

□□ 农民日报·中国农网记者

“物竞天择，适者生存”，这是一条亘古不变的自然法则。在适应进化和生存竞争中，形形色色的物种命运取决于神龙见首不见尾的“基因”。“种瓜得瓜，种豆得豆”，是基因决定性状的通俗说法。“龙生龙，凤生凤”，这是遗传；“一母生九子，九子各不同”，这是突变。基因，存在于地球的每一个生物身上，是决定一切生命遗传的基本功能单位。

基因技术日新月异，为现代社会的发展带来了新的科技变革。随着科学家对基因研究的持续深入，新的理论机制不断明晰，新的成果产品不断涌现，人类对生命奥秘的认知在基因层面更丰富、更深入。现在，以转基因技术为核心的现代生物技术被广泛应用于医疗、工业、农业等领域，社会效益和经济效益日渐凸显。本期，记者将与您一起打开全球基因世界的大门，探寻转基因技术的“前世今生”。

转基因技术是怎么来的？

自从进入农业社会以来，面对不断增长的人口，粮食产量不足一直是制约人类发展的瓶颈。20世纪下半叶，科技进步让劳动生产率有了质的提高，人类生活资料的生产以前所未有的速度增长，人与人、国家与国家、民族与民族之间因生存资料匮乏引发的战争冲突越来越少。与此同时，新的问题层出不穷，又给人类提出新的考验，粮食危机、水资源枯竭、生态环境破坏、能源危机等犹如笼罩地球的身影，徘徊不去。一直以来，一项新技术是否被采用的根本因素从来不是科学家的科研热情，而是社会的需求，如今，生物产业的迅猛发展从社会需求端证实，转基因技术成为逆转生态环境不断恶化趋势的良策。

要理解转基因技术的科学内涵，首先要了解一下什么是基因。基因为英语“gene”的音译，是DNA（脱氧核糖核酸）分子中含有特定遗传信息的一段核苷酸序列的总称，是具有遗传效应的DNA片段，是控制生物性状的基本遗传单位，是生命的密码，记录和传递着遗传信息。转基因（Transgenic）技术就是将高产、抗逆、抗病虫、提高营养品质等已知功能性状的基因，通过DNA重组方法转入到受体生物体中，使受体生物在原有遗传特性基础上增加新的功能特性，获得新品种，生产新产品。人们熟知的遗传工程或基因工程等，均为转基因技术的同义词。国际上，转基因生物被称为“遗传修饰生物”。

人们可能要问：为什么不同来源的基因能跨物种转移，甚至低等生物基因向高等生物转移或反向转移，却都能获得稳定遗传和表达？

大量科学证据表明，地球上的所有生物都起源于同一个祖先，其遗传物质都是DNA，在遗传上具有实质等同性。因此，地球上不同物种间能实现基因转移并稳定遗传，通过35亿年的遗传演化，逐步形成今天千姿百态、生机勃勃的生命系统。在漫长的自然进化过程中，任何一个新物种的产生都是物种与物种之间发生基因转移（学名“杂交”）重组或者物种发生基因变异的结果。

在人类对农业生物驯化和改良过程中，基因起着决定性的作用，基因的变化决定了农艺性状的变化。可以说，数千年的农业历史，就是人类筛选基因、改造自然的历史。也可以说，千百年来，传统育种方法与20世纪兴起的转基因技术在本质上一脉相承，都是在原有品种基础上对生物进行的遗传改造。

转基因技术给人类生活带来了什么？

转基因技术的出现得益于20世纪生命科学和生物技术的巨大进步。1953年发现DNA双螺旋结构、1967年发现DNA连接酶、1970年发现Ⅱ型限制性核酸内切酶、1971年完成Ⅱ型限制性核酸内切酶对DNA分子切割、1972年实现DNA体外重组，为转基因技术的育种应用奠定了理论和方法学基础。

