

以颠覆性科技创新赋能农业新质生产力发展研究

张露 魏祖大

摘要: 颠覆性科技创新是促进农业新质生产力发展、引领农业现代化变革的重要动力。在大国小农国情下,颠覆性科技创新及其成果转化隐含着小农家庭经营格局同颠覆性科技创新的规模化应用场景要求间的矛盾、农业的民生保障功能同颠覆性科技创新高投入要求的高回报间的矛盾、食物等消费需求的变动性特征与颠覆性科技创新长周期研发间的矛盾、劳动力非农转移同颠覆性科技创新应用要求的高素质劳动力间的矛盾。为此,现阶段颠覆性科技创新及其成果在农业领域的应用应立足稳基础、保需求、增绿色、强韧性的目标定位,聚焦种业创新、合成生物、生物质工程、智能农机和智慧农业五大方向。同时,应着力健全农业生产经营体系,完善农业科技创新机制,创新农业产业发展模式并培育高素质生产经营主体,为农业新质生产力发展注入新动能。

关键词: 农业新质生产力;颠覆性科技创新;生物技术;数字技术

中图分类号: F32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0751(2024)11-0041-09

生产力是人类社会发展的根本动力,也是一切社会变迁和政治变革的终极原因。正如马克思所言,手推磨产生的是封建主的社会,蒸汽磨产生的是工业资本家的社会^{[1]602}。着眼人类发展历史,每一次重大的生产力进步均由颠覆性科技创新所推动。随着新一轮产业革命的到来,以计算机技术、人工智能和生物科技等为代表的新质生产力已经在实践中成为高质量发展的强劲动力。2023年9月,习近平总书记在黑龙江考察时提出了新质生产力的概念,并在2023年中央经济工作会议、二十届中央政治局第十一次集体学习和第十二次学习等场合进一步对新质生产力的内涵和特征进行了全面阐述。党的二十届三中全会对发展新质生产力做出具体谋划,提出要健全推动经济高质量发展体制机制,促进各类先进生产要素向发展新质生产力聚集,大幅提升全要素生产率。

农业作为支撑国民经济的基础性产业,颠覆性科技创新也是农业新质生产力发展的重要标志。经过不懈努力,我国农业科技进步贡献率由1990年的35%提升至2024年的63%,科技驱动农业现代化成效显著^[2]。基于此,我国粮食总产量由1978年的30476.5万吨增长到2023年的69541.0万吨,粮食安全保障水平稳步提升^①。2022年我国提出要依靠科技和改革双轮驱动加快建设农业强国,这对农业科技创新提出了更高的现实要求。必须正视的是,对标美国、德国和荷兰等发达国家远高于80%的农业科技进步贡献率,我国农业科技发展还存在一定差距^②。归根结底,生产力发展差距根本上是科技的差距,应以颠覆性科技创新驱动农业新质生产力进步。

农业生产力的跃升既依赖于农业本身良技、良机和良法的革新,又受其他产业科技创新的溢出影响。

收稿日期: 2024-07-20

基金项目: 国家自然科学基金面上项目“时空规律、形成机理与减量策略:长江经济带水稻种植化肥施用的空间经济学研究”(42071157);国家自然科学基金面上项目“增产与减污约束下稻农磷肥投入行为决策及其优化策略研究”(72473049)。

作者简介: 张露,女,华中农业大学经济管理学院教授(湖北武汉 430070)。魏祖大,男,华中农业大学经济管理学院博士生(湖北武汉 430070)。

发展农业新质生产力,并不意味着应该被动地接受产业革命的科技创新成果,而应以农业内生创新动力和其他产业外部推力共同促进^[3]。例如,19—20世纪以生物和化学技术为支撑的种子、化肥、农药等颠覆性科技创新催生了农业绿色革命,而当今最先应用于工业和服务业的互联网、大数据和智慧传感器等颠覆性科技也正推动着现代农业朝数字化、智能化和绿色化方向发展。事实上,劳动力、土地、化肥等传统要素对中国农业增长的贡献逐渐减弱,而全要素生产率的贡献日趋提高,并且过度依赖化肥和农药的生产方式严重破坏了生态环境,威胁农业生产与产品供给的可持续性。面对传统农业生产力的效率减退与污染困境,必须加快推进颠覆性科技创新,通过提升农业全要素生产率和要素质量引领新一轮农业产业革命^[4]。据此,本文聚焦发展农业新质生产力的核心即颠覆性科技创新,阐明其本质要求,揭示其发展逻辑与隐含矛盾,并由此探明后续发展的目标定位与主攻方向,最后提出保障策略。

一、农业新质生产力视域下推进颠覆性科技创新的本质要求

与工业和服务业不同,农业具有突出的民生保障属性,这既表现在其农产品供给和要素供给保障功能,又表现在其对农户的生计可持续保障功能。因此,有必要厘清农业颠覆性科技创新的基本内涵,辨别其与一般颠覆性科技创新的主要共性与个性特征,进而明晰农业新质生产力视域下颠覆性科技创新的本质要求。

(一) 农业新质生产力视域下颠覆性科技创新的内涵与特征

颠覆性科技创新是指打破既定规则和模式,通过改变或破坏现有技术性能及服务特征占据主流市场,以新技术替代当前主流技术的革命性突破^[5]。颠覆性科技创新不依赖于原有技术发展轨迹,往往来源于科学家的灵感和探索,具有探索性、偶发性、不确定性的特征^[6]。已有的颠覆性科技创新不仅促进了生产力水平的大幅提升,而且改变了传统的产业形态和人们的生活方式。例如,移动支付技术的出现颠覆了传统支付模式,重塑了传统现金支付和银行卡支付业务市场。近期生成式人工智能(ChatGPT、Sora)的出现则正深刻影响着搜索引擎、教育和新媒体等众多行业,推动传统生产力的变革。

