

# 降水减少下半干旱草地土壤多功能性的下降与微生物网络特性的改变有关

王兴<sup>1,2</sup>, 张琦<sup>1,2</sup>, 张祯皎<sup>1,2</sup>, 李文杰<sup>1,2</sup>, 刘伟超<sup>1,2</sup>, 肖乃佳<sup>3</sup>, 刘涵宇<sup>1,2</sup>, 汪乐印<sup>1,2</sup>,  
李珍霞<sup>1,2</sup>, 马静<sup>1,2</sup>, 刘权永<sup>1,2</sup>, 任成杰<sup>1,2</sup>, 杨改河<sup>1,2</sup>, 钟泽坤<sup>4\*</sup>, 韩新辉<sup>1,2\*</sup>

1 西北农林科技大学农学院

2 陕西省循环农业工程技术研究中心

3 俄克拉荷马大学基因组学研究所

4 西北农林科技大学水土保持研究所

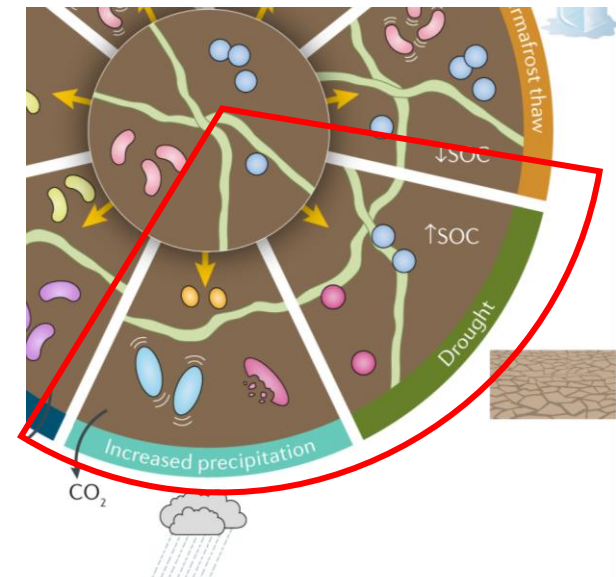


Wang, Xing, Zhang, Qi, Zhang, Zhenjiao, Li, Wenjie, Liu, Weichao, Xiao, Naijia, Liu, Hanyu, et al. 2023. “Decreased Soil Multifunctionality is Associated With Altered Microbial Network Properties Under Precipitation Reduction in a Semiarid Grassland.” *iMeta* 2, e106. <https://doi.org/10.1002/imt2.106>

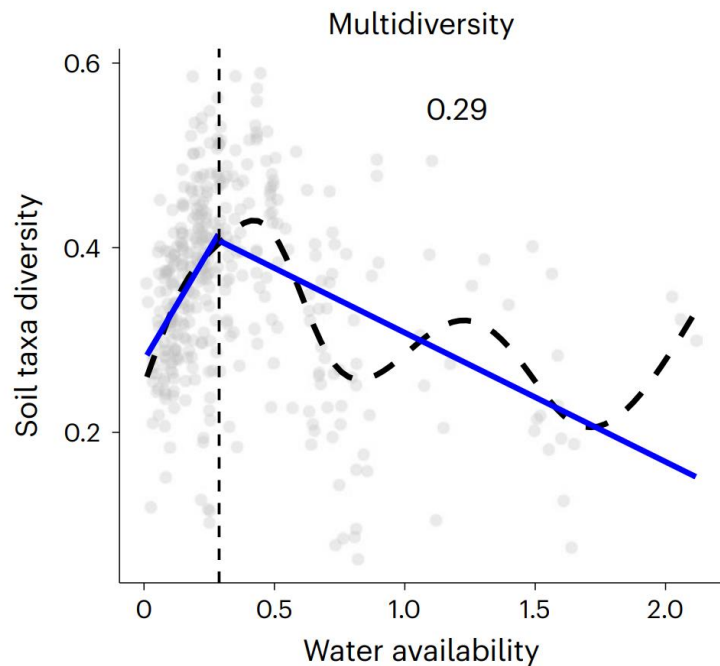


# 全球降水格局变化影响了土壤微生物群落结构

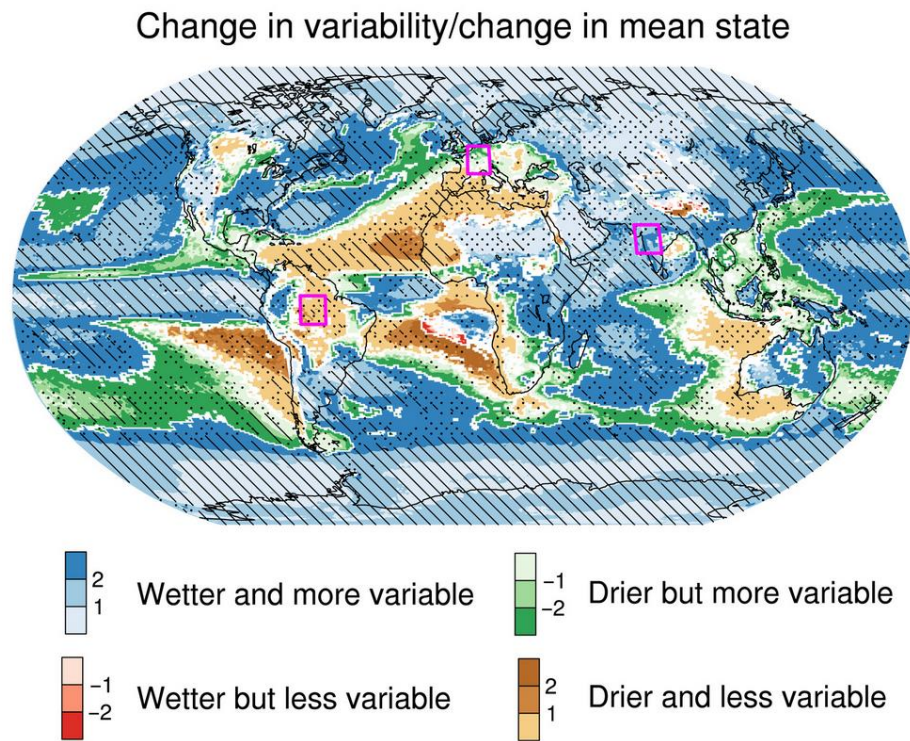
- 降水（水分可利用性）已被证明是塑造全球尺度土壤微生物分布的关键因素
- 气候变暖背景下，全球的降水格局改变已成为不争的事实
- 变化的降水格局预计将改变水分可利用性而强烈影响土壤微生物群落结构