转基因应用的第一波产业化浪潮，兴起于20世纪80年代的医学领域。在医药领域，以治疗糖尿病的胰岛素为例，在转基因技术应用之前，胰岛素的制备需从猪、牛等活体动物胰脏中提取。每位患者一个月的用药需4头牛提供，成本极其高昂，而且还会出现人对动物胰岛素排斥反应的风险。1982年，美国食品药品监督管理局（FDA）批准利用重组大肠杆菌生产的人胰岛素上市，是世界首例商业化应用的转基因药品。同样，与人胰岛素一样运用转基因技术的还有乙肝疫苗，科学家通过提取乙肝病毒携带者体液中的乙型肝炎表面抗原，利用基因重组技术表达病毒颗粒，将乙肝病毒抗原基因转移到其他生物细胞中，获得了多种乙肝疫苗的生产技术。根据2015年卫生统计年鉴数据，我国儿童在接种乙肝疫苗后，病毒性肝炎发病率降至1%以下，有超过2亿的儿童得到了乙肝疫苗的保护。

在环保能源领域，随着科技的进步，科学家将基因连成网络，让细胞来完成设计人员设想的各种任务，这一个个创新的过程“险象环生”，却创意无穷。为缓解照明带来的能源消耗，人类开始探寻天然的、无能耗用资源的光源。1983年，科学家选用烟草做实验，成功提取了萤火虫细胞内的发光基因，用一把神奇的“剪刀”——内切酶，将萤火虫的发光基因“剪”下来，再使用灵巧的“针线”——连接酶，将剪切获得的发光基因“缝合”到作为“载体”的细菌中，让培养后的细菌感染烟草植株，通过这样的方式让发光基因随着烟草的生长进行表述，成长为一株株人造发光植物。2017年，这项发光植物的试验被美国麻省理工学院重启，科学家将不同类型的纳米颗粒植入植物中，从而赋予植物新的特性。

在新材料或食品领域，以一杯啤酒为例，科学家利用基因工程技术将相关基因转移到酿酒酵母中，从而创造出高度繁殖的工程酵母，在基因工程

转基因技术，给世界多一种选择



常规玉米(左图)在不喷杀虫剂的情况下,果穗各部位有害虫啃食、钻蛀,穗腐病严重。双价转基因玉米(右图)在不喷杀虫剂的情况下,穗穗完整,有少量草食幼虫取食花丝、啃食穗尖,果穗完整。



资料图

基因技术日新月异,为现代社会的发展带来了新的科技变革。转基因技术作为现代生物技术的核心,已广泛应用于农业、医疗、工业等各个领域,社会效益和经济效益日渐凸显。



在河南省安阳市,转基因抗虫棉花性状稳定,长势喜人。

资料图



在生物育种产业化试点地区云南省,农户种植的玉米穗果穗完整且产量可观,农户十分满意。

农民日报·中国农网记者 摄

这只“魔术之手”的神奇操作下，酿酒酵母的发酵性能魔幻般地显著增加，这样生产出来的“顶配啤酒”的各项性能均优于普通啤酒。

在农业领域，关于转基因农作物及其应用，有三句话特别传神，一是“转基因技术是人类科技史上应用发展最快的技术”；二是“目前批准上市的转基因食品是人类有史以来研究最透彻、管理最严格的食品”；三是“转基因技术及其产业化在激烈争论中迅猛发展”，这真实反映了农业转基因技术及其产业的发展历程与现状。例如，科学家利用基因工程技术研制的转基因抗虫作物，让农民从此不再担心虫害减产问题，从而保障人类粮食安全；科学家研制的耐除草剂转基因作物，让农民告别“锄禾日当午”的艰辛；科学家发明的高β-胡萝卜素大米让贫困地区摆脱“隐性饥饿”；科学家通过基因编辑创制的低镉水稻，让人们免受重金属超标的困扰等。

农业转基因技术在全球发展怎样？

自生命源起，优良的种质资源似乎就是大自然对生命万物的恩赐，“得之我幸，失之我命”。在亿万年的沧海桑田间，根据“适者生存，优胜劣汰”这一古朴的造物铁律，适应自然变迁的优良种子，为这个世界带来了枝繁叶茂和生生不息。

