瞄准问题　整合资源　创新机制

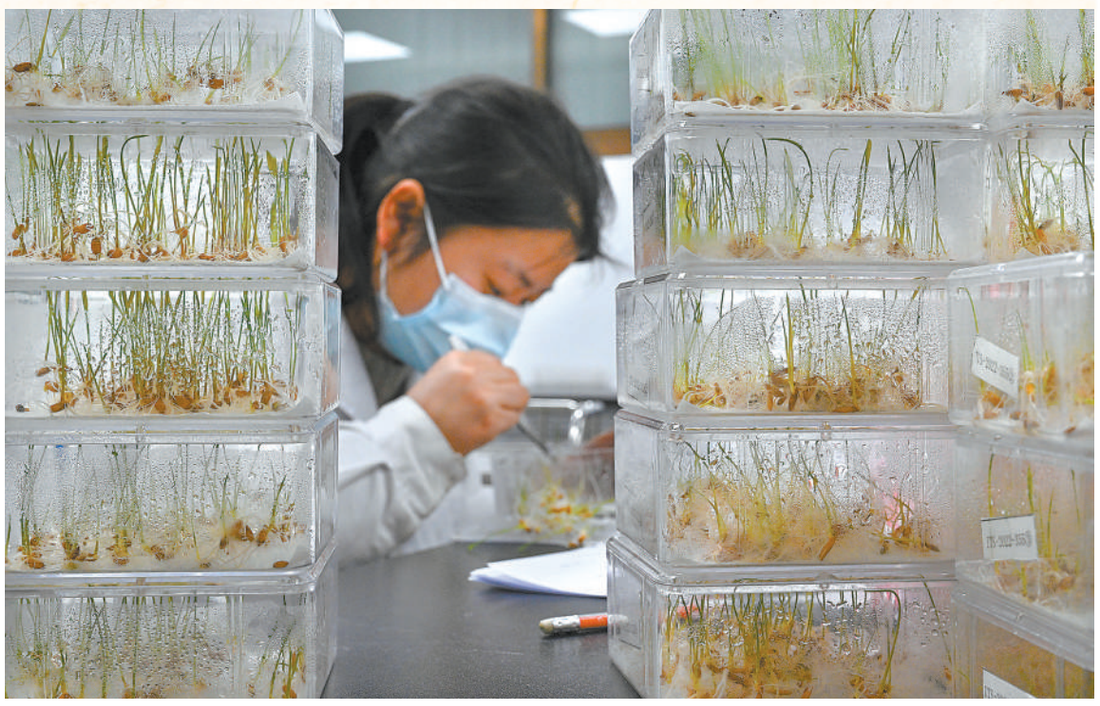
种业科技水平不断提升

本报记者　谷业凯

科技视点·种业科技自立自强①

编者按：习近平总书记指出："种源安全关系到国家安全，必须下决心把我国种业搞上去，实现种业科技自立自强、种源自主可控。"

党的十八大以来，在有关部门的支持、推动下，广大科技工作者围绕种业创新奋勇攻关。当前我国种业创新的现状如何？取得了哪些重要成果？还有哪些突出问题需要解决？从今天开始，科技专版推出"种业科技自立自强"系列报道，敬请关注。



在湖南省农作物种质资源库实验室，检测员对保存的水稻种子进行发芽试验检测。　新华社发

一粒种子，一季收获。最近，北京市农林科学院玉米研究中心研究员赵久然先是去了海南的南繁基地，又马不停蹄地往山东跑了一趟。

"南繁育种收获后，接着要在北方播种，有些试验种子还要分发到全国很多试验点进行种植测试。"赵久然告诉记者，"品种育成后，只是完成了一半的工作；产业化和大范围应用，还是要交给企业。最近，一些种子企业正在跟我们搞产学研合作。"

种子是农业的"芯片"，关系着中国人的粮食安全，对于农业现代化更是发挥着基础性作用。

一个新品种是怎么培育出来的？近年来我国种业科技攻关的进展如何？怎样让种业拥有更多"中国芯"？

优良种子可以贡献粮食增产量的45%—50%，但新品种培育周期长、难度大、失败率高

品种是指经过人工选择和培育，具有一定经济价值和共同遗传特点的一群生物体。稳定性、一致性和特异性，是某一作物群体成为品种的基本要求。

"生物最重要的两个特征，一个是遗传，另一个是变异。变异既有自然变异，也有人为创造产生的变异。"赵久然介绍，"人类进入农业社会之后，就有了驯化——把野生植物变成人工种植或栽培的，这是择优留种。真正的现代育种是在孟德尔发现遗传规律之后产生的，距今只有100多年。"

