

# 浙江省农业科学院团队以基因测序推动豆类蔬菜精准育种

## 八千年的豆子,你吃“透”了吗

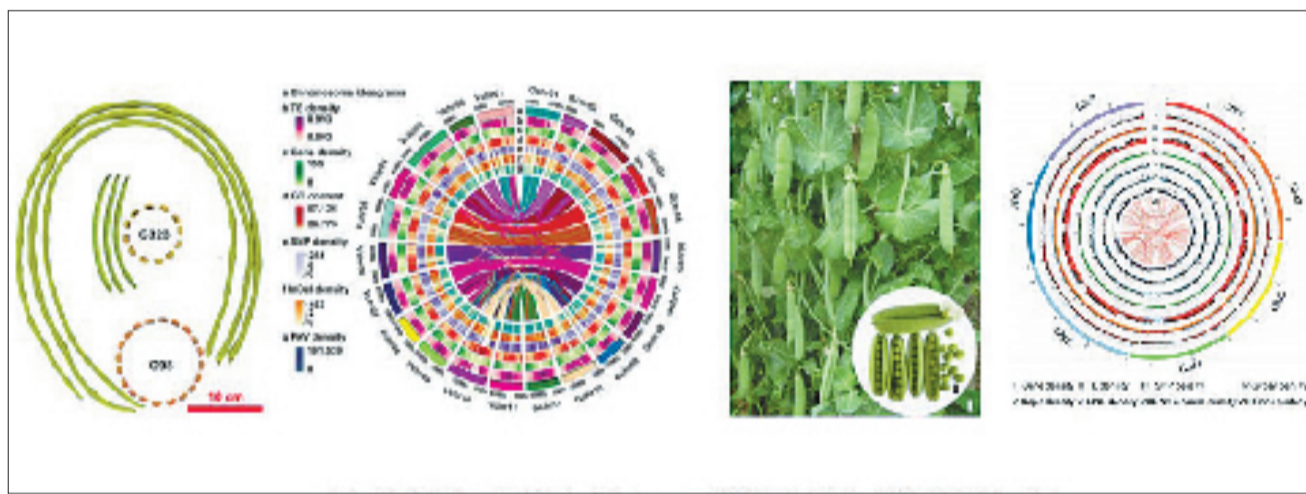
■ 本报记者 谢丹颖 通讯员 孙丽萍

提起豆子,你的舌尖会泛起什么味道?是醇厚的豆浆、嫩滑的豆腐,还是烹饪中不可或缺的豆油与酱油?

陪伴人类至少八千年的豆子,至今仍仍是餐桌上的“常客”,或许你刚刚就吃过。随着全球对饲用蛋白和植物油脂的需求不断攀升,豆子也被视为未来食物供应的重要保障。

但我们真了解这颗“熟悉”的豆子吗?

今天,研究者正尝试用前沿科技,解码豆子的古老基因——浙江省农业科学院的研究团队率先揭示了豇豆、豌豆在驯化与改良历程中,决定其品质、产量与抗性等相关性状的基因组奥秘,并定位了21个关键基因、152个数量性状基因座。一幅豆类的遗传图谱正逐渐清晰,为“设计”未来餐桌更优秀的种子奠定了基础。



组装的2个豇豆(左)、1个豌豆(右)高质量基因组。

受访者供图

### 破解八千年“豆”志

初春,晨雾未散,省农科院的科研人员已在连片的试验田里忙碌起来。豌豆开花结实了,正是测量、记录的关键时期。菜用大豆“毛豆”也陆续播种下地。

豆子虽小,却有着极高的“江湖地位”。古人所说“稻、黍、稷、麦、菽”五谷中,“菽”便是大豆。中国人有着悠久的吃豆历史,“煮”就是八千年。

但吃到今天,我们依然未能完全读懂这颗“豆”。

其中,一个巨大“谜团”在于,豆类作物从荒野被驯化为农田作物的过程中,大约70%的基因位点丢失了,造成了严重的“遗传瓶颈”。这意味着,现代豆子基因组相对狭窄,其产量和品质再提升的潜力,受到了根本性限制。

