
微纳米气泡让渍水稻田“活起来”，助力农业碳中和

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/40506.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

微纳米气泡让渍水稻田“活起来”，助力农业碳中和。 主要内容

我国南方多雨低洼区域渍水稻田分布广泛，占当地水稻种植面积的15%-20%。长期淹水形成的强还原环境，不仅导致水稻产量较正常稻田低30%-50%，还使渍水土壤成为农业甲烷排放核心来源，与农业绿色低碳发展、碳中和战略推进形成现实矛盾。渍水土壤缺氧、亚铁离子与有机酸累积，既毒害作物根系，又固持磷、钾等关键养分，成为制约粮食安全与农田生态协同发展的突出难题。

中国科学院南京土壤研究所吴永红课题组在ENGINEERING Agriculture期刊发表题为Multidimensional effects and mechanisms of micro-nano bubbles in regulating waterlogged soil microenvironments的研究论文。本研究通过盆栽试验证实，氧气微纳米气泡（MNB）可通过重塑渍水土壤微孔结构、提升氧化还原电位，增加碳氮磷循环基因丰度并减少温室气体排放，实现土壤提质与生态减排双重效益，为渍水农田低成本绿色修复提供了全新技术路径。

本研究首次将MNB技术应用于渍水稻田修复，并揭示了其不同于常规改良的独特机制。研究设置了空气型微纳米气泡组（air-MNBs）与氧气型微纳米气泡组（O₂-MNBs），经过40天盆栽试验，关键发现体现在三个层面：

物理重塑是起点：O₂-MNB使土壤微孔数量增加2.4倍，比表面积近乎翻倍，但孔隙和喉道的协调数下降60%以上——形成大量孤立微气囊，实现氧气缓释而非快速散失。孔隙连通性并未显著改善。

化学转化随其后：土壤氧化还原电位从230mV升至374mV，总还原性物质降低22.4%。碱解氮升至216mg/kg，速效磷从35.6升至72.2mg/kg，速效钾升至284mg/kg。pH未发生显著变化。

生态效益是结果：甲烷排放锐减60.6%，虽二氧化碳排放翻倍，综合全球增温潜势仍下降26.2%，且氨氧化基因无变化，避免了氮素流失。路径分析证实：微孔体积占比（而非大孔隙或连通性）是驱动养分释放与生态改善的核心变量。

MNB技术为渍水土壤绿色修复提供全新范式，深度契合粮食安全保障与农业低碳转型需求。该技术以空气、氧气为原料，无化学残留、不改变土壤pH、适配现有灌溉系统，设备投入低、运维简便，可规模化应用于南方低产田改造，助力农田提质增效。同时，通过抑制甲烷排放、激活

土壤碳氮磷循环，为水稻种植从高碳向低碳转型提供了可操作路径，破解传统改良重生产、轻生态的痛点，推动农业生产与生态保护协同发展，为绿色农业技术创新提供可复制、可推广的新路径。

