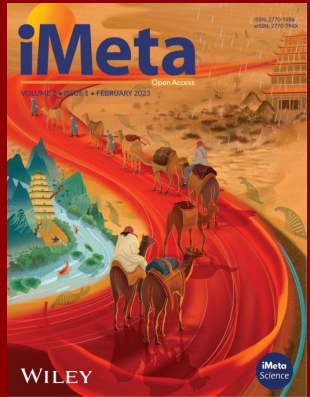




植物微生物组：从生态基础到可持续农业中的精准微生物工程

魏蜜^{1, 2#}, 连腾祥^{1#}, 陈丽莹^{3#}, 王兰香^{4#}, 叶俊杰^{5#}, 姚小芳^{6#}, 段世龙^{7, 8#}, 鲁子毓², 涂晋骥², 李泓甫⁹, 许馨月¹⁰, 周洁¹, 何俊良¹, 朱菲莹¹¹, Paola Bonfante¹², Lam-Son Phan Tran¹³, 庞志强^{14, 15*}, 周欣^{16*}, 徐志辉^{17*}, 张林^{7*}, 王蒙岑^{9*}, 王孝林^{1*}, 田长富^{18*}, 刘永鑫^{6*}, 孙凯^{10*}, 王二涛^{5*}, 谢贤安^{1*}

1. 广东省高等学校未来作物精准育种基础研究卓越中心, 华南农业大学林学与风景园林学院, 广州510642, 中国
2. 中山大学农业与生物技术学院, 深圳518107, 中国
3. 北京市农林科学院植物保护研究所, 北方果树病虫害绿色防控北京市重点实验室, 农业农村部北方果蔬有害生物绿色防控重点实验室(部省共建), 北京100097, 中国
4. 林木遗传育种全国重点实验室, 南方现代林业协同创新中心, 南京林业大学生命科学学院, 南京210037, 中国
5. 新基石科学实验室, 植物高效碳汇重点实验室(中国科学院), 中国科学院分子植物科学卓越创新中心/中国科学院上海植物生理生态研究所, 上海200032, 中国
6. 热带作物生物育种全国重点实验室, 农业农村部农业基因数据分析重点实验室, 中国农业科学院(深圳)农业基因组研究所, 深圳518107, 中国
7. 养分资源高效利用全国重点实验室, 中国农业大学资源与环境学院, 教育部植物-土壤相互作用重点实验室, 北京100193, 中国
8. 新鲁汶大学(天主教鲁汶大学), 地球与生命研究所, 应用微生物学-真菌学实验室, Croix du sud 2, bte L7.05.06, B-1348 Louvain-la-Neuve, 比利时
9. 浙江大学农业与生物技术学院, 杭州310058, 中国
10. 江苏省微生物病原与生态重点实验室, 江苏省微生物资源产业化工程技术研究中心, 南京师范大学生命科学学院, 南京210023, 中国
11. 岳麓山实验室, 湖南省农业科学院, 长沙410125, 中国
12. 都灵大学生命科学与系统生物学系, 都灵10125, 意大利
13. 作物非生物胁迫耐受基因组学研究所, 德克萨斯理工大学植物与土壤科学系, 拉伯克, TX 79409, 美国
14. 中国科学院热带植物资源可持续利用重点实验室, 中国科学院西双版纳热带植物园, 勐腊666303, 中国
15. 植物遗传学教席, 慕尼黑工业大学生命科学学院, 弗赖辛85354, 德国
16. 微生物多样性与资源创新利用全国重点实验室, 中国科学院微生物研究所, 北京100101, 中国
17. 江苏省有机肥料创制与土壤健康调控重点实验室, 江苏省沿海盐碱地资源利用与生态保护重点实验室, 教育部资源节约型肥料工程中心, 南京农业大学, 南京210095, 中国
18. 植物环境抗性全国重点实验室, 农业农村部土壤微生物重点实验室, 根瘤菌研究中心, 中国农业大学生物学院, 北京100193, 中国



Mi Wei, Tengxiang Lian, Liying Chen, Lanxiang Wang, Junjie Ye, Xiaofang Yao, Shilong Duan, et al. 2026. The plant microbiome: From ecological foundations to precision microbial engineering for sustainable agriculture. *iMeta* 5: e70152. <https://doi.org/10.1002/imt2.70152>