以江南一带常见的豇豆为例。2008年,省农科院蔬菜研究所豇豆育种与栽培团队应美国加州大学河滨分校之邀,将中国“之豇”系列优异的“长荚”基因导入非洲本土品种。在引入这一高产基因的同时,团队着重筛选、强化非洲品种本身应有的,但在某些品系中已丢失的“抗病性”和“耐热性”基因——最终,“豆荚变长了,成熟后籽粒也更饱满了”,省农科院副院长李国景点开电脑里的老照片说,短短两年,便初见成果:成功筛选出既适应非洲气候,抗病、抗热,又大幅提高产量、长荚、高产的粮用豇豆品系,援助对方应对当地粮食危机。

成果可喜,但问题随之浮现:对于虫害,再升级的品种仍需依赖农药。“也许,是我们对它的了解还不够透彻。”一个想法由此诞生了:为豇豆进行全面的基因组测序,从源头寻找更优解。

为此,团队选择“从头做起”。年复一年,他们或泡在地里,测量、记录株高是否适中,结荚数有多少;或一头扎进实验室,从成百上千份材料中筛选出能抵抗红蜘蛛、豆象虫害等威胁的“抗逆能手”。

谈及传统育种,在李国景看来,“说来简单,就是将具有不同优良性状的材料杂交,试图在后代‘聚合’所有长处”。但这一过程,曾高度依赖育种者的个人经验,全凭眼力和手感,“感觉因人而异,就比较容易出现偏差。”

为了将“感觉”转为精确数据,一场对豆子基因的彻底解码开始了。团队计划分两步走:先搞基础研究,识别关键基因;再利用它们进行“定制化”设计育种。

省农科院团队建立了涵盖650多份豇豆、豌豆的核心种质资源库。每一份材料,都在不同年份、不同地点重复种植,以获取可靠数据。“今天一个样,明天另一个样,不稳定不行。”李国景坦言,他们首创表型精准鉴定技术体系,比如通过计算机扫描,将豆荚的“绿色”

转化为绝对的色度数值,消除主观偏差,“仅系统性的表型采集与基因组重测序,整理一个物种就要整整两年。”

海量数据在手,真正的挑战才开始:何以从数百万个基因中,定位控制“好吃、好看、抗病”的关键“开关”?

团队联合浙江大学运用全基因组关联分析技术,让海量表型数据与基因组序列“对话”。经过庞杂计算,一张“基因地图”最终绘成——团队精准定位了11个关键基因位点以及65个影响性状的遗传位点,完成了豇豆高质量基因组测序。2024年,相关研究论文在《自然-遗传学》上发表。

育种,从此有了精确的“导航图”。基于这些突破,团队还构建了国际上首个含26.09万条信息的豇豆豌豆多组学信息分析平台,创制79份优异新种质,将育种从“经验”推向“设计”驱动的新阶段。

### 绘制“美味”基因图

那么,我们为何要如此费尽心力地探究这颗“豆”?

这背后,有着迫切的实际需求。我国豇豆、豌豆等种质资源遗传背景狭窄,同质化问题严重,传统育种技术存在优质、丰产、抗病等性状难以协同改良的瓶颈,导致市场上常出现“好看不好吃、优质不丰产”的品种。

所有积累,都是为了创造“更好的那一个”。明星品种“之豇618”的诞生,便是一场跨越数十年的育种接力。省农科院团队运用分子标记辅助选择技术,将20世纪好吃但不好看的“之豇28-2”,与本世纪初好看但不好吃的流行品种成功“联姻”,精准聚合“长、绿、亮”的“好看”外观和“糯、甜、抗病”的“好吃”品质。

一颗豆,满足了味蕾,提供了营养,滋养了土地。

回溯人类农耕历史,早期问题重重:谷物营养不全,严寒无法种植、刀耕火种又快速耗尽地力……于是,豆科植物“闪亮登场”。“它富含谷类缺乏的赖氨酸,部分豆类还能越冬栽培,充分利用冬闲田。更重要的是,豆类根部的根瘤菌能固定空气中的氮气,为土地提供天然肥料。”李国景说,豆类有诸多优势,人类选择驯化它,并非偶然。