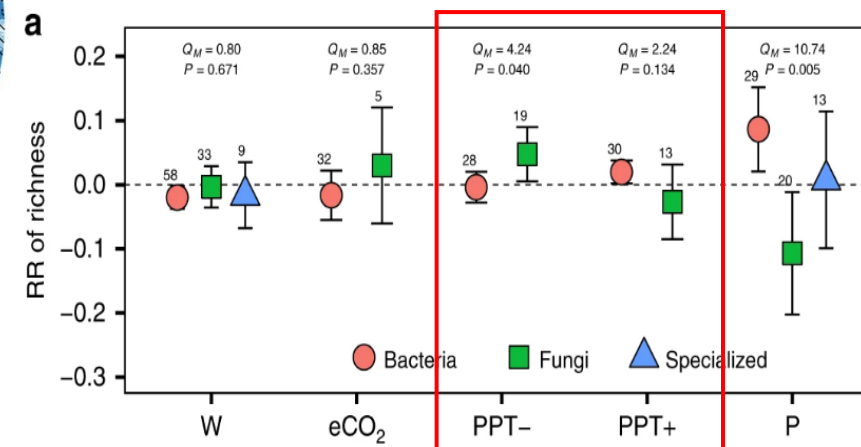
Jansson et al., 2019, *Nat Rev Microbiol*