植物微生物组：植物全功能体的关键成员

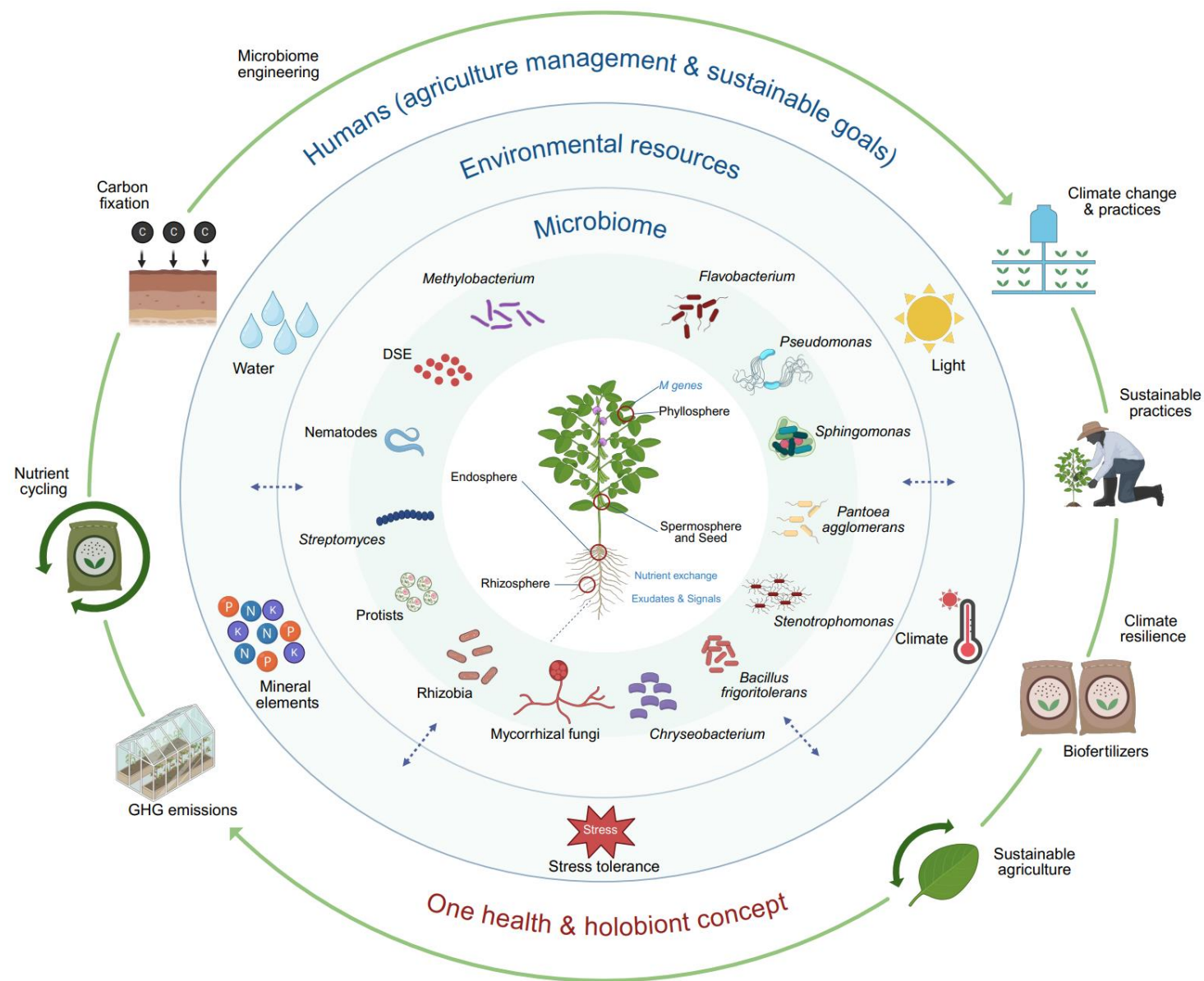


图1. 植物全功能体：一个整合植物、微生物组、环境资源与人类治理的多生命共同体



植物微生物组研究：从生态基础到转化应用

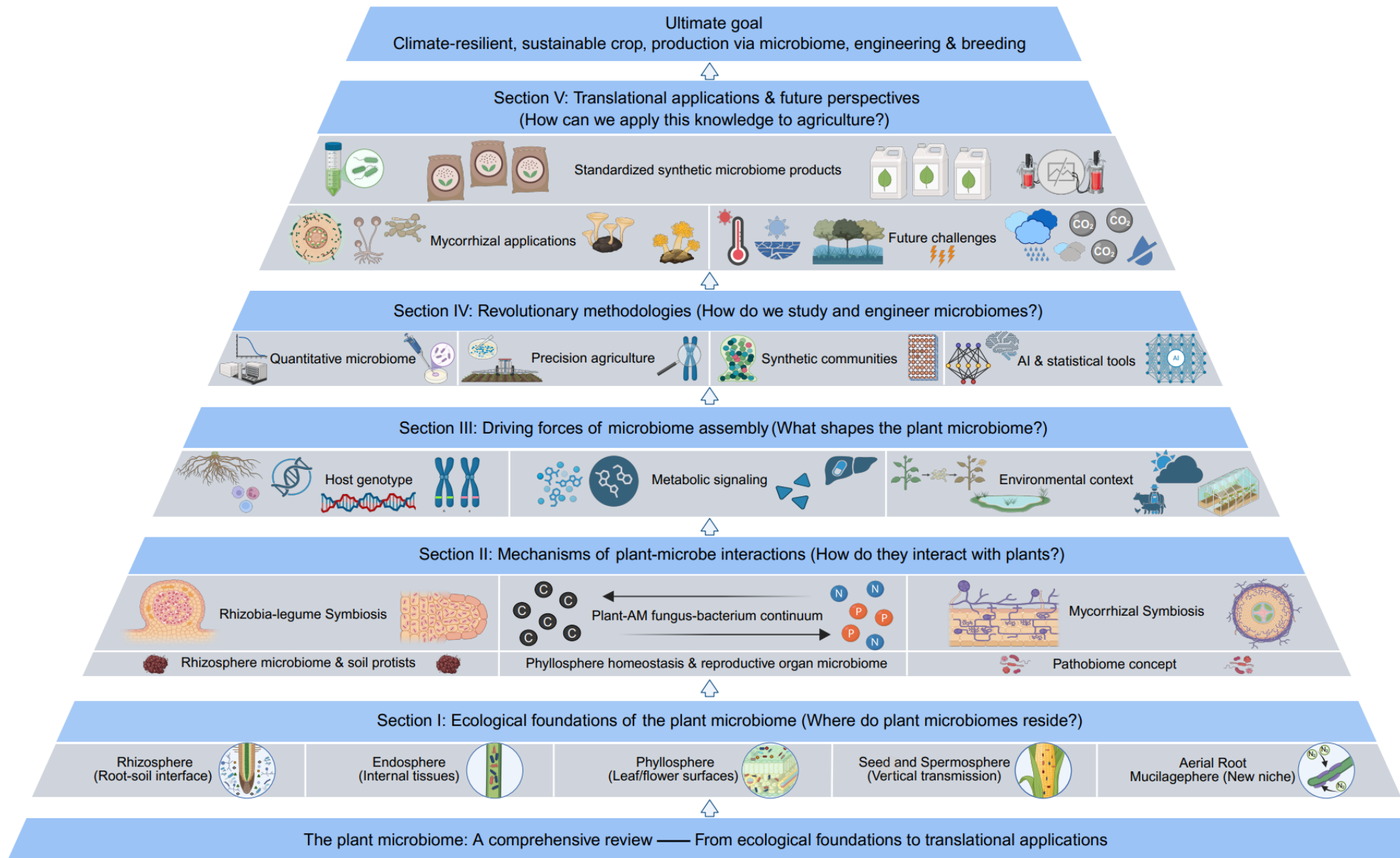


图2. 本长文综述内容的概念框架示意图



植物微生物组的生态学基础：不同生态位群落的结构与功能