豆子的淀粉含量与小麦、水稻等主粮相近,对容易乳糖不耐的中国人来说,还是极佳的植物蛋白来源——大部分食用豆蛋白质含量超过25%,足以与优质的动物蛋白来源相媲美。从先秦到19世纪末,中国一直是世界第一大豆生产国。《中国近代农业生产及贸易统计数据》等数据显示,1913年,中国大豆产量占世界总产量的88%。这颗大豆还沿着贸易路线远行世界,至今多国语言里

仍保留着大豆古语“菽”的发音。

一如美国历史学家肯·阿尔巴拉在《豆子的历史》中评价:“地球上几乎每一种文化都依赖豆子。”如今,豆子已融入全球饮食文化:巴西民谣歌唱的“非洲雅杂”是盛行百年的黑豆饭;尼日利亚的“蒸豆饼”风味独特;在中国,比红豆籽粒更大、产量更高的豇豆,被加工成了北方的黏豆包、南方的红豆沙……

人们对豆的认识,也在不断“更新”。比如,不少人会把自己爱吃的菜用大豆“毛豆”,当作是未成熟的粮用大豆“黄豆”。即便在学界,“菜用大豆和粮用大豆到底是何关系”也长期未有定论。

直到去年,谜底被揭开。省农科院蔬菜研究所菜用大豆育种与栽培团队刘娜研究员,通过收集341份有代表性的菜用大豆种质资源,与美国农业部超2

万份大豆数据整合分析发现:菜用大豆“自成一派”,它起源于粮用大豆,而非直接来自野生大豆。

显然,探究“豆”的这趟旅程远未结束。相关研究持续取得系统性突破,比如,省农科院成功组装了3个高质量基因组,为豇豆、豌豆功能基因挖掘提供丰富的基因组资源;又比如,团队率先研发16套荚形、荚色、锈病抗性表型精准鉴定技术……《豆类蔬菜优质高产关键基因挖掘与创新利用》获2024年度浙江省科学技术进步奖一等奖。

### 育种从田间到云端

给豆子画基因图谱本身不是目的,让成果真正落地田间、端上餐桌才是

关键。

举个例子,我们爱吃的菜用大豆“毛豆”(食用时多为未成熟的鲜嫩状态)成熟时有个烦人的毛病——“炸荚”。豆荚极易开裂,这使它难以用机器收割。团队研究发现,控制这个“坏脾气”的,是一个名为GmPdh1的基因。有趣的是,这个导致裂荚的基因,却与高糖分、高淀粉含量的优良性状紧密“绑定”。这也解释了为何在人类长期选育毛豆的过程中,这个不利于收割的性状一直被保留下来。

以“浙农6号”为代表的高品质毛豆,美味秘诀其实源于一套“美味配方”——一个由GmFula、GmPdh1和Dt1组成的特定优质基因组合,在菜用大豆“毛豆”中占据绝对主流。相比之下,追求出油率或蛋白质产量的粮用大豆,则遵循另一套完全不同的“高产配方”。

手握基因图谱,科研人员看到了新的可能:未来,通过新技术,或许能更精准地定向“剪掉”“炸荚”性状,同时完好保留“增甜、增产”的优质基因,实现风味和效率两者兼得。

但如何将一个个优良的基因模块,快速、精准“装配”成理想品种,是更大的挑战。

“一个品种从做杂交开始,到最后通过品种审定,一般需要十年。”李国景颇为感慨,育种之路漫漫,往往需要配制上千个杂交组合,最终可能只有万分之三到五的概率能育成一个良种。其间耗费的人力、物力巨大。调查、取样、实验、田间选择……科研人员常常身兼数职。在刘娜的朋友圈里,经常能看到她即便“全副武装”在试验田里工作,仍浑身“沾泥带土”。

省农科院试验田中的豇豆。

受访者供图

传统育种效率的核心瓶颈在于:优势基因的筛选和品种选育高度依赖人工经验,周期漫长。为此,团队将目光投向了更前沿的领域——人工智能与计算育种,试图将品种选育的主战场从“田间地头”部分转移到“计算机云端”。

“我们的试验地有限,但在超级计算机上,可以模拟、推演大豆育种中每个基因组合的潜在效果。”于是,省农科院蔬菜研究所与数字农业研究所作物表型与育种计算团队合作建立数据中心,将海量的基因型与表型数据输入模型,通过算法,他们找到选育目标性状的最佳路径,预测哪些优良基因可以成功聚合。