主要图表



图1.研究内容示意图

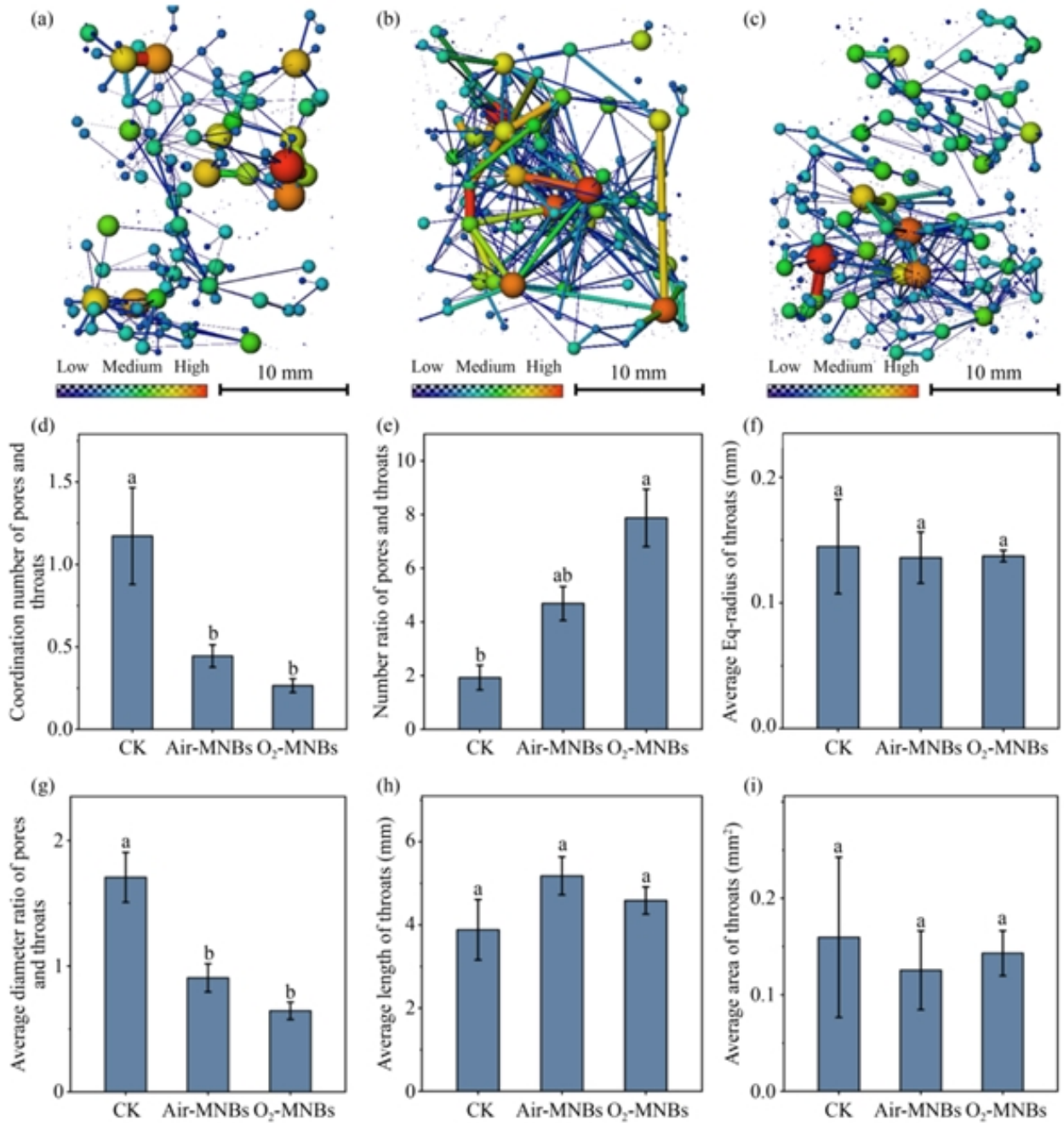


图2.土壤的孔隙和喉道特性。(a) CK、(b) air-和(c) O₂-MNBs处理中土壤孔隙和喉道的球棒模型。球代表孔隙,颜色条从蓝到红代表孔径从小到大。棍代表喉道,其厚度代表喉道直径。(d) 孔隙和喉道的协调数;(e) 孔隙和喉道的数量比;(f) 平均喉道半径;(g) 孔隙和喉道的平均直径比;(h) 喉道的平均长度;(i) 喉道的平均面积。

