

# 大豆“下南洋”背后的奥秘

■本报记者 李晨

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，又是如何影响产量和在世界范围的种植与分布的？近日，广州大学教授孔凡江、刘宝辉研究团队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。相关论文在线发表于《自然-通讯》。

## 调控大豆童期的关键基因

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，大豆天生更适应中高纬度长日照环境，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，这让低纬度短日照环境下的大豆产量难以提高。

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中间非常短，但发展迅速。”

植物开花之前所经历的生长周期，即童期。对于大豆来说，童期越长开花越晚。直到上世纪 90 年代，科学家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短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，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。为了探究该问题，孔凡江团队进行了长期系统深入的研究。

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关键基因 J 及其进化机制，阐明了 J 基因提高大豆低纬度

## ■ 简讯

### 科学家精神进校园专场报告会在京召开

本报 近日，科学家精神进校园活动在北京石油化学工业学院召开专场报告会。李四光先生的外孙女、科学家精神报告团成员邹宗平讲述了李四光的故事，中国工程院院士康玉柱讲述了自主创新与石油工业、中国工程院院士李作书题为洞察油气藏——如何让古老的地质勘探学科充满活力的报告。

报告人以真人真事和真情实感鼓舞青年学子科技报国，激励青年学子做科技报国的实践者、中华民族伟大复兴的追梦者。（高雅丽）

### 北京仿真中心成立 30 周年学术交流会将举行

本报 近日，北京仿真中心成立 30 周年学术交流会在北京举行。专家学者围绕云制造系统、装备数字工程、建模仿真系统工程、智能化兵棋系统和仿真发展新格局作了大会报告。

1984 年，在时任航天二院总体部主任陈定昌院士的大力推动下，国家批复建设大型仿真中心，并列为“七五”国家重点工程。1991 年 4 月 2 日，北京仿真中心成立。30 年来，北京仿真中心在助力先进国防装备产品研发的同时，还完成了南水北调、引黄入晋等国民经济建设重大工程建模与仿真，在仿真领域开展了探索性、创新性和重大关键技术等研究，形成了独特的技术优势和特色。（陆琦）

### 华东理工大学成立碳中和未来技术学院

本报 近日，“碳中和未来技术论坛暨华东理工大学碳中和未来技术学院成立大会”及“绿色工程前沿论坛”在上海举行。9 位院士作大会报告，聚焦高质量发展科技前沿，通过科教联动，凝聚绿色发展共识，推动碳中和技术创新，服务国家碳中和战略。

同时，华东理工大学组建成立碳中和未来技术学院，将以此为契机，加快培养低碳行业专业人才，持续推进能源化工领域科技创新，为我国低碳转型发展提供人才保障、专业支撑和技术储备。（黄辛）

### 第三届湾高赛举行复赛

本报 近日，第三届粤港澳大湾区高价值专利培育布局大赛（简称湾高赛）复赛在广东佛山举行。活动上还举行了分组百强项目颁奖仪式。

复赛从项目的专利技术先进性、技术效果、产品市场规模、核心专利授权文本质量、保护范围及稳定性、项目中已布局其他相关专利的数量、类型和质量等多个维度展开评审。（朱汉斌）



大豆荚果。受访者供图

适应性机制。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延长大豆开花期，提高大豆产量。分子机制解析表明，ToF16 通过直接调控 E1 基因表达，进而调控大豆光周期开花。

“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）或其他一些未知的微妙基因。

利用基因编辑技术，他们获得了 ToF16 在大豆中 4 个同源基因的 15 种突变体。表型观察发现，4 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，突变或沉默一个基因不影响其他基因表型。

“有趣的是，我们发现 ToF16 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 tof16-2 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高产量。

具体而言，大豆适应性第一步变异是 ToF16 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 ToF16 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需求。

至此，大豆才完成了“下南洋”的适应性轨迹。

## 开花期和产量实现量化设计

“我们发现 ToF16 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，ToF16 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，ToF16 基因突变体能让大豆童期延长 10 天，J 基因突变体能让童期延长 15 天，如果同时突变 ToF16 基因和 J 基因，就能让童期延长 25~30 天。

董利东说，对低纬度热带地区大豆品种的基因组分析发现，80% 的品种在 ToF16 或 J 位点上发生了至少一个变异。“这说明 ToF16 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。”

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。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选择相应基因型，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，也为其他作物分子育种提供了理论基础。”孔凡江说。

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



近日，山西省全国科普日活动在山西省科技馆启动。在科技馆二楼一个展示台，记者看到，小朋友们在进行植物拓印。他们一人一把小钢锤，在手绢上小心翼翼铺上一枝文竹，再用胶带固定好，“叮叮当当”地密集敲击，花草的形态与颜色留在了手绢上，就这样把大自然带回家。

