

DOI: 10.12357/cjea.20230036

赵桂慎. 中国生态农业现代化: 内涵、任务与路径[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2023, 31(8): 1171–1177
ZHAO G S. Modernization of China's eco-agriculture: connotation, task and path[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2023, 31(8): 1171–1177

中国生态农业现代化: 内涵、任务与路径^{*}

赵桂慎

(中国农业大学资源与环境学院 北京 100193)

摘要: 中国农业正处于现代化转型的关键时期, 进一步明确新时期中国生态农业现代化的内涵、任务和路径, 并达成广泛共识十分必要。现代生态农业源于传统农业, 吸纳现代科技成果, 具备现代产业经营体系, 是中国式农业现代化的根本方向。中国生态农业现代化面临保障粮食安全、生态安全和营养安全, 传承农耕文化, 支撑共同富裕的艰巨任务与挑战。今后应坚持系统观念和守正创新原则, 从创新生态农业典型模式、加强农业绿色投入品研发、加快生态农业新装备的研发与应用、提升生态农业产业链运营能力和完善生态农业生态补偿政策与机制等方面重点突破。依靠农业科技与农村改革双轮驱动, 创新发展适合我国国情的现代生态农业产业技术体系, 为世界农业可持续发展提供中国解决方案。

关键词: 现代生态农业; 农业现代化; 系统观念; 可持续发展; 生态文明

中图分类号: X171.3

开放科学码(资源服务)标识码(OSID):



Modernization of China's eco-agriculture: connotation, task and path^{*}

ZHAO Guishen

(College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: As China's agriculture is in a critical period of modernization, further recognizing the connotations, tasks, and paths of China's eco-agriculture in the new era and reaching a common understanding is necessary. In our view, modern eco-agriculture in China can be considered an essential path to the modernization of China's agriculture because of its origin from China's traditional agriculture, absorbing modern achievements in science and technology, and applying a modern management system of industry, which also gives new meaning to China's eco-agriculture. However, the modernization of China's eco-agriculture continues to face huge challenges in ensuring food security, ecological safety, nutrition security, inheritance of traditional farming culture, and the realization of common prosperity. Consequently, by maintaining a systematic approach, upholding fundamental principles, and breaking new grounds, China's eco-agriculture should make considerable breakthroughs aimed at innovating the typical model of ecological agriculture, strengthening the research and development of agricultural green inputs, accelerating the development and application of new equipment for ecological agriculture, promoting the operational capacity of industrial chains, and improving the policy and mechanism of ecological compensation. The practical paths would focus on maize and soybean intercropping, rice-fish co-culture, green house planting-breeding, indoor vertical eco-farm innovation of typical models; new slow/controlled release fertilizer, new liquid fertilizer, biochar based fertilizer, microbial fertilizer, micronutrient fortifier, green smart fertilizer, green manure crop, photo-micro fertilizer, CO₂ gas-fertilizer; biological pesticide, natural enemies and pollinating insects, new insect trapping equipment; biodegradable mulch film and soil remediation technology & product in green inputs area; advanced agricultural basic equipment, intelligence technology, cloud-brain technology, intelligent control/management technology, internet of things based on integrated ground-air-space, platform of space breeding laboratory, recycling system of organic waste, integrated biological control system for diseases, in-

^{*} 云南省重大科技专项计划项目 (202202AE090029-6) 资助

赵桂慎, 主要研究方向为经济生态、生态农业与规划、农业复杂系统管理以及富硒功能农业等。E-mail: zhgsh@cau.edu.cn

收稿日期: 2023-01-19 接受日期: 2023-02-09

^{*} The study was supported by the Yunnan Province Science and Technology Major Project (202202AE090029-6).

Corresponding author, ZHAO Guishen, E-mail: zhgsh@cau.edu.cn

Received Jan. 19, 2023; accepted Feb. 9, 2023

sect pests and weeds, indoor vertical farming system in agricultural equipment area; community supported agriculture, ecological leisure and health care, cloud ecological farm, green international trade in operation of modern industrial chain; and Gross Ecosystem Product (GEP), Gross Economic-Ecological Product (GEPP), and Environmental, Social and Governance (ESG) in agricultural policy making. In summary, based on China's actual conditions, there is an urgent need to innovate and develop the modern industrial and technological system of China's eco-agriculture by relying on the two-wheel drive of agricultural science and technology and rural reform, which would provide Chinese solutions for the sustainable development of world agriculture in future decades.

