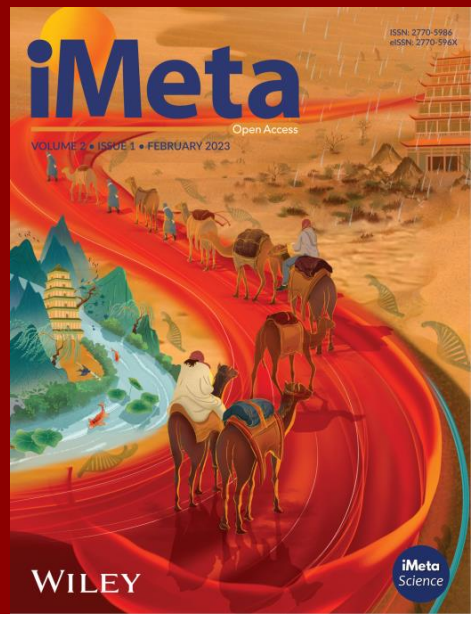
合成芽孢杆菌菌群中的细菌社会互作促进植物生长

刘妍[1, 2#], 贾保磊[2 #], 任轶[1#†], 荀卫兵[1], Polonca Stefanic[3], 杨天杰[1], 缪有志[1], 张楠[1], 姚燕来[2], 张瑞福[1], 徐志辉[1*], 沈其荣[1*], Ines Mandic-Mulec[3*]

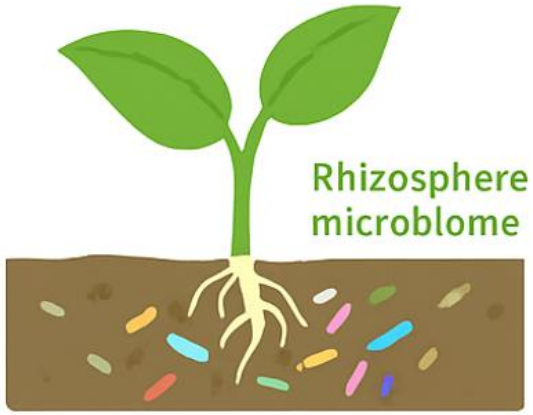
[1]南京农业大学
[2]湘湖实验室（农业浙江省实验室）
[3]卢布尔雅那大学
[†]南京师范大学



Yan Liu, Baolei Jia, Yi Ren, Weibing Xun, Polonca Stefanic, Tianjie Yang, Youzhi Miao, et al. 2025. Bacterial social interactions in synthetic *Bacillus* consortia enhance plant growth. ***iMeta*** 4: e70053. https://doi.org/10.1002/imt2.70053.

研究背景与目标

植物根际微生物组重要性

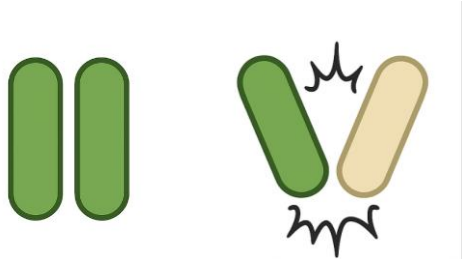


- 根际微生物组被称为植物的“第二基因组”，对植物生长、营养吸收和健康至关重要。
- 植物微生物组被认为是下一次绿色革命的基础。
- PGPR被广泛用作微生物接种剂，能直接或间接促进植物生长。

问题与挑战：接种剂有效性受限

- 微生物接种剂通过调节群落多样性、抑制病原菌、促进有益菌等多种机制影响植物微生物组。
- 其效果受复杂微生物社会互作影响，尤其是资源竞争与合作行为。
- 合成菌群功能更强但稳定性受菌株间相互作用影响，尚缺乏有效设计策略。

