

【“全方位夯实粮食安全根基”研究专题】

# 我国“藏粮于技”战略的实现路径与对策研究\*

穆月英 张 龙

**摘要:**近年来,我国粮食生产发展成就巨大,但在资源环境等约束下,“有形要素”投入空间不断压缩,粮食生产必须从要素投入依赖向技术创新驱动转变,技术进步则是实现这一转变的核心动力。在粮食安全战略目标的指引下,我国粮食生产技术进步历经稳产保供、提质增效和绿色发展三个阶段,在此过程中粮食产出水平大幅提升,生产结构不断优化,可持续发展能力不断增强,证实了“藏粮于技”战略的必要性和正确性。但是,我国粮食生产技术创新体系仍不健全,技术进步驱动单一,要素活力有待全面激发。为此,全方位夯实粮食安全根基,必须做好顶层设计,准确把握技术进步方向,激发要素活力,聚焦技术进步的关键性问题,瞄准重点领域,找准技术进步的关键环节,全面贯彻“藏粮于技”战略。

**关键词:**藏粮于技,粮食安全,生产要素,技术进步,创新驱动

**中图分类号:**F326.11

**文献标识码:**A

**文章编号:**1003-0751(2022)12-0040-09

五谷者,万民之命,国之重宝。粮食安全是社会稳定和国家发展的重要保障。近年来,我国粮食生产取得了震古烁今的成就,实现了“十八连丰”,总产量连续7年保持在1.3万亿斤以上。然而,我国粮食生产要素价格持续走高,生产成本攀升,国际竞争力不足,形成了粮食“三量齐增”的局面,同时生态和资源环境破坏问题突出。就当前形势而言,保障国家粮食安全仍任重道远<sup>[1]</sup>。党的二十大报告提出要“全方位夯实粮食安全根基”,“全方位”就是在新时代统筹发展和安全背景下,应对粮食生产和发展面临的各种风险和挑战的更高要求,是全面系统把握住我国粮食安全主动权的战略部署和政策导向。强化产能基础是夯实粮食安全根基的重要内容,而产能强化依赖于“藏粮于技”战略的实施。“藏粮于技”的战略意义已得到大量的理论和实践证明,科技是粮食增产的重要支撑,技术进步能突破资源要素约束,激发要素潜能,优化要素配置,提高全要素生产率,这对推动粮食生产稳定、可持续发展

具有重要意义<sup>[2-6]</sup>。经过持续投入和多年努力,我国粮食生产科技支撑体系日趋完善,农业科技进步贡献率已超过60%<sup>[7]</sup>,但在部分高新技术、高端装备的研发与创新方面仍存在瓶颈,科技进步贡献率的提升难度不断加大,深入实施“藏粮于技”战略面临巨大阻碍。因此,分析我国粮食生产面临的挑战,厘清技术进步对粮食生产的作用机制和贡献,并进一步提出“藏粮于技”战略的实现路径,对我国新时代粮食安全保障具有重要意义。

## 一、我国粮食生产面临的挑战

当前,我国粮食生产成效显著,但国内粮食供求结构、国际贸易形势、资源和生态环境均发生了巨大变化。要持续维持粮食生产稳定,保障国家粮食安全还存在诸多挑战。

### (一)耕地资源趋紧,耕地质量下降

耕地资源在粮食生产中具有基础性地位。近年

收稿日期:2022-11-05

\* 基金项目:国家社会科学基金项目“我国粮食生产的水资源时空匹配及优化路径研究”(18ZDA074)。

作者简介:穆月英,女,中国农业大学经济管理学院教授、博士生导师(北京 100083)。

张龙,男,中国农业大学经济管理学院博士生(北京 100083)。

来我国耕地资源数量和质量均产生了不同程度的下降。第一,耕地资源减少,耕地后备资源开发难度大。根据第三次全国国土调查结果,2019年我国耕地面积为19.18亿亩,比2009年下降了5.56%<sup>[8]</sup>。全国耕地后备资源中,可开垦土地面积仅为8029.15万亩,其中64.7%的零散耕地开垦成本巨大,还包括大量盐碱地、内陆滩涂等,开发条件恶劣。第二,“非粮化”耕地进一步挤占了粮食生产耕地面积。从农业生产结构看,1990—2020年,粮食作物播种面积占农作物播种面积的比重从76.5%降至69.7%,蔬菜播种面积占比则从4.3%升至12.8%。2020年我国耕地“非粮化”面积已超8亿亩,占全国耕地面积的30%以上,在新疆、浙江、海南、广西等省(区)甚至超过50%<sup>[9]</sup>。第三,耕地质量不断下降。一方面,在以化学品投入为主的粮食增产机制驱动下,化肥、农药等残留对耕地资源造成污染和破坏;另一方面,过度开垦或耕作技术不当,使土壤板结、沙化、盐碱化等生态问题频发,农田虽足,但已非“良田”。根据《2019年全国耕地质量等级情况公报》,我国耕地质量可分为1—10等,耕地质量依次递减,其中质量等级在4—6等的耕地面积占比46.81%,质量等级在7—10等的耕地面积占比在20%以上<sup>[10]</sup>。

