

---

# 找回大豆“丢失”的高蛋白“宝藏基因”

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/36693.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！*

找回大豆“丢失”的高蛋白“宝藏基因”。

团队成员在田间筛选大豆品系。研究团队供图

本报记者 朱汉斌 通讯员 黄瑞兰

将野生植物驯化为农作物，是人类文明进程中的里程碑。大豆由野生大豆驯化而来，素有田野里的肉之称，是全球最重要的植物蛋白和植物油来源。目前，全球超过71%的植物蛋白消费依赖大豆供应。然而，一个不为人知的事实是，我们日常种植的现代大豆，其蛋白质含量远不如它们的祖先——野生大豆。

在近日发表于美国《国家科学院院刊》的研究中，中国科学院华南植物园研究员侯兴亮团队与合作者成功从古老野生大豆基因中找回了在现代大豆驯化过程中丢失的高蛋白宝藏基因——PC08

将这个名为PC08的古老基因重新引入现代高产大豆中，可显著提高种子中的蛋白质含量，增幅达3.5%以上，并且不会降低产量。论文共同通讯作者侯兴亮对《中国科学报》表示，这一发现有望打破现代大豆育种中高产与高蛋白难以兼得的困境，为培育优质大豆新品种提供关键基因靶点和育种策略。

驯化代价：现代大豆的营养遗憾

野生大豆蛋白含量丰富，处于50%~60%区间，但长期驯化过程导致栽培大豆蛋白含量降至30%~40%。侯兴亮介绍，在数千年的驯化过程中，为追求更高的产量和更好的外观，许多有益基因被无意中丢弃。这就像我们为了追求个大的苹果，却丢掉了它原本浓郁的香味。我们的研究，就是要找回高蛋白含量的基因。

这种在驯化过程中形成的营养悖论，使得现代大豆育种长期陷入两难困境：试图提高种子蛋白含量，油脂含量往往会下降，甚至可能导致产量降低。因此，从作物的野生近缘种中寻找那些在历史长河中被遗忘的优秀基因，成为打破僵局的创新路径。

研究的起点是一个庞大的大豆基因库。作为合作者的广州大学教授孔凡江团队收集了包括231个优良栽培种、206个地方品种和118份野生大豆在内的共555份种质资源，构建了一个涵盖大豆遗传多样性的群体。

---

为精准、高效获取所有材料的蛋白质含量数据，研究团队使用近红外光谱技术，对上万份种子样品进行了无损快速检测。数据分析显示，野生大豆群体的蛋白质含量显著且稳定地高于栽培品种，这增加了团队在野生资源中寻找答案的信心。

### 基因寻踪：大海捞针的科学探索

接下来是更为繁琐的全基因组关联分析过程。论文第一作者、中国科学院华南植物园博士后刘书说，这就像在一个由数百万个遗传位点构成的星空图中寻找与蛋白质含量相关的闪烁星辰。团队用了两年时间，在不同地理环境重复田间试验，以排除环境干扰，确保找到的信号真实可靠。

最初的分析产生了多个可能与蛋白含量相关的染色体位点，但许多信号在不同年份、不同环境中飘忽不定。最终，一个位于第8号染色体上的位点，以其跨年、跨环境的稳定关联性脱颖而出，成为焦点。

然而，全基因组关联分析只能将范围缩小到一个大约180Kb的基因组区间，这个区间内仍有20多个候选基因。哪一个才是真正的幕后主宰？团队结合已发表的基因表达数据库，筛选出10个在种子中高度活跃的基因，随后逐一分析基因的序列变异与蛋白质含量的关联。最终，所有的证据链都指向了一个与种子蛋白积累联系密切的基因。研究人员将其命名为PC08。

