

# 全靠国产自育品种 小麦播种面积减少产量却大增

## 粮食育种科技系列报道③

◎本报记者 马爱平

我国是世界上最大的小麦生产国和消费国。中国农业科学院近日公布的一组数据显示：我国小麦2020年播种面积比2011年减少2700万亩，但产量增加1300万吨。

“一减一增的背后，是科技的力量。”中国农业科学院副院长、中国工程院院士万建民表示，

“十三五”期间，中国农业科学院围绕小麦全产业链开展了“藏粮于技”重大科研任务，新育成一批具有国际领先水平的小麦新品种，而且我国小麦品种全部为国产自育，也就是说不依赖进口。

“十三五”国家重点研发计划“七大农作物育种”重点专项，育成了广适高产稳产小麦新品种“鲁原502”和超强筋早熟抗病小麦新品种“济麦44”，前者连续多年被列为农业农村部 and 省级主导品种，亩产突破800公斤，累计推广种植5738.5万亩；后者获得品种转让收益1500万元，创全国最高纪录。

## 克隆抗赤霉病关键基因

近5年来，我国主要农作物基因组学研究取得飞速进展，在深度解析基因组结构变异、基因组演变规律及关键农艺性状基因克隆等基础研究领域取得了一系列前瞻性、引领性、原创性重大突破。

在小麦领域，完成了小麦染色体级别的D基因组精细图谱的绘制；克隆出小麦太谷核不育基因Ms2和抗赤霉病基因Fhb1、Fhb7，大幅度提高了小麦育种效率。

2019年6月10日，《自然·遗传学》在线发表了南京农业大学教授马正强团队的研究论文。论文报道了小麦中一个极为重要的抗赤霉病基因Fhb1，为进一步揭示小麦抗赤霉病的分子机制奠定了基础。

克隆小麦抗赤霉病基因Fhb1，为培育抗赤霉病小麦提供了具有重要价值的基因和分子标记。我国科学家已经选育出抗赤霉病小麦品系37个，这些品系被无偿分发到全国58家育种单位，其中选育的6个品系进入预试或区试，1个品系进入推广应用阶段，具有巨大的推广应用潜力。

2020年4月，《科学》杂志在线发表山东农业

大学农学院教授、山东省现代农业产业技术体系小麦创新团队首席专家孔令让团队科研成果，他们从小麦近缘植物长穗偃麦草中克隆出抗赤霉病主效基因Fhb7，揭示了其抗病分子机制；携带该基因的种质材料被多家单位用于小麦育种，表现出稳定的赤霉病抗性。

该研究成果共有5大创新：克隆了Fhb7抗赤霉病基因；发现Fhb7基因编码的酶对呕吐毒素具有解毒功能；提供了真核生物间核基因组DNA水平转移的功能性证据；组装了长穗偃麦草基因组；发现Fhb7基因对整个镰刀菌病原菌具有广谱抗性。

“通过系列分子实验和高分辨质谱分析，我们发现Fhb7编码的蛋白可以打开呕吐毒素的环氧基团，并催化其形成谷胱甘肽加合物，从而产生解毒效应，明确验证了其在小麦抗病育种中的稳定性和应用价值。”孔令让告诉记者，患赤霉病的小麦会产生呕吐毒素，而呕吐毒素会严重污染食品和饲料，被世界卫生组织确定为天然存在的极为危险的食物污染物，可引起人畜中毒。同时，呕吐毒素可在人和哺乳动物体内积累，诱发免疫功能下降等慢性毒副作用。

## 定向创制小麦新种质

基因组编辑技术是创制突破性种质资源、加速育种进程的有效手段。目前，利用CRISPR/Cas9系统介导的基因组编辑技术已广泛应用于农作物功能基因组研究和作物遗传育种改良，但由于小麦为异源六倍体，基因组比较庞大且背景复杂，遗传转化效率相对较低，目前仍然缺乏高效的小麦多基因编辑体系。

