



微生物组介导的植物 ——土壤反馈作为韧性农业的工具

Muhammad Asif¹, Hazrat Bilal¹, 肖敏¹, 董雷^{1*}, 李文均^{1*}

¹水产动物疫病防控与健康养殖全国重点实验室,
广东省植物逆境生物学重点实验室,
中山大学生命科学学院



Asif Muhammad, Hazrat Bilal, Min Xiao, Lei Dong, Wen-Jun Li. 2026. Microbiome-mediated plant-soil feedbacks as a tool for resilient agriculture. *iMetaOmics* 3: e70112. <https://doi.org/10.1002/imo2.70112>

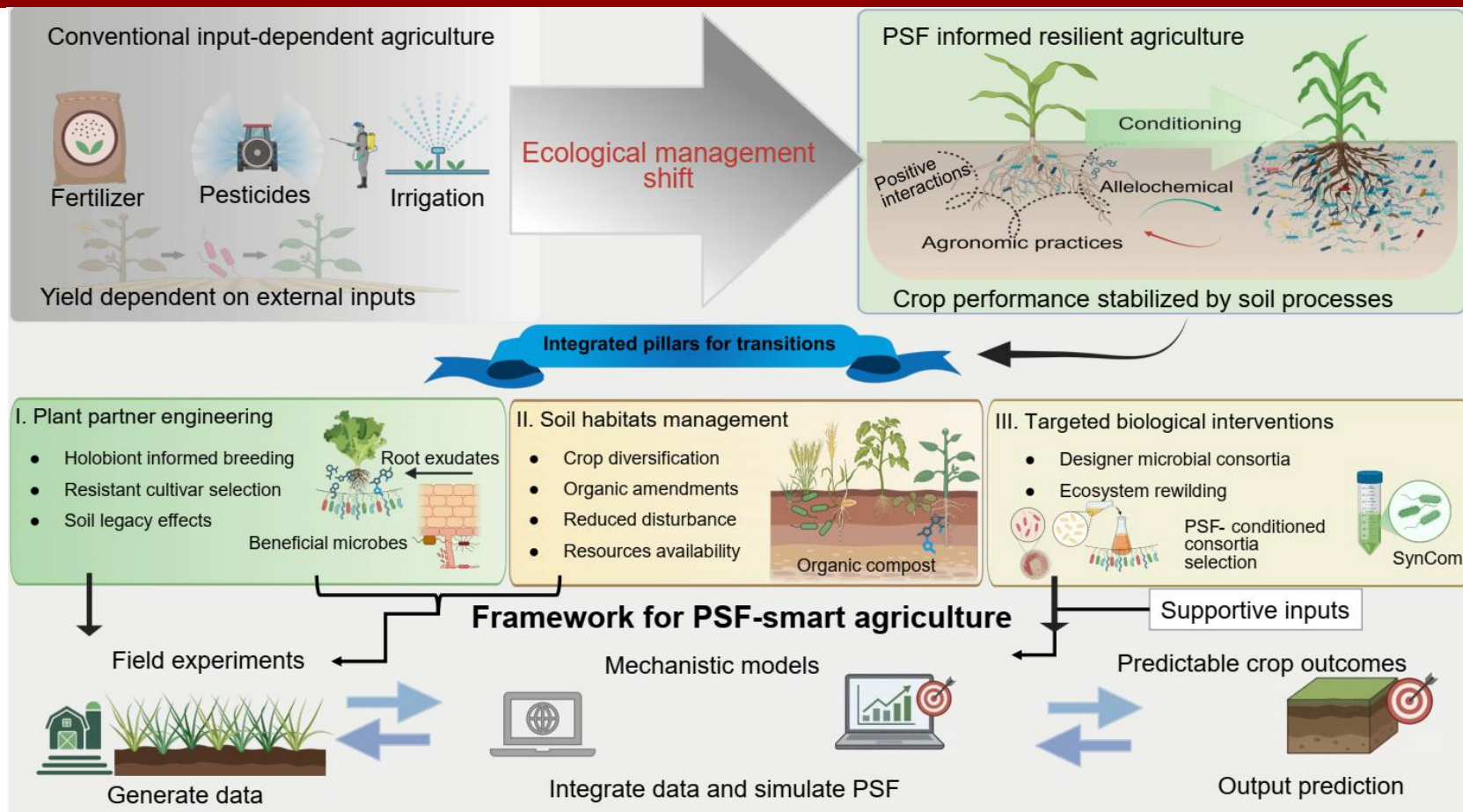


植物 - 土壤反馈 (PSF) 为何不容忽视

- 宏观态势：全球粮食供需失衡，人口持续增长压迫资源红线。
- 现状审视：传统农业生产模式长期依赖高投入驱动，可持续性局限已达临界点。
- 范式转型：摒弃“投入—产出”逻辑，完成从要素驱动到生态驱动的范式转变。
- 核心路径：解析植物—土壤—微生物动态耦合机理，系统厘清农田生态内部复杂生物互作网络，以此作为农田系统提质增效的底层科学依据。



亮点



- 植物-土壤反馈（PSF）通过调控根际微生物互作决定作物产能。
- 宿主基因调控根系分泌物组成，进而重塑微生物群落，由此可定向构建正向PSF，实现养分循环提升与土传病害抑制。
- 倡导将微生物组辅助育种与诊断-适应性管理循环相结合，打通从实验室到田间的转化通道，从而克服PSF理论在实际应用中的落地障碍。
- 依托多组学整合技术，可实施因地制宜的农艺与微生物协同调控措施，以此替代对农用化学品的高度依赖。



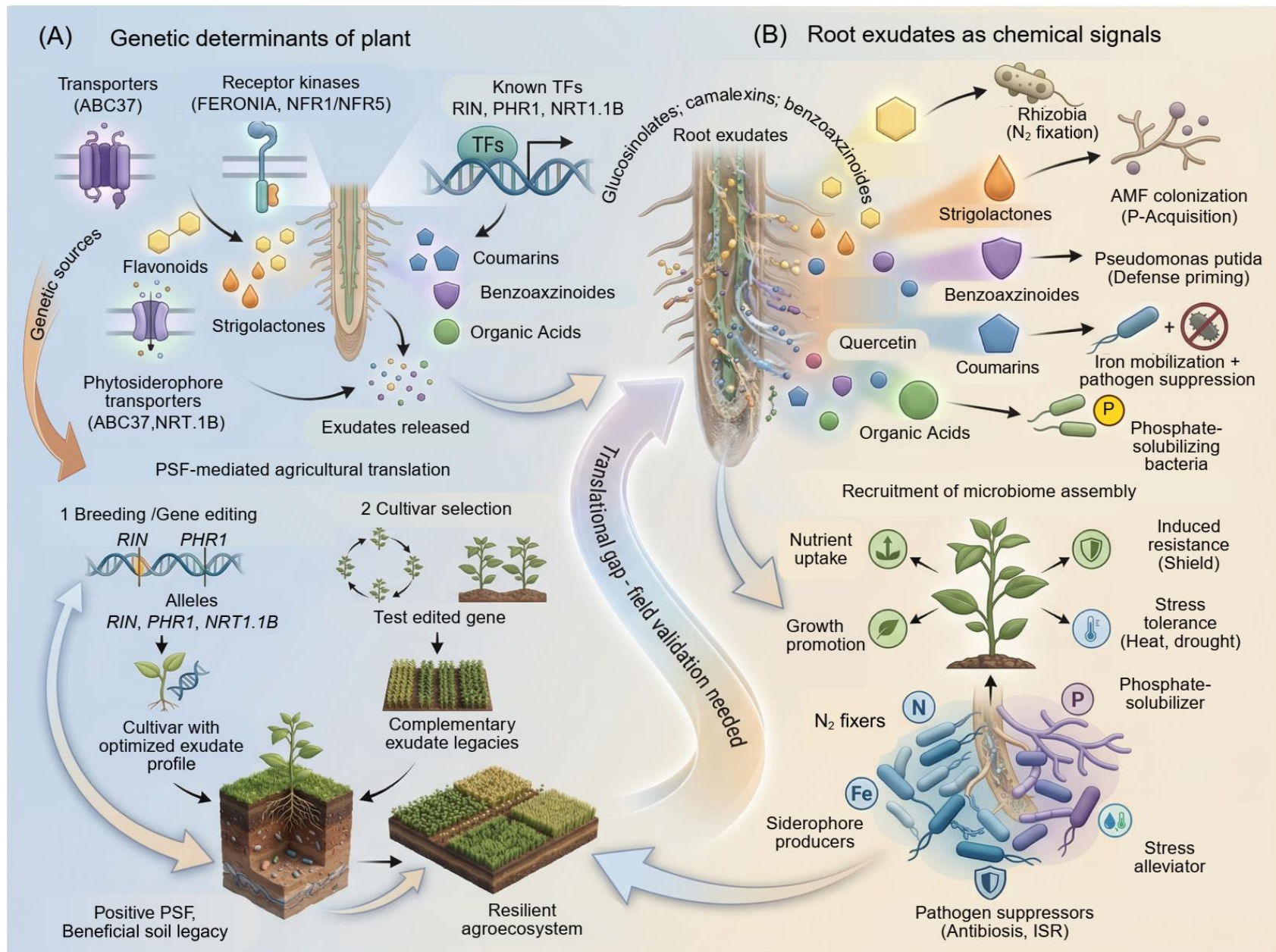
-
- (A) Crop resistance and improved growth and yield**