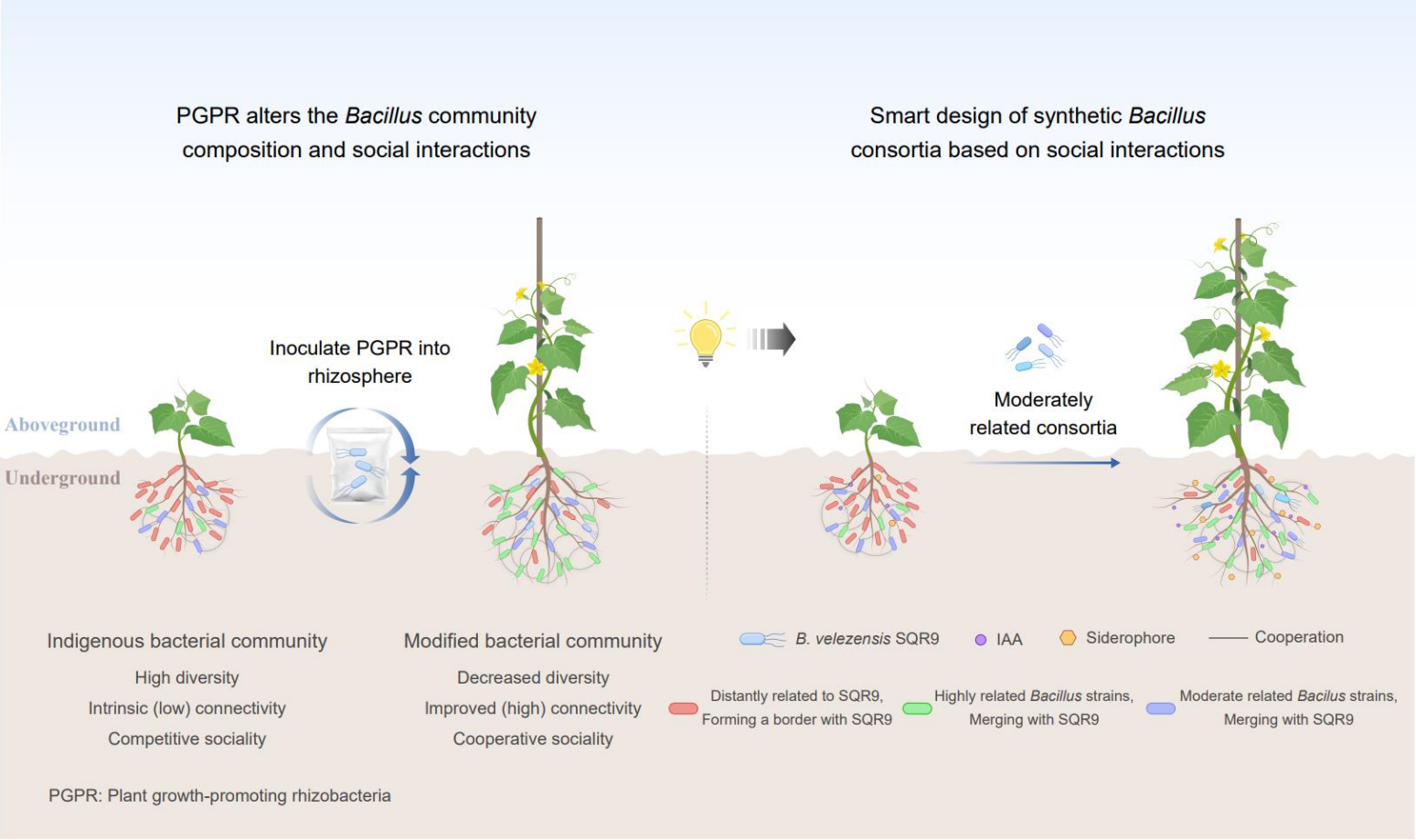
研究聚焦：芽孢杆菌社会互作与亲缘识别机制



- *Bacillus* 属在根部定殖过程中具有复杂社会行为，如群游、亲缘识别（Kin discrimination）等。
- 亲缘菌株更易融合并共同形成生物膜，非亲缘菌株倾向排斥。
- 如何将群落系统发育结构与社会行为及促生功能建立联系，是当前研究难点。

研究目标：解析 PGPR *Bacillus velezensis* SQR9 如何调控根际芽孢杆菌群落的社会互作与群落功能，为合成芽孢杆菌菌群的生态理性设计提供理论支持