无论科技如何发展，民以粮安总是人类不变的追求。全世界人口在激增，吃饱甚至吃好的饮食需求在凸显，粮食安全正在面临新的挑战。在农业生产中，草害、病虫害、土壤污染等对农作物生长造成严重威胁，全球每年因此遭受损失数千亿美元。一直以来，人们依赖化学手段防治农业病虫害，使用大量的农药，不仅对土壤、空气、水资源造成污染，还会诱发一些害虫、杂草产生相应的抗性，人们被迫加大化学药剂使用量，要打破这种恶性循环就要回到一切的源头：用科技的手段。

当前，全球农业转基因生物产业发展迅速，尤其是最近20年以来，无论是面积还是作物种类，都

有比较明显的增长。从种植面积上看，全球咨询机构 AgbioInvestor 的报告显示，2022 年全球转基因作物种植面积达 2.022 亿公顷（30.33 亿亩），是 1996 年的 118 倍，约占全球总耕地面积的 12%。从批准国家数量上看，批准种植转基因作物的国家从 1996 年的 6 个迅速增加到 29 个，如果再加上批准转基因产品进口，全球转基因商业化应用国家和地区已经有 71 个。从产业化种类拓展上看，全球批准商业化种植的转基因作物现在已经有 32 种。全球 73.7% 的大豆、32.9% 的玉米、80.4% 的棉花、23.8% 的油菜都是转基因品种，主要是转抗虫和耐除草剂两种基因的作物。

此外，还有一些其他新型转基因产品不断推出。如抗褐变苹果在美国上市，能快速生长的三文鱼在加拿大销售。还有一些新产品如抗虫茄子、防褐化马铃薯、低木质素苜蓿、抗虫甘蔗等也在不断推出。转基因作物的种植有效控制了病虫害、稳定作物产量，减少了化学农药的施用，有利于保护环境、减少劳动力投入，降低生产成本，提高农产品质量，提升农产品竞争力。转基因农产品以其成本和品质优势，深刻改变着世界主要农产品生产和贸易格局。

美国，作为全球第一大转基因种植国，目前已批准了 22 项种类的转基因植物或动物，除传统的转基因大豆、玉米、油菜和棉花外，还包括转基因甘蔗、苹果、菠萝、土豆、番茄、三文鱼以及用于生物防治的蚊子等，相关特性除了耐各类除草剂、抗虫、抗病外，还包括改变营养成分、改变颜色、抗褐变、增产、抗旱等。此外，美国还批准了超过 30 项种类的基因编辑植物或动物，包括基因编辑大豆、水稻、油菜、土豆、西红柿、肉牛、猪等，相关特性主要集中在耐各类除草剂、增产、耐旱、耐碱、抗褐变、抗病、改变营养成分等。

AgbioInvestor 公司数据显示，2022 年，美国转基因作物种植面积为 7470 万公顷，占全球转基因作物种植面积的 36.9%。除苜蓿外，所有转基因作物采用率均超过 90%，其中，转基因大豆和棉花的种植面积均占 95%，转基因玉米的种植面积占比为

93%。美国是转基因玉米种植面积最大的国家，达到 3330 万公顷，约占全球转基因玉米种植面积的 50.4%。美国转基因大豆的种植面积达到 3360 万公顷，约占全球总面积的 34%。美国复合性状转基因棉花品种的种植面积也在逐年增长，已从 2000 年的 20% 上升至 86%。从性状来看，复合性状（抗虫+耐除草剂）的转基因玉米和转基因棉花采用率分别为 82% 和 86%，而所有转基因大豆的性状均为耐除草剂。近三年来，美国大豆在国内消费量均在 6100—6300 万吨之间，占大豆产量的 54% 左右，扣除非转基因大豆的消费量，转基因大豆的国内消费量约在 5800—6000 万吨，其中 95% 左右的转基因大豆直接用于压榨。按照大豆产品的用途，平均每年消费豆粕 3400 万吨左右、食用豆油 650 万吨、工业油脂 400 万吨左右（用于生物柴油、生物热能，以及无毒的油漆和清洁剂等工业产品生产，2021 年增加到 480 万吨）。美国玉米基本在国内消费，随着出口量增加，国内消费比例由 2019 年的 88% 下降至 2021 年的 81%。并且，国内玉米消费中，45% 左右的玉米用于饲料，55% 左右的玉米用于生产工业燃料、食用和种子（其中有 78% 左右用于生产工业燃料，22% 左右用于食用和种子）。假设美国非转基因玉米均在美国国内消费，转基因玉米的国内消费量在 2.8 亿吨左右。

