

长期施肥制度下固氮菌和丛枝菌根真菌协同作用对土壤自生固氮的影响

周国朋¹, 范坤坤², 李桂龙³, 高嵩涓⁴, 常单娜¹, 梁婷¹,
李顺⁴, 梁海⁴, 张久东⁵, 车宗贤⁵, 曹卫东^{1*}

¹中国农业科学院农业资源与农业区划研究所

²中国科学院南京土壤研究所

³江西省农业科学院土壤肥料与资源环境研究所

⁴南京农业大学

⁵甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所



Guopeng Zhou, Kunkun Fan, Guilong Li, Songjuan Gao, Danna Chang, Ting Liang, Shun Li, *et al.* 2023. Synergistic Effects of Diazotrophs and Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Soil Biological Nitrogen Fixation After Three Decades of Fertilization. *iMeta*. e81. <https://doi.org/10.1002/imt2.81>



引言

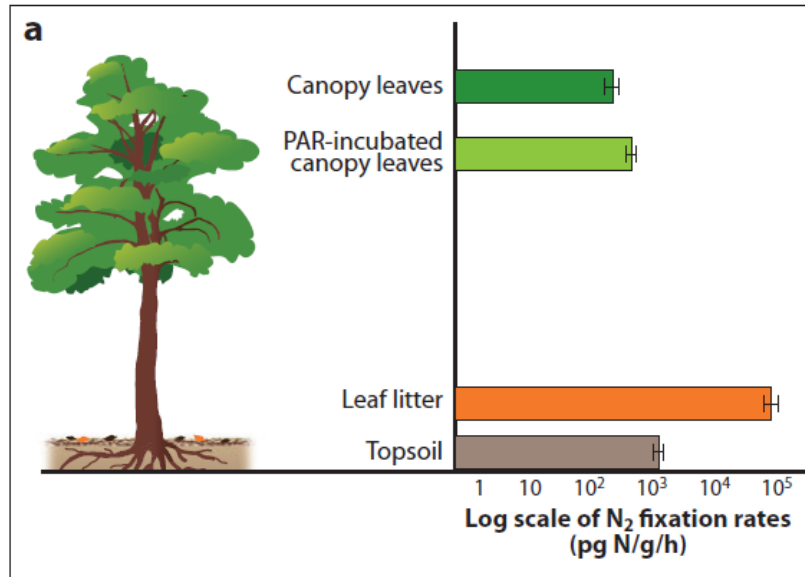
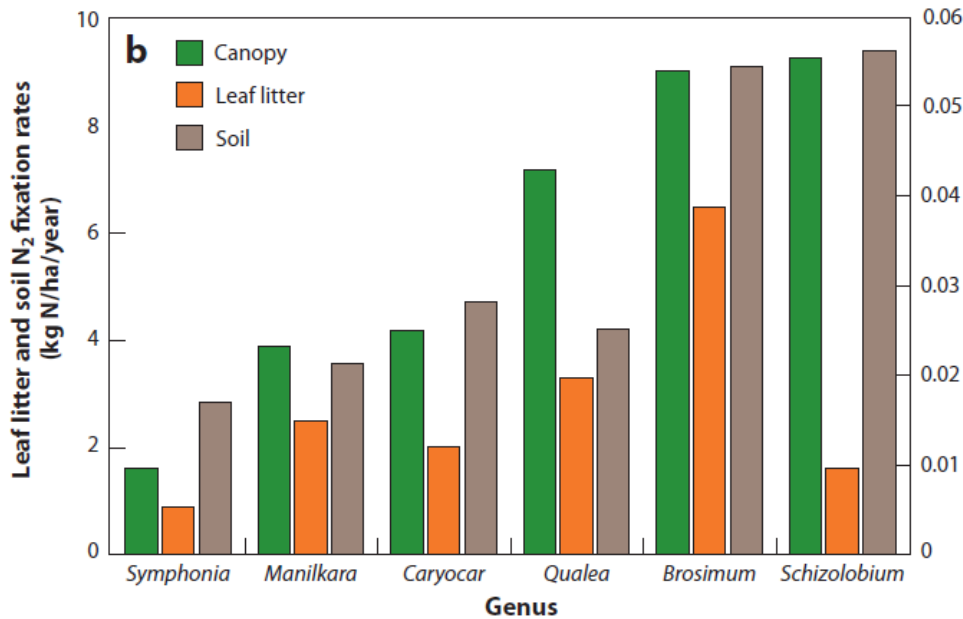
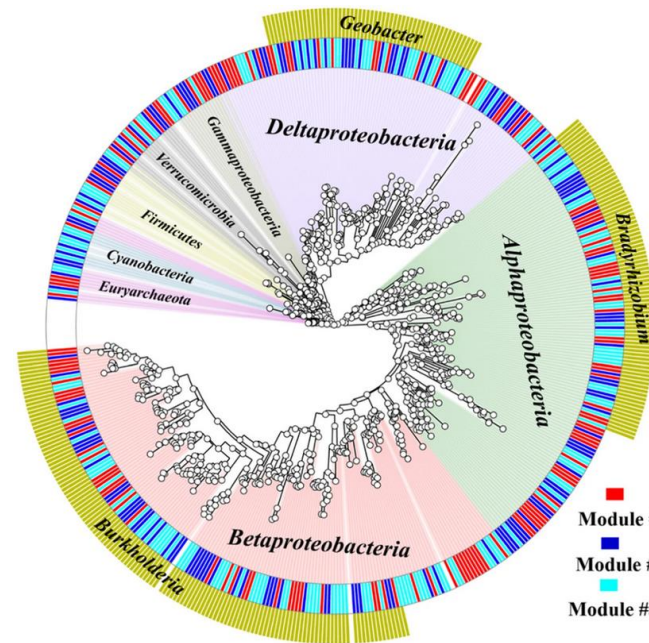