“未来,育种必须转向用数据驱动的‘精准育种’。”李国景说。这意味着,将来育种人员输入目标性状,便能通过人工智能模型,找到最优的亲本配对方案,将需要实地测试的组合从数千个锐减至几十个,从而极大提升效率。

这一转型,也为应对当下全球性挑战提供了支撑。伴随气候变化与粮食安全挑战加剧,营养丰富、能改良土壤的豆类,被国际社会公认为关键解决方案之一。

著名童话故事《杰克与魔豆》中,主人公杰克用牛奶换回几颗豆子,最终长成了通往云端的豆蔓,带来了丰厚的回报。现实中,豆子虽没有童话般的奇幻,却蕴藏着实实在在的力量。从破解其遗传密码,到用智能育种设计未来,人类正赋予古老种子以全新的可能性,让豆子继续为餐桌注入扎实而充满希望的力量。

### 链接

## 浙江“豆”志

统计数据显示,浙江是全国鲜食大豆种植面积、产量和加工出口最大的省份。全省豆类年播种面积约108.74千公顷,总产量约28.32万吨。其中,大豆播种面积约87.93千公顷,产量约23.18万吨。鲜食大豆占全省大豆总产量的80%以上,年种植面积稳定在100万亩以上,主要种植区域集中在杭州、绍兴、金华、衢州、丽水等地,约占全省的70%。主产区之一的慈溪,形成了从种植、加工到出口的全产业链。

品种选育是产业发展的核心。浙江已成功选育出“之豇”“浙农”“浙鲜”“衢鲜”等系列20余个品种,近十年来推广面积达800万亩,实现了对外引品种的完全替代。

其中,“之豇618”于2019年通过浙江省农作物品种认定委员会审定,编号为浙认蔬2019008。“浙鲜9号”是2015年审定的春大豆品种,其鲜荚百亩方产量曾达到1069.6公斤/亩。该品种在浙江年推广面积曾超过15万亩,并已在四川、重庆、江苏、安徽等省市引种登记。近年来,更多新品种通过国家或省级审定,如“浙鲜86”于2023年通过国家审定,成为杭州市首个国审鲜食夏大豆品

种。“浙农4号”于2024年通过上海市审定。“浙鲜19”和“浙鲜豆2013”也于2022年通过国家审定。此外,“浙农18-2”于2020年通过上海市审定,“浙农秋丰2号”于2020年通过浙江省审定,“浙鲜84”于2019年通过国家审定。

高产纪录不断刷新:2025年,淳安县的大豆攻关田亩产达到269.59公斤,百亩示范方平均亩产259.15公斤,双双刷新了浙江省农业之最纪录。此前的纪录由“浙秋6号”创造。鲜食大豆方面,“浙鲜9号”在2023年的百亩示范方产量达到1263.08公斤/亩,攻关田产量为1330.13公斤/亩。该品种在2018年就曾创下鲜荚亩产1050公斤的纪录。

产业现代化程度也在提升。在慈溪,鲜食大豆已实现机播、机防、机收的全程机械化生产。一台鲜食大豆联合收获机的作业效率可达每小时4-5亩,可以替代80至100个人工的采摘作业。

此外,可持续发展理念也已融入产业。宁波海通时代农业有限公司在2025年获得了国内首张鲜食大豆产品碳足迹认证证书,其每生产1千克鲜食大豆的碳足迹为0.8465千克二氧化碳当量。

## “豆氏家族”简历

**粮食豆类:**如大豆、绿豆、红豆、黑豆、芸豆等,常用于制作豆沙、炖汤或直接食用。

**蔬菜豆类:**如长豇豆、四季豆、菜用豌豆、毛豆(鲜食大豆)、荷兰豆等,主要食用其鲜嫩的豆荚或籽粒。

**油料豆类:**主要是大豆,它是世界上最主要的植物油和植物蛋白来源之一。

**饲料豆类:**如林食豆等,主要用于畜牧业。

**绿肥豆类:**如田菁、苕子等,用于改良土壤。

(以上均由本报记者 谢丹颖 整理)



省农科院副院长李国景查看豇豆生长情况。

受访者供图



省农科院豆类蔬菜试验田。

受访者供图