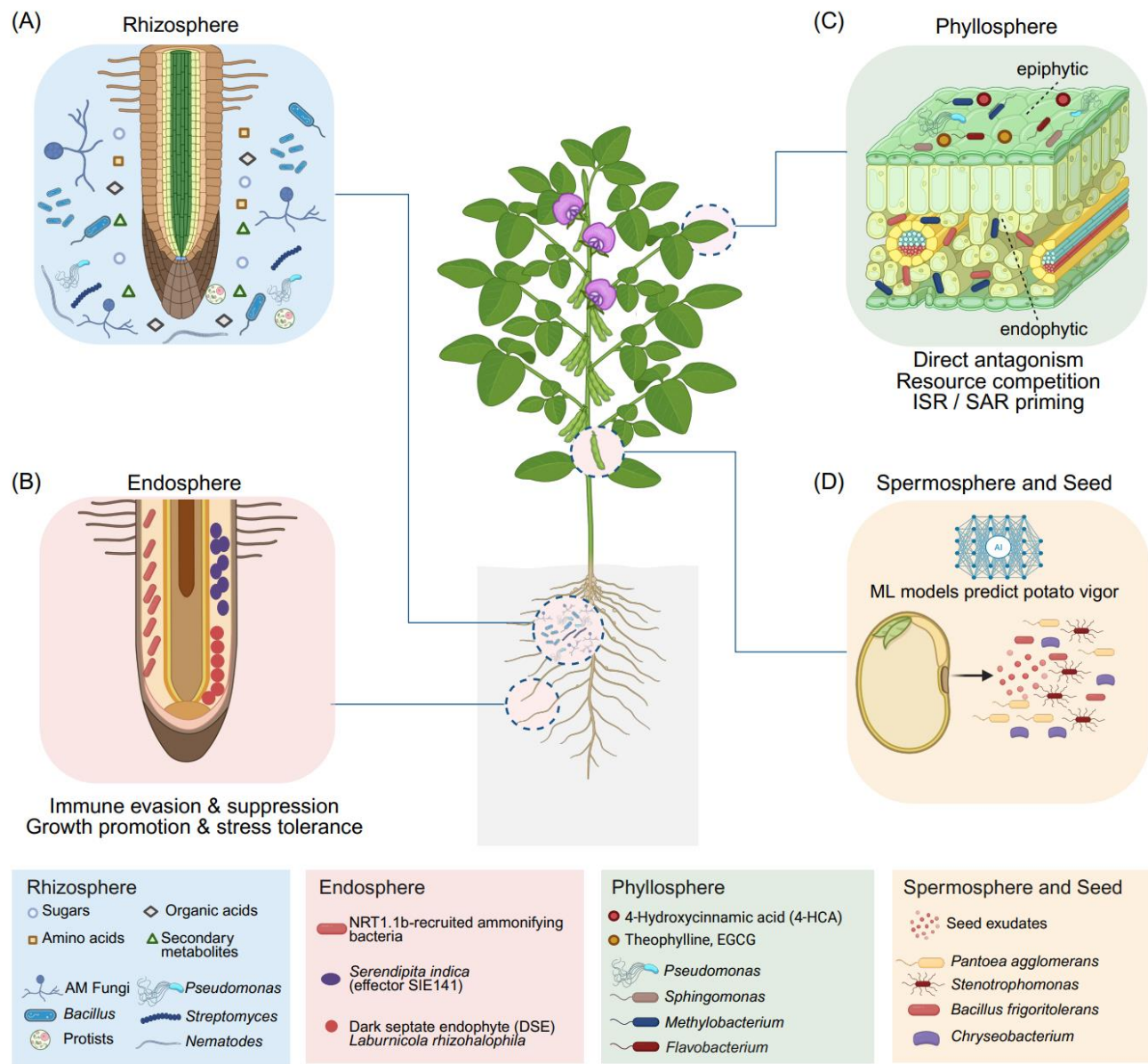


图3. 植物微生物组在生态上被划分为不同的区室：根际、内生际、叶际以及种子际



根瘤菌：豆科植物的兼性内共生体

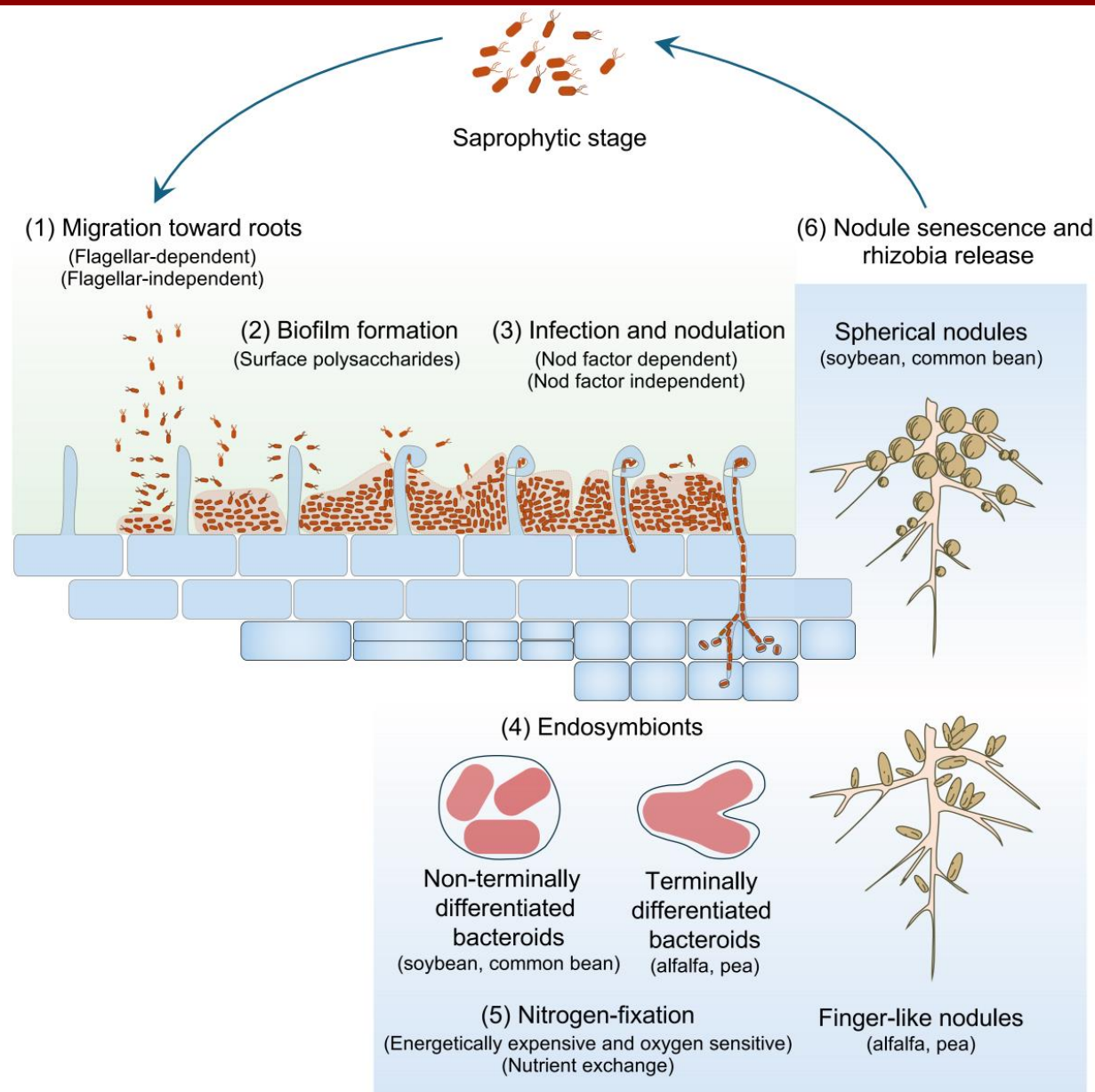


图4. 根瘤菌生活史包括趋化定殖、生物膜形成、侵染结瘤、内共生体形成、固氮及衰老释放根瘤菌等过程

丛枝菌根共生增强植物养分吸收与环境适应性

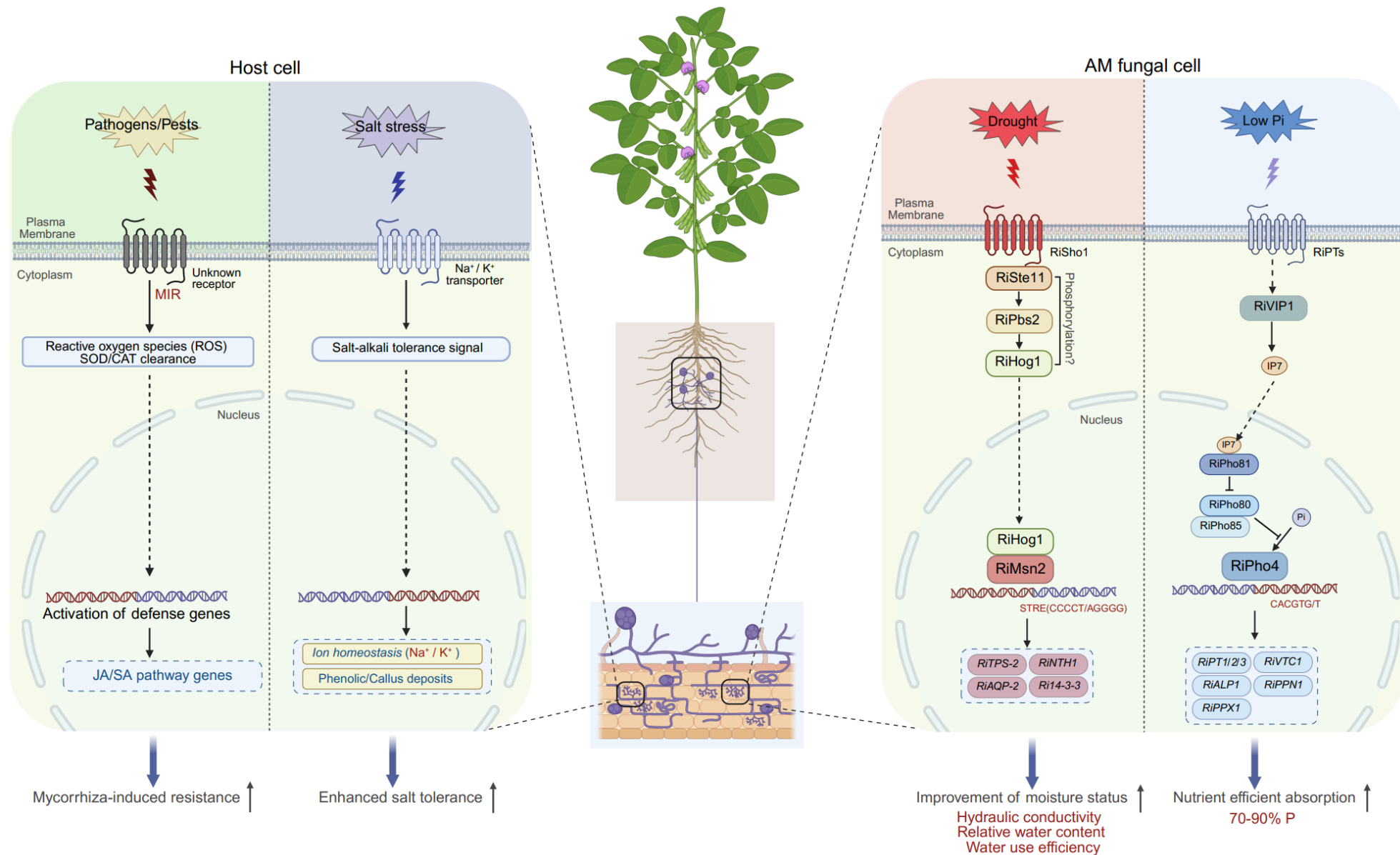