## (二) 水资源短缺,区域和产业部门分配不均

水资源短缺是制约粮食生产的关键因素。虽然

我国水资源总量相对丰富,但人均占有量低<sup>[11]</sup>。第一,从水资源总量来看,2020年为31605.2亿立方米,比2000年增长了13.89%,但粮食播种面积也从2000年的10.85亿公顷增加到2020年的11.68亿公顷,粮食生产用水需求巨大<sup>①</sup>。根据《2021年中国水资源公报》,2020年我国农田灌溉用水的有效利用系数仅为0.565<sup>[12]</sup>,而部分国家和地区的这一指标高达0.8。按当前增速估计,至少需要30年才能与这些国家和地区持平。第二,从水资源的空间分布来看,我国西南地区、南部沿海地区和长江流域水资源相对充裕,而我国粮食生产主要集中在东北地区和黄河流域,水资源的空间分布与粮食的生产布局不相匹配(见图1)<sup>②</sup>。部分地区为了保证粮食生产,过度开发利用水资源(包括地表水的过度开发和地下水的超采),严重影响了粮食主产区自然资源结构平衡,加速了生态环境恶化。例如,华北地区每年超采地下水约100亿吨,形成了全球最大的漏斗区,部分区域甚至出现地面下沉现象,对当地粮食生产条件产生严重破坏,造成水资源和耕地资源“双减”局面。第三,从水资源的产业部门分布来看,在工业化和城镇化发展过程中,工业用水、生活用水大量挤占了农业用水,农业部门中蔬菜、畜牧等高收益率产业的扩张使粮食水资源约束进一步收紧,对我国粮食生产带来了巨大挑战。

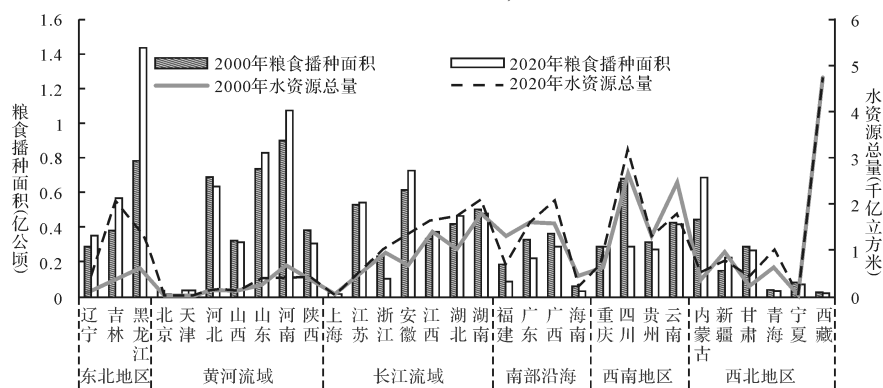


图1 我国各地区粮食播种面积与水资源总量及其变化趋势

数据来源:根据《2021年中国统计年鉴》《2000年中国水资源公报》和《2020年中国水资源公报》相关数据整理计算所得。

## (三) 劳动力供给不足,“谁来种地”问题突出

我国农业生产属于典型的劳动密集型产业。改革开放以来,我国劳动力结构发生了巨大变化,农业劳动力短缺、老龄化严重等问题逐步凸显,严重制约粮食生产和发展。第一,从劳动力供给数量看,农业劳动力非农化就业迅速增长。截至2016年,我国农业劳动力数量为3.14亿人,比2006年第二次农业普

查时减少近3000万人<sup>[13]</sup>。目前非农部门对农业劳动力的“虹吸效应”仍在持续,农村劳动力中非农就业占比不断提高,从2006年的34.3%迅速升至2015年的74.9%。第二,从劳动力老龄化角度看,我国农村老龄化程度显著高于城镇。第七次全国人口普查数据显示,2020年我国60岁及以上老年人口占比为18.7%,比2010年提高了5.4个百分点,而农

村这一占比为 23.8%，比城镇高出近 8 个百分点<sup>[14]</sup>。而且，根据第三次全国农业普查数据，2016 年全国农业生产经营人员中有 33.6% 的人口为 55 岁及以上，而 2006 年这一比重仅为 32.5%<sup>[15]</sup>。

#### (四) 生态环境和质量安全要求提升，要素投入品受限

随着供给侧结构性改革推进和居民消费结构升级，生态环境保护 and 产品质量安全备受重视，在一定程度上限制了粮食生产要素的投入，迫使要素投入质量升级和结构转型。第一，从生态环境方面看，长期以来以粮食增产为目标的发展方式对我国农业生态环境带来巨大威胁，农业面源污染、土地退化等生态问题日益凸显，迫切要求粮食生产者减少诸如农药、化肥等增产要素的投入，或者寻求符合绿色发展理念的新型要素进行替代。这对粮食生产者生产方式的转型升级提出了新的要求，但从目前来看，他们往往难以兼顾产量提升和绿色发展的双重目标。第二，从质量安全方面看，粮食生产的质量安全水平已被纳入粮食安全保障内容，为此我国不断加强粮食标准质量工作，提高粮食质量安全水平。目前，我国粮食领域标准已近 700 项，国际标准 30 余项，大量的企业标准、社会团体标准也陆续出台，粮食质量安全检测体系不断完善。这同样要求粮食生产者转变农药、化肥等要素投入的方式和种类。第三，从居民消费需求方面看，随着生活水平的提升，居民对农产品的需求已不再局限于基本生活需要，而是将绿色理念、健康标准等因素考虑其中。就粮食产品而言，品种、口感、安全、营养等多方面要求不断提高，对传统的低品质粮食产品需求逐步减少，倒逼生产者提高粮食产品品质和质量，进一步对粮食生产投入要素的质量升级和结构转型提出了新的挑战。