- The diagram illustrates the process of crop rotation and its impact on plant-soil feedback (PSF). It shows a cycle where crop rotation leads to improved growth and yield, which in turn leads to crop resistance. The PSF effect is shown as a direct effect on the plant and an indirect effect on the soil. The soil is shown with various microbial communities, including bacteria and fungi, and the plant is shown with its root system. The PSF effect is shown as a direct effect on the plant and an indirect effect on the soil. The soil is shown with various microbial communities, including bacteria and fungi, and the plant is shown with its root system.
- (B) Negative PSF and Positive PSF**
- The diagram illustrates the effects of negative and positive plant-soil feedback (PSF). Negative PSF is shown as a cycle where a plant's presence leads to negative interactions in the soil, resulting in less nutrient availability, modified soil moisture and texture, and reduced diversity. Positive PSF is shown as a cycle where a plant's presence leads to positive interactions in the soil, resulting in more nutrient availability, improved soil moisture, and improved microbiota. The diagram also shows the effects of conspecific feedback (CFB) and heterospecific feedback (HSFB) on the soil.
- (C) Individual Plant-Soil Feedback and Farmland level**
- The diagram illustrates the relationship between individual plant-soil feedback and the farmland level. It shows a cycle where individual plant-soil feedback leads to plant diversity, which in turn leads to plant immunity, plant productivity, and resources. The farmland level is shown as a cycle where resources, nutrients, and interactions lead to plant diversity, which in turn leads to plant immunity, plant productivity, and resources. The diagram also shows the effects of plant-soil feedback (PSF) on the farmland level.

