

面向 2050 年我国现代智慧生态农业发展战略研究

刘旭¹, 李文华², 赵春江³, 闵庆文², 杨信廷³, 刘基承²

(1. 中国工程院, 北京 100088; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101;
3. 北京农业信息技术研究中心, 北京 100097)

摘要: 为实现农业强而永续、农村美并生态、农民富且体面的乡村全面振兴美好愿景, 本文分析了未来 30 年我国农产品需求、农业产业结构和农业劳动力需求的变化趋势, 提出了未来我国农业应坚持发展“现代智慧生态农业”这一基本方略, 实现“确保国家粮食安全、高效绿色高值农业永续发展”两个目标, 推进“农业效能提升、系统优化、资源高效循环”三个战略, 重构“创新型农业科技体系、现代化农业经营体系、社会化农业服务体系、新时代农业人才体系”四个体系, 创新“生物技术以改造农业、装备技术以武装农业、生态技术以支撑农业、信息技术以提升农业”四项技术, 实施“现代智慧生态农业试点示范工程、现代生产生活废弃物处理工程、农业全产业链高质量发展监测与评估工程、以养殖企业为主导的种养结合模式创建工程、农业农村人才培育工程”五大工程, 为实现社会主义现代化强国的宏伟目标奠定坚实基础。

关键词: 农业发展方略; 现代农业; 智慧农业; 生态农业

中图分类号: F32 **文献标识码:** A

High-Quality Development of Modern Smart Ecological Agriculture

Liu Xu¹, Li Wenhua², Zhao Chunjiang³, Min Qingwen², Yang Xinting³,
Liu Moucheng²

(1. Chinese Academy of Engineering, Beijing 100088, China; 2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 3. Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China)

Abstract: To realize rural revitalization, this article analyzes the trends of China's agricultural product demand, agricultural industrial structure, and agricultural labor demand in the next 30 years, and proposes that China should insist on the development of modern smart ecological agriculture in the future. To ensure national food security and achieve sustainable development of a high-efficiency, green, and high-value agriculture, China should promote agricultural efficiency improvement, system optimization, and efficient recycling of resources. It is necessary to reconstruct four systems: innovative agricultural science and technology, modern agricultural management, socialized agricultural service, and new-era agricultural personnel systems. Biological, equipment, ecological, and information technologies should be innovated to improve the agriculture sector. Furthermore, five major projects are recommended including pilot demonstration project for modern smart ecological agriculture, modern production and living waste treatment project, high-quality development monitoring and evaluation project for the whole agricultural industry chain, planting and breeding combined project led by breeding enterprises, and agricultural

收稿日期: 2021-11-20; **修回日期:** 2021-12-30

通讯作者: 刘旭, 中国工程院院士, 主要研究方向为作物种质资源、粮食安全; E-mail: liuxu01@caas.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“中国 2050 年现代智慧生态农业战略研究与发展路线图”(2020-ZD-07)

本刊网址: www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

and rural personnel cultivation project.

Keywords: agricultural development strategy; modern agriculture; smart agriculture; ecological agriculture

一、前言

我国是农业大国，重农固本是安民之基、治国之要。改革开放以来，我国农业发展取得了巨大成就 [1]。一是农产品有效供给和粮食安全保障能力得到显著提升，有效满足了人民群众日益增长的消费需要。二是农业基础设施建设取得突破，农业供给保障能力显著提升。三是农业科技引领和支撑能力进一步加强，质量兴农、绿色兴农成为现代农业主旋律。四是农业产业格局呈现新变化，农业数字经济占行业增加值比例达到 7.3%，农产品网络销售额达到 4000 亿元 [2]。