针对这些问题，山东省农业科学院作物研究所小麦分子育种团队，通过载体元件的优化改造，研发了高效的小麦多基因靶点编辑技术体系。该团队2020年11月发表在《植物生物技术杂志》上的论文表明，他们对小麦基因组编辑载体元件进行了系统优化，构建了3个小麦多基因编辑载体的核酶系统，能靶向A、B和D基因组上的8个位点。新技术体系使小麦的单基因三靶点同时编辑效率达到100%、双基因六靶点同时编辑效率达到96%、三基因八靶点同时编辑效率达到37%。该研究结果标志着我国的小麦基因组编辑效率达到国际领先水平。

就在最近，我国科学家在小麦多基因编辑技术育种研究中再次取得突破。据中国农业科学院4月9日消息，该院作物科学研究所科学家在线发表于《分子植物》的研究论文称，他们利用多基因编辑技术，实现了冬小麦一代多个优异等位基因聚合，并成功获得了无需引入外源基因的小麦新种质。

团队成员夏兰琴研究员介绍，他们利用CRISPR/Cas9系统开发出一种高效、通用的多基因编辑技术。团队以黄淮海区大面积种植的小麦品种“郑麦7698”为受体材料，用新技术对15个基因位点进行了同时编辑，分别获得了2、3、4、5个基因编辑植株，最高编辑效率可达50%。无需引入外源基因，团队成功获得聚合多个优异等位基因的小麦新种质。

这一高效、通用的多基因编辑体系的建立，将有助于促进小麦分子生物学研究和复杂性状形成的解析，定向创制小麦新种质，加速育种进程，为小麦和其他多倍体农作物开展多基因聚合育种提供了重要的技术支持。

# 体细胞冻存克隆技术让地方猪保种不再难

◎本报记者 过国忠  
通讯员 虞璐 曹翔

4月10日，科技日报记者了解到，扬州大学动物科学与技术学院扬州市生猪产业重点实验室与江苏省畜牧总站，联合在江苏省太仓市开展的梅山猪冷冻保存体细胞克隆试验，成功产出首批5头毛色乌黑、皮肤红润、玉鼻、蹄部白色的梅山仔猪，这些仔猪目前健康和生长状况良好。

这标志着江苏已经全面掌握地方猪遗传资源体细胞冻存技术，实现了种猪遗传材料的长期保存和活体恢复。

## 非洲猪瘟疫情威胁地方猪种保护

记者了解到，畜禽遗传资源是生物多样性的的重要组成部分，是维护国家农业安全、生态安全的重要战略资源，是畜牧业可持续发展的物质基础。

经过长期的驯化和选育，我国已经拥有适性性强、耐粗饲、肉质好的地方猪种，为我国发展特色畜牧业打下重要基础。

“但近年来，非洲猪瘟疫情对我国生猪产业造成一定影响，也对以活体保护为主的地方猪遗传资源安全构成威胁。因此，再依靠过去传统保

种方式风险很大，必须引入生物保种这种新技术，来加强对地方猪品种遗传资源的保护。”江苏省畜牧总站副站长贡玉清研究员说。

2019年，江苏省农业农村厅要求各地迅速组织辖区内地方猪遗传资源保种单位，依托扬州大学、南京农业大学等科研院所，采集地方猪种的精液、体细胞等遗传材料，用超低温冷冻技术进行保护，并将这些遗传材料纳入省级家畜基因库以实现长期保存。

在此背景下，扬州大学扬州市生猪产业重点实验室良种繁育团队，在包文斌教授和吴圣龙研究员的带领下，开始了对地方猪体细胞冷冻保存和体细胞克隆的试验。

## 体细胞冻存实现百分百遗传物质保存

“对地方猪种的体细胞进行冻存和克隆，前期只需要在种猪的耳朵采集组织样品，培养成纤维细胞后在液氮中长期冻存；需要克隆时，复苏冻存细胞，将其细胞核移植到已抽掉细胞核的供体卵母细胞中，培养成克隆胚胎，最后将克隆胚胎植入代孕母猪体内开始正常的孕育过程。”吴圣龙说。