Zhang Jianwei et al., 2023, *Nat Ecol Evol*



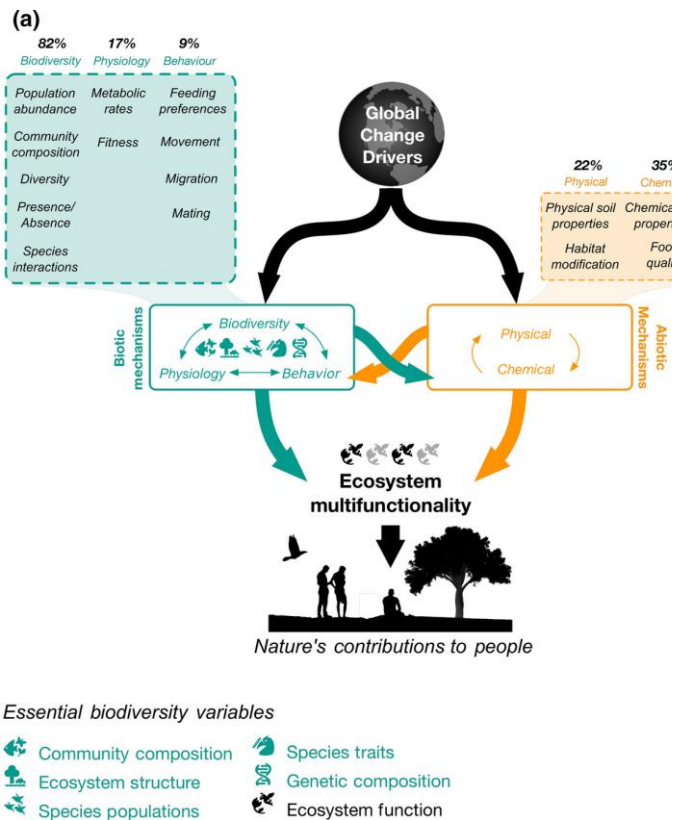
Zhang Wenxia et al., 2021, *Sci. Adv.*



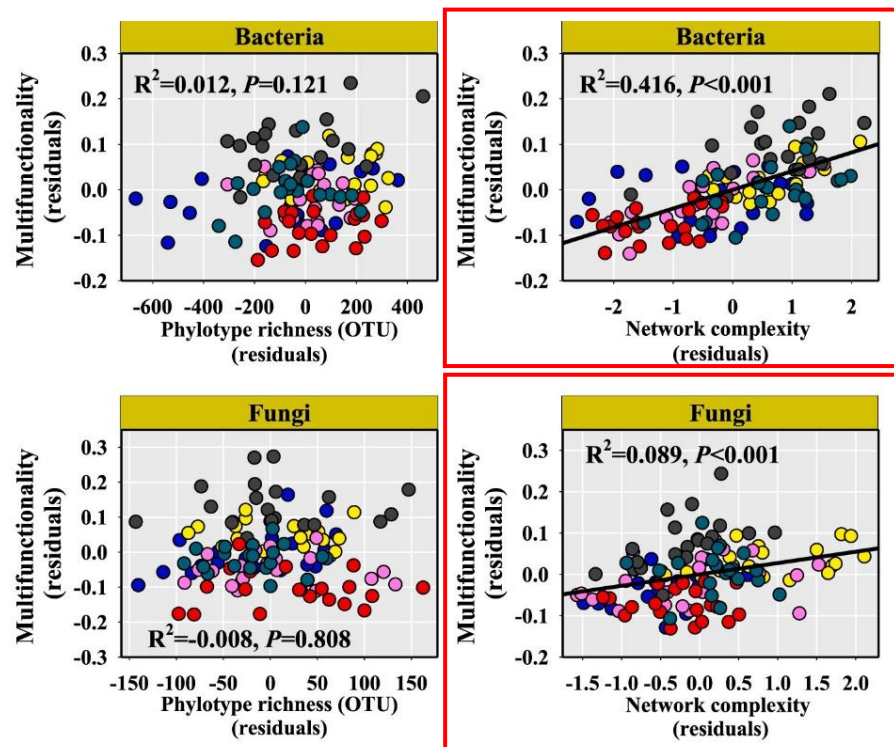
Zhou Zhenggu et al., 2020, *Nat Commun*

# 降水变化下微生物群落结构改变是否牵动了土壤多功能性的变化?

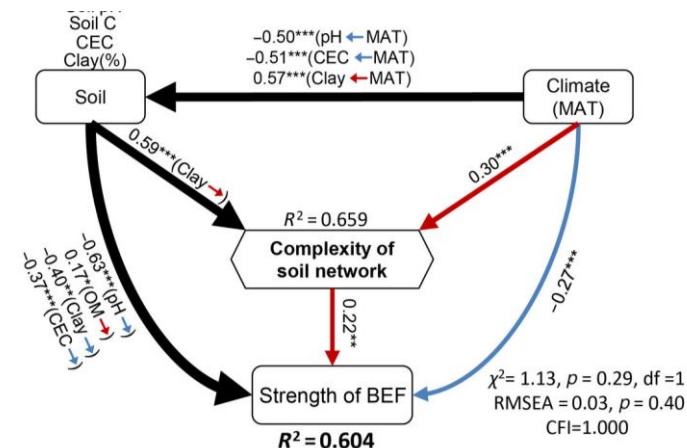
- 降水变化可能通过改变微生物群落影响生态系统多功能性
- 微生物网络复杂性最近被认为是多功能性的更重要的驱动因素
- 网络复杂性还加强了多样性与土壤功能的联系



Giling Darren P. et al., 2019, *Glob Change Biol*



Chen Wenqing et al., 2022, *Soil Soil Biochem*



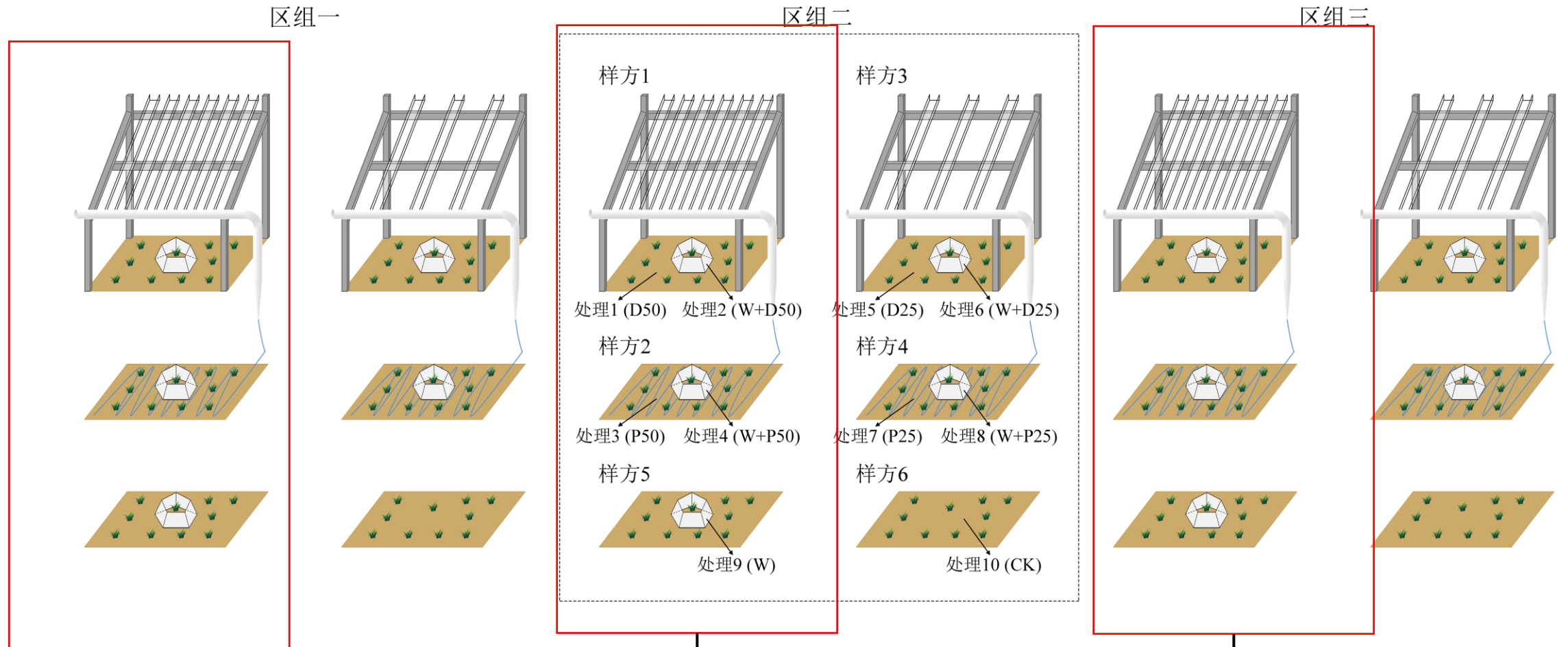
Jiao Shuo et al., 2021, *Glob Change Biol*

拟解决的问题:

- 降水变化如何影响土壤生态系统多功能性?
- 微生物多样性、组装过程和网络特性如何响应降水变化并参与调控土壤多功能性?