作物常规育种一般包括几个基本步骤：遗传变异的发现和创新，遗传变异的选择和固定，品种（组合、群体）的决选和审定，新品种繁殖和推广。

"育种是在现有种子的基础上进行改良，让它们变得更好，如产量更高、品质更优、抗虫耐旱等。"中国农业科学院作物科学研究所副所长、国家小麦产业技术体系首席科学家刘录祥说，"如何让产量更高？要去发现一些对产量有贡献的优良基因，渐进地进行一些重组和优化。"

育种说起来不难理解，但实际做起来周期长、难度大、失败率高。赵久然认为，把种子比作农业的"芯片"十分形象。芯片中有大量的晶体管，种子里也有数以万计的基因。作物性状首先是由基因来决定的，环境对基因的表达也有影响。"这些影响因素非常多，而且选育优良性状时，基因之间也有相互作用和影响，往往会出现顾此失彼的情况，所以培育出优秀品种难度非常大。"

刘录祥介绍，现代育种首先要把优良的基因发掘、鉴定出来，再把带有这些基因的材料梳理出来。这些材料进一步地杂交、分离、重组、筛选，最后把对育种目标有用的基因重新"组装"起来，同时把不利的基因淘汰掉。

育种对促进作物生产的作用显著，主要表现在提高产量、增强抗性、改善品质、提高生产效率等方面。刘录祥解释，育种技术的革新发展，是农作物增产最重要的基础之一，优良种子可以贡献粮食增产量的45%—50%。

此外，育种还能增强抗性，比如抗干旱、抗寒或耐高温，减轻病虫害等，在增强作物对不良土壤、水利条件的适应性，以及减少化肥和农药的使用等方面有巨大潜力。例如，超早熟大豆品种的育成，使我国黑龙江一些高纬度地区大豆生产迈上了新台阶；耐旱作物和耐旱品种的选育，则为半干旱地区农业生产的稳步增长作出了贡献。

20世纪以来，全球种业科技先后经历矮秆化、杂交化、生物技术3次主要的技术革命。当前，以"生物技术+信息技术"为特征的第四次种业科技革命正在孕育，推动种业研发、生产、经营和管理发生着深刻变革。

"特别是分子标记、基因编辑等技术，近年来得到了迅速发展。常规的杂交育种、诱变育种等，也在信息技术、航天科技等新手段的推动下，不断向前迈进。"刘录祥告诉记者。

种业科技水平稳步提升，但仍面临不少"卡脖子"难题

我国作为世界第二大种子需求国，种业市场规模超千亿元。经过多年持续攻关，我国种业科技水平稳步提升。水稻、玉米、小麦等三大主粮高效育种技术体系逐渐完善，主要农作物自主选育品种达到95%以上，基本实现主要粮食作物良种全覆盖。

科技部农村科技司副司长、一级巡视员蒋丹平介绍，在国家科技计划等支持下，我国种业创新取得一系列重要进展。

以2021年为例，基础创新研究方面，提出了异源四倍体野生稻快速从头驯化的新策略，揭示了玉米基因组中摩擦禾来源的大片段缺失变异的进化动态及功能影响；关键核心技术开发方面，开发出新型基因编辑工具，打破了国外垄断。

在新品种创制与应用方面，突破了小麦—冰草杂交国际难题，创制出增产10%以上的高产、抗病、抗逆等小麦—冰草新种质392份；第三代杂交水稻实现双季稻周年亩产1603.9公斤；首次成功选育出高抗赤霉病、抗白粉病的"双抗"高产小麦新品种——扬麦33号，有望成为我国新一代主导品种；小麦品种百农207、济麦22，玉米品种京科968、裕丰303、中科玉505等新品种的年应用面积超过1000万亩，为保障粮食安全发挥了重要作用。