综上所述，作为粮食生产基础要素的耕地资源、水资源和人力资源等“有形”要素的投入空间被不断压缩，在资源、环境约束及农产品需求结构转变和升级的背景下，相对充裕的化肥、农药等增产要素的投入也受到限制。在这种环境下，我国粮食生产已不能再依赖于这些“有形”要素的投入，而应强化“隐形”要素的重要作用，这就要求我国粮食生产必须从资源要素投入依赖型向技术创新驱动型转变。因此，在新时代技术进步将成为粮食生产发展的核心动力、实现粮食安全的重要保障以及“藏粮于技”战略实施的有效路径。

## 二、我国粮食生产技术的演变及其贡献

如上所述，粮食生产中发挥技术进步的推动作用已被提到议事日程，归纳我国粮食生产技术的演变特征及其贡献可以对“藏粮于技”战略的实施提供思路。

### (一) 粮食生产技术的演变和特点

我国粮食生产技术的演变始终围绕不同时期的粮食安全战略目标。新中国成立以来，国家粮食安全战略结构不断调整，粮食安全战略的保障目标也逐步从注重“数量”向兼顾“数量、质量、效益”转变，这一目标的转变指引着我国粮食生产技术的方向和路径。另外，根据诱致性技术变迁理论，技术进步方向往往是以节约更为稀缺要素为导向的，要素的稀缺程度在不同的经济社会发展环境下存在显著差异。基于此，我国粮食生产技术进步基本形成了以适应当前经济社会发展条件为基础、以保障粮食安全为根本目标的发展脉络。

#### 1. 稳产保供阶段

新中国成立初期，我国农业生产水平落后，物资匮乏，人民生活积贫积弱，1953 年制定的第一个“五年计划”提出了我国粮食安全战略框架下的首个目标，即“保证粮食等农作物在每年都有必要的增加”。在这一阶段，粮食生产要素投入仅为最基本的土地、劳动力和种子，除简单的农具、畜力和农家肥外，技术投入基本为零，技术进步处于停滞状态。在粮食单产处于较低水平时，仅依靠增加劳动力和土地投入难以取得显著成效，新要素的投入成为实现粮食增产的重要动力。虽然在这一阶段，土地资源相对充足，但较低的单产水平变相提高了土地的稀缺性。恰逢此时我国工业化快速发展，化肥这一具有土地替代功能的工业产品开始投入农业生产，凭借其立竿见影的功效，这一新要素被迅速普及。1949 年化肥总施用量为 1.3 万吨，到 1978 年化肥施用量增长了 680 倍<sup>③</sup>，为我国粮食生产提供了坚实的物质技术支撑，粮食单产水平得到了极大提升。

#### 2. 提质增效阶段

改革开放以来，我国政府在保证粮食产量稳定的同时开始兼顾粮食生产效益。1982 年《全国农村工作会议纪要》提出，要增加农业技术投入，改善生

产条件,提高农业生产的经济效益。1993年《九十年代中国农业发展纲要》中追加了对农产品质量的要求,提出了“增加粮食产量,提升粮食品质,适应人民小康生活需要”的目标。2005年废除农业税,2008年《中共中央关于推进农村改革发展若干重大问题的决定》进一步强调了高产、优质、高效、生态、安全的农业生产要求,扩展了粮食安全目标的内容。在这一阶段,粮食增产的目标得以实现,但是随着工业化快速发展,粮食生产中的土地、劳动力等要素开始向工业部门流动,粮食生产要素价格开始上涨,粮食生产效益低下。因此技术进步方向呈现为在化肥投入持续增加的同时,以机械化为代表的劳动力替代性技术迅速投入粮食生产。数据显示,我国农业机械总动力从1978年的1.17亿千瓦增至2020年的10.56亿千瓦,年均增长19.11%,化肥施用量也持续增至2015年的6022.6万吨,并达到峰值<sup>④</sup>。随着化肥和机械投入的增加,化肥的边际产出不断降低,机械对劳动的替代性也达到瓶颈,以农业社会化服务为代表的新型生产模式开始出现,从改革开放初期的公益性组织逐步发展为经营性和公益性并存的局面。加入WTO后经营性组织进一步发展壮大,在一定程度上缓解了粮食生产要素短缺问题,为粮食规模化生产经营提供了条件,在保障粮食产量目标的同时,质量和效益也得到提升。

### 3. 绿色发展阶段

新时代以来,我国粮食安全保障水平稳定提升,人民物质生活极大改善,随之而来的是消费需求结构的转换和升级,对粮食产品的品质和质量安全提

出了新的要求。同时,化学品投入要素的粗放、低效利用和生产方式不当等因素造成了土壤质量下降、生态环境恶化等问题,农业绿色发展成为新时代主题。2015年党的十八届五中全会首次提出绿色发展理念,同年农业部出台《到2020年化肥零增长行动方案》,开展农药减量增效行动。2018年《国家乡村振兴战略规划(2018—2022年)》明确提出,要实现化肥农药零增长以及化肥减量。2019年中央一号文件再次强调要推动化肥减量化,促进农业绿色发展。在这一阶段,耕地资源、水资源等基本要素短缺成为制约粮食生产的主要矛盾,而在短期内这些要素的替代技术研发难以取得突破。因此,粮食生产技术进步开始围绕地力改良、水资源集约利用和生态环境保护等目标开展,大量的生物技术、科学施肥、施药技术、农业废弃物资源利用技术和节水灌溉技术等开始受到重点关注和推广。另外,基因改良技术、现代化信息技术等也逐步应用于粮食生产,在现有资源要素条件下,突破作物生产能力的极限。