随着脱贫攻坚与全面建成小康社会取得决定性胜利，我国将开启第二个百年目标新征程，农业农村进入了新的历史发展时期 [3]。然而，我国农业发展依然面临诸多问题和挑战 [4]。粮食安全与主要农产品有效供给及质量安全的压力始终存在 [5]。规模化的养殖业在扩张同时，环境压力持续加大 [6]；种植业小农户和规模化生产将长期并存，大幅提升劳动生产率和农民收入难度很大 [7,8]；农业生产体系、农产品流通体系难以满足消费者不断增长的对食品安全、营养、健康等多样化与个性化需求 [9,10]；农业资源高效和循环利用体系 [11]、支撑未来农业发展的人才体系依然是我国农业发展的短板 [12]；全球疫情蔓延、世界经济严重衰退、中美关系面临脱钩的严峻挑战，经济全球化的不确定性日趋增强 [13]。

为实现农业强而永续、农村美并生态、农民富且体面的乡村全面振兴美好愿景，近年来一批富有远见的科学家根据我国农业发展面临的问题和世界科学技术发展的潮流，从引入现代科学技术提高农业生产效率的角度提出现代生物农业 [7]、从协调农业生产和生态保护发展的角度提出高效生态农业 [12]、从农业生产全产业链信息化发展的角度提出智慧农业 [8] 等农业发展理念与实践方式，以破解农业发展难题，确保主要农产品安全供给和农业可持续发展。

这些农业发展理念都能解决未来我国农业发展

面临的不同问题。但为了实现农业的高质量发展，还需探索一条综合发展的道路。本文在分析我国农业发展的成就和问题的基础上，借鉴国际农业发展的趋势和经验，结合当前我国农业发展面临的历史机遇，提出未来 30 年应坚持发展“现代智慧生态农业”这一基本方略，为实现社会主义现代化强国的宏伟目标奠定坚实基础。

二、未来 30 年我国农业发展面临的挑战分析

（一）未来农产品需求变化趋势与挑战分析

一般而言，农产品消费取决于人口数量和结构、收入水平以及消费习惯等多方面的因素。根据相关文献和目前所掌握的数据对中国未来宏观经济增长、人口数量和结构变化、城市化和工业化发展水平等方面，可以推断出未来我国农产品需求变化趋势（见图 1）。从图 1 可以看出，在种植业产品需求方面，口粮消费量明显减少，居民消费逐渐转向高价值的农产品。在养殖业产品和水产品方面，随着人均收入的快速增长和城市化程度的提高，未来我国居民对高蛋白产品的需求会持续增长，消费总量和人均消费量会进一步增加。

从未来 30 年我国食物需求的变化可以发现，未来食物需求从总量、结构和质量等方面提出更高的要求，使得粮食总体供需难以平衡；同时，虽然人口增长显著下降，但收入增长和老年化将对农产品消费和农业生产产生重要影响；最后，除数量变化之外，我国城乡居民对绿色农业和多功能农业的需求也将不断增加，农业生产的多功能性和生态农业将成为超越农产品本身的需求，并成为农业发展的新增长点。

（二）未来农业产业结构变化趋势与挑战分析

基于国际农业发展的长期趋势和我国过去 40 年发展的经验，未来 30 年我国农业产值和就业在经济总体中的占比将进一步下降，并朝向趋同方向发展（见图 2）。首先，随着我国经济进一步增长和农

