
飞蝗也“变色”，基因“调色盘”藏密码

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/23943.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！

飞蝗也“变色”，基因“调色盘”藏密码。

动物能根据不同的环境条件改变体色，这有助于它们适应复杂多变的环境并避免天敌的捕食，从而提高生存和繁殖的机会。

在野外，人们经常看到蝗虫是绿色的，这种保护色能让它们很好地融入周围的绿色植物中，避免被天敌发现。然而，当蝗虫聚集在一起，种群密度较高时，它们的体色会逐渐变成背部黑色、腹面棕色，与散居的蝗虫形成鲜明的对比色。

现在，中国科学院院士康乐团队揭示了蝗虫变色背后的机制。相关研究8月24日在线发表于《科学进展》。



群居和散居飞蝗 受访者供图

基因里的调色盘

蝗虫从散居到群居的体色变化体现了它们对环境的高度适应性。当鸟类等天敌遇到这两种体色的蝗虫时，它们往往倾向于捕食绿色的个体，而避开显眼的黑-棕对比色个体。这种对比色就构成了飞蝗的警戒色。

散居蝗虫的绿色是由于黄色和蓝色素的组合形成，有助于在绿色植物背景中隐藏，使其免受捕食者的侵害。那么，飞蝗背部的黑色是如何形成的呢？

几年前，康乐团队发现，飞蝗背部的黑色并不是常见的黑色素沉积造成的，其体色变化的关键密码在于基因里的调色盘——由 β -胡萝卜素结合蛋白(CBP)与 β -胡萝卜素形成的红色复合物在散居型飞蝗表皮绿色的基础上叠加而成。这完全符合物理学三原色的规律。

CBP就像一支画笔，随着种群密度的增加，它蘸取了红色颜料 β -胡萝卜素，在绿色飞蝗身上进行涂色，使其颜色从绿色转变为黑色。康乐向《中国科学报》解释。

不过，除了背部颜色变黑，群居型飞蝗的腹面也会转变为棕色，而这种明显的黑-棕警戒色图案的形成及其调节机制并不清楚。

为了进一步探究这种警戒体色的形成机制，康乐团队首先寻找了与警戒体色形成相关的基因。通过分析群居型飞蝗黑色和棕色表皮蛋白的组成，他们发现 CBP在飞蝗黑-棕体色的形成中起着关键作用。不同分布量的 CBP与 β -胡萝卜素复合物决定了飞蝗黑色背面和棕色腹面的体色差异，其中棕色表皮中的 CBP- β -胡萝卜素分布量显著高于黑色表皮。

研究团队进而调查了飞蝗体内调控 CBP差异表达的调节因子，发现bZIP类转录因子ATF2在其中发挥重要作用。ATF2主要分布在黑色表皮的细胞质中，而在棕色表皮中主要在细胞核中富集，这种定位差异是由ATF2丝氨酸位点磷酸化所导致。

他们通过基因表达、遗传突变和抑制剂处理等实验发现，PKC信号通路能够磷酸化ATF2 Ser327并促进 CBP的转录。当研究团队敲降PKC 后，CBP的表达受到了抑制，导致群居型飞蝗的体色由黑-棕警戒色转变成了绿色保护色。

这种调控机制与飞蝗种群密度密切相关，随着飞蝗种群密度的增加，飞蝗的体色也会发生变化。论文共同第一作者、中国科学院北京生命科学研究院博士后康新乐解释。

其内在调控过程是，PKC 响应高种群密度，快速激活并磷酸化ATF2 Ser327，促使ATF2进入细胞核，与 CBP启动子结合并激活其转录。ATF2在黑色和棕色表皮中的磷酸化水平差异导致了背面和腹面 CBP的分布量的不同，最终使群居型飞蝗呈现黑色背面和棕色腹面的警戒体色。



飞蝗 受访者供图

警戒色也是预报色

许多昆虫拥有绿色体色，其形成机制与飞蝗类似，即由黄色和蓝色组合形成。然而，昆虫黑色体色的形成有许多不同的机制，大部分是黑色素和眼色素沉积造成的。飞蝗通过 CBP 与 β -胡萝卜素形成的红色复合物与其他色素叠加来产生组合型的黑色，具有独特性。论文共同第一作者、首都师范大学生命科学学院副教授杨美玲说。

在群居型飞蝗中，CBP 表达和 ATF2 磷酸化的空间差异信号指令对其黑色背面和棕色腹面警戒色的构成至关重要。这表明动物可以通过精确控制色素沉积量，来实现不同体色图案的形成，揭示了警戒体色的环境适应性进化以及群体防御中的生存策略。

不止如此，群居型飞蝗还会利用其黑-棕警戒体色与嗅觉信号苯乙腈以及毒素氢氰酸协同作用，通过视觉和嗅觉感官的联合刺激增强其警戒效果。此外，除了警示捕食者，群居型飞蝗的鲜艳体色也有助于同类间的相互识别，从而维持庞大的蝗群。

这项研究结果非常令人信服，它提供了一个详尽的模型，揭示了群居型飞蝗警戒体色的生物学基础。这让我们理解为什么不同体色的飞蝗能够引起捕食者的先天喜恶非常重要。一位国际审稿人说。另一位审稿人认为，这项研究为从分子水平理解警戒色的调控机制提供了启示。

康乐表示，在昆虫界，随着种群密度的增加，昆虫体色变黑是一种普遍现象。这一规律的发现对于揭示因种群密度变化而产生的体色变化具有重要意义，对于害虫的预测预报也具有重要的实践价值。(来源：中国科学报 冯丽妃)



群居和散居飞蝗色彩形成鲜明对比。受访者供图

相关论文信息：<https://doi.org/10.1126/sciadv.adi5168>

作者：康乐等 来源：《科学进展》

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