

Picarro 应用系列之甲烷通量测量

-G4301 便携式温室气体分析仪在高海拔地区测定土壤甲烷通量

甲烷(CH₄)是一种强效的温室气体，在大气中的浓度在一定程度上受土壤微生物生理过程的调节。加拿大埃德蒙顿阿尔伯塔大学 Leanne L. Chai 等学者首次对 páramo 新热带高山区 (哥斯达黎加 Chirripó国家公园)的 CH₄ 通量进行了测量，并考察了这些通量在旱季至雨季期间与地形、土壤湿度和植被的关系。



哥斯达黎加 Chirripó国家公园

仪器配置情况：

1. Picarro G4301 CO₂/CH₄ 便携式高精度气体分析仪

- 轻量级、超便携、低能耗（内置可充电锂电池，支持最长 8 小时连续运行）
- ppb 级高精度（1 σ , 5 分钟均值）：CO₂ < 0.04ppm, CH₄ < 0.3ppb

2. 自制呼吸室

实验背景与方法：

实验于哥斯达黎加 Chirripó国家公园的 Valle de Los Conejos 研究基地内进行，样地



平均海拔 3480 米。根据植被类型和地形不同划分为四个分区：(1)草本平原(Grassy Plain)，(2)高植平原 (Tall Chusquea Plain)，(3) 矮植斜坡(Short Chusquea Slope)，(4) 矮植高原(Short Chusquea Plateau)(图 1)。区内布置 52 个内径 5cm 呼吸室底座，自制呼吸室高 12cm。在 2018 年 4 月 7 日至 11 日连续 5 天内，每天进行两次土壤通量测量(上午 8:30 至中午 12:00，下午 12:30 至 4:00)。

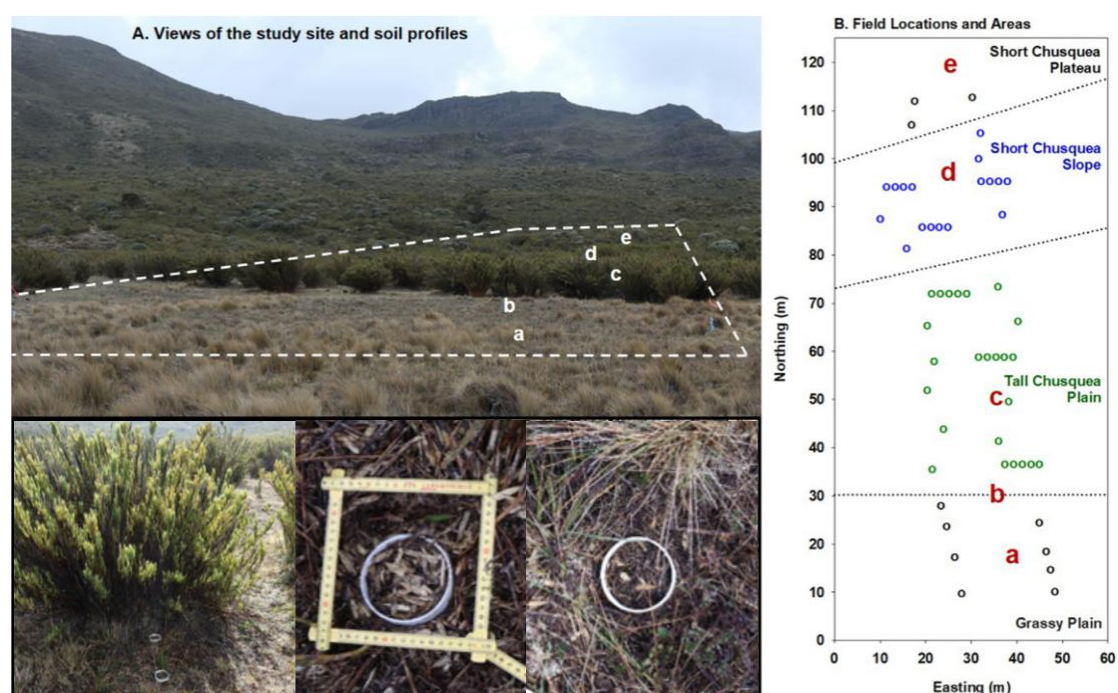


图 1. 位于哥斯达黎加 Chirripó 国家公园内的 Conejos 研究基地。(A) 研究地点界线和五种土壤剖面的位置(a - e)。(B) 区内共安装了 52 个底座进行多次通量测量,包括 6 组等距底座组合,以研究 páramo 植被的邻近优势对土壤通量的影响,底座位置用圆圈表示。