无论是工业还是农业,“从0到1”的颠覆性科

技创新都依赖于基础研究、资金投入和制度环境。一是以基础科学研究为引领。著名的“李约瑟之谜”指出,中国古代的科技领先于世界,产生了“四大发明”,但是蒸汽机、电磁波、计算机等现代颠覆性科技创新均来自西方^[7]。主要原因在于,古代的科技发明多源自人类劳动生产的经验总结,对生产力的颠覆作用有限,而近代以来的颠覆性科技成果均源于基础科学研究的突破,遵循从假说到验证的严密论证。二是持续的资金投入。基础研究具有研发周期长、实验风险高、应用前景不确定等问题,持续稳定且庞大的资金投入是产生颠覆性科技创新的重要条件。例如,Open AI人工智能大模型的开发,其前期资金投入高达数十亿美元,对传统产业的颠覆性改变也带来了高额回报。三是稳定开发的制度环境。稳定的社会制度能为颠覆性科技创新研发提供政策支持,营造活跃的创新氛围。同时,有一套相对完善的法律体系和知识产权保护制度作为基础,能够保障颠覆性创新成果的初始产权。

农业兼具自然再生产与经济再生产的双重特性,这也决定了农业颠覆性科技创新区别于其他产业的特殊性。农业主要依赖于土地、水、光照等自然要素,通过劳动力的耕作和改造以获取产出,须根据自然节律开展生产。在农业的产品、要素、市场和外汇四方面贡献中,产品供给,即满足居民的食物消费需求是根本所在。然而,随着人口增长和收入增加,食物消费需求总量和结构都在发生转变,同土地、劳动力等生产要素有限性的矛盾加剧,这就要求技术进步和效率提高^[8]。现代科技的创新发展使得农业不断突破传统要素禀赋限制,实现生产力的革命性跃升。据此,农业新质生产力视域下颠覆性科技创新应以满足人类食物消费需求为目标,通过突破自然环境依赖和要素禀赋限制实现生产力的跃升,其核心是提升农业生产效率。

(二) 农业新质生产力视域下颠覆性科技创新须应对城乡居民食物消费需求总量和结构变化

回溯人口变迁和农业发展的历史可以发现,人口快速增长的时期往往也是农业科技快速进步的阶段。在技术进步缓慢的传统农业社会,人口增长的速度是几何级的,而生活资料(粮食)的增长是算术级的。人口增长与生活资料的不平衡是一种自然规律,这种不平衡造成了人口增长的长期停滞^[9]。在11世纪到20世纪的900年间,世界人口从3亿人增长到了16亿人,如此快速的人口增长几乎全部出现在18世纪之后的200年间^[10]。主要原因在于,

第一次工业革命催生了现代科学,众多颠覆性科技创新成果应用于农业,使得粮食产量的增长足以消解人口增长带来的食物消费需求。有研究发现,马铃薯的引入对1700—1900年世界人口增长的贡献约为25%,足以见得农业科技进步对人口数量扩张的突出影响^[10]。随着收入水平的进一步提高,人类食物消费需求由满足温饱向营养健康转变,对于谷物的消费量逐渐下降,而对于肉蛋奶和蔬菜的需求快速增长。这就要求农业颠覆性科技创新践行大食物观和大农业观的理念,在新的食物消费需求领域有所突破^[11]。因此,农业颠覆性科技创新同人口增长和收入增加相伴而生,其基本使命始终是为了更好满足居民的食物消费需求。

(三) 农业新质生产力视域下颠覆性科技创新须克服自然因素的干扰,突破时空因素的限制

自然环境始终是制约农业生产的关键变量。长期以来,人类不断尝试摆脱自然因素的束缚以提升对农业生产的控制力。原始农业时期,人类通过驯化小麦、水稻等农作物和牛、羊等家畜来满足基本生存需求,但“刀耕火种”“铁犁牛耕”下的产出具有很大的不确定性。传统农业时期,轮作、休耕和施肥等良技良法使得农业生产效率得到提高,却也仍然受到自然条件的限制。近代以来,杂交种子、化肥和农药等科技创新成果的应用,使得农业生产效率得到极大提升,耐寒、耐旱和抗病虫害等品种特性的改进使得农业受自然环境影响的可控性增强。现代农业阶段,以基因育种、农业大数据、无土栽培等为代表的设施农业,不仅能够摆脱干旱、洪涝等自然威胁,而且能够打破空间和时间对农业生产的限制。从古至今,生产工具的革新、劳动对象的转变和劳动效率的提高都使得农业产出稳定性不断提高,对于时间掌控和空间选择更加灵活。

(四) 农业新质生产力视域下颠覆性科技创新须实现劳动力的解放,促进人力资本的积累

受制于生产技术的落后,传统农业生产从整地、播种、施肥、灌溉到收获环节都高度依赖劳动力的密集投入。伴随科技进步,从人力、畜力到现代农业机械动力的演进,使得机械作业对人力的替代不断增加,农业劳动生产率得到大幅提升。例如,农用无人机平均2分钟就可喷洒667平方米土地的农药,每天喷洒20公顷,作业效率是传统手动喷雾器的30—80倍^③。劳动力得到解放的同时,新技术的知识密集型特征会倒逼劳动力素质提升,促进人力资本积累。舒尔茨认为,改造传统农业不仅需要引入

