



二〇二五年上海迟到的桂香，传递着气候变化的清晰信号

「失序」的植物正拉响警钟

上海交通大学农业与生物学院教授 肖彬

大家是否发现？2025年申城的桂香姗姗来迟。10月下旬，街头巷尾的桂花才仿佛接到统一指令，几乎同步热烈绽放，盛花期较往年推迟了约三周。花信迟来，这正是气候变化发出的生态信号——植物生命节律在世界变暖中发生深刻调整，将引发生态系统健康和植物碳汇变化等一系列连锁反应。

物候异常揭示气候影响

植物开花由内在生物钟与外界环境信号精密协同控制。桂花这类温带植物花芽分化完成后，需要经历一段时间的低温累积才能打破休眠，启动开花程序。不同品种桂花的“启动低温”阈值不同。2025年，上海经历了“超长待机”夏季，持续高温使日最低气温长期徘徊在启动阈值之上，桂花的花芽分化被按下了“暂停键”。10月下旬明显降温，多个品种的启动阈值达到，于是原本先后登场的品种同台竞放，形成今年独特的同步盛景。可见，气候的细微波动通过“启动低温”这把钥匙，直接拧动着植物物候的开关。

物候异常是植物应对气候变化的表象。要真正理解其影响，上海交通大学农生学院的科学家们将目光投向了更基础、更关乎生态系统健康的植物生长过程。我们课题组与上海市林业总站紧密合作，依托国家野外台站的长期定位观测（2013—2025年），也印证了气候变暖导致春季物候提前。

在崇明岛的一片森林中，我们通过物候相机观测到：春季树木开始展叶变绿时，树干液流明显增加，而树干的变粗

却要晚于这个时间。这揭示了春季升温首先触发芽苞打破休眠、展叶以建立光合工厂；展叶后蒸腾作用增强，驱动液流增加以满足水分需求；新叶光合作用产生的碳水化合物和充足水分供应到位后，树干形成层才开始活动，启动径向生长。课题组发现，2022年春季因疫情影响，植物展叶时间比2021年和2023年更早；在更炎热的2025年，春季展叶时间也比2024年提前。

此外，空气有多“干”，即“饱和水汽压亏缺”（VPD），也是影响树木生长的关键气候因子。VPD越高，空气越“干”，树木为减少水分流失会关闭部分气孔，却也限制了光合作用和生长。在一些极端干燥的日子里，即使阳光充足，树木甚至可能完全停止生长。

这就引出一个更重要的科学发现：城市树木的“碳吸收”（光合作用）和“碳储存”（茎干生长）在气候胁迫下会出现“脱钩”，当树木仍在进行光合作用时，用于生长的碳分配（实际碳汇）却已暂停。这意味着，虽然上海夏季变长了，植物看似生长时间更久，但实际上“没怎么长”，固碳作用也没那么大。理解这种“源—汇脱钩”的机制和阈值，对于准确评估森林在气候变化下的碳汇功能至关重要。

韧性提升依赖生态智慧

面对气候波动，植物并非完全被动。一项覆盖北半球近40万条数据的研究揭示：物种丰富的植物群落，其春季展叶时间对气候变暖的敏感性显著更低。也就是说，在多样化的森林里，气候变化导致的物候提前或推迟趋势会更缓和。科学家认为，多样性高的植物群落可能通过改善土壤环境、增强群落内部稳定性等，为生态系统提供“缓冲垫”。这为我们的生态修复和城市绿化指明了方向：构建多物种、多层次的复合群落，是提升生态系统气候韧性的有效策略。

城区作为人类活动最集中的区域，“热岛效应”使其比周边郊区更早、更深刻地体验着“未来的气候”。我们最新的研究发现，城市区域由于更热，其绿化树种的构成也往往与自然郊区不同。这种温度与树种组成的双重差异，共同塑造了城市植物独特的物候响应模式。例如，某些在城市中广泛种植的树种，其对增温的物候反应可能被放大。这使得城市成为一个研究未来气候影响的“天然实验室”，但也警示我们，在城市绿化树种选择与配置时，必须科学评估其长期气候适应性，避免因树种单一而加剧生态风险。

在全球变暖、复合干热事件频发、城市化持续推进的叠加影响下，植物世界的节律正面临更大挑战。春季物候提前的趋势可能发生改变，生长季的延长未必带来碳汇的同步增长，极端气候事件可能通过“记忆效应”影响树木未来数年的生长。为了在气候变化的大背景下保护城市植被和生态，我们需要借助树木生长实时监测、卫星遥感等“生态感知”技术，建立更精细的生态系统健康预警系统。同时，在从城市公园到自然保护区的各类生态空间管理中，应积极应用“基于自然解决方案”的理念，通过提升生物多样性和功能多样性，增强生态系统自我调节和抵抗干扰的能力。此外，必须将生物多样性的缓冲作用、碳循环的源汇动态、复合胁迫的机制等新知识，融入下一代地球系统模型。知识的迭代可以更准确地模拟城市生态的变化，而长期的观测会给城市植被的管理和实践提供更多的应对方案。

