

昆虫微生物组：昆虫健康和适应的守护者

杨红¹, 黄勇平²

¹ 华中师范大学生命科学学院昆虫所, 遗传调控与整合生物学湖北省重点实验室, 湖北 武汉 430079

² 中国科学院上海生命科学研究院植物生理生态研究所, 中国科学院昆虫发育与进化生物学重点实验室, 上海 200032

Insect microbiome: as guardians of insect health and adaptation

Hong Yang¹, Yongping Huang²

¹ Hubei Key Laboratory of Genetic Regulation and Integrative Biology, Institute of Entomology, School of Life Sciences, Central China Normal University, Wuhan 430079, Hubei Province, China

² Key Laboratory of Insect Developmental and Evolutionary Biology, Institute of Plant, Physiology and Ecology, Shanghai Institutes for Biological Sciences, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200032, China

昆虫是自然界分布最为广泛, 数量最多, 种类也最为繁盛的动物类群。在经历了无数地质变迁之后, 昆虫仍然成功生存在这个星球。在探究昆虫成功秘诀的过程中, 研究人员发现昆虫除了自身独特的结构和功能以外, 它们在长期进化过程中与微生物形成了复杂多样的共生关系。正是这种关系, 让昆虫拥有了更强的适应能力。昆虫的外骨骼、肠道、血体腔乃至细胞里均有微生物分布, 在很多昆虫体内, 微生物细胞的数量远远超过了昆虫细胞的数量, 其生物量可达昆虫干重的 1%–10%, 可以说昆虫是一个多物种的复合体。

昆虫是自然界最重要的传粉者, 对农业生产及生态维护有着不可替代的作用。对蜜蜂和熊蜂的研究显示, 他们的肠道中含有由特定细菌类群

组成的核心菌群, 其他细菌则具有较严格的宿主特异性。这些共生菌与宿主健康和肠道的发育密切相关。

昆虫是环境的清道夫。苍蝇、水虻等昆虫幼虫能够高效转化畜禽粪便及餐厨垃圾等有机废弃物, 将其减量减毒, 而自身不受侵害, 与其强大的免疫力及肠道共生微生物的联合作用密切相关。而黄粉虫、大蜡螟等昆虫与其肠道共生微生物相互作用能够有效降解聚苯乙烯塑料, 为全球白色污染的治理带来了希望。

昆虫是人类许多重要疾病的传播者。对媒介昆虫按蚊的研究发现, 某些共生菌可以通过水平传播和垂直传播的方式在蚊虫中代代相传。利用这种特性, 科学家们将经过基因工程改造的具有

抗疟活性的共生菌引入按蚊体内，开发出了阻断按蚊传播疟疾的新策略。利用共生细菌沃尔巴克氏体能够抵抗登革热病毒感染的特性，研究者们把沃尔巴克氏体人为引入到伊蚊体内并释放到环境中，有效抑制了登革热病的传播和流行。

昆虫与微生物的共生关系是自然界最典型的生物共生体系之一。最早的共生体系如细胞内共生菌与蚜虫、肠道共生微生物与白蚁在 2 亿多年前就已经存在于自然界了，这些共生微生物与宿主昆虫存在着共进化的关系。蚜虫内共生菌可以通过卵垂直传播，而白蚁肠道共生微生物可以通过其社会行为在种群内传播。很多昆虫与白蚁和蚜虫一样，依靠其共生菌帮助消化食物，提供必需氨基酸、B 族维生素、固醇等营养，尤其是木食性的昆虫如木食性白蚁和蟑螂，没有共生微生物的帮助，昆虫自身很难降解木质纤维素。在一些寡氮营养型昆虫体内共生菌能帮助其固氮和水解尿酸，以保证氮源的供应。

微生物能够帮助宿主昆虫抵抗病原物的侵染。共生微生物可以通过调控和激活宿主先天免疫系统、竞争性消耗营养、以物理隔离或产生代谢产物等方式来抵御外来病原微生物的侵染。例如果蝇体内的沃尔巴克氏体能够保护它们免受病毒侵染的影响。昆虫共生微生物对于从环境中摄入或侵入的有毒化合物如植物异生物质和杀虫剂也能够起到解毒作用。微生物在昆虫的发育过程中也发挥了很大的作用。如，一种醋酸杆菌通过介导果蝇胰岛素信号通路调控昆虫发育和代谢；沃尔巴克氏体能够通过多种机制参与调控多种昆虫的生殖活动。

微生物也是昆虫健康和适应的守护者。在纷繁复杂的昆虫王国里，迄今为止只有很少一部分

昆虫的共生微生物得到了研究。尽管如此，人们已经发现微生物在昆虫的食物消化、营养代谢、生长发育、免疫调节和拮抗病原等生命活动中发挥着不可替代的作用，是昆虫强大的适应能力和健康的重要保障。因此，加强昆虫微生物组相关研究，具有重要的生态意义和科学价值。

既往关于昆虫微生物的研究常常关注的是单一一种类或某些类群的微生物，近年来，随着高通量测序技术和生物信息学等技术的发展，对昆虫微生物的研究已发展到组学水平。即利用多种组学技术，结合微生物分离培养和生物信息大数据分析等手段，把与昆虫相关的所有微生物作为一个整体，来研究特定昆虫肠道微生物的多样性、功能和对宿主昆虫的影响，以探讨昆虫与微生物的相互作用与机制。近十年来，微生物组学的理论和技术在人类微生物组研究中取得了突飞猛进的发展。相信随着昆虫微生物组研究的深入，昆虫共生微生物在环境治理和人类健康维护等方面蕴藏着的巨大潜力将被发掘出来。在此背景下，2017 年 4 月中国昆虫学会正式批准成立了昆虫微生物组专业委员会，旨在进一步推动昆虫微生物组研究，培养相关人才，扩大中国昆虫微生物组研究的国际影响。

本期《微生物学报》专刊以昆虫微生物组研究为主题，选取了昆虫微生物研究方法与技术、昆虫肠道微生物的多样性与功能、昆虫与微生物的互作、昆虫微生物与疾病控制和病虫害防治、昆虫微生物与环境治理等领域的 15 篇文章，与读者共享。希望通过这个专刊的交流，进一步促进国内昆虫微生物组基础研究和应用研究的发展，提升昆虫微生物组研究的水平，为环境治理、人类健康维护和农业的可持续发展做出应有的贡献。