外部技术,还需要掌握新技术应用的人力资本^[12]。农业颠覆性科技成果只有得到推广应用才能转化为现实生产力,针对农民的技术宣传与培训能够促进创新知识传播,更新农民的知识体系,提高农民的劳动技能,积累人力资本。可见,颠覆性科技创新推动的生产力进步,让劳动力从生产中解放的同时,也有助于提升劳动力质量,是加速人力资本积累的重要动力。

二、农业新质生产力视域下推进颠覆性科技创新的逻辑与矛盾

颠覆性科技创新在生产力跃升中扮演着关键角色,有必要揭示从传统生产力到新质生产力演进中农业颠覆性科技创新作为核心动能的内在逻辑。在大国小农的基本国情下,厘清农业新质生产力视域下颠覆性科技创新的隐含矛盾,可为完善新型农业生产关系提供策略参考。

(一) 以颠覆性科技创新赋能农业生产力发展的内在逻辑

马克思主义政治经济学理论认为,生产力是人类利用自然、改造自然以生产人类所需要物质产品的能力,包括劳动对象、劳动资料与劳动力三要素^{[1]602}。作为新一轮产业革命催生的一种新型生产力,新质生产力既有马克思主义生产力理论一脉相承的共性,也有结合经济发展实践的理论创新。习近平总书记指出,新质生产力是创新起主导作用,摆脱传统经济增长方式、生产力发展路径,具有高科技、高效能、高质量特征,符合新发展理念的先进生产力质态。它由技术革命性突破、生产要素创新性配置、产业深度转型升级而催生,以劳动者、劳动资料、劳动对象及其优化组合的跃升为基本内涵,以全要素生产率大幅提升为核心标志,特点是创新,关键在质优,本质是先进生产力^④。

从生产力三要素来看,颠覆性科技创新对农业生产力的贡献主要在于其对劳动力、劳动对象和劳动工具的改进。在劳动力方面,颠覆性科技创新成果的应用需要有高素质主体为基础,农村人力资本的积累会随农业技术进步而加速。例如,我国通过高素质农民培训、新型农业经营主体培育、农村科技特派员选任等方式,培养了一大批掌握先进农业技术知识、熟悉新技术操作、传播新技术理念的生产主体,现代农业机械、绿色生产技术、先进生产理念得以在农业生产中扩散。在劳动对象方面,颠覆性科

技术创新使得农业得以摆脱土地和气候因素的约束,细胞工厂、植物工厂、无土栽培等新型农业生产形式进一步拓展了农业生产空间。在劳动工具上,颠覆性科技创新使得劳动工具由人力、传统农具、畜力、农业机械向更加智能化的农机转变,推动农业生产的进一步轻简化。智能作物监控系统、无人机耕作、智能牲畜检测等新兴技术将成为未来农业技术发展的重要方向。可见,颠覆性科技创新不仅促使农业要素投入产出关系出现量的优化,而且可实现质的跃升,从而摆脱传统农业经济增长方式和生产力发展路径^[13]。

柯布和道格拉斯将劳动力、资本等要素纳入模型,从投入产出的角度衡量农业生产效率并揭示了各要素的产出贡献^[7]。然而,推动农业生产力进步的因素并不局限于传统生产要素,科技进步的贡献并不能在C-D生产函数中得到反映。索洛进一步揭示了外生技术进步是经济增长的主要源泉,并以全要素生产率刻画其对产出增长的贡献^[14]。全要素生产率是将产出增长率中生产要素投入增长率部分扣除,将剩余部分的贡献归结为技术进步。基于索洛余值法的框架,随机前沿分析和数据包络分析进一步将全要素生产率分解为技术进步和效率提升,其中生产前沿面上的向前移动反映为技术进步,生产主体与生产前沿面距离缩短反映为效率改进。在农业全要素生产率核算中,较为常见的是将农林牧渔业总产值作为产出变量,将劳动力、土地、资本和中间品(化肥、农药、机械)作为投入变量^[15]。这意味着除了劳动力、土地、资本和中间品投入要素的贡献外,全要素生产率反映了农业科技进步。有研究表明,全要素生产率已经成为农业经济增长的重要动力,是推动生产力进步的关键动因^[16]。

由颠覆性科技创新所带来的要素质量改善也是其为农业新质生产力增添新动能的关键。在索洛框架下的全要素生产率核算体系,将农业技术进步单纯归结为除传统要素外的剩余部分并不能完全准确地表达农业发展实际。技术进步仅反映为生产前沿面的移动,无法与农业生产实际中的各类技术进步相联系,全要素生产率仍然是一个笼统的指标。例如,有研究发现信息化对农业技术进步的影响并不显著,信息化提高生产率的作用主要反映在农业技术效率的提高^[17]。也有研究显示,近10年内生成式人工智能对整体经济的全要素生产率的提升作用仅为0.66%^[18]。正如索洛的“生产率悖论”所言,人们可以在除了生产率的任何地方看到计算机所带

来的影响^[19]。值得注意的是,农业要素投入中的土地以农作物播种面积表征,劳动力投入以农业就业人员表征,中间投入品以农机总动力和化肥表征,生产函数所囊括的要素仅反映了投入数量对产出的影响^[4]。随着颠覆性科技创新取得革命性突破,农机总动力以全部农业机械动力的额定功率之和表征,虽可以反映一定时期农业机械的整体化水平,但诸如大型联合收割机、特种农机、智能农机、无人机等机种结构的改变和机器质量的提升并不能在生产函数中得到很好体现。又如,农业劳动力指标常以农业产业就业人员的数量表征,但随着我国对农村教育的大量投入,农业从业人员文盲率由第一次全国农业普查的14.01%降低至第三次全国农业普查的6.4%,农业劳动力素质大幅提升^⑤。

