



# 生物育种:大势所趋

21 世纪被称为生物技术的世纪,各国纷纷从国家战略层面加大对生物技术创新的部署,推动现代农业发展。对我国而言,我们完全有能力领先世界,以产业化应用为主线,加快成熟品种推广应用,保障国家粮食安全和生态安全。

□孙旭

中国自古以农立国,代表国家的“社稷”一词原是土地和粮食之神的总称,土神为社,谷神为稷。春秋时期,齐桓公采用管子的计谋,故意抬高丝织品的价格,引诱鲁、梁两国放弃粮食生产,举国种桑,结果在短短三年内,鲁、梁两国就因为粮食短缺而造成内乱,最后被迫归顺齐国。越王勾践把种子煮熟贡给吴国,趁其粮食绝收一举灭吴。以史为鉴,粮稳则天下安,国民温饱得不到保障,政权就会出现动荡。真正强大的、没有软肋的国家,都有能力解决自己的吃饭问题。

美国是世界第一粮食出口国、农业最强国,俄罗斯、加拿大和欧盟的部分国家也是粮食强国。这些国家之所以强,是同粮食生产能力强联系在一起的。2022 年 7 月,斯里兰卡宣告“国家已经破产”,真正动摇其根基的是其在粮食产业政策上的重大失误导致的系统性崩溃。同年,乌克兰危机爆发,全球 30 多个国家限制粮食出口,部分国家因此社会动荡甚至政权更迭,如拉美岛国海地共和国就因严重缺粮,贫困民众靠吃泥土饼干充饥而频繁爆发内乱。

如何解决粮食这个人类生存最基本的问题?世界各国不约而同地把目光投向生物育种!全球咨询机构 Ag-bioInvestor 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%;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的国家 and 地区已经有 71 个;全球批准商业化种植的转基因作物已经有 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。

## 人多地少的基本国情没有改变

第三次全国土地调查(以下简称“三调”)数据显示,我国耕地面积为 19.18 亿亩,比第二次全国土地调查减少了 1.13 亿亩。我国人均耕地面积也在递减,“一调”为 1.59 亩/人,“二调”为 1.52 亩/人,“三调”为 1.36 亩/人,不到世界平均水平的 40%,人地矛盾进一步加剧。

“从 2009 年到 2019 年,全国总人口从 13.35 亿人增加到 14.10 亿人,增加了 0.75 亿人,增长率为 5.7%。”中国社会科学院农村发展研究所所长魏后凯表示,工业化和城镇化建设导致了耕地面积减少,从“二调”到“三调”,全国城镇村及工矿用地由 4.31 亿亩增加到 5.3 亿亩,增加了 9850 万亩,增长了 22.9%,交通运输用地增加了 20.3%,这其中就包括占用部分耕地。

人多地少的基本国情决定了我国

粮食安全必须以我为主。我国 14 亿人口,每天要消耗 70 万吨口粮、9.8 万吨油、192 万吨菜和 23 万吨肉,这相当于很多小国家一年的总产量,如果用火车运输,需要 4.9 万多节车皮,连起来长度超过 700 公里。从供求现状来看,我国每年粮食总消费量在 8.3 亿吨左右,2023 年全国粮食产量 13908.2 亿斤,还要进口 1.6 亿吨,已经是世界第一大粮食进口国,2023—2024 年世界粮食贸易量预计为 4.68 亿吨,即使全买来,也满足不了我们国家半年的消费,因此想靠进口的方式来解决我国粮食安全问题是现实的。

我国粮食安全面临的另一个重大挑战是资源环境约束越来越紧张。我国耕地中,中低产田大约占 2/3,一些地区和流域水环境质量差,有些地方,由于长期不合理利用土地,包括化肥、农药的不合理施用,还有农业污染等导致土地退化问题较为突出。这使得土壤问题、质量问题、环境问题日益突出。再加之资源分布、配置不均衡,水、土等农业生产的自然资源配置有先天不足,有些地方有水无土,或者没有好土;有些地方有土无水,干旱缺水。据统计,我国约 60% 的耕地缺乏灌溉条件,7 亿多亩农田常年受旱灾威胁,5 亿亩盐碱地有待改良。农业农村经济持续发展的刚性制约因素越来越突出,单纯依靠扩大生产规模很难满足不断增长的产品需求。

确保食物基本自给,口粮绝对安全,中国人的饭碗里主要装中国粮,必须突破耕地、水、热等资源约束,根本出路在于提高农业科技水平,而以转基因技术为代表的生物技术,正在孕育新一轮的农业科技革命,已成为各国抢占的制高点和全球赛道的必争之地。