看到成绩的同时，也要正视我国在种业科技方面还面临不少"卡脖子"的难题。刘录祥举例，我国一些作物如玉米、大豆等种子基本自给，但受育种及栽培等因素影响，单产还有很大的提升潜力；少数蔬菜品种还不能很好满足市场的多样化需求，一些适宜设施栽培、加工专用的蔬菜品种仍需进口。

导致种业科技短板的原因有多个方面。刘录祥进一步分析说："比如，我们没有掌握支撑某些品种的重大基因，也缺少挖掘这些重大基因的工具和方法，这方面的差距主要源于基础研究。"

赵久然认为，育种是一个长期持续的创新过程，农作物育种平均周期都在5—10年。"科技项目一般周期是3—5年，有些项目期内创制出来的品种都是前期积累起来的，存在'期限错配'，对科研人员长期稳定的支持不够。"

同时，种业是一个系统工程，涉及种质资源收集和评价，新品种选育、中试、推广，需要产学研密切协作。目前我国八成左右的种业科技资源和人才在科研单位，产学研深度融合、育繁推一体的商业化育种体系尚未健全。种业企业数量众多，但规模和竞争力不够，真正具备研发能力的种业企业少之又少。

知识产权问题也不容忽视。自1999年实行植物新品种保护制度以来，我国农业植物新品种权申请总量已经突破5万件，目前已授权近2万件。然而，"短平快"的模仿式育种具有普遍性，种子市场假冒伪劣、套牌侵权等违法犯罪行为也时有发生。

刘录祥认为，侵权行为导致品种同质化，严重挫伤了创新主体的积极性，影响了科研投入，非常不利于激发育种原始创新活力。"随着新修订的种子法实施，将实行实质性派生品种制度，全方位扩大植物新品种权保护范围，大幅度提高侵权损害赔偿标准，进一步健全激励种业原始创新的法律制度，对推进种业振兴具有标志性意义。"

无论是解决育种难题还是实现追赶超越，都需要有更大力度、更远谋划的创新作为

"无论是解决育种难题还是实现追赶超越，都需要有更大力度、更远谋划的创新作为。"蒋丹平表示，科技部将从"支撑、引领、走出新路"三个方面发力，深入推进种业科技攻关，加快实现种业科技自立自强。

支撑方面，围绕产业链部署创新链，将系统部署一批国家重点研发项目，建设种业领域国家重大创新平台，推进种业国家技术创新中心建设布局等。引领方面，围绕创新链布局产业链，加快启动农业生物育种重大项目，驱动基因编辑、全基因组选择、合成生物学、生物大数据和人工智能等跨学科技术深度交叉融合与系统集成；鼓励和支持企业积极参与国家种业领域科技计划，择优支持中小企业科技创新。

走出新路方面，针对重大、紧迫、长期瓶颈制约的任务，实行"揭榜挂帅"机制；针对区域特色种质资源挖掘与创新利用等任务，采取"部省联动"机制，强化资源、管理、政策联动，推动成果落实落地；针对聚焦关键核心技术可取得原创性研究成果的任务，采取青年科学家领衔机制，鼓励自由探索，推动青年科技人才脱颖而出。针对大家畜、林木等育种周期长的特点，探索实行长周期支持机制等。

"在2021年发布的国家重点研发计划中，有19个项目采用'揭榜挂帅'形式组织，只要有能力解决种业创新的问题，英雄不问出身，鼓励参与竞争。"蒋丹平举例说，"我们的青年科学家机制，改变了以往大项目、大团队的申请方式，只要你在单点上有突破，能够实现原始创新，同样可以申请。在青年科研人员思想活跃、年富力强的时候，从国家科技计划层面给予支持，为他们承接更大的课题打下基础。"

针对育种科研周期长的特点，今年科技部将遴选一批项目，采取长周期的支持方式。"纳入支持机制以后，我们采取3年评估、5年滚动的模式，鼓励科研人员潜心探索。"蒋丹平说。

2021年11月，赵久然主持的"高产优质、多抗广适玉米品种京科968的培育与应用"项目，获2020年度国家科学技术进步奖二等奖。从2001年开始种质资源鉴选，到2011年品种通过国家审定后进行产业化和大面积示范推广，再到2021年获奖，赵久然的科研生涯是以10年为单位计算的。他的经历印证了育种不仅需要知识和智慧，更需要恒心和勇气。