可见,适用于农业生产力发展及其驱动因素的动态演进,需要将全要素生产率和要素质量共同纳入生产函数中,以突出要素投入产出关系量的优化和质的提升。对此,有学者构建起要素嵌入型生产率模型,将劳动力、土地、化肥、农药、农机与种子质量水平纳入测算体系,如农业机械的更新迭代和农业劳动力人力资本的提升。这不仅可以反映颠覆性科技进步带来全要素生产率的跃升,而且突出了劳动力、机械等原有技术突破促进要素质量的改善,体现了颠覆性科技进步对农业新质生产力的贡献^[15]。

(二)以颠覆性科技创新赋能农业生产力发展的隐含矛盾

农业新质生产力的特点是以全要素生产率大幅提升为核心标志,特点是创新,关键在质优。这就意味着,农业新质生产力的发展必须有配套的制度体系作为保障,这是颠覆性科技创新成果落地转化的关键。然而,在大国小农的国情农情下,核心制度诉求仍在于保持社会稳定、保障粮食安全和增加农民收入。这就使得农业产业基础同真正具有颠覆性的科技创新要求间仍存在一定距离。

1.小农家庭经营格局同颠覆性科技创新的规模化应用场景要求存在矛盾

颠覆性科技创新往往需要充分规模的市场容量以获取收益,特别是需要应用于大规模、连片化经营的农场以发挥规模经济效应^[20]。然而,小农户仍然是我国农业生产经营的主体。据第三次全国农业普查数据,在全国登记的2.3亿农户中,普通农户超过2.26亿户,而农业规模经营户占比仅为1.7%^⑥。当前农村户均经营规模为7.8亩,经营耕地10亩以

下的农户有 2.1 亿户^⑦。长期以来,我国所坚持的土地集体所有和农户家庭经营的制度均是效率与公平权衡的结果。进入新发展阶段,我国也试图通过农地确权颁证等制度建设激活土地要素交易市场,以灵活的产权实施方式提升土地生产率,但受到传统乡土观念和 risk 规避偏好的影响,推动农地经营权流转与集中的进程仍然相对较慢^[21]。这就使得小农分散经营格局与颠覆性科技创新的规模化应用场景要求间出现了矛盾,不利于创新科技的大规模推广应用。

2. 农业的民生保障功能同颠覆性科技创新高投入要求的高回报存在矛盾

颠覆性科技创新不仅需要前沿性的科学思维,而且需要科学严谨的试验。而无论是科研人员的人力资本投入,还是试验所需的设备和耗材投入,都需要数额庞大的资本作为支撑。但从理论突破到产品转化再到市场培育的投资链条较长且时间不确定,并且同业竞争者若抢先完成科技创新与成果转化就会抢占先机,进一步降低了投资者的积极性。高投入与高风险会要求高回报,但农产品具有突出的民生保障功能,过高的农产品定价会损害消费者福利,甚至会威胁低收入群体的食物需求满足。同时,农业生产要素也关乎农业成本,过高的要素价格会损害生产者福利,抑制其开展生产的积极性。因此,政府通常会对重要农产品和生产要素的价格设置调控机制,这就使得部分农业颠覆性创新进行产品转化后的利润空间有限,由此会抑制开展创新的积极性。

3. 食物等消费需求的变动性特征与颠覆性科技创新长周期研发存在矛盾

农业的核心功能在于满足居民的食物消费需求,但需求本身并不是一成不变的,而是具有动态性。当前,我国食物需求结构的特征是,随着居民收入水平的提高、健康观念的转变,食物消费需求会由吃得饱、吃得好转向吃得健康^[22]。而居民收入的进一步增长会使得食物需求的收入弹性大幅下降,未来的食物需求可能进入相对稳定的阶段。问题是,农业颠覆性科技创新具有长周期性特征,一项技术从研发到转化为现实生产力需要几年甚至几十年的时间。例如,从袁隆平首次发现水稻雄性不育株(1964年),到杂交水稻的大面积推广(1976年),再到杂交稻单季亩产突破 1251.5 公斤(2023年),经历了几十年的技术更新与迭代^[23]。由此,农业颠覆性科技创新在初始阶段所设置的效用目标,可能因漫长研发过程中出现的需求改变或者其他颠覆性

科技创新的冲击而失效。

4. 劳动力非农转移同颠覆性科技创新应用要求的高素质劳动力间的矛盾

颠覆性科技创新意味着对传统生产方式的深刻变革,且往往具有知识密集型特征,因此对劳动力的素质提出了更高要求,要求其不仅能够克服传统生产行为惯性的影响,而且能够理解并掌握新技术的使用要领。然而,改革开放后,受务工相对更高工资率的吸引,农户多基于家庭内部的代际分工开展兼业活动,青壮年劳动力大量非农转移,农业劳动力呈现老龄化、妇女化特征。而这部分留守的农业劳动力可能并不具备充分的知识和能力引入并使用新技术、新要素,而且其长期生产实践所积累起来的强大行为惯性甚至可能使其排斥新技术、新要素,从而生成对颠覆性科技创新成果应用的排斥。可见,在劳动力非农转移加剧的背景下,留守农业劳动力的生产能力有限、生产观念相对落后,这与颠覆性科技创新成果应用的高素质劳动力要求相矛盾,也就不利于创新成果预期效用的实现。