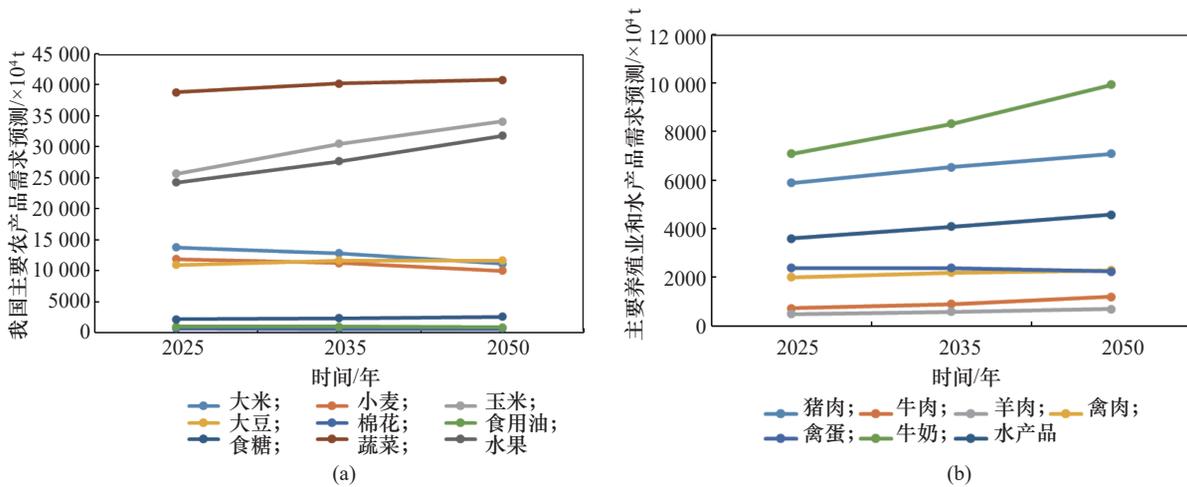


图 1 未来 30 年我国主要农产品需求预测

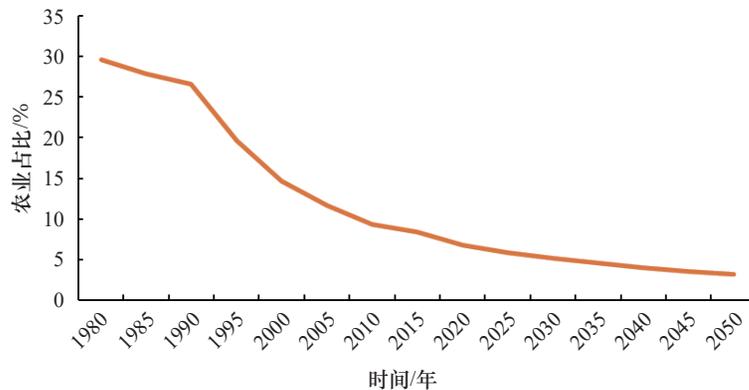


图 2 未来 30 年我国农业 GDP 占比变化趋势预测

业生产效率的不断提高，我国宏观经济朝向非农方向的结构转型速度将不断加快，具体表现为在农业部门经济增长的同时伴随着农业部门的份额持续下降。其次，从国际农业发展的长期趋势来看，农业生产效率的进一步提升将推动我国农业国内生产总值（GDP）和劳动力将随经济结构转型继续下降，并逐步朝向趋同方向发展。

提高长期农业全要素生产率始终是解决未来有限资源供给和日益增长的食物需求矛盾的重要途径，也是实现“藏粮于地、藏粮于技”的重要手段。除技术、制度和政策方面的因素以外，农业全要素生产率增速放缓还受到现有农业生产方式、经营模式和要素市场扭曲的制约。经过分析看出，现有生产方式限制农业生产规模经济实现和机械化推广，农业产业链延伸程度不足和农产品增值跨环节分配不合理，要素市场扭曲导致土地和劳动资源不匹配。

（三）未来农业劳动力需求变化趋势与挑战分析

从世界经济发展规律来看，随着经济的增长，一国农业劳动力总量及其在社会就业中的占比都将不断下降。由于不同产业间的收入存在差异，农业在国民经济总量中所占的比例会随着经济发展而逐渐缩小，农业部门从业人员也将逐渐向工业和服务业转移。改革开放以来，我国农业劳动力总量及其占比也呈现了下降趋势，但与发达国家不同，其下降幅度远低于农业在经济中的占比下降幅度（见图 2、图 3）。新时期，进一步提高农业劳动生产率、减少农业部门就业人口是我国成功实现农业农村转型和现代化发展的必然选择，农业 GDP 和劳动就业人口占比都将随经济结构转型继续下降，并逐步朝向趋同方向发展。