总体来看,我国粮食生产技术进步演变主要有以下特点:第一,在资源稀缺性视角下,无论是要素替代还是要素增进,土地产出率的提升都是我国粮食生产技术进步的主导方向;第二,从要素投入结构和组合变化来看,我国粮食生产技术进步以单一要素驱动为主;第三,经营体制和生产模式的变革贯穿于各个发展阶段,为粮食生产发展注入持续性活力;第四,渐进式创新是我国粮食生产技术进步的主要方式,源源不断的技术创新和要素配置优化是支持粮食生产技术进步的核心动力(见图2)。

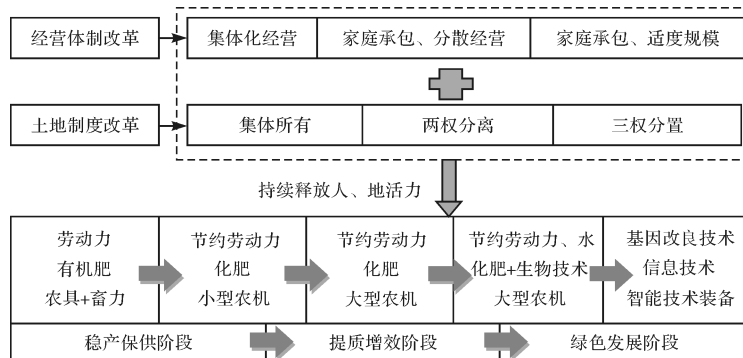


图2 我国粮食生产技术进步的演变

#### (二) 技术进步对我国粮食生产的贡献

粮食生产技术进步通过技术革新、技术扩散、技术转化与应用等环节,将新技术和新知识转化为粮食生产全要素生产效率,最终表现为在资源、要素约

束下粮食生产潜力的发挥,达到投入产出比提高或单位生产成本降低的效果,实现粮食产出增加、经济效益提高和生产环境改善的目标。农业农村部公布数据显示,2020年我国农业科技进步贡献率已超过

60%,为我国粮食安全保障提供了关键支撑。

### 1.粮食总产量跨越式提升,单产水平大幅提高

新中国成立以来,我国粮食生产能力迅速提升,实现了从供给短缺向供需总量基本平衡的重大转变。我国粮食总产量在 1949 年仅为 1132 亿公斤,到改革开放初期已超过 3000 亿公斤,到 2020 年达到 6659 亿公斤,是 1949 年的 5.9 倍,是 1978 年的 2.2 倍<sup>⑤</sup>。在人口数量不断增加,粮食播种面积减少近 7000 万亩的情况下,人均粮食占有率达到了 1978 年的 1.5 倍,这主要得益于粮食生产技术的进步促使了粮食单产水平的不断提高。从各个阶段三大主粮的播种面积和单产水平来看(见表 1),单产

水平提高是粮食增产的重要动力,其中玉米和稻谷尤为明显。新时代以来,小麦和稻谷播种面积不同程度地有所缩减,单产水平提高成为其增产的核心动力,玉米播种面积快速增长,其增产来源于单产水平提高和播种面积增长的双重驱动。总体来看,单产水平提高是粮食增产不可或缺的动力来源,而单产水平提高一方面得益于良种培育与化肥、农药等现代化生产要素的投入,另一方面是在技术进步驱动下全要素生产效率的提高,显著增强了我国粮食综合生产能力,彻底改变了我国粮食供给长期短缺的形势。可见,技术进步不仅提高了人均粮食占有量,更缓解了资源和要素约束所带来的生产压力。

表 1 不同阶段三大主粮播种面积及其单产水平变化

作物品种	指标	1949—1977 年	1978—2011 年	2012—2022 年
小麦	播种面积(万亩)	38729.26	39318.12	36419.83
	播种面积增幅(%)	—	1.52	-7.37
	单产水平(千克/亩)	216.69	307.77	409.84
	单产增幅(%)	—	42.03	33.16
玉米	播种面积(万亩)	23401.90	39864.58	63271.33
	播种面积增幅(%)	—	70.35	58.72
	单产水平(千克/亩)	115.05	393.73	493.84
	单产增幅(%)	—	242.23	25.42
稻谷	播种面积(万亩)	46542.27	46208.65	45697.83
	播种面积增幅(%)	—	-0.72	-1.11
	单产水平(千克/亩)	193.36	422.59	482.56
	单产增幅(%)	—	118.55	14.19

数据来源:根据《2021 年中国统计年鉴》《2021 年全国农产品成本收益资料汇编》相关数据整理计算所得。

### 2.粮食生产结构优化,区域布局协调性增强

第一,种植结构持续优化。粮食增产的动力除单产水平提升和播种面积扩大之外,种植结构的优化也起到了至关重要的作用。数据显示,依据各地区资源禀赋和生产条件,我国粮食种植结构持续优化,2019 年全国谷物和薯类播种面积比上年调减 1.8%,其中稻谷调减 1.6%,主要涉及南方地区“双季稻改单季稻”,进一步缩减品质差、单产低的早稻和晚稻播种面积;小麦调减 2.2%,主要涉及华北地区地下水超采区等低产地块;玉米调减 2.0%,主要涉及东北地区的生产结构调整,减少玉米改为大豆种植<sup>[16]</sup>。第二,粮食品质不断提升。在粮食生产技术进步过程中,我国粮食产品的品质不断改善,三大主粮的品质均得到了大幅提升。2019 年,早籼稻、玉米和小麦作物一等品的占比分别为 42.5%、79.2% 和 64.1%,分别比 2010 年提高了 21.5、34.2 和 27.1 个百分点<sup>[17]</sup><sup>20</sup>。粮食产品品质的提升主要源