## 我国饲料需求是口粮的 2.5 倍 为“人畜争粮”埋下伏笔

过去的一年,中国人每天要消耗掉至少 200 万吨粮食。这些粮食如果用中型货车运输,一辆辆车尾相接,大概要排成一条长达千余公里的车龙,这相当于从上海到北京的距离。

中国用 7% 的耕地养活了 22% 的人口,但实际上,需要用耕地养活的,不只有人,还有数以千万计的禽畜。自上世纪 80 年代以来,国人对肉蛋奶的需求量快速提升。数据显示,2023 年我国肉类产量达到 9641 万吨,与 1980 年相比增长 6 倍以上;禽蛋和牛奶产量分别为 3563 万吨和 4197 万吨,与 40 年前相比分别翻了 3 倍和 32 倍。生产这么多的动物蛋白,就需要有相应数量的饲料。产出 1 斤鸡肉大约需要 3 斤粮食、1 斤猪肉需要 6 斤粮食、1 斤牛肉需要 25 斤粮食,简而言之,肉蛋奶都要用粮食去换。2022 年 9 月,农业农村部召开豆粕减量替代行动工作推进视频会,提出粮食安全的最突出矛盾在饲料粮。

中国农业科学院农业经济与发展

研究所副研究员韩昕儒表示,近 10 年来,全球饲料粮需求量保持快速增长态势。经合组织和联合国粮农组织最新数据显示,全球谷物的饲用需求量从 2012 年的 8.3 亿吨增至 2021 年的 10.3 亿吨,增幅达到 24%,比食用需求的增幅高 11.5 个百分点。蛋白粕类的需求量从 2.7 亿吨增至 3.6 亿吨,增幅达到 33.3%。与此同时,全球人口总量增加了 7.5 亿人,人均肉蛋奶需求量分别增长了 2.1%、9.0% 和 5.8%。随着世界人口增长和膳食结构转型升级,畜产品需求快速增长,带动了饲料粮需求快速增长。

我国是世界猪肉消费第一大国。根据 USDA(美国农业部)数据显示,2019 年全球猪肉消费量达到 1.009 亿吨,我国占全球猪肉消费量的比例高达 44.5%,即全球有近一半的猪肉是被中国人消费的。通常来说,一头长到 250 斤左右出栏的肥猪,一生至少需要 650 斤饲料喂养。若按一斤饲料用到 0.6 斤玉米和 0.2 斤豆粕计算,一头猪一生就要消耗掉 390 斤玉米和 130 斤豆粕。2022 年我国玉米产量为 2.57 亿吨,也就是说有一半的玉米被用来喂猪;同年大豆产量仅为 1600 万吨左右,即使全部加工为豆粕去喂猪,依然存在超过 3000 万吨的豆粕缺口。有研究估算,如果不进口大豆,全靠自己种,按照我国现有的生产条件和技术水平,要弥补这么大的缺口,需要有 7 亿亩的耕地,必然与其他作物产生矛盾,导致其他农产品供给短缺。

中国是世界第一大饲料生产国,饲料粮的增长对我国粮食供需平衡的影响越来越大,以 2010 年为例,2.46 亿吨粮食缺口几乎全部来自饲料粮。根据海关总署公布的数据,我国 2022 年粮食进口量为 1.4687 亿吨,其中大豆和玉米居前两位,分别达到 9108 万吨和 2062 万吨,合计占比高达 76%。

当前,我国完全有能力保障水稻、小麦的口粮供应,但饲料用粮安全仍需高度重视。为化解“人畜争粮”矛盾,降低居民的消费负担,2021 年国家启动转基因玉米大豆产业化试点工作,2023 年试点范围扩展到河北、内蒙古、吉林、四川、云南 5 个省(区)20 个县。从试点情况看,与常规品种比较,转基因品种在增产节本增效上,总体都有良好的表现。

## 虫害严重制约农业发展 “虫口夺粮”不容有失

从古至今,虫灾一直是农业生产的最主要灾害,其造成的损失与饥荒、涝害和旱灾等天灾相当。我国是植物病虫害重发国家,草地贪夜蛾、粘虫、水稻“两迁”害虫、小麦条锈病、赤霉病、柑橘黄龙病等迁飞性、暴发性、流行性病虫害呈加重趋势,严重威胁粮食及重要农产品生产安全。