# 方法

## 基于黄土丘陵区长期野外控制实验平台



细菌和真菌群落结构、网络构建和模块分析、群落组装和生态位分析、网络复杂性的计算

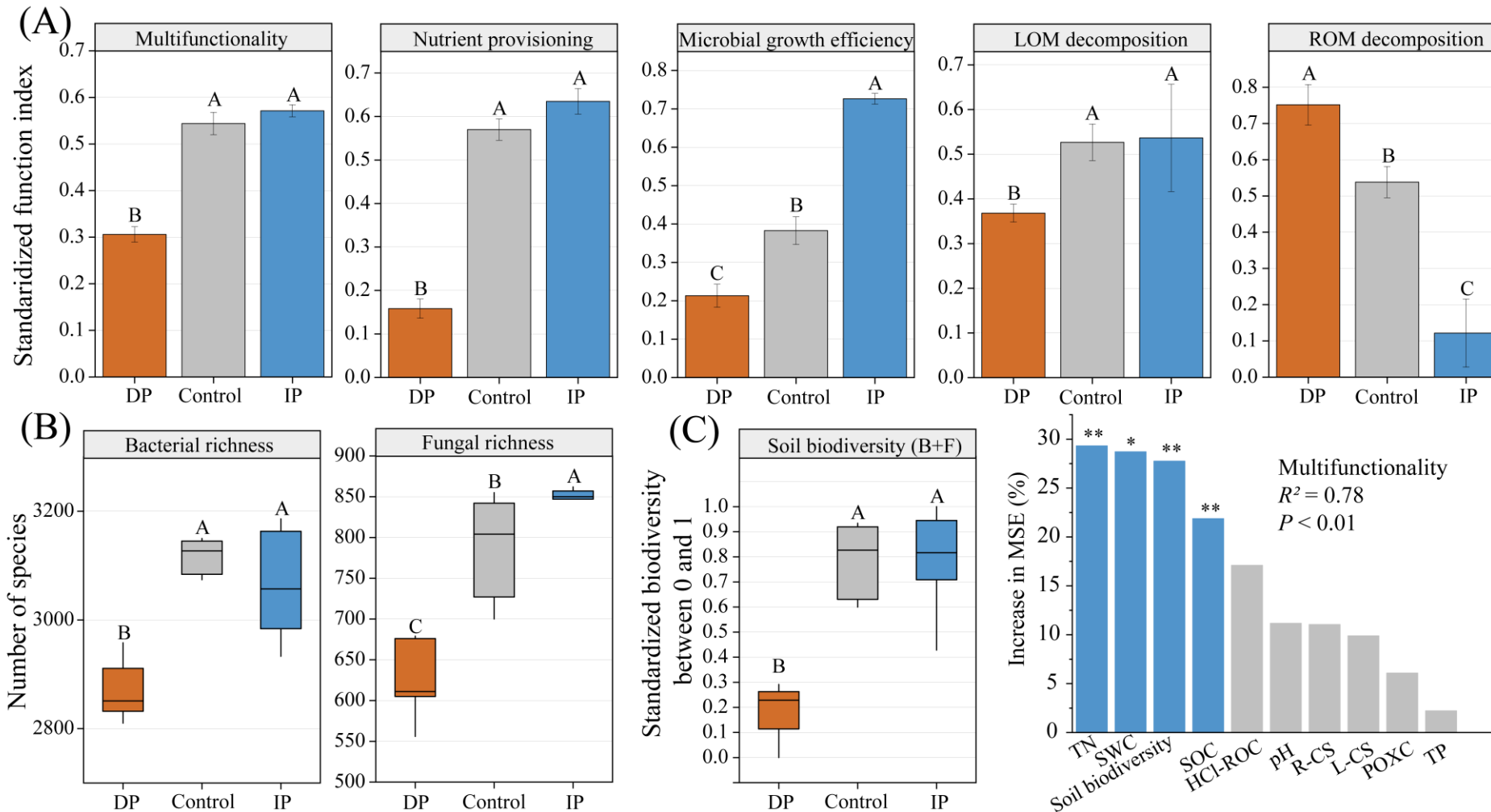
处理两年后, 从降水减少50%、环境降水和降水增加50%的子样方分别收集了6个土壤样本

分析涉及养分供应、微生物生长效率、不稳定和稳定有机质降解的17种单一功能, 并计算土壤多功能性

# 结果

## 降水变化对土壤多功能性和微生物丰富度的影响

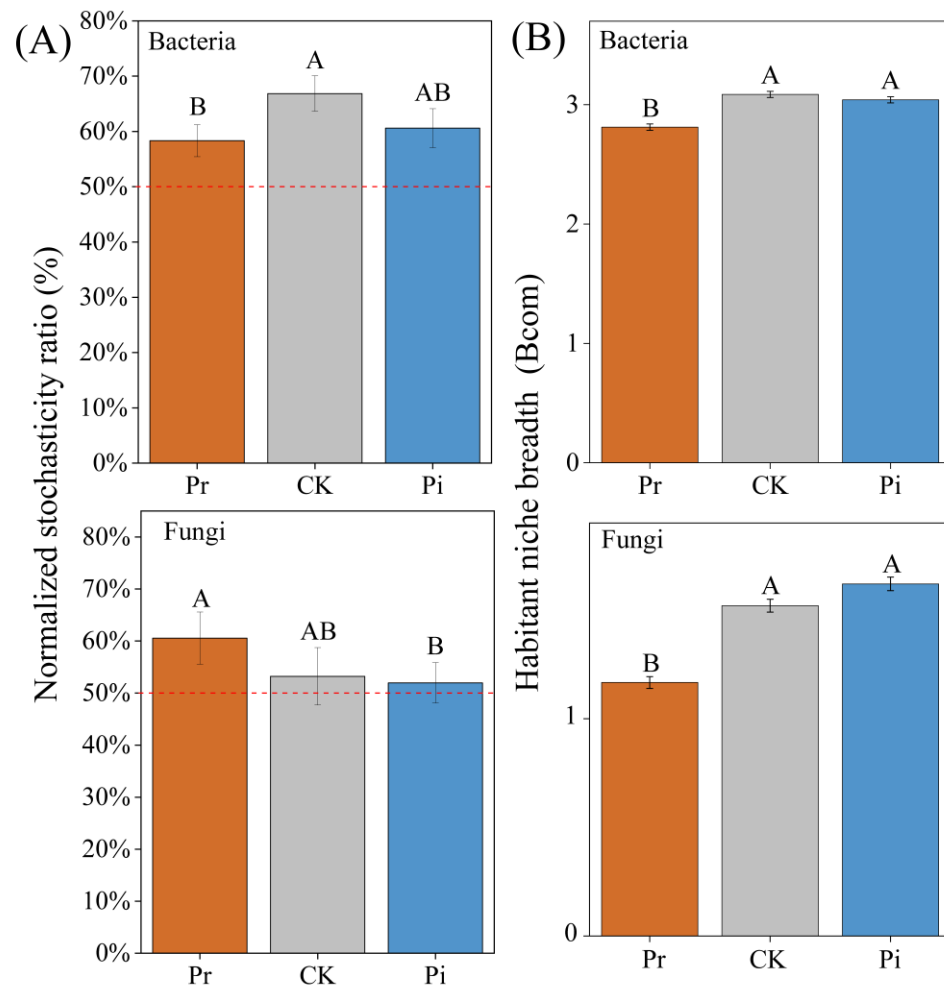
- ▶ 降水减少显著降低了土壤多功能性以及养分供应, 微生物生长, 降解功能, 同时显著LOM降低了微生物丰富度
- ▶ 降水增加对土壤多功能性无显著影响, 但降低了ROM分解
- ▶ 即使考虑了多种土壤性质, 微生物多样性依然是土壤多功能性的重要预测因素



