



“理想型”翻开马铃薯杂交育种新篇章

■本报记者 李晨

“马铃薯是典型的无性繁殖作物，基因组高度杂合，存在大量有害变异，只有系统揭示马铃薯的基因组特征，才能有效实现无性繁殖作物的有性化育种。”中国科学院院士、中国农业科学院深圳农业基因组研究所(以下简称基因组所)研究员黄三文告诉《中国科学报》，有性繁殖的作物能够通过杂交改良性状，大大提高育种效率。

2020 年 11 月，“杂交水稻之父”袁隆平在详细了解了黄三文等人发起的“优薯计划”后，曾指出马铃薯杂交育种技术是颠覆性创新，将带来马铃薯的绿色革命。

1 月 22 日，黄三文团队在《自然》发表了最新研究论文。该研究构建了完整解析单倍型的马铃薯图泛基因组，以全面捕捉杂合信息和单倍型多样性。该研究还发现，有害变异在单倍型基因组上的分布并非随机，而是具有聚集特征，即“破窗效应”。

黄三文团队通过设计降低有害变异的育种路径，首次提出了理想单倍型(IPHs)育种策略。该研究以马铃薯为例，全面解析了无性繁殖作物的基因组特征，翻开了马铃薯杂交育种新篇章，并为其他无性繁殖作物遗传改良提供了理论指导。

占据近“半壁江山”的无性繁殖作物

在全球种植面积最大的 100 种作物中，55 种是有性繁殖作物，包括水稻、玉米、小麦、番茄等。而另外 45 种是无性繁殖作物，包括马铃薯、红薯、木薯、甘蔗、香(大)蕉，以及所有果树等。

“有性繁殖作物育种速度快，而无性繁殖作物育种速度慢，难以育成突破性的新品种。”论文通讯作者黄三文说，马铃薯是世界第一大无性繁殖作物，在 120 多个国家广泛种植，是超 13 亿人的主食。栽培马铃薯多为同源四倍体，遗传复杂，育种周期漫长，且种薯依靠薯块无性繁殖，易染病、出现虫害，运输和保存成本高。

为解决上述难题，黄三文团队联合国内外优势单位发起了“优薯计划”，提出以二倍体替代四倍体，以杂交种子替代薯块的策略，从根本上变革马铃薯的育种和繁殖方式。

黄三文与合作者逐个破解“优薯计划”路上的难题。

2011 年在《自然》发表全球第一个马铃薯参考基因组；2018 年在《自然-植物》上宣布打破马铃薯自交不亲和；2019 年在《自然-遗传》发表论文，解析了马铃薯自交衰退的遗传基础；2020 年到 2022 年，探索了二倍体和四倍体马铃薯基因组中有害突变的分布模式；2021 年在《细胞》发表第一代高纯度自交系材料；2022 年《自然》发表马铃薯泛基因组，并发现薯块发育的身份基因；2023 年在《细胞》上宣布开发了“进



杂交马铃薯的块茎和种子。中国农业科学院供图

化透视镜”，以鉴定马铃薯有害突变。

十余年磨一剑，该团队通过不断努力，成功培育出第一代用种子繁殖的马铃薯——优薯 1 号，并将马铃薯育种周期从 10~12 年缩短至 3~5 年，繁殖系数提高 1000 倍。为了加速改良自交系，团队充分利用马铃薯种质资源的遗传多样性，构建马铃薯理想单倍型，指导优良自交系的培育。

论文第一作者、基因组所/比利时列日大学联培博士生程林告诉《中国科学报》，2022 年该团队构建的马铃薯泛基因组尚未完整解析马铃薯杂合二倍体的两套单倍型基因组，因此，构建能够完整解析单倍型的图泛基因组，对马铃薯有害杂交育种具有重要意义。

有害结构变异的“破窗效应”

程林介绍，他们从头组装了 31 个二倍体马铃薯代表性种质的基因组，其中两个是自交系，因而共获得 60 个单倍型组装本。他们又通过构建分区图泛基因组，鉴定了大量遗传变异，解析了二倍体马铃薯种质广泛的遗传多样性。

论文共同第一作者、基因组所博士后王楠介绍，他们的研究表明，栽培马铃薯基因组中约 15% 的区域为杂合状态。这表明马铃薯在驯化过程中，纯合有害变异的数量减少了。这可能是育种家培育马铃薯新品种时，充分利用杂种优势的结果。这为杂交马铃薯育种提供了充分的理论依据。