于良种培育和推广,改革开放以来,我国主粮作物品种进行了约 6 次大范围更新,自 20 世纪 90 年代实施“种子工程”以来,我国主粮作物品种更新速度进一步加快,形成了各种优良品种,如优质水稻、适宜籽粒机收的玉米和节水抗病的小麦品种等。

### 3.粮食生产物质技术丰富,生产方式持续升级

第一,丰富的物质资料和技术支撑。新中国成立初期,农家肥是仅有的粮食增产技术,农业机械几乎空白。随着工业化进程加快,工业产品开始投入农业生产,一方面,复合肥、专用化肥、农药的研发与应用为粮食生产奠定了坚实基础;另一方面,农业机械技术的研发与创新极大地提高了粮食生产能力,2019 年全国农作物耕种收综合机械化率已达到 70% 以上,三大主粮已超过 80%,粮食生产基本实现了机械化<sup>⑥</sup>。第二,现代高新科技的应用。在机具装备上,深耕深松、精量播种、高效低损收获等自主研发的机械得到广泛应用。大马力拖拉机、北斗卫

星导航自主作业、大型节水喷灌等设备已具备广阔应用前景。在智慧农业上,传感器监测、无线传输、远程监控以及大数据、物联网、人工智能等新技术粮食作物遥感监测、水肥药精准施用、无人机植保等技术已广泛应用于粮食生产。大数据分析、5G 农用技术、农业机器人等前沿技术实现突破,粮食生产智能化水平将进一步提高。随着农业自动化、智能化、智慧化的逐步实现,粮食生产管理方式持续升级,粮食生产效率将得到极大提升。

#### 4. 生产环境改善,可持续发展能力增强

第一,地力条件改善。一方面体现在土壤质量的改良,包括化学改碱和筑堤堵盐等水利技术,有机肥替代和耐盐作物改良等生物技术以及渠道防渗、耕作防盐等农水结合技术的创新,有效改善了我国土壤环境,为粮食生产提供了高质量的土地要素;另一方面体现在配套设施建设,如农田水利、农业设施建设等,从外部环境改善土地质量。第二,病虫害防治、自然灾害抵御能力增强。逐步探明粮食作物主要病虫害流行规律和成灾机理,并开发出准确的预测预报技术,研发并推广大量的安全高效绿色防控技术和药剂,保障了农业“有害但不成灾”,同时自然灾害抵御能力也不断增强。第三,可持续发展能力增强。绿色发展成为新时代农业发展的主基调,大量绿色生产技术被应用于粮食生产。2019 年我国小麦、玉米和稻谷的化肥和农药利用率分别比 2015 年提高 4 个和 3 个百分点,测土配方施肥应用面积达到 19.3 亿亩次,绿色防控面积超过 8 亿亩<sup>[17]</sup><sup>23</sup>。大数据和信息自动化技术也逐步应用,水肥一体化、自动施肥机、无人机等技术应用在保证粮食产量和质量的同时,有效提高了投入要素的利用效率,改善了农业生产环境,极大地提高了粮食生产的可持续发展能力<sup>[18]</sup>。

### 三、“藏粮于技”战略的实现路径与面临困境

“藏粮于技”是我国粮食安全战略的重要内容。在各国农业发展中,普遍重视科技进步的作用。粮食产出的增加主要来源于两部分:一是要素投入的增加,二是技术进步。技术进步可被定义为运用相应技术所积累的知识、经验与技能等促进生产力发展的过程,对于粮食生产而言,技术进步既包括机械

技术、新肥料、新农药等实物型技术,也包括栽培方式改进、管理模式升级等非实物型技术<sup>[19]</sup>。

#### (一)“藏粮于技”战略的实现路径

##### 1. 粮食生产中技术进步的作用机理

技术进步对粮食生产的作用主要体现在两个方面:一是粮食生产前沿面的扩张,二是相对技术效率的改进。具体来看,生产前沿面的扩张即生产可能性曲线的外移,也就是说技术进步可以在保持现有投入不变的情况下为粮食生产带来更高的生产可能性。这种情形往往表现为在整个社会层面一项新技术从无到有的过程。其作用机理可以用图 3(a)表示,其中横、纵轴分别表示粮食生产投入与产出,当一项新技术尚未应用于粮食生产时生产前沿面为  $f_0(x)$ ,新技术应用后产生新的生产前沿面  $f(x)$ 。点 B、D 和点 A、C、E 分别为两个前沿面上的点,其中 B 点表示某个农户采用要素组合  $X_2$  进行生产所得产出  $Y_1$  的情形。当一项新技术被应用于粮食生产之后,生产前沿面向外扩张,该农户仍采用要素组合  $X_2$  生产时,其最优产出则提升至  $Y_2$ ,或者说在维持产出  $Y_1$  不变时只需投入  $X_1$  即可实现。这种前沿面的扩张体现了狭义技术进步所实现的、绝对意义上的整体性技术进步对粮食生产的作用。