三、农业新质生产力视域下推进颠覆性科技创新的目标与方向

我国正处于加快建设农业强国的关键阶段,颠覆性科技创新必须服务于建设供给保障强、科技装备强、经营体系强、产业韧性强和竞争能力强的农业强国愿景,推动传统农业向现代农业转型。立足目标定位与现实需求,确定未来农业颠覆性科技创新的关键领域与主攻方向。

(一) 目标定位

农为邦本,本固邦宁。对于我们这样一个人口和农业大国,比世界上任何国家都要重视农业生产力的提高。然而,考虑现阶段大国小农的基本国情农情,为充分发挥农业的民生保障功能、维护小农的生计可持续,围绕农业颠覆性科技创新的主要目标仍应在于稳基础、保需求、增绿色、强韧性。

1. 稳基础:提高粮食生产效率,保障粮食安全

粮食稳产保供始终是“三农”工作的重中之重,保障粮食安全是以颠覆性科技创新提升农业新质生产力的基础性目标。改革开放以来,我国依托化肥、农药和农业机械等要素投入,粮食生产实现了跨越式发展。粮食产量由 1978 年的 30477 万吨增长到 2023 年的 69541 万吨,粮食单产由 1978 年的每公顷 2527.34 公斤提高到 2023 年的每公顷 5845.5 公

斤^⑧。然而,依靠传统生产要素的优化配置提高粮食产量已出现瓶颈,化肥、农药和农机对粮食生产的边际贡献均逐渐降低,迫切需要以颠覆性科技创新确保粮食生产的可持续性发展^[24]。2024年中央一号文件提出要推进新一轮千亿斤粮食产能提升行动,把粮食增产的重心放到提高单产上,确保粮食产量保持在1.3万亿斤以上。因此,须聚焦粮食生产的良田、良种、良机、良法创新,通过提高全要素生产率夯实粮食安全根基,确保谷物基本自给,口粮绝对安全。

2.保需求:拓展食物供给渠道,满足多元需求

中国是人口大国,也是食物消费大国。伴随着居民收入增长和生活条件改善,食物消费的营养和健康需求增强,居民偏好通过广泛的食物摄入以实现营养均衡。这就要求食物生产端多渠道、多途径开发食物资源以满足多元化的食物需求。土地等关键生产要素的有限性决定了种养殖业可供调控的空间有限,小农生产和分散化经营方式限制了传统种养业的规模化发展。颠覆性科技创新的重心在于逐步摆脱水土要素禀赋限制,向整个国土空间延伸,以大食物观、大农业观的思维拓展食物供给渠道,满足多层次、多元化的食物需求^[25]。依托动植物种业创新、合成生物技术、生物质技术等,可向森林草原江河湖海要食物,向植物动物微生物要热量、要蛋白;依托农业大数据、人工智能等信息技术,可发展植物工厂、立体农业等。凭借颠覆性科技创新做到宜渔则渔、宜菜则菜、宜果则果、宜菌则菌、宜药则药,最大限度发挥食物生产的比较优势。

3.增绿色:促进投入减量增效,改善要素质量

党的二十大报告强调,要协同推进降碳、减污、扩绿、增长,推进生态优先、节约集约、绿色低碳发展。长期以来,化肥和农药等高效生产要素被广泛应用于农业生产。我国化肥施用量由1978年的884万吨增长到2022年的5079.2万吨,农药使用量由1991年的76.53万吨增长到2022年的119.0万吨,成为世界上使用化肥和农药最多的国家之一^⑨。高强度施用化肥和农药在实现粮食增产的同时也带来了严重的土壤板结、水源污染问题,威胁农业可持续发展和人类健康。为此,须着力研发绿色高效生产要素,如依托合成生物技术,开发出微生物肥料、有机肥料、生物农药等环境友好型投入要素,实现对传统化肥和农药要素的替代;依托农用无人机、农业水肥一体灌溉技术、精准施肥施药技术等,改进传统粗放型的要素投入方式,提高资源利用效率。

4.强韧性:增强风险抵抗能力,提升农业韧性

韧性反映了农业产业链条自主可控、稳定畅通、安全可靠、抗击能力强的特性。高风险是农业的典型特征,颠覆性科技创新必须提高农业防范和化解风险的能力,增强农业产业韧性。一方面,在当前生产力水平下,农业生产仍然高度依赖自然环境。伴随着气候变化的加剧,干旱、洪涝、低温冻害等突发性自然灾害严重威胁到农业生产的稳定,农业防灾减灾能力的提高依赖于技术突破。另一方面,受制于国内资源的约束,我国统筹利用国际和国内两个市场、两种资源以保障粮食等重要农产品供给。新冠肺炎疫情、地缘冲突、贸易摩擦等突发性事件证明,化解外部风险必须强化农业资源调配能力和应急保障能力。科技创新的方向是依托卫星遥感和大数据等技术,提前防范预警自然灾害以降低灾后损失;依托生物育种技术,提高既有品种对干旱、洪涝、病虫害的抗逆性,防范和化解自然风险;依托数字技术和大数据系统,完善农产品调配体系,增强食物供给的应急保障能力^[26]。

(二)主攻方向

颠覆性科技创新作为驱动农业强国建设的关键动力,也是推动农业朝着绿色、高效、智能方向发展的主要抓手。结合农业强国建设阶段的现实需求,农业颠覆性科技创新的主攻方向应着眼于种业创新、合成生物、生物质工程、智能农机和智慧农业五大领域,不断弥补技术短板,突破技术壁垒。

