
研究揭示林线树轮生长持续增加得益于大气CO₂升高的施肥效应

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/19251.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！

大气CO₂浓度持续增加，一方面导致全球气候变暖，另一方面可通过增强植物光合作用，提高陆地植被系统吸收大气CO₂的能力（大气CO₂施肥效应），从而对全球变暖产生负反馈作用。由于大气CO₂增加与气温升高的高度同步性，目前缺乏有效数据支撑研究植被生长的相对影响和相关机制。此外，自然生态系统普遍缺氮，尤其在森林生态系统中，大气CO₂浓度持续升高将加剧植物生长的氮限制，抑制大气CO₂升高的施肥效应。大气CO₂浓度升高导致的光合速率增加是否可转化为树木生物量的持续增加，以及长时间尺度的树轮宽度序列是否能记录树木生长对大气CO₂浓度升高的响应，尚无定论。叶片光合速率增加通常导致叶片寿命降低，加速林冠叶周转（叶片的生长和凋落动态）和氮循环，增加叶片凋落量以及氮回流和归还量（叶凋落量=最大叶生物量/叶寿命，图1）。然而，林冠叶片凋落量与树轮生长之间是否存在密切的内在联系，以及因叶片凋落量增加而增强的氮循环是否能长期维持大气CO₂升高对树轮生长的促进作用，仍然未知。相关研究的开展，将有助于科学评估大气CO₂施肥效应对森林碳汇功能的长期贡献。中国科学院青藏高原研究所生态系统格局与过程团队研究员罗天祥等在藏东南色季拉山典型树种（急尖长苞冷杉和方枝柏）林线开展了连续10年（2007-2017年）的定位观测研究，测定了树木径向生长量、叶片凋落量、氮回流量和归还量的季节、年际动态以及相关气候因子等指标。结果显示，以上两树种年/季节树木径向生长量与前一年/季节的叶凋落量及其引发的氮回流和归还量均存在滞后的正相关关系（图2）；₂浓度升高来驱动（图3）；大气CO₂浓度升高主要通过增强叶周转和氮循环，间接促进树木径向生长，其直接和间接效应之和大于气候因子的总效应（图4）；类似的变化格局也存在于更长时间尺度（1986-2017年）和更大空间尺

度的树轮宽度序列（图5）。研究表明，相较于气候变化影响的时空变异性，近30年青藏高原林线树轮生长的普遍增加主要得益于大气CO₂升高的施肥效应。在大气C O₂浓度升高的环境下，因叶片凋落量增加而增强的氮回流和氮归还量可以自主缓解树木生长的氮限制，有利于长期维持大气CO₂浓度升高对树木生长的促进作用。该成果为探究森林生态系统碳氮循环变化提供了新途径，并为进一步完善陆地生物地球化学模型提供了科学依据。相关研究成果以*Enhanced leaf turnover and nitrogen recycling sustain CO₂ fertilization effect on tree-ring growth*为题，在线发表《自然-生态与演化》（*Nature Ecology Evolution*）上。研究工作得到第二次青藏高原综合科学考察研究与国家自然科学基金等的支持。[论文链接](#)