目光转向全球第二大转基因种植国——巴西。目前，巴西已批准超过 10 项种类的转基因植物或动物，包括大豆、玉米、棉花、甘蔗、小麦、三文鱼以及用于生物防治的蚊子和秋粘虫等，相关性状除了耐各类除草剂、抗虫、抗病外，还包括抑制产卵发育、加速生长等。在转基因作物的产业化方面，巴西转基因玉米和大豆的采用率分别为 95% 和 99%，种植面积分别为 1889 万公顷和 3940 万公顷；转基因棉花的采用率为 99%，种植面积为 138 万公顷；转基因甘蔗的采用率仅为 0.45%，种植面积为 3.6 万公顷。

目前，欧盟已批准 6 类转基因植物，包括转基因大豆、玉米、油菜、棉花、甜菜和康乃馨，相关特性包括耐各类除草剂和抗虫。欧盟也从未禁止转基因

作物种植和消费，欧盟每年进口大量转基因农产品，主要是大豆、玉米、棉花、油菜、甜菜及其加工品。2020 年欧盟大豆消费量为 1763 万吨，进口大豆 1508 万吨，其中转基因大豆 1420 万吨（按美国、巴西、阿根廷和加拿大计算），约占总进口量的 94%，占欧盟大豆总消费量的 81%；进口玉米 1586 万吨，其中转基因玉米 497 万吨（按美国、巴西、阿根廷和加拿大计算），约占进口总量的 31%，占欧盟玉米消费量的 6%。欧盟成员国根据自身需要选择是否种植转基因作物，值得一提的是，目前欧盟已种植了转基因玉米“MON810”约 7 万公顷，其中西班牙占 97%、葡萄牙占 3%，转基因玉米的种植面积占所有玉米的 0.77%。

如何确保转基因生物安全性？

从 20 世纪中期开始，人类开始步入珍贵的和平年代。饥荒和战争减少，医疗技术不断进步，使得全球人口总数不断增加。人丁繁衍固然是人类大家庭的幸福，但前提是地球这个家园供得起、养得起。

转基因技术的创立，是一场生物学的革命，开创了分子生物学的新时代。农业转基因技术本身是中性的，既可以造福于人类，也可能产生风险，关键在于如何使用。例如诺贝尔发明炸药的初衷是为了方便开山采矿，但是炸药也被广泛用于战争；爱因斯坦提出质能方程，既推动了核能技术的发展，也推动了原子弹等核武器的出现。我们并不讳谈技术的风险，而且正是基于对风险客观和清醒的认识，各国才普遍重视风险评估并遵循全球公认的评价指南，建立了全面系统的转基因安全评价方法和程序及相关法规制度，来确保转基因生物安全。

国际上农业转基因生物安全管理没有统一的模式，有的制定了独立的专门法律（欧盟、澳大利亚等），有的将其纳入现有法规的框架（美国），在管理的具体细节上各国间也存在一定的差异。美国、加拿大、澳大利亚、日本等发达国家和欧盟的生物技术研究转基因生物安全管理起步早，已经形成了一套较为完善的管理体系，规范了农业转基因生物研究、开发、生产、应用和进出口活动，促进了转基因技术的发展。