图5. 丛枝菌根（AM）共生增强植物营养吸收与胁迫耐受性



菌根共生中的跨界通讯：效应蛋白与小RNA

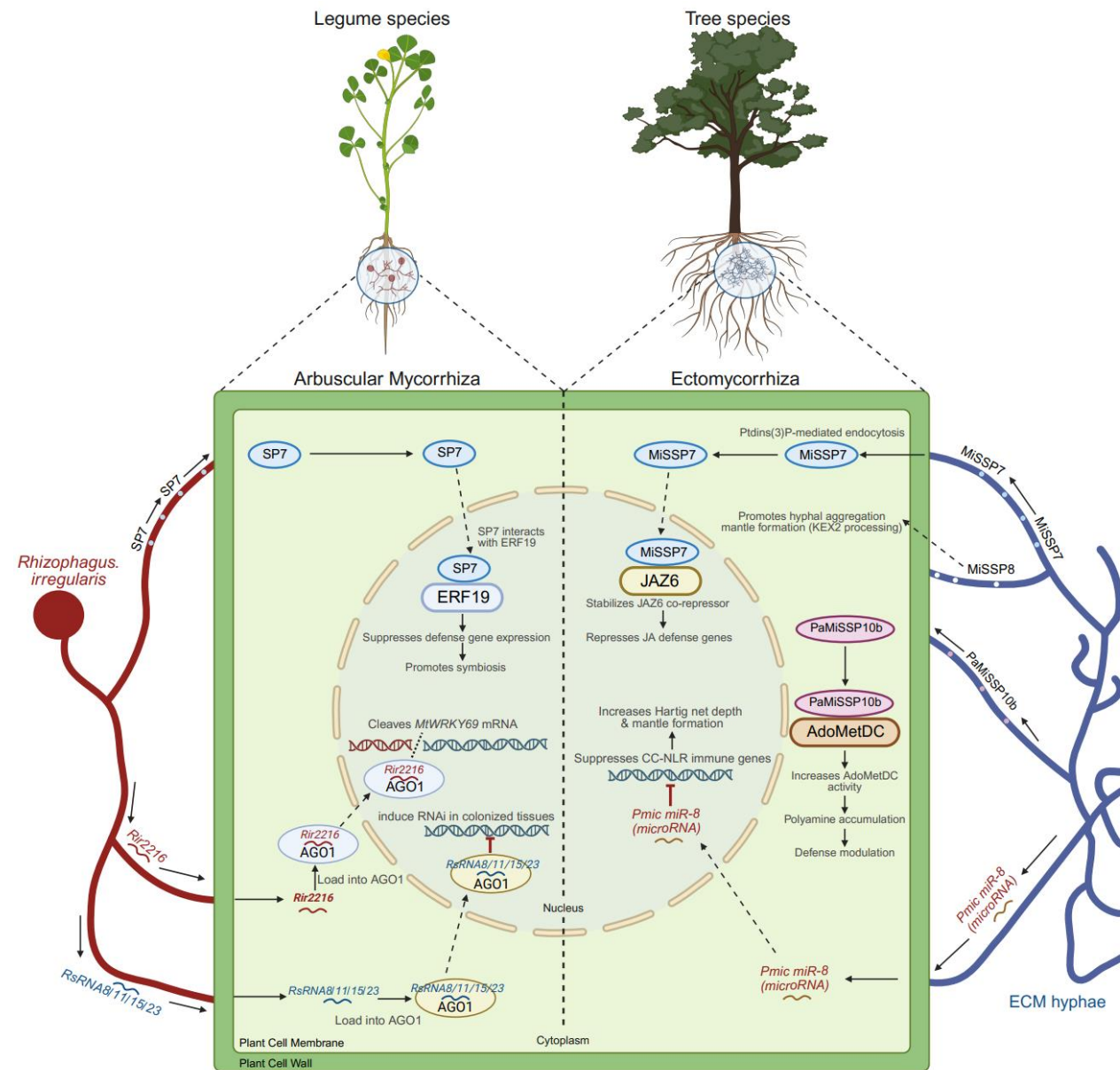


图6. 菌根真菌利用效应蛋白与小RNA双重策略来调控宿主植物的免疫反应



植物-AM真菌-细菌连续体中碳与养分流动及其调控机制

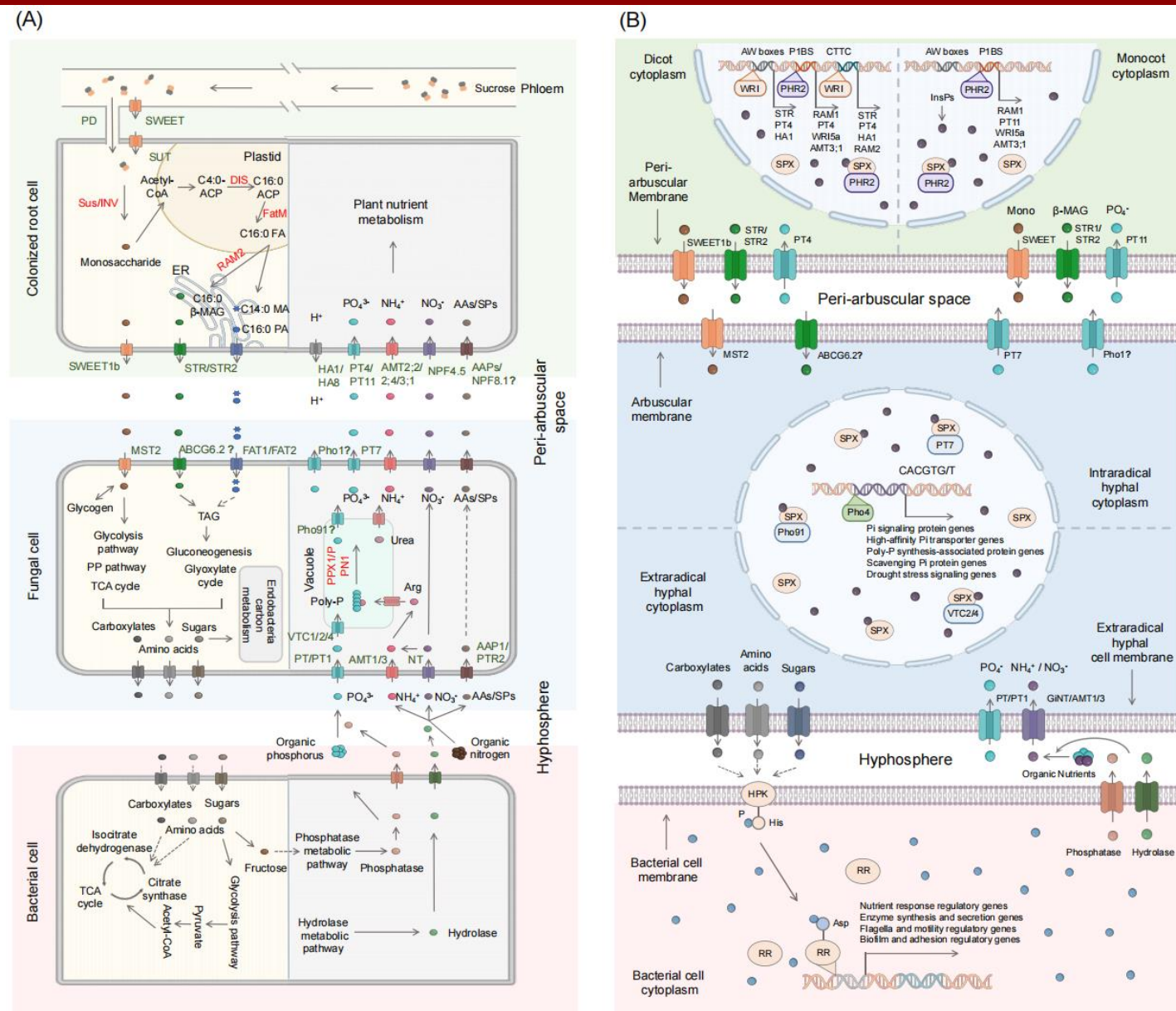


图7. 植物-AM真菌-细菌连续体中碳与养分流动及其调控机制

