

古菌“单干”，吃脂肪酸吐甲烷

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/42855.html>

本文仅供学习交流之用，版权归作者所有，请勿用于商业用途！

古菌“单干”，吃脂肪酸吐甲烷。



嗜热古菌新种AA-75独立完成中长链脂肪酸氧化并生成甲烷。受访者供图

■本报记者 李晨 田瑞颖

一瓶来自胜利油田地下油藏的微生物培养物，在70多摄氏度的培养箱里静静放两三个月，瓶内的变化肉眼几乎察觉不到。但中国农业科学院厌氧微生物前沿交叉研究中心研究员承磊知道，古菌正在瓶内慢慢生长。

承磊团队与北京大学教授陆雅海团队合作，从胜利油田地下油藏样品中分离得到嗜热古菌新种 *Methanoglobus dolicholipophagus* AA-75。他们在纯培养条件下证实，单一古菌细胞能够独立完成中长链脂肪酸氧化并生成甲烷。这是科学家揭示的第六条古菌产甲烷途径——“脂基型产甲烷途径”。相关研究成果近日在线发表于《自然》。

5年前，承磊团队曾在《自然》发表成果，发现古菌可直接氧化长链烷烃产甲烷，提出第五条产甲烷途径。从第五条到第六条途径，承磊团队让产甲烷古菌的“食谱”又扩展了一点。论文审稿人评价，该研究挑战了长期以来认为产甲烷古菌仅限于利用氢气/二氧化碳、乙酸和C1化合物等简单底物的观点，证明了一种单一生物可以直接将脂肪酸转化为甲烷。

“养菌不能着急”

产甲烷古菌是一种独特的厌氧微生物，35亿年前就存在于地球上，是最古老的微生物类群之一。

甲烷是全球碳循环的关键节点，也是第二大温室气体。过去学界认为，复杂有机物厌氧降解时，细菌先把大分子拆成乙酸、氢气、二氧化碳，而古菌只是接过“最后一棒”，把这些简单底物变成甲烷。5年前，承磊联合国内外团队发现了第五条古菌产甲烷途径——利用长链烷烃产甲烷，推翻了上述传统认知。

论文通讯作者陆雅海说，这就提示，地下厌氧环境里，微生物或许能把液态原油组分转成气态甲烷，实现“油变气”。传统采油物理驱替、化学驱替后，仍有过半原油留在地下。产甲烷古菌的研究有可能带来延长油藏寿命、提高采收率的应用前景。

然而，产甲烷古菌对生存条件要求极高，需要特定的温度、酸碱度、营养条件。论文第一作者、农业农村部成都沼气科学研究所（以下简称沼科所）助理研究员易悦告诉《中国科学报》，古菌通常在空气中暴露几分钟就会死亡。此外，它们生长缓慢，需要与其他微生物互相交换营养物质

或代谢产物，通过共培养或者共生才能生存。

易悦说，这种生存方式使厌氧微生物在实验室环境中难以存活，想把它们培养成纯菌状态就更难了。

论文通讯作者承磊常对团队成员说：“养菌不能着急。我们看微生物，不要老盯着‘它在班里排第几名’，要看它今天是否比昨天生长得更好。”

沼科所40多年积累的厌氧微生物保藏平台共保存了1500多种厌氧微生物模式物种，这正是承磊团队最实在的家底。承磊现在任职的中国农业科学院厌氧微生物前沿交叉研究中心由沼科所与中国农业科学院深圳农业基因组研究所共建。

承磊从2005年起开展原油降解产甲烷研究。经过多年打磨，团队建立了一套成熟的厌氧微生物研究体系。2023年前后，承磊团队对保存数十年的地下油藏样品进行了宏基因组测序。易悦就是在那时加入团队的。她发现样品中有一种具有降解脂肪酸产甲烷潜力的古菌。

这种古菌喜欢生存在75摄氏度的高温环境里，他们暂且给它编号AA-75。

“鸡尾酒法”让提纯有把握

真正让AA-75从复杂群落里“走出来”，靠的是团队自创的“鸡尾酒法”。

厌氧微生物的分离提纯像一场短跑比赛。传统思路是让目标菌一开始就长得最快，一步压垮所有竞争者。但这种方法并不适用于AA-75这样的“慢热型”古菌，它们往往一开始就被快生长的杂菌淹没了，想要分离提纯非常困难。