实验数据分析：

实验期间获得 CH_4 通量平均值为 -53.1 ± 29.6 (均值 \pm SE) $\mu\text{g CH}_4\text{-C m}^{-2}\text{hr}^{-1}$ (图 2)。其中草本平原区 CH_4 通量最大($-63.9 \mu\text{g CH}_4\text{-C m}^{-2}\text{hr}^{-1}$),显著高于高植平原区($-51.2 \mu\text{g CH}_4\text{-C m}^{-2}\text{hr}^{-1}$)和矮植斜坡区 ($-50.8 \mu\text{g CH}_4\text{-C m}^{-2}\text{hr}^{-1}$)，而矮植高原区 CH_4 通量 ($-56.6 \mu\text{g CH}_4\text{-C m}^{-2}\text{hr}^{-1}$)同其他区域通量差异均不显著(图 2)。

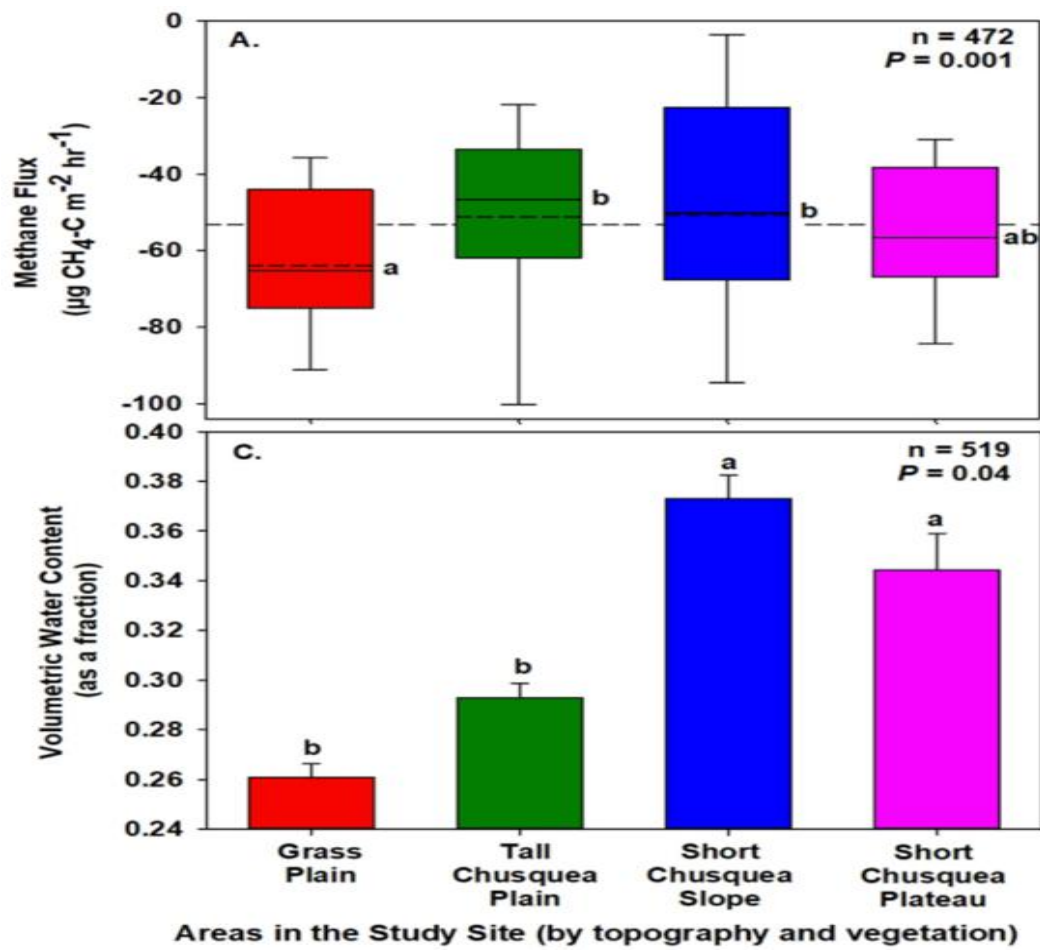


图 2. (A)四个试验区的甲烷通量, (C) 0 - 6cm 表层土壤的体积含水量, 小写字母表示比较分组。

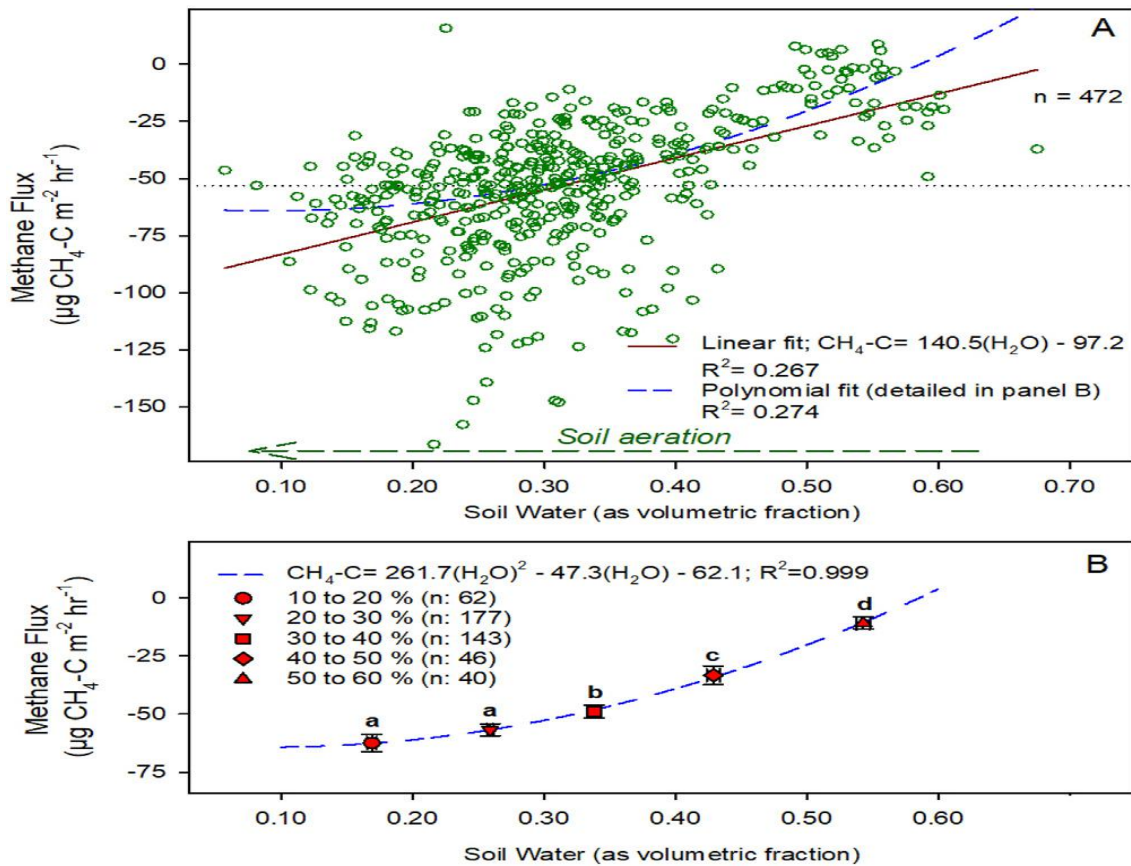