根瘤与菌根共生的分子细胞生物学及工程改造

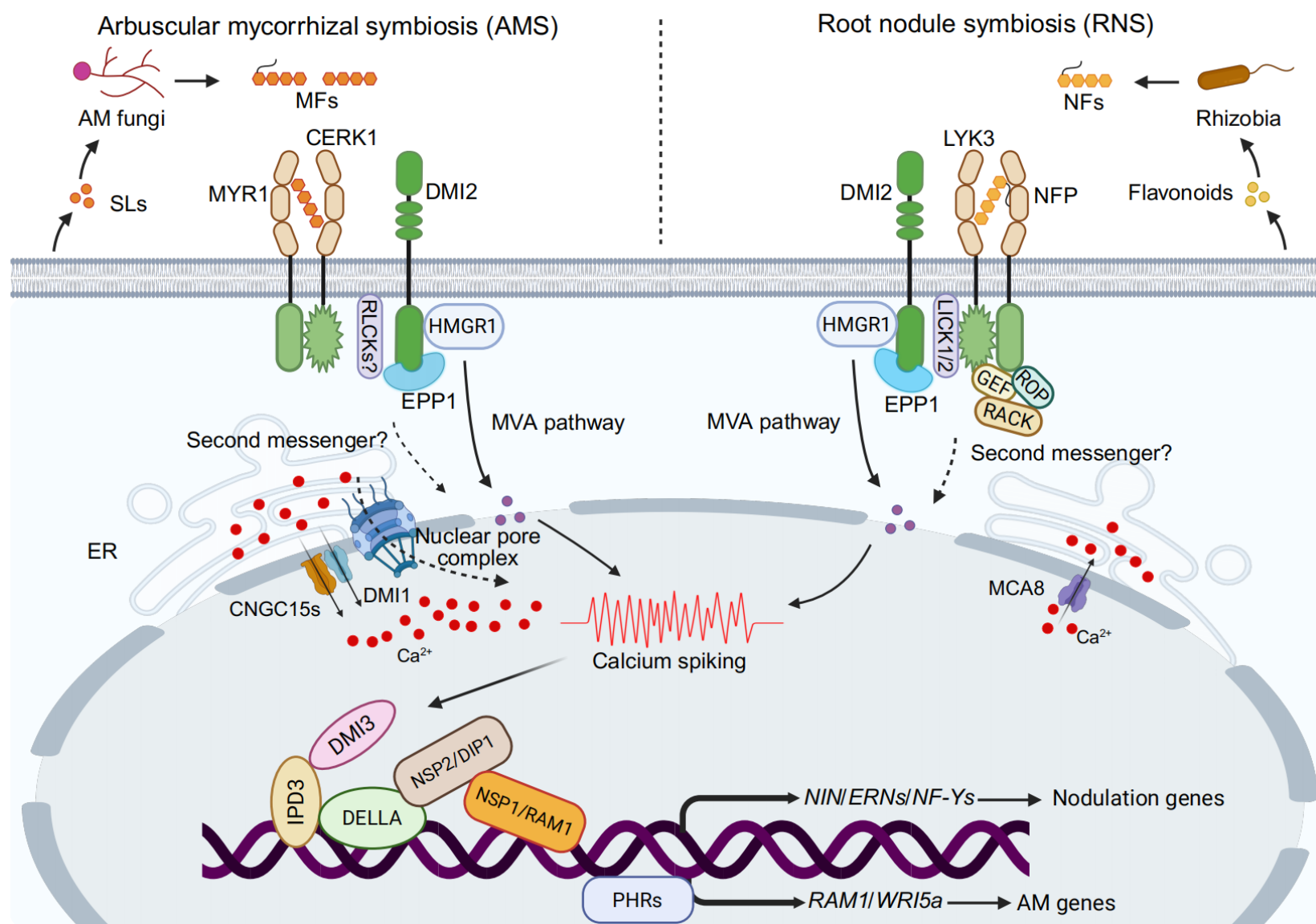


图8. 丛枝菌根共生与根瘤共生共有及特有调控机制

植物-微生物组互作的新界面：气生根黏液际

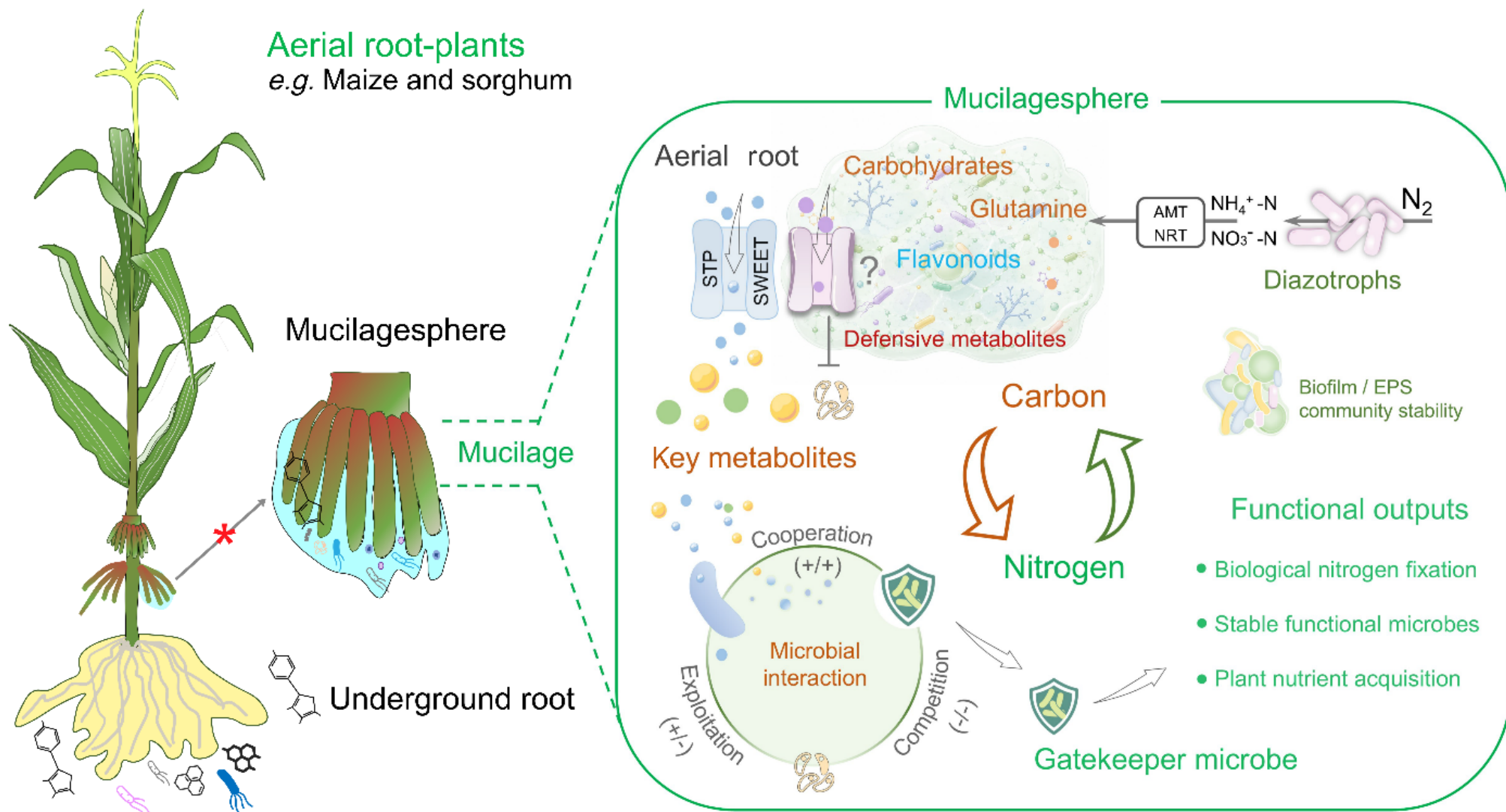


图 9. 植物气生根黏液际-微生物组互作概念模型



叶际微生物组：组成、功能与稳态调控

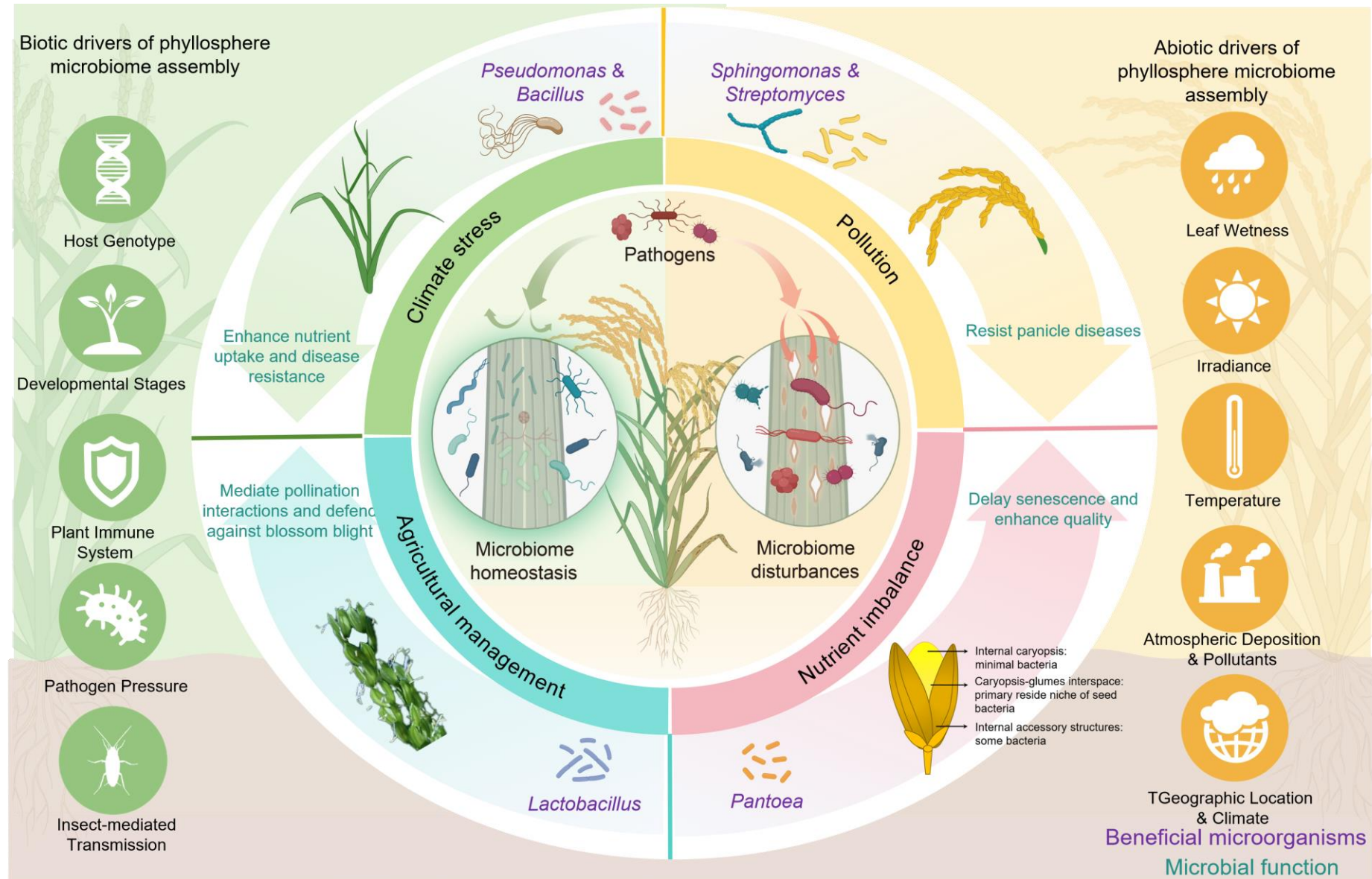


