯乙腈的前体化合物苯乙醛肟(Z-Phenylacetaldoxime)。但苯乙腈合成的分子机制在动物界还没有报道。他们发现细胞色素P450家族(CYPs)的一个基因CYPLM16181参与苯乙腈的合成，干扰CYPLM16181群居飞蝗的苯乙腈和苯乙醛肟释放量明显受到抑制。因此，他们首次在

动物中发现了苯乙腈合成的关键酶，并将其命名为CYP305M2。

他们进一步通过药物动力学研究了同位素标记的苯丙氨酸和苯乙醛肟在GFP、RNAi和散居飞蝗体内的代谢过程，确认CYP305M2是催化苯丙氨酸代谢途径第一步的限速酶，而散居型不能产生苯乙腈是这个关键酶失活造成的。

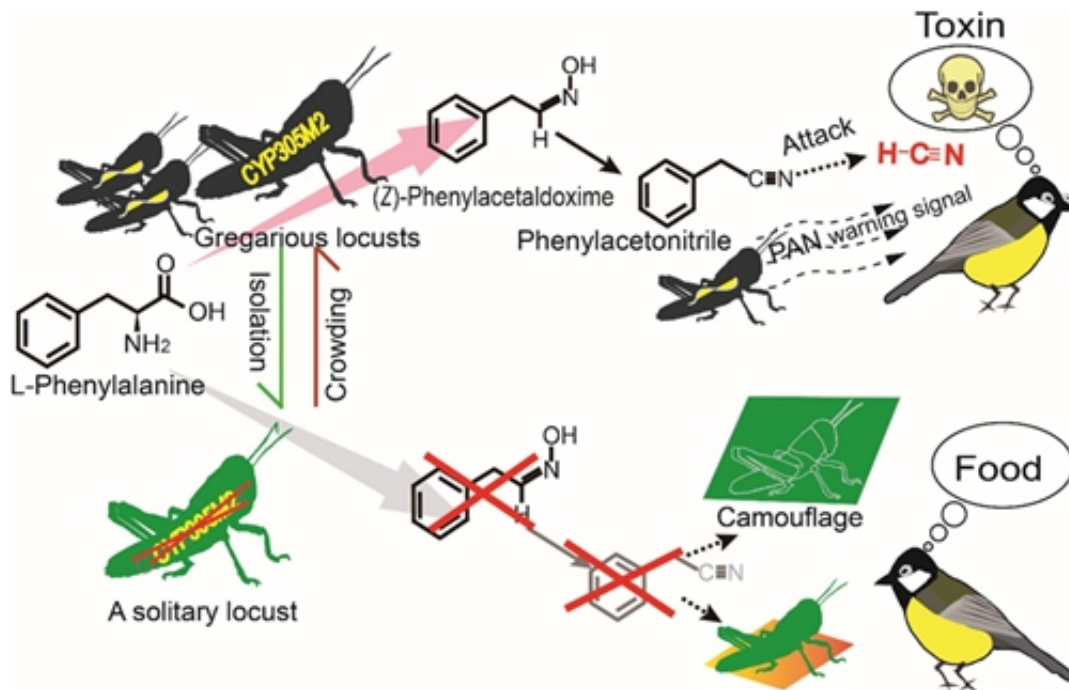
在此基础上，利用警告研究的模式食虫鸟——大山雀开展了飞蝗与天敌互作的研究。在双选择实验中，大山雀显著攻击和取食散居型飞蝗，而不喜欢群居个体或者说群居飞蝗不好吃。为了明确是否苯乙腈是大山雀不喜欢群居飞蝗的主要原因，他们通过在散居飞蝗添加苯乙腈，群居飞蝗干扰苯乙腈合成酶和群居RNAi飞蝗涂抹苯乙腈等一系列实验证明了群居飞蝗不好吃的确是其含有苯乙腈引起的。

为了进一步明确苯乙腈对鸟的趋避作用是由于苯乙腈可以转化为氢氰酸造成的，他们测定了群居和散居飞蝗挥发物中的氢氰酸的含量。结果显示健康的飞蝗并不释放氢氰酸，但受到鸟攻击后的群居型飞蝗释放大量氢氰酸。当给散居飞蝗补充苯乙腈后，受扰动的散居型飞蝗也可以产生氢氰酸。

这些结果充分证明他们提出的科学假说，蝗虫好吃，但是味道难闻，如果鸟类执意要吃，蝗虫立即将苯乙腈转化为毒物氢氰酸。蝗虫没有天敌威胁的情况下，其体内的苯乙腈就不会转化为毒物氢氰酸。苯乙腈作为嗅觉警告信号的确可以提示捕食者飞蝗潜在含有的剧毒物质氢氰酸的风险性。因此，捕食者可能进化出了回避氢氰酸风险而对苯乙腈产生了天生的拒避反应。

这项研究在国际上首次报道了动物巧妙的化学防御策略，即它同时利用一种化合物警告天敌，又能将其进一步转化为剧毒物质，进而达到有效抵抗天敌捕食的作用。这种机制代表了飞蝗在自然界中应对多种天敌和捕食者的普遍防御策略，这可能是飞蝗成灾的一个重要原因。苯乙腈关键合成酶也将成为良好的遗传防治该害虫的靶点，同时也为降低飞蝗食品有毒物质含量提供了解决途径。

相关成果于1月24日在线发表于国际期刊《科学进展》(Science Advances)。动物所副研究员魏佳宁为论文第一作者，康乐和研究员王宪辉为论文的通讯作者。该研究受到中科院战略科技先导B类专项及国家自然科学基金委项目的资助。



研究模式图解：群居飞蝗(Gregarious locusts)在高密度(Crowding)刺激下启动CYP305M2基因将苯丙氨酸(L-Phenylalanine)转化为苯乙醛肟(Z-Phenylacetaldoxime)，苯乙醛肟快速水解为苯乙腈(Phenylacetonitrile, PAN)。苯乙腈作为嗅觉警告信号(Warning signal)对天敌大山雀产生强烈的排斥性。当群居飞蝗受到大山雀攻击时PAN会转化为剧毒氢氰酸(HCN)。这样群居飞蝗利用PAN的警告和转化为HCN的双重功能实现了化学防御天敌的作用。散居状态的飞蝗(Solitary locust)CYP305M2基因失活，化学防御被阻断，采用色彩拟态(Camouflage)防止被天敌发现来保护自己。一旦暴露给天敌便会成为美食。

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