虽然过去 40 年我国农业就业人员占社会就业人员总数显著下降。但在未来 30 年，农业从业人

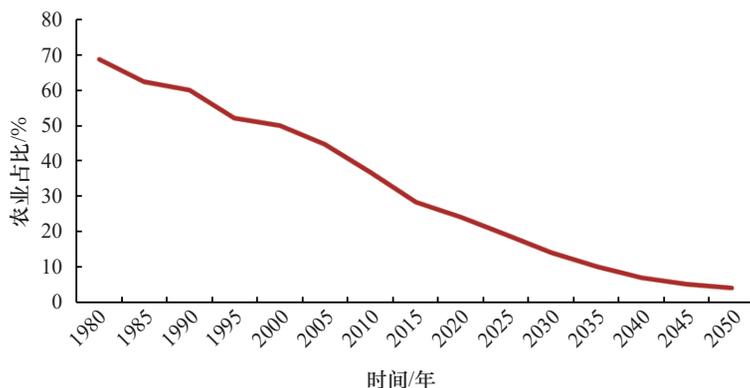


图 3 未来 30 年我国农业就业人口占比变化趋势预测

员占比要从当前的 25% 下降到 4% 仍然面临巨大挑战。其次，农业部门高素质劳动力培养与使用的体制机制未建立。目前，我国农业高素质劳动力培养的体制机制尚未建立，即便是接受了涉农教育，但是，绝大部分学生毕业后都不到农业部门就业。

三、未来农业发展的趋势与机遇

(一) 国际农业发展趋势

当前，新一轮技术革命方兴未艾，基因编辑、人工智能、第五代移动通信技术（5G）、区块链等新技术正在融入并引领农业变革。国际农业经历了机械化、化学化、信息化的串联式发展过程，现在已经进入了智慧型、可持续发展的农业新阶段。

联合国粮食及农业组织先后推动提高生产力、增强适应性和发挥农业多功能的全球重要农业文化遗产（GIAHS）、生态农业（Agroecology）与气候智慧型农业（Climate Smart Agriculture）计划。这些计划的核心表现在三个方面：一是提高生产力，即在不破坏土地可持续生产能力的基础上，引入新的技术和方法，提高单位面积生产力；二是增强适应性，加强自然生态系统对农业的庇护作用，同时加强农民的能力建设；三是发挥农业的多种功能，强调经济、生态与社会效益的全面提高。

与此同时，主要发达国家也在加快布局智慧农业、生态农业、生物农业等，抢占农业科技创新和产业发展制高点。

美国在大田农业的智慧化方面持续领先，多数农田借助农业物联网及大数据分析实现了农产品全

生命周期和全生产流程的智能决策，并在《2030 年美国食品和农业科技发展战略》中把传感器、基因编辑、精准育种作为重点研究方向 [14]。

欧盟国家正在逐步实现农业的“生态有序化”，以严格标准控制农产品生产，出台了《农业信息化战略研究议程》。如德国借助“工业 4.0”技术实现收割工程全面自动化，荷兰在土地约束下发展了以花卉业和蔬菜业为主的温室“工厂化农业”，在专业化、自动化、机械化方面取得长足进展。

日本在人多地少的背景下通过专业分工、智慧化管理和品牌营销极大地提升了农产品商品率，并于 2015 年启动了基于智能机械 + IT 的“下一代农林水产业创造技术”。

(二) 我国农业发展面临的历史机遇

在当前的国际形势下，我国农业发展迎来了新的历史时期，具体表现在以下几个方面。

一是脱贫攻坚与全面建成小康社会任务全面完成，人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾突出，农业发展进入全面实施乡村振兴战略时期。

二是“以我为主、立足国内、确保产能、适度进口、科技支撑的国家粮食安全战略”得到有效实施，保证了谷物基本自给、口粮绝对安全，农业发展进入了更加注重农产品质量和食品安全、满足多元化和个性化需求时期。