Keywords: Modern eco-agriculture; Modernization of agriculture; Systematic concept; Sustainable development; Ecological civilization

中国生态农业源于传统农业,具有鲜明的中国特色,是中国数千年农耕文明的重要载体,为中华民族永续发展做出了举世瞩目的贡献。当前,中国农业正处于现代化转型的关键时期,中国共产党第二十次全国代表大会明确提出全面推进乡村振兴,加快建设农业强国,农业农村现代化离不开现代生态农业,农业的生态化和现代化是实现中国式现代化的必然要求,也是落实生态文明建设战略的具体体现。

1 中国生态农业现代化的内涵

现代生态农业是在对工业化农业反思的基础上发展起来的。1981年我国著名生态学家马世骏提出了“整体、协调、循环、再生”的农业生态工程建设原理,并指出运用这一原理建立起来的农业才是生态农业。1982年,叶谦吉在“生态农业——我国农业的一次绿色革命”一文中正式提出了中国的“生态农业”这一术语。1991年马世骏等将中国生态农业定义为“生态农业是因地制宜应用生物共生和物质再循环原理及现代科学技术,结合系统工程方法而设计的综合农业生产体系”^[1-2]。骆世明则将现代生态农业作为继原始农业、传统农业、工业化农业之后的第4个发展阶段^[3],是现代农业发展的更高级形态。

中国生态农业发展理念不同于西方生态农业,也不同于西方现代农业。中国生态农业继承了中国传统农业的精髓,强调“顺天时、量地力”,“天人合一”等,“不违农时,谷不可胜食也;数罟不入洿池,鱼鳖不可胜食也;斧斤以时入山林,材木不可胜用也”(《孟子·梁惠王上》),“顺天之时,约地之宜,忠人之和。故风雨时,五谷实,草木美多,六畜蕃息”(《管子·禁藏》),“断一木,杀一兽,不以其时,非孝也”(《礼记·祭义》),生动地展现了我国传统农业中尊重自然、顺应自然和保护自然的先进生态理念,与新时代提出的“人与自然和谐共生”的现代化特征和本质要求根脉相连,一以贯之。西方生态农业更接近于有机农业的概念,认为农业生产过程应尽量减少人为干预,强调农业生产自然过程与内在生物动

力,追求产品品质、环境友好而非生产效率。而西方现代农业受利益与资本驱动,更强调劳动生产率、土地生产率和经济利益,追求产出最大化和经济利益最大化,单一规模化种植或养殖模式是其主要特征。中国现代生态农业主张传统农业与现代科技的有机结合,即生态化与现代化的统一,不排斥现代科技手段,既充分吸收现代科技成果,又兼具中国传统农业特色,将自然智慧和人类智慧合二为一,是适应中国国情的现代农业发展方向,或者说中国农业现代化最终要走全面生态化的道路。

中国生态农业现代化应具备以下要义:一是充分利用生态学原理构建现代农业生产体系。简单地讲就是模拟自然生态系统中生产者、消费者和分解者之间的相互作用关系,利用农业生物多样性,克服单一大规模种植和养殖的弊端,在农田、区域等不同尺度上构建农业生态复杂系统,通过优化农业生产系统结构和功能,用最小的外部投入获得更高的产出,同时减少对生态环境的影响。比较典型的有种养结合模式(如四位一体、猪-沼-果、稻-鱼共生等)、多样化种植模式[桐(泡桐, *Paulownia fortunei*)粮间作、玉米(*Zea mays*)大豆(*Glycine max*)间作等]。二是充分吸收现代科技成果,提升农业生产效率,包括劳动生产率、土地生产率和经济收益。现代农业科技主要体现在现代种业、现代绿色投入品和现代农业科技装备等的创制、集成应用,特别是随着数字化和人工智能技术的快速发展,大幅度提升生态农业的自动化、智能化管理水平,降低人工投入等经济成本,提高科技贡献率。三是建立完备的现代产业经营体系,引导培育产前的生产资料生产、技术研发、生产、加工、销售及服务等产业链各环节,通过物联网等IT技术强化各环节的耦合协同,突出产业集群效应,创新产业经营新业态。

2 中国生态农业现代化面临的任务与挑战

当前,中国已经进入第二个百年奋斗目标新征程,绿色发展理念深入人心,实现人与自然和谐共生

的现代化是中国式现代化的重要特征, 现代生态农业是中国农业现代化的根本方向, 今后面临的主要任务与挑战如下:

