

序 言



互惠共生微生物专栏

互惠共生微生物：新资源，新技术，新机遇，新挑战

王四宝^{*1} 刘润进^{*2}

1 中国科学院昆虫发育与进化生物学重点实验室 中国科学院分子植物科学卓越创新中心 中国科学院植物生理生态研究所 上海 200032

2 青岛农业大学菌根生物技术研究所 山东 青岛 266109

Mutualistic symbiotic microbes: new resources, new techniques, new opportunities and new challenges

WANG Si-Bao^{*1} LIU Run-Jin^{*2}

1 Key Laboratory of Insect Developmental and Evolutionary Biology, Center for Excellence in Molecular Plant Sciences, Institute of Plant Physiology and Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200032, China

2 Institute of Mycorrhizal Biotechnology, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109, China



作者简介：

王四宝，博士，中国科学院分子植物科学卓越创新中心/植物生理生态研究所研究员、研究组长、博士生导师。2007年博士毕业于中科院上海生命科学研究院，2007–2013年先后于美国马里兰大学和约翰霍普金斯大学从事博士后研究。主要从事蚊虫与微生物互作机制及虫媒病防控新策略的研究，在 *Science* (2017)、*Science Advances* (2020)、*Nature Communications* (2019)、*PNAS* (2017, 2015, 2012, 2011)、*PLoS Pathogens* (2011)等学术期刊上发表研究论文60余篇，受邀在 *Trends in Parasitology*、*Trends in Biotechnology*、*Annual Review of Entomology*等期刊上发表研究综述。曾获上海市领军人才、科技部中青年科技创新领军人才、国家百千万人才工程并授予有突出贡献中青年专家荣誉称号。兼任上海市昆虫学会理事长、中国菌物学会副秘书长、菌物组学专业委员会主任、中国昆虫学会昆虫微生物组学专业委员会副主任、昆虫比较免疫与互作专业委员会副主任。

*通信作者：E-mail：王四宝：sbwang@cemps.ac.cn；刘润进：liurjsswwl@126.com



作者简介:

刘润进, 青岛农业大学教授, 享受国务院颁发的政府特殊津贴, 山东省有突出贡献的中青年专家。曾任中国菌物学会常务理事。《菌物学报》《微生物学通报》《菌物研究》《青岛农业大学学报(自然科学版)》等编委。从事生物共生学、植物病理学和生物多样性等教学和科研工作近 40 年。主持多项国家自然科学基金及教育部、山东省科技厅和青岛市科技局项目。当前研究方向主要有丛枝菌根真菌(AMF)与其他生物互作效应与机制、生物共生基础、生物药肥基础与应用研究。获得省部级科技奖励 7 项, 其中“中国丛枝菌根研究”2005 年获得山东省自然科学奖一等奖。在国内国际刊物发表论文 200 篇, 获得国家专利 5 项, 出版专著 3 部。

摘要: 2020 年 9 月联合国环境规划署发布《全球生物多样性展望-5》(GBO-5)报告, 助力世界实现协商一致的愿景——到 2050 年“与自然和谐相处”。其实, 原本地球上的所有生物都是相互依存、互惠共生于地球村的, 尽管存在少数“坏分子”。但由于人类的贪婪, 过度扩张才导致地球“千疮百孔”的面貌, 严重威胁到人类文明可持续发展。通过最近 20 年的研究, 互惠共生微生物(mutualistic symbiotic microbes, MSM)从其丰富的群落多样性到种质新资源、从多种多样的生理生态功能到作用机制、从基础探究到新技术研发, 为实现人与自然和谐相处的愿景提供了新机遇, 同时也面临新挑战。令人可喜的是, 中国在 MSM 研究领域取得了令世人瞩目的成果。《微生物学通报》于 2020 年 11 期特别推出了“互惠共生微生物专栏”, 旨在展现中国 MSM 研究的最新进展和成果, 促进生物共生学的发展壮大。

关键词: 互惠共生微生物, 互惠共生细菌, 互惠共生真菌, 宿主动物, 寄主植物

Keywords: Mutualistic symbiotic microbes, Mutualistic symbiotic bacteria, Mutualistic symbiotic fungi, Host animals, Host plants

互惠共生微生物 (mutualistic symbiotic microbes, MSM) 主要包括互惠共生细菌、放线菌和真菌等, 其种类之繁多、分布之广泛、物种多样性之丰富、生理生态效能之强大、应用范围和应用前景之广阔令世人瞩目^[1-2]。MSM 与其他生物之间通过化学机制、生理机制、生态学机制和遗传学机制构建互惠共生体系, 形成巨大共生网络, 深刻影响与调控着生物健康、农林牧渔业生产、环境演化、生态系统可持续生产力和人类文明的可持续发展^[2-5]。

经过漫长的协同进化, MSM 及其与其他生物构建的互惠共生体系参与整个生态过程, 对于生态系统中物质转化与交换、能量流动与利用、信息传递与调控等均发挥重要作用。例如, 昆虫为互惠共

