

植物抗热竟然“全株一盘棋”

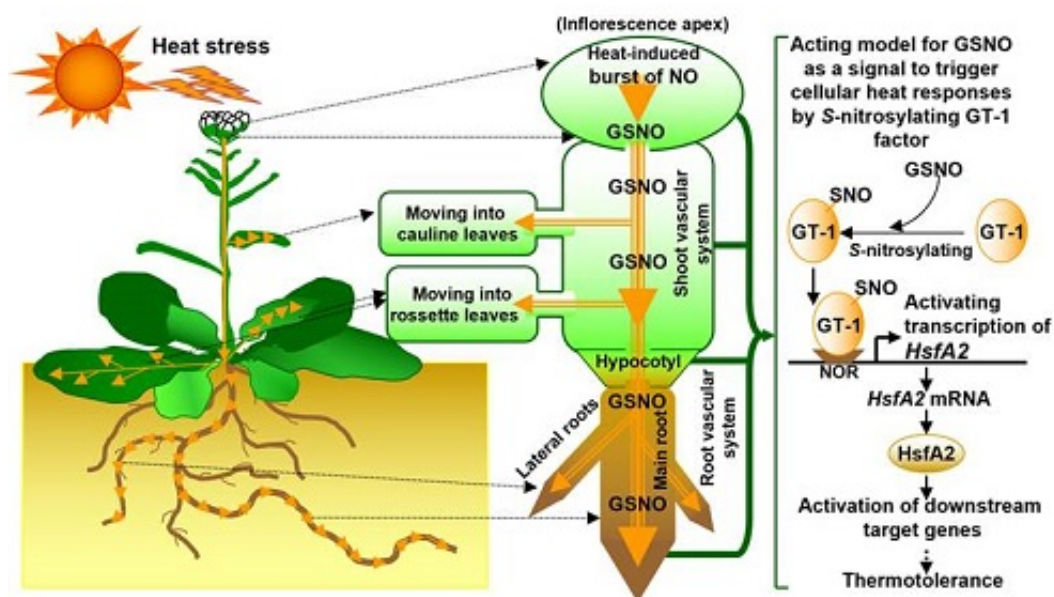
作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/18013.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！

植物抗热竟然“全株一盘棋”。过去十年来，高温已经成为影响全球粮食供给的主要因素之一。尽管科学家对植物高温胁迫信号转导和耐热性形成分子机制已进行了广泛而系统的研究，但目前人们对高等植物如何感知热的原初信号事件及分子机制仍然知之不多。

4月18日，《自然—植物》发表中国科学院分子植物科学卓越创新中心、植物分子遗传国家重点实验室郭房庆团队解析植物感知高温分子机制方面的最新进展。该团队经过十年探索，揭示了一条全新的植物高温感知和信号传导途径。这将显著拓展人们对植物耐热性的认知，为作物抗高温育种提供全新思路并提高育种效率，为应对全球气候变暖条件下的粮食安全挑战提供了前瞻性的解决方案。



触发植物热响应示意图 受访者供图

高温影响粮食供给

去年7月，联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）、联合国粮食及农业组织（FAO）等机构发布报告称，过去几十年间，全球气温维持在每10年升高0.19摄氏度的稳定水平，但过去14年的变暖速度远高于长期趋势。全球气温升高显著缩短了农作物的生育期，降低了农作物生长速度，严重影响了全球粮食供给。

根据模型推算，气温每升高1摄氏度，小麦产量将下降6%，水稻会减产10%。郭房庆对《中国科学报》说，尽管大家用的模型可能有些差异，但高温会导致作物减产的结论是肯定的。

当温度升高时，会严重抑制光合作用，减少碳水化合物的合成；与此同时，植物的呼吸作用会变得强烈，分解并消耗大量的有机养分，导致叶片出现失绿——这一标志光合作用机能明显降低的症状。在强光和高温下，植物的蒸腾作用很大，尤其是叶片和果实的温度升高，如果不及时补充水分，会导致严重晒伤、叶片枯黄、果面干白等，影响花芽分化甚至死亡。

作物要通过光合作用固定二氧化碳，将碳水化合物变成淀粉。但光合作用对温度非常敏感，温度一升高，光合作用的效率就降了下来，进而影响农作物的产量。郭房庆补充说，在我国长江中下游地区，曾发生过高温导致水稻绝收的情况，当然这种极端情况并不常发生，但高温对农作物产量的影响非常显著。

发现植物高温感知新机制

为了抵御高温伤害，高等植物会启动自身的防卫热激反应。

此前的研究中，关于高等植物感知热的原初信号事件，有三个基础且有挑战性的科学问题尚待解答。郭房庆说，一是植物如何感知热；二是热信号的本质是什么；三是产生的热信号是如何被接受和传导的。

