

ARTICLE

<https://doi.org/10.1038/s41467-020-19549-4>

OPEN

The thermal response of soil microbial methanogenesis decreases in magnitude with changing temperature

Hongyang Chen¹, Ting Zhu¹, Bo Li¹, Changming Fang¹ & Ming Nie¹✉

前言

CH₄ 的百年增温潜势为 CO₂ 的 28 倍,因此预计它将在未来的气候变化中发挥重要作用。土壤厌氧产 CH₄ 通量是全球 CH₄ 排放的重要组成部分。短期实验表明,土壤微生物产 CH₄ 对温度有强烈的正依赖性。利用这一信息进行的 CH₄ 循环模拟表明随着全球气温的升高,土壤厌氧产 CH₄ 速率可能急剧增加,从而引发积极的气候变化-CH₄ 排放反馈。

但是,这种气候变化-CH₄ 反馈的强度尚不确定,主要是因为微生物呼吸对长期温度变化的响应可能不同于其瞬时响应。越来越多的证据表明,在森林和草地等有氧土壤中,微生物群落的补偿反应可以显著降低温度变化对土壤 CO₂ 呼吸速率的影响。土壤微生物呼吸速率对温度变化的响应可能是由驯化(个体的生理响应)、适应(物种内部的遗传变异)和/或物种更替(群落物种组成的变化)引起。将这种补偿反应纳入模型可以改善对全球土壤碳流失率的预测。因此,考虑到温度对生物代谢的基本影响,我们可以合理地得出这样的结论:有氧土壤(就产生 CO₂ 而言)和厌氧土壤(就产生 CH₄ 而言)的补偿热响应可能是相似的。然而,直到现在,还没有尝试去检验微生物产甲烷是否对温度变化表现出补偿性反应。

为了研究厌氧土壤微生物产甲烷对温度变化的补偿响应,聂明团队在大兴安岭(GKR)的 4 个试验点、长江三角洲的 4 个试验点和青藏高原(TP)采集了湿地土壤样品。因为土壤中产 CH₄ 群落和理化性质存在差异,所以选取了 GKR、TP 地区土壤样品。在这些差异土壤中,产 CH₄ 菌对温度变化的热响应可能存在很大差异,利用这些土壤样品可以得到令人信服地微生物 CH₄ 呼吸对温度变化的补偿响应及其潜在机制。

材料与amp;方法

(1) 实验样品: GKR、TP 地区土壤样品

(2) 实验培养过程: 将 10 g 均质土壤与 20 ml 脱氧水(保持土水比为 1:2)在高压灭菌玻璃瓶(125 ml)中

混合，制备厌氧微生态系统。然后用一个装有丁基橡胶塞的盖子把瓶子密封起来。在实验过程中，定期用高纯度的 N_2 气体冲洗瓶子，以减少高浓度的 CO_2 和 CH_4 对微生物 CH_4 呼吸的抑制作用。

(3) 短期实验：我们评价了土壤微生物的补偿反应通过进行短期呼吸试验进行 CH_4 呼吸。短期实验的时间尺度阻碍了微生物对测定温度的适应。在主孵育结束时，每 160 天热处理的土壤平均分为 3 等份，分别放置在 $8^\circ C$ 、 $12^\circ C$ 和 $16^\circ C$ 的恒温槽中，并在恒温槽中测量 CH_4 呼吸速率 24h (Fig.1b)。在主孵育结束时，每 160 天热处理的土壤平均分为 3 等份，分别放置在 $8^\circ C$ 、 $12^\circ C$ 和 $16^\circ C$ 的恒温槽中，并在恒温槽中测量 CH_4 呼吸速率 24h (Fig.1b)。顶空 CH_4 和 CO_2 浓度及其 ^{13}C 浓度用腔衰荡光谱仪 (Picarro G2201-i, USA) 和小样品进样模块 (Picarro SSIM A0314, USA) 测定。经温度校正后，用亨利定律计算了水相中 CH_4 的含量。根据土壤质量、培养时间、气体积累量和顶空体积，计算各实验温度 ($8^\circ C$ 、 $12^\circ C$ 、 $16^\circ C$) 下土壤 CH_4 呼吸速率。