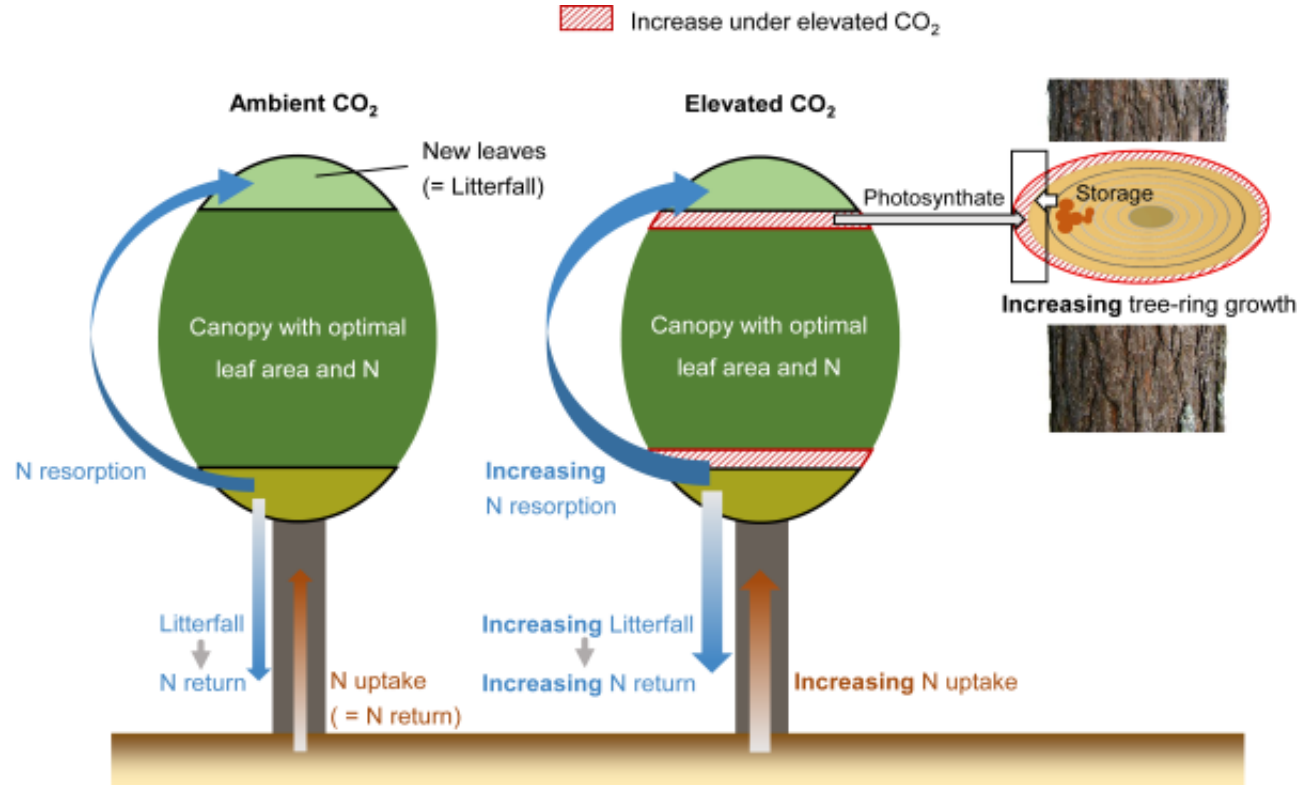


图1.大气CO₂浓度升高影响叶周转、氮循环以及树木径向生长的概念模型图

图2.2007-2017年急尖长苞冷杉 (a-c) 和方枝柏 (d-f) 年径向生长量与前一年 (前年6月至当年6月) 叶凋落物量、氮回流量和归还量的相关关系

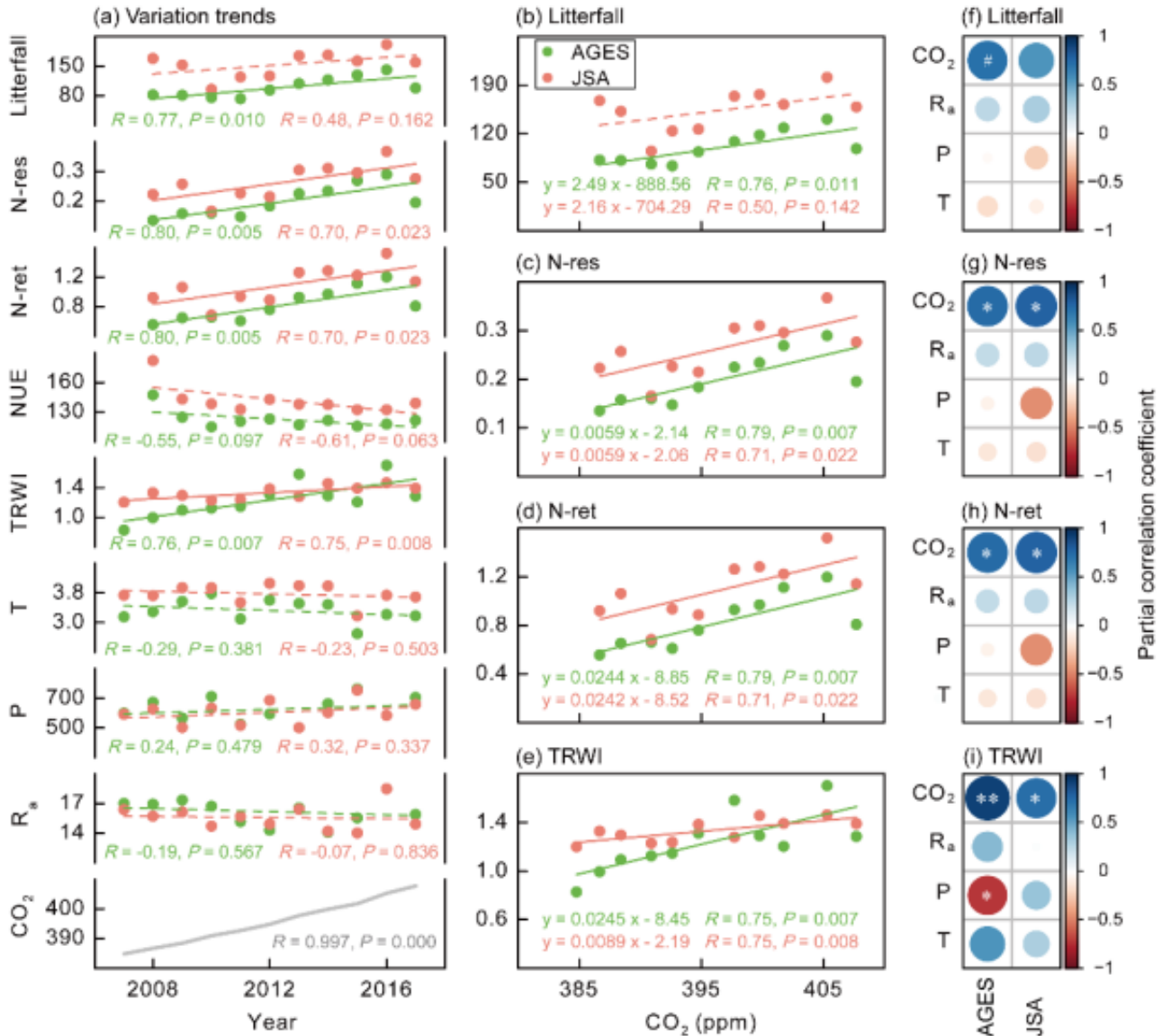


图3.大气CO₂

浓度和气候因子对两树种林线叶凋落物量、氮回流和归还量以及树轮生长量年际变化的相对影响。注：(a) 急尖长苞冷杉 (AGES, 绿色实心圆) 和方枝柏 (JSA, 红色实心圆) 年凋落物量 ($\text{g m}^{-2} \text{yr}^{-1}$)、氮素回流 (N-res, $\text{gm}^{-2} \text{yr}^{-1}$)、氮素归还量 (N-ret, gm^{-2}

yr^{-1})、氮素利用效率 (NUE, g DM g^{-1}

N) 和树轮宽度指数 (TRWI), 以及两树种林线生长季 (5-8月) 平均最低气温 (T, °C)、降水量 (P, mm)、太阳辐射 (R_a, $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$) 和来自美国夏威夷莫纳罗亚天文台 (Mauna Loa Observatory, Hawaii, <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>) 的大气CO₂浓度 (CO₂, ppm) 的年际变化趋势；(b-

e) 两树种林线年凋

落物量、年氮素回流和归还量和树轮宽

度指数与大气CO₂浓度的相关关系；(f-

i) 两树种林线年凋落物量、年氮素回流和归还量和树轮宽度指数分别与气候因子 (T, P, R_a) 和大气CO₂浓度的多元线性回归偏相关关系。# P < 0.10, * P < 0.05, ** P < 0.01。