图10. 叶际微生物组在植物健康与稳定性中的作用

植物内生微生物组与种子微生物组的形成过程

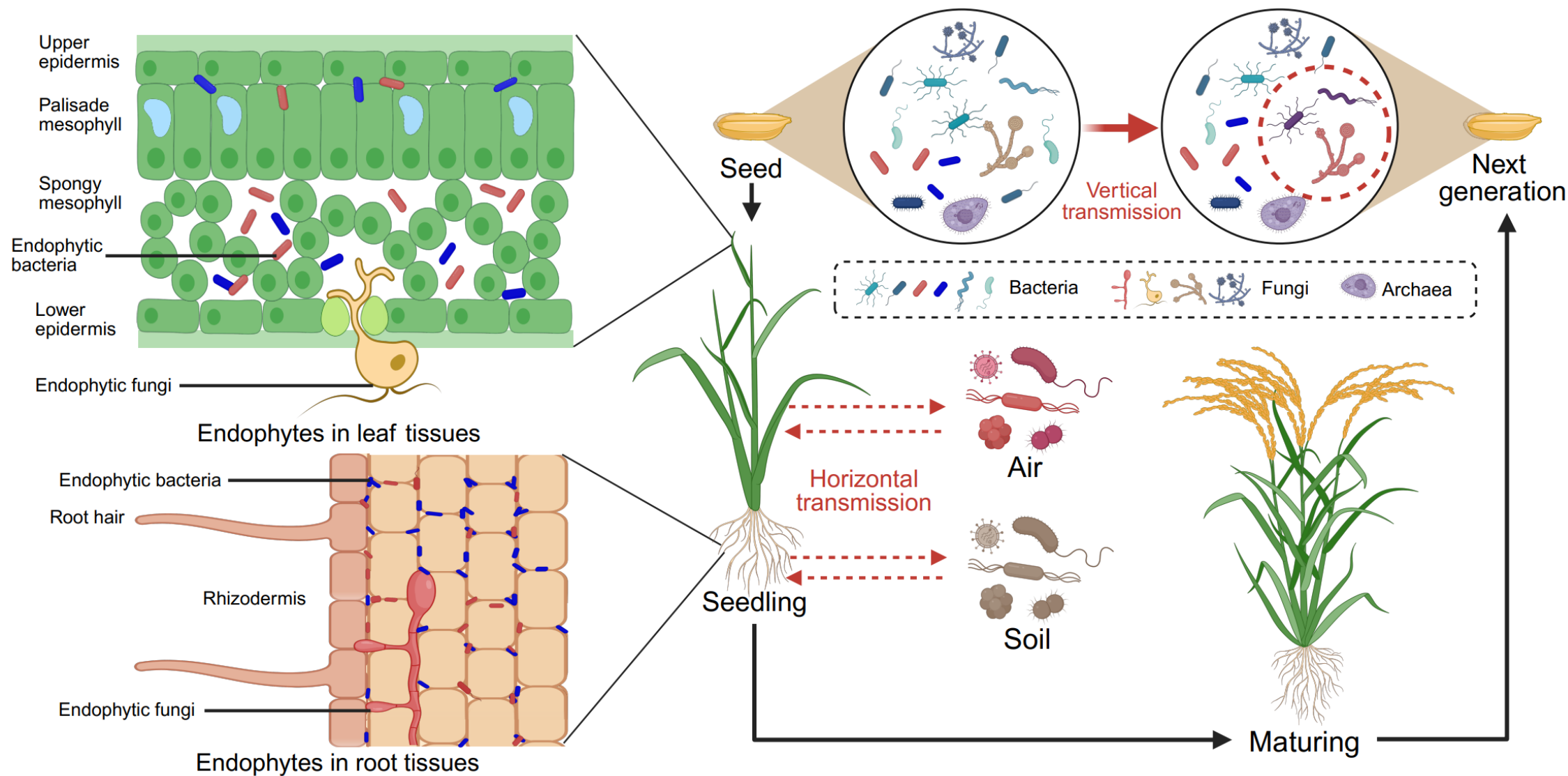


图11. 植物内生微生物组与种子微生物组的形成过程



植物病原微生物组研究进展

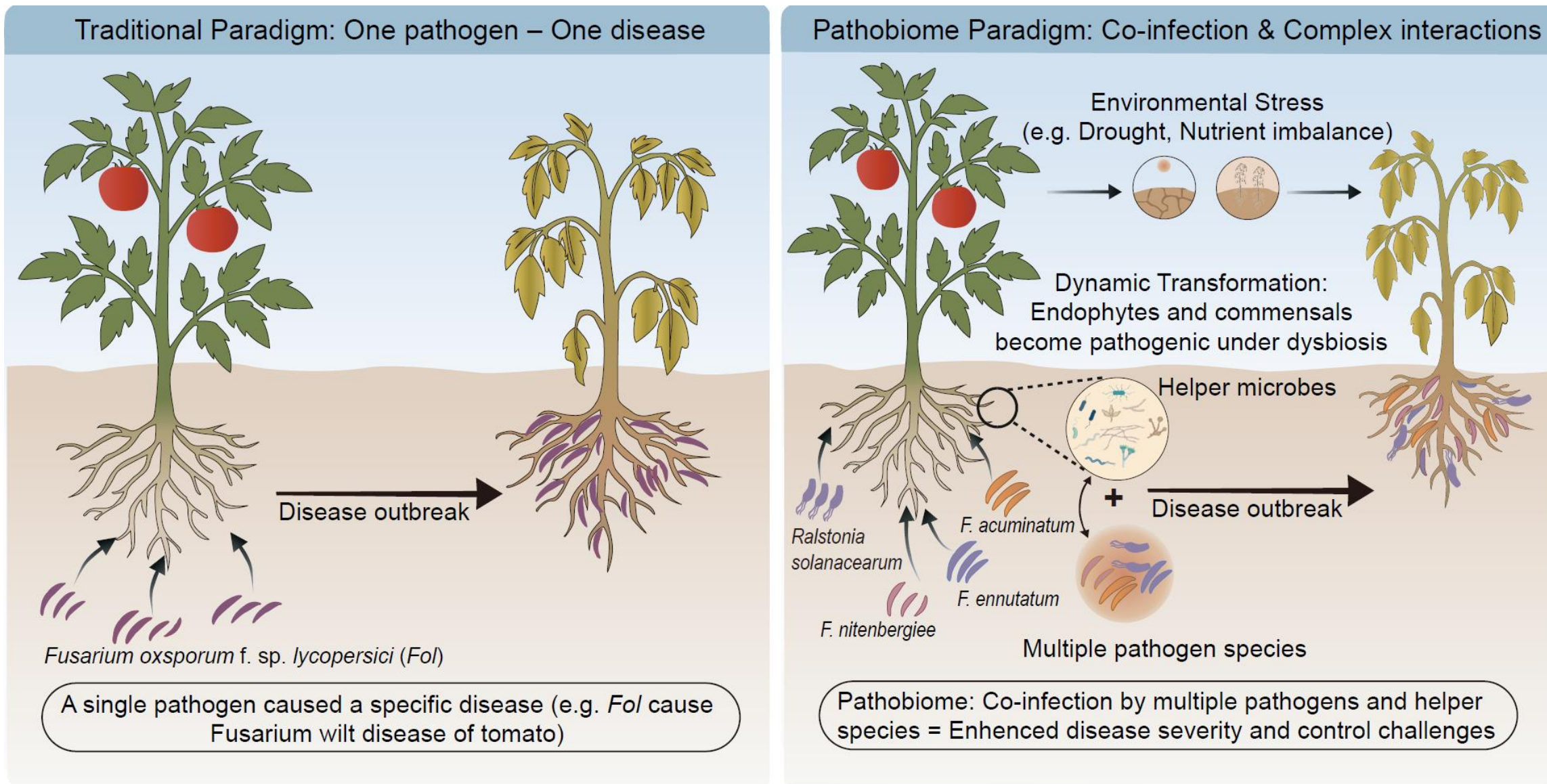
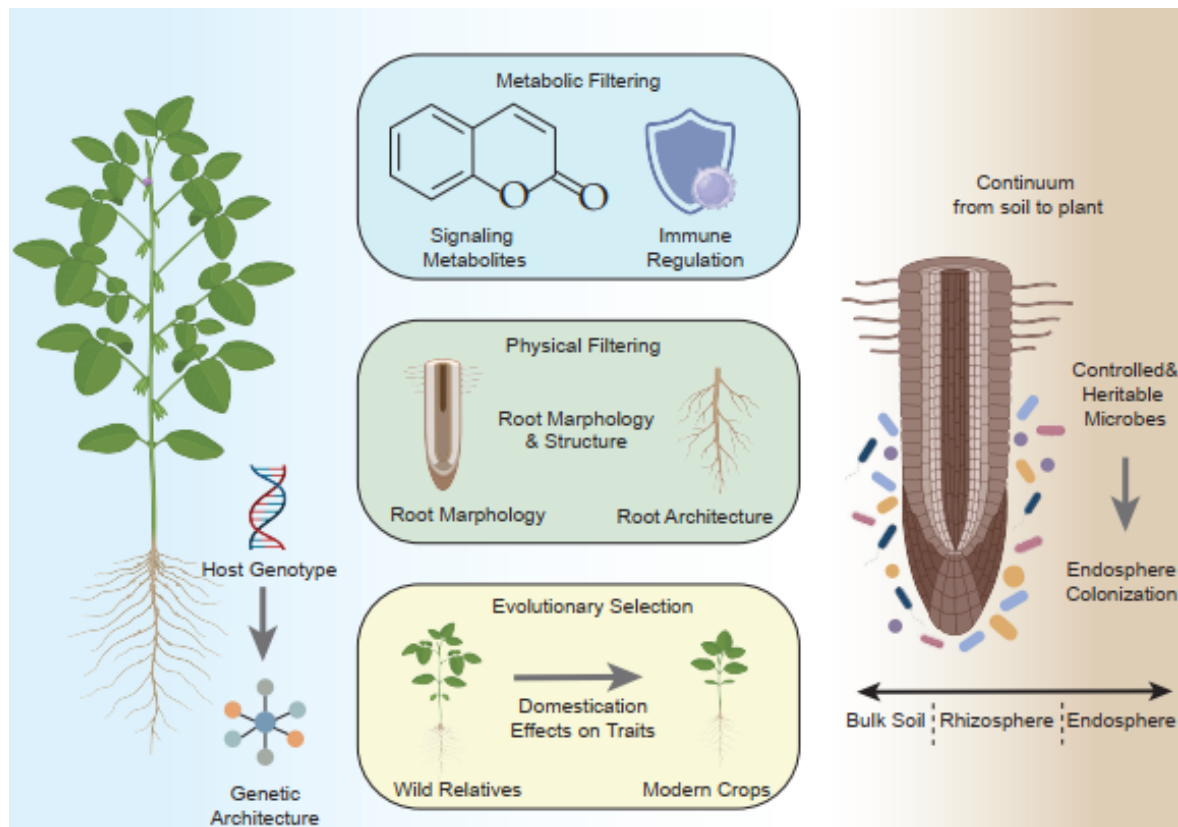