记者从中国农业科学院经济作物病虫害监测与控制创新团队获悉,近 10 年,植物病虫害造成的粮食损失在

2200 亿斤以上,损失约占领食总产量的 15.0%—22.6%,每年经病虫害综合防治挽回的粮食损失约占总产量的 15% 左右,但年均实际损失仍在 350 亿斤以上,占粮食总产量的 2%—3%。近 10 年,小麦年均实际损失 55 亿斤、水稻年均实际损失 72 亿斤、玉米年均实际损失 101 亿斤。此外,植物重大病虫害发生还造成棉花产量损失 10 亿斤、油料产量损失 18 亿斤、其他作物损失达 220 亿斤。

随着生物技术的不断发展,面对曾经困扰历代农业发展的蝗灾,人们如今可以利用基因工程改造过的白僵菌、绿僵菌等昆虫寄生性病原菌作为生物农药,通过无人机大规模喷洒,快速、有效地进行防控。不过我们还不能放松警惕,尽管目前蝗灾已经被基本控制,不再构成巨大威胁,但其他害虫,尤其是鳞翅目害虫造成的农作物减产问题依然严重。

玉米和棉花,分别作为我国主要粮食作物和重要经济作物,用途广泛,种植面积大,是农民重要的经济来源。在玉米和棉花生长过程中出现的主要害虫分别是鳞翅目的玉米螟和棉铃虫,严重时会造成玉米减产三分之一以上,棉花减产甚至绝产。鳞翅目害虫摄食范围甚广,对水稻、豆类蔬菜等也存在危害。幸运的是,一种名为苏云金芽孢杆菌(Bacillus thuringiensis, Bt)的发现为培育抗虫作物品种提供了新的思路,科学家将抗虫基因转入棉花、玉米等作物中,获得了具有抗虫性状的农作物新品种。

1990 年,美国批准了第一例转基因抗虫棉田间试验;1995 年,美国批准转基因抗虫棉花的商业化种植;1996 年,美国和加拿大开始商业化种植转基因抗虫玉米。我国对抗虫基因的研究始于 20 世纪 90 年代,首先由中国农业科学院合成了国内第一个编码 Bt-cry1Ab/Ac 蛋白的融合基因,利用此基因,1994 年,我国培育出转基因抗虫棉,1997 年,转基因抗虫棉开始商业化应用,我国成为世界上第二个完成抗虫棉品种自主研发的国家。当前,我国有 13 个抗虫、耐除草剂玉米获得生产应用安全证书。

从试点情况看,转基因玉米对草地贪夜蛾等鳞翅目害虫的防效均在 90% 以上,优于常规玉米喷施 2 次杀虫剂的效果。种植转基因玉米一般不施用杀虫剂,与常规玉米田相比,增加了生物多样性。

## 清除田间“钉子户”

转基因防治农田杂草带来新方式

“锄禾日当午,汗滴禾下土。谁知盘中餐,粒粒皆辛苦。”每次读到唐代诗人李绅的《悯农》,人们脑海里总会浮现出农民在太阳下弯腰劳作的身影,“锄禾”指的就是去除杂草,有作物生长的地方就有杂草滋生,杂草与作物竞争阳光、水分、养分和生长空间,更有甚者还会带来病害,危害作物生长。虽然杂草是“黑户”,但生命力非常顽强,而且懂

得“协同作战”,它们利用萌发期不同的优势,升级成为难啃的田间“钉子户”,农民锄了旧草,地里还会长出新草。据全国农业技术推广服务中心数据显示,截止到 2023 年,我国农田杂草常年发生面积 14 亿亩次以上,形成草害的面积 7.65 亿亩次,造成农作物平均减产 9.7%。

谁能怜民苦,锄禾免当午?

随着科技的高速发展,合成的草甘膦除草剂成为破解杂草难题的武器。但是杂草和农作物都是植物,很难做到选择性杀灭杂草而不伤害农作物,于是,除草剂和抗除草剂作物“携手合作”的杂草控制操作模式逐渐产生。

“杂草危害是影响大豆生产的重要限制因素,制约大豆产量的提升。常规大豆生产通常需要 2 种及以上除草剂混用,施用 2—3 次仍不能完全控制杂草。大豆田的阔叶杂草是生产难题,农户常超量使用除草剂,而大豆因药害问题通常需要 7—10 天缓苗恢复,影响大豆产量。草甘膦是一种灭生性除草剂,对杂草防治谱非常宽泛,2 周左右即能快速降解,土壤残留量低,不会对下茬作物产生影响,有利于轮作和用地养地。”中国农业科学院农田杂草监测与防控科技创新团队研究员李香菊告诉记者,到目前为止,耐草甘膦性状仍然是转基因作物的主要性状,全球 14 种耐除草剂作物(植物)中有 9 种作物具有耐草甘膦性状。2019 年,由北京大北农科技集团股份有限公司研发培育的抗草甘膦和草铵膦两种除草剂的转基因大豆正式获得阿根廷政府的种植许可。

