
三元毒素—抗毒素系统研究取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/41770.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！

三元毒素—抗毒素系统研究取得进展。

三元毒素—抗毒素（TA）系统作为细菌和古菌中普遍存在的遗传模块，通常由两个相邻的毒素基因和抗毒素基因组成，参与应激响应、持留态形成、生物被膜发育等过程。近年来大量证据表明，许多TA位点进化出分子伴侣

、调控蛋白或额外效应因子等

第三个功能元件，从而形成功能远超经典二元体系的三元系统。目前该领域研究快速增长，但学界尚未形成统一认知体系。

近日，中国科学院南海海洋研究所科研团队

系统梳理了原核生物中新发现的TA系统，并

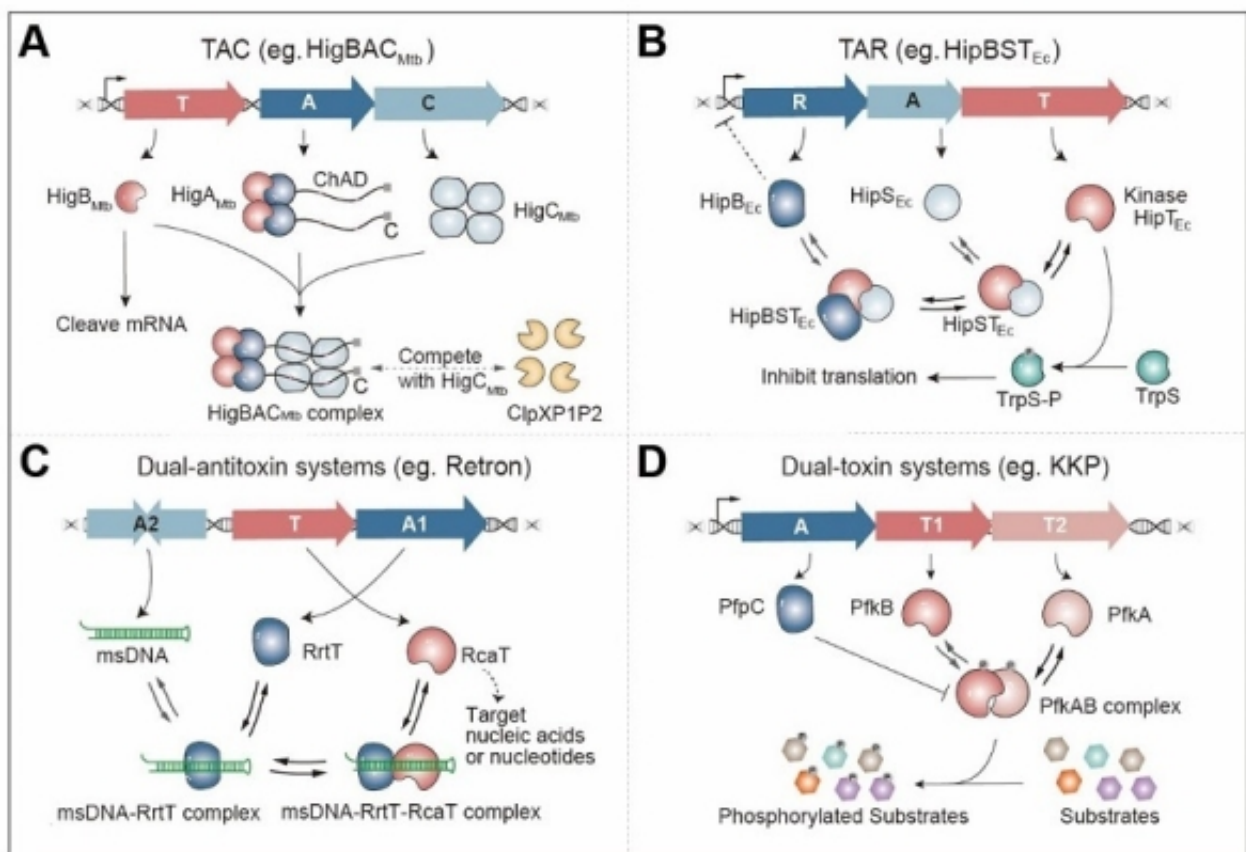
基于毒素的功能和抗毒素中和方式，提出四大功能类型：TAC（伴侣依赖型）、TAR（辅助调控型）、以Retron为代表的双抗毒素型和以KKP为代表双毒素型。这一分类厘清了多样化的组分关系，揭示了不同系统共用模块化整合这一核心策略，实现了毒素活性从被动的毒性释放到环境感知—信号整合—精准输出的跃升，是TA研究领域向系统化、功能化迈出的重要一步。