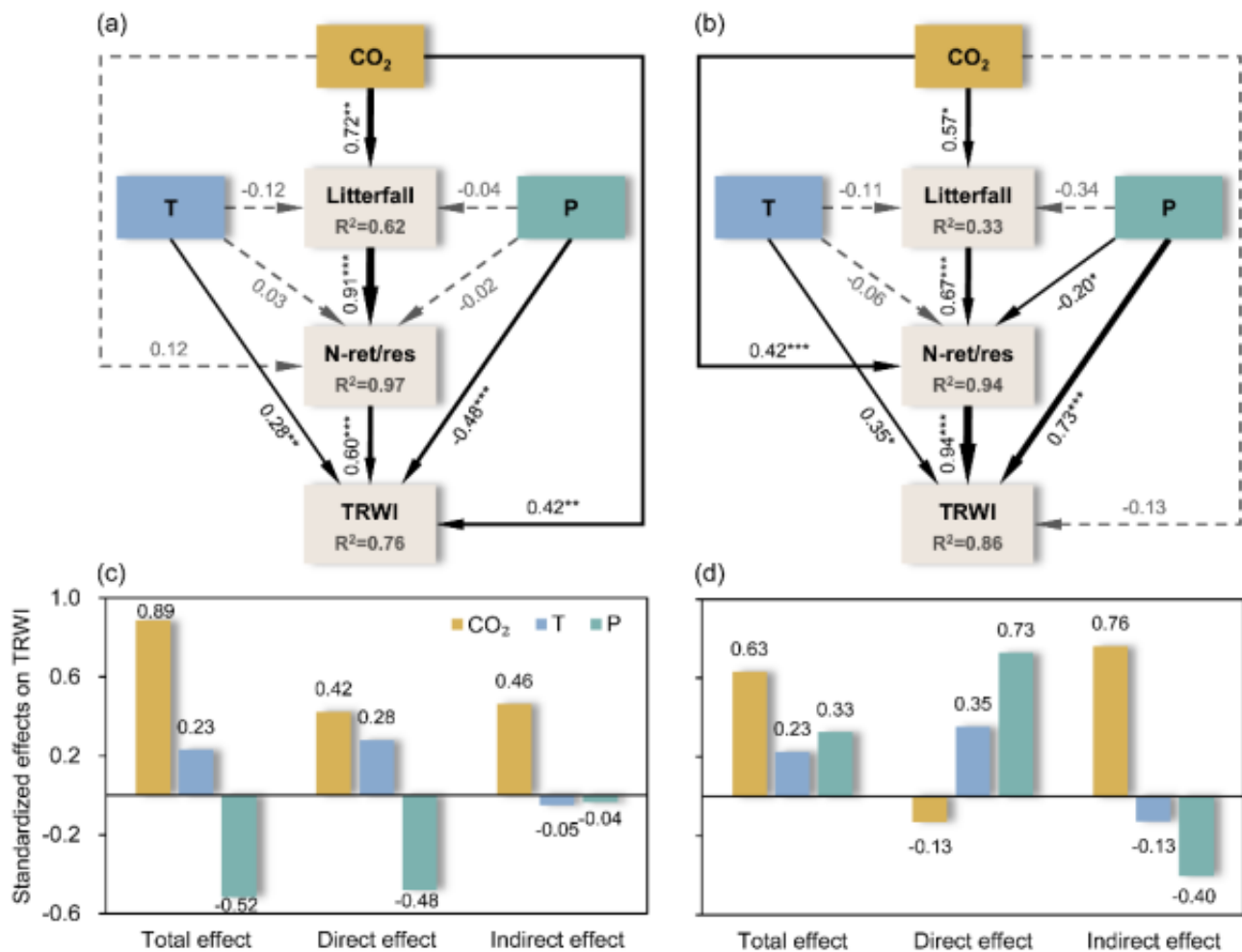


图4.利用结构方程模型量化大气CO₂

浓度和气候因子对两树种林线树轮宽度指数年际变化的直接和间接影响效应。注：（a、c）大气CO₂

浓度和气候因子影响急尖长苞冷杉树轮宽度指数变化的标准化路径系数（a）以及直接、间接和总效应（c； $\chi^2 = 0.310$, $P = 0.578$, CFI = 1.00, RMSEA = 0.000, AIC = 40.31）；（b、d）大气CO₂

浓度和气候因子影响方枝柏树轮宽度指数变化的标准化路径系数（b）以及直接、间接和总效应（d； $\chi^2 = 0.507$, $P = 0.477$, CFI = 1.00, RMSEA = 0.000, AIC = 40.51）。黑色实线箭头表示达到显著的路径，箭头线条的宽度表示关系强弱。灰色虚线箭头表示未显著的路径。箭头旁的数字是标准化的路径系数。R²表示模型中因变量的被解释度。T：生长季平均最低气温；P：生长季降水量；CO₂：生长季大气CO₂浓度；N-ret/res：年氮归还/回流量；TRWI：树轮宽度指数。* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$ 。