生细菌提供稳定的生境并共享特定的代谢途径, 互惠共生细菌则协助宿主营养代谢, 提供食物中缺乏的营养, 促进昆虫生长和繁殖; 通过分泌抗菌肽、毒素等, 细菌能增强昆虫对寄生物的防御能力和抗病性, 并通过调节昆虫对非生物因子的抗逆性和耐药性扩大昆虫的生态位。然而通过研究昆虫 MSM 及其功能基因在昆虫种群动态中的作用, 特别是研究 MSM 对宿主昆虫发育、生殖、健康、环境适应能力等方面的影响, 将有利于揭示 MSM 与宿主的共生互作机制, 并最终为开发绿色防控新技术提供新思路。

当前 MSM 的研究范围越来越广, 研究内容也越来越深入: 从医学到农林牧渔产业、从群落到细胞、从超微结构到分子调控等方面进行了较为深入

和全面的研究。令人可喜的是, 中国科学家率先分离到抑制肥胖的人体肠道互惠共生多形拟杆菌 (*Bacteroides thetaiotaomicron*), 并证明该菌株有望成为新益生菌研发靶点^[6], 这为减肥药物或食品研发提供了全新的方向和候选菌株。

然而针对 MSM 的研究与应用尚存在诸多难题: 众多的 MSM 难以分离培养; 缺乏侵染定殖数量的测定技术及其评价体系; MSM 功能研究存在更大难度; 应用技术存在相当的空白。可见, 当务之急, 应着手依据不同 MSM 的生物学特性与定殖特征, 建立准确、方便、可行的分离与培养方法, 以及其定殖数量的检测方法等^[7], 为后续研究提供技术。

今年新型冠状病毒肺炎(COVID-19)的大流行迫使人们重新思考与大自然的关系, 并考量生物多样性持续丧失和生态系统退化对人类生存和自身福祉产生的深远影响。值此特殊时期, 2020年9月15日联合国《全球生物多样性展望-5》(GBO-5)报告发布, 可谓恰逢其时。该报告指出, 尽管在多个领域已取得了令人鼓舞的进展, 但自然界仍遭受着沉重打击, 情况日益恶化。当前生物多样性的丧失速度之快在人类历史上前所未见, 伴随而来的压力与日俱增, 地球的整个生命系统正在遭受破坏。也正是在此背景下, 基于中国近年来的 MSM 研究成果及其独特多样的生理生态功能与效应, 特别是由此研究发掘的种质新资源、研发的新技术可望为部分解决这些难题创造新机遇。

《微生物学通报》于2020年11期特别组织发表“互惠共生微生物专栏”, 我们荣幸成为本专栏的特邀编辑, 为从事生物共生学特别是 MSM 研究与应用的同行们服务。在本专栏发表之际, 谨向提供稿件的同行表示诚挚的感谢, 感谢其对探讨 MSM 问题的独特贡献; 感谢审稿专家的辛勤劳动与独特

见解; 感谢《微生物学通报》编辑部为中国 MSM 研究成果的展示和交流做出的重要贡献。本专栏发表的14篇关于 MSM 的代表性文章, 包括研究论文和综述, 涵盖人体、动物和植物 MSM 多样性特征与作用, 以及部分生物的互惠共生真菌和互惠共生放线菌的生理与生态等。这些文章只是相关研究与应用的一小部分, 希望激发和引出更多的成果与发明创造。由于我们能力和水平所限, 专栏中存在疏忽和遗漏在所难免, 请广大同行批评指正。我们期望和相信随着本专栏的发表, 必将有力推动中国 MSM 研究与应用的发展进步。

REFERENCES

- [1] Cai XY, Liu YC, Xie ZH, et al. An overview on the research of mutualistic symbiotic microbe diversities[J]. *microbiology china*, 2020, 47(11): 3899-3917 (in Chinese)
蔡昕悦, 刘耀臣, 解志红, 等. 互惠共生微生物多样性研究概况[J]. *微生物学通报*, 2020, 47(11): 3899-3917
- [2] Liu RJ, Wang L. *Biological Symbiotics*[M]. Beijing: Science Press, 2018 (in Chinese)
刘润进, 王琳. *生物共生学*[M]. 北京: 科学出版社, 2018
- [3] Genre A, Lanfranco L, Perotto S, et al. Unique and common traits in mycorrhizal symbioses[J]. *Nature Reviews Microbiology*, 2020, 18(11): 649-660
- [4] Wang SB, Qu S. Insect symbionts and their potential application in pest and vector-borne disease control[J]. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences*, 2017, 32(8): 863-872 (in Chinese)
王四宝, 曲爽. 昆虫共生菌及其在病虫害防控中的应用前景[J]. *中国科学院院刊*, 2017, 32(8): 863-872
- [5] Wei K, Bai L, Qu S, et al. Insect microbiome and their potential application in the insect pest and vector-borne disease control[J]. *Acta Microbiologica Sinica*, 2018, 58(6): 1090-1102 (in Chinese)
魏舸, 白亮, 曲爽, 等. 昆虫共生微生物在病虫害和疾病控制上的应用前景[J]. *微生物学报*, 2018, 58(6): 1090-1102
- [6] Liu RX, Hong J, Xu XQ, et al. Gut microbiome and serum metabolome alterations in obesity and after weight-loss intervention[J]. *Nature Medicine*, 2017, 23(7): 859-868
- [7] Oishi S, Moriyama M, Koga R, et al. Morphogenesis and development of midgut symbiotic organ of the stinkbug *Plautia stali* (Hemiptera: Pentatomidae)[J]. *Zoological Letters*, 2019, 5: 16