找到候选基因只是万里长征的第一步，了解其如何工作、为何在野生和栽培大豆中存在差异，才是研究的关键。

团队很快发现，PC08的功能差异并非源于编码区的突变，而是来自其启动开关——启动子区域的一个微小变异。在部分野生大豆中，PC08的启动子区域多插入了一段富含T/A碱基的序列，他们将这个珍贵的变异等位基因命名为PC08Ins。

证明这段小小的插入是‘因’而非‘果’，是非常精细且需要多角度验证的工作。论文共同通讯作者、中国科学院华南植物园副研究员李晓明说。

为此，研究团队设计了环环相扣的实验——

**表达量关联分析：**在大量种质中证实，携带PC08Ins的个体在种子发育关键期，该基因的表达量确实更高，并且与最终的蛋白质含量呈正相关。

**启动子活性实验：**在实验室中，将带有和不带这段插入序列的启动子分别连接到一个荧光报告基因上，然后导入大豆细胞。结果带有插入序列的启动子，其驱动基因表达的能力强得多。

**群体遗传学溯源：**在包含近3000份种质的大群体中筛查，发现PC08Ins这个高蛋白开关只存在于约8%的野生大豆中，而在所有栽培种和地方种中完全缺失。这从进化角度证明，这个有益的等位基因在严苛的驯化筛选中被彻底遗落了。

### 机制解析：从实验室到田间的跨越

基因在实验室条件下表达量高，是否必然导致大豆种子中的蛋白质含量提升？为了回答这个核心问题，研究进入功能验证阶段。

---

研究团队通过转基因技术，将含有PC08Ins等位基因的DNA片段导入现代高产大豆品种中，成功获得了两个稳定遗传的转基因株系。深入的田间表型分析带来了令人振奋的结果：与未转基因的对照组相比，转基因大豆株系的种子蛋白质含量显著提升，增幅可达3.5%以上；代表籽粒大小的百粒重有所增加，而种子含油量略有下降，符合蛋白与油分此消彼长的普遍规律。更重要的是，植株的株高、节数、单株产量等关键农艺性状没有受到负面影响。这意味着，蛋白含量的提高并未以牺牲产量为代价。

为了形成更严谨的证据闭环，团队还利用CRISPR/Cas9基因编辑技术，精确敲除了现代大豆中的PC08基因。结果与过表达实验完美呼应——敲除植株的蛋白含量明显下降，油分上升，种子也变小了。

进一步的研究证实，PC08通过促进种子中脱落酸（ABA）的合成来发挥作用。通过RNA-Seq转录组测序，团队比较了转基因植株与野生型的基因表达谱，发现了一条清晰的指挥链。高水平的ABA激活了下游一系列与蛋白质合成相关的通路，其中编码大豆主要储藏蛋白——伴大豆球蛋白的亚基基因表达被强烈上调。

这就像是一个高效的精益化工厂。李晓明比喻道，PC08Ins升级了工厂的‘动力核心’，动力足了，生产线主管就接到明确指令，开足马力，使蛋白质‘产品’丰产。这一机制的阐明，清晰描绘了PC08-ABA-储藏蛋白合成这条通路，让研究逻辑形成了完美闭环。

研究的终极目的是服务于农业生产。李晓明表示，团队利用分子标记辅助选择技术，将PC08Ins等位基因通过杂交与多代回交，精准导入我国东北地区的主栽大豆品种黑农35中，成功培育出蛋白含量稳定提升的BC3F2优良品系。这标志着该成果初步具备应用于育种实践的潜力，迈出了从论文走向田间的重要一步。

侯兴亮指出，该研究犹如一把钥匙，开启了大豆优质育种的新大门，沉睡的宝藏基因在现代农业的田野中有待孕育新的丰收希望。下一步，他们将把PC08Ins与其他调控产量、抗性、高油等优良等位基因进行智能聚合，培育综合性状更加优异的梦想大豆。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1073/pnas.2508709122>

《中国科学报》(2025-11-11 第1版 要闻)  
作者：朱汉斌 黄瑞兰 来源：中国科学报

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