# 结果

## 降水变化对群落组装和生态位宽度的影响

- 降水减少显著降低了细菌群落组装的随机性，而降水增加的影响不显著
- 降水减少增加了真菌群落组装的随机性，尽管在统计学上不显著
- 中性模型表明，降水减少大幅降低了真菌群落的迁移率，表明真菌群落组装可能更多地受扩散限制的驱动



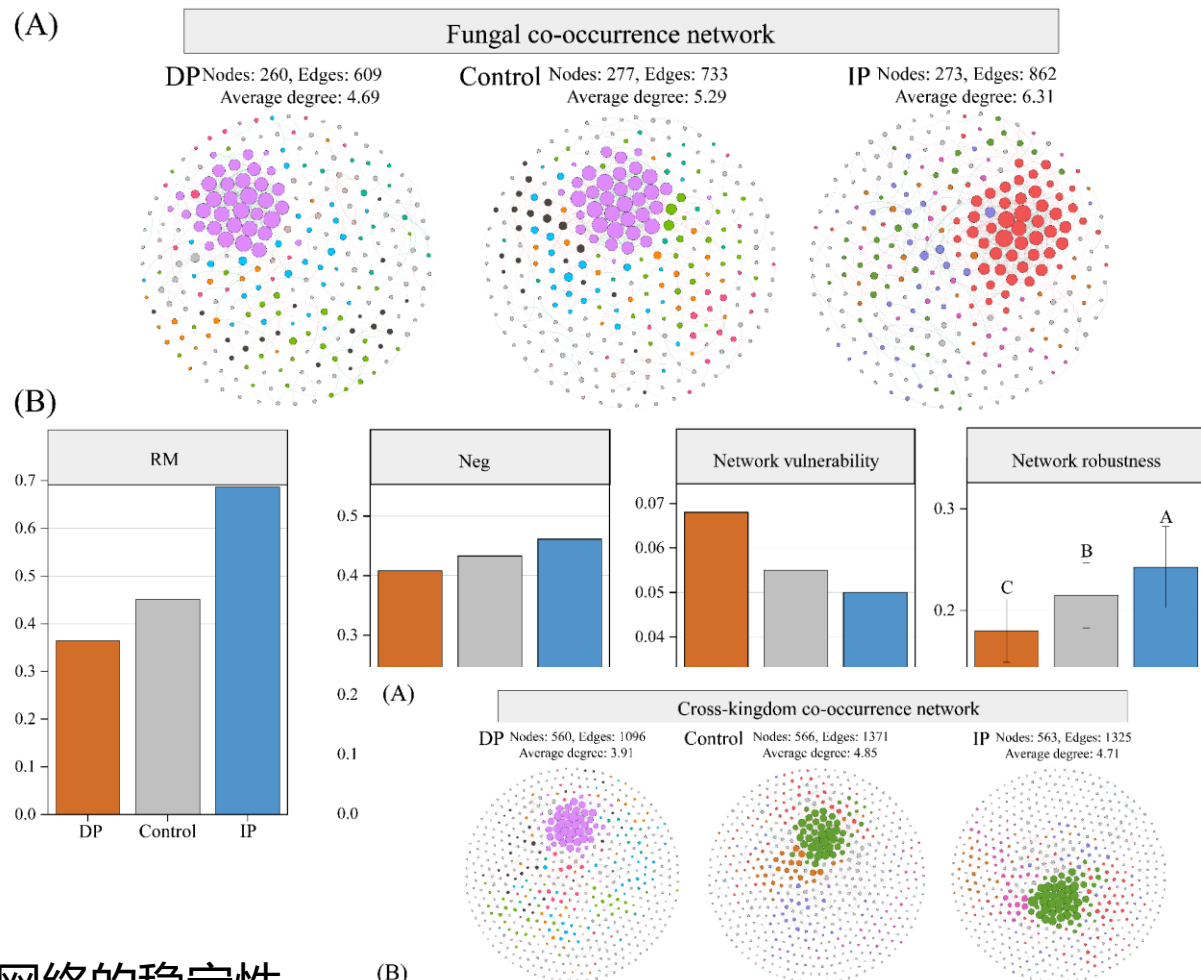
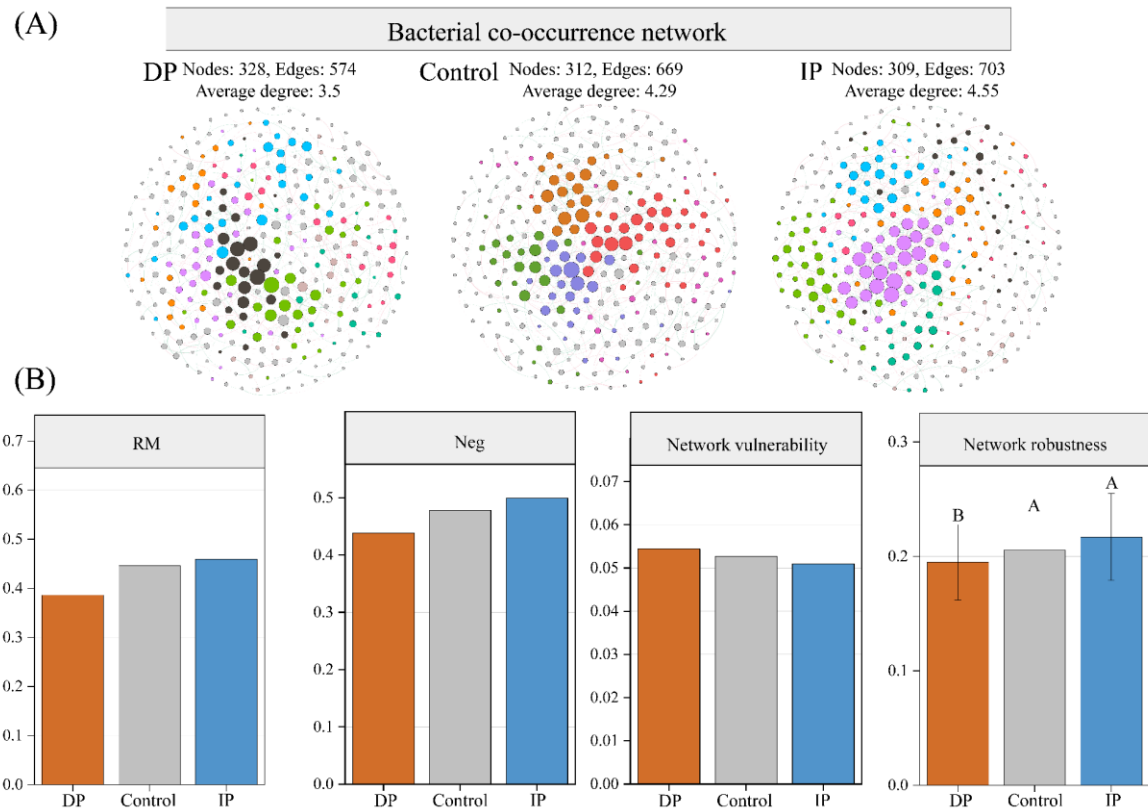
(C)