归纳起来，国际农业转基因生物安全管理大体可以分为 3 种类型。其一，以产品为基础的美国模式。对转基因生物的管理依据产品的用途和特性来进行，在原有法规的基础上增加基因工程的内容，由分管部门负责制定相应的管理规章，认为转基因生物与非转基因生物在安全性方面没有本质的区别，一般只要求转基因产品达到与传统产品一样的安全标准，但是，对一些安全性还缺乏充分认识的转基因生物及其产品（如质量性状、多基因和复合性状的转基因作物，医药和工业用转基因植物）就有十分严格的安全管理规定。其二，以过程为基础的欧盟模式。对转基因生物的管理基于研制过程来进行，着眼于研制过程中是否采用了转基因技术，认为转基因技术本身具有潜在的风险，所以，采取单独立法的形式建立转基因生物安全法规体系、执法体系和技术体系。其三，中间模式。其中，加拿大比较接近美国模式，澳大利亚接近欧盟模式，但都有自己的特点，它们甚至声称是世界上最好的管理体制。其突出的特点是：在加拿大，农业转基因生物由农业部牵头统一管理，而在澳大利亚，国家颁布基本法，基因产品由新建立的基因技术行政长官及其办公室全权负责管理。

20 世纪 80 年代以来，人类食用与转基因有关的食品的历史已达 40 余年。长期的试验和实践结果证明，经过严格的安全性评价审批程序进入市场的转基因食品与传统食品具有实质等同性，不会对人类健康造成额外的风险。同时，为保护消费者的知情权和选择权，到目前为止，已有 40 多个国家和地区制定了相关的法律和法规，对转基因生物及其产品（包括食品和饲料）进行标识管理。

目前，全球对转基因产品进行标识管理的国家和地区有澳大利亚、新西兰、巴西、中国（包括中国香港和中国台湾）、加拿大、日本、俄罗斯、韩国、瑞士、美国、捷克、以色列、沙特阿拉伯、马来西亚、泰国、阿根廷、南非、印度尼西亚和墨西哥等。标识制度主要分为自愿标识和强制性标识两种主要类型。采用自愿标识的国家和地区主要有加拿大、阿根廷以及中国香港，其他国家和地区大多是强制性标识。

在实施强制性标识政策的国家和地区，大都设定了标识阈值，即允许在食品（饲料）中存在少量的、无法通过技术手段加以消除的意外混杂的转基因成分，不需要进行标识，但前提是这种转基因成分在本国或本地区通过安全评价并获准上市。例如，在美国，2016 年美国国会制定了《国家生物工程食品信息披露标准》法案，主要内容如下：一是明确强制标识不影响转基因食品与传统非转基因食品同等安全性的结论；二是明确仅对最终产品中含有转基因成分的需要标识；三是允许生产商采用文字、图标或者电子扫描码对转基因信息进行披露。2018 年 12 月，美国农业部发布了《国家生物工程食品信息披露标准》的指导细则，2020 年 1 月 1 日正式实施，2022 年 1 月 1 日强制性执行，其中规定转基因食品的标识阈值为 5%，标识清单包括苜蓿、苹果、油菜、玉米、棉花、茄子、木瓜、菠萝、土豆、鲑鱼、大豆、南瓜和甜菜。只要终端产品检测不到转基因成分，这些食品就被排除在标识范围之外，如以转基因大豆为原料生产的食用油，或使用转基因饲料饲养的动物不得使用转基因标识。餐馆或类似零售食品店提供的食物，以及年收入低于 250 万美元的食品制造商生产的产品也可不必标识。

此外，一些国家的标识政策中还有对某些特殊产品实施标识豁免的规定。如澳大利亚、新西兰的标识政策规定，如不含新的 DNA 或蛋白质的食品成分（油、糖、淀粉等）、食品添加剂或加工辅助物质（终产品中不含外源 DNA 或蛋白质）、调味品（终产品中转基因成分含量不超过 0.1%）以及在加工点销售（如餐馆等）的食品可不进行标识。