图 1 植物-土壤反馈 (PSF) 动态对作物抗性、生长及产量的影响

驱动植物-土壤反馈的微生物作用机制与代谢通路

- 这些分子位点——FERONIA、RIN、PHR1、FIT、NRT1.1B——正从科研工具逐步转变为支持微生物组辅助育种的关键靶点。
- 根部分泌物构成植物实时塑造根际微生物组的主要生化界面。

图 2 根部分泌物的遗传调控、微生物组的招募机制及其在植物-土壤反馈 (PSF) 驱动农业中的转化应用





土壤分解者在植物-土壤反馈中的双重功能

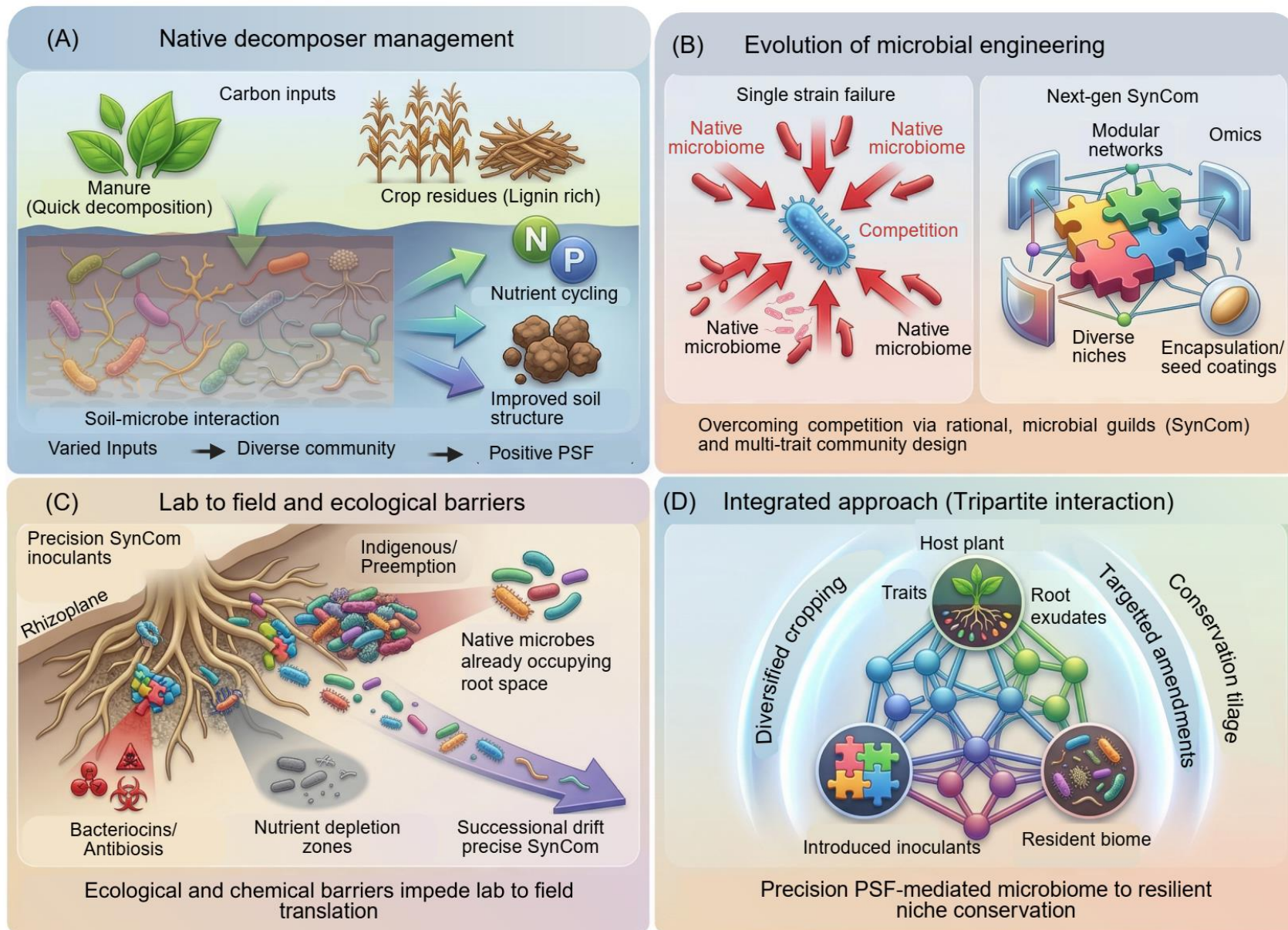


图 3 构建正向植物-土壤反馈的微生物工程：调控策略、现存挑战与整合技术路径



农艺管理措施：植物-土壤反馈的调控工具

- 农艺措施与养分资源调控共同构成植物-土壤反馈体系的诊断调控策略。
- 农艺措施是整套调控体系的基础框架，依托保护性耕作提升土壤团聚体稳定性。
- 对土壤资源进行时序化精准管理，能够优化植物-土壤反馈效应。
- 稳定的作物-土壤耦合系统与正向土壤反馈可实现两大核心目标：
降低土壤病原菌丰度；
提升作物健康水平与产量。

