

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*

龚斌磊 (浙江大学农业现代化与农村发展研究中心,杭州,310058)

王 硕 代首寒 张书睿 (浙江大学公共管理学院,杭州,310058)

摘 要:本文认为大食物观的目标体现了粮食安全内涵的深度延伸、粮食安全外延的横向拓展、农业全产业链的纵向整合和农食系统的绿色低碳转型。在大食物观的要求下,中国农业体系仍然面临安全性、营养性、稳定性和可持续性等方面的诸多挑战,亟需科技创新的突破和支撑。因此,新时期农业科技创新必须从以下方面发力:以粮食安全为基石,夯实粮食生产能力;从主粮到农林牧渔,拓宽食物供给种类;从生产端到产业链,确保全链提质增效;从唯产量到要生态,促进农业绿色转型。基于此,相应的农业经济研究可以从农业技术创新、林牧渔业现代化、农食系统转型和农业绿色发展等四个方面开展。

关键词:大食物观;农业科技创新;粮食安全;农业技术经济

DOI:10.13246/j.cnki.iae.2023.05.009

一、引言

“食为人天,农为正本”。解决好十几亿人口的吃饭问题,始终是党中央治国理政的头等大事。2021年中国粮食产量再创新高,实现连续十八年丰,产量连续七年稳定在1.3万亿斤以上,年人均粮食占有率达483公斤,远超400公斤的国际粮食安全线,端牢了中国人自己的饭碗^①。但应注意的是,饭碗里不能只有粮食,除了“饭”还要有“菜”。随着人民生活水平的提升和食物消费结构的升级,老百姓的食物需求越来越多样化,这就要求在确保基本的粮食供给同时,也要保障肉类、蛋奶、蔬菜、水果、水产品等各类食物的有效供给。大食物观提倡广泛开发国内食物资源,拓宽食物来源,增加食

物总量。大食物观的雏形最早来自于习近平同志1990年在福建工作时提出的理念,并随着经济社会变迁和“三农”工作走向的变化而不断丰富和发展^②,该理念顺应了食物供求关系的变化,也更加贴近国际社会强调的食物安全(Food Security)的概念。

此外,大食物观的理念还与国际上农业食物系统(Agrifood Systems),或食物系统(Food Systems)倡导的观念具有一定的相似度,后者是指农业与食物价值链上的所有活动和要素及其交互关系的总和(樊胜根等,2022)。食物系统涉及领域广泛,不仅为人类提供所需要的热量和营养物质,还包含农业

* 项目来源:国家自然科学基金(编号:72161147001,72173114,72061147002),国家社科基金重大项目(编号:21&ZD092)。感谢胡瑞法和盛誉的建设性意见。张书睿为本文通讯作者

① 再创新高!2021年全国粮食总产量达13657亿斤,http://www.gov.cn/xinwen/2021-12/06/content_5657602.htm

② 党的十八大以来,大食物观多次在重要场合被提及,2015年中央农村工作会议提出,要求“树立大农业、大食物观”,2016年,“树立大食物观”作为优化农业生产结构和区域布局的重要内容写入中央“一号文件”,2017年,中央农村工作会议对大食物观的要求进行了更为深刻的论述,“向耕地草原森林海洋、向植物动物微生物要热量、要蛋白,全方位多途径开发食物资源”。2022年,习近平同志在看望参加全国政协十三届五次会议的农业界、社会福利和社会保障界委员时进一步明确大食物观是粮食安全的范畴,并且在构建多元化食物供给体系方面提出了更为详尽和明确的指导意见

与食物生产所需的水土等自然资源的合理利用。大食物观也提倡放眼整个国土资源,关注农业全产业链,立足人的全生命周期需求,以绿色可持续的方式拓宽食物来源,增加食物总量,为端牢中国饭碗持续发力。综上,大食物观就是在保障粮食安全的同时,从人民美好生活需要出发,将重要农产品供给摆在同等重要的位置,兼顾农食系统绿色转型。可以说,大食物观是中国式农业现代化的体现。

从人民美好生活的需要出发,保障重要农产品供给,大食物观更多强调立足国内资源,提倡依靠科技驱动。然而,由于近年来全球农产品供应链不

确定性和风险增加,国内农业生产的资源环境约束趋紧,气候变化和自然灾害等事件频发,未来中国农业对农产品供给保障压力增大。在百年未有之大变局的激荡中,坚持科技进步引领农业高质量发展是党中央着眼于世情、国情及农情做出的重大战略决策,也是大食物观下端牢中国饭碗的必然要求。本文在深刻理解大食物观内涵的基础上,从理论上探讨大食物观指导下农业科技创新需要把握的四个要求和战略选择,从而提出新时期农业科技创新支撑的战略选择,最后本文还探索了大食物观视角下农业技术经济的研究热点问题,为夯实农业发展与食物安全之基提供学术支撑。

二、农业科技创新支撑大食物观的理论思考

只有全面准确理解大食物观的目标和内涵,才能更好地把握我国农业科技的创新导向。本文认为大食物观的目标体现在安全性、营养性、稳定性和可持续性四个方面,对应了大食物观的四项内涵要求:第一,粮食安全内涵向深度延伸;第二,粮食安全外延向横向拓展;第三,农业全产业链向纵向整合;第四,农业生产向绿色低碳转型。

(一) 农业科技创新支撑大食物观的分析框架

大食物观的目标体现在安全性、营养性、稳定性和可持续性四个方面(见图1)。大食物观的安全性目标要求保障基本农产品的供给安全,是基于粮食安全目标的深度延伸,即通过粮食作物育种、耕地保护技术等科技创新提高粮食生产能力,从数量和质量两个方面双重保障重要农产品供给,实现谷物基本自给、口粮绝对安全,同时兼顾优质口粮和饲料粮安全。大食物观的营养性目标要求满足居民食物消费的营养需求,是指粮食安全关注对象从主粮拓展到农林牧渔业多种农产品,要利用设施种植技术、新型食品研发技术等科技创新拓宽食物供给种类。大食物观的稳定性目标要求农产品供应链有一定韧性,是指通过减损技术、数字化技术、遥感技术等高新技术提升农产品供应链稳定性,实现全产业链的纵向整合。大食物观的可持续性目标要求生产绿色可持续,是指使用亲环境技术、减排固碳技术等环境友好型技术促进农业绿色转型,有效应对农业生产端面临的资源环境压力和气候风险,实现农业绿色低碳发展。

