
大豆“下南洋”的遗传进化史

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/15753.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！

大豆“下南洋”的遗传进化史。



大豆童期 受访者供图



大豆结荚 受访者供图

北纬32~40度，中国黄淮海区域，5000

年前栽培大豆的诞生地。而如今，低纬度热带地区大豆产量占全球一半以上。

作为光周期极为敏感的典型短日照作物，起源于温带的大豆是如何南下适应热带生态环境的呢？又是如何影响大豆的产量和在世界范围的种植和分布呢？

9月14日，《自然—通讯》在线发表了广州大学教授孔凡江/刘宝辉研究团队的最新成果，全面解析了大豆适应热带地区的进化轨迹和遗传基础，解开了这一谜团。

各个击破：调控大豆童期长短的关键基因

栽培大豆在我国农业生产和粮食安全中占据着重要的地位。然而，大豆天生更适应短日照环境，单个品种或种质资源一般只适宜种植于纬度跨度较小的区域内，这让低纬度长日照环境下的大豆产量难于提高。

论文通讯作者孔凡江告诉《中国科学报》，研究发现，大约2000多年前，大豆从我国黄淮海区域传播到了东南亚地区，如菲律宾、马来西亚、泰国、印度等，逐渐适应了当地短日照环境。

18世纪，大豆又从我国东北地区传播到了北美洲，进而到达中南美洲地区。

大豆传播到南美洲地区的时间非常短，但发展迅速。孔凡江说。直到上世纪90年代，科学家们才发现控制大豆长童期性状的基因位点J和E6。通过调控这两个位点，育种家获得了很多适应低纬度长日照环境的大豆品种，进而使热带低纬度地区大豆种植面积快速扩张。

目前，巴西已成为世界第一大大豆生产国。而低纬度地区大豆产量已经超过全世界大豆总产量的一半。

然而，此前科学家对于大豆为了适应低纬度短日照环境而产生的遗传进化过程并不了解。

为了探究该科学问题，孔凡江团队进行了长期系统和深入的研究。

论文共同通讯作者刘宝辉介绍，2017年，该团队报道了大豆长童期（Long Juvenile）关键基因J及其进化机制，阐明了J基因提高大豆低纬度适应性的机制。他们还发现，另一个控制大豆长童期性状的重要位点E6实际上是J基因的一个等位变异。二者均由生物钟夜间复合体成员ELF3基因编码，这其实是大豆光周期现象的核心。

2021年，他们还报道了两个FT同源基因——FT2a和FT5a，分别编码两个大豆长童期性状QTL位点。ft2a ft5a双突变体能够克服遗传补偿效应，表现出增强的长童期性状表型，并在短日照条件下转化为更高的产量。