图12. 植物病害认知从传统单病原物种范式到植物病原组范式的概念转变



植物微生物组组装的主要驱动因素

宿主相关过滤机制



环境背景与土壤过滤

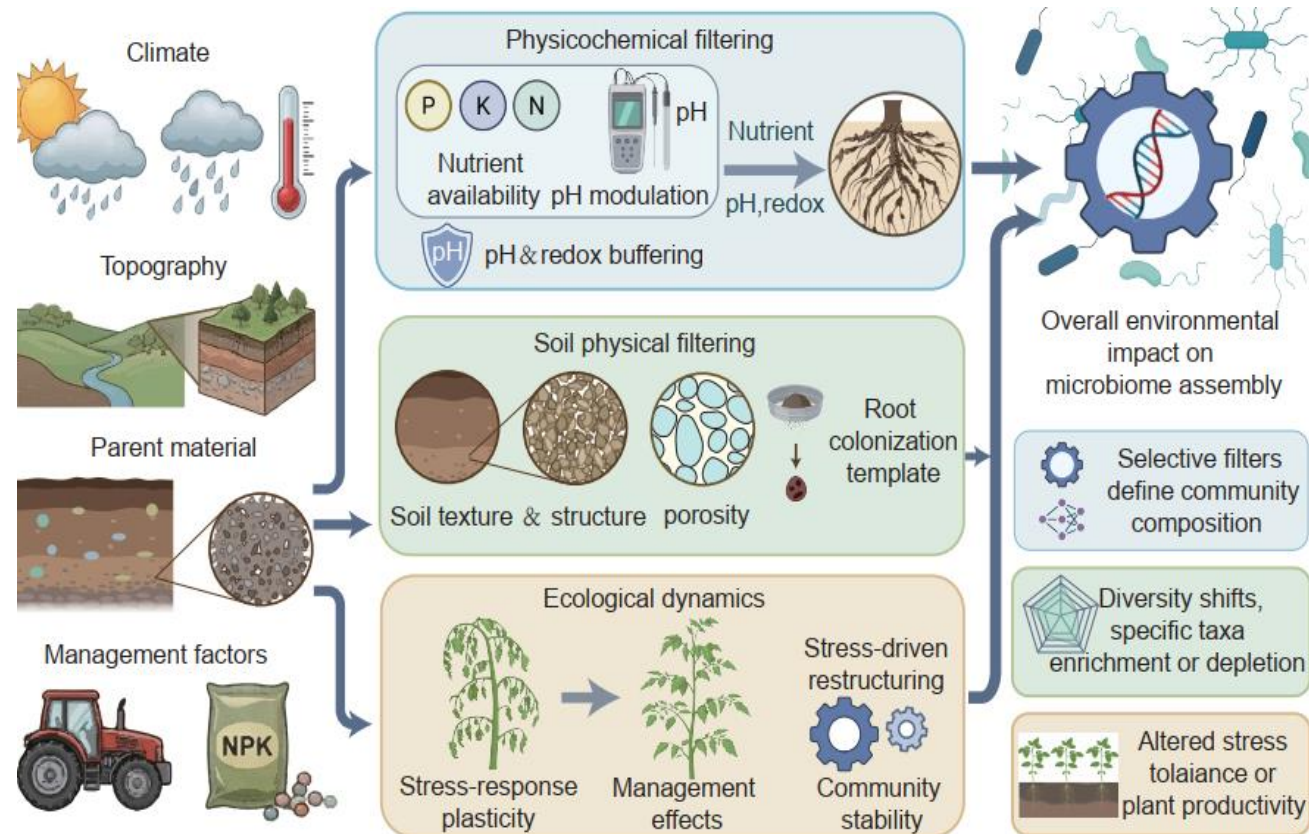


图13-14. 宿主基因型、代谢物与环境背景共同驱动植物微生物组装

革新植物微生物组研究的方法论

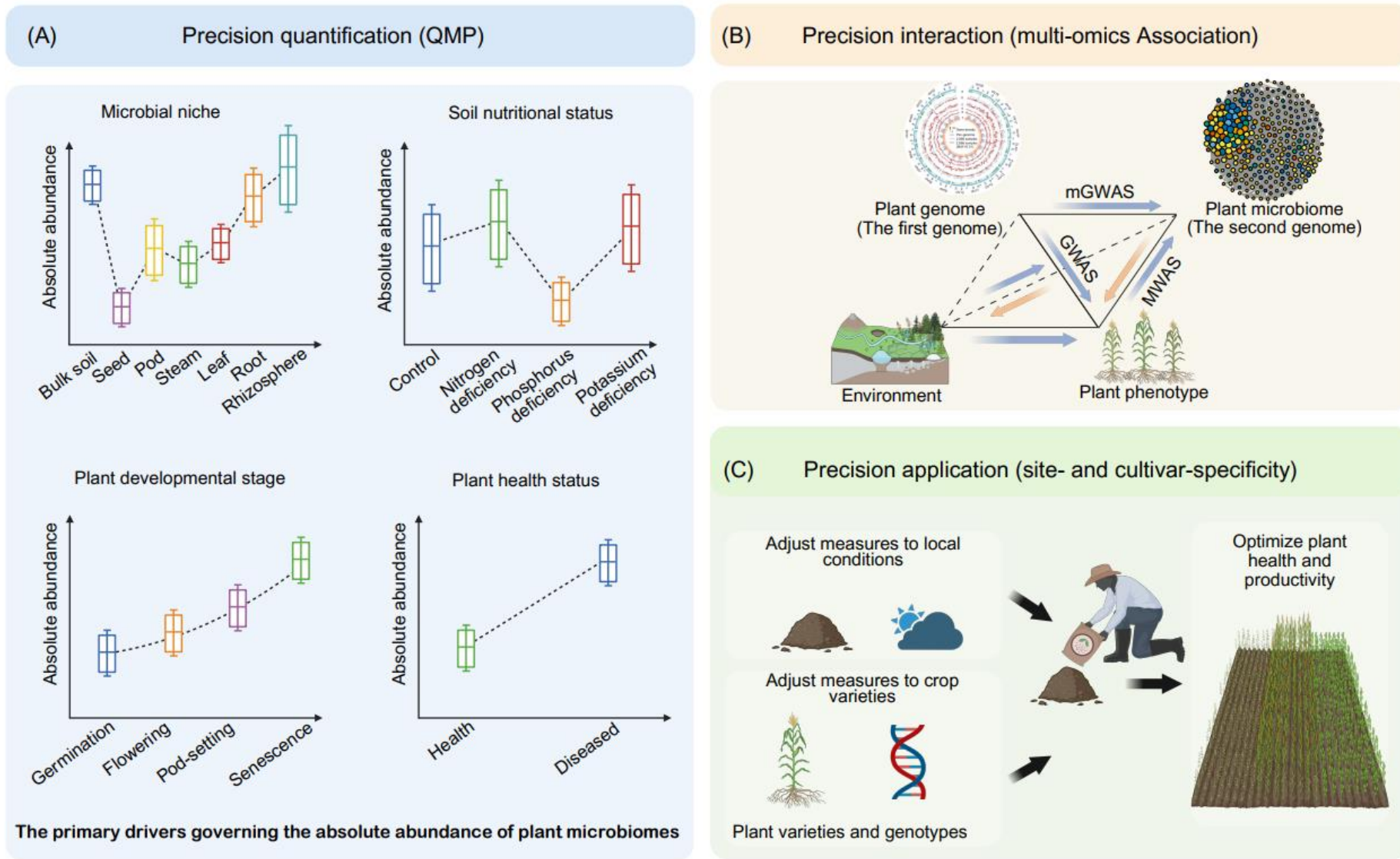


图15. 精准农业微生物组工程（PAME）的整体研究到应用框架



合成微生物群落与微生物组工程

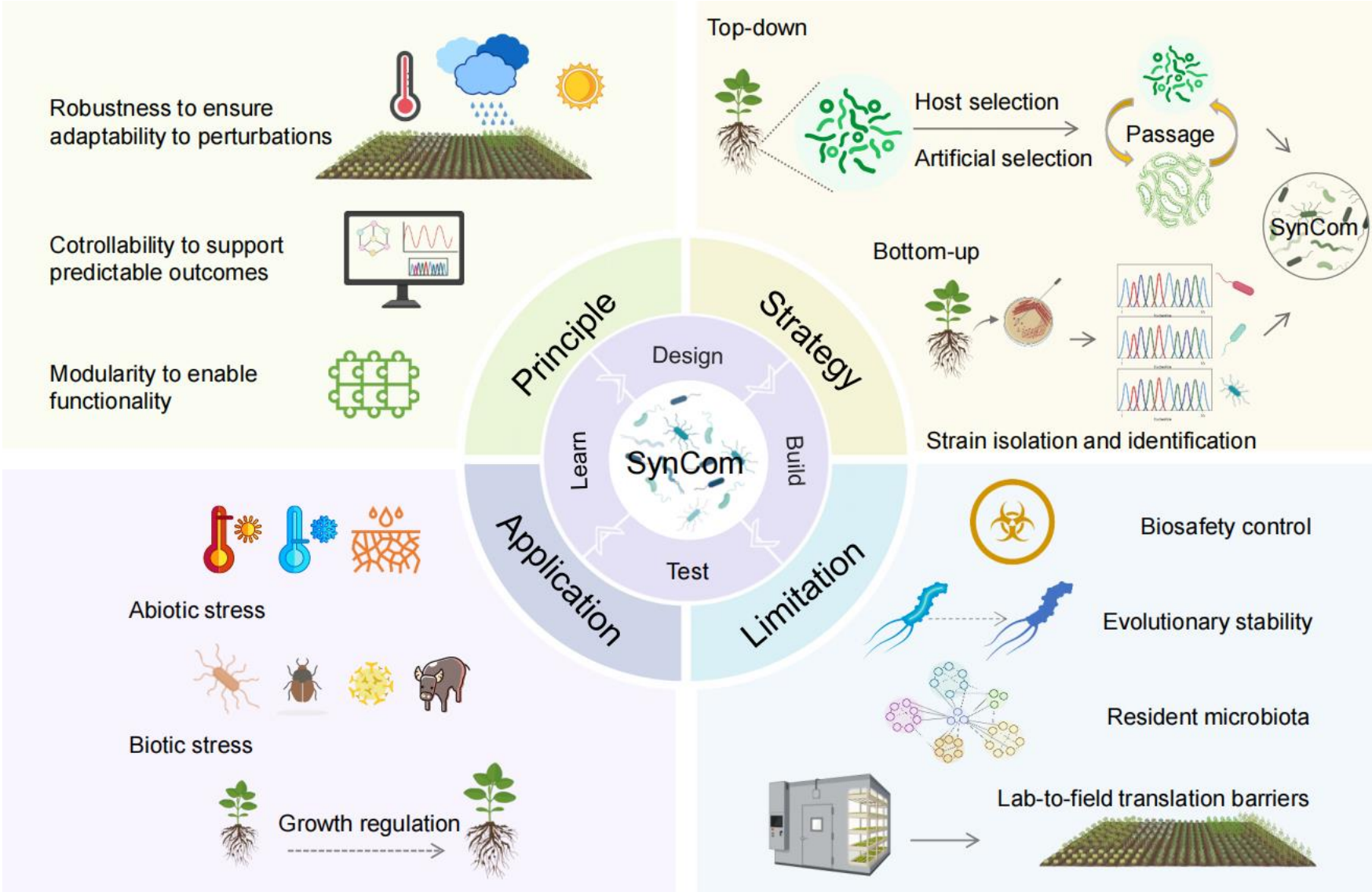
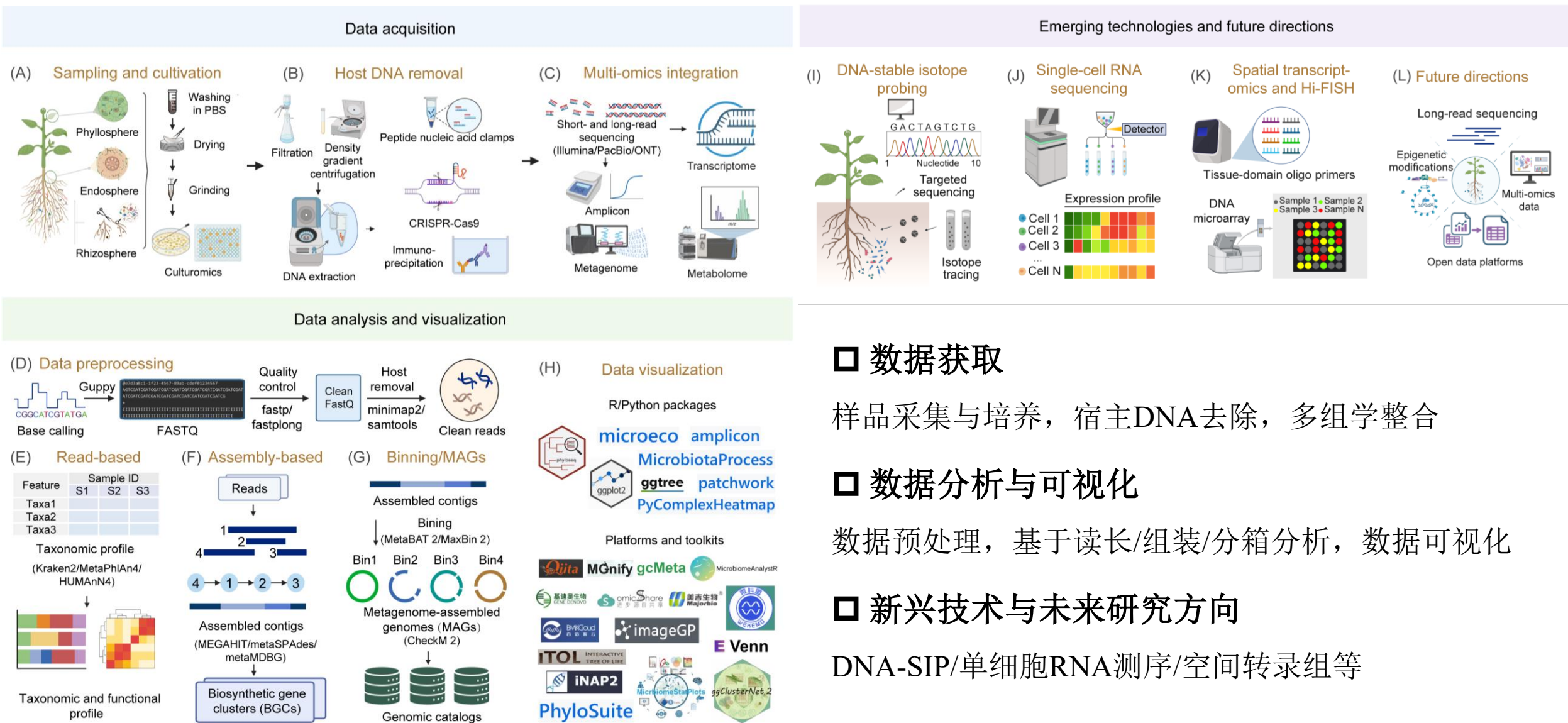