Treatments	Bacteria		Fungi	
	m	$R^2$	m	$R^2$
DP	1.56	0.68	0.07	0.46
Control	1.63	0.65	0.15	0.45
IP	1.64	0.66	0.25	0.56

- 降水减少显著降低了细菌和真菌群落的栖息地生态位宽度，生态位宽度较高的物种在群落水平上的代谢更灵活，因此降水减少可能通过抑制微生物的代谢能力来增加微生物对环境变化的脆弱性和多样性丧失的风险
- 相比之下，降水增加对生态位宽度没有显著影响，这种对降水增加的不敏感可能与历史气候特征有关

# 结果

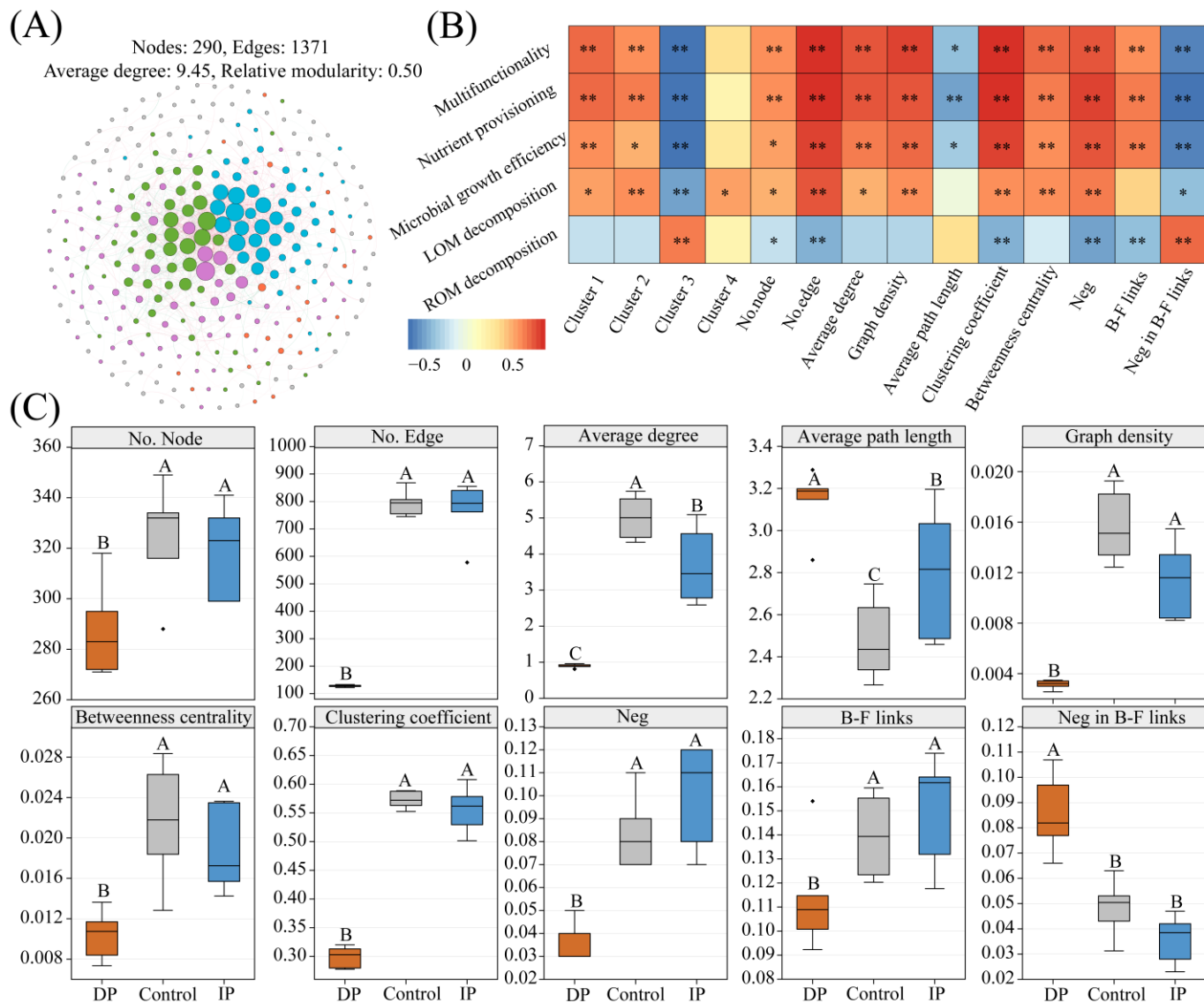
## 降水减少降低了微生物共现网络的稳定性



- 构建了细菌、真菌和跨界网络，并通过随机移除节点计算网络的稳定性
- 降水减少降低了网络的点和边的数量，平均度，相对模块化以及负相关比例
- 降水减少显著降低了细菌，真菌和跨界网络的稳定性，导致网络更脆弱
- 相比之下，降水增加对微生物网络的稳定性影响不显著

