

---

# 冻土碳释放温度敏感性潜在“ 推手 ” 被揪出

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/15051.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！*

冻土碳释放温度敏感性潜在“ 推手 ” 被揪出。

冻土区储存着大量碳，其碳库约占全球土壤碳库的50%。冻土区经历的快速气候变暖使得冻土中长期封存的大量有机碳被微生物分解释放，进而可能进一步加剧气候变暖。因此，冻土生态系统在全球碳循环中发挥着重要作用。

然而，目前学术界对冻土区碳动态的认识仍存在很大不确定性，不同模型预测的气候变暖背景下的冻土碳损失相差近9倍。因此，目前对于冻土碳—气候反馈效应的认识亟待纠偏。

在8月7日发表于《科学进展》的一项研究中，中国科学院植物研究所(以下简称中科院植物所)研究员杨元合团队基于冻土样带调查和室内培养相结合的方法，解析了青藏高原冻土融化后碳释放温度敏感性的空间格局和驱动因素。

从浅入深

冻土区因增温快、碳储量大的特点，成为气候变化的敏感区和脆弱区。冻土碳循环与气候变暖之间的反馈关系也因此成为国内外科研人员关注的焦点。

冻土碳释放的温度敏感性（ $Q_{10}$ ），是影响碳—气候反馈关系的关键参数，也是导致模型预测结果存在不确定性的潜在原因之一。

杨元合研究员在接受《中国科学报》采访时表示，冻土融化会对冻土区生态系统结构与功能、全

---

球气候以及冻土区居民的生产、生活产生深远影响。不同模型对冻土碳动态预测的较大差异性意味着目前学术界对冻土碳—气候反馈效应的认识仍存在偏差，对冻土融化风险的预测仍存在较大不确定性。

他认为，作为气候变化的敏感区和潜在的碳排放源，冻土区碳动态的预测还对我国制定减排政策，以及如期实现碳中和的目标至关重要。

要实现模型校准、提升模拟能力，需要基于统一方法获取Q10的大尺度数据集。然而，以往的研究大多集中在冻土区的活动层土壤(夏季融化，冬季冻结)，真正源自冻土层（连续两年或两年以上冻结不融化）的Q10观测资料十分匮乏。特别是，尚不清楚矿物保护、微生物属性以及底物质量调控冻土碳动态的相对重要性。

在杨元合看来，造成冻土层Q10数据匮乏有诸多原因。一方面，气候变暖通常先影响的是表层土壤温度，所以早期的研究多关注冻土区活动层土壤，对冻土层关注较少；另一方面，冻土区自然环境恶劣，寒冷、缺氧、难到达、活动层厚度深等都使青藏高原冻土样品的采集工作变得更加困难。

## 从固定走向非固定

青藏高原是北半球中低纬度面积最大的高海拔多年冻土区，为研究高海拔冻土碳循环提供了理想平台。2012年，杨元合回国后加入了中科院植物所，并成立了高寒生态格局与过程研究组，针对当时学术界对于冻土碳循环特征的认识主要来自北极冻土区的这一不足，他开始带领团队以青藏高原为研究对象深耕冻土碳循环研究。

在这项研究中，杨元合团队利用冻土样带调查和室内培养相结合的方法，分析了青藏高原典型冻土区冻土融化后Q10的空间格局和驱动因素。

该论文的第一作者，中科院植物所博士生秦书琪告诉《中国科学报》，样带调查主要基于统一方法开展大范围调查以获取植物与土壤样品，从而认识陆地生态系统碳循环参数沿环境梯度的变化规律。而室内培养是将野外采集的土壤样品带回实验室，在特定温度与水分条件下进行培养，测定培养过程中二氧化碳的释放速率和释放量。

---

在这项研究中，杨元合团队通过在青藏高原开展的大范围冻土样带调查获取了大量冻土样品，他们将样品带回实验室并在不同温度条件下进行长期培养，从而计算了冻土碳释放的温度敏感性，最终揭示了冻土融化后Q10的空间分布特征。

研究人员发现，冻土融化后Q10呈现较大的空间变异，这表明模型中需要考虑该参数的空间异质性而非使用固定常数。

秦书琪表示，此前大部分模型中使用的是固定常数Q10，而根据早期一项全球尺度模型研究的结果，当考虑Q10的空间异质性时，模型预测的碳—气候反馈强度比使用固定常数高25%，这意味着考虑Q10的空间异质性能提高模型对区域尺度冻土碳动态的预测。

因此，她认为，提高模型预测能力需要更多的研究来揭示Q10的空间变异和调控因素，进而为模型Q10参数化提供高质量数据集。

然而在海拔4000米以上的冻土区进行冻土样品采集并非易事。面对高寒缺氧等恶劣环境，研究团队咬紧牙关，即使在同行工人中途退出采样工作的时候，仍然坚持完成了深层冻土样品的采集，并对这些样品进行了长达400天的室内培养和监测。

## 揪出关键推手

冻土区活动层与冻土层在底物质量、环境、微生物属性等方面均存在较大差异，哪些是影响冻土融化后Q10的关键因素呢？

基于大量的冻土层观测资料，研究人员发现，Q10主要受矿物保护和微生物属性调控。其中，矿物保护会减弱冻土碳释放的温度敏感性，而微生物属性则扮演着双重角色，高的微生物丰度与活性促进碳释放及其对增温的响应，而高的微生物多样性会导致较低的Q10。

秦书琪表示，土壤碳释放是微生物介导的过程，微生物分泌胞外酶将大分子有机质降解为小分子，进而吸收进入体内，通过呼吸作用释放二氧化碳。因此，微生物的活性（胞外酶产生）与丰度（数量）在一定程度上决定了微生物能吃进去与利用多少碳，从而决定碳释放量。

---

微生物丰度与活性越高，碳释放量越大。高的多样性意味着微生物家族中存在的类群多，当遇到温度升高等外界干扰时，类群的多样化有助于整个微生物群落抵抗干扰，使其碳释放的变化更小。秦书琪说。

这意味着，生物与非生物因素对于冻土碳释放的调节会使冻土碳—气候反馈关系比此前预想的更为复杂。该项工作拓展了学术界对冻土碳动态调控机制的认识，为提高模型对冻土—碳气候反馈的预测能力提供了实验依据。

杨元合表示，在前期研究中，团队基于野外开顶箱增温、室内培养等方法探究了气候变暖背景下青藏高原冻土区土壤碳动态，但是以往的冻土生态系统增温实验只能加热表层土壤，对深层土壤特别是冻土层土壤几乎没有加热作用。

鉴于气候变暖背景下冻土层温度也会持续增加，杨元合团队正在青藏高原冻土区开展全生态系统增温实验，将通过对生态系统地上、地下部分的同步加热，试图全面解析冻土碳循环关键过程对气候变暖的响应及其生物与非生物机制。（来源：中国科学报田瑞颖）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1126/sciadv.abe3596>

版权声明：凡本网注明来源：中国科学报、科学网、科学新闻杂志的所有作品，网站转载，请在正文上方注明来源和作者，且不得对内容作实质性改动；微信公众号、头条号等新媒体平台，转载请联系授权。邮箱：[shouquan@stimes.cn](mailto:shouquan@stimes.cn)。

作者：杨元合等 来源：《科学进展》

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