1.种业创新

种子是农业的“芯片”,种业是保障国家粮食安全的战略性产业。我国每年粮食生产的种子用量约为900万吨,主粮种源基本实现国产自给,良种覆盖率达96%以上^[27-28]。即便每年审定的种子品种数不断增长,但也表现出同质化和低水平重复问题,目前高品质蔬菜、白羽鸡、奶牛、花卉、高产大豆等种源仍依靠国外进口。在保障粮食安全和满足居民多元食物消费需求的引领下,我国种业创新必须围绕四大方向:一是保护优质种子资源,构建种质基因库;二是加强品种改良,提高作物单产;三是聚焦“卡脖子”种业领域,提高关键种源自给率;四是优化品种特性,提升食物营养、风味、颜色。对此,可借助大数据、人工智能等技术加快种质资源普查,完善动植物种质资源库;借助基因编组育种技术对传统主粮作物、牲畜、家禽等品种的遗传性状进行改良,提升抗病性和食用口感;借助干细胞育种技术、品种分子设计技术等主攻白羽鸡、高油大豆、优质蔬菜等

“卡脖子”关键领域,缩短育种周期,提高育种成功率。

2.合成生物

农业化学品的过量施用,对土壤和水源均形成不同程度的破坏,其造成的药物残留超标对食品安全和居民健康也构成威胁。生命科学技术的快速发展可以改变作物养分供给、植物病虫害防治、动物病害预防等方式。利用合成生物学技术应当主攻生物肥料、生物农药和生物兽药等环境友好型的投入产品,减轻潜在的环境和健康危害。对此,可发展RNA干扰技术和农药缓释技术,开发基因农药、缓释农药,突破靶标基因和高效特异运载体系的瓶颈,更好防治病害、草害、调节植物生长;可发展反向遗传学、人造病毒控制技术,掌握病毒生成机理,研发出预防性疫苗和治疗性疫苗;可拓展微生物组技术,对不同作物的微生物组进行精准分析,开发出适应作物生长特性的微生物高效肥料^[29]。

3.生物质工程

我国每年畜禽养殖业产生的粪尿约4.6亿吨,其造成的总氮和总磷排放量分别高达102.48万吨和16.04万吨,分别占到农业源氮磷排放量的37.9%和56.3%;每年产生的农作物秸秆约9亿吨,未利用的约2亿吨^[30]。对此,我国高度重视农业废弃物的资源化利用,《“十四五”农业绿色发展规划》明确指出要促进畜禽粪污和秸秆资源化利用。生物质工程技术应当聚焦畜禽粪污和农作物秸秆的资源化利用,将废弃物转化为新能源、新材料和新肥料产品。对此,可发展生物质油气联产技术,开发生物质能源以替代传统的化石能源;可探索能源作物分子、生物质热化学和生物转化耦合等技术,开发天然纤维素、木质素等,促进新兴材料研发;可结合生物发酵、微生物等技术,促进粪尿发酵降解,研制生物肥料、有机肥料等。

4.智能农机

目前,我国农业机械化转型已取得明显成效。截至2022年,全国农业机械总动力超过11亿千瓦,农作物耕种收综合机械化率达73.11%,机耕率、机播率、机收率分别达到86.42%、61.91%、66.56%,机械作业面积达到73.59亿亩次^⑩。然而,已有农业机械仍然以中低端产品为主,同质化严重,高端智能农机领域的核心技术和关键零部件仍然相对落后,针对经济作物、畜禽水产养殖、丘陵山区的农业机械研发不足。对此,智能农机发展应该瞄准农业机械需求结构,从区域、产业、品种、环节等着手,加快推

进农机工艺改进、能源转型和效率提升。可充分结合激光雷达、北斗自动巡航、远程监控、自动驾驶等技术,促进整地、播种、施药、施肥、收割的智能化;可改进动力总成、电控变速箱、履带总成等零部件,适应丘陵、山区等不同地形的作业需求;可探索电机装备、混合动力等技术,实现农业机械的动力变革,加快大马力农机的研发;可探索智能控制、机器人、无人机等技术,研发适用于柑橘、蔬菜、茶叶等作物采摘、施肥和施药的机械。

5.智慧农业

新一轮产业革命正助推现代农业发展进入以数字技术、人工智能为核心的农业4.0时代,数字化和智能化将是未来农业发展的重要方向。由现代工业所催生的物联网、大数据、云计算、移动互联网、人工智能等新一代信息技术均是具备高科技、高效能、高质量内涵的新质生产力,将其应用于农业生产有助于提升全要素生产率。然而,我国智慧农业发展尚处于起步阶段,颠覆性数字技术有待进一步融入农业生产的不同场景。《数字乡村发展行动计划(2022—2025年)》明确提出,要实施智慧农业创新发展行动,提升农业生产的数字化水平。对此,智慧农业技术的主攻方向应该聚焦农业生产的具体场景,以场景驱动带动智慧农业技术研发、应用和推广,发展智慧大田、智慧温室和智慧养殖。可结合北斗导航、农业物联网、农业大数据等技术,建立集成自然灾害预警、产销协同、动态监测的信息系统;可探索动植物生理传感器、动植物生长优化模型、智能机器人等技术,实现对作物生长养分需求、水肥管理、病虫害防治的决策优化和智能控制。

四、农业新质生产力视域下推进颠覆性科技创新的保障策略

党的二十届三中全会强调要推动新质生产力发展的体制改革。以颠覆性科技创新赋能农业新质生产力发展,必须处理好当前颠覆性科技创新及其成果转化应用同农业产业特性间隐含的矛盾。具体要点包括,健全农业生产经营体系、完善农业科技创新机制、创新农业产业发展模式并培育高素质农业生产经营主体。