(二) 大食物观的内涵要求

第一,大食物观体现了粮食安全内涵的深度延伸。以粮食安全为基石是大食物观的根本所在,没有粮食作物的安全供给,推进大食物观就是“空中楼阁”。国家在粮食安全方面的要求和概念范畴并非一成不变,从解决吃饭问题到强调粮食综合自给率,再到把中国人的饭碗牢牢端在自己手中,粮食安全目标一直在根据内外部形势变化而调整(李雪等,2021)。大食物观是粮食安全观念的战略性转变和历史性演进的体现,其延伸了传统的粮食边界,丰富了新时期粮食安全的内涵,从以数量安全为主扩展到质量安全、能力安全等多个维度,进而更深层次地把握粮食安全,这已成为中国粮食安全战略的重要组成部分。以大食物观为指导,粮食安全的核心要义仍要确保谷物基本自给、口粮绝对安全。随着保护生态环境、低耗高效等绿色发展要求日益提高,未来谷物生产的各种约束条件在不断增加,粮食安全在深度上要向优质口粮和饲料粮安全延伸。在小麦、水稻两大口粮绝对安全的基础上,打造第三口粮、提高包括杂粮、杂豆、薯类、全谷物等食物在内的消费是关键。从饲料粮安全角度,肉蛋奶类食物的生产均需要消耗大量玉米、大豆等饲料粮,可见饲料原粮的保障是实现食物安全的重要基础。但当前中国饲料原料供需仍处于偏紧状态,进口依赖程度较大,保障饲料原料供应安全势在必行。

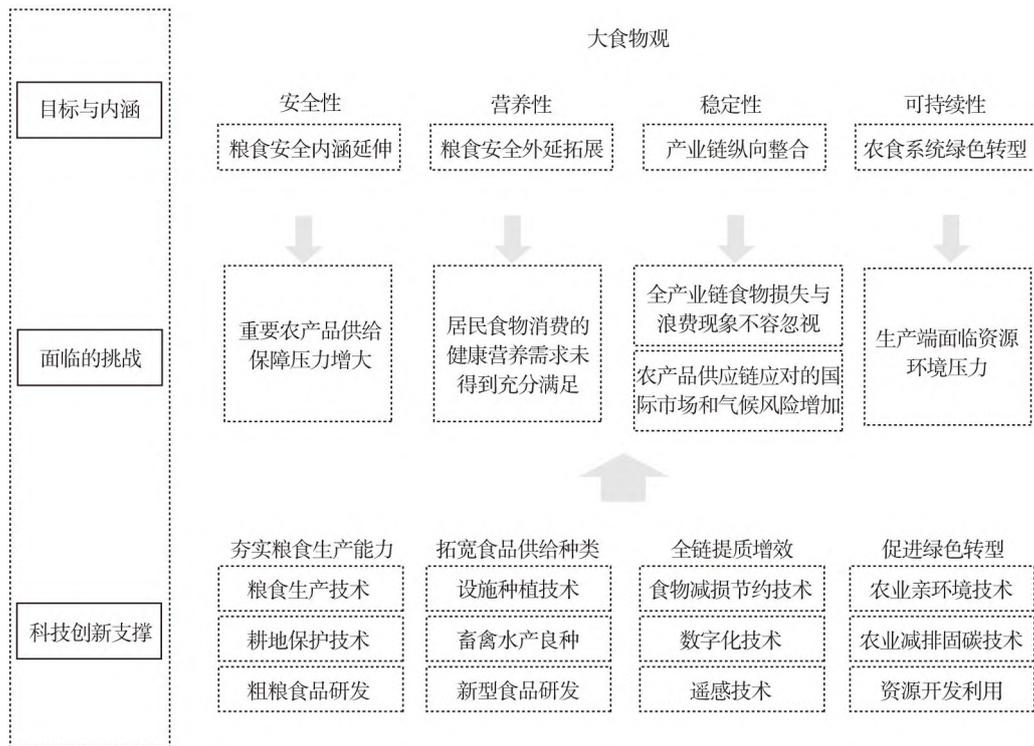


图1 农业科技创新支撑大食物观的理论框架

第二,大食物观体现了粮食安全外延的横向拓展。大食物观将粮食安全关注的对象从主粮延伸到整个农林牧渔业产品,在确保口粮安全的前提下,不断拓宽食物供给种类,提升国民营养健康水平。首先,要保障食物供给充足。过去长期形成的思维惯性是提到农业指的就是种植业和耕地资源,甚至只是粮食。在大农业观指导下,要把粮食安全的视野拓宽,在守住国家粮食安全底线的前提下,把眼光投向19亿亩耕地之外的33亿亩的森林、4亿公顷的草原和300万平方公里的海洋,“向耕地草原森林海洋、向植物动物微生物要热量、要蛋白,全方位多途径开发食物资源”^①。其次,还要保障食物供给营养多元,鼓励消费者调整饮食结构,丰富食物选择的种类与范畴,均衡膳食。习近平同志强调,“要从更好满足人民美好生活需要出发,掌握人民群众食物结构变化趋势,在确保粮食供给的同时,保障肉类、蔬菜、水果、水产品等各类食物有效供给”^②。

第三,大食物观重视农业全产业链的纵向整合。大食物观倡导食物供给安全,涉及食物的获取、摄入、转化和利用的全过程,因此,也相应地覆盖食物的生产、加工和流通各个环节,体现了农业全产业链的纵向整合。在大食物观指导下,不仅要重视农业生产,还需要保证上游的科研工作和农资要素生产,以及下游的加工、流通和分配等环节,才能真正确保食物供给安全。在大食物观指导下培育农业全产业链,不仅要在横向上推动食物供给由单一生产向多元供给转变,还要在纵向上打通“生产—流通—消费”相关环节的壁垒,延伸产业链条,完善支撑体系,强化保障措施,最终形成全链条、多主体的系统圈层。

第四,大食物观重视农业食物系统向绿色低碳转型。大食物观基于生态系统可持续发展理论,既包含了生产方式的绿色转型,也包含了生产区域的合理布局。中国农业生产长期受到资源短缺的约

① 央广网·中央农村工作会议在北京举行 习近平作重要讲话, http://china.cnr.cn/news/20171230/t20171230_524081808.shtml

② 新华社·习近平看望参加政协会议的农业界社会福利和社会保障界委员, http://www.gov.cn/xinwen/2022-03/06/content_5677564.htm