Table 1 Biome-scale estimates of terrestrial free-living and symbiotic N₂ fixation rates based on the literature^a

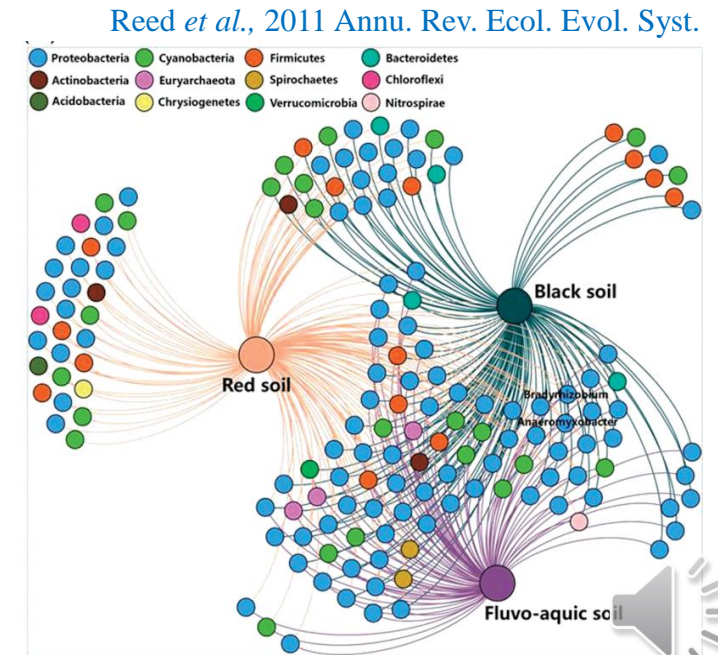
Biome	Free-living N ₂ fixation rates (kg N/ha/year)	Range in free-living N ₂ fixation rates (kg N/ha/year)	<i>n</i>	Range in symbiotic N ₂ fixation rates (kg N/ha/year)	<i>n</i>
Moist tundra and alpine tundra	1.5	0.4–3.0	7	1.0–4.9	3
Boreal forest and woodland	1.2	0.3–3.8	14	0.3–6.6	2
Temperate forests	1.7	0.01–12	38	1–160	17
Temperate grasslands	4.7	0.1–21	13	0.1–10	8
Tropical savanna	15.0	3–30	3	3–90	6
Tropical evergreen forest	7.8	0.1–60	19	5.5–16	4
Tropical floodplain	7.5	4.1–12	3	14–28.5	2
Tropical deciduous forest	3.3	3.3	1	7.5–30	3
Mediterranean shrubland	1.0	1.0	1	0.1–10	4
Desert	4.0	0.01–13	15	0.7–29.5	3