三是现代生物技术、信息技术和装备技术实现突破，现代种业、智慧农业、多功能农业等多种模式快速发展，农业发展进入了智能化与社会化为主

要标志的现代化农业时期。

四是生态系统服务功能与区域生态安全备受关注，“绿水青山就是金山银山”的发展理念逐步深入人心，农业发展进入以循环、多样、高效、永续为主要特征，经济、生态、文化多功能耦合的绿色发展时期。

在此背景下，要实现农业强而永续、农民富而体面、农村美而生态的美好愿景，不仅要提高产品产量，还须提高产品质量、确保食品安全；不仅要提高土地产出率、获得经济利益，还应发挥生态系统的多种环境服务功能并促进农村的可持续发展；同时确保农产品质量与国内外市场的竞争力，并能紧跟国际农业技术和管理发展前沿。

四、现代智慧生态农业的发展途径

站在两个百年目标的历史交汇点，在总结农业发展的经验与问题以及研判未来发展趋势的基础上，研究认为：发展现代智慧生态农业是我国未来 30 年农业发展的必然选择，是建设“富强、民主、文明、和谐、美丽”的社会主义现代化强国的重要基础。应在巩固农业农村发展大好形势的基础上，推进“效能提升、系统优化、资源高效循环”三个战略，通过创新型农业科技体系、现代化农业经营体系、社会化农业服务体系、新时代农业人才体系重构，实现“确保国家粮食安全、高效绿色高值农业永续发展”两个目标。

（一）现代智慧生态农业的概念

现代智慧生态农业就是通过先进的科技与生产方式大幅提升农业生产力与效率，通过人工智能、大数据、云计算实现产前生产资料科学衔接、产中生产要素精准配置、产后产品供需完美对接，通过生产系统物质系统循环实现资源高效利用与生态功能持续提升的农业发展道路。

发展现代智慧生态农业，就是坚持以生态为主线，以智慧为手段，以高新科技为支撑，实现三生（生产、生态和生活）协同共荣、三技（生物、信息和装备技术）耦合发展、三化（现代化、智能化和生态化）融合和三效（效率、效益和效果）并举的农业发展基本方略。

现代智慧生态农业倡导效率提升、资源永续利

用的农业发展“新理念”；推广生产、科技、生态、信息要素密切耦合的“新方式”；构建适合不同生态类型区的区域性智慧生态农业发展“新模式”；培育会生产、懂经营、能管理的“新农民”；发展农业三产贯通、城乡融合的农业农村数字经济发展的“新业态”。

（二）现代智慧生态农业的发展目标

发展现代智慧生态农业，核心是要实现农业发展的两个基本目标。

一是确保国家粮食安全目标，即筑牢“谷物基本自给、口粮绝对安全”底线，实现粮食安全自主可控，保障食品安全和营养健康。至 2050 年，确保谷物自给率达到 85% 以上，其中口粮自给率达到 95% 以上。基于信息技术、生物技术、装备技术的创新和突破，实现粮食生产规模化和现代化。

实现养殖业的工厂化和定制化生产，优化农业产业价值链和实现农产品的精准供需。猪肉自给率达到 95%，牛羊肉自给率达到 60% 以上，禽肉蛋实现完全自给；实现以养殖企业为主导的种养结合模式，确保系统生态能量流动的循环畅通，实现农业资源的循环利用。

二是实现高效绿色高值农业与永续发展目标，即在发展高效、绿色、高值农业的同时，实现农业产业系统配置优化、资源循环高效利用、生态功能不断提升的永续发展。至 2050 年，绿色、安全、营养型蔬菜水果产量大幅增长；农业用水效益显著提升，土壤质量退化现象得到根本性遏制后出现质量改善局面，农业生产节本增效显著提升，废弃物全面实现无害化循环利用，农业面源污染与温室气体排放量持续稳定下降，农业生产实现“碳中和”，生态环境得到根本改善；最后形成资源利用高效、产地环境良好、田园风光优美的农业永续发展格局。