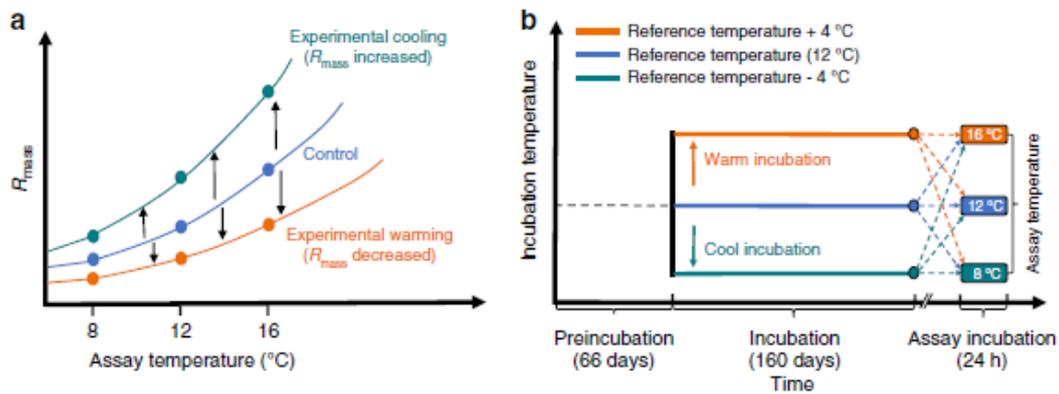


Fig.1 土壤微生物呼吸的补偿热响应及用于评价土壤微生物 CH_4 呼吸对实验增温、降温的响应研究的实验设计

在大多数环境中， CH_4 主要由醋酸盐或二氧化碳/ H_2 型。碳同位素分馏系数 (α_{app}) 表明了这两种 CH_4 生成途径对总 CH_4 产量的相对重要性。利用 CH_4 和 CO_2 的 $\delta^{13}C$ 值计算 α_{app} ，结果表明，乙酸盐依赖的 CH_4 生成是湿地土壤主要的 CH_4 生成途径。

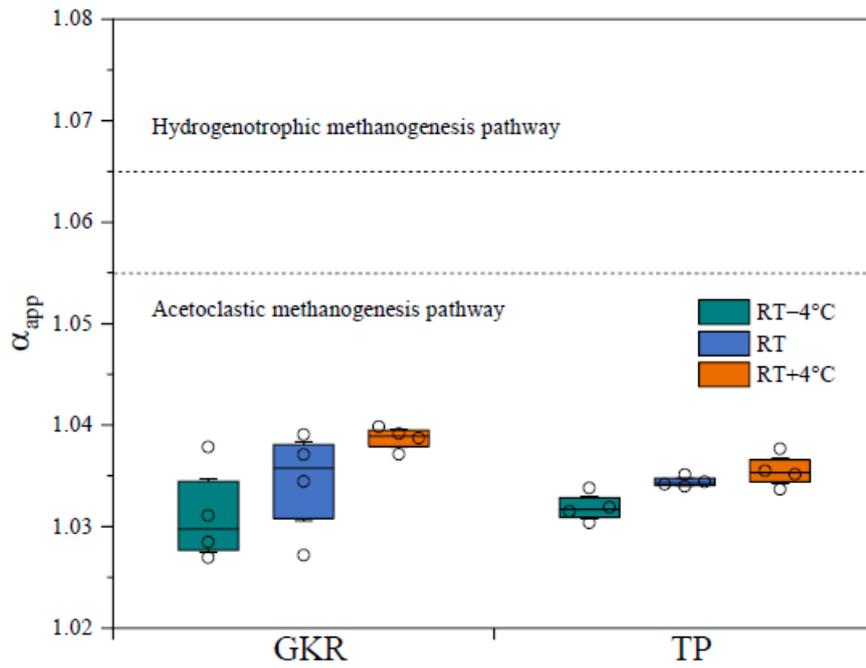


Fig.2 湿地土壤的表观碳同位素分馏系数。表观碳同位素分馏系数(α_{app})按 $(\delta^{13}\text{CO}_2 + 103)/(\delta^{13}\text{CH}_4 + 103)$ 计算。