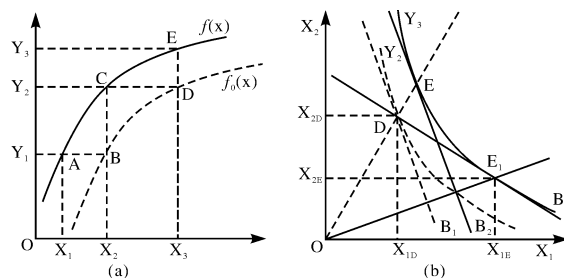


图 3 技术进步对粮食生产的作用路径

上述情形仅阐释了理想状态下粮食的最优生产情形,在粮食实际生产过程中每个农户的资源禀赋、生产方式、管理能力等各不相同,与粮食生产前沿面的距离也存在差异,每个农户向生产前沿面靠拢的过程就是相对技术效率的改进。其作用机理可以用图 3(b)表示,其中横、纵轴分别表示两种生产要素  $X_1$  和  $X_2$ ,  $B_1$  表示新技术应用前的生产可能性曲线,即充分利用现有要素所能实现的最大产出,  $B_0$  和  $B_2$  表示新技术应用后的生产可能性曲线,从原点出发的不同斜率的射线分别表示各种要素配置结构,  $Y_2$  和  $Y_3$  是对应图 3(a)中的两条等产量曲线。此时技术进步对农户粮食生产的作用可以由两条路径来实

现:第一,假设某农户的实际产出在 D 点,在新技术应用前的生产可能性曲线为  $B_1$ ,新技术应用后其投入要素的综合产出能力得到提升,等价于其生产可能性曲线向右扩展至  $B_2$ ,并与等产量曲线  $Y_3$  相切于 E 点,粮食产出提升;第二,假设某农户的实际产出仍为 D 点,但其生产可能性曲线原本即为  $B_2$ ,即该农户未达到最优产出,此时新技术的应用会促使该农户将两种要素以  $X_{1D}$  比例组合结构向  $X_{1E}$  的比例组合结构进行调整,生产可能性曲线  $B_0$  与  $Y_3$  相切于  $E_1$  点,同样表现为产出的提升。两条路径分别形成了前沿面扩张的绝对狭义技术进步与相对技术效率改进,共同作用于粮食生产。

总之,技术进步对粮食生产的作用一方面体现在提供更高的生产可能性水平,另一方面则体现在对每个决策单元向当前生产前沿面靠拢的推动作用,二者均可为粮食生产和发展提供重要动力。

## 2. 我国实施“藏粮于技”战略的基本路径

基于技术进步对粮食生产的作用机制,可以提出“藏粮于技”战略实施的两条基本路径:

第一,从宏观层面着力提升粮食生产技术创新能力。技术创新能力和水平决定粮食生产能力的“上限”,是使粮食生产新技术、新知识从无到有的过程,是让粮食生产“有技可施”的动力来源。自党的十八大以来,我国粮食生产科技水平整体加速提升,技术创新成果众多,粮食生产也逐步由资源要素依赖向技术创新驱动转变。但部分领域的核心技术对外依赖程度仍然较高,原始创新能力欠缺,加快粮食生产关键核心技术攻关,实现从 0 到 1 的突破是粮食安全保障和“藏粮于技”战略实施的必由之路。因此,粮食生产技术创新必须明确方向,坚持问题导向、需求导向,可以概括为“三个面向”:一是面向世界科技前沿,积极争取粮食生产科技制高点;二是面向经济主战场,以科技赋能粮食安全保障;三是面向国家重大需求,有效支撑粮食稳产保供。

第二,从微观层面推进粮食生产者对新技术、新知识的吸收和转化。新技术和新知识的研发仅仅是粮食生产技术进步过程的开端,是“藏粮于技”战略实施的基础性条件,经过技术推广将新技术和新知识应用于粮食生产并转化为粮食生产力是技术进步的最终目标,这依赖于技术进步过程中研发主体、推广主体和接受主体间的有效联结。因此,粮食生产技术推广体系必须明确各主体在技术进步过程中的

地位,推动“三个创新”:一是推动制度创新,确立农户对粮食技术需求的主体地位,完善技术成果转化的市场激励机制;二是推动理念创新,准确把握农户、市场和产业的发展特征,树立围绕粮食产业全面发展的技术推广与服务思路;三是推动组织创新,充分调动技术推广中的社会力量,形成以国家扶持和市场引导相结合的新型技术推广体系。

## (二) 实施“藏粮于技”战略面临的困境

如前所述,在粮食生产技术进步过程中,不同主体都有其独特的地位和作用:技术创新主体是粮食生产技术进步源头,技术推广者是将新技术、新知识、新要素向粮食生产者传递的关键枢纽,作为技术采纳主体的粮食生产者是技术进步价值发挥的载体。结合技术进步的演进特征可以看出,粮食生产技术进步的主线是围绕激发要素活力展开的。因此,本文从各个主体的视角出发,结合粮食生产要素配置来剖析实施“藏粮于技”战略面临的困境。

### 1. 农业科技投入体系仍存在缺陷,技术进步缺乏持续性动力

第一,农业科技投入强度低。农业科技投入强度反映的是单位产值内科技投入的含量。2015 年我国农业科技投入强度不足 1%,与大多数发达国家存在较大差距<sup>[20]</sup>。第二,农业科技投入来源单一。从农业科研经费的来源来看,主要包括政府拨款、科研机构自营业收入和外部来源三个部分,其中政府拨款是我国农业科技投入的主要来源,而且其占比逐年提高,2007 年以来我国农业科技投入中政府拨款占比持续维持在 70% 上下<sup>⑦</sup>。单一的投入结构不利于农业技术创新的稳定。第三,农业科技投入结构不平衡。我国农业科技投入中,用于研发实验研究的占比超过 70%,仅有不足 30% 投入到应用研究,而基础研究不足 5%<sup>⑧</sup>。应用研究和基础研究关系农业技术进步的基础,是农业技术进步取得根本性创新的动力来源,长期投入结构失衡难以保障农业技术进步的持续性,试验与发展研究投入过高还可能激发科研机构的逐利性,降低技术创新效率。