束,近年来频频遭受气候变化和环境恶化的双重冲击,严重威胁了食品安全供给(Chen等,2021)。大食物观从保障农产品供给的角度出发,要求农业食物系统必须向高效的、营养的、可持续的、有包容性和有韧性的方向转型,以应对多重风险叠加的影响(樊胜根等,2020,2022)。“在保护好生态环境的前提下,从耕地资源向整个国土资源拓展,宜粮则粮、宜经则经、宜牧则牧、宜渔则渔、宜林则林,形成同市场需求相适应、同资源环境承载力相匹配的现代农业生产结构和区域布局”^①。

(三)大食物观面临的挑战亟需科技创新的突破

第一,重要农产品供给保障压力增大。在食物供给数量方面,我国当前总体上能够实现“谷物基本自给,口粮绝对安全”的粮食安全目标,但蛋白类产品进口缺口增大,大豆、植物油、奶类和饲料粮进口量大幅度上升,中国粮食供求紧平衡的格局长期不会改变(杜鹰等,2022)。从中长期预测来看,人民对口粮(水稻和小麦)的需求将下降,但对畜产品和饲料需求将持续增长,大豆和玉米是主要进口的农产品(黄季焜,2021)。在食物供给品质方面,随着消费者食品安全意识增强,优质食物需求增加,例如对优质大米和特种小麦(例如强筋、弱筋小麦)的需求增长(黄季焜,2021)。但目前我国安全、优质的食物品种供给难以满足社会需求,仍然主要依靠进口的方式。在我国水土资源稀缺的背景下,深入挖掘国内粮食生产潜力,需要有良种技术、耕地保护技术等科技创新的支撑。

第二,健康营养需求未得到充分满足。改革开放以来,中国食物生产供给显著增长,但总体呈现出数量足、能量够,但结构尚不合理三大特征(陈志钢等,2019)。中国居民面临膳食结构不平衡、营养不足和超重肥胖的结构性问题(樊胜根,2022)。从摄入种类来看,当前中国居民食物摄入不均衡,水果、蔬菜、水产品及奶制品摄入不足,与《中国居

民膳食指南(2016)》合理膳食模式相比,水果、水产品 and 奶制品分别少摄入了65%、65%和80%,城乡居民蛋白质少摄入了20%。随着经济社会发展和生活水平的提高,居民对全谷物、深色蔬菜、水果、奶类、鱼虾类和大豆类健康食品的需求会越来越大。目前只有约20%的成人居民杂粮摄入能达到日均50克以上,且品种多为小米和玉米;深色蔬菜和水果摄入均未达到合理膳食要求;奶类产品消费和摄入量一直处在较低水平;不足1/3的成年人每天平均摄入40克以上的鱼虾类产品;大豆类食品消费量不足^②。上述需求端出现的问题要从供给侧解决,增加水果、蔬菜、水产品 and 奶制品等优质农产品的产量和供给能力,充分挖掘森林、草地、湖泊和海洋等资源的潜力,依托设施农业、良种技术、新型食品研发技术等科技创新提升农产品供给的数量和质量。

第三,全产业链食物损失与浪费现象不容忽视。我国粮食、蔬菜、水果、肉类和水产品在生产后阶段的损失率分别为7%、22%、17%、8%和11%^③。以粮食为例,我国三大主粮的损失率约为20%(武拉平,2022),粮食生产和收获环节约占整体粮食损失和浪费的27%,储存和运输环节约占33%,加工和包装环节约占9%,消费环节约占31%^④。减少产业链环节的食物损失和浪费需要依托加工、运输和仓储等环节的新技术,降低各个流程的食物损耗。特别是对于生鲜食品,冷链物流环节的基础设施建设至关重要。

第四,农产品供应链面临的国际市场和气候风险增加。当今世界百年未有之大变局正在加速演进,国际形势、地区冲突和全球疫情等突发事件加剧全球贸易和投资风险,对全球粮食生产、农产品供应链和农资供应等造成了严重冲击,加剧了我国食物安全的外部风险(朱晶等,2022)。同时,近年来全球气候变化导致极端事件频发,农业生产基础

① 新华社·习近平看望参加政协会议的农业界社会福利和社会保障界委员, http://www.gov.cn/xinwen/2022-03/06/content_5677564.htm

② 中国营养学会·中国居民膳食指南科学研究报告(2021年), <https://www.chinanutri.cn/yyjkzxp/yyjkkpzs/yytsg/zgjm/202103/P020210311486742870527.pdf>

③ 中国农业大学国家农业科技战略研究院,国家农业科技发展智库联盟·贯彻大食物观专题研究报告(二).农科智库要报,2022(4)

④ 王凤忠·以科技创新推进粮食绿色减损.农民日报,2021, https://theory.gmw.cn/2021-06/06/content_34903265.htm

稳定性遭受冲击。IPCC 第六次评估报告显示,由于气候变化,在许多人口稠密地区,极端风暴、洪水、干旱和野火的频率和(或)严重程度预计还会增加,对我国农业生产的挑战增大^①。例如2020年湖南、江西严重洪涝导致早稻单产减少,2021年北方5省遭遇罕见秋汛导致1.1亿亩冬小麦晚播等^②。应对外部冲击,提高农产品供应链韧性,要充分利用科技手段,加强监测预警,防范和化解农产品供应链中的风险因素。

第五,生产端面临资源环境压力。一是我国人均农业资源匮乏,水土资源利用情况不容乐观。根据自然资源部和水利部的数据,2009—2019年,中国的耕地面积减少了730万公顷,且耕地质量仍有

较大提升空间^③。中国农田灌溉水有效利用系数为0.56,远低于发达国家水平(0.7~0.8)。二是减少农业面源污染任重道远。2017年农业污染源的化学需氧量、总氮和总磷排放量分别比2007年下降了19%、48%和26%,但仍是主要污染源^④。三是农业碳减排问题不容忽视,有研究表明,在不采取任何减排措施的情况下,2060年中国农业碳排放将比2018年增长65%,达1321.96百万吨二氧化碳当量(赵敏娟等,2022)。在资源有限、环境和气候恶化的压力下,保持农业生产的绿色可持续,需要在减排、降污和固碳技术上发力,转变农业生产方式。

三、农业科技创新支撑大食物观的战略选择

科技是解决吃饭问题的根本出路,为应对当前的诸多挑战,未来中国要在“大食物观”的指导下,改进和强化农业科技创新支撑,积极回应“大食物观”在安全性、营养性、稳定性和可持续性四个方面的要求,端牢中国人自己的饭碗。具体而言,可以从以下方面做出改善。