亮点



- *Bacillus velezensis* SQR9的接种显著促进了黄瓜植株的生长，并改变了根际芽孢杆菌及其相关细菌群落的结构，促进了亲缘关系密切菌株之间的合作。
- 系统发育关系更近的芽孢杆菌表现出更强的社会性合作，并且在代谢生态位上有更大的重叠，从而增强了群落间的相互作用。
- 适中亲缘度的菌群表现出更优异的植物促生效果，包括在提高植物株高、干重、根部定殖能力以及产IAA和产铁载体的能力。
- 本研究为构建具有更高合作性的芽孢杆菌菌群提供了理论框架，有助于提高微生物接种剂在农业应用中的稳定性和有效性。

实验设计

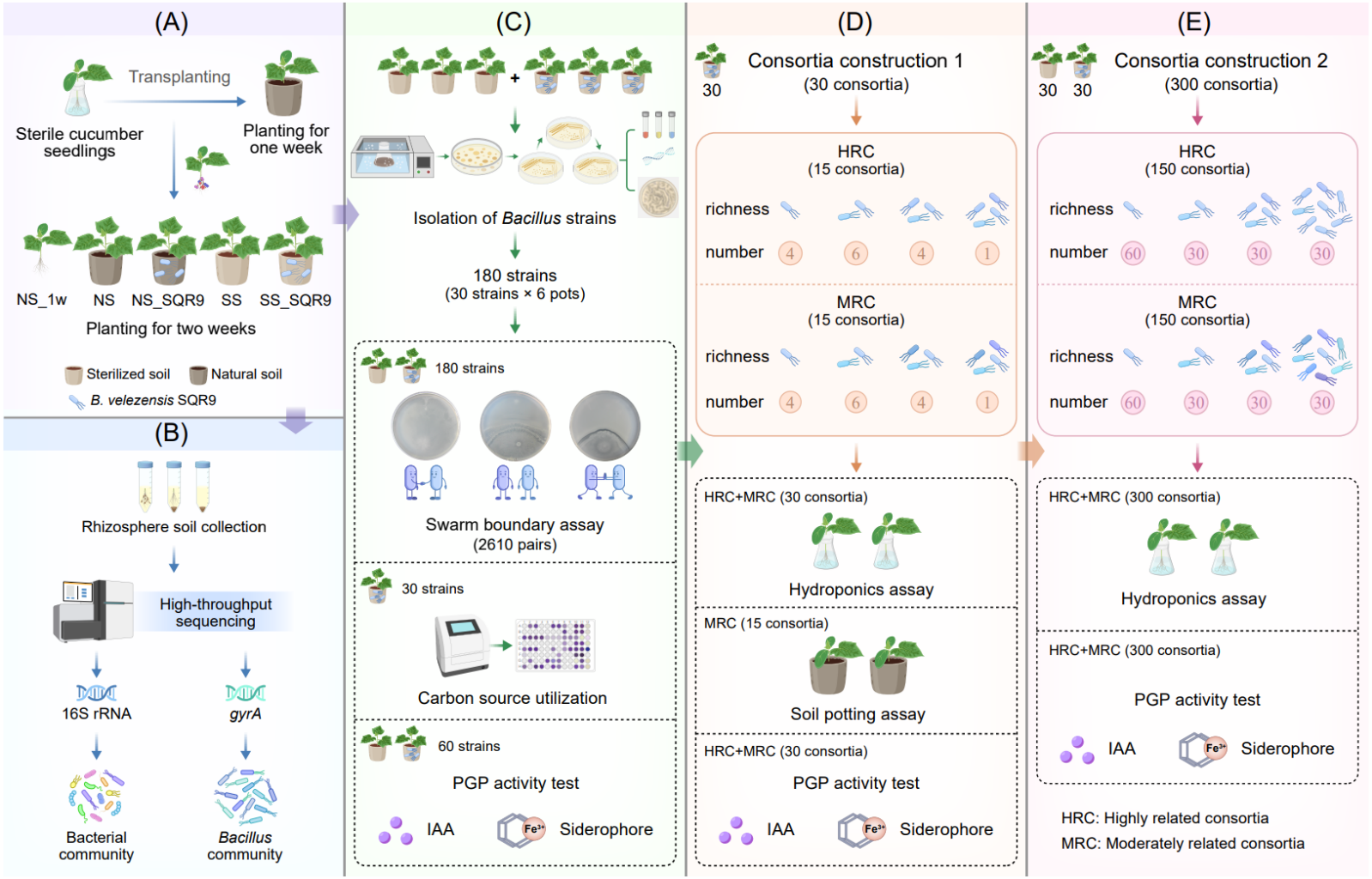


图1. 实验设计与工作流程

（A）盆栽试验；（B）高通量测序；（C）根际芽孢杆菌亲缘关系、社会互作、碳源利用、PGP活性测试等关系解析；（D）30组HR和MR菌群设计；（E）300组HR和MR菌群设计。HR：高亲缘度；MR，适中亲缘度。