### 2. 技术创新与实际粮食生产脱节,技术成果转化率低

第一,研发主体与应用主体对接不畅。一是技术研发主体主要经历投入到研发过程,对实际粮食生产情况了解程度不足,形成农业创新与粮食生产“两张皮”的局面;二是对农业科技的评价体系往往

以论文、专利等指标为主,造成科研主体对农户的实际需求考虑不足。另外,无论一项新技术如何,只有被农户接受才能发挥其价值,是否被农户接受又取决于农户自身条件以及技术的经济价值,而技术研发主体往往难以兼顾技术的适用性、性价比等因素。第二,推广主体与应用主体对接不畅。技术推广对于技术扩散具有重要作用,但技术推广效果会受技术推广者素质、推广方式等因素的影响。在实际推广过程中,技术推广者综合素质较低,对技术的认知水平有限,难以对农户进行必要的技术指导,不利于农户采纳新技术。农户自身条件和资源禀赋各不相同,在技术推广过程中如果不能准确把握不同类型农户的行为机制,也会制约技术转化水平的提高。

### 3. 技术进步驱动单一,要素活力有待全面激发

在市场经济发展过程中,资本不断深化,并伴随要素结构调整,促使技术创新的产生,提高要素生产效率和粮食生产回报率,最终通过回报率上升继续支撑资本深化,形成良性循环<sup>[21]</sup>。然而,我国粮食生产技术在长期内持续面临要素价格快速上升的局面,尤其是在全面放开粮食市场后,粮食生产物质费用和人工成本的增速远高于粮食产值,如果将土地费用及生产损耗考虑在内,二者差距更大。产生这种不经济现象的重要原因是我国驱动单一的粮食生产技术进步方式,在生产过程中不仅没有形成“木桶原理”中的组合力量,反而是“长板”拉高了成本,“短板”进一步阻碍了粮食生产。其根源是制度安排、市场机制、生产方式等社会因素,因此,必须持续推进体制机制改革,进一步激发要素活力,提高要素配置效率,为粮食生产技术进步提供有利条件。

## 四、“藏粮于技”战略的实施对策

在新发展阶段、新发展理念和新发展格局下,推动粮食生产技术进步,贯彻“藏粮于技”战略,必须强化农业科技创新的自主性地位,以国家粮食安全产业体系建设为基础,以粮食综合生产能力提升和高质量发展为主线,全面激发粮食生产要素的潜能。

### (一) 做好顶层设计,准确把握技术进步方向

从基础战略视角,制定我国粮食安全保障的总体目标,兼顾粮食增产、质量安全和生态保护的基本需求,制定“藏粮于技”战略的实施方略和发展规划,瞄准粮食生产技术进步的核心突破口,系统谋划

一个可以分阶段实施的具有前瞻性和战略性的重大技术创新任务清单,重视基础性研究,围绕当前技术创新的尖锐矛盾和问题构建项目库。从实施方略视角,充分利用现代信息技术,构建技术创新服务数据库,提高技术创新与实际生产的匹配程度,为满足新型农业经营主体、职业农民的实际需求提供准备。强化各级政府部门的协调性和联动性,精准落实各主体的责任,提升县级粮食生产技术的集聚能力。建立健全农业社会化服务体系,充分利用各类社会化服务组织将新技术、新知识和新要素注入小农生产,完成技术进步的“最后一公里”。

### (二) 激发要素活力,聚焦技术进步关键性问题

全面深化体制机制改革,进一步激发粮食生产要素活力,实现良种、良田和现代化技术的高效组合。强化粮食种业技术创新的自主性,落实研发基地建设、核心技术攻关、优质企业扶持、市场环境优化和资源环境保护行动,实现种源自主、可控的基本目标。出台并优化种业创新大县、核心育种基地等支持政策,加速“南繁硅谷”等种业创新基地的建设进程,提高种源技术创新的优先级。大力扶持具有较强创新能力的企业,推动产、学、研各大主体的对接,同时完善我国种植资源保护和利用体系。强化耕地改良技术、地力恢复和提升技术、土壤培肥等技术集成和创新,做好粮食生产面源污染综合治理与防控技术攻关。持续推进化肥农药减量增效行动,提高绿色防控技术和产品的推广力度,为粮食生产绿色发展提供稳定支撑。

### (三) 瞄准重点领域,找准技术进步的关键环节

加快推进高新技术应用,持续研发适应新生产环境的复合型农业机械,充分利用区块链、大数据、物联网等新技术,推进粮食生产的数字化转型,促进人工智能与粮食生产的深度融合,提高粮食生产的智能化、智慧化水平。进一步完善农业技术创新服务体系和技术推广体系,建立一支适应农业现代化发展需求的职业农民队伍,整合利用高校教育资源,促进农民培训教育的本土化。各级政府部门牵头,建立人才激励机制,综合制定人才培养和管理计划,充分利用现有的教育资源,加强校企合作,促进多主体培训,为粮食生产的现代化发展奠定基础。