Reed *et al.*, 2011 *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*

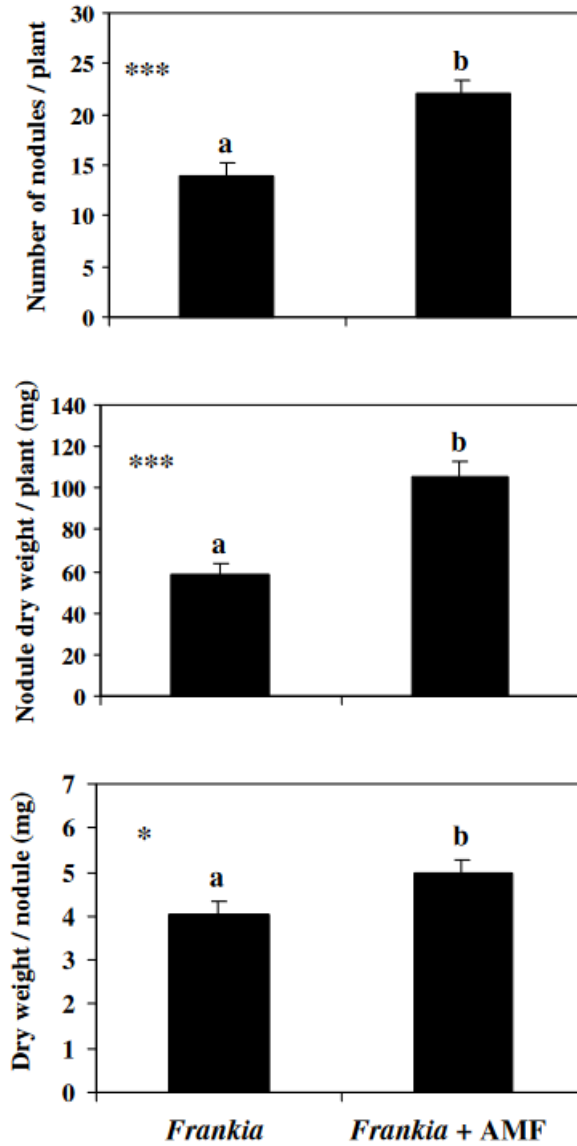


Fan *et al.*, 2019 *Microbiome*

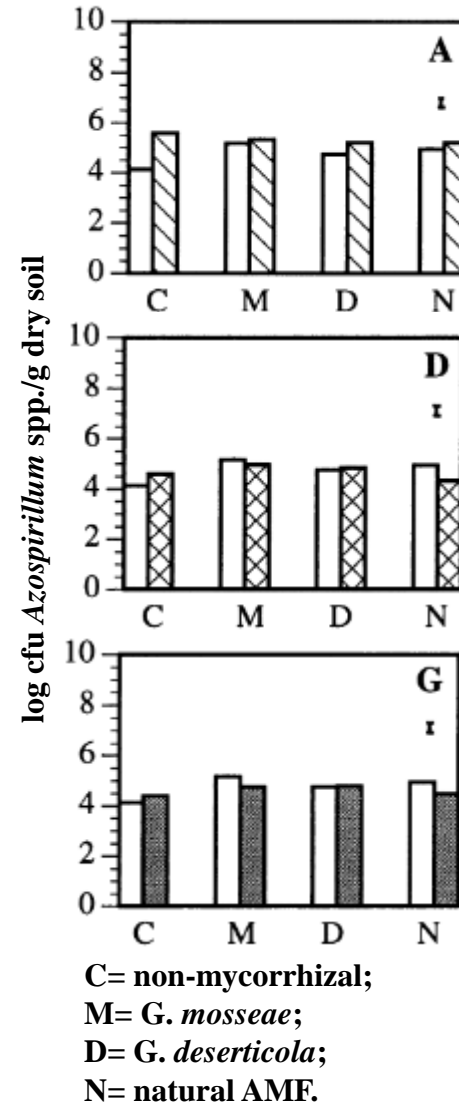


Han *et al.*, 2019 *FEMS Microbiol. Ecol.*

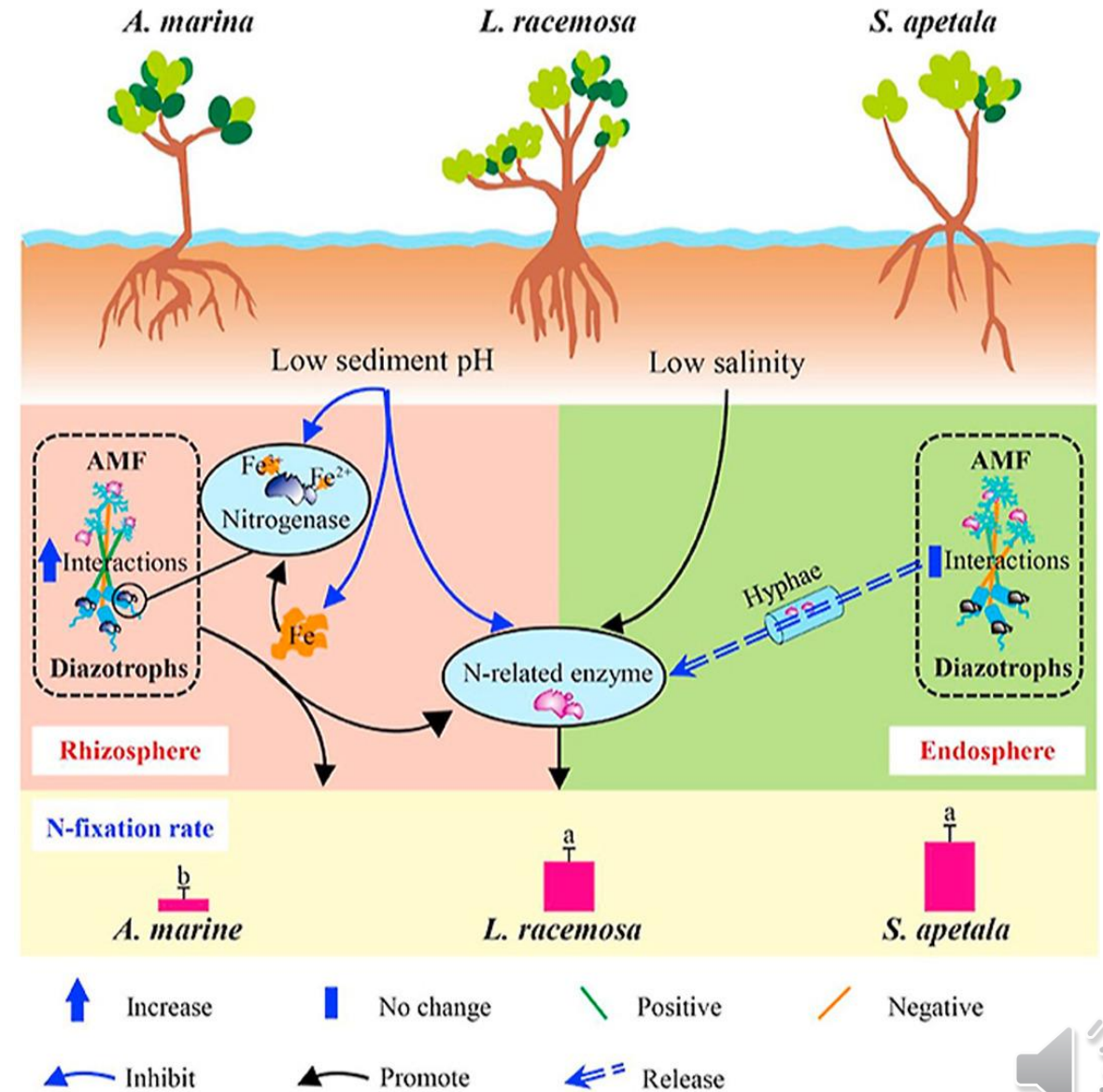
引言



Oliveira *et al.*, 2015 Chemosphere



Vázquez *et al.*, 2015 Appl. Soil Ecol.



Yu *et al.*, 2021 Soil Biol. Biochem.