（三）现代智慧生态农业的发展战略

发展现代智慧生态农业，关键是要持续推进三大战略。

一是效能提升战略。进一步夯实“藏粮于地”，不断提升“藏粮于技”，切实创新“藏粮于策”；加强生物种业、生物制品和生物处废（废弃物生物处理）创新与应用，建立现代智慧生态农业的科技创新体系；大力推进农业生产全程机械化、装备智能

化、服务社会化、管理智慧化,实现农产品生产和加工现代化;发展农业资源利用、生态修复与环境保护新技术和新模式,提升农业资源生产力与农业系统生态价值。

二是系统优化战略。利用多组学综合技术解析生物物质形成机制来精准调控动植物生产发育及其代谢途径,建立现代智慧生态农业生产体系,实现精准种植养殖,提高农业资源利用效率和农业生产效率,逐步推进智慧农业技术在农业生产全过程的应用;建设智慧农产品供应链,提高农产品流通效率,满足城乡居民个性化与多元化消费需求;构建智慧化的农业农村综合信息服务网络,促进科技、人才、土地、资金等要素科学化配置。

三是资源高效循环战略。发掘多样种植、种养结合、农林复合、景观优化等农业生态系统,实现农业生产系统物质的有效循环;推进生物处废、水肥精准控制等技术应用,实现农业生产全过程废物处理,减少农业生产环境影响;通过区域资源、生态与产业布局优化配置和农业功能拓展,提高农业生态系统功能与农业生产的生态化水平。

(四) 现代智慧生态农业发展的政策途径

发展现代智慧生态农业,核心是要重构农业发展的四大体系。

一是创新型农业科技体系。构建适应现代智慧生态农业发展的科技创新体制,建立跨学科、跨领域的技术创新机制;加大对现代智慧生态农业发展的核心技术及关键瓶颈技术研发投资;大幅提升生物育种与关键基因发掘、智能农机装备、绿色投入品创制、食品营养健康改善、智慧农产品供应链、农业生态功能提升与农业环境保护等领域的研发与创新能力,把握国际竞争主动权,实现现代农业技术的全面自主创新。

二是现代化农业经营体系。坚持和完善农村基本经营制度,引导土地经营权规范有序流转,通过现代信息技术与管理技术降低农地流转交易成本;支持种养大户、家庭农场、农民合作社、涉农企业等新型经营主体发展,推进多种形式适度规模经营和专业化生产;发展三产贯通、城乡融合的农业农村数字经济“新业态”。

三是社会化农业服务体系。发展以农机智能装备服务、农业精准生产技术服务、农业产销体系金

融服务等为代表的全程覆盖、区域集成、配套完备的新型专业化和社会化服务体系;建立健全现代农业生产与跨界技术创新推广服务的融合机制,协同推进“小农”和“大农”同时实现现代化;通过农产品供应链创新,推进农业产业链服务和农业生产协同发展,为现代高值农业创造良好发展环境。

四是新时代农业人才体系。强化乡村人才振兴,培养一批“一懂两爱”的农业管理人才;进一步推进农业高等教育改革,努力打破学科间的藩篱,倡导“将论文写到大地上”的理念,培育一批跨学科、复合型的农业科技人才;逐步推行农民职业资格认证制度,实施“终身教育工程”,造就一批能生产、会管理、懂经营的“新型职业农民”。

(五) 现代智慧生态农业发展的技术途径

发展现代智慧生态农业,重点是要创新四项技术体系。

一是创新生物技术以改造农业。与产业化密切相关的现代农业生物技术主要包括用于动植物新品种选育的转基因技术、基因编辑技术及其基因测序与分析 and 分子设计育种的生物芯片技术、分子标记技术等,用于生物废物处理的原子转移自由基聚合技术,用于生物制造的酶工程技术、发酵工程技术、生物合成技术等。