#### 注释

①此处水资源总量数据来源于《2020年度〈中国水资源公报〉发



布》,中国政府网,http://www.gov.cn/xinwen/2021-07/13/content\_5624515.htm,2021年7月13日;粮食播种面积来源于国家统计局编:《2021年中国统计年鉴》,中国统计出版社。②此处将31个省份划分为六大区域的方法,参见徐依婷、穆月英、张哲晰:《中国粮食生产用水效率的影响因素及空间溢出效应》,《华中农业大学学报》(社会科学版)2022年第4期。③④⑤此处数据来源于国家统计局农村社会经济调查司编:《2021年中国农村统计年鉴》,中国统计出版社。⑥此处数据来源于中国机械工业年鉴编辑委员会、中国农业机械工业协会编:《2020年中国农业机械工业年鉴》,机械工业出版社。⑦⑧此处数据来源于国家统计局社会科技和文化产业统计司、科学技术部战略规划司编:《2021年中国科技统计年鉴》,中国统计出版社。

### 参考文献

[1] 王晓君,何亚萍,蒋和平.“十四五”时期的我国粮食安全:形势、问题与对策[J].改革,2020(9):27-39.  
 [2] 高强,曾恒源.“十四五”时期农业农村现代化的战略重点与政策取向[J].中州学刊,2020(12):1-8.  
 [3] 生秀东.巩固提升我国粮食产能的制度分析[J].中州学刊,2018(11):58-63.  
 [4] 陈洁.实施科技兴粮战略的现状、问题及对策[J].人民论坛,2019(32):34-36.  
 [5] 黄季焜,杨军,仇焕广.新时期国家粮食安全战略和政策的思考[J].农业经济问题,2012(3):4-8.  
 [6] 杨义武,林万龙,张莉琴.农业技术进步、技术效率与粮食生产:来自中国省级面板数据的经验分析[J].农业技术经济,2017(5):46-56.  
 [7] 农业农村部.“十三五”中国农业农村科技发展报告[R/OL].(2021-11-19)[2022-10-25].http://www.gov.cn/xinwen/2021-11/22/content\_5652387.htm.  
 [8] 第三次全国国土调查主要数据成果发布[EB/OL].(2021-08-26)[2022-10-25].http://www.gov.cn/xinwen/2021-08/26/con-

tent\_5633497.html.

[9] 陈浮,刘俊娜,常媛媛,等.中国耕地非粮化空间格局分异及驱动机制[J].中国土地科学,2021(9):33-43.  
 [10] 农业农村部.2019年全国耕地质量等级情况公报发布[R/OL].(2020-05-06)[2020-10-25].http://www.moa.gov.cn/nybgb/2020/202004/202005/t20200506\_6343095.htm.  
 [11] 杨鑫,穆月英.灌溉水压力、供给弹性与粮食生产结构:基于变系数 Nerlove 模型[J].自然资源学报,2020(3):728-742.  
 [12] 2020年度《中国水资源公报》发布[EB/OL].(2021-07-13)[2022-10-25].http://www.gov.cn/xinwen/2021-07/13/content\_5624515.htm.  
 [13] 杨翠红,林康,高翔,等.“十四五”时期我国粮食生产的发展态势及风险分析[J].中国科学院院刊,2022(8):1088-1098.  
 [14] 黄季焜,靳少泽.未来谁来种地:基于我国农户劳动力就业代际差异视角[J].农业技术经济,2015(1):4-10.  
 [15] ZHANG L X, DONG Y Q, LIU C F, et al. Off-farm employment over the past four decades in rural China[J]. China Agricultural Economic Review, 2018(2):190-214.  
 [16] 李锁强.粮食产量创历史新高 农业生产结构进一步优化[N].中国信息报,2020-01-20(2).  
 [17] 罗慧.中国粮食生产技术进步路径研究[D].北京:中国农业科学院,2021.  
 [18] 于文静.科技让生活更美好 从首届全国农业科技成果转化大会看农业科技新趋势[J].中国农村科技,2019(4):18-19.  
 [19] 董莹.全要素生产率视角下的农业技术进步及其溢出效应研究[D].北京:中国农业大学,2016:15-16.  
 [20] 陈鸣.中国农业科技投入对农业全要素生产率的影响研究[D].长沙:湖南农业大学,2017:61-62.  
 [21] 鞠传宝.中国农业技术进步的驱动结构分析:基于2001—2015年省级面板数据的分析[J].中国经济问题,2018(3):62-69.

## The Realization Path and Countermeasure Research of China's Strategy of "Storing Grain in Technology"

Mu Yueying      Zhang Long

**Abstract:** In recent years, China has made great achievements in the development of food production, but under the constraints of resources and environment, the space for “tangible elements” input has been continuously compressed. Food production must change from dependence on element input to being driven by technological innovation, and technological progress is the core driving force to achieve this change. Under the guidance of the strategic goal of food security, China's food production technology progress has gone through three stages: stable production and supply, quality and efficiency improvement, and green development. During this process, the level of food output has been greatly improved, the production structure has been continuously optimized, and the capacity for sustainable development has been continuously enhanced, which confirms the necessity and correctness of the strategy of “storing food in technology”. However, the technological innovation system of grain production in China is still not sound, the drive of technological progress is single, and the vitality of elements needs to be fully stimulated. Therefore, to consolidate the foundation of food security in an all-round way, we must do a good job in top-level design, accurately grasp the direction of technological progress, stimulate the vitality of elements, focus on the key issues of technological progress, aim at key areas, identify the key links of technological progress, and comprehensively implement the strategy of “storing grain in technology”.

**Key words:** storing grain in technology; grain security; production factors; technological progress; innovation drive

责任编辑:澍文