实验结果

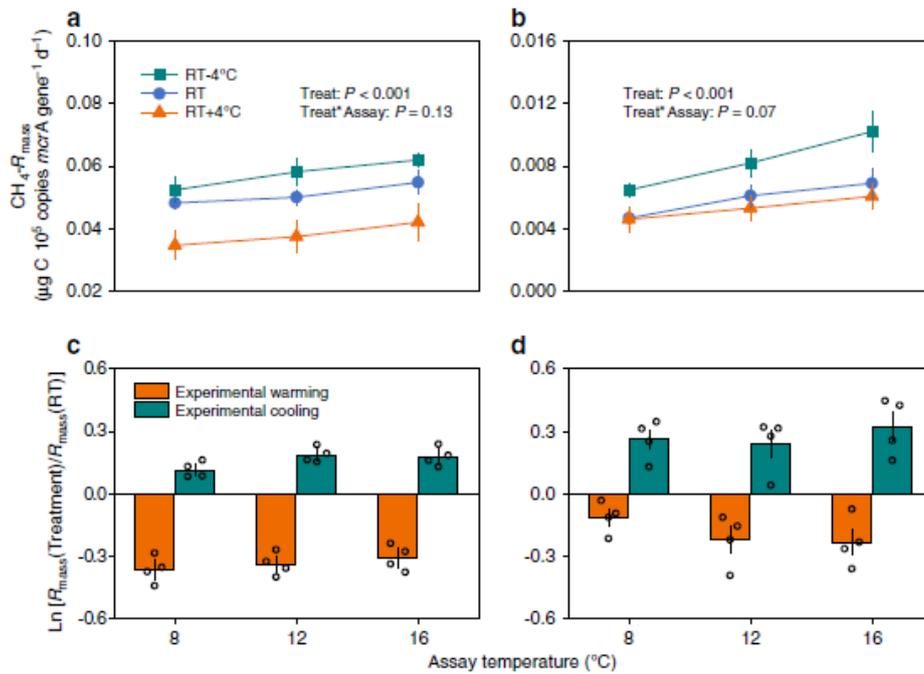


Fig.3 土壤质量比 CH_4 呼吸速率在升温时降低，在降温时升高。 a, c 大兴安岭山脉样品； b, d 青藏高原样品。

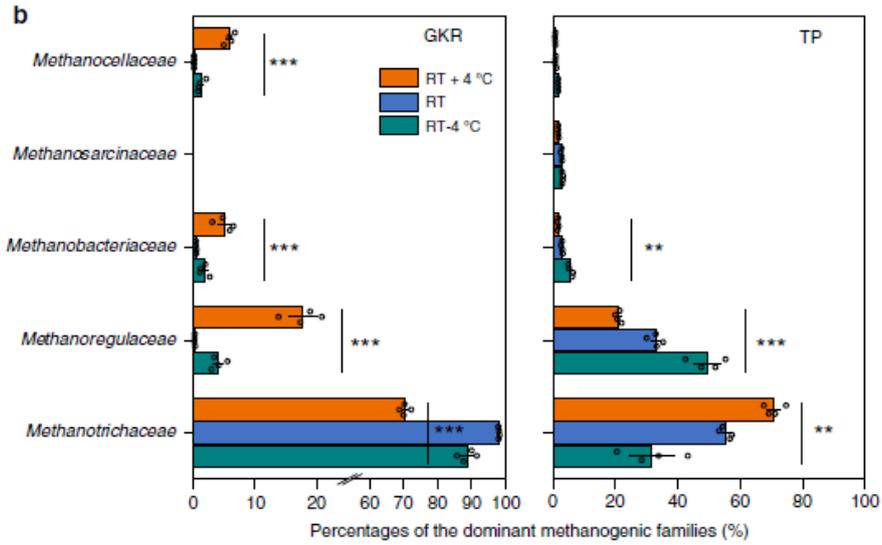
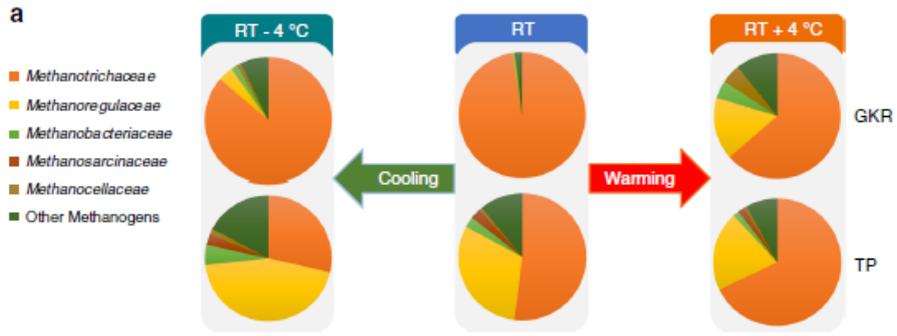