B. velezensis SQR9改变了黄瓜根际细菌群落结构

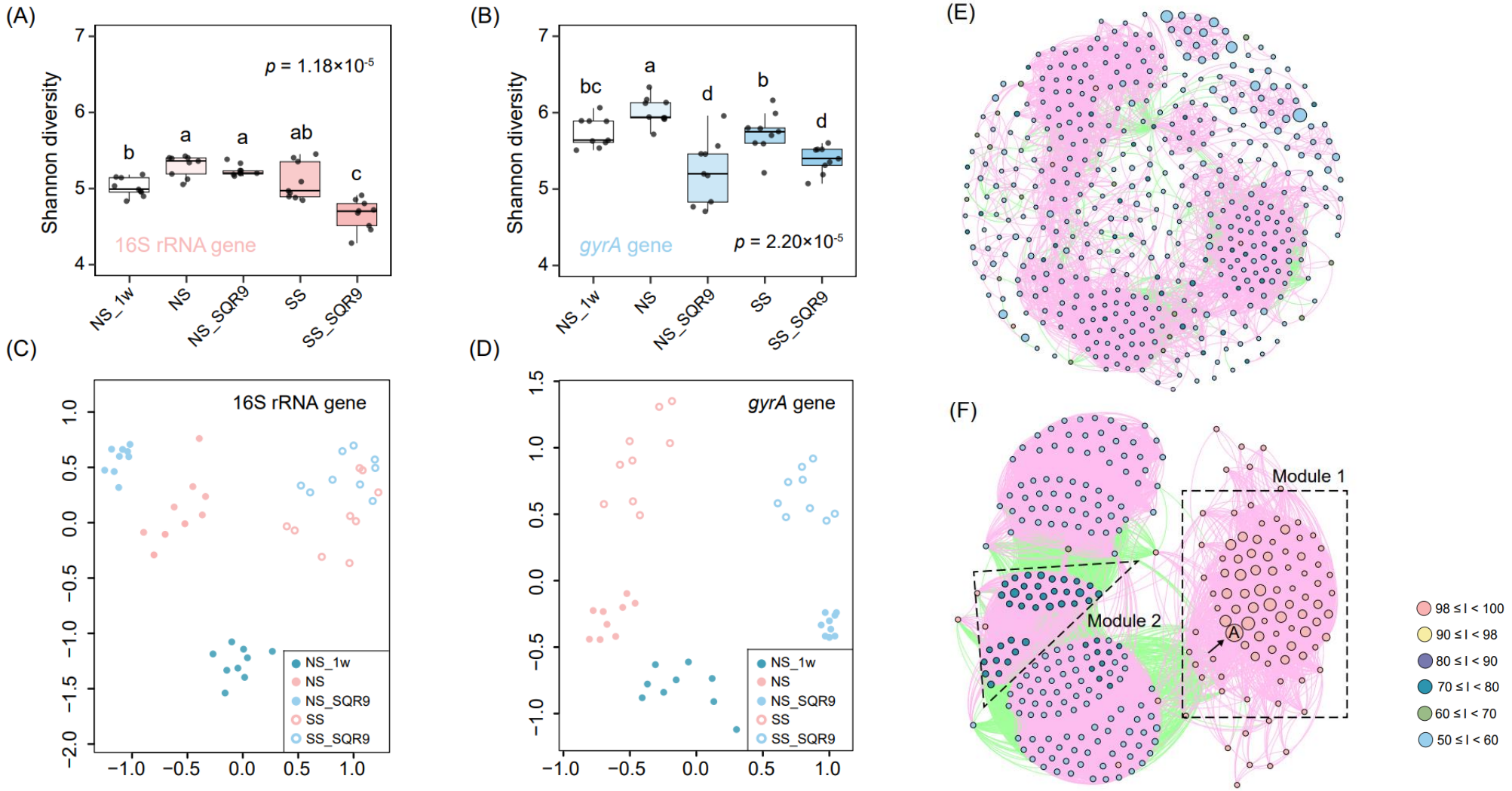


图2. 基于16S rRNA基因和*gyrA*基因高通量测序分析揭示SQR9对黄瓜根际细菌群落组成的改变

B. velezensis SQR9增强了根际芽孢杆菌群落的相容和协作

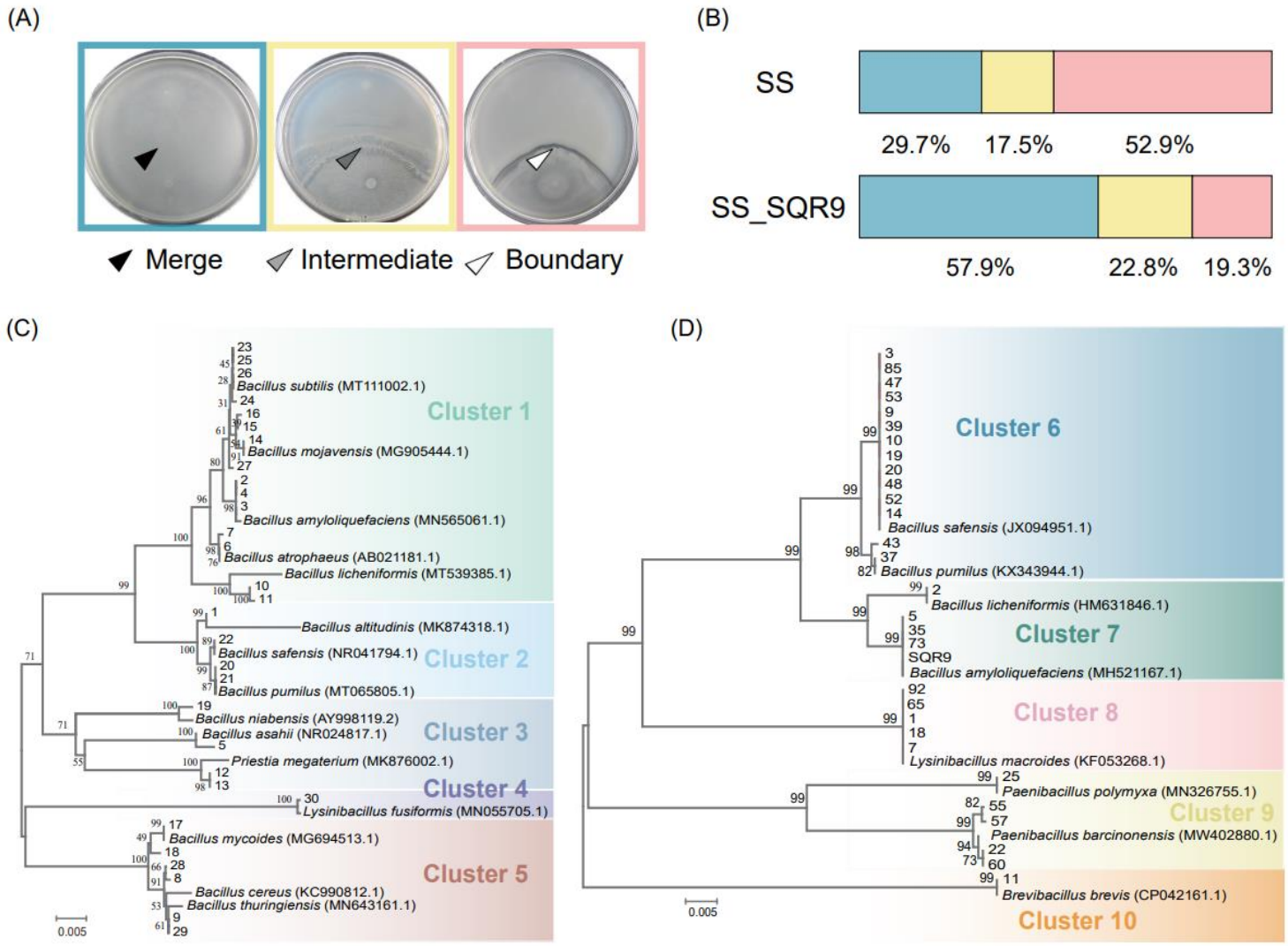


图3. SQR9改变了根际芽孢杆菌之间群游对峙表型的分布模式

适中亲缘度（MR）菌群促进植物生长

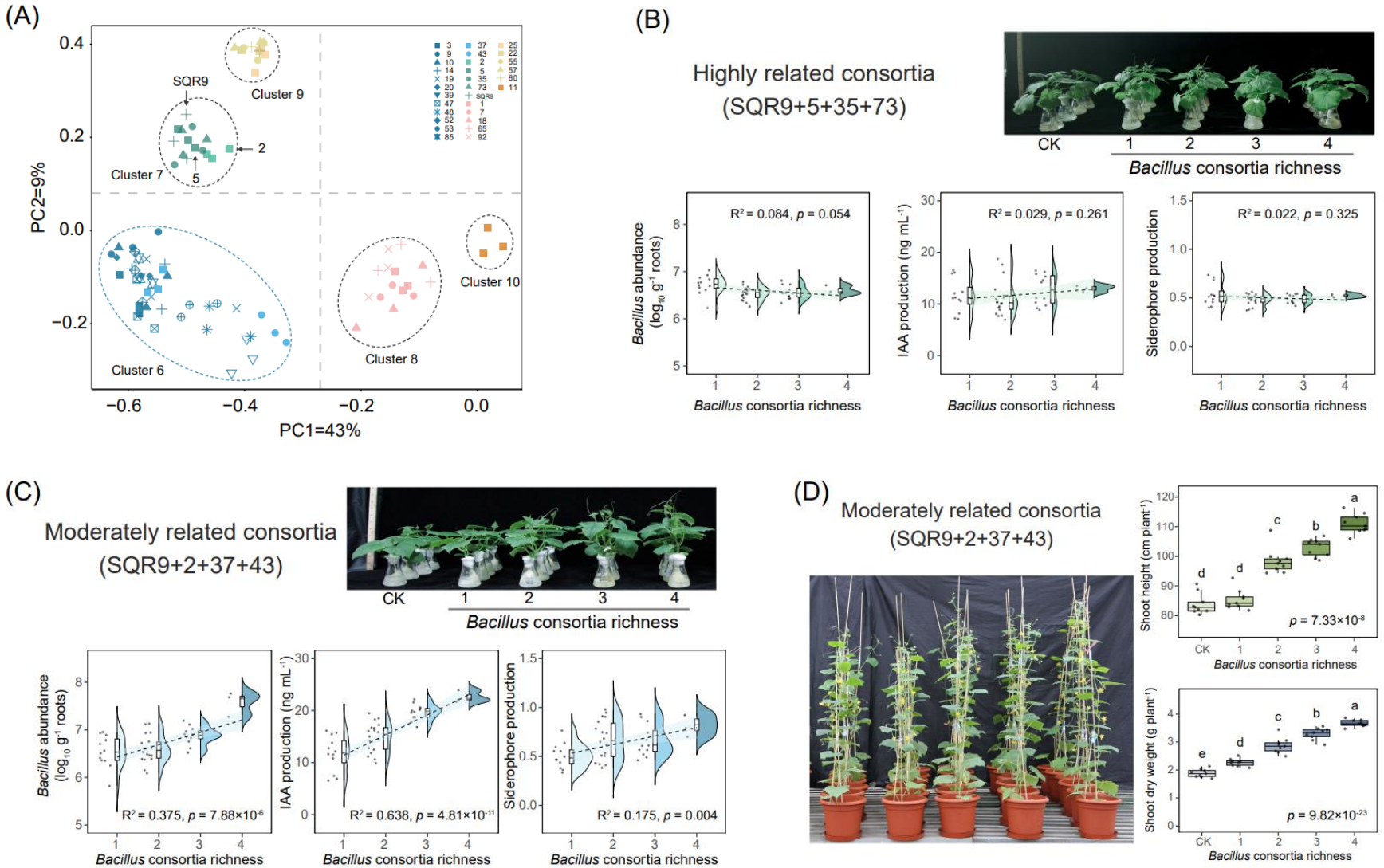