植物感知的热是一种物理刺激，既看不见又摸不着，这和各种植物激素的生理作用特性不同。尽管科学家对植物的热响应、抑制及下游调控植物耐热性的热激蛋白研究得比较清楚，但人们更了解信号传导途径的后半部分，对植物如何感知高温胁迫并不清楚。

以前我们都认为，植物高温响应没有这种特异性的‘系统信号概念’，每个植物细胞均作为独立的单元，感知高温胁迫并启动细胞自身的热激反应。郭房庆说，我们的研究发现，高温诱导茎顶端产生GSNO（一种活性分子），其作为移动的信号分子由地上部向根部传递，在整个植物体水平依次激发细胞的高温防卫反应。

该研究发现茎尖生长点是拟南芥感知高温的器官，高温诱导茎尖部位产生一氧化氮（NO）的爆发，而随后生成相对稳定的GSNO，通过维管束从地上部向根部传递，在整个植物体水平激发细胞的高温响应和耐热性建成过程。

茎尖生长点是植物最重要的器官之一。植物靠茎尖生长点来维持生长、分化，来完成它的生命周期。茎尖生长点各种细胞分裂和代谢十分活跃，因此也是最敏感，最易受到高温伤害的地方。

我们发现，茎尖生长点会最先感受到温度变化，然后及时把信息传递到各个部位，包括叶子、根部并及时做出应对，比如对叶片而言，启动自身的热激防卫反应以维持高温下适度的光合作用效率，再比如‘告诉’根部，多吸收点水分和营养元素等。另一方面，高温下叶片光合作用的运行和根部养分、水分的保障对于茎尖生长点活力维持乃至存活都至关重要。郭房庆笑言，换句话讲

，茎尖生长点对高温来临及时‘通风报信’是有回馈和补偿的。

好奇心引发大发现

当时看到这个现象，我心里立刻‘咯噔’了一下。提起这个重要发现，郭房庆对当时的细节记忆犹新。

该研究起源于十年前，郭房庆团队发现模式植物拟南芥一个关键热激转录因子基因，首先在茎尖生长点响应高温表达。

为进一步弄清这种热信号的感受传导机制，研究人员将拟南芥放进培养箱中，在摄氏30度至45度之间调控升温。然后将一种报告基因染色，并在显微镜下观察植物体各个器官组织中，该基因热表达启动的动力学过程。

通常进行这种实验时，都是将拟南芥小苗染色后，等6至8小时或过夜后再进行观察研究。大家会选择前一天晚上去染色，第二天再进行观察。当时该团队却出于好奇，想知道染色后一两个小时植物中基因表达会有什么变化。

如果没有这种好奇心，我们设计实验时就不会有细化到5至10分钟观察一次的方案，也就不会有后面的发现。郭房庆说。

细节决定成败。通过细致的实验方案，该团队看到了和预想大相径庭的现象。

我们原来认为整个植株会同时发生变化，从淡蓝色到天蓝色，然后到深蓝色。该论文第一作者、已毕业的何宁宇博士对《中国科学报》说，实际上我们却看到它茎尖先变蓝，然后往下走，到茎、叶脉、老叶子，再延展到根部。

虽然观察到这个独特的现象，但科学上的结论不能只有孤证，他们还要用不同的证据来验证发现。在后续研究中，团队通过原位杂交技术，在加热、不加热条件下进行切片，用探针测试，同样看到茎尖生长点先起反应。

通过生化生理、细胞学和茎尖组织结构方面的验证，他们认为这是个可信的结论。

此后，研究人员又测试多种植物激素和已知的生物、非生物胁迫信号分子，发现只有NO处理能诱导报告基因强烈表达，且高温诱导的表达可以被NO清除剂所抑制。

这表明NO介导了这种关键热激转录因子基因（HsfA2）的高温响应表达。何宁宇说，NO缺失和过量产生突变体遗传方面的证据也同样支持上述结论。

综合多种形式的野生型和NO突变体地上部、根部嫁接实验，该团队揭示了一条全新的植物高温感知和信号传导途径，证实植物通过响应高温在茎尖生长点爆发性累积NO，从而将高温这一物理胁迫转换成可传递的生化信号，并揭示转录因子GT-1可以承接GSNO信号并启动下游高温响应基因的表达。尤为重要的是，GT-1可以作为新的高温育种分子标记靶点。

创新性很强，非常有趣。该论文审稿人评价说，这将拓展人们对植物耐热形成机制的认知，为作物抗高温育种提供全新思路，为应对全球气候变暖条件下的粮食安全提供前瞻性解决方案。（来

源：中国科学报张双虎)

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41477-022-01135-9>

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。

作者：郭房庆等 来源：《自然—植物》

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