# 结果

## 降水减少降低了微生物网络复杂性



➤ 构建了包括所有样本的细菌和真菌类群的元群落共现网络，随后对每个样本进行了子网络提取并分析子网络的拓扑特征

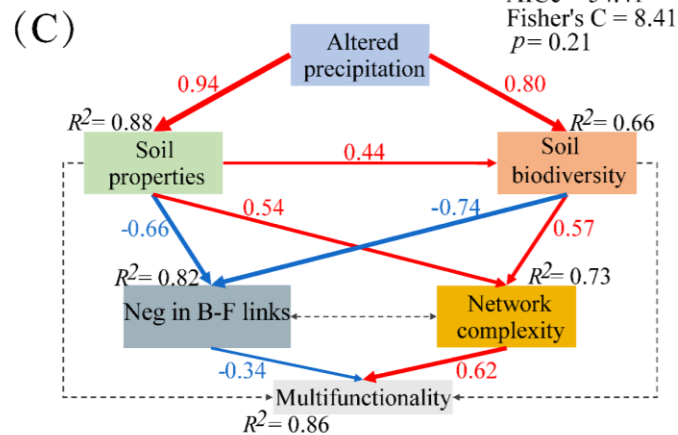
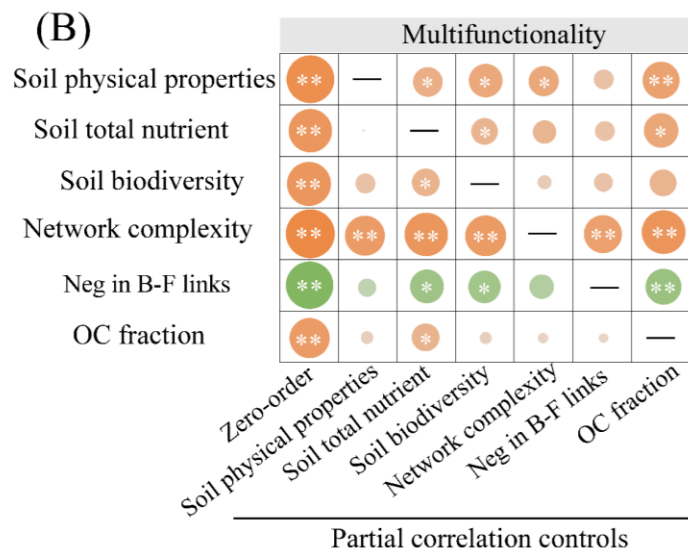
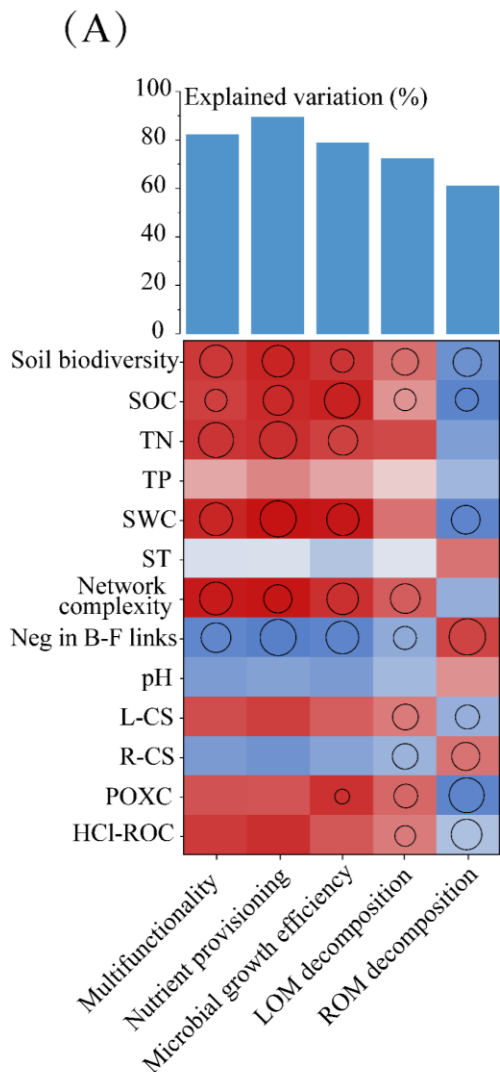
➤ 发现土壤多共能与前两个网络集群丰度显著正相关，而与第三个集群丰度呈负相关