据 ISAAA(国际农业生物技术应用服务组织)和美国农业科学与技术理事会核算,常规大豆除草通常使用 3—5 次除草剂,耐草甘膦大豆使用 1—2 次草甘膦即可有效控制杂草危害,除草成本比常规大豆减少 56%。从 1996 年到 2019 年,全球种植耐除草剂大豆、抗虫耐除草剂玉米和抗虫耐除草剂棉花分别增收 643 亿美元、170 亿美元和 22.5 亿美元。美国、巴西、阿根廷和加拿大仅种植孟山都 MON89788 大豆的衍生品种就分别增收 173.79 亿美元、84.87 亿美元、8.40 亿美元和 9.05 亿美元。

从试点情况看,转基因大豆、转基因玉米耐除草剂性状表现稳定,喷施草甘膦除草剂的除草效果均在 95% 以上,明显优于常规除草剂的除草效果。试点转基因玉米生态效益好,寄生蜂等天敌、土壤中蚯蚓等有益动物数量显著增多,丰富了生物多样性。

## 通过评价的转基因生物是安全的

对转基因产品进行安全评价是国际通行做法,国际上建立了科学严谨的评估程序和评估标准,就是为了确保通过安全评价,获批上市的转基因产品和普通产品一样安全。科学界长期跟踪和应用实践表明,通过安全评价的转基因产品是安全的。

从原理上来看,转基因育种是将一个生物体中克隆结构明确、功能清楚的基

因转移到另一个生物体的技术。以玉米为例,一株通过常规育种方式培育出来的玉米,生长过程中会受到虫子的危害。为了解决这个问题,育种家首先从苏云金芽孢杆菌里面克隆出可以抗虫的 Bt 基因,然后直接把这个抗虫的 Bt 基因插入到玉米的基因组里,这样获得的转基因玉米就具备抗虫的性状。同时,也需要从转化体中筛选性状优良的株系,并借助常规育种方法,经过回交转育获得稳定遗传的品种。

转基因生物安全性的关键在于转入的基因。基因存在于生物体的各个组织细胞中含有的染色体上。比如玉米植株的根、茎、叶等,在专业角度被叫作一个“组织”。这些“组织”都是由庞大数量的细胞组成,植物细胞由细胞壁、细胞膜、细胞质和细胞核组成,而染色体就位于细胞核中。不同动、植物细胞里包含的染色体数量是不一样的,比如,玉米是 10 对染色体,水稻有 12 对,人类有 23 对。染色体由 DNA(脱氧核糖核酸)和蛋白质组成,一段 DNA 序列就是一个“基因”。

其实,任何一个优良性状培育改良的背后,都是基因的改变和重新组合。可以说,农作物进化史也是基因的改造史。比如玉米,就是古代农民在培育过程中不断选择较大的、或味道较好的、或更容易磨碎的种子来播种,经过一代代的人工选择,玉米棒变得更大,颗粒更多,逐渐成为现代玉米的模样。

转基因育种和传统育种的相同点都是基因的交换与重组。不同的是,传统育种是以染色体为单位的“基因组”交换,而转基因育种是单一“基因”的导入。因此,从基因交换与重组的本质特征来看,转基因育种与传统育种一脉相承,但从育种技术的先进性来看,转基因育种又是传统育种的延伸、发展和新的突破。

从科学角度看,转基因产品的安全性主要体现在吃了对人有没有不良影响以及大面积种植对生态环境有没有不良影响两方面。转基因产品上市前需要经过毒性、致敏性等食品安全评价,以及基因漂移、生存竞争能力、生物多样性等环境生态影响的安全性评价,确保通过安全评价、获得政府批准的转基因生物具有人们希望得到的性状,例如抗虫、抗旱等,但同时并不会增加过敏原和毒素等额外风险。

我国对转基因农产品的安全评价按 5 个阶段进行,在任何一个阶段发现任何一个对健康和环境不安全的问题,都将立即中止培育。以获得我国批准生产应用安全证书的转基因大豆“中黄 6106”为例,其食用安全和环境安全进行了系统全面的评价,评价过程长达 11 年。

世界卫生组织、欧盟委员会、国际科学理事会等众多国际权威机构进行长期跟踪评估的结果表明,上市流通的转基因产品与非转基因产品同等安全。截至目前,已有超过 160 位诺贝尔奖获得者联合签署公开信,呼吁尊重关于转基因产品安全性的科学判断和监管机构的评估结论。



■本报记者 封斌 摄