
昆明动物所等揭示毒素-受体博弈对食物链结构影响的机制

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/6686.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！

昆明动物所等揭示毒素-受体博弈对食物链结构影响的机制。食物链的结构，即由捕食者与被捕食者形成的连锁关系，通常由动物的体重、力量、速度以及智力决定。生物毒素是产毒动物的一大进化创新，产毒动物的出现对食物链的结构产生了影响，决定食物链结构的传统因素在产毒动物存在的生境中变得不再具有决定性(PNAS 2018)。生物毒素是产毒动物捕食猎物(PNAS 2018;PNAS 2013)、防御掠食者(Nat Commun 2015; Sci Adv 2017; Nat Commun 2019)、应对竞争所使用的高效生化武器。产毒动物通过利用这些生化武器“以小博大”，常常在食物链中处于高级消费者的地位(PNAS 2018)。因此，在产毒动物存在的食物链中，生物毒素通过与响应受体的博弈实现共同进化，而博弈的结果直接决定了食物链的结构(PLoS Biol 2018)。例如，蝎子是典型的肉食性产毒动物，通过其强大的毒液系统进行捕食或防御(Toxins 2015; Sci Adv 2017)，使它们在食物链中往往作为高级消费者通过食物链来调控其他动物的种群数量及分布。有趣的是，虽然拥有如此强大的生化武器，蝎子并非是所在食物链的顶级捕食者，暗示了生物毒素并非总是毒素-受体博弈的优胜方。

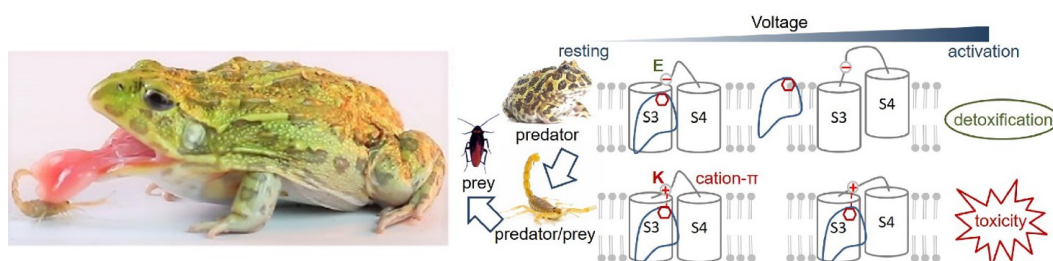
7月19日，中国科学院昆明动物研究所赖仞研究组、圣路易斯华盛顿大学崔建民研究组和浙江大学杨帆研究组合作，在National Science Review上在线发表了题为Molecular game theory for a toxin-dominant food chain model的研究论文，以蝎子参与食物链结构的形成与演变为研究范式，从分子水平揭示了食物链内在分子博弈的现象和规律，讨论了毒素-受体博弈结果对食物链结构和捕食关系产生的重要影响。

研究人员以蝎毒BmK-M9为代表，概括性地描述了 α 毒素与其受体肌肉钠通道(Nav1.4)的高度亲和力和力。在大部分物种的Nav1.4上， α 毒素以几乎不可逆的方式结合猎物(昆虫或小型哺乳动物)的Nav1.4并抑制钠通道的快失活，导致持续的神经冲动和肌肉强直，控制了猎物的运动系统从而麻痹猎物。借助嵌合体构建、单分子荧光标记、分子互作结构模拟等技术，研究人员发现，产生这种高亲和力的原因是 α 毒素和Nav1.4可以形成两对分子间作用力(42Y-1432K, 62K-1428D)。同时， α 毒素可以与细胞膜结合，进一步加强了 α 毒素和Nav1.4相互作用的效率。研究者在Nav1.4第四结构域的电压敏感元件上标记了一个单分子荧光，发现 α 毒素阻滞了该结构域在膜电位变化时的运动，进而阻断了Nav1.4快失活门控，产生持续开放的现象。这个精巧的蛋白-蛋白相互作用极大程度地影响了食物链的结构，使蝎子成为从昆虫纲到哺乳纲动物的威胁。

有趣的是，研究人员发现一些食蝎两栖类无尾目在食物链中处于比蝎子更高等的捕食地位，它们高度耐受蝎毒，在捕食蝎子的过程中不发生运动系统的异常。基于上述的分子相互作用原理，研究人员揭示了食蝎的蛙类自身Nav1.4关键残基(1432K-E)的突变，使 α 毒素无法与其结合并发挥作

用。受体的进化赋予食蝎蛙类抵御蝎毒的能力，巧妙化解了蝎子的生化武器。该研究还提示，类似毒素-受体共同进化和相互博弈的机制和动态变化构成了产毒动物食物链演化的最基本元素。

昆明动物所博士李博文、陆先翠、罗雷和圣路易斯华盛顿大学博士Jonathan R Silva为文章共同第一作者。昆明动物所研究员赖仞、杨仕隆，圣路易斯华盛顿大学教授崔建民和浙江大学教授杨帆为文章的共同通讯作者。该研究得到国家自然科学基金、中科院先导专项、云南省的支持。



α 毒素与其受体的进化博弈结果决定了蝎子所在食物链的结构

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