➤ 放线菌、变形杆菌和子囊菌是前两个集群中的主要分类群，而酸杆菌在集群3中占主导地位

➤ 降水减少显著降低了表征网络复杂性的拓扑特征，这些拓扑特征还表现出与土壤多功能性的正相关关系

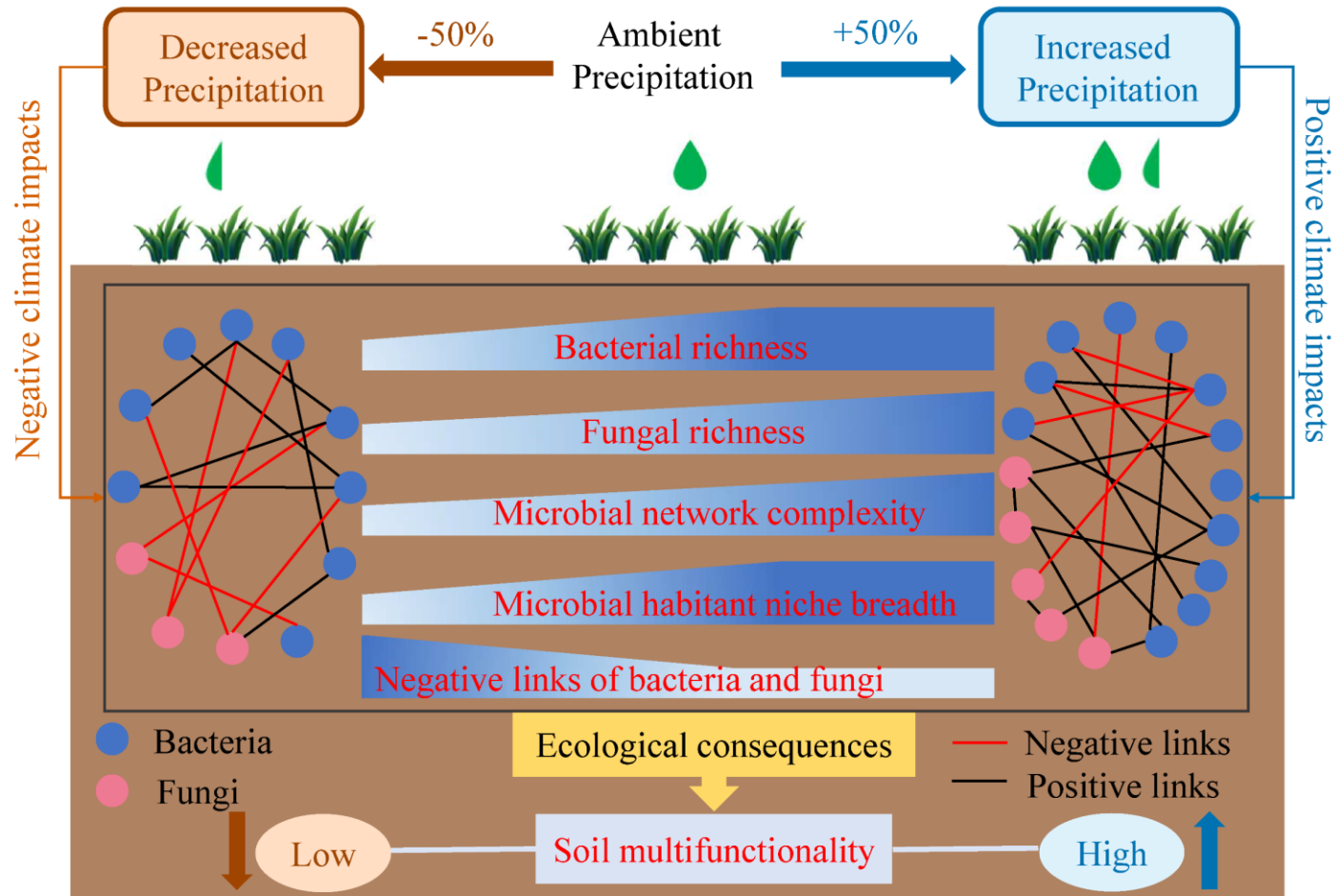
# 结果

## 微生物网络复杂性直接介导了土壤多功能性



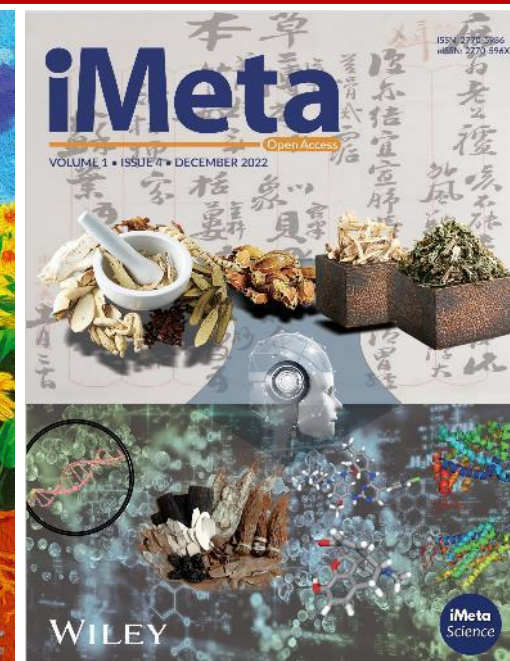
- 微生物多样性，网络复杂性和细菌-真菌负连接比例是影响土壤多功能性的**重要生物因素**
- 土壤水分、SOC和TN是影响土壤多功能性的**重要非生物因素**
- 偏相关分析表明，网络复杂性与土壤多功能性的关系最稳健，受其他因素的影响最小
- 分段结构方程模型表明，网络复杂性和细菌-真菌负连接比例是调控土壤多功能性的**直接因素**，且二者作用相反

# 总结



- ◆ 相比于环境降水条件，降水减少显著降低了土壤多功能性
- ◆ 降水减少降低了微生物丰富度、微生物群落生态位宽度以及网络复杂性，但增加了细菌-真菌的潜在负相互作用
- ◆ 微生物网络的复杂性以及细菌-真菌的潜在负相互作用在直接调节土壤的多功能性中起着重要作用

Wang, Xing, Zhang, Qi, Zhang, Zhenjiao, Li, Wenjie, Liu, Weichao, Xiao, Naijia, Liu, Hanyu, et al. 2023. "Decreased Soil Multifunctionality is Associated With Altered Microbial Network Properties Under Precipitation Reduction in a Semiarid Grassland." *iMeta* 2, e106. <https://doi.org/10.1002/imt2.106>



“**iMeta**”由威立、肠菌分会和华人科学家出版的开放获取期刊，主编由中科院微生物所刘双江和荷兰格罗宁根大学傅静远教授共同担任。目的是发表原创研究、方法和综述以促进宏基因组学、微生物组和生物信息学发展。目标是发表前10%(IF > 15)的高影响力论文。期刊特色包括视频投稿、可重复分析、图片打磨、青年编委、前3年免出版费、50万用户的社交媒体宣传等。2022年的**三月**、**六月**、**九月**和**十二月**期已正式在线出版发行，相继被**Google Scholar**、**PubMed(部分)**、**DOAJ**、**Scopus**等数据库收录！



主页: <http://www.imeta.science>

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



投稿: <https://mc.manuscriptcentral.com/imeta>



[office@imeta.science](mailto:office@imeta.science)



[宣传片](#)



[iMeta](#)