后来，承磊团队反其道而行之，他们让所有菌的生长一起慢下来，只要目标菌在每个阶段都比伴生菌快一点点，就能逐步占据相对优势。

团队把生长曲线当“指挥棒”，定期监测目标菌和杂菌的数量变化，再像调鸡尾酒一样，通过组合稀释、限氧、控温、控气、加抑制剂等手段，逐步把非目标微生物“请走”。该方法2025年发表于《自然-方法学》。

有了“鸡尾酒法”，AA-75的提纯不再碰运气。易悦带着论文共同第一作者、沼科所硕士研究生曹佐蓉通过基因组分析预测了菌株的最适生长温度，随后利用“鸡尾酒法”将非目标微生物去除，进一步研究证实该培养物为单一古菌体系。至此，这种嗜热古菌终于“独自亮相”。

接下来还要对纯化的AA-75进行验证。易悦和曹佐蓉用硬脂酸作为它的唯一碳源，结果发现AA-75产出了甲烷。而在稳定同位素标记实验里，硬脂酸分子中的 ^{13}C 直接出现在古菌的最终产物 ^{13}C 甲烷中。这表明，AA-75真的可以靠“吃”硬脂酸产生甲烷。

系统测定底物谱发现，这株古菌能吃C7到C18的多种饱和、不饱和和中长链脂肪酸，也能利用甲醇，但氢气/二氧化碳、乙酸、甲酸、甲胺这些经典产甲烷底物反而“养”不活它。

论文共同第一作者、沼科所博士后丁恒武介绍，他们通过基因组研究揭示了背后的机制：AA-75的基因组编码了完整的脂肪酸 β -氧化与产甲烷代谢通路的全套基因，可在同一个细胞内实现这两套代谢过程。同时，AA-75还携带甲醇-甲醛代谢模块，作为辅助通路与经典代谢并行。转录组数据显示，这些基因在培养过程中均高度活跃。

“原来需要细菌和古菌联手干的活儿，现在一种古菌就全干了。”承磊说。传统教科书里，脂肪酸降解产甲烷必须由细菌先进行 β -氧化，再由古菌收尾，而AA-75在自己的细胞内就完成了中长链脂肪酸降解到产甲烷的全过程。

可能涉及地球早期生命起源的问题

AA-75不只是“食谱”奇特。陆雅海介绍，从应用看，AA-75给高油脂废弃物处理、地下油藏“油变气”提供了新的想象空间。而餐厨废油、藻脂、污泥里也有大量中长链脂肪酸，能单菌独立完成降解脂肪酸产甲烷的古菌，有成为合成生物学底盘微生物的潜力。

“我们做的基础研究工作离落地还有很长的路要走。”承磊跟团队成员说，“在我退休的时候能看到工程化的可能，就知足了。”

承磊说，团队现在面临更难的问题。AA-75里催化碳氢键形成的甲基辅酶M还原酶（Mcr）是整条流水线的最后一关，也是最难的一关。无论古菌吃的是氢气/二氧化碳、乙酸、甲醇，还是中长链脂肪酸，所有产甲烷途径最后都会汇到一个共同中间体——甲基辅酶M。Mcr要做的就是“咔哒”一下形成碳氢键，放出甲烷。

然而甲烷的碳氢键是自然界最惰性的化学键之一，常规条件下几乎没法直接生成。Mcr的厉害之处在于能在温和、含水、厌氧、近中性的生理环境里完成碳氢键的定向形成。

“这个过程到底是怎么发生的，还有很多未解之谜。”承磊说，这可能涉及地球早期生命起源的一些问题。

论文审稿人强调，该研究进一步佐证了一个观点，即微生物学家严重低估了产甲烷古菌的分类多样性，也低估了驱动甲烷产生的底物种类，以及这些古菌所栖息的生境范围。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41586-026-11207-x>

《中国科学报》(2026-10-28 第1版 要闻)
作者：李晨，田瑞颖 来源：中国科学报

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