二是创新装备技术以武装农业。今后我国农业装备技术应面向主要粮食作物和经济作物、设施农业、畜牧养殖、农业废弃物加工利用等生产环节智能化精准生产需要,根据不同地域农业生产特点和农艺要求,开展主要环节精准作业智能装备技术研究,建设以信息技术、物联网技术、卫星定位技术、智能装备技术为核心的农业机械智能化技术装备体系。

三是创新生态技术以支撑农业。我国的农业生态技术体系应该依据生态适宜性原则,从生态经济系统结构合理化入手,①创新水资源、土地资源、化肥农药等资源投入的精准化技术体系;②创新以林下经济与农-林复合经营、间套种等复合种植技术等为代表的物质循环利用技术体系;③创新以稻田生态种养、鱼-菜共生等为代表的物种共生技术体系;④创新生物多样性持续利用与保护技术体系。

四是创新信息技术以提升农业。当前,以互联

网、物联网、大数据、云计算、人工智能、区块链等为代表的新一代信息技术蓬勃发展，与现代农业相互渗透、交叉融合，催生了智慧农业这一新业态、新模式，为现代农业持续建立起更高级的生产力、生产方式和经济形态。从应用领域角度看，可以概括为作物信息获取技术、农业生产智慧管理、农产品智慧流通、农业“双碳”监测与评估、农情会商与决策指挥、农业智能知识服务等技术。

（六）现代智慧生态农业发展的工程途径

发展现代智慧生态农业，需要开展五大工程建设。

一是现代智慧生态农业试点示范工程。基于各省农业生产特征，以县域为单位探索“三大战略”部署的路线图、“四大体系”构建的体制创新、“五大工程”实施的具体方案和保障措施。2022 年完成实施规划，“十四五”构建可复制模式并开始大范围推广。

二是以养殖企业为主导的种养结合模式创建工程。建立以养殖企业为主体，以物质循环为核心，种养一体、废物就地消纳的规模化生态农业模式，探索政府指导、企业和农户合作的市场运作机制。2025 年、2035 年和 2050 年覆盖率分别达到 10%、30% 和 80%。

三是现代生产生活废弃物处理工程。实施生产与生活废弃物规范化管理和基于生物等技术的无害化处理；实施土壤生态健康培育工程；设立生物处废国家重大研发项目；培育壮大废弃物处理产业。2025 年创建并完善规范化管理和废弃物处理产业，2035 年和 2050 年废弃物处理分别达到 80% 和 100%。

四是农业全产业链高质量发展监测与评估工程。研究涉农数据采集与整合分析关键技术，构建农业全产业链高质量发展大数据监测平台和评估标准。2025 年覆盖主要涉农部门和 50% 以上生产经营主体，2035 年涉农部门全覆盖、经营主体覆盖达 80%。

五是农业农村人才培育工程。启动高等院校农业教育提升、农业科研与推广人才创新、高素质农民培育示范、高素质农村经营与管理人才等工程。2025 年创建可复制推广的模式，2035 年基本建成能有效支撑农业农村现代化的人才培育与管理体系。