图4. 碳源竞争与社会关系对于智能设计促生型芽孢杆菌菌群的重要性

丰富度提升与组合多样化验证菌群设计策略

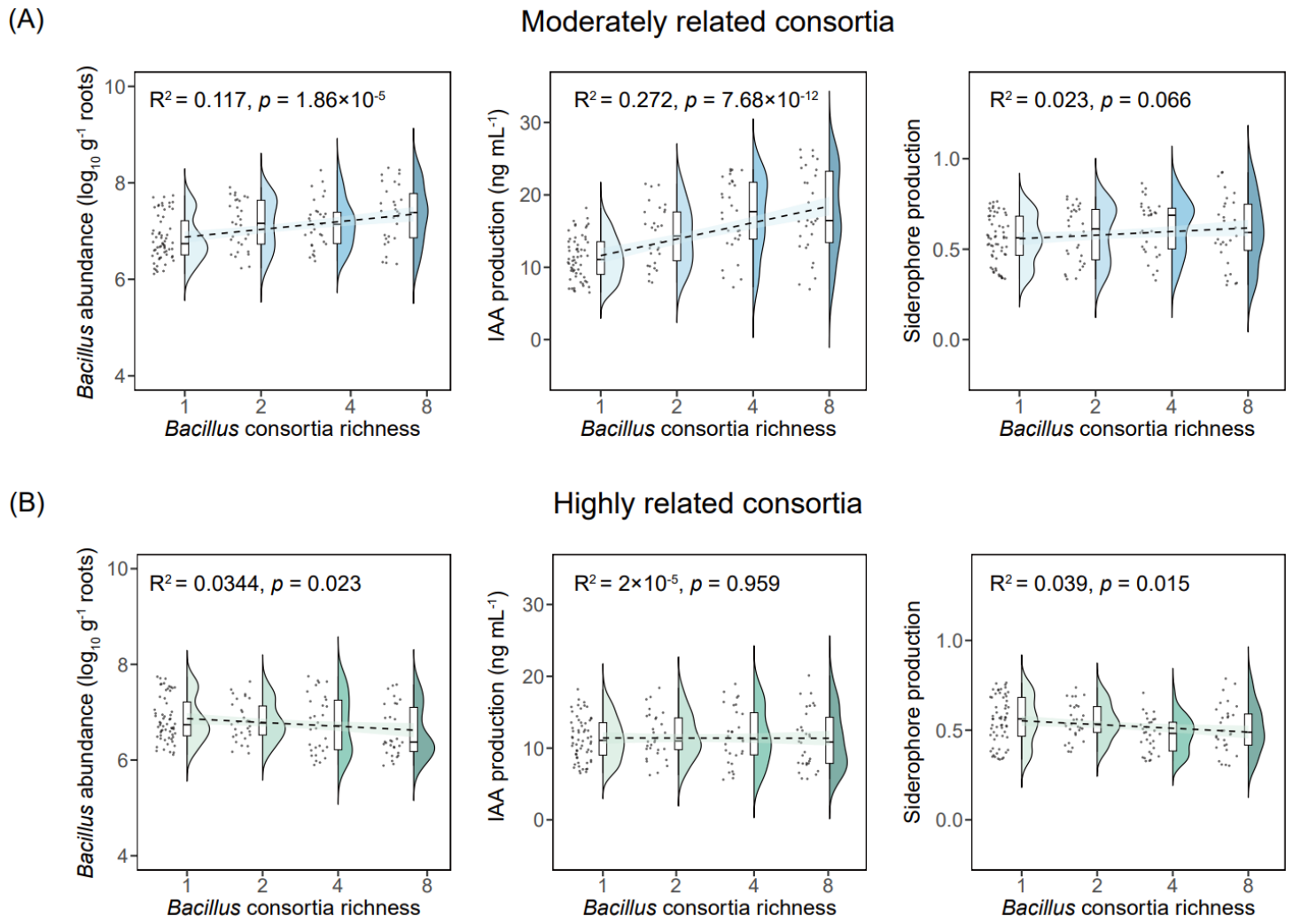


图5. 对基于社会互作的合成芽孢杆菌菌群设计策略及其构建方案的扩大验证

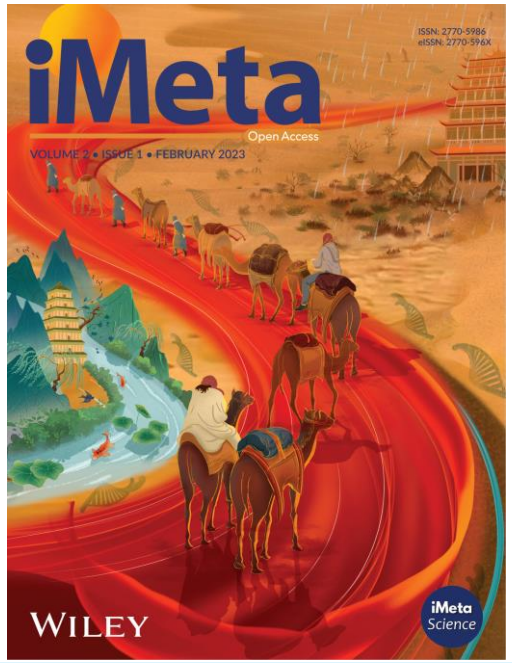
总结

- 本研究首次揭示了施用 **PGPR** 菌株 **SQR9** 可引导根际细菌群落（尤其是芽孢杆菌及其近缘类群）向更具协作性的方向演替。