引言

4种施肥制度



化肥



牛厩肥



小麦秸秆



绿肥

小麦-玉米间作



科学猜想：

H1：长期施肥将抑制土壤自生固氮能力，并极大改变土壤固氮菌群落组成，使土壤中氮素来源不再依赖于固氮菌的固氮作用；

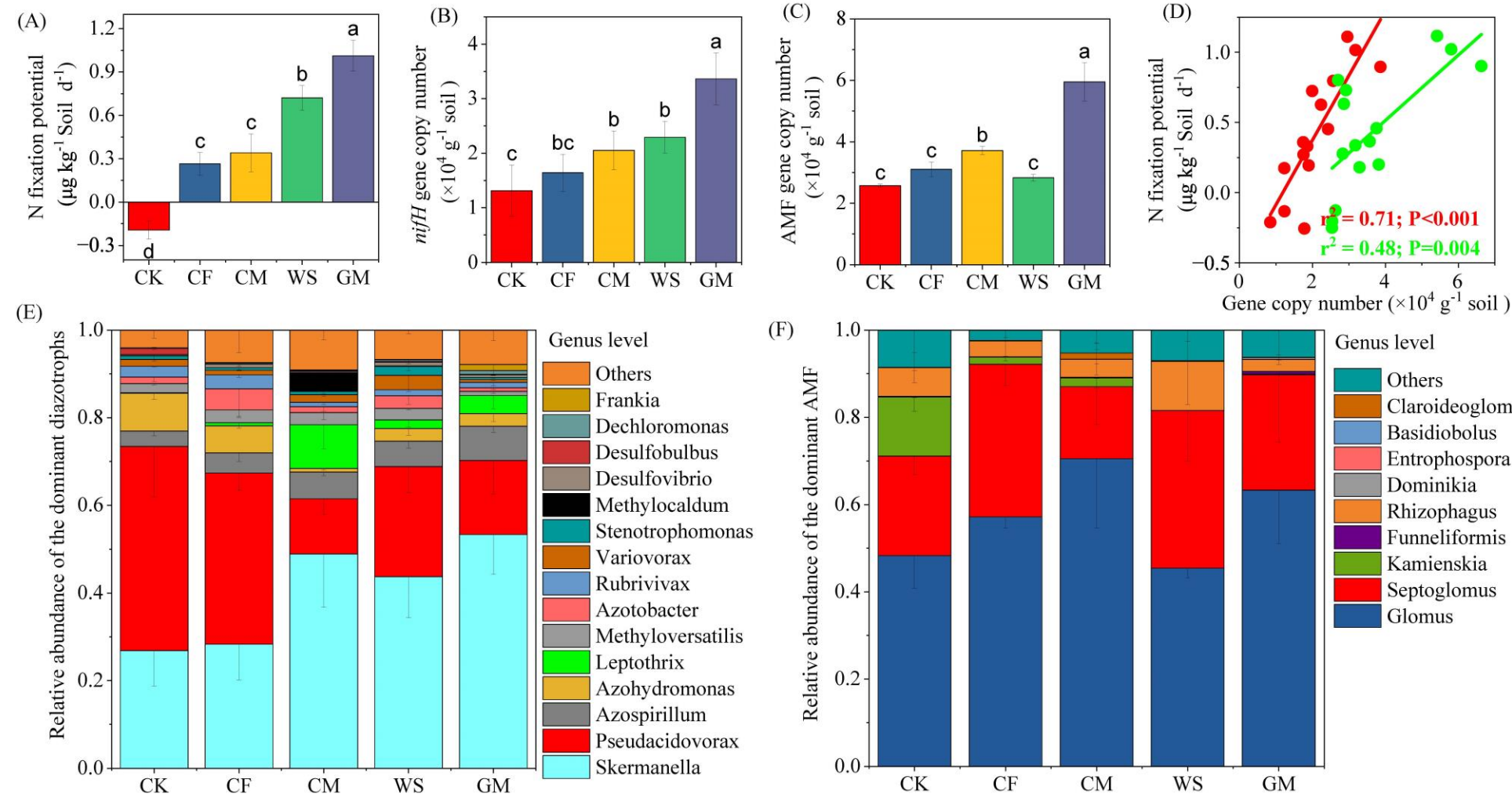
H2：与整个微生物群落相比，固氮菌和丛枝菌根真菌所形成的特有共现网络生态集群能够更好地表征土壤自生固氮活性；

