科学家发现植物“抗病小体”

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/4584.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！

科学家发现植物“抗病小体”。植物具有复杂、精细调控的免疫系统，用于识别病原微生物、激活防卫反应，从而保护自己免受侵害。植物细胞内数目众多的抗病蛋白，是监控病虫侵害的哨兵，也是动员植物防卫系统的指挥官。抗病蛋白被发现至今已有二十多年，但人们仍然不清楚它们的工作原理。清华大学柴继杰团队、中国科学院遗传与发育生物学研究所周俭民团队和清华大学王宏伟团队最近的联合研究，在植物免疫研究领域取得重大突破。合作团队发现由抗病蛋白组成的抗病小体并解析其电镜结构，从而揭示了抗病蛋白管控和激活的核心分子机制，为更好利用抗病蛋白提供了新的可能。相关成果以两篇长文(Research Article)形式，于4月5日发表在国际学术期刊《科学》(Science，Wang et al., 2019a, b)。Science杂志同期发表了国际植物抗病研究权威科学家Jeffery Dangl和Jonathan Jones撰写的题为High five: a pentangular plant inflammasome 的专文评述，高度评价这一成果。

抗病蛋白理论研究的一个巨大瓶颈在于缺乏蛋白质结构。这正是柴继杰团队2004年以来的主攻方向。抗病蛋白构成复杂、分子量大、构象多变，对解析其结构带来了极大困难。自从25年前国际上首次鉴定到抗病蛋白以来，多个国际顶尖实验室均未能纯化出可供结构分析的全长抗病蛋白质。柴继杰团队近年在动物炎症小体结构研究中取得了突破 (Hu et al., 2015; Yang et al., 2017)。由于炎症小体的蛋白质与植物抗病蛋白具有诸多相似性，这些研究为解析植物抗病蛋白结构积累了宝贵经验。

周俭民团队和柴继杰团队通过合作，早在2007-2008年提出了植物与病原细菌间攻防的“诱饵模型”并提供了初步证据(Xing et al., 2007, Xiang et al., 2008; Zhou and Chai, 2008)。周俭民团队通过对病原菌免疫逃逸分子机制和植物免疫系统关键组分的解析，发现了多个支持“诱饵模型”的分子证据 (Zhang et al., 2010; Feng et al., 2012; Wang et al., 2015)，并在2012年和2015年的两项工作中，发现了病原细菌和植物之间令人惊叹的攻防策略。病原细菌的一个致病蛋白AvrAC精准破坏植物免疫系统中的关键组分，帮助细菌侵染植物寄主;而植物则利用特殊的“诱饵”蛋白，感知AvrAC的活动并将信息传递给植物抗病蛋白ZAR1，迅速激活免疫反应，清除细菌。两个团队多年的合作、经过长期积累形成的理论和实验体系，为后期进一步合作奠定了坚实基础。王宏伟团队长期致力于冷冻电镜方法学的研究、提高和改善，对蛋白质的高分辨率冷冻电镜重构一直是该团队的研究焦点和特长，这为解析抗病蛋白结构解析提供了强有力的技术支撑。