图 3. 土壤 CH₄ 通量随土壤 0-6cm 含水量的变化规律。(A)所有通量-湿度测量数据拟合图。(B)将通量-湿度数据根据土壤含水量分为五个等级拟合图 (如图所示, 从 10 到 60%);双向误

差条为标准误差;多项式拟合描述了明显的曲线响应;小写字母(a-d)表示根据五个水分等级划分的通量显著性分析($P < 0.001$)。

在高植平地区的通量测试发现, Chusquea 斑块中心处通量($-101 \mu\text{g CH}_4\text{-C m}^{-2}\text{hr}^{-1}$)要显著高于 Chusquea 斑块外侧的通量值($-52 \mu\text{g CH}_4\text{-C m}^{-2}\text{hr}^{-1}$)。而在矮植斜坡区内的矮 Chusquea 植被则完全没有这种空间差异(图 7B)。

在评估远离 Chusquea 植被的空间效应时,在高 Chusquea 植被(图 4C)和矮 Chusquea 植被(图 4D)之外的最远位置发现了显著的干燥土壤条件。Chusquea 植物下的土壤含水量通常比周围以草为主区域的土壤高 8-9%(图 4C 和 4D)。同样地,在对离 Chusquea 植被中心不同距离处的气温、地面温度(红外线)和土壤温度进行量化后,很明显,地面温度比空气或土壤温度对植被的存在更敏感。此外,矮 Chusquea 植被也表现出同样的定向效应,尽管它并不显著(图 4H)。