包文斌介绍，近年来，科研团队联合太仓市农业农村局畜牧兽医站，采集了江苏省梅山猪（中型和小型）、二花脸猪、枫泾猪、东串猪和红灯



杂交小麦是世界上唯一尚未开发的主要粮食作物杂交种业，产业潜力巨大，预计每年可创造市场价值300亿元—500亿元，国内市场每年可达30亿元—50亿元，每年可减少灌水约10亿立方米，减少经济投入约10亿元。

赵昌平  
北京市农林科学院研究员、北京杂交小麦工程技术研究中心主任

## 奠定杂交小麦制种基础

杂交小麦被认为是今后全球小麦产量大幅提升的首选途径之一。据预测，如果杂交小麦推广应用达到杂交水稻同等水平，我国每年可新增小麦产量约1200万吨（按照中国小麦年总产量1.2亿吨，10%增产来估算），将对保障国家粮食安全具有重大意义。

但是，同为世界三大粮食作物之一的小麦，受基因组复杂性所限，曾在杂交育种上停滞不前。制种成本过高也大大制约着杂交小麦产业化推广。

“杂交小麦是世界上唯一尚未开发的主要粮食作物杂交种业，产业潜力巨大，预计每年可创造市场价值300亿元—500亿元，国内市场每年可达30亿元—50亿元，每年可减少灌水约10亿立方米，减少经济投入约10亿元。”北京市农林科学院研究员、北京杂交小麦工程技术研究中心主任、首席专家赵昌平告诉记者。

“十三五”期间，北京杂交小麦基础研究取得重要进展：北京市农林科学院科学家在国际上首次克隆出第一个小麦温敏雄性不育主效基因

TaTMS1，为中国杂交小麦体系构建提供了理论依据；审定杂交小麦品种6个，实现了核心主产区审定品种“零”突破和国外审定品种“零”突破。

“普通小麦属于严格的雌雄异花、自花授粉作物，寻找雄性不育遗传资源是实现小麦杂种优势利用的重要途径。基于小麦光温敏雄性不育现象的发现，我国的小麦科学家从我国独有的BS系列小麦光温敏雄性不育种质中，首次发现并克隆了第一个小麦温敏雄性不育主效基因TaTMS1，发现其启动子有1个关键碱基变异，引起TaSL1对TaTMS1启动子结合增强，能在低温下降低TaTMS1表达；破坏TaTMS1与花药叶绿体内膜TaATP1氧化区域互作，可导致能量供给出现紊乱和活性氧物质大量产生，最终致使雄性不育。”北京市农林科学院杂交小麦中心副研究员张胜全说，小麦雄性不育基因的克隆为构建稳定、高效、规模化的杂交小麦制种技术奠定了基础，也为我国杂交小麦体系构建和成功利用不育系实现小麦杂种优势大面积应用提供了支撑。

克隆试验。

科研团队于去年11月底向4头代孕母猪植入胚胎，其中2头代孕母猪成功怀孕，经过114天精心护理，终于在今年3月14日顺利产下5头体细胞克隆纯种梅山猪。这是江苏省培育出的首批体细胞克隆猪。

“冻精基因库只涉及公猪，只能保留50%的遗传物质，而体细胞冻存实现了100%的遗传物质的保存，因此地方猪品种体细胞冻存和克隆技术可以有效实现地方猪遗传材料的长期保存和特殊情况下的活体恢复。”包文斌告诉记者。

专家介绍，农业现代化，种子是基础。近年来，四川及浙江等少数省份也已成功开展地方猪种的体细胞冷冻保存及克隆工作。

目前，开展猪的体细胞克隆的最大困难在于，一方面要严格防控非洲猪瘟疫情，一方面要保证胚胎成活、受体猪健康和活体猪的出生。因此，体细胞冻存结合克隆技术成功的最大现实意义，在于可长久保存地方猪群体遗传资源并在需要时实现活体恢复，既降低了疫情下保种的风险，更能够完善地方猪遗传资源保护体系。