据介绍，植物拓印是一种自然教育，既是手工活动，也是科普活动。人们可以通过这种活动，走进大自然，了解大自然、尊重大自然。

记者了解到，太原主场重点科普活动安排了山西省健康科普作品大赛、百年重大科技创新成就展览、线上科普宣传、省级科普基地开放活动等 42 项内容，涵盖农业、环境保护、自然教育、天文观测、医疗卫生等领域。活动在 1 周内陆续向公众开放。

此外，科普日活动启动仪式上，第三批 10 位山西省科协首席科学传播专家获得证书，开启了一段全新的科普生涯。水旱灾害防御、科普惠农、生态保护、针灸走基层、心理健康进入企业、健康教育等 6 支科技志愿服务队被授予队旗。

本报见习记者李清波摄影报道

## 汪品先院士夫妇捐赠 200 万元设立奖学金

本报 9 月 15 日，85 岁高龄的中科院院士、同济大学海洋与地球科学学院教授汪品先与夫人——著名孢粉学专家、中科院植物研究所研究员孙湘君，共同捐赠多年积蓄 200 万元人民币，在同济大学教育发展基金会下设立“同济大学海洋奖学金”，用于奖励有志于从事海洋科学及相关涉海研究和技术研发、学习取得优异成绩和研究获得创新成果、具有科研潜力的同

济大学本科生和研究生。汪品先和孙湘君表示，拿出多年积蓄设立海洋奖学金，是想在青年学子的求知路上，为他们“加点油”，促进学生更快成长，推动海洋学科、海洋事业获得更大发展。

汪品先长期致力于气候演变和南海地质研究，开创南海古海洋学，为气候演变理论提出了“低纬驱动”新观点，为边缘海成因提出了“板缘张裂”新机制，挑战国际传

统认识。他领导我国南海大洋钻探和规模空前的南海深部重大研究计划，推动海底科学观测网国家重大科技基础设施立项建设，引领我国地球科学进入深海研究的国际最前沿，树立了世界边缘海研究的典范。

孙湘君一直从事新生代孢粉学研究，曾组织建立第四纪花粉数据库，积极推动我国花粉研究领域的国际交流与合作。（黄辛）

## ■ 视点

### 中国工程院院士贺泓：

## 协同控制颗粒物与臭氧污染已成挑战

本报（记者郑金武）近日，在北京中科院智汇工场举行的院士大讲堂活动中，中国工程院院士、中科院生态环境研究中心副主任贺泓就大气复合污染成因、推动工业源移动源污染排放控制、推进二氧化碳捕集利用等内容作了报告。

贺泓表示，近年来，我国大气污染防治成效显著，但形势依然严峻，PM2.5 浓度仍远高于世界卫生组织的指导值，臭氧污染日益凸显。如何协同控制颗粒物和臭氧已成为一个挑战。

同时，在我国多数地方，颗粒物和臭氧呈现负相关联系，形成“跷跷板”效应。例如

在北方地区，大气污染物中的颗粒物浓度虽然下降，臭氧浓度却不断升高。如何打破这种“跷跷板”现象，协同控制颗粒物和臭氧污染，需要更深入的研究。

由此，贺泓表示，我国大气污染防治已经进入“深水区”，亟须发展和完善大气污染防治的新理论、新方法和新技术，支撑大气污染防治精准防控。

最新研究发现，大比例消减氮氧化物，是实现颗粒物和臭氧污染协同治理的可行方案之一。贺泓等利用大数据分析手段发现，在 2020 年初新冠疫情防控期间，湖北等地区生产生活受到管控，出现了 PM2.5

和臭氧同步下降的现象。当氮氧化物浓度下降到 50% 以上时，臭氧浓度上升的趋势有望出现拐点。

而在南方地区如珠三角，颗粒物和臭氧呈正相关，即臭氧浓度随着颗粒物浓度的下降而下降。南方地区大气污染物中，颗粒物浓度比北方地区小。贺泓认为，随着大气污染防治持续改善，当颗粒物浓度下降到一定程度后，臭氧也将与颗粒物呈正相关。

贺泓指出，我国由碳达峰到碳中和时间非常短，实现碳中和目标的时间非常紧迫，减排降污任务艰巨。因此，减碳、协同控制颗粒物和臭氧，必须走出中国新路。

## ■ 发现·进展

### 中科院上海药物研究所

## 合成新型抗骨关节炎化合物

本报（见习记者田瑞颖）近日，中科院上海药物研究所研究员杨春皓、左建平和副研究员何世君等，合成了一类新型白桦脂酸衍生物。通过经典骨关节炎动物模型，证实了其显著缓解关节炎疼痛、修复软骨结构损伤、阻断破骨作用的进程。相关成果发表于《药物化学杂志》。

骨关节炎是高度致残的慢性退行性骨关节疾病，以关节疼痛、关节畸形及功能障碍为主要临床表现。全球骨关节炎患者已超过 5 亿人。然而目前临床上尚无针对关节结构进行修复、阻断病程进展的药物。能够在缓解关节疼痛的同时改善关节结构，并恢复关节功能的新药型治疗药物，成为骨关节炎患者的迫切期待。