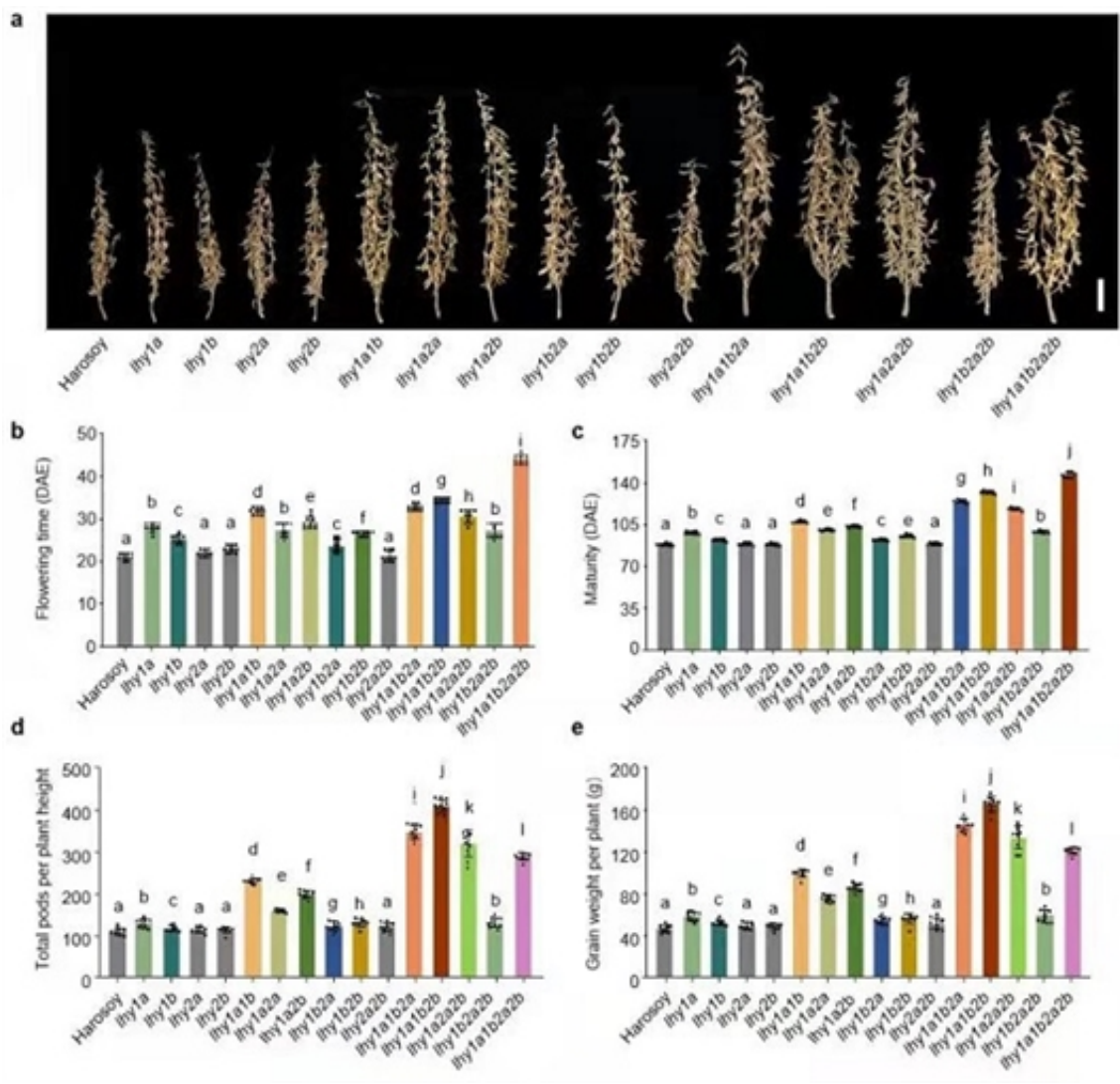
南下进化轨迹

论文第一作者、广州大学分子遗传与进化创新研究中心讲师董利东介绍，这一次，他们利用基因组学等方法发掘了在低纬度地区短日照条件下控制大豆开花期的新位点Tof16，它由生物钟基因LHY1a编码。

在短日照条件下，Tof16的功能缺失等位变异显著的延长大豆开花期和提高大豆产量。分子机制解析表明，Tof16通过直接调控E1基因的表达，进而调控大豆的光周期开花。

我们发现低纬度地区大于80%的大豆品种含有J基因和Tof16基因的等位变异，说明Tof16和J在大豆向低纬度地区的适应过程中起到了非常重要的作用。刘宝辉说，剩下大约20%的品种则携带了另外一组同源基因（FT2a和FT5a）或者其他一些未知的微效基因。

利用基因编辑技术，他们获得了Tof16在大豆中四个同源基因的15种突变体。表型观察发现，四个同源基因在调控大豆开花期和产量上功能冗余，即它们的功能部分相同，突变或者沉默一个基因不影响其他基因表型。



短日照条件下 lhy 各种突变体的表型 受访者供图

有趣的是，我们发现 Tofl6 和 J 在大豆向低纬度地区适应的过程中发生了逐步进化和选择。孔凡江说。

首先，弱的功能缺失型等位变异 tofl6-2 和 j-11 发生了选择，但不能满足人们对低纬度地区大豆产量的需求。于是，大豆在弱的功能缺失型等位变异的基础上，又进一步发生了功能完全缺失型等位变异，被人工选择后更加适应低纬度和提供产量。

具体而言，大豆适应性的第一步变异是 Tofl6 和 J 蛋白的单个氨基酸置换，它是一种功能稍微减弱的变异，例如，能让大豆晚花一周左右。这一步变异早在野生大豆中就发生了，但由于驯化过程中不需要，所以没有被人工选择。不过，栽培种中依然携带这种功能较弱的变异。

大豆传播到更低纬度地区后，需要更长的童期才能适应环境。于是，大豆的 Tofl6 和 J 基因在功能较弱变异的基础上再次发生了功能完全缺失的等位变异，被人工选择后满足了低纬度地区大豆生长和高产的需求。