图16. 合成菌群的设计、构建与应用概念框架



植物微生物组研究技术与分析方法



数据获取

样品采集与培养，宿主DNA去除，多组学整合

数据分析与可视化

数据预处理，基于读长/组装/分箱分析，数据可视化

新兴技术与未来研究方向

DNA-SIP/单细胞RNA测序/空间转录组等

图17. 植物微生物组分析框架



植物微生物组的未来展望

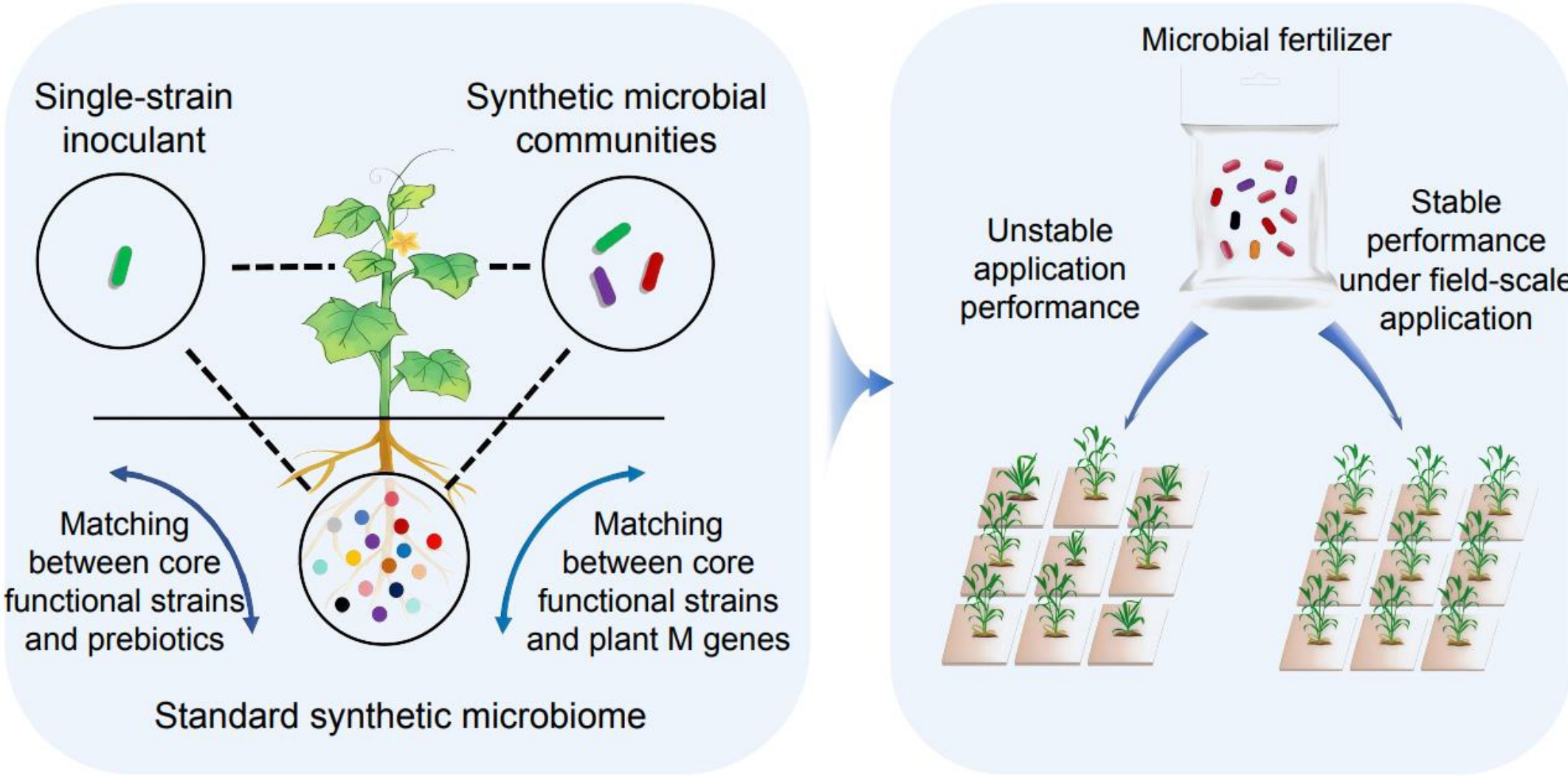
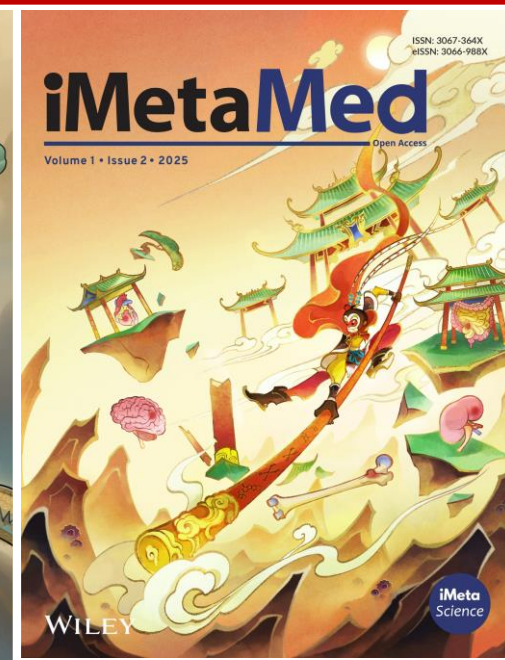
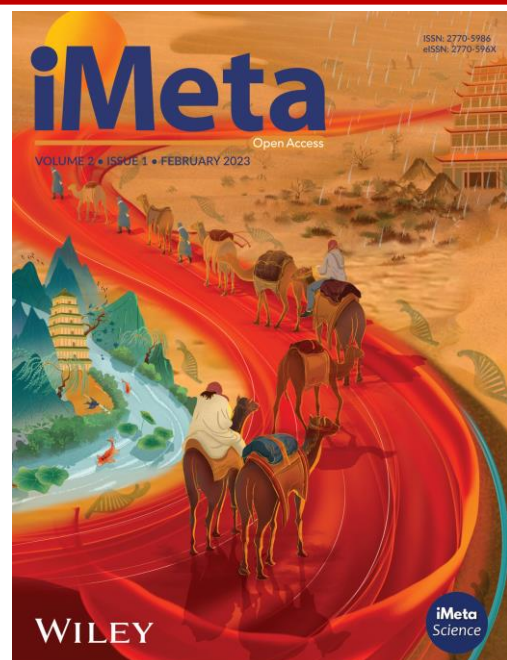


图18. 开发针对作物的标准化合成微生物组产品，以在田间尺度实现稳定的促生、增产与抗病效果



iMeta(宏)期刊由宏科学创办，对标**Cell**的生物/医学综合期刊，**SCIE**、**PubMed**收录，影响因子(IF)44.4，位列全球第47，中国第4，**分区表生物学1区Top**，外审平均21天，投稿至发表中位数87天(比同水平期刊快3倍)，欢迎高影响力的研究、方法和综述投稿，CNS外审稿件可带意见和回复转投。

iMetaOmics (宏组学)，定位IF>15对标**NC/SA**的生物/医学综合期刊，已被**ESCI**、**PubMed**等收录。

iMetaMed (宏医学)定位IF>15的医学综合期刊，欢迎投稿！



主页: <http://www.imeta.science>

出版社: <https://wileyonlinelibrary.com/journal/imeta>



iMeta: <https://wiley.atyponrex.com/journal/IMT2>

投稿: iMetaOmics: <https://wiley.atyponrex.com/journal/IMO2>

iMetaMed: <https://wiley.atyponrex.com/journal/IMM3>



office@imeta.science

imetaomics@imeta.science



宣传片



iMeta



更新日期
2026/6/17