黄三文强调，马铃薯育种的一大难题是有害变异，包含有害单核苷酸变异(dSNPs)和有害结构变异(dSVs)。通过对茄科的系统进化基因组进行研究，他们鉴定出大量的进化约束区域及

有害单核苷酸变异，但对有害结构变异的认识仍然较为缺乏。

研究团队提出了鉴定有害结构变异的新方法，并发现马铃薯基因组中存在大约 1.9 万个有害结构变异。

“这些有害变异并非随机分布，而是呈现‘簇状’聚集特征。”黄三文借用社会学中的“破窗效应”来解释这一现象。

在社会学中，“破窗效应”指建筑物的破损窗户若未及时修复，会导致更多窗户被破坏，甚至引发盗窃等问题，导致犯罪率上升。

黄三文说，类似的，在马铃薯中，当大片段有害结构变异无法清除时，“就好像单倍型染色体上出现了一个‘破窗’，其附近会积累更多有害单核苷酸变异。这种有害累积并不会发生在另一条没有‘破窗’的染色体上，可能是因为多倍体马铃薯必须保持至少一条完整的染色体，才能维持生存”，而马铃薯基因组的“破窗效应”影响单倍型的纯化选择，不利于杂交育种。

以理想单倍型为核心的未来育种计划

黄三文团队在 2021 年成功构建了优薯自交系，并培育了第一代用种子繁殖的杂交马铃薯——优薯 1 号。然而，第一代自交系中仍存在一些有害结构变异，影响马铃薯的生长和发育。

基于马铃薯杂合二倍体的两套单倍型基因组，以及有害突变分布的“破窗效应”，研究团队首次提出了理想单倍型育种策略，为“优薯 1 号”的两个亲本分别设计了理想单倍型。

黄三文介绍，所谓理想单倍型，是指通过整合来自不同马铃薯品种的单倍型序列，并利用计算设计得出的一组理想基因组。

“这种理想单倍型能够在遗传上最大限度地优化目标性状，如产量、抗病性、耐逆性等，从而成为作物改良的优选基因型。”黄三文说。

论文共同第一作者、德国马克斯·普朗克研究所博士生鲍志贵说，理想单倍型不只是关注某一性状的单一优势变异，还综合了多种优良性状的协调优化。其概念建立在多基因调控性状的全基因组遗传背景整合之上，体现了系统性和精确性的特点。

黄三文相信，通过设计不同优良品系的基因型组合，这一策略可以指导马铃薯自交系的精准育种。该策略旨在最大限度减少有害单核苷酸变异和有害结构变异数量，为高效培育杂交马铃薯提供了全新思路。

论文审稿人认为，该研究首次系统解析了马铃薯基因组中有害变异的分布规律，为精准识别与清除有害变异提供了理论依据，对实际育种具有应用价值。

相关链接：
<https://doi.org/10.1360/ma-2024-08476-9>

两院院士评选 2024 年中国/世界十大科技进展新闻揭晓

本报讯(见习记者江庆龄)1 月 22 日上午，由中国科学院/中国工程院主办的“两院院士评选 2024 年中国/世界十大科技进展新闻”在江苏省南京市揭晓。

中国科学院副院长、党组副书记吴朝晖，中国工程院党组成员、副院长王辰，南京市委副书记、市长陈之常，江苏省科技厅厅长徐光耀出席会议并致辞。

吴朝晖、王辰分别揭晓了 2024 年中国十大科技进展新闻和 2024 年世界十大科技进展新闻，并与陈之常共同为 2024 年中国十大科技进展新闻入选团队颁发荣誉证书及纪念牌。

两院院士评选的 2024 年中国十大科技进展新闻分别是：嫦娥六号首次在月球背面采样并发布首批研究成果；我国科学家研制出世界首款基于原语的类脑互补视觉芯片；我国首艘大洋钻探船“梦想”号正式入列；科学家研发出全球首个 Pb 级超大容量光盘存储器；“天关”卫星成功发射并获系列成果；我国研究人员为无液氦极低温制冷提供新方案；我国学者发表国际首个通用 CAR-T 治疗成果；我国研制超显微显微镜，首次全景“看到”大规模细胞交互行