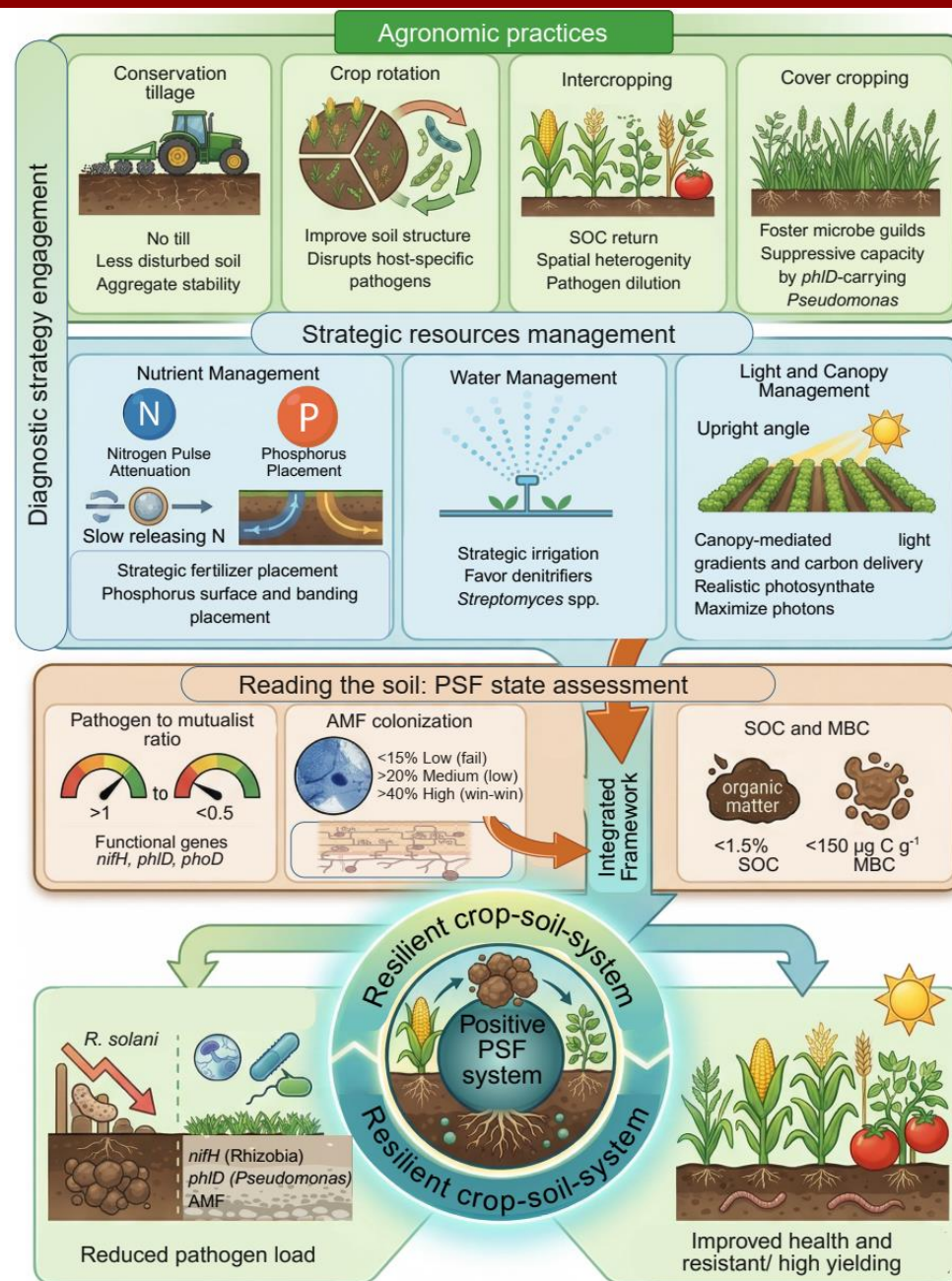


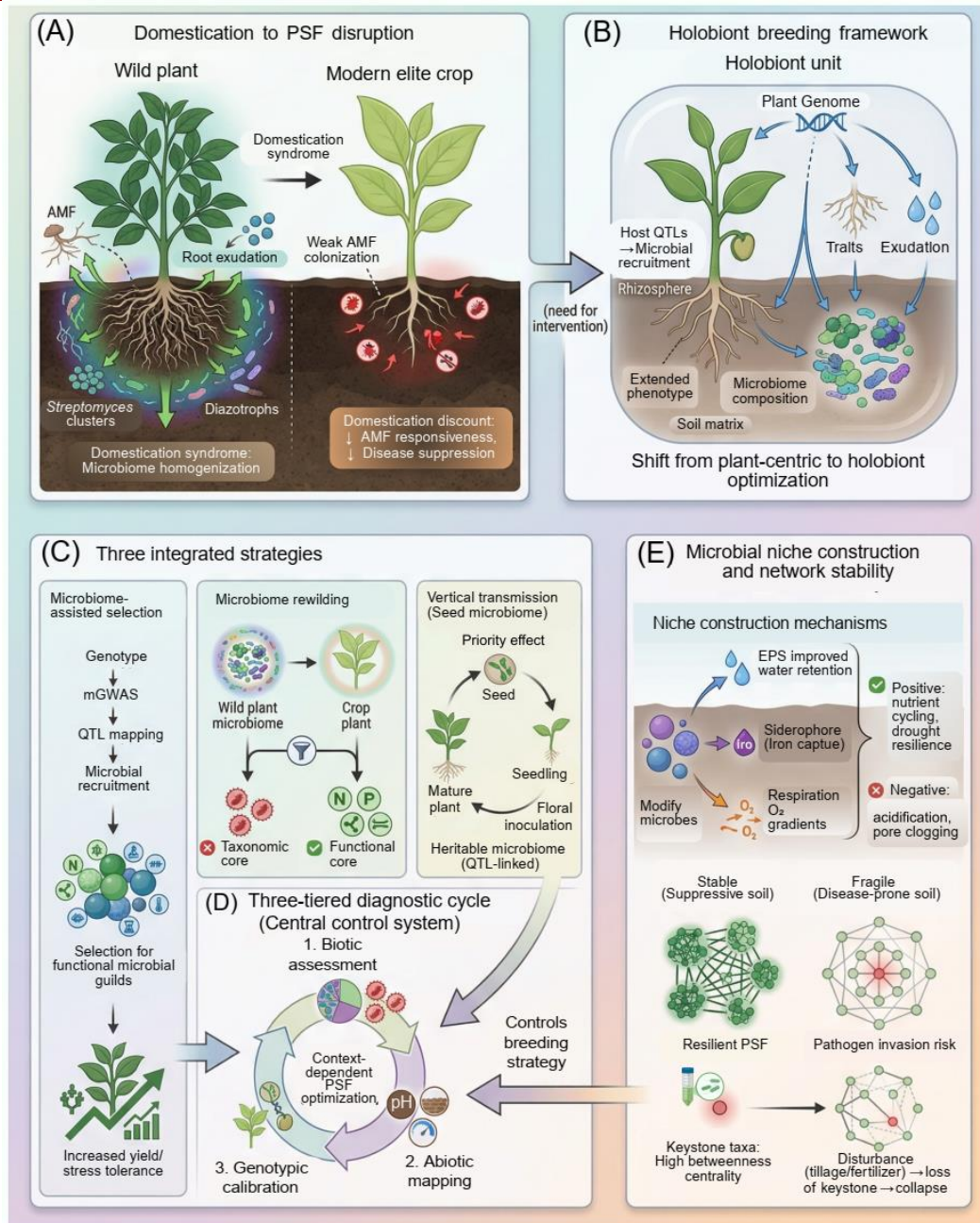
图 4 韧性农田生态系统中PSF调控操作管理框架



PSF综合调控策略：微生物组辅助选择、野化修复、垂直传播调控

- 驯化综合征会使微生物组各类活性功能的响应能力下降。
- 解决方案为选育带有驯化损耗特征的优良作物种质。
- 为实现正向植物-土壤反馈，整套调控技术体系以共生功能体育种为核心。
- 三大核心技术路径必不可少：微生物组辅助选择、微生物组野生化修复、微生物垂直传播调控。