(一) 以粮食安全为基石,夯实粮食生产能力

守住国家粮食安全底线是贯彻“大食物观”的首要任务。国家粮食安全的要害是种子和耕地,根本出路在科技创新。强化“大食物观”的安全性目标,解决食物供给数量和品质问题,要求农业科技创新从粮食作物育种、耕地保护技术和谷物食品开发角度推进。

第一,继续加强粮食生产技术创新。重视良种的创新以保障口粮和饲料粮的安全(黄季焜,2021),同时通过良种创新扩展谷物产品的种类并提高营养价值。具体而言,要在保护和收集粮食作物种质资源的基础上增强规模化和精准化鉴定技术(蒋和平等,2022),为种质资源创新、品种选育和良种推广提供条件。通过现代生物技术培育高产、优质和抗逆的突破性品种(展进涛等,2017;冯锋等,2022),加强玉米、大豆等饲料粮的安全保障。

在生产技术方面,研发精简、高效的粮食生产栽培技术,根据耕作地形和粮食作物种类研发适宜的农业机械装备,突破农机装备核心部件以及精密作业关键技术的研发瓶颈。此外,进一步提高粮食生产过程中装备的智能化水平,通过大数据、物联网和传感等技术与农机装备融合,实现精准化种植,为粮食生产提供技术支撑。

第二,持续推进耕地保护技术创新。保护耕地就是保证粮食安全生产能力。一方面,加强高标准农田建设,围绕黑土地保护、土壤质量提升与保育、退化耕地治理和耕地重金属污染治理方向进行技术创新,在秸秆快速腐熟、有机质功能提升、土壤重金属移除和污染修复技术、固碳减排等关键技术进行攻关,为耕地质量提高提供技术支撑。同时,需要建立耕地质量检测体系,围绕耕地质量检测所需要的遥感、计算机、大数据和物联网等技术进行创新,动态监测耕地质量,为耕地保护工作提供技术支撑,筑牢粮食生产根基。

第三,兼顾全谷物等粗粮食品的技术研发。全谷物是指未经精细化加工或经碾磨(粉碎或压片等)处理但仍保留了完整谷粒所具备的胚乳、胚芽、谷皮和糊粉层组分的谷物。全谷物食品的安全

① AR6 Synthesis Report, <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>

② 我国夏粮大面积开镰收获, http://www.moa.gov.cn/xw/shipin/xwzx/202205/t20220530_6400935.htm

③ 农业农村部. 2019年全国耕地质量等级情况公报, https://www.moa.gov.cn/nybg/2020/202004/202005/t20200506_6343095.htm

④ 中华人民共和国生态环境部等. 第二次全国污染源普查公报, http://www.gov.cn/xinwen/2020-06/10/content_5518391.htm

性、口感要求、功效成分和营养特性保留比精制谷物标准更高。全谷物食品的供给需要解决食用方便性、口感和面筋形成等技术问题,因此除了推进谷物育种技术和种植技术等生产技术的创新外,还需要破除全谷物食品开发的技术障碍。加工技术创新是全谷物食品发展的关键因素,需要形成全谷物精深加工独立研发体系,通过新技术、新装备解决上述问题。例如通过新型整籽粒磨粉技术、酶辅助加工发酵技术和萌芽技术等生物加工技术等来缩短全谷物食品蒸煮时间,提升食用口感和营养含量(谭斌等,2019)。

(二) 从主粮到农林牧渔,拓宽食物供给种类

当前中国居民食物消费结构不合理,且长期来看食物多元供给面临压力。强化大食物观的营养目标,要以农业技术创新引领食物供给向营养健康转型,提升多元化食物供给能力。要求科技创新从设施种植业现代化、畜禽产品和水产品良种技术以及新型食品研发技术角度发力。

第一,突破设施种植业现代化关键技术,提升蔬菜水果稳产能力。我国是设施种植业第一大国,绝大部分用来种植设施蔬菜(含食用菌)和设施水果,经济效益是大田作物的20倍以上,是露地园艺作物的4~5倍^①,然而我国大多数设施种植业还没有设立标准,极少数能够实现自动化、机械化和智能化。一方面加大设施种植装备科技创新投入力度,支持产学研协同攻关,突破精量播种、育苗嫁接、移栽和收获等环节技术装备短板。加快提升环境调控和植保作业的机械化水平,推广普及土地耕整和灌溉施肥技术装备。推动电动运输、水肥一体化设施以及多功能作业平台等与温室结构集成配套。另一方面加快信息化和机械化融合,推广环境自动调控、水肥一体化智能控制和作物生长信息监测等技术。加大科技攻关力度,重点突破设施种植装备专用传感器、自动作业、精准作业和智能运维管理等关键技术装备,研制嫁接、授粉、巡检、采收

等农业机器人和全自动植物工厂,实现信息在线感知、精细生产管控和高效运维管理。

第二,重视畜禽产品、水产品等新品种的创制。目前支撑中国肉蛋奶产量的核心种源对外依存度高,畜禽、水产种业与国际先进水平仍有很大差距,突破性新品种培育能力不足,尤其是白羽肉鸡、奶牛品种自给率偏低(仇焕广等,2022;王以中等,2022)^②。首先,在政策层面要做好顶层规划,以畜牧业为例,要积极推进优质生猪、白羽肉鸡、奶牛等禽畜良种攻关及科学饲养。针对依赖进口的种源(白羽肉鸡)持续提升自主培育品种性能水平,实现种源自主可控;针对与国外先进水平有差距的种源(主要是猪、奶牛、肉牛和羊等),加快现代育种技术应用,力争在饲料转化率、产仔数等主要生产性能方面阐述,尽快缩小与国际先进水平的差距;针对有竞争优势的种源(主要是蛋鸡、黄羽肉鸡和鸭等),建立健全商业化育种体系,持续保持种源竞争优势。其次,体制机制层面要强化企业主体地位。例如,2022年8月农业农村部遴选畜禽种业阵形企业86家、水产种业阵形企业121家^③,推动技术、人才和资金等要素集聚,开展种业振兴攻关。最后,在保障层面要加强知识产权保护,健全法律法规,强化监管。针对仿冒仿制、套牌假冒等行为开展专项执法活动,优化畜禽种业创新环境。

第三,探索研发替代蛋白等新食品原料,挖掘新型食品资源。中国蛋白质资源紧缺,传统蛋白质在数量、质量和可持续方面越来越难以满足需求,因此植物蛋白、微藻蛋白、微生物蛋白、昆虫蛋白甚至细胞培养产品等都是蛋白质来源。替代蛋白是从植物(例如谷物、豆类、坚果等)、昆虫和真菌等方式获得的富含蛋白质的成分,其中植物基食品的发展较为可观,植物乳、植物肉和植物蛋等植物基食品产业在国内已渐成规模,但这类食品还存在技术难题,例如植物肉口感、风味问题,植物蛋白饮品种少、规模小,以及生产过程中的变质、分层问题