为；我国科学家在世界上首次观察到凝聚态物质中的引力子模；第二次青藏科考钻取全球最长山地冰芯并实现系列突破。

两院院士评选的 2024 年世界十大科技进展新闻分别是：科学家首次 3D 打印出功能性人类脑组织；谷歌量子芯片跨越精度里程碑；欧几里得空间望远镜公布首批科学成果，包括首张“宇宙地图”照片；科学家绘制迄今最大脑基因组调控网络图谱；超精确细胞 3D 图谱问世；首个双语读脑装置让失语者重新“开口”；美“星舰”第五次试飞，“筷子”成功回收助推器；世界首例干细胞治疗恢复人类视力；全球首例人类接受经基因编辑的猪肾脏移植完成；长效 HIV 预防针剂试验成功。

此项年度评选活动至今已举办 31 次。评选结果经新闻媒体广泛报道后，在社会上产生了强烈反响，并进一步解国内外科技发展动态，对普及科学前沿知识起到了积极作用。

出席发布会的相关院士专家，还参加了当天下午在南京举行的第十六届创新发展论坛和院士(专家)科普基层行活动。

(评选结果详见第 2、3 版)

第十六届创新发展论坛在南京举行

本报讯(见习记者江庆龄)1 月 22 日，由中国科学报社主办的第十六届创新发展论坛在江苏省南京市举行。本届创新发展论坛主题为“以高科技供给引领产业未来”，围绕“生物制造锚定新坐标”“人工智能前沿探索与行业前瞻”“科技创新引领新质生产力发展”三个专题分别进行了深入探讨。

在“生物制造锚定新坐标”专场，中国科学院院士、上海交通大学教授邓子新在题为《大健康科技创新的产业痛点与破局之道》的报告中表示，合成生物学是大健康产业快速发展的关键，有着巨大的应用潜力，正在改造或颠覆传统大健康产品的研发路径。中国工程院院士、南京工业大学国家生化工程技术研究中心主任应汉杰作题为《生物制造：未来物质生产方式的巨大革新》的报告，指出生物制造将极大改变物质制造的途径、方式和新产品创制，助力实现中华民族伟大复兴的中国梦。

在“人工智能前沿探索与行业前瞻”专场，中国科学院院士、国防科技大学教授王怀民作了题为《建模方法的革命来自机器学习大模型的启发》的报告，从“确定性的困境，再看二十世纪初雄心”“主观性的回归，再看图灵的思想轨迹”“大模型的革命：再看机器学习的启发”三个方面进行了分享。中国工程院院士、北京航空航天大学

教授赵沁平在《创新虚拟现实 2.0 发展互联网网络 3.0》的报告中介绍了虚拟现实技术与应用的现状和存在的问题，指出数字孪生等新应用对虚拟现实技术提出了新的需求，并开启了虚实融合网络、即互联网 3.0 的发展。

在“科技创新引领新质生产力发展”专场，中国科学院科技战略咨询研究院院长潘教峰、南京大学长江产业研究院常务院长刘志彪、东南大学教授仲伟俊分别以《以科技创新引领新质生产力发展建设现代化产业体系》《健全因地制宜发展新质生产力体制机制》《新质生产力发展与世界级产品开发》为题作报告。随后的圆桌论坛由中国科学报社编委会副主任李占军主持，潘教峰、刘志彪、仲伟俊围绕“科技创新引领新质生产力发展”这一主题，进行了深入探讨。

创新发展论坛由中国科学报社与中国高等科学技术中心于 2010 年 10 月共同发起，美籍华裔物理学家、诺贝尔物理学奖获得者李政道先生曾担任论坛主席。创新发展论坛始终以“推动创新发展”为主要方向，立足国内高校及科研院所，会聚顶级专家学者，探讨与科技自立自强和创新型国家建设相关的最新前沿问题，共筑创新、专业、智慧的科技交流分享平台。

8000 多年前长江中游就有稻田了

本报讯(记者王昊昊 通讯员蔡孟芳)1 月 22 日，记者从湖南省文物考古研究院获悉，考古人员在位于湖南省常德市澧县城头山遗址的李家岗遗址，发现彭头山文化时期“古稻田”遗迹，这将长江中游早期稻田的出现时间提前到距今 8000 多年。此前，在同样位于澧县的城头山遗址，考古人员发现了距今 6500 年的水稻田。

李家岗遗址位于常德市澧县城头山镇大兴村，在澧阳平原腹地中的一块高出周边约 1 米的低矮丘陵之上。遗址于 1984 年被发现，此后进行过小规模勘探，确认为一处彭头山文化时期的聚落。