2.1 保障食品安全

保障食品安全是我国农业发展的“底线”, 中国现代生态农业必须担负起把“中国人的饭碗牢牢端在自己手中”“中国碗装中国粮”“中国人自己养活自己”的重任。中国人多地少水少, 而且空间分布不均衡, 中国用占世界 9% 的耕地和 6% 的淡水资源量, 养活了占世界 18% 的人口。我国当前主要农产品供需仍然处于紧平衡状态, 提高农产品产量和生产效率, 保障我国粮食安全, 在今后相当长的时期内依然是十分艰巨的任务。从发展策略看, 我国食物生产存在水土资源的刚性约束, 这是资源禀赋问题, 很难做出根本性改变, 但向生态要产量是一个重要突破口。以玉米大豆间作模式为例, 如果在中国玉米主产区全部实施该模式, 大豆的年生产潜力约为 6740 万 t, 占我国大豆年进口量的约 2/3, 而玉米总产量仍然可以达到单作的 96%, 与当前全国玉米总产量基本相当^[4], 产生了“1+1>2”的非线性效应。20 世纪 90 年代美国生态经济学家莱斯特·R. 布朗在《谁来养活中国》一书中提出的论断被证明是错误的, 其中重要原因之一就是仅考虑了中国人口和水土资源的关系, 忽略了中国生态农业在食物供给方面所做出的巨大贡献。在大食物观背景下, 充分发挥生态农业系统的非线性溢出效应, 因地制宜推广典型生态农业发展模式, 提高生态农业食物产出效率, 全面提升我国食物安全保障能力十分重要。

2.2 保障生态安全

绿色青山就是金山银山, 农业生态系统受人为扰动程度高, 减少农业生产导致的生态环境负面影响, 提升农业生态服务价值是中国农业现代化的内在要求。中国传统农业存续了数千年, 被称为“无废弃物”农业, 在生态系统功能维护与保护方面树立了世界典范。但自 20 世纪 60 年代全球“绿色革命”以来, 随着单一种植和单一养殖模式以及石化资源在农业上的大量投入应用, 我国农业面源污染和生物多样性减少等问题日趋严峻。相关研究表明, 种养结合的农户比例从 1986 年的 71% 下降到 2017 年的 12%, 其中约 1/3 的种养结合农户有机肥养分供给量超过了作物需求量^[5]。第一次全国污染源普查公报 (2010 年) 和第二次全国污染源普查公报 (2020 年) 显示, 农业源污染物贡献率约占 50%^[6]。每年因土壤污染造成的粮食减产占年粮食总产量的约 1/60。应进

一步加强防控农业生物多样性减少及外来物种入侵风险。随着人们对生态系统服务认知程度的不断提升, 土地不光要生产食物, 还要改善农业生态系统功能, 增加生态产品供给已经成为共识。我国 20 世纪 90 年代以来相继开始实施退耕还林还草还湿工程、农业面源污染治理、生态农业试点县建设、保护性耕作与循环农业、化肥农药使用量“两个零增长”行动方案、“一控两减三基本”和果菜茶有机肥替代化肥行动等“农业绿色发展五大行动”, 及东北黑土地保护以及退化农田治理等, 农业绿色发展取得了显著成效, 对维护我国生态安全做出了重要贡献。但农业绿色投入不足, 资源利用效率不高, 农业源污染物占比偏大, 农业生态系统服务功能不强, 对农业生物多样性保护和农业系统生态产品价值重视不足等问题不容忽视, 农业生态系统质量亟需改善。现代生态农业应充分体现农业的生态服务功能, 在保障粮食安全和经济收益的前提下, 结合联合国可持续发展目标 (Sustainable Development Goals, SDGs), 提高农业生态产品价值产出, 权衡生态、经济和社会三大效益, 找出“三大效益”的最优解。

2.3 保障营养安全

营养与健康是新时期最大的民生, 现代农业除了保障食物产量, 还要保障农产品的营养品质, 营养与健康已成为人们向往美好生活的重大需求。2014 年由世界粮食与农业组织 (FAO) 和世界卫生组织 (WHO) 共同举办的第二届国际营养大会 (ICN2) 发布《营养问题罗马宣言》指出^[7], 全球约有 20 亿人在遭受“隐性饥饿”, 即摄入足够碳水化合物、脂类、蛋白质等宏量营养素外, 微量矿质元素、维生素等微量营养素摄入不足, 宣布 2016 年至 2025 年为“营养行动十年”。这次会上提出了营养导向型农业 (Nutrition-Sensitive Agriculture, NSA) 的概念, 指出“营养导向型农业是注重食物营养的农业发展理念, 将营养丰富的食物、膳食多样和食物强化作为消除营养不良和微量营养素缺乏症的核心”。2017 年 FAO 又提出营养和健康是营养导向型农业的最终目标和衡量标准^[8]。在国内, 赵其国等提出了功能农业的概念, 认为通过生物营养强化技术或其他生物工程生产出具有健康改善功能的农产品是现代农业的转型升级方向^[9]。相关研究表明, 微量营养素缺乏会影响机体发育和认知能力, 导致人力资本损失增加, 应引起足够重视^[10-12]。《中国居民营养与慢性病状况报告 (2020 年)》显示^[13]: 我国居民视黄醇 (维生素 A)、维生素 B₁ 和 B₂、维生素 C、锌、硒和膳食纤维等微