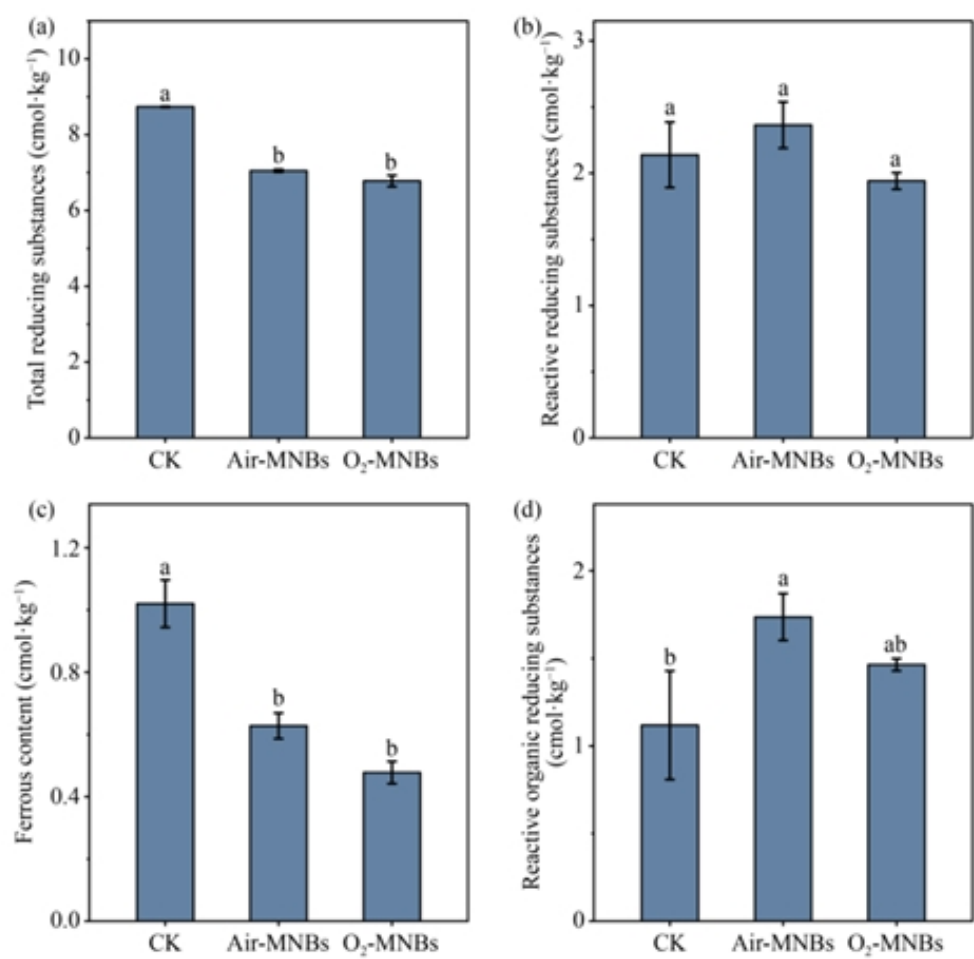


图3.土壤还原物质含量。(a) 总还原物质；(b) 反应性还原物质；(c) Fe²⁺含量；(d) 反应性有机还原物质。

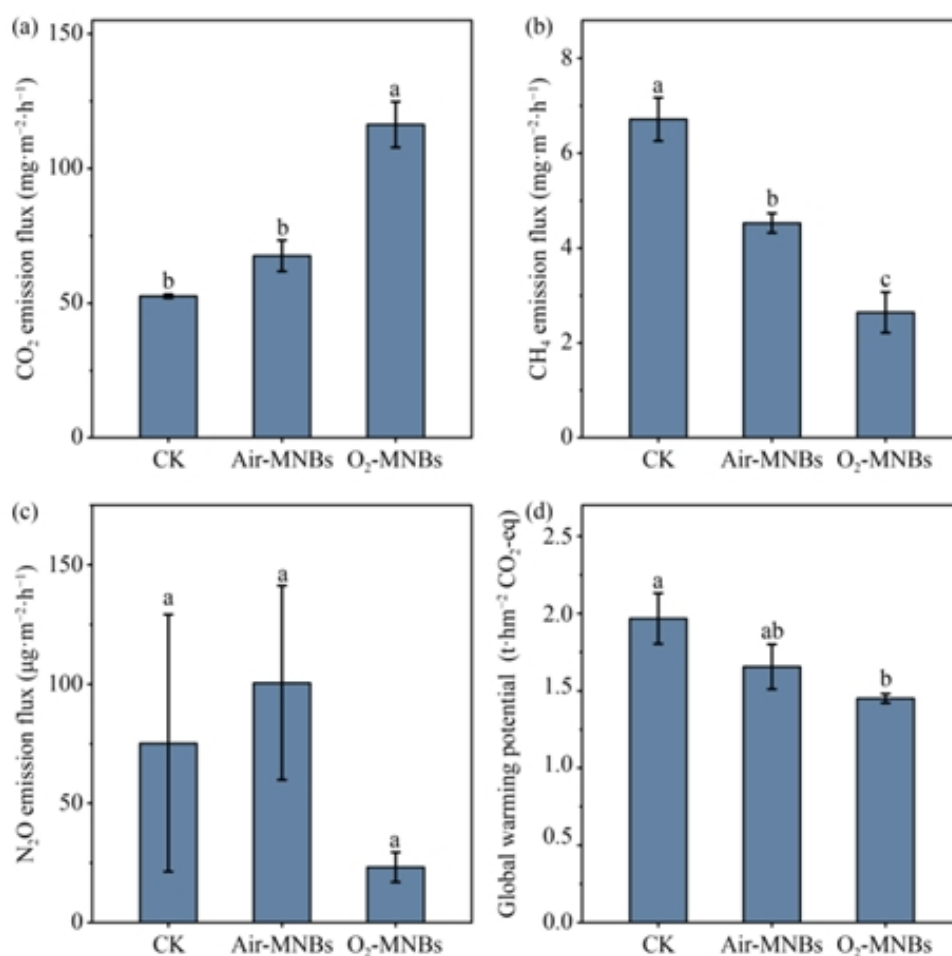


图4.温室气体排放通量。（a）CO₂排放通量；（b）CH₄排放通量；（c）N₂O排放通量；以及（d）全球增温潜势。

（来源：EngineeringJournals微信公众号）

相关论文信息：<https://journal.hep.com.cn/fase/EN/10.15302/J-FASE-2026673>

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费事宜，请与我们联系。

作者：吴永红等 来源：《工程·农业》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发