湖南省文物考古研究院研究员、李家岗遗址考古发掘领队李意恩介绍，此次考古人员在发掘遗址北部壕沟时，发现附近的土为深褐色黏土，经检测有扇形植硅体。“稻田那边有小而窄的沟，有类似田垄的结构，旁边还有壕沟与外部开放水域连通，这反映出该区域是种植过水稻的古稻田。”

经考古发掘，考古人员初步探明两处古稻田分别位于南、北壕沟附近，北部古稻田揭露面积较大，在北壕沟内、外两侧均有分布。考古人员在剖面及平面系统采集土样进行水稻植硅体浓度的检测分析，显示多数土样含量超过



李家岗遗址灰坑中浮选出的碳化稻米。受访者供图

5000 粒每克，部分达到 10000 粒每克以上，提供了植物考古的证据。考古人员还对居住区的灰坑 H67 进行了土样浮选，发现了一些碳化稻米、驯化小穗轴和稃壳残片。

李家岗遗址中还发现了大量的完整陶器及碎片，以及不规则圆形或椭圆形的浅穴式房屋，还有少数长方形带门道的地面建筑、干栏式建筑。这些都为人们认识早期稻作农业社会人群的居住空间规划行为及社会组织提供了新线索。

现任总理将辞职，加拿大科学界前路迷茫



本报讯 本月初，加拿大总理特鲁多宣布将辞职。这一变动可能对该国科学界产生影响。

据《科学》报道，自 2015 年赢得大选以来，该国倡导支持科学研究的人士一直将特鲁多的自由党政府视为盟友。而目前来看，今年大选保守党赢面更大。保守党政府将给气候变化、科学资助等问题带来怎样的影响？对此，他们感到担忧。“主流观点之一是保守党希望平衡赤字，因此可能会削减资金。”加拿大科学界组织 Evidence for Democracy 的负责人 Sarah Laframboise 说。

在特鲁多上台前，从 2006 年起担任加拿大总理一职的一直是保守党的 Stephen Harper。Harper 的保守党政府因阻止体制内研究人员向媒体发表观点、削减基础研究资金、取消加拿大全国人口普查查表登记等，受到了加拿大科学界的严厉批评和抗议。

而特鲁多因在竞选时承诺“重视科学并尊重科学家”而获得了不少好感。他上任后确实兑现了承诺。特鲁多政府恢复了人口普

查；采取了一项限制范围内的科学诚信政策，从而赋予研究人员在与媒体和公众对话时更多的自由；2018 年，研究资金大幅增长。

不过，Laframboise 说，特鲁多政府似乎觉得已经实现了科学目标，开始将大家的支持视为理所当然。

“我们的确取得了许多快速且明显的突破，但其中一些已经失效或消失了。”Laframboise 说，例如，自由党政府没有维持研究资金的增长，直到 2024 年才回应增加研究生津贴的请求；调整科学家长职位，且许多部门尚未完全实施其科学诚信政策；改善加拿大主要研究资助机构间协调情况的计划没有得到任何进展。

而预计由 Pierre Poilievre 领导的新保守党政府则可能削弱或扼杀特鲁多的一些气候政策。此外，保守党领导人历来优先考虑应用研究，而不是基础研究。

Laframboise 表示，对于加拿大的科学家来说，支持科学研究正成为一项有风险的事，比如药物安全、多样性倡议和气候行动等发表意见的科学家正面临越来越多的人身攻击，尤其是来自保守党议员的攻击。

据悉，大选将在 10 月前举行，直到今年晚些时候加拿大的政治环境可能会更加明朗化。(徐锐)

星永闪，志不灭

■金玉奇

在历史长河中，总有一些瞬间璀璨如星辰，“两弹一星”事业就是其中之一，它是新中国建设成就的重要象征，也是中华民族的荣耀与骄傲。近日，在中国科学院 2025 年度工作会议期间，我有幸走进了中国科学院与“两弹一星”纪念馆，感受那段峥嵘岁月。

纪念馆坐落于中国科学院大学雁栖湖校区茂密的后山林地，这里曾经是一个神秘的火箭试验基地，如今已经成为无数科研人的精神载体。馆内主要展示了中国科学院 20 世纪 50 年代至 70 年代初期在“两弹一星”事业中参与的具体工作，包括原子弹和氢弹、导弹运载火箭、人造卫星等，并且复原了当时的怀柔火箭基地，还以人物为核心，展出一些为“两弹一星”事业作出突出贡献的科学家们的珍贵史料和文物。最让我印象深刻的就是里面陈列的许多“老物件”，有“两弹一星”研制过程中的科研设备图纸和模型，有研究人员亲笔书写的文稿或在重要历史场合穿过的衣服……脚下是钱学森先生回国后亲自选址和创建的我国第一个火箭研究与试验基地，眼前是生动、详实的历史资料，此时此刻正如彼时彼刻，我感受到了代代相传的“两弹一星”精神，是科研人员克服重重困难坚忍不拔的精神风骨，是勇攀科技高峰协同创新的奋斗之姿，更是“急国家之所急，应国家之所需”的爱国情怀。