H3：长期施肥将削弱固氮菌与丛枝菌根真菌之间的协同关系



结果

提高土壤自生固氮活性、增加相关微生物群落丰度



● 不同施肥处理土壤自生固氮活性的顺序为：
GM > WS > CM ≈ CF > CK

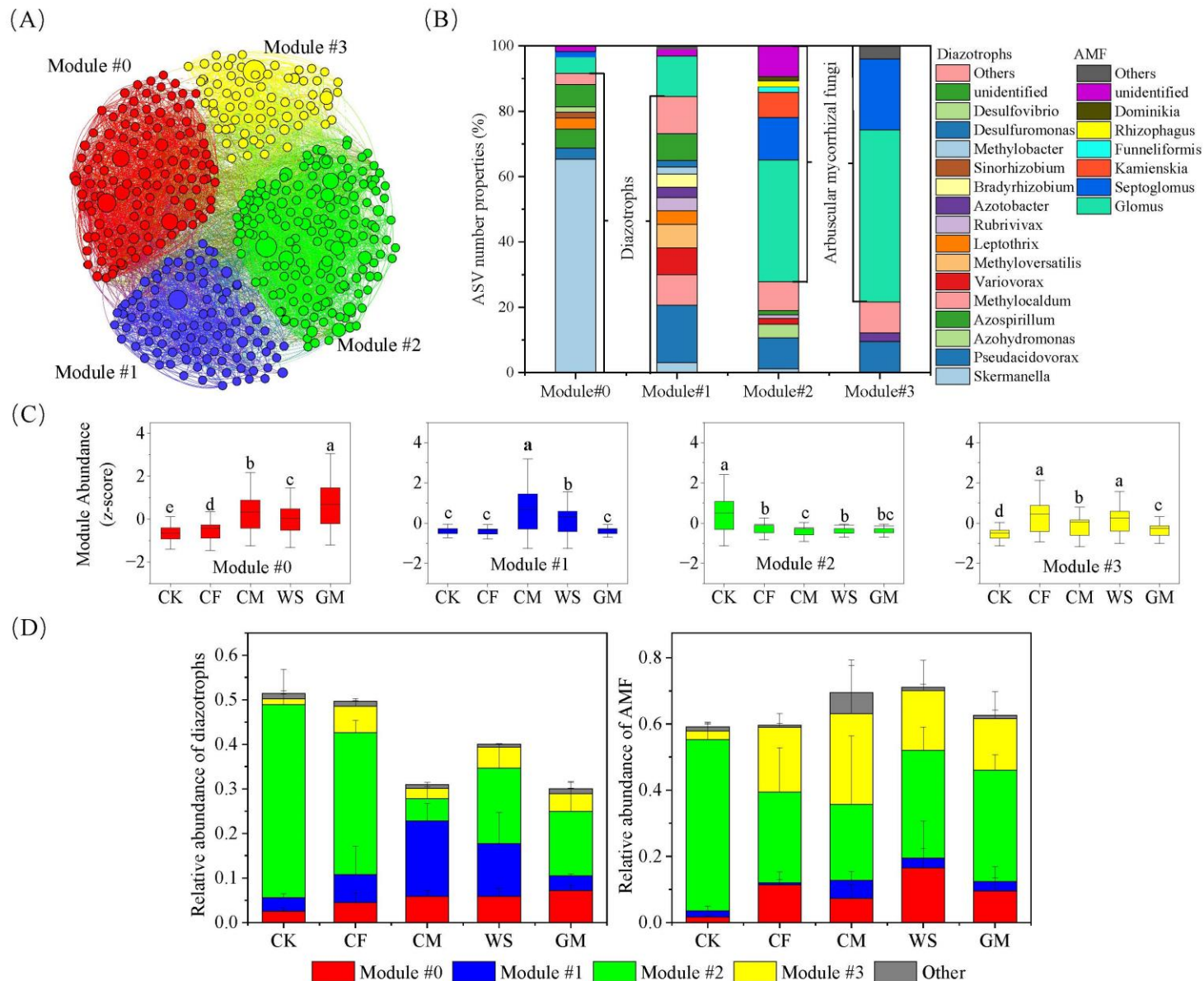
● 长期有机施肥提高土壤固氮菌和丛枝菌根真菌（WS除外）绝对丰度

● 长期绿肥处理提升土壤中 *Azospirillum* 和 *Glomus* 的相对丰度



结果

提高生态集群Module #0相对丰度、削弱固氮菌与丛枝菌根真菌间的协同关系



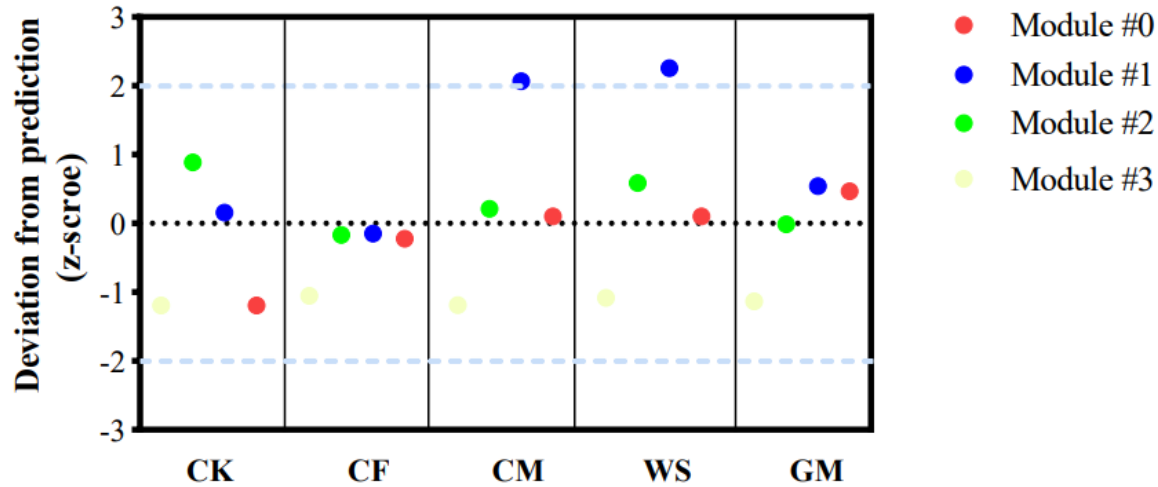
- Module #0: 以*Skermanella*、*Azospirillum*为主
- Module #1: 以*Pseudacidovorax*、*Methylocaldum Variovorax*、*Methyloversatilis*为主
- Modules #2 和 #3: 以*Glomus*、*Septoglosum*为主
- 长期施肥管理提高Modules #0 和 #3的相对丰度，绿肥处理富集Module #0 优势最大
- 有机施肥降低与AMF协同的固氮菌的相对丰度，绿肥处理逆转Module #0中的这一趋势。