研究团队以吡唑并白桦脂酸为结构改造起点，以提高其水溶性和破骨细胞分化抑制活性为改造目标，合成了一系列氨基取代的吡唑并白桦脂酸类衍生物。

研究人员首先通过破骨前体细胞分化体系，筛选获得具有破骨分化抑制活性的氨基取代的吡唑并白桦脂酸衍生物化合物 25。同时，化合物 25 对于骨关节炎炎症因子白介素-1 $\beta$  的分泌具有显著的抑制作用。碘乙酸（MIA）诱导大鼠骨关节炎是经典的治疗药物评价体系。研究人员又基于 MIA 诱导的大鼠模型，证实了关节腔注射化合物 25 能明显缓解机械刺激疼痛和双足负重平衡性，并对软骨基质丢失、囊骨形成以及软骨下骨区域破骨细胞聚集等骨结构病理改变产生显著的改善作用。

该研究为骨关节炎治疗药物的设计开发提供了新思路。天然产物来源的白桦脂酸衍生物通过关节腔给药方式直接对骨关节结构发挥保护作用，有望为关节炎的临床治疗提供新策略。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.1c01019>

### 中科院大气物理研究所等

## 获取中国碳卫星首个全球碳通量数据集

本报（记者崔雪芹）近日，中科院大气物理研究所刘毅研究组联合中英多位科学家，基于我国第一颗全球二氧化碳监测科学实验卫星中国碳卫星（TanSat）的大气二氧化碳含量观测，利用先进的碳通量计算系统，获取了 TanSat 首个全球碳通量数据集。相关论文在线发表于《大气科学进展》。

这标志着我国具备了全球碳收支的空间定量监测能力，是继日本、美国之后第 3 个具备该技术的国家。

《巴黎协定》提出，2023 年起，每 5 年进行一次全球盘点计划，以评估各国的实际行动在减缓气候变化中的贡献。全球盘点有助于了解温室气体减排、增汇等行动对气候变化趋势的影响，卫星遥感将在全球统一、无偏差的碳收支核算中发挥重大作用。随着大气探测和模型模拟技术的飞速发展，通过大气二氧化碳浓度观测溯源碳排放的方法，被认为是评估温室气体减排成果的有效方法。

为了观测大气中的二氧化碳浓度，在日本和美国成功发射了温室气体专用探测卫星之后，2016 年 12 月，TanSat 在酒泉卫星发射基地成功发射升空并在轨运行，成为国际第 3 颗温室气体卫星。其目标是实现全球大气二氧化碳柱平均干空气混合比的高精度监测，为碳排放科学研究提供卫星资料。

研究人员将碳同化系统与全球化学传输模式相结合，从而同化模拟与观测。结果表明，与先验通量相比，后验误差减少显著（30%~50%），说明 TanSat 的观测数据为全球碳通量估算提供了有效信息。利用 TanSat 观测资料，他们估算了 2017 年 5 月至 2018 年 4 月共 12 个月的全球陆地碳净通量。估算结果与利用日本、美国卫星资料的估算结果大体一致，表明我国首颗碳卫星具有了全球碳通量监测的能力。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1007/s00376-021-1179-7>

### 中国农科院作物科学研究所等

## 发现每升温 1℃ 玉米减产 5.8%

本报（记者李晨 通讯员卫斐）日前，中国农科院作物科学研究所作物栽培与生理创新团队联合全国 24 个科研团队，基于多点、多年联网试验，揭示了气候变暖对玉米产量损失的定量影响，并提出应对气候变化的措施。相关成果在线发表于《资源、保护和再利用》。

该所研究员李少昆介绍，玉米是全球也是我国第一大作物，明确气候变暖对玉米产量损失的定量影响，对于科学应对气候变化、保障我国粮食安全至关重要。

研究团队利用在全国玉米典型生态区 42 个试验点的多年田间试验数据，模拟气候因素对玉米产量的影响。研究发现，在不同年份和不同气候生态区，昼夜温差和累积光合有效辐射是造成产量差异的主要因素。昼夜温差每降低 1℃ 和累积光合有效辐射每降低 100 兆焦，玉米籽粒产量分别减少 1.0 吨/公顷和 0.85 吨/公顷。玉米生长期平均温度和最低温度每升高 1℃，玉米籽粒产量分别降低 0.83 吨/公顷和 0.67 吨/公顷，即玉米生长期平均温度每升高 1℃，玉米减产 5.8%。该结果低于以往研究报道 8.9% 的减产数据。研究同时发现，品种对气候变暖的反应存在显著差异。

该研究建立的模型可为预测气候变化对未来玉米产量变化可能产生的定量结果以及缓解策略（如品种选择等）提供支持，为我国玉米生产“藏粮于技”和提质增效提供理论依据。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105811>