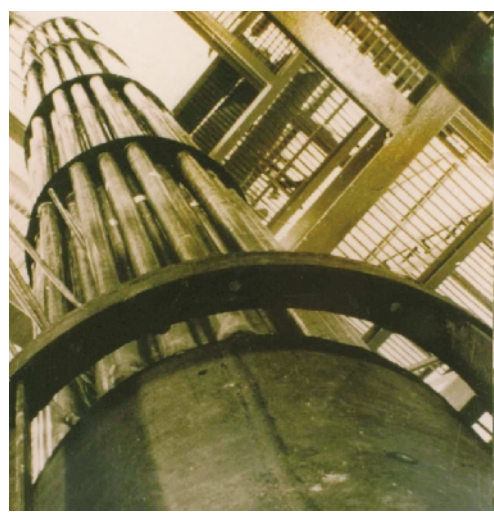
回望中国科学院大连化学物理研究所(以下简称大连化物所)在“两弹一星”中的工作，我感受颇多。1958 年，正值我国原子能工业上马之时，重水的自主研发及生产刻不容缓。大连化物所当即开展重水分离研究工作，随后研制出适应国情和发展需要的具有完全自主知识产权的重水生产新方法，为原子能之源“赋能”。

燃料来源，被提升到国防安全与尖端技术层面。大连化物所于 1961 年开展了固液火箭发动机系统和推进剂的预研工作，并首次提出了固体推进剂燃烧的多层火焰理论，比较全面、完整地解释了固体推进剂的侵蚀燃烧和临界流现象。1964 年，项目成功收官并获国家自然科学三等奖。

20 世纪 60 年代，我国作出研制核武器的战略决策，解决浓缩铀及扩散分离过程中的气体分析难题成为当务之急，但受限于检测气体的放射性和强腐蚀性，常规方法和仪器无法分析。大连化物所当即开展原子能工业应用的气相色谱研究，创建了一套核原料中腐蚀性气体的分析方法。该方法可以准确测定金属铀中杂质气体的含量，并且研制出具有中国特色的腐蚀性含氟气体气相色谱仪，为研制“两弹一星”提供了可靠数据。

历史的车轮滚滚向前，大连化物所的研究领域也发生了一些变化。我们实现了煤制烯烃工业化“零”的突破，开辟出一条全新的非粮乙醇合成路线，让“液态阳光”的理想照进现实的同时，又建成了全球最大功率的百兆瓦级液流电池储能调峰电站……我们还在“能源革命”大背景下，积极推动构建多能融合的新型能源体系，牵头组织实施中国科学院战略性先导科技专项“变革性清洁能源关键技术示范”，取得了多项成果。这些工作也与国家近期提出的“双碳”目标高度契合。

历经重重磨难，大连化物所精心培育了一支能打硬仗、团结协作、甘于奉献的科研队伍，并在发展过程中铸就了独特的红色血脉，凝练出“锐意创新、协力攻坚、严谨治学、追求一流”的精神。这 16 个字不仅夯实了每位大连化物所人的“根”，让我们能在时代变革中守正创新，在坚持科学真理中不断突破自我，更是对“两弹一星”精神的完美诠释与传承弘扬。



用于重水浓缩的多管式高效蒸馏塔。大连化物所供图

我们始终坚信，“两弹一星”精神不仅是历史的记忆，更是未来的指引。它激励着我们每一位科研工作者，无论时代如何变迁，都要始终保持对国家的忠诚与热爱、对科学的敬畏与追求、对创新的执着与坚持。在新时代背景下，我们将不忘初心、牢记使命，积极响应国家创新驱动发展战略，围绕国家重大需求和行业发展趋势，不断优化研究布局，紧紧围绕抢占科技制高点、核心任务，加快推进重大科技成果产出，为建设世界科技强国作出新贡献。

(作者系中国科学院大连化学物理研究所党委书记，本报记者孙丹宁采访整理)

所长书记谈 “两弹一星”精神