结果

定向选择Module #1和Module #2中固氮菌和AMF菌群

(A) Observed and Expected Phylogenetic Diversity

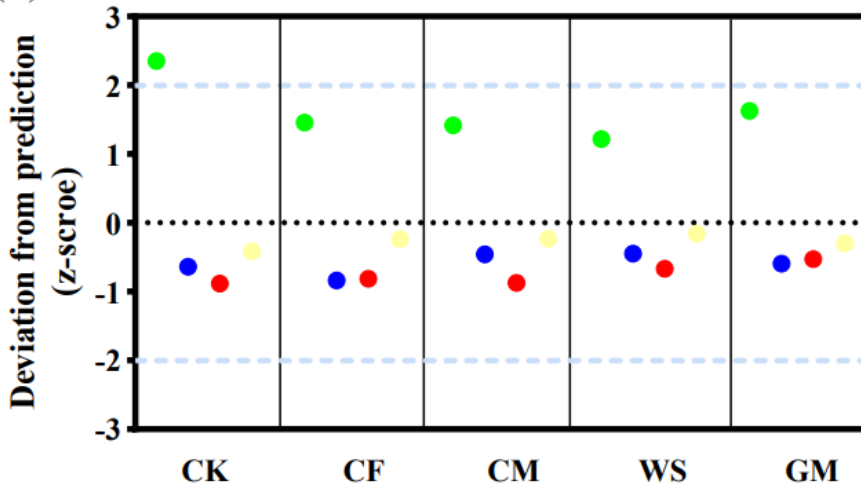


● 长期CM和WS处理定向选择Module #1中的固氮菌群落；长期施肥定向选择Module #2中的AMF群落

● Module #1中固氮菌系统发育多样性变化与富营养型固氮菌（如，*Methylocaldum*、*Methyloversatilis*、*Leptothrix*）在长期CM和WS处理下出现有关

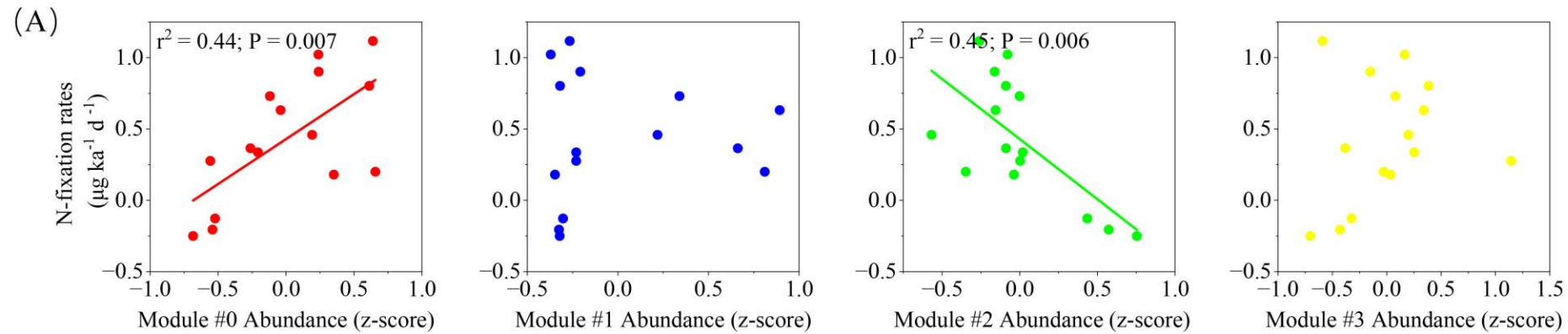
● Module #2中AMF系统发育多样性变化与施肥处理下*Kamienskia* sp.、*Septoglomus* sp.、*Glomus* sp. 的消失有关

(B)