R创新谈

加快生物育种创新

万建民

应尽快启动实施农业生物育种创新行动，重点解决好生物种业科技基础研究和前沿技术的源头创新，支撑突破性重大品种的培育，确保国家粮食安全和种业安全

加快农业生物育种创新，是贯彻落实党中央决策部署实现高水平科技自立自强的关键举措，是促进种业振兴、实现种源自主可控的根本路径。

生物育种是指利用基因工程、细胞工程和胚胎工程等现代生物技术，培育和推广一系列性能优良的动植物新品种的育种新技术和新产业。矮化育种、杂种优势利用等每一次种业技术的重大变革，都使水稻产量提高10%—15%。当前，现代生命科学和生物育种技术创新加快突破，孕育着新一轮农业科技革命。基因编辑、全基因组选择等生物技术（BT）与大数据、人工智能等现代信息技术（IT）交叉融合，形成以BT+IT为典型特征的高效农业生物育种技术体系，将强力推动精准化、高效化、智能化种业技术革命，驱动现代育种技术快速变革迭代，对全球生物种业格局和农产品供给产生重大影响。

近年来，我国在种业基础研究领域取得诸多突破，但仍存在一些短板：我国绝大部分物种的基础研究尚在跟跑，重要性状形成的遗传基础与调控网络研究不系统，类似Bt抗虫基因等具有重大育种利用价值的基因较少，等等。此外，我国现代化种业创新体系开始形成，但与发达国家已建成全球布局的一体化现代育种体系相比，我国种业创新体系顶层设计不足，基础研究、技术创新、品种培育的创新链与产业链有机衔接不畅，种业企业整体创新能力弱、规模小，育繁推一体化的商业化育种机制尚不健全，种业创新成果知识产权保护水平亟待提高。

国内外的实践表明，生物育种是打赢种业翻身仗的关键。为此，应尽快启动实施农业生物育种创新行动，重点解决好生物种业科技基础研究和前沿技术的源头创新，支撑突破性重大品种的培育，确保国家粮食安全和种业安全。

精心谋划好生物育种创新顶层设计。顶层设计事关全局、影响深远，牵一发而动全身。要聚焦农业生物战略物种，拓展技术路径，打造竞争优势，抢占现代生物育种技术制高点，把握生物种业发展主动权，为促进种业振兴和实现农业农村现代化提供科技支撑。

科学规划生物育种创新主攻方向。在生物育种方面，应立足国情、瞄准短板，有所为有所不为。以创制培育重大战略性品种为目标，力争在农业生物关键基因功能解析、优异基因型智能设计等重大基础研究领域取得重大发现；突破转基因、基因编辑、全基因组选择、干细胞育种、智能设计等关键核心技术；构建种业全链条溯源，高通量、智能化大规模筛选测试等种业科技创新支撑体系，促进高质量生物育种创新应用。

合力保障好生物育种创新组织实施。统筹国家农业生物育种领域战略科技力量，充分发挥优势区域创新力量作用，强化产业链与创新链融合，坚持市场导向，构建企业主体、专业化分工、产学研协同、全国布局的现代高效生物育种创新体系。

同时，还要深刻认识到，生物育种不仅是科学技术问题，也是满足市场需求的经济创新行为。既要尊重科技创新的内在规律，夯实科学基础、谋求技术突破，也要充分尊重经济规律，加大种业体制机制创新，高度重视知识产权保护，充分保障各类创新主体的合法权益，把事关国计民生的生物育种产业做大做强。

（作者为中国农业科学院原副院长、中国工程院院士）

R新闻速递

创新与新兴产业发展国际会议举办

本报电　日前，第六届创新与新兴产业发展国际会议在北京、上海以线上线下结合的方式举行。会议发布了中国工程院重大咨询研究成果《我国碳达峰碳中和战略及路径》和国家产业高质量创新发展战略专题报告、上海产业创新专题报告。本次会议设置了人工智能技术与产业、生物医药技术与产业等8个平行专题会，讨论垂直行业的创新技术、新兴产业挑战等。

（谷业凯）

京东方获评全球智能制造"灯塔工厂"

本报电　BOE（京东方）福州第8.5代半导体显示生产线日前荣膺全球智能制造领域的最高荣誉"灯塔工厂"，成为中国大陆第一家获此殊荣的显示企业。该生产线研发生产高分辨率、大尺寸低功耗等高端液晶显示产品，广泛应用于智慧家居、智慧零售、智慧出行、数字艺术等各大创新应用领域。作为BOE（京东方）16条生产线的优秀代表，福州第8.5代半导体显示生产线在智能制造和数字化水平方面已实现世界领先。　（刘　明）