在机制层面，团队阐明了三元系统之所以具备更强适应优势，在于其将噬菌体感知、抗毒素稳定性控制和效应激活解耦为独立可调的模块。团队提出了基于丝氨酸/苏氨酸激酶的防御系统从单激酶到二联体，再到三元复合体的渐进进化模型，并指出这一路径并非单向，噬菌体也可逆向劫持同源激酶用于免疫逃逸。这一观点打破了“宿主获益”或“噬菌体获益”的二元对立，将三元TA系统纳入协同进化与互惠博弈的宏观生态学视角下，为解析微生物水平基因转移、原噬菌体调控及微生物群落抗性演化提供了理论锚点。

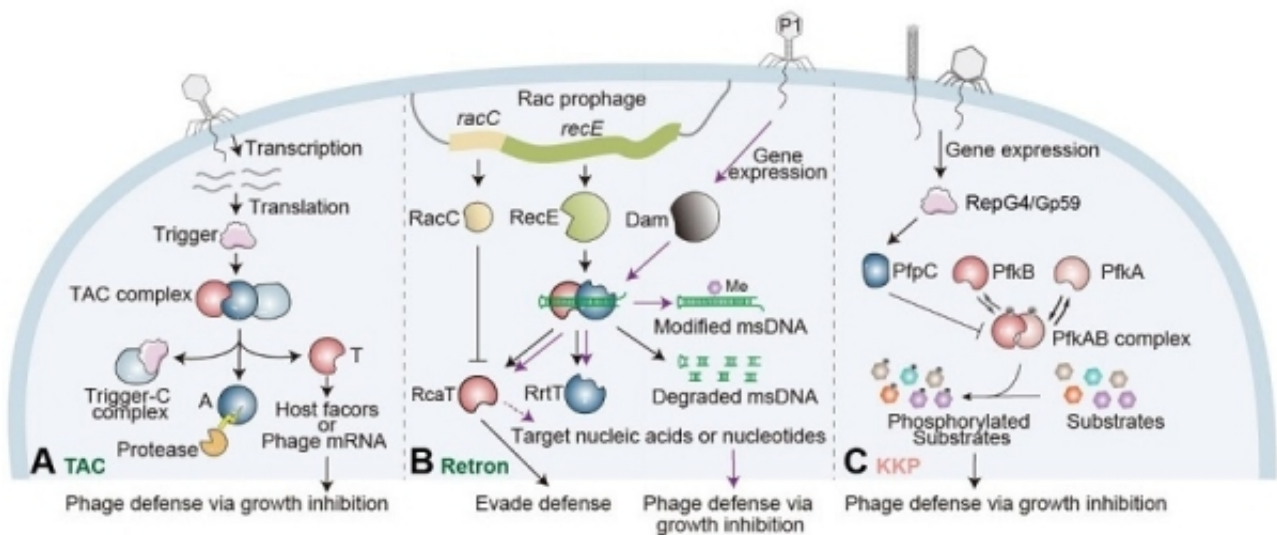
团队进一步评估了三元TA系统在合成生物学改造和抗菌治疗中的工程化瓶颈与突破方向，为将基础发现转化为可控的“可编程防御模块”提供了路线图，对进化生物学、噬菌体学和合成生物学均具有重要启发。该研究揭示了毒素调控从二元开关向多元智能网络演化的规律，为理解微生物环境适应、噬菌体防御及基因组进化提供了重要支撑，并为精准抗菌和噬菌体疗法开辟了新的设计思路。

相关研究成果发表在《微生物学趋势》（Trends in Microbiology）上。研究工作得到国家自然科学基金、国家重点研发计划等的支持。

[论文链接](#)



三元TA系统的类型及毒性拮抗机制



三元TA系统的噬菌体防御机制

研究团队单位：南海海洋研究所

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

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