一树桂花迟开，背后是地球生态系统的宏大叙事。它提醒我们，气候变化的影响已深入生命的节律之中。从解析一朵花的密码，到守护一片森林的碳汇，长期观测与研究的价值不仅在于帮助我们理解变化，更指引我们如何通过尊重和利用自然规律，在变幻的气候中，为万物构建一个更具韧性的未来。

话题主持

本报记者 易蓉 马丹



展，都是地球用植物语言发出的信号。这些植物生长提前或推迟的小动作，是生态系统最敏感的“晴雨表”，能拼出一张“气候如何改变我们”的实时地图。

本期科技前沿，特邀生物学家、物候和气候专家带大家一起读懂植物的生长语言，读懂气候信号的无声“预告”。

樱花哪一天会开？法国梧桐何时染上金黄？在上海，这些“花开叶落”的问题正从“看天吃饭”的经验之谈，逐步走向科学预报的精细服务。近年来，上海气象与绿化部门联手，借助气象观测网络、历史数据建模与新技术应用，持续探索花期与物候的预测体系——不仅要回答“花何时开”，更试图揭示气候变化下植物生长的自然密码。在这条探索之路上，精准预报仍面临诸多挑战，却也反映出这座城市尝试与生态对话的努力。

Q1 冬季气温竟是春天花开的关键？

从气象角度来看，气温、降水、日照等气象条件均会对植物物候期造成影响，不同植物的开花机制对气象条件的响应也不尽相同，比如桃花、樱花等植物在冬季休眠时，需要一定的低温，然后才能萌芽、生长、开花，植物整个生长阶段的气象条件都会影响开花的早晚。冬天偏暖，有利于植物花芽萌动后的生长，使植物整个生育进程提前。在开花前期，较高的气温及充足的日照会导致春天开花提前，而持续的阴雨低温天气则会推迟开花的进程。总体上讲，冬季整体的气温条件和初春的短期气象条件均会对植物的花期造成明显的影响。

比如，对樱花而言，它的花开花谢和气候有着很大的关系，在影响植物物候期的各个气象要素中，气温起着关键性和决定性的作用。从植物生态学角度来看，冬天最低气温与樱花芽萌动等生理过程直接有关，当最低气温达到芽萌动启动温度，樱花才进入积极生理生长活动。

Q2 花何时开是怎么“算”出来的？

上海气象部门面向公众的特色气象服务产品有樱花、桃花花期预报，以及梧桐赏叶指数预报等，上海绿化部门开展了全市各区的色叶树种观赏指引。

对于开花植物来说，最重要的是气温。春季开花的植物，一般都要满足一定的积温条件。花期预报都是以温度作为指标建立物候模型来进行的。宝山区气象局研究团队在分析了历史资料发现：顾村公园染井吉野和河津樱初花期早晚主要与上年12月和当年1月的平均最低气温和累计降水日数有较为密切关系。以这两个气象因子建立初花期预测模型，采用平均最低气温预测模式和“天气份额”累计指标两种方法计算，对初花期做了预报。

上海地区系统性、规范化的植物物候观测网络主要由绿化和生态部门开展，气象部门通过加密气象观测站点等途径，对全市公园、绿地、植物园等地的气象条件进行观测，以便更好地支持植物物候观测。

Q3 花开的“心思”为何很难“猜准”？

物候观测是一项很有意义的工作，建立全市长期的物候观测记录，并对公众公开数据，可以更好地服务市民生活，也有利于科学研究及自然教育。上海地区系统性、规范化的植物物候观测网络主要由绿化和生态部门开展，气象部门通过加密气象观测站点等途径，对全市公园、绿地、植物园等地的气象条件进行观测，以便更好地支持植物物候观测。

然而，花期预报受多种因素影响，包括长时间序列的物候观测数据、植物的品种、树龄及立地条件差异、植物的开花机理及中长期气象预报等，准确的花期预报需要大量数据及植物机理研究的支撑。导致花期变化的气象原因综合起来非常复杂，因此，对花期的提前预测比较困难，必须实时监测每天的天气状况。

物候模型的准确度，和物候观测资料息息相关。现阶段，想要提高模型准确度，尤其需要观测精细尺度、多物种覆盖和历史序列完整性等资料的不断完善。

本报记者 马丹 整理报道

上海如何「算」出春天

气象专家破译申城植物生物钟