Fig. 4 产甲烷微生物群落的变化

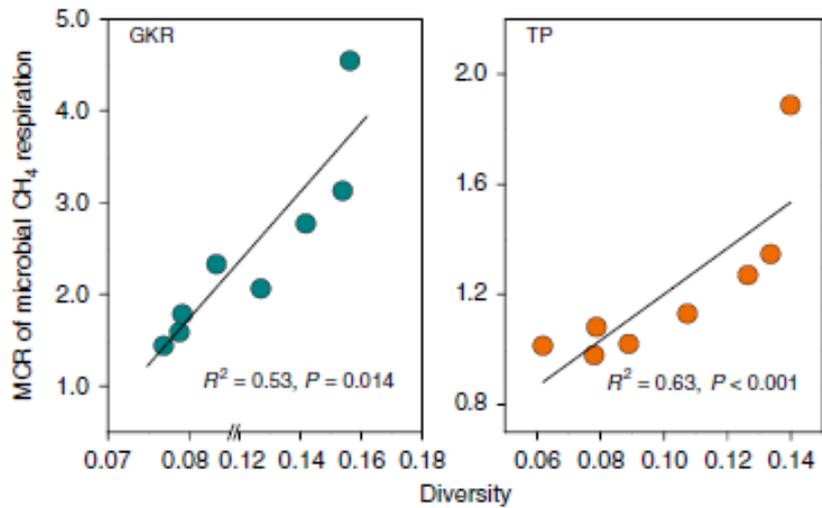


Fig. 5 产甲烷微生物的热适应能力与其群落结构变化的关系

结论

复旦大学聂明团队使用了大兴安岭的厌氧湿地土壤研究了 160 天实验增温(+4°C)和降温(-4°C)对微

生物 CH₄ 呼吸热响应的影响，以及这些响应是否与微生物群落动态变化相对应。产甲烷菌的 CH₄ 呼吸速率随温度的升高而降低，随温度的降低而升高，表明产甲烷微生物对温度变化表现出补偿反应。此外，气候变暖和变冷条件下产 CH₄ 群落物种组成的变化在很大程度上解释了土壤中的补偿反应。因此，气候变暖对土壤微生物驱动的 CH₄ 排放的促进作用可能比目前预测的要小，对大气 CH₄ 浓度具有重要影响。

在该项研究中，聂明老师团队运用的测定方法是预培养（66 d）+暖化、冷化、正常恒温培养（160 d）+应急变温培养（24 h）+Picarro G2201-i 和 Picarro SSIM（小样品进样模块）测量，而今天要为大家介绍的是一种更快的高分辨率变温培养+连续智能进样新方式。

2021 年我司将推出一款“高分辨率变温智能培养系统”，该系统可对土壤样品进行连续变温培养，搭配多种型号分析主机，实现高频土壤微生物呼吸速率在线测量。

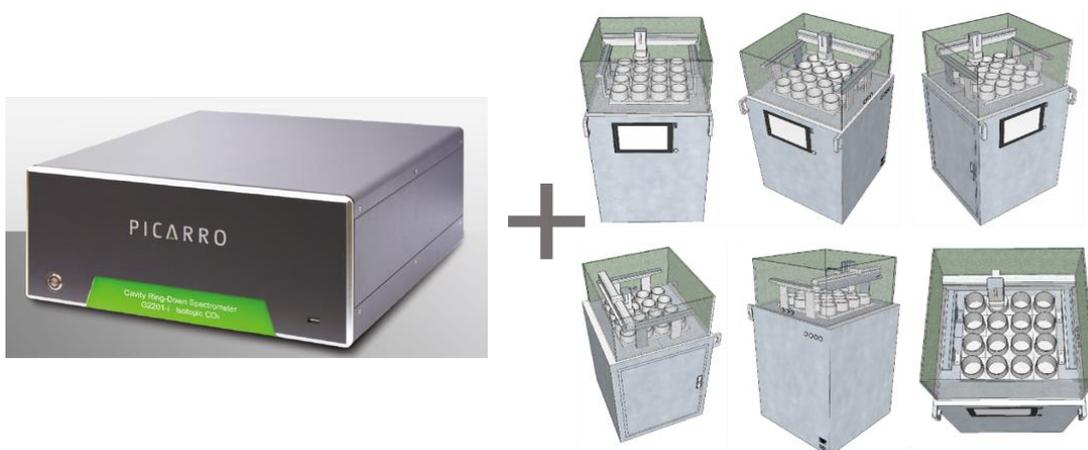


Fig.6 高分辨率变温智能培养系统

论文链接：<https://www.nature.com/articles/s41467-020-19549-4>

如对该文章或此类应用有兴趣，欢迎联系我们：

Chenxf@cen-sun.com

James@cen-sun.com