^① 中国农业大学国家农业科技战略研究院,国家农业科技发展智库联盟. 贯彻大食物观专题研究报告(二). 农科智库要报, 2022(4)

^② 根据仇焕广等(2022),2019年中国奶牛品种自给率为25%,白羽肉鸡品种几乎全部依赖进口。直到2021年11月,中国首批自主培育的“圣泽901”“益生909”“广明2号”等三个白羽肉鸡新品种,通过国家畜禽遗传资源委员会审定,打破了国外对白羽肉鸡种源的长期垄断

^③ 抓住两个“要害”夯实粮安根基, http://www.moa.gov.cn/ztl/wcbgclz/qglb/202212/t20221226_6417568.htm

等。在植物基替代蛋白的制备中,要研究高效环保的产业化提取技术,例如酶法提取技术,还要精密调控蛋白质结构,对风味和口感调控进行调整。

(三) 从生产端到产业链,确保全链提质增效

从生产端到产业链环节,农产品全产业链损失率高,食物损耗严重。此外,农产品供应链应对气候、灾害等的风险冲击能力薄弱。强化大食物观的稳定性目标,要运用减损技术、数字化技术和遥感技术等农业技术创新推动全产业链提质增效,从而确保食物稳定供给。

第一,推动全产业链食物减损和节约技术创新。在生产环节,首先要培育高产、多抗、低损和宜机特性的品种,推广精量播种技术,从源头减少损耗。其次要通过农机技术实现精细化收获,降低过程损耗;在储藏环节,以机械通风、谷物冷却、环流熏蒸、粮情测控为主的“四合一”技术有效降低粮食储备过程中的损失。在运输环节,开发应用铁水联运接卸技术、粮食铁路运输专用车皮和专用散粮车、液压粮车卸车装置等有效减少运输环节的粮食损耗^①。在加工环节,优化加工技术装备和工艺,提高成品粮出品率和副产物综合利用率。对于生鲜食品,产后供应链科技研发及产业化进程仍然滞后,应当把加强冷链等基础设施建设和减少食物损耗技术作为动物蛋白保供的重要途径。

第二,推进数字化技术在农产品产业链的应用。物联网、大数据、区块链和人工智能等技术的发展为农产品产业链的数字化转型提供了底层技术支撑,因此数字化技术应用更为重要。总体上,要建设全产业链大数据中心,构建全过程管理数据和分析服务模型,整合产业链各个环节所涉及的物流、资金流、信息流和商流,拓展产业链,提升价值链,完善利益链(农业农村部信息中心课题组等,2022)。例如,在生产环节,要推进大数据、物联网和区块链等数字化技术在农业领域应用,建立农业资源要素、生产管理和监督管理数据库,提升农业生产智能化水平;在流通环节,加强农村电商主体培训培育,引导农业生产基地、农产品加工企业、农资配送企业和物流企业应用电子商务,发展直播带

货、直供直销等新业态。

第三,运用遥感技术对农情进行监测预警,防范和化解农产品供应链中的风险因素。遥感技术在作物面积判定、产量估算、作物长势监测和洪涝病虫害等灾害预报以及土壤墒情监测、水肥管理等领域应用广泛。在及时获得农业灾害面积、范围和程度等信息的同时,实现农业灾害的精确空间定位并做好农业灾情灾损评估和灾害的分析预测,为政府和农业相关主管部门及时掌握农业灾情并采取相应措施提供决策支持。

(四) 从唯产量到重视生态,促进农业绿色转型

当前我国农业生产端压力增大,强化大食物观的可持续性目标,应以亲环境技术、减排固碳技术和资源开发技术等农业技术创新推动农业向绿色发展转型。

第一,加强农业亲环境技术推广,提高农业生产率和农业资源利用率,推进农业节本增效。亲环境技术相对于高产良种技术、化肥农药等以提高产量为导向的传统农业技术而言,兼顾技术的经济性和环保性,可以解决传统农业技术中忽视资源保护和污染控制不足的问题。2018年《农业绿色发展技术导则(2018—2030年)》中涵盖了农业产前、产中、产后各个环节需要研发和推广的绿色投入品、技术模式和标准规范等,包括高效优质多抗新品种、节能低耗智能化农业装备等绿色投入品研发,化肥农药减施增效技术、农业废弃物循环利用技术、畜牧水产品安全绿色生产技术的研发与推广等。因此,要进一步以此为导向,通过农业亲环境技术的创新和推广,推动农业绿色转型。

第二,加快农业减排固碳技术创新,助力2030年“碳中和”和2060年“碳达峰”目标实现。2021年11月农业农村部生态与资源保护总站发布了农业农村减排固碳十大技术模式,涵盖种植业减排固碳、畜牧业减污降碳和渔业减排增汇等重点领域^②。短期内可以通过禁止秸秆焚烧、测土配方和有机肥替代等施肥技术减少碳排放,中长期可以通过高效粪便管理、改善畜牧饲料结构、优化水稻田

^① 农民日报·科技创新支撑粮食减损降耗, https://theory.gmw.cn/2021-11/18/content_35319338.htm

^② 农业农村部农业生态与资源保护总站·农业农村减排固碳十大技术模式发布, http://www.reea.agri.cn/stkzsy/202111/t20211122_7782554.htm

间管理和农业新能源转型等方式实现碳中和目标(赵敏娟等,2022)。此外,相应技术的成本收益和减排效果评估有待大规模试验数据的支持,进一步加强农业温室气体排放监测技术和方法的创新,加强排放数据建设,为农业减排固碳的评估提供支撑。

第三,重视森林、草原和江河湖海等资源开发利用的技术创新。向森林要食物,要保护具有特色资源的重要树种,重点研制具有高产、高抗等特性的新品种;攻克高效精准育种、高效授粉和土壤微环境修复等关键技术;研发无人植保、智能运输、高效采收和清洁烘干等省力化、轻简化技术和智能装备,大力开发多种木本粮油(例如核桃、油茶、板

栗、油橄榄等)产品。向草原要食物,应当通过围栏封育、补播改良、施肥浇水和人工种草等恢复技术对草原进行生态恢复和生产力提升,通过优质高产、抗逆草品种培育应用,构建草地改良和高产稳产技术体系,研制饲草加工与高效转化利用技术与装备等,实现“化草为粮、以草换肉”,降低对进口饲料粮的依赖^①。向江河湖海要食物,发展大水面生态渔业和深海渔业应该加强养殖区域生态环境承载力评估、环境修复技术、增殖放流技术、精准捕捞技术、设施渔业技术、休闲渔业技术及渔业管理、装备、平台、模式等关键技术和设施的研发与推广。