- 基于 **SQR9** 对根际微生物群落的调控作用，构建了中度相关性（**MR**）芽孢杆菌菌群，并在水培与土培系统中验证了其更优的促生效果。
- 本研究提出将社会互作与碳源竞争纳入合成菌群的设计，为芽孢杆菌菌群的智能构建和微生物产品的可持续应用提供了生态学新框架。

Yan Liu, Baolei Jia, Yi Ren, Weibing Xun, Polonca Stefanic, Tianjie Yang, Youzhi Miao, et al. 2025. Bacterial social interactions in synthetic *Bacillus* consortia enhance plant growth. ***iMeta*** 4: e70053. https://doi.org/10.1002/imt2.70053.

iMeta: 整合宏组学重新认识生物/医学/环境

iMeta WILEY



iMeta期刊(影响因子**23.8**)由宏科学、千名华人科学家和威立出版，主编刘双江和傅静远教授。目标为生物/医学/环境综合期刊群(对标Cell/Nature/Science)，任何高影响力的研究、方法和综述均欢迎投稿，重点关注技术、信息和组学等前沿交叉学科，已被SCIE、PubMed等收录，IF 23.8位列全球SCI期刊前千分之五，微生物学研究类全球第一，中科院生物学双1区Top；外审平均21天，投稿至发表中位数57天。

子刊***iMetaOmics***(主编赵方庆和于君教授)、***iMetaMed*** 定位IF>10和15的综合、医学期刊，欢迎投稿!

主页: http://www.imeta.science

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

投稿: iMeta: https://wiley.atyponrex.com/journal/IMT2
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
2025/5/21