“育种技术层面上讲，体细胞冻存和克隆技术还可以大量复制特别优良的种猪个体，从而加快猪的遗传改良进展，对在重大疫情形势下保护地方猪种质资源和现实生产都具有重大意义。”包文斌说。

## 巧用“基因剪刀” 提高橡胶树遗传改良效率

科技日报讯（记者王祝华 通讯员田婉莹）4月9日，记者从中国热带农业科学院获悉，该院橡胶所育种团队在橡胶树CRISPR/Cas9质粒编辑体系研究方面取得重要进展，率先建立了橡胶树CRISPR/Cas9基因编辑体系。

该研究进一步奠定了中国热带农业科学院在橡胶树基因编辑领域的领先地位。

近年来兴起的以“基因剪刀”CRISPR/Cas9为代表的基因编辑技术是生命科学研究领域的革命性技术，为植物学基础研究及作物精准遗传改良提供了高效、快速的遗传操作工具。该技术在田间作物和模式植物中应用广泛，但在用于热带高大乔木橡胶树时面临极大难度。橡胶所育种团队克隆了5个橡胶树内源的HbU6基因的启动子，构建了CRISPR/Cas9原生质体瞬时转化编辑载体，编辑效率达8.47%—24.92%。

研究团队以HbPDS基因为靶标，构建了CRISPR/Cas9稳定转化编辑载体，通过农杆菌介导的橡胶树胚性愈伤遗传转化，实现了对愈伤中靶标基因HbPDS的基因编辑。目前编辑的愈伤组织已经分化形成胚体，正在进行植株再生工作。

团队成员杨先锋博士介绍，该技术体系具有广阔的应用前景。当前，杂交育种是橡胶树新品种培育的主要方式，但橡胶树童期长达5—6年，难以短时间培育出纯和自交系，培育一个品种需要长达20—30年的时间，这成为橡胶树杂种优势利用的限制因素。利用基于CRISPR/Cas9的基因编辑技术，可极大地提高橡胶树遗传改良效率。



视觉中国供图

## 构建病毒载体 葫芦科作物基因研究有了新工具

科技日报讯（记者王延斌）记者4月12日从山东农业大学获悉，该校植物保护学院李向东教授团队在《植物生理学》发表文章称，他们构建了可应用于葫芦科作物基因和微RNA(miRNA)功能研究的病毒载体，为研究葫芦科作物基因功能提供了新工具。

葫芦科作物包括西瓜、甜瓜、黄瓜、西葫芦等多种瓜类，是世界上重要的经济作物，明确不同基因在瓜类作物生长、发育、高产和抗病等过程中的作用，为利用分子育种技术改良作物品种提供了科学指导，是当前的国际研究热点。但是葫芦科作物的遗传转化非常困难，有的无法进行，有的转化效率极低，导致相关研究进展缓慢，阻碍了定向育种的开展进度。

利用病毒载体沉默或过量表达某个植物基因，进而明确该基因的功能是目前普遍应用的研究策略。烟草环斑病毒(TRSV)寄生范围广泛，能侵染葫芦科、豆科、茄科等54个科的300多种植物。李向东团队研发出基于TRSV的载体，可携带瓜类作物的特异性基因片段或miRNA，侵染黄瓜、甜瓜、西瓜和西葫芦后引起不同的表型。根据这些表型就可推断瓜类作物基因的功能。

他们对TRSV载体进行改造，提高了外源基因的表达量，进而通过过量表达某个基因来研究其功能。将绿色荧光蛋白基因插入TRSV载体后，团队在葫芦科作物植株上观察到非常强的绿色荧光，证明该载体可以高效表达外源基因。

值得一提的是，这是首个研究葫芦科作物的miRNA功能的病毒载体。

李向东向科技日报记者介绍说，作为过量表达载体，TRSV能承载含3500个碱基对的外源片段，可用来研究编码1000多个氨基酸的基因的功能，未来将成为葫芦科作物基因研究的一把“金钥匙”，促进葫芦科作物的定向育种。



视觉中国供图