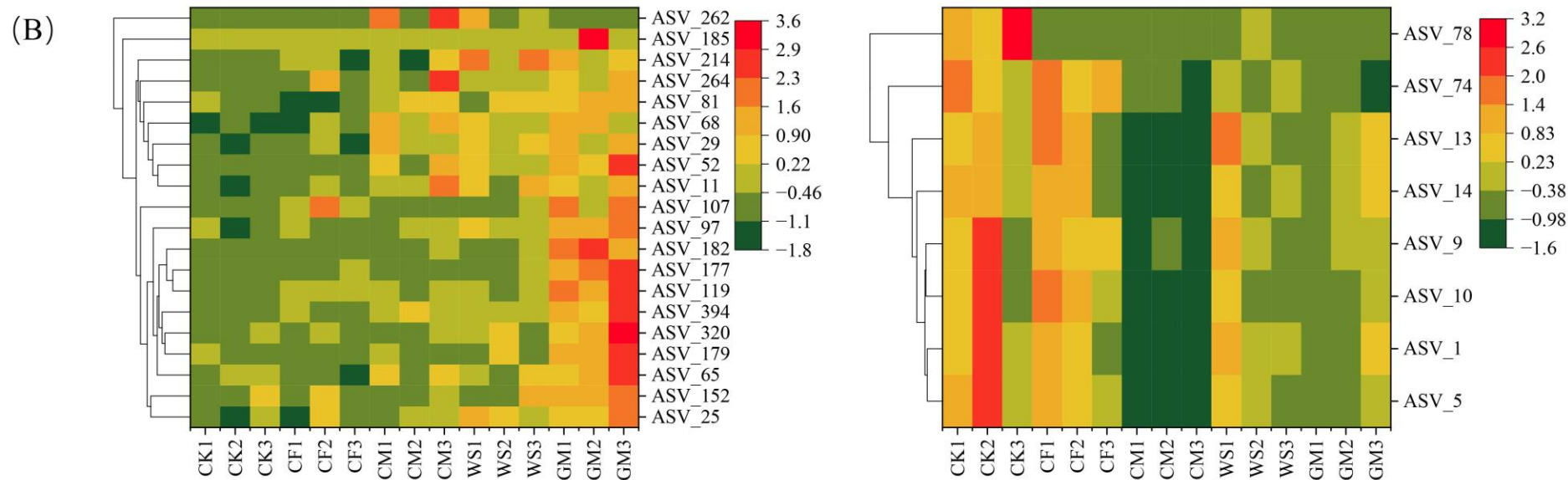


结果

Modules #0 和 #2 可被视为调控土壤自生固氮活性的关键生态集群



- Modules #0 和 #2 可作为关键生态集群，调控土壤自生固氮活性，分别在GM、CK处理富集

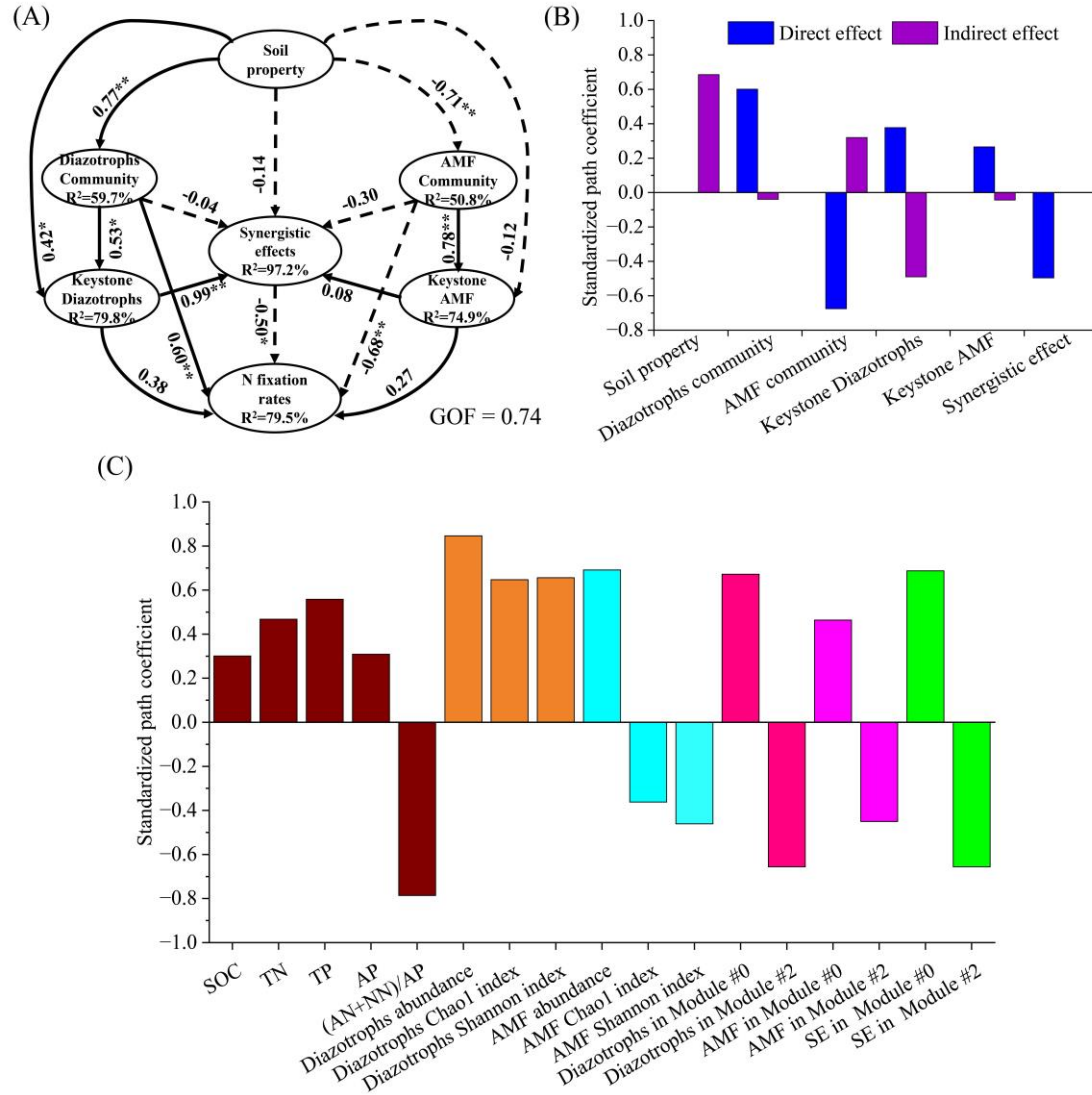


- 在Module #0和#2中，分别有15% (3/20) 和75% (6/8) 的固氮菌与AMF存在正相关关系



结果

Module #0中固氮菌是影响自生固氮活性的重要因子，贡献仅次于固氮菌的绝对丰度



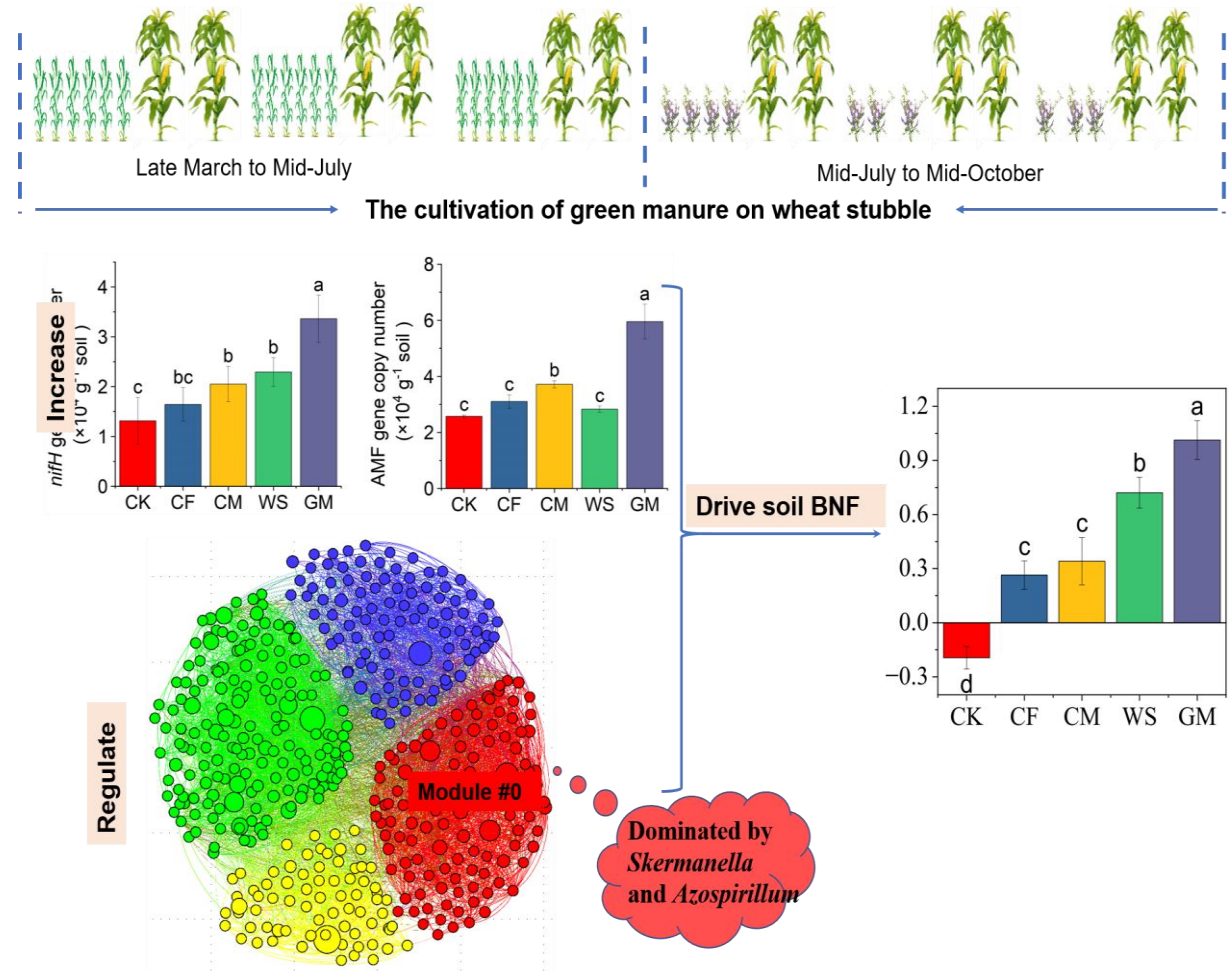
- 与整体微生物群落相比，固氮菌和丛枝菌根真菌所形成的特有共现网络生态集群能够更好地表征土壤自生固氮活性

- Module #0中固氮菌相对丰度及其与AMF协同的固氮菌相对丰度是调控土壤自生固氮活性的重要因子，作用仅次于固氮菌的绝对丰度

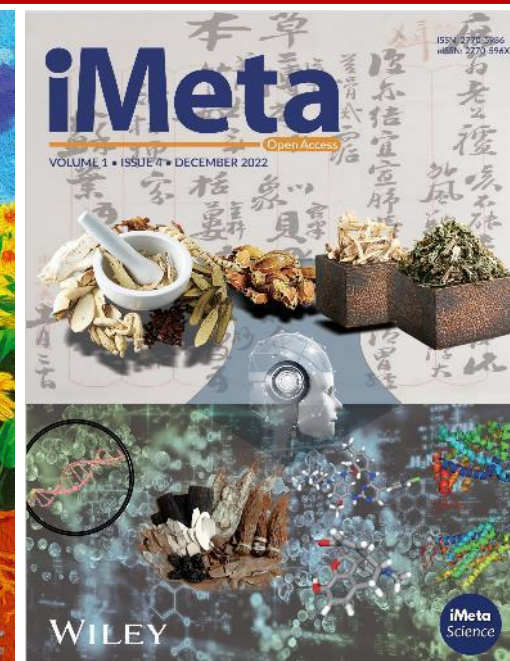


总结

- 长期施肥，尤其有机施肥显著提高土壤自生固氮活性，以绿肥处理增幅最大
- 土壤固氮菌、丛枝菌根真菌的绝对丰度及二者构成关键生态集群 Module #0 (*Skermanella*, *Azospirillum* 和 *Glomus*) 的相对丰度与土壤自生固氮活性显著正相关
- 长期有机施肥削弱固氮菌及丛枝菌根真菌之间的协同关系，绿肥处理能够强化关键生态集群中二者的协同作用



Guopeng Zhou, Kunkun Fan, Guilong Li, Songjuan Gao, Danna Chang, Ting Liang, Shun Li, *et al.* 2023. Synergistic Effects of Diazotrophs and Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Soil Biological Nitrogen Fixation After Three Decades of Fertilization. *iMeta*. e81. <https://doi.org/10.1002/imt2.81>



“**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



宣传片



[iMeta](#)