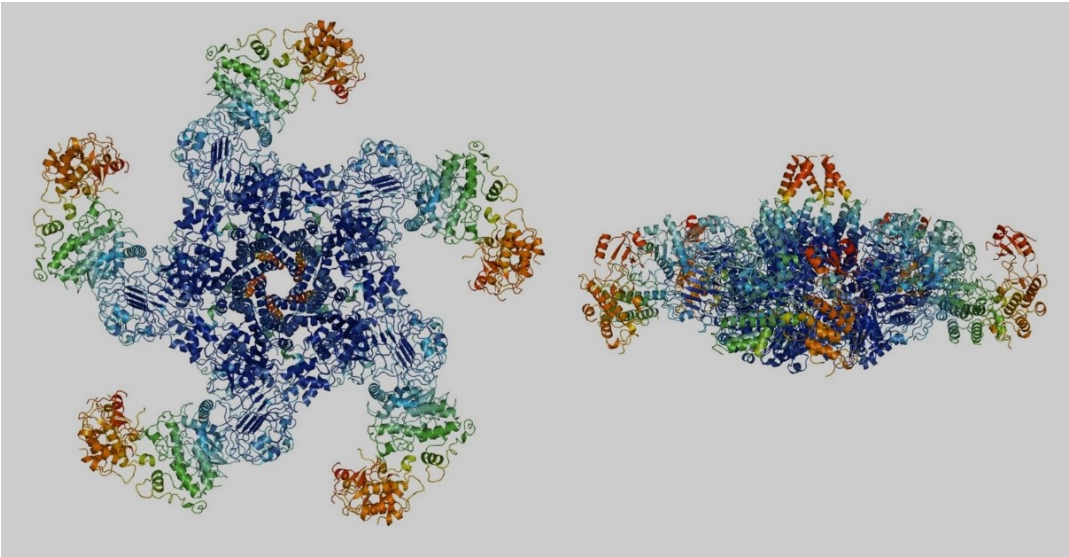
在上述研究的基础上，三个团队进一步合作，以AvrAC与ZAR1为体系研究植物抗病蛋白结构。经过多年协作攻关，成功地组装了包含激活ZAR1的复合物 (抗病小体，resistosome)。结构研究发现，ZAR1被AvrAC激活后，组装成含三个亚基共15个蛋白的环状五聚体蛋白机器，形成抗病小体 (图1)。通过对静息态复合物的结构和功能解析，阐明了抗病蛋白由静息状态，经过中间状态，最终形成抗病小体的生化过程。合作团队紧密结合结构、生化和功能研究，揭示了抗病小体工

作机制。比如，抗病小体形成后直接在细胞质膜上发出自杀指令，很可能是植物细胞死亡和免疫执行者。该项工作填补了人们25年来对抗病蛋白认知的巨大空白，为研究其它抗病蛋白提供了范本。研究还发现，植物抗病小体的组装方式、结构与功能，与动物免疫中的炎症小体惊人地相似，展现了在不同生命形式中，进化对免疫形成的力量。

在Science杂志同期专文评述中，国际植物抗病研究权威科学家Jeffery Dangl和Jonathan Jones对这一成果给予高度评价：“ 首个抗病小体的发现，为植物如何控制细胞死亡和免疫提供了线索 ”。《植物学报》同时发表国际著名植物抗病专家Xin Li(李昕)等人题为《开启防御之门：植物抗病小体 ”》的专文评述，认为该项成果“ 完成了植物NLR蛋白复合物的组装、结构和功能分析，揭示了NLR作用的关键分子机制，是植物免疫研究的里程碑事件 ”。

各种农作物病虫害，严重威胁农业生产。为了减少损失，农业生产中不得不大量施用化学农药，但这又对环境、人类健康和农业可持续发展带来了挑战。在保护作物的同时，减少化学农药的施用，成为摆在农业生产者和科学家面前的一道难题。解决这一问题的关键，就存在于植物细胞中—植物细胞内数目众多的抗病蛋白。这些蛋白发现病菌后，迅速启动植物防卫反应，杀死病菌，从而保护植物免受侵害。利用抗病蛋白，发展新的病虫害防控手段，将大大减少化学农药的施用。抗病蛋白高分辨度结构和作用机制的解析，将为设计抗广谱、持久的新型抗病蛋白，发展绿色农业奠定核心理论基础。

清华大学博士后、遗传发育所植物基因组学国家重点实验室访问研究人员王继纵、清华大学博士后王家与遗传发育所植物基因组学国家重点实验室博士生胡梅娟为其中一篇论文的共同第一作者(Wang et al., 2019a);王继纵、胡梅娟和王家为另一篇论文的共同第一作者(Wang et al., 2019b)。柴继杰、周俭民与王宏伟为两篇论文的共同通讯作者。该项研究得到中科院B类先导专项“ 作物病虫害的导向性防控-生物间信息流与行为操纵 ”和国家自然基金创新群体项目“ 植物响应生物胁迫的机理 ”等的支持。



五聚抗病小体结构。分别显示顶部(左)和侧面(右)视图。

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转发