(一)健全与颠覆性科技成果应用场景相匹配的农业生产经营体系

颠覆性科技创新成果的推广应用需要一定规模的市场容量作为基础,应当从农地和服务规模经营

两手发力,使农业科技产品惠及广大生产经营主体尤其是小农户。一要巩固和完善农村基本经营制度,鼓励农地流转集中推动农地规模经营。要确保在第二轮土地承包到期后再延期三十年,保障农村基本经营制度的稳定不变。在明晰土地产权的基础上,建立起统一开放、有序规范的农地产权交易市场,鼓励生产经营能力欠缺或劳动力不足的小农户开展土地流转,推动农地规模经营和作物连片种植,为无人机、智能农机等颠覆性科技产品应用提供充足的市场容量。二要加快发展农业生产性服务,促进科技产品应用。依托创新导向的财税政策支持农业生产性服务主体更新生产装备,以便于小农户通过迂回投资购买服务的形式获取颠覆性科技产品效用。同时,培育多种形式的农业生产性服务主体,促进生产性服务覆盖产前、产中和产后环节,以服务需求为引领促进颠覆性科技创新成果落地转化。

(二)完善同颠覆性科技创新及其成果转化特征相适应的政策支持机制

农业产业的基础性地位和颠覆性科技创新的高投入特征要求发挥有为政府的作用,为颠覆性科技创新及其成果转化提供统筹全局的政策支持。一要强化对基础和应用科学研究的资金支持。设立涉农颠覆性科技创新重大研发项目,针对具有颠覆性价值的领域,给予项目资金倾斜、加大持续性投入、延长项目支持期限。二要完善学科交叉机制。针对智慧农业、合成生物、种业创新等关键性领域,鼓励农业科学、生命科学、生物化学等学科融合,通过设立交叉学科支持项目共同攻关“卡脖子”技术,提高研发效率。三要优化农业科技创新的主体布局。整合政府机构、涉农高校、科研院所和涉农科技企业资源,聚焦农业颠覆性科技创新前沿领域,建立农业科技创新产业园、国家级农业科技创新联盟、农业科技孵化器创新平台,推动各类创新主体优势互补,构建梯次分明、分工协作和适度竞争的科技研发体系。

(三)以大农业观为引领应用颠覆性科技创新成果发展农业新业态

颠覆性科技创新在产业演变中扮演着重要角色,应当顺应未来食物需求变动和农业产业变革趋势,以科技创新推动产业创新。一要以全球农业科技创新前沿为指引抢占农业科技高地。对标我国农业科技现状和世界科技前沿,确定具有核心竞争力的重点研发领域,推动农业科技实现由“追赶”到“领跑”的跨越。二要以大农业观和大食物观为引领布局未来农业科技前沿领域。结合农业产业发展

现状,推动颠覆性科技创新由粮经饲向农林牧副渔业拓展,以科技创新推动产业链条延伸。要结合未来食物消费需求结构变动趋势,推动颠覆性科技创新更好满足居民对绿色、健康和营养食物的消费需求,通过科技创新改进食物口感、风味和颜色等,提升农业产业附加值。三要培育农业产业新业态。顺应农业绿色化、智能化、规模化发展趋势,重视从新业态新模式中筛选具有发展前景的农业产业形态,推动对传统产业具有颠覆性效力的科技创新,提升农业产业竞争力。

(四)培育契合颠覆性科技创新成果应用要求的农业生产经营主体

农业颠覆性科技创新成果的应用需要高素质的人力资本作为支撑,应当重视农业高素质人才和新型经营主体培育,面向小农户开展科技培训。一要加强农业生产经营高素质人才培养。依托高素质农民培训、乡村振兴“领头雁”计划、涉农创新创业等项目,培育从事经营管理、专业生产、技能服务的高素质农民,大力培育合作社、家庭农场、农业企业等新型农业经营主体,以点带面促进新技术的推广应用。二要面向小农户开展广泛的技术培训。要完善多主体协同参与的农业技术推广体系,鼓励政府、涉农机构和企业等主体面向小农户开展技术培训,提升小农户对技术知识、新型生产模式和实际操作技能的认知,促进创新型科技产品的推广和绿色生产理念的普及。

注释

①⑧⑨此处数据由笔者根据国家统计局网站(<https://www.stats.gov.cn/>)相关数据整理计算所得。②习近平:《加快建设农业强国 推进农业农村现代化》,《求是》2023年第6期。③徐路易:《无人机进农田:喷农药效率为人力的30倍,数据共享尚受阻》,澎湃新闻,https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_2760281,2018年12月21日。④习近平:《发展新质生产力是推动高质量发展的内在要求和重要着力点》,《求是》2024年第11期。⑤⑥此处数据来自国家统计局公布的《第一次全国农业普查主要数据公报》和《第三次全国农业普查主要数据公报》,国家统计局网站,<https://www.stats.gov.cn/>。⑦《全国98%以上的农业经营主体仍是小农户》,中国政府网,https://www.gov.cn/xinwen/2019-03/01/content_5369755.htm,2019年3月1日。⑩《2022年全国农业机械化统计年报》,农业农村部网站,http://www.njhs.moa.gov.cn/njxhqk/202406/t20240618_6457395.htm,2024年6月18日。