四、大食物观视角下的农业经济研究展望

(一) 农业技术创新与粮食安全

大食物观在粮食安全的基础上,进一步强调其他食物的均衡发展,满足居民健康饮食和膳食均衡搭配的多元化需求。但是,需要清醒地认识到粮食安全是国计民生的基石,保护粮食生产和供给仍居首要的位置,应持续对其予以关注,就技术进步、技术采纳和生产经营模式等问题继续探索。具体来看,对于技术进步问题,需要根据水土资源高度稀缺的国情,结合技术进步和技术引进的成本收益,探究中国农业的技术进步路径(郑旭媛等,2017;孔祥智等,2018;龚斌磊,2022),同时进行国家之间的横向比较(Gong,2020)。另外,鉴于大豆自给率长期较低和玉米自给率逐渐下降的问题,大豆和玉米生产技术改进也是我国学界和政府关注的热点,例如,特定品种的推广对消费者、生产者和供应商福利的变化(Lee等,2022)。同时粮食生产过程中的新技术采用对于提高作物生产率同样起到关键作用,因此需要持续研究新技术对生产力的影响,并且识别出新技术采用的决定因素,探究农户技术采纳行为的驱动因素和增收激励相容机制(秦诗乐等,2020)。例如,农民先验种植知识的偏差会对作物种植新技术采纳产生影响(Perry等,2022)。此外,通过土地经营规模化、农业经营组织化和农业服务社会化实现小农户与现代农业的衔

接也是学界的研究热点,如何通过制度、政策创新和新型经营主体引领等方式促进小农户利用好现代农业技术,同样是值得继续探讨的问题。

当然,在大食物观的视角下,粮食安全议题也存在一些值得关注的新方向。树立大食物观,要求因地制宜发挥资源禀赋的优势,对于粮食生产而言,优化生产区域布局是重要议题。生产布局优化是保证粮食安全的重要途径,随着技术和资本等要素加速流入农业,农业生产条件、成本和流通等方面的格局均会产生改变,粮食生产布局亦会随之调整。其中,技术进步对于区域粮食生产结构变化的影响以及技术进步对粮食生产布局变动的影响等问题均值得重视。例如,育种技术的进步会导致作物种植区域中心的变动,引起小麦生产区域布局的变化(Olmstead等,2011)。除此之外,作物选择、耕作方式和农机创新等因素也会增加农户对于环境的适应性,导致生产区域产生变动,在特定区域情境下分析此类问题同样具有价值。

(二) 林牧渔业现代化与食物供给

大食物观视角下,经济作物和林牧渔业现代化被提到重要位置。林牧渔业现代化是保障农产品供给的重要支撑,在确保粮食安全的前提下,拓展了食物供给种类,保证了居民多元、营养的食物需求。之前,农业技术经济乃至农业经济主要关注的

^① 问技大食物观. 瞭望,2022,http://lw.news.cn/2022-12/05/c_1310681709.htm

对象一直是狭义的种植业甚至是更狭义的主粮,忽视了更大范围的林牧渔业^①。因此,以大食物观为指导,要改变传统的“重种植业、轻林牧渔业”观念。

首先,由于林牧渔业内部差异较大,各自面临的现实问题均不同,要先摸清其发展现状和现代化水平,重视相关产业的投入产出数据收集、整理和核算,对其生产效率进行科学测算(龚斌磊等,2020)。其次,从不同细分产业实际出发,关注各自产业中的技术研发、技术推广和技术采纳等农业技术经济学议题,探索适合本产业的现代化路径及其在农产品保供中发挥的作用。例如,食物消费结构演变对林牧渔业结构调整的影响,数字化、信息化技术在林牧渔业中的应用,养殖业废物资源化利用等。对于林草业,如何建立健全生态保护补偿机制,对其进行生态恢复和生产提升,是林草业现代化的核心问题(Hou等,2021)。对于畜牧业,如何优化畜牧业自给政策目标导向,消除畜产品生产供应问题隐患,全面提升供应保障能力,是畜牧业现代化的关键问题。对于渔业,如何优化产业结构和布局,扩大优质水产品供给,拓展绿色发展空间,是渔业现代化的重要问题。最后,对于经济作物,设施农业的技术研发、技术标准、技术进步、技术采纳与技术评估也值得研究。

(三) 农食系统转型与未来食品消费

大食物观与农业食物系统高效、营养、包容、有韧性、可持续的转型目标协调统一。总体来看,关注农业支持保障政策、技术导向等顶层设计如何支持农食系统转型是值得关注的议题。具体来看,数字化技术对食物减损、食物流通效率的影响评估,信息技术如何结合农业科技推广促进技术扩散(孙亮,2022),农食系统转型对弱势群体权益保障、缩小城乡收入差距、改善居民营养健康状况、改善农民生计等方面的影响和溢出效应需要中国范围内大规模实证数据检验。

在流通环节,电商对农食系统的重塑是近年来

学术热点。电商定价策略、农村电商如何为当地农民带来福利等都是较为热门的研究话题(Aparicio等,2021; Couture等,2021; 宋常迎等,2021)。在消费环节,消费者对未来新兴食品接受程度、消费行为如何,是大食物观视角下值得探讨的问题。未来新兴食品泛指以营养、安全、健康低碳为核心目标,利用生物科技的重大突破,采用工厂模式生产,能够替代传统食物生产方式,在可持续发展目标下保障未来人类多元化的食物供给。但由于这些食品生产颠覆了传统种养殖方式,在我国大多属于非传统食品,目前消费者对其认知水平尚未可知。基于此,可以关注消费者对这类新食品的消费意愿和购买行为,同时可以研究政府监管、商家营销模式和宣传策略对消费者未来新兴食品消费行为的影响等,例如信息框架和监管重点对消费者人造肉支付意愿的影响(Zhang等,2022)。