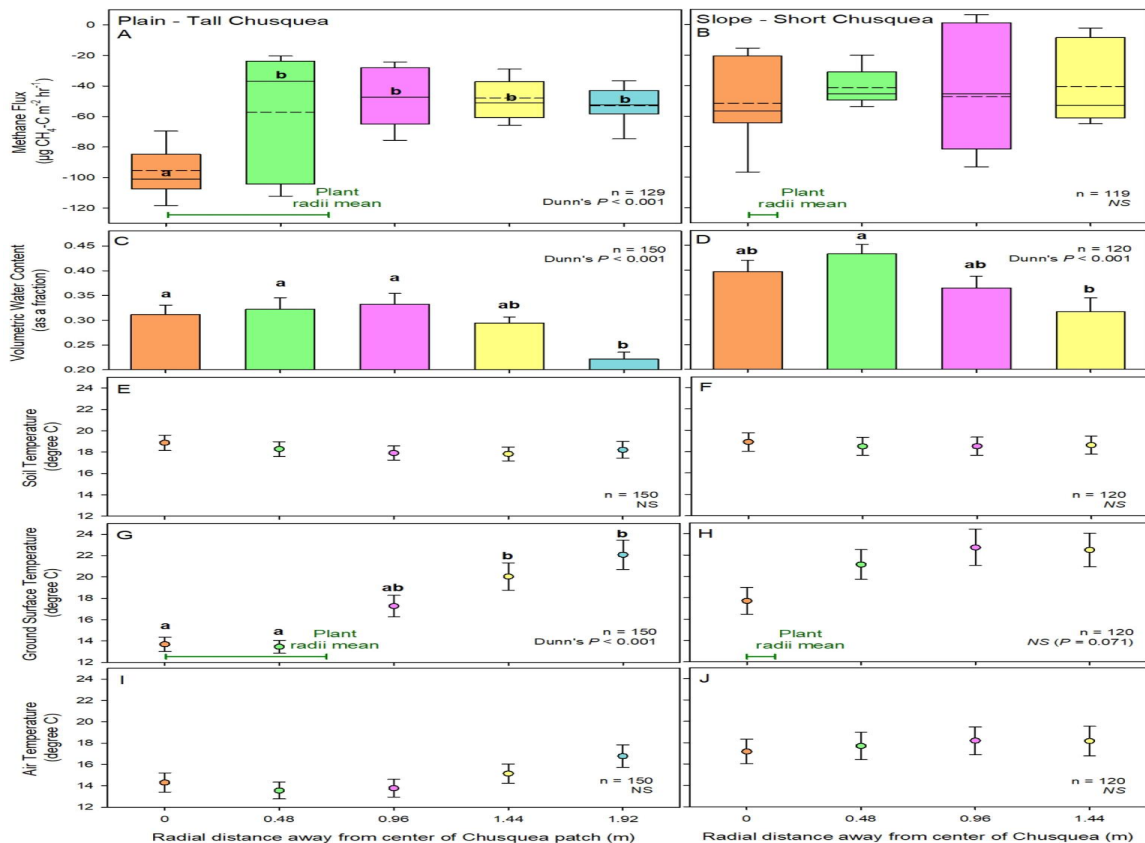


图 4. (A, B) 甲烷通量 (C, D)土壤体积含水量和(E, F)土壤 0-6cm 表层温度、(G, H)地表红外温度(I, J)空气温度。左侧为高 Chusquea 斑块平坦区,右侧为矮 Chusquea 斑块斜坡区。小写字母表示分组比较是基于 Kruskal-Wallis 和 Dunn 检验。

结论

páramo 地区 CH₄ 通量的关键驱动因素之一是土壤水分，而土壤水分最终受植被、地形和土壤剖面排水属性的空间变化调节。通过对不同土壤和植被分布的研究，揭示了没有排水障碍的土层或有 Chusquea 植被覆盖地方，与土壤湿润、透气少的地方相比，会更有利甲烷的吸收。

该研究是首次对新热带高原 páramo 生态系统中的甲烷通量进行量化研究，表明这些阿尔卑斯地貌总体上充当了大气中 CH₄ 的一个重要碳汇。这些通量数据提供了中美洲帕拉莫雨季开始时的甲烷吸收率的时空快照，雨季是该生态系统中生物物理和生物地球化学剧烈变化的关键时期。未来的研究可以检验这些高山景观中的 CH₄ 通量在暴雨季节是如何响应的，以及当土壤过于湿润时，它们是如何转换成 CH₄ 排放源的。

如果希望进一步了解文章应用，欢迎与我们联系讨论：
+86-13701917489 或 +86-18969955870
北京世纪朝阳科技发展有限公司