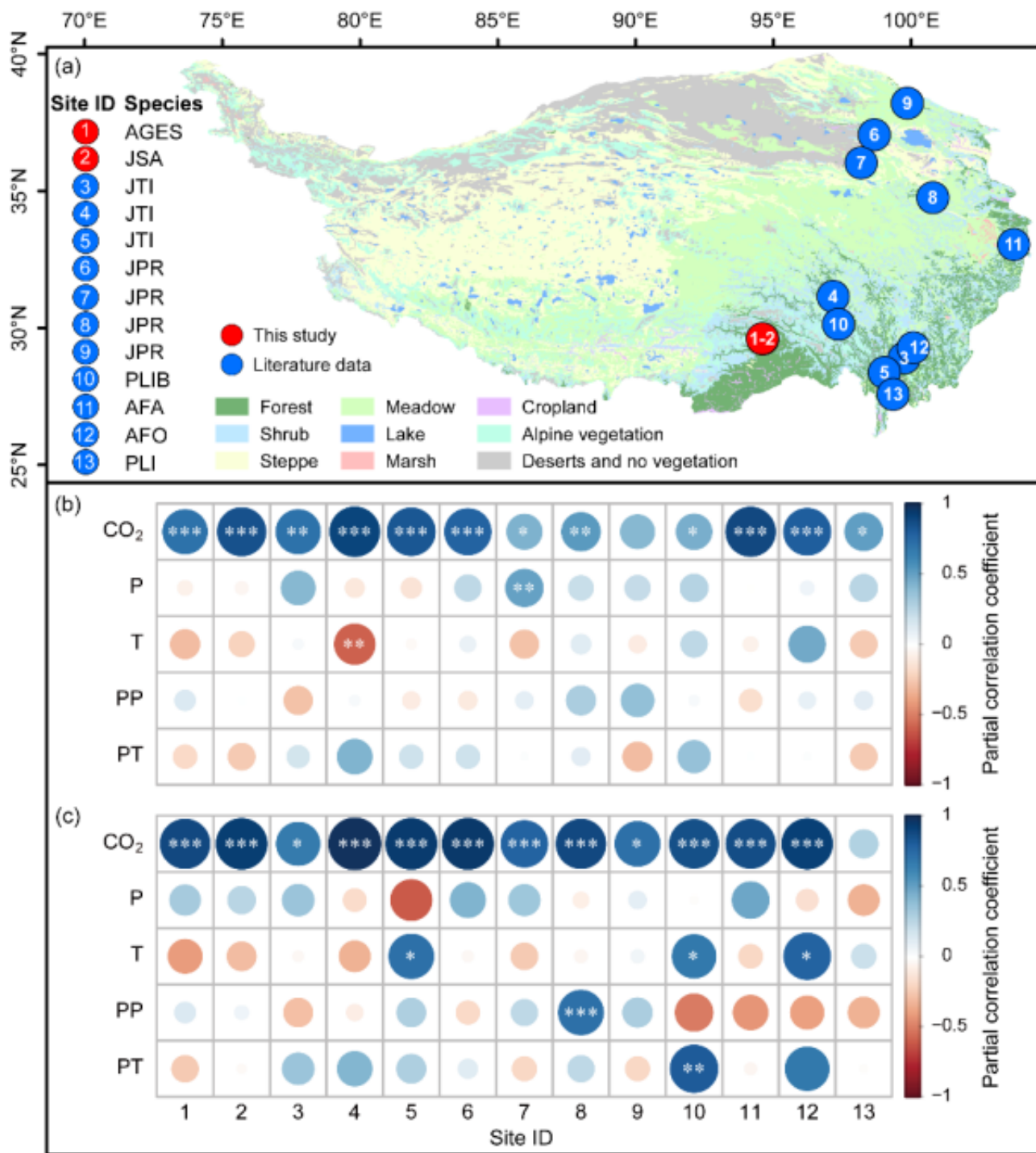


图5.近30年大气CO₂

浓度和气候因子对青藏高原8树种13个林线样点的树轮宽度指数动态变化的相对影响。注：(a)

13个树轮宽度年表的空间分布。树种名缩写：AGES，急尖长苞冷杉 (*Abies georgei* var.

smithii)；JSA，方枝柏 (*Juniperus saltuaria*)；JTI，大果圆柏 (*Juniperus*

tibetica)；JPR，祁连圆柏 (*Juniperus przewalskii*)；PLIB，川西云杉 (*Picea likiangensis* var.

balfouriana)；AFA，岷江冷杉 (*Abies faxoniana*)；AFO，川滇冷杉 (*Abies*

forrestii)；PLI，丽江云杉 (*Picea likiangensis*)；(b-c) 树轮宽度指数 (b) 及其10年滑动平均 (c)

与前一年和当年生长季早期 (5-6月) 平均最低气温 (PT, T) 和降水量 (PP, P) 以及大气C

O₂浓度 (CO₂) 的多元线性回归偏相关关系。* P < 0.05, ** P < 0.01, *** P < 0.001。

研究团队单位：青藏高原研究所

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