

20 世纪后期北半球热带地区的干旱可能受自然驱动

王甜莉^{1,2}, 臧婧杰¹, 李彦祯³, 李东^{1,2}

1. 中国科学院地球环境研究所 黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710061

2. 中国科学院大学, 北京 100049

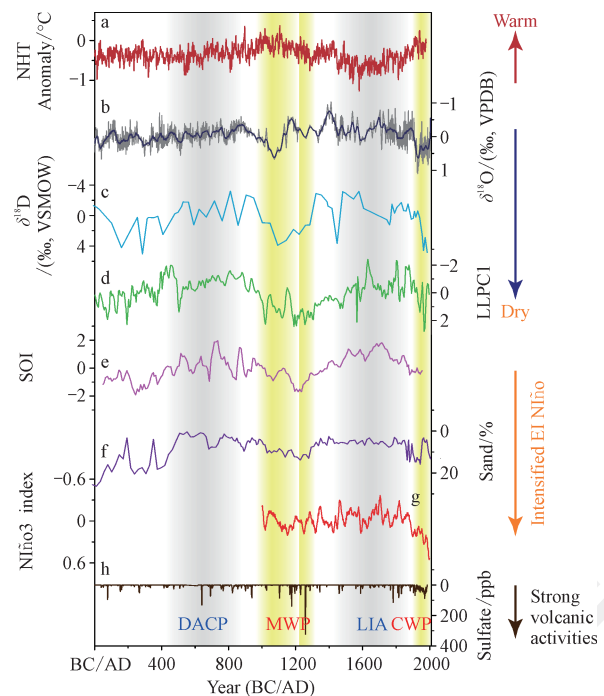
3. 中国地质大学(武汉) 地质过程与矿产资源国家重点实验室, 武汉 430074

热带地区是人类重要的栖居地, 也是全球气候变化的关键区域, 其降雨变化关乎全球 40% 人口的生存发展, 以及全球水文循环和能量平衡的稳定性。20 世纪以来, 北半球热带地区的降雨呈下降趋势, 然而其(自然或人为)驱动机制和未来的变化趋势至今仍未有定论, 给该地区的人口、经济和生态发展等带来了未知的威胁和挑战。

近日, 由中国科学院地球环境研究所“一带一路”气候环境研究中心谭亮成研究员领衔的国际团队针对该问题取得了重要进展。该团队包括来自亚洲、澳洲、美洲和欧洲等 17 所研究单位的科研人员, 他们于 2010 年在热带的核心区——泰国南部的可兰洞(Klang Cave)开展研究工作, 用洞内 3 支可重复的、高精度铀系定年(最小测年误差为 0.5 a)的石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录反演了中印度-太平洋(中印-太)北部地区过去 2700 年(706 BC—2004 AD)的降雨变化历史。结果显示: 降雨呈长期下降趋势, 与北半球热带其他地区, 如东南亚、中美洲和加勒比海的古水文记录相一致, 与南半球热带地区, 如东非、西太平洋暖池、热带中太平洋、南美等地区的降雨趋势相反。这是由于在亚轨道尺度上, 夏季太阳辐射对南北半球热带地区的降雨变化呈反相位驱动。

研究人员将石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 去除长期趋势后, 进一步分析了研究区域百年—十年尺度的降雨变化, 得到两个重大发现: 一是在 14 世纪末至 15 世纪初, 存在持续数十年的极端降雨事件, 与同期吴哥城排水系统被冲毁事件相对应, 表明了极端降雨与高棉帝国消亡的潜在关系; 二是在现代暖期和中世纪暖期, 分处两半球的中印-太地区南北部的降雨均显著减少, 其干旱模式与现代厄尔尼诺发生时相似。他们进一步对比认为, 厄尔尼诺活动在 20 世纪的现代暖期和中世纪暖期均显著增强。

考虑到热带地区的降雨变化不仅受到厄尔尼诺-南方涛动的影响, 受控于沃克环流的纬向移动, 还和 ITCZ 的南北经向移动密切相连, 而沃克环流的纬向移动对中印度-太平洋地区南北部的影响相似。因此, 研究人员通过泰国南部和印尼石笋重建的中印-太北南地区(中印度-太平洋北部南部地区)降雨的差值, 首



(1 ppb = $10^{-6} \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)

去趋势后的泰国石笋记录与过去 2000 年中印-太南部地区高分辨率降雨记录以及 ENSO 和火山活动的对比。a: 北半球温度记录; b: TK $\delta^{18}\text{O}$ 记录; c: 印度尼西亚中部海洋沉积物叶蜡 δD 记录; d: 印度尼西亚东部 Liang Luar 洞石笋多指标集成记录; e: 重建的南方涛动指数记录; f: 热带太平洋东部加拉帕戈斯群岛湖泊沉积物砂含量记录的厄尔尼诺活动; g: 模拟的厄尔尼诺 3.4 区海表温度变化记录; h: GISP2 冰芯记录的火山活动。

次构建了一条中印 - 太地区涵盖过去 2000 年的 ITCZ 移动指数记录。结果显示：在过去 2000 年，ITCZ 存在整体南移的趋势，和前人在大西洋重建的 ITCZ 变化一致，受控于南北半球副热带地区温度梯度。在中世纪暖期的前期（950—1150 AD）以及现代暖期，ITCZ 的平均位置偏南。据此，研究人员认为 20 世纪以来热带北部地区的干旱趋势类似于历史暖期，主要由于厄尔尼诺活动的增强以及 ITCZ 的南移导致。人类活动对北半球热带地区降雨变化造成的影响，还没有改变自然变化的趋势。过去暖期降雨变化研究可以为这一区域在全球变暖背景下的未来降雨趋势理解提供历史相似型，并有助于改善气候模式的精度。

该成果于 2019 年 8 月 12 日在国际顶尖学术期刊《美国国家科学院院刊》（PNAS）上发表，题为《Rainfall variations in central Indo-Pacific over the past 2,700 y》。该研究由国家重点研发计划“亚洲季风变异及突变事件”（2017YFA0603401）、陕西省杰出青年科学基金（2018JC-023）以及中科院青促会优秀会员项目（2012295）等资助完成，是中国科学院地球环境研究所“一带一路”计划的系列研究成果。

（王甜莉等，DOI: 10.7515/JEE193009）