至此，大豆才完成了下南洋的适应性轨迹。

大豆开花期和产量实现量化设计

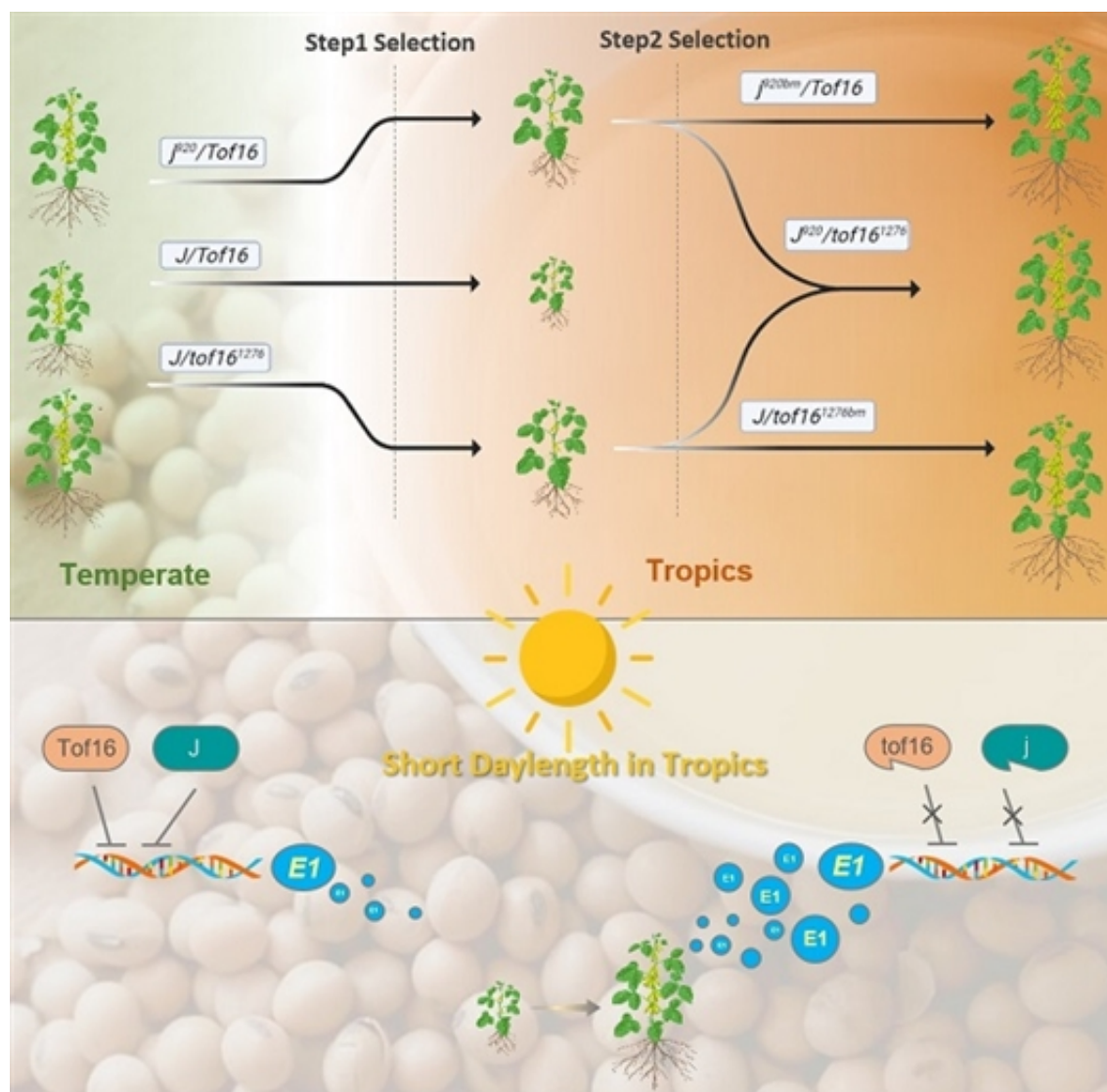
我们发现 Tofl6 和 J 在低纬度地区控制大豆开花期和产量遗传上是独立的，并具有加性遗传效应。孔凡江解释说，Tofl6 和 J 基因互不干扰，能够分别影响大豆开花期和产量。如果把二者都放在同一个品种或种质资源中发挥功能，其对童期长短和产量的影响可以叠加。

例如，Tofl6 基因突变体能让大豆童期延长 10 天，J 基因突变体能延长童期 15 天，如果同时突变 tofl6 基因和 J 基因，就能让童期延长 25-30 天。

董利东说，对来自低纬度热带地区的大豆品种基因组分析发现，80% 的品种在 Tofl6 或 J 位点上发生了至少一个变异。

这说明 Tofl6 或 J 位点的自然变异是栽培大豆适应热带地区的主要遗传基础。董利东说。

更重要的是，他们通过将 LHY、J 和 E1 的各种等位变异进行组合，可以对大豆的开花期和产量进行定量。



短日照条件下 Tof16 和 J 的工作机制模式图 受访者供图

他们把这几个基因聚合到一个种质资源中，开发出一系列不同开花期和产量梯度的种质材料，比如从30天到35天、40天、45天……一直到60天。

刘宝辉说，他们将免费提供这些种质材料，育种家可以根据当地的大豆生育期限选择相应的基因型开展育种工作。

这一思路不仅可用于大豆育种，为提高热带低纬度地区大豆的适应性和产量提供新策略，而且该研究也为其它作物分子育种提供了理论基础。孔凡江说。（来源：中国科学报李晨）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41467-021-25800-3>

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：孔凡江等 来源：《自然—通讯》

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