四部门联合开展地震科普主题活动

本报电　日前，由中国地震局、教育部、国家民族事务委员会、中国科协联合主办的"地震科普　携手同行"主题活动在北京启动。根据部署，2022年至2025年将面向民族地区中小学校组织实施"五个一"系列活动，即捐赠一套图书、举办一场讲座、举行一次演练、开展一次主题班会、培养一名科学传播师，并向部分重点地区中小学校拓展。　（喻思南）

37年把冷板凳坐热，清华大学教授陈国强团队——

开拓生物制造技术新方向

本报记者　喻思南

在可降解的生物材料研发上摸索了37年的清华大学教授、合成与系统生物学中心主任陈国强，最近终于眉头舒展："这次接近看到曙光了。"

为减少不易降解的石化塑料造成的白色污染，科学家一直在寻找可降解材料，生物制造是路径之一。在诸多生物材料中，PHA（聚羟基脂肪酸酯）这一类材料家族，有全过程在水里合成、完全降解、动物可食用等优势，被寄予厚望。上世纪90年代，工业界试图大规模生产时，却遇到成本高、能耗高等难题。相比成熟的化工制造，生物制造PHA材料实在没有竞争力。

从80年代开始，陈国强就在做PHA研究。PHA大规模产业化被认为难以走通时，相关研究迅速降温，有观点认为：作为大宗材料，PHA没有前途。靠着从国家自然科学基金委员会和产业界争取到的资助，陈国强继续研究生物制造技术。"我坚信这是未来发展方向，咬着牙也要把它做下去。"陈国强告诉记者。其间，在科技部有关课题的持续支持下，他探索出了可行的PHA规模化生产方法，但受制于制造成本、复杂的生产流程等，实际应用的范围很小。

生物制造成本居高不下，重要原因是反应过程消耗大量淡水和能量，生产工艺复杂、设备投资巨大，生产过程中出错（染菌）率很高。能不能用海水来替代淡水？实现这一设想，前提是找到适合海水的菌种。2003年，陈国强团队得知新疆有个艾丁湖，这是一个由于酷热、干燥的气候形成的内陆咸水湖。经过多次实地土壤筛选，他们惊喜地发现，两株细菌具有高度耐盐以及快速生长的特性，且不易被其他微生物感染。这正是团队苦苦寻找的理想工业微生物菌株。

但这些嗜盐菌能否充当新一代生物制造的底盘细胞？陈国强带领团队利用合成生物学和代谢工程学方法，改造出适应能力更强、生长速度更快的菌株，并从科学上验证：基于嗜盐菌发展"下一代工业生物技术"进行制造不仅可行，而且相比上一代技术有巨大提升。2011年，陈国强团队发表的论文引起行业广泛关注，多个国际科学团队和企业纷纷跟进。沉寂多年的PHA研究，包括使用极端细菌的工业过程，成为生物制造的新热点。

从实验室走向工业化，没人清楚能否走得通。在国家多个科技项目支持下，陈国强开始了另一场远征——规模化生产技术验证。又攻关近10年，他带领团队基于嗜盐菌构建了生物制造的系列核心技术平台，解决了发酵生产中高耗能、易染菌、过程复杂、产物难提取、生产成本高等难题。无论基础研究还是工程化实现，该团队如今都走在全球前列。

"科学研究就像一场冒险，一路走来，我是幸运儿。"陈国强感慨，"37年科研生涯中，走过的弯路很多，失败探索远多于成功。走到现在，源于自己坚信：任何一个研究方向往深处钻研一定会有新发现。"

2021年10月，他带领团队完成200吨发酵罐的PHA开放生产。利用得到的PHA，他们与多个兄弟单位合作，成功制成纤维纺织品、可降解农膜、管材、3D打印材料、医用无纺布以及发光材料等。在合成生物学和"下一代工业生物技术"制造PHA生物塑料的道路上，陈国强团队使我国处于世界领先的水平。"看到下一代生物制造从梦想变成现实，我感到一切付出都值得！"他说。

R创新故事

本版责编：喻思南