(四) 农业绿色转型与高质量发展

大食物观强调农业生态系统的可持续性,与农业绿色转型与高质量发展目标一致,可以分为治理环境污染和控制温室气体排放两个部分。现有关注农业绿色转型的研究在研究对象上,主要针对农业生产过程中产生的环境污染,如大气污染、水污染和土壤污染等,而对生产过程中产生的温室气体排放,特别是非二氧化碳温室气体排放关注不足。伴随着“双碳”目标的提出,有必要给予后者更多的关注,例如掌握农业氨氮排放的多重影响(Zhang等,2015; Bai等,2016),模拟或实证农业固碳减排技术的环境和经济效应(Guo等,2020; Gu等,2021)、畜牧业减排降污的协同技术创新(张亚捷等,2022)和渔业碳汇形成机制等。此外,在构建农业生产函数时应注意同时考虑污染排放和温室气体排放等非期望产出,利用绿色生产率或碳生产率指标替代传统生产率指标,从而科学评估相关技术进步、特别是绿色技术进步的贡献(龚斌磊等,2021)。

^① 当前,中国农业科研机构仍然以从事种植业研究为主,农业服务业科研机构 and 林业其次,针对畜牧业和渔业研究机构相对较少。根据《中国科技统计年鉴》,2020年从事农林牧渔业的科研机构共949个,其中种植业453个、林业154个、畜牧业63个、渔业45个、农林牧渔业及辅助性活动234个

五、结论

现阶段,中国已完成了从“吃不饱”到“吃得好”的历史性转变,确保饭碗牢牢端在自己手中。随着生活水平的提高,老百姓的食物需求越来越多样化,这就要求新时期中国粮食安全的政策目标不仅要涉及“中国人的饭碗”装什么食物,更要重视碗内食物的结构和营养。习近平同志多次提出要树立大食物观,在确保粮食供给的同时,保障肉类、蔬菜、水果、水产品等各类食物有效供给,要全方位、多途径开发食物资源,开发丰富多样的食物品种,实现各类食物供求平衡,更好地满足人民群众日益多元化的食物消费需求。本文首先从理论上把握大食物观的目标和内涵,强调了大食物观面临的挑战亟需农业科技创新的突破和支撑,从而提出农业科技支撑大食物观的战略选择,最后探索大食物观视角下农业技术经济的研究热点问题,从学术层面为挖掘大食物观下农业技术经济学的研究重点提供参考。

首先,大食物观目标和内涵丰富,深刻把握大食物观的四项内涵要求,第一,要深化对国家粮食安全战略的认识,意识到国家粮食安全的极端重要性,始终绷紧粮食安全这根弦。第二,要树立大农业观、大食物观,认识到要向耕地草原森林海洋、向植物动物微生物要热量、要蛋白,拓展农业边界和食物供给种类。第三,要培育农业全产业链,优化我国农业食物系统,认识到要从抓生产到抓链条、从抓产品到抓产业、从抓环节到抓体系转变。第四,要树立大资源观、大环境观,推动农食系统向绿色低碳转型,认识到必须牢固树立和践行绿水青山就是金山银山的发展理念。

其次,要认识到践行大食物观面临的现实问题。在安全性方面,我国重要农产品供给保障压力增大;在营养性方面,居民食物消费的健康营养需求未得到充分满足;在稳定性方面,农产品供应链韧性和稳定性不强;在可持续性方面,农业生产端面临资源环境的压力增大。

再次,应对现实挑战,回应大食物观的四方面

要求,离不开农业科技创新的支撑。第一,要以农业技术创新夯实粮食生产能力,加强粮食生产技术创新以提高粮食生产效率,推进耕地保护技术创新以夯实粮食生产根基,兼顾全谷物等粗粮食品的研发从而改善居民膳食结构和营养摄入。第二,要以农业技术创新拓宽食物供给种类,突破设施种植业等现代化关键技术,提升蔬菜水果稳产能力;重视畜禽产品、水产品等新品种的创制;发展合成生物学技术,挖掘新型食品资源,探索研发替代蛋白等新食品原料。第三,要以农业技术创新提升农业产业链质量,推动全产业链食物减损和节约技术创新,推进数字化技术在农产品全产业链的应用,运用遥感技术防范和化解农产品供应链中的风险因素。第四,要以农业技术创新促进农业绿色转型,加强农业亲环境技术创新,加快农业减排固碳技术创新,重视森林、草原、江河湖海等资源开发利用的技术创新。

最后,农业科技创新是农业技术经济的重点关注对象,大食物观视角下农业科技创新的演变必然引发新的学术研究热点。第一,在农业技术创新与粮食安全方面,需要根据水土资源高度稀缺的国情探究中国农业的技术进步路径,同时大豆和玉米生产技术改进和粮食生产布局优化问题也值得关注。第二,在林牧渔业现代化与食物供给方面,首先要重视相关产业的投入产出数据收集、整理和核算,对其效率和生产率进行科学测算,其次要从实际出发,关注各自产业中的技术研发、技术推广和技术采纳等农业技术经济学议题。第三,在农食系统转型与未来食品消费方面,农业支持保障政策和技术导向等顶层设计如何支持农食系统转型,农业科技创新如何减少食物无谓损耗,农村电商和未来食品消费等话题值得探讨。第四,在农业绿色转型与高质量发展方面,需要用学科融合的视角,更多关注农业生产过程中产生的温室气体排放,特别是非二氧化碳温室气体排放问题,探究农业减排降污的协同机制。

参考文献

1. Aparicio, D., Metzman, Z., Rigobon, R. The Pricing Strategies of Online Grocery Retailers. National Bureau of Economic Research, 2021

