

·科技纵横·

花儿为什么在春天开放

大自然的美丽在于一年有春夏秋冬4个季节,而花儿是最能代表季节个性的植物。

春天是一年的第一个季节,气候温暖适中,万物生机萌发。大多数美丽的花儿选择在春天竞相开放,这背后的科学原理是什么呢?科学家们对这个有趣的现象进行了研究。

研究发现,在千百万年的进化过程当中,植物通过进化形成了复杂精确的机制,能够整合分析内源信号与外部环境和季节信息,进而调节自身的基因表达和外部形态,调控开花时间,从而达到适应环境的目的。对模式开花植物拟南芥大量的生理及遗传学分析表明,季节变化诱导开花主要通过两个途径,即春化途径和光周期途径。科学家们大量的研究表明控制植物开花的“开关”有两类,一类是正调控,另一类是负调控。如果负调控打开,就不会开花;只有把负调控关掉,才有可能实现正调控。

大多数美丽的花儿在春天盛开一方面是因为温度,更重要的原因是一些植物需要经过冬天长时间的持续低温才能在春季或夏季开花。这种低温诱导植物开花的过程称为春化作用(vernalization)。对于多年生、两年生或者是一年生的越冬植物而言,在不适当的季节开花将是一种灾难。有些植物在秋天发芽,一入冬便长出了幼苗,如果这时开花了,天气太冷难以授粉,即使授粉成功胚胎也很难正常发育,所以,为了防止幼苗开花,负调控就“闪亮登场”,它可确保植物在破坏性的冬季避免开花,而在温暖的春季或夏季开花。但这种负调控作用不能一直存在,植物需要在合适的季节来临前,在恰当的时机关闭负调控,否则植物将不开花或开花太迟。当经历适当长度和强度的低温条件时(通常需要一个完整的冬天),植物生理状态发生一定的转变,从而具备成花能力。

春化作用在双子叶植物和单子叶植物中都存在,科学家们对双子叶植物拟南芥和一些重要的单子叶禾本科植物春化作用的分子机制进行了深入研究,发

现了一系列参与春化作用的基因。模式开花植物拟南芥的开花受到*FLC*基因的抑制,*FLC*是调控开花的关键负调控,也是春化作用的标靶基因。而*FLC*抑制拟南芥开花的具体途径在于抑制一些正调控的开花基因如成花素基因*FT*的表达。拟南芥中春化作用主要通过*FLC*的染色质修饰起作用,在低温条件下,包裹在该基因DNA周围的组蛋白被逐步修饰(如组蛋白的甲基化等),其中组蛋白H3上的第27位赖氨酸的三甲基化可使*FLC*基因的表达关闭。

那么植物是如何响应冬季低温,并在春季气温上升后能“记住”其冬季低温经历、并适时开花的呢?中国科学院上海植物逆境生物学研究中心何跃辉课题组2016年发表在《Nature Genetics》的研究结果表明*FLC*上一个顺式DNA元件与一个识别该元件并同时识别组蛋白标记的反式蛋白、协同调控低温介导的抑制性组蛋白修饰H3K27me3,从而沉默*FLC*基因表达。这一顺式元件与其反式蛋白的互作用亦使植物在气温上升后能“记住”(保持)低温诱导的*FLC*沉默,使植物只在温暖的季节开花。因此,模式开花植物拟南芥越冬后,负调控就被关掉了。尽管如此,植物已经有了低温记忆,这就相当于在负调控上做了标记,依然不会开花。等到春暖大地,气温回升、日照变长,植物的正调控打开,花儿就适时绽放了。模式植物拟南芥和作物通过不同的开花抑制因子(如小麦及大麦中*VRN2*)响应春化过程,但研究认为它们具有类似的调节机制。春化对于许多冬性作物(如小麦、大麦)的高产、稳产也具有重要作用。比如,北方一个高产量的农作物品种,需要长时间冬季低温处理,如果把它移植到南方,可能会推迟开花影响产量;在秋天播种冬小麦,经历一个漫长冬天的生育期,其蛋白质含量会比春小麦更高,做成面粉质量也更好。

花开一季,当植物的生命进入下一个轮回,如何“擦除”春化作用记忆,以便重新设定这些开花抑制因子的表达,保证每一代植物都能经历春化过程呢?最

早关于重置的研究始于20世纪40年代,前苏联农业科学家特罗菲姆·李森科(Trofim Lysenko)根据拉马克“获得性遗传”学说认为,春化后作物的下一代不需要经过春化依然具有较高的产量,春化后的性状可以遗传到下一代。在该理论的支持下促使农民在越冬之后种植未经春化的小麦和土豆,这样的错误导致了农作物大面积减产并造成了严重的饥荒。因此重置对农业生产和一般冬性植物非常重要。据此,何跃辉课题组在这个古老而重要的科学问题上展开了研究,其研究成果发表在近期的《Nature》上。研究表明,在植物开花后的胚胎发育早期,曾经的低温记忆被擦掉了,因此在胚胎发育时期,负调控再一次被激活打开,使下一代又需经历冬季低温才能在春季开花。这一“胎性”激活状态会传递到幼苗,这样就形成了苗期的“胎性记忆”,好比成年人的幼时记忆。负调控在秋季的幼苗中处于激活状态,从而防止植物在越冬前或越冬时开花。

花儿在春天盛开的另一个原因是春天来临时日照时间逐渐增长,植物通过光周期成花路径来响应日照的变化而使*FT*基因表达,正调控被打开,从而开花。*FT*蛋白在叶脉中合成,经筛管运送到茎顶端分生组织,促进分生组织特性基因的表达,从而促进花分生组织形成,诱导开花。

由此看来,一些植物在经历了寒冷的冬季之后,负调控被“关闭”,当春天来临时,日益增长的光照又使正调控“被打开”从而诱导植物在春天开花。不过这些也不是唯一的因素,春天气温变暖、土壤潮湿、营养丰富,这些因素都使植物更加适合生长。植物给自己足够的时间和耐心去努力开花、结果,也让我们对美有了更多的期待!

文/罗晓

作者简介 中国科学院上海植物逆境生物学中心,助理研究员。

(责任编辑 王丽娜)