参考文献

- [1] 王济民, 张灵静, 欧阳儒彬. 改革开放四十年我国粮食安全: 成就、问题及建议 [J]. 农业经济问题, 2018 (12): 14-18.
Wang J M, Zhang L J, Ouyang R B. China's food security in the past 40 years of reform and opening-up: Achievements, problems and suggestions [J]. Issues in Agricultural Economy, 2018 (12): 14-18.
- [2] 李竟涵, 杨迪. “十三五”农业农村发展取得历史性成就 [J]. 农业科技与装备, 2020 (6): 2.
Li J H, Yang D. “Thirteenth Five-Year” agriculture and rural development achieve historic achievements [J]. Agricultural Science & Technology and Equipment, 2020 (6): 2.
- [3] 程国强, 邓秀新. 新阶段巩固拓展脱贫攻坚成果面临的挑战与政策建议 [J]. 中国工程科学, 2021, 23(5): 148-156.
Cheng G Q, Deng X X. Consolidating and expanding the achievements of poverty alleviation in the new stage: Challenges and policy recommendations [J]. Strategic Study of CAE, 2021, 23(5): 148-156.
- [4] 刘旭. 新时期我国粮食安全战略研究的思考 [J]. 中国农业科技导报, 2013 (1): 1-6.
Liu X. Thoughts of China's food security strategy in the new era [J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2013 (1): 1-6.
- [5] 中国农业科学院. 中国农业产业发展报告 2020 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2020.
Chinese Academy of Agricultural Sciences. China agricultural sector development report 2020 [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2020.
- [6] 任继周. 中国牛羊肉产业发展战略研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2019.
Ren J Z. Study on the development strategy of beef & sheep industry in China [M]. Beijing: Science Press, 2019.
- [7] 黄季焜, 王济民, 解伟, 等. 现代农业转型发展与食物安全供求趋势研究 [J]. 中国工程科学, 2019, 21(5): 1-9.
Huang J K, Wang J M, Xie W, et al. Modern agricultural transformation and trend of food supply and demand in China [J]. Strategic Study of CAE, 2019, 21(5): 1-9.
- [8] 赵春江, 李瑾, 冯献. 面向 2035 年智慧农业发展战略研究 [J]. 中国工程科学, 2021, 23(4): 1-9.
Zhao C J, Li J, Feng X. Development strategy of smart agriculture for 2035 in China [J]. Strategic Study of CAE, 2021, 23(4): 1-9.
- [9] 赵春江. 智慧农业发展现状及战略目标研究 [J]. 智慧农业, 2019, 1(1): 1-7.
Zhao C J. State-of-the-art and recommended development strategic objectives of smart agriculture [J]. Smart Agriculture, 2019, 1(1): 1-7.
- [10] 李道亮. 面向需求协同推进我国智慧农业发展 [J]. 国家治理, 2020 (19): 18-21.
Li D L. Promoting the development of China's smart agriculture in the face of demand [J]. Governance, 2020 (19): 18-21.
- [11] 李文华, 成升魁, 梅旭荣, 等. 中国农业资源与环境可持续发展战略研究 [J]. 中国工程科学, 2016, 18(1): 56-64.
Li W H, Cheng S K, Mei X R, et al. Study on strategies for the sustainable development of China's agricultural resources and Environment [J]. Strategic Study of CAE, 2016, 18(1): 56-64.
- [12] 李文华. 中国生态农业的回顾与展望 [J]. 农学学报, 2018, 8(1): 145-149.

- Li W H. Review and perspectives of China's ecological agriculture [J]. *Journal of Agriculture*, 2018, 8(1): 145–149.
- [13] 吴孔明, 毛世平, 谢玲红, 等. 新阶段农业产业竞争力提升战略研究——基于产业安全视角 [J/OL]. *中国工程科学*, 2022, 24(1):1–10[2021-11-20]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4421.G3.20211103.1516.004.html>.
- Wu K M, Mao S P, Xie L H, et al. Promoting the Competitiveness of China's Agricultural Industry in the New Development Stage: From an Industry Security Perspective [J/OL]. *Strategic Study of CAE*. 2022, 24(1):1–10[2021-11-20]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4421.G3.20211103.1516.004.html>.
- [14] 孙康泰, 王小龙, 蒋大伟, 等. 美国农业和食品领域2030科技突破计划及启示 [J]. *全球科技经济瞭望*, 2020, 35(11): 25–32.
- Sun K T, Wang X L, Jiang D W, et al. The 2030 plan of science and technology breakthrough on agricultural and food study in the United States and its enlightenment [J]. *Global Science, Technology and Economy Outlook*, 2020, 35(11): 25–32.