2. Bai, Z., Ma, L., Jin, S., et al. Nitrogen, Phosphorus, and Potassium flows Through the Manure Management Chain in China. *Environmental Science & Technology*, 2016(24): 13409~13418
3. Chen, S., Gong, B. Response and Adaptation of Agriculture to Climate Change: Evidence From China. *Journal of Development Economics*, 2021, 148, 102557
4. Couture, V., Faber, B., Gu, Y., et al. Connecting the Countryside Via E-commerce: Evidence From China. *American Economic Review: Insights*, 2021(1): 35~50
5. Gong, B. New Growth Accounting. *American Journal of Agricultural Economics*, 2020(2): 641~661
6. Gu, B., Zhang, L., Van Dingenen, R., et al. Abating Ammonia is More Cost-effective than Nitrogen Oxides for Mitigating PM_{2.5} Air Pollution. *Science*, 2021(6568): 758~762
7. Guo, Y., Chen, Y., Searchinger, T. D., et al. Air Quality, Nitrogen Use Efficiency and Food Security in China are Improved By Cost-effective Agricultural Nitrogen Management. *Nature Food*, 2020(10): 648~658
8. Hou, L., Xia, F., Chen, Q., et al. Grassland Ecological Compensation Policy in China Improves Grassland Quality and Increases Herders' Income. *Nature Communications*, 2021(1): 1~12
9. Lee, S., Moschini, G. C. On the Value of Innovation and Extension Information: SCN-resistant Soybean Varieties. *American Journal of Agricultural Economics*, 2022(4): 1177~1202
10. Olmstead, A. L., Rhode, P. W. . Adapting North American Wheat Production to Climatic Challenges, 1839-2009. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2011(2): 480~485
11. Perry, E. D., Hennessy, D. A., Moschini, G. C. Uncertainty and Learning in a Technologically Dynamic Industry: Seed Density in US Maize. *American Journal of Agricultural Economics*, 2022(4): 1388~1410
12. Zhang, J., Shi, H., Sheng, J. The Effects of Message Framing on Novel Food Introduction: Evidence From the Artificial Meat Products in China. *Food Policy*, 2022, 112: 102361
13. Zhang, X., Davidson, E. A., Mauzerall, D. L., et al. Managing Nitrogen for Sustainable Development. *Nature*, 2015(7580): 51~59
14. 陈锡文. 切实保障国家食物供给安全. *农业经济问题*, 2021(6): 4~7
15. 陈志钢, 毕洁颖, 聂凤英, 方向明, 樊胜根. 营养导向型中国食物安全新愿景及政策建议. *中国农业科学*, 2019(18): 3097~3107
16. 杜 鹰, 张秀青, 梁腾坚. 国家食物安全与农业新发展格局构建. *农业经济问题*, 2022(9): 4~10
17. 樊胜根, 高海秀. 新冠肺炎疫情下全球农业食物系统的重新思考. *华中农业大学学报(社会科学版)*, 2020(5): 1~8+168
18. 樊胜根, 高海秀, 冯晓龙, 王晶晶. 农食系统转型与乡村振兴. *华南农业大学学报(社会科学版)*, 2022(1): 1~8
19. 冯 锋, 张志楠, 谷勇哲, 何俊卿, 田志喜. 提升我国大豆供给能力路径刍议. *中国科学院院刊*, 2022(9): 1281~1289
20. 龚斌磊. 中国农业技术扩散与生产率区域差距. *经济研究*, 2022(11): 102~120
21. 龚斌磊, 张书睿, 王 硕, 袁菱苒. 新中国成立70年农业技术进步研究综述. *农业经济问题*, 2020(6): 11~29
22. 龚斌磊, 张书睿, 王 硕, 袁菱苒, 张启正. 农业技术进步与生产率研究: 回顾与展望. 浙江大学出版社, 2021
23. 黄季焜. 对近期与中长期中国粮食安全的再认识. *农业经济问题*, 2021(1): 19~26
24. 蒋和平, 蒋 黎, 王有年, 詹 琳. 国家粮食安全视角下我国种业发展的思路与政策建议. *新疆师范大学学报(哲学社会科学版)*, 2022(4): 77~88+2
25. 孔祥智, 张 琛, 张效榕. 要素禀赋变化与农业资本有机构成提高——对1978年以来中国农业发展路径的解释. *管理世界*, 2018(10): 147~160
26. 李 雪, 吕新业. 现阶段中国粮食安全形势的判断: 数量和质量并重. *农业经济问题*, 2021(11): 31~44
27. 农业农村部信息中心课题组, 王小兵, 钟永玲. 农业全产业链大数据的作用机理和建设路径研究. *农业经济问题*, 2021(9): 90~97
28. 秦诗乐, 吕新业. 农户绿色防控技术采纳行为及效应评价研究. *中国农业大学学报(社会科学版)*, 2020(4): 50~60
29. 仇焕广, 张祎彤, 苏柳方, 李登旺. 打好种业翻身仗: 中国种业发展的困境与选择. *农业经济问题*, 2022(8): 67~78
30. 宋常迎, 郑少锋. 农村电商产业集群对区域经济发展的协同效应及机制研究. *农业经济问题*, 2021(5): 2
31. 孙 亮. 计算机大数据技术在农业领域的应用研究. *农业经济问题*, 2022(9): 2
32. 谭 斌, 乔聪聪. 中国全谷物食品产业的困境、机遇与发展思考. *生物产业技术*, 2019(6): 64~74
33. 王以中, 辛翔飞, 林青宁, 宋金波. 我国畜禽种业发展形势及对策. *农业经济问题*, 2022(7): 52~63
34. 武拉平. 我国粮食损失浪费现状与节粮减损潜力研究. *农业经济问题*, 2022(11): 34~41
35. 展进涛, 邓鹏程, 谢 锐. 中国转基因玉米生物技术创新及其产业化经济效应研究. *农业经济问题*, 2017(10): 18~26
36. 张亚捷, 霍守亮, 吴丰昌. 我国流域减污降碳协同增效: 路径、技术与对策. *中国工程科学*, 2022(5): 41~48
37. 赵敏娟, 石 锐, 姚柳杨. 中国农业碳中和目标分析与实现路径. *农业经济问题*, 2022(9): 24~34
38. 郑旭媛, 徐志刚. 资源禀赋约束、要素替代与诱致性技术变迁——以中国粮食生产的机械化为例. *经济学(季刊)*, 2017(1): 49~70

39. 朱 晶,张瑞华,谢超平. 全球农业贸易治理与中国粮食安全. 农业经济问题,2022(11):4~17

Strategic Thinking and Research Prospect of Strengthening Agricultural Science & Technology Innovation Support under the Perspective of the Greater Food Approach

GONG Binlei, WANG Shuo, DAI Shouhan, ZHANG Shurui

Abstract: This article argues that the Greater Food Approach requires us to achieve the deep extension of the connotation of food security, the horizontal expansion of the extension of food security, the vertical integration of the whole industrial chain, and green low-carbon transformation of the agricultural food system. From this perspective, China's agricultural sector still suffers from challenges in terms of security, nutrition, stability, and sustainability. Therefore, it is in urgent need of breakthroughs and support from agricultural science and technology innovation in the new era. It requires to take food security as the cornerstone and strengthen grain production capacity. It requires to expand the variety of food supply from staple grain to agriculture, forestry, husbandry and fishery. It requires to focus on the whole industry chain to ensure its quality and efficiency. It requires to promote the green transformation of agriculture from only yield to ecology. Based on this, the corresponding agricultural technology economics research can be carried out from the agricultural technology innovation, the modernization of forestry, husbandry and fishery industry, the transformation of agricultural food system and the green development of agriculture.

Keywords: Greater Food Approach; Agricultural science and technology innovation; Food security; Agrotechnical economics

责任编辑:吕新业