图 5 整合“全生物体育种、微生物复野与生态位构建”，实现正向PSF工程化调控





从生态学原理到PSF预测模型：一个系统性管理框架的构建

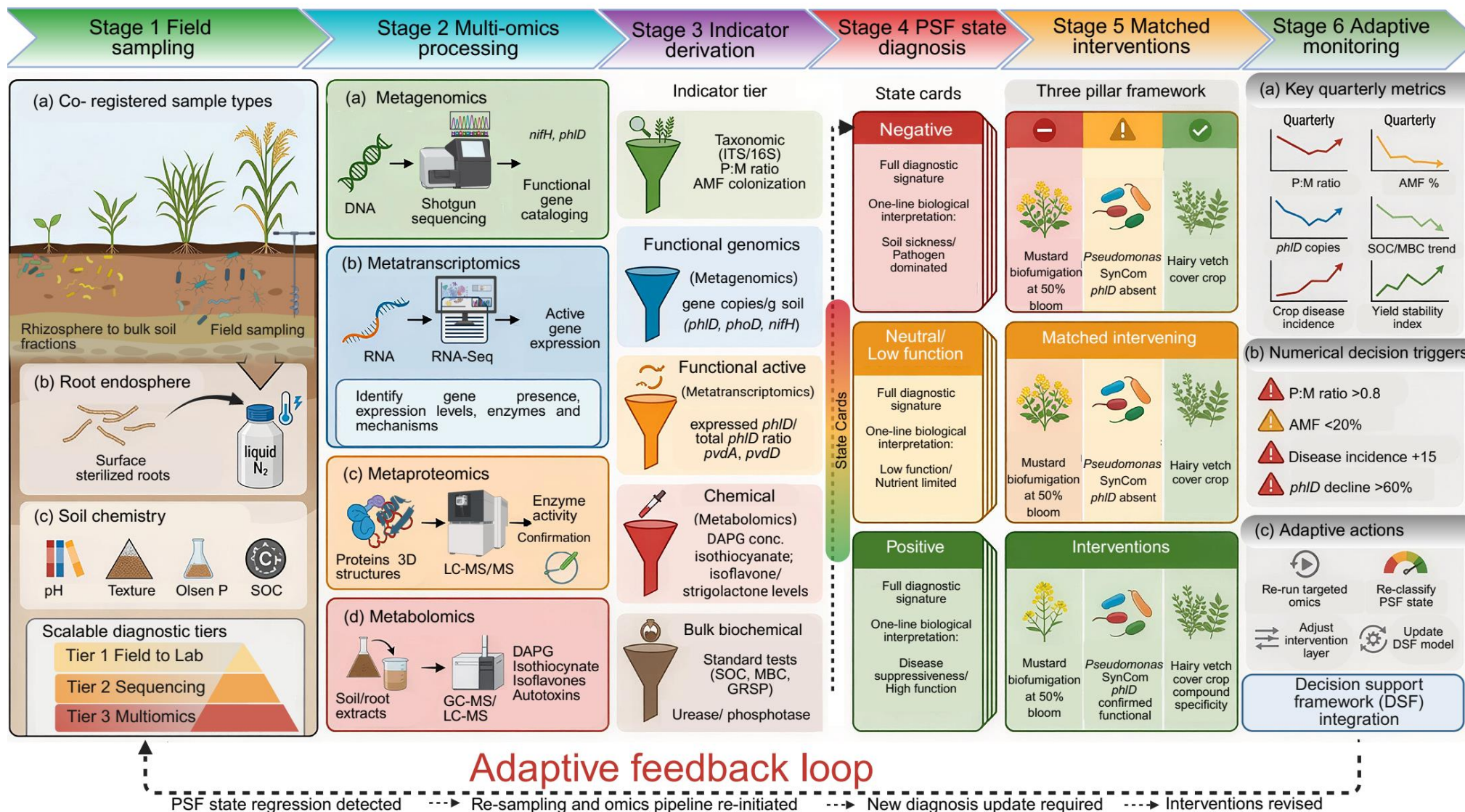


图 6 基于多组学解析植物 - 土壤反馈 (PSF)、服务农业决策的全流程调控技术体系



总结

- 植物-土壤反馈（PSF）具备可预测性与可量化特征；
- 宏组学（Meta-omics）是实现该目标的赋能技术；
- “三大支柱” 框架的核心在于整合性而非简单的累加；
- 本体系的终极发展目标是构建生态驱动型农业生产模式。

Asif Muhammad, Hazrat Bilal, Min Xiao, Lei Dong, Wen-Jun Li. 2026. Microbiome-mediated plant-soil feedbacks as a tool for resilient agriculture. *iMetaOmics* 3: e70112. <https://doi.org/10.1002/imo2.70112>

iMeta(宏): 生物和医学顶级成果发表平台

iMeta WILEY



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](http://www.imeta.science)



更新日期
2026/6/17