参考文献

- [1]马克思恩格斯选集:第1卷[M].北京:人民出版社,1995.
- [2]钱加荣,赵芝俊,毛世平.中国农业科技进步贡献率结构演变及提升路径[J].农业经济问题,2023(2):132-144.
- [3]高原,马九杰.农业新质生产力:一个政治经济学的视角[J].农业

- 经济问题,2024(4):81-94.
- [4] 龚斌磊. 中国农业技术扩散与生产率区域差距[J]. 经济研究, 2022(11):102-120.
- [5] 罗必良. 论农业新质生产力[J]. 改革, 2024(4):19-30.
- [6] CHRISTENSEN C M. The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail[M]. Boston: Harvard Business School Press, 1997:79-80.
- [7] 罗必良. 新质生产力:颠覆性创新与基要性变革:兼论农业高质量发展的本质规定和努力方向[J]. 中国农村经济,2024(8):2-26.
- [8] 郑永年,徐兰滕. 创新与新质生产力[J]. 中国科学院院刊, 2024(7):1131-1140.
- [9] 刘守英,黄彪. 从传统生产力到新质生产力[J]. 中国人民大学学报, 2024(4):16-30.
- [10] NATHAN N, NANCY Q. The potato's contribution to population and urbanization: evidence from a historical experiment[J]. The quarterly journal of economics, 2011(2):593-650.
- [11] 魏后凯,吴广昊. 以新质生产力引领现代化大农业发展[J]. 改革, 2024(5):1-11.
- [12] 舒尔茨. 改造传统农业[M]. 梁小民,译. 北京:商务印书馆,2006:20-28.
- [13] 刘伟. 科学认识与切实发展新质生产力[J]. 经济研究, 2024(3):4-11.
- [14] 龚斌磊,王硕,代首寒,等. 大食物观下强化农业科技创新支撑的战略思考与研究展望[J]. 农业经济问题, 2023(5):74-85.
- [15] 龚斌磊,袁菱苒. 新质生产力视角下的农业全要素生产率:理论、测度与实证[J]. 农业经济问题, 2024(4):68-80.
- [16] 王璐,杨汝岱,吴比. 中国农户农业生产全要素生产率研究[J]. 管理世界, 2020(12):77-93.
- [17] 朱秋博,白军飞,彭超,等. 信息化提升了农业生产率吗? [J]. 中国农村经济, 2019(4):22-40.
- [18] ACEMOGLU D. The simple macroeconomics of AI [J/OR]. National bureau of economic research, [2024-05-12]. <https://www.nber.org/papers/w32487>. DOI:10.3386/w32487.
- [19] SOLOW R M. We'd better watch out[J]. New York times book review, 1987(7):36.
- [20] 高帆. 新质生产力与我国农业高质量发展的实现机制[J]. 农业经济问题, 2024(4):58-67.
- [21] 郭晓鸣,吕卓凡. 农业新质生产力的内涵特征、发展阻滞与实践路径[J]. 中州学刊, 2024(8):38-45.
- [22] 樊胜根,张玉梅. 践行大食物观促进全民营养健康和可持续发展的战略选择[J]. 农业经济问题, 2023(5):11-21.
- [23] 袁隆平. 水稻的雄性不孕性[J]. 科学通报, 1966(4):185-188.
- [24] 高鸣,魏佳朔. 新一轮千亿斤粮食产能提升的源泉:全要素生产率的增长与贡献[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2024(1):15-27.
- [25] 黄季焜. 践行大食物观和创新政策支持体系[J]. 农业经济问题, 2023(5):22-35.
- [26] 罗必良,耿鹏鹏. 农业新质生产力:理论脉络、基本内核与提升路径[J]. 农业经济问题, 2024(4):13-26.
- [27] 黄季焜,胡瑞法. 中国种子产业:成就、挑战和发展思路[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2023(1):1-8.
- [28] 罗必良. 种业振兴与粮食安全[J]. 华南农业大学学报, 2023(6):827-836.
- [29] 王栋,陈源泉,李道亮,等. 农业领域若干颠覆性科技初探[J]. 中国工程科学, 2018(6):57-63.
- [30] 韩成吉,刘静,王国刚,等. 农业废弃物循环价值核算方法与案例研究[J]. 中国农业资源与区划, 2021(2):25-34.

Research on Empowering the Development of Agricultural New Quality Productivity with Disruptive Technological Innovation

Zhang Lu Wei Zuda

Abstract: Disruptive technological innovation is an important driving force for promoting the development of agricultural new productivity and leading the transformation of agricultural modernization. In the context of a large country with small agricultural production scale, disruptive technological innovation and its results transformation imply contradictions between the small-scale household management pattern and the requirements for large-scale application scenarios of disruptive technological innovation, the contradiction between the livelihood security functions of agriculture and the high returns required by the high inputs of the disruptive technological innovation, the contradiction between the variable characteristics of consumer demand such as food and the long-term research cycle of disruptive technological innovation, and the contradiction between the non-farm labor migration and the high quality of labor required for the application of disruptive innovative technological products. Therefore, at present, disruptive technological innovation and its application in the agricultural field should be established for the goal of stabilizing the foundation, guaranteeing demand, increasing greenness and strengthening resilience, focusing on five directions of seed industry innovation, synthetic biology, biomass engineering, intelligent agricultural machinery, and smart agriculture. Meanwhile, efforts should be made to improve the agricultural production and management system, perfect the mechanism for agricultural scientific and technological innovation, innovate the mode of agricultural industry development and cultivate high-quality production and management subjects, so as to inject new energy into the development of agricultural new quality productivity.

Key words: agricultural new quality productivity; disruptive technological innovation; biological technology; digital technology

责任编辑: 澍文