量营养素摄入不足,这些微量营养素的缺乏与我国居民慢性病发病率上升具有一定关联性。重新认知现代农业发展与人类营养健康的关系十分必要,中国生态农业应充分吸收这些新理念和新技术,有效通过生态农产品载体提升人体营养与健康水平。

2.4 传承农耕文化

农耕文化是中国传统文化的底色,现代生态农业与中国传统农业同根同源,中国经典生态农业模式已经成为全球重要农业文化遗产(Globally Important Agricultural Heritage Systems, GIAHS)和中国重要农业文化遗产(China-NIAHS)的重要组成部分,在传承中国传统文化、维护生态系统健康和发展文旅产业等方面发挥着重要作用。如云南红河哈尼梯田、浙江青田的稻鱼共生系统等不仅具有生产功能、生态功能,还具有丰富的农耕文化传承功能,是人与自然和谐共生的生动写照。自 20 世纪 60 年代以来,随着工业化农业的快速崛起,中国传统农业的传承与发展受到巨大冲击,有的甚至濒临绝迹。绝大多数保留下来的传统模式主要分布在交通不便、经济欠发达的山地丘陵区,如何应用现代科技手段保护、恢复、挖掘和传承中国传统生态农业蕴涵的农耕文化成为当务之急。从 2005 年开始,我国根据 FAO 发起全球重要农业文化遗产保护的背景,结合中国在生态农业领域的研究基础,确定了以农业文化遗产为突破口的发展思路,相继在农业文化遗产可持续性及其维持机制、农业文化遗产以及保护的价值分析、农业文化遗产的动态保护途径与实践等方面开展了较为系统的研究。截至 2020 年 6 月底,FAO 已经认定了 62 个项目,分布在 22 个国家,其中 15 个在中国,中国成为拥有农业文化遗产数量最多的国家;农业农村部已经发布了 5 批 118 个中国重要农业文化遗产项目,分布在 28 个省、自治区、直辖市,使中国成为世界上第一个开展农业文化遗产发掘与保护的国家^[14],我国在生态农业文化传承与保护等领域取得了重要进展和显著成效。客观地讲,农业强国建设不仅是指农业生产力“硬实力”要强,农耕文化的“软实力”也要强,我国具有得天独厚的传统资源优势,特别是结合乡村产业振兴、乡村生态振兴和乡村文化振兴发展战略,通过发展现代生态农业,不仅生产出更多高质量生态农产品,更要生产出丰富的农耕文化产品,满足城乡居民寄托乡愁,愉悦身心,耕读传习和回归自然的精神需求。

2.5 支撑共同富裕

共同富裕是中国式现代化的重要特征之一,农

业是乡村居民的重要收入来源,但目前依靠农业增收还存在以下制约因素:1) 农业经营规模小,劳动生产率低。据统计,2017 年我国户均经营规模小于 0.67 hm² 的占 85.43%,大于 13.33 hm² 的仅占 0.15%,户均耕地面积约 0.5 hm²^[15],约为日本的 1/4、欧盟的 1/40、美国的 1/400,很难获得规模效益。农业劳动生产率约为世界平均值的 47%、高收入国家平均值的 2%、美国的 1%^[16]。2) 城乡居民收入差距较大。2021 年城乡居民人均可支配收入之比为 2.5 : 1,尽管相对差距持续缩小,共同富裕目标十分艰巨。3) 农村居民持续增收缺乏后劲。提高农业收益需要投入优势生产要素,如资金、技术、知识和智力资本投入,但乡村地区很难吸引优势生产要素,农业产业链的高收益高增值环节往往聚集在城镇,城乡优势生产要素流动不均衡,这是造成农民增收乏力的根本原因。4) 农业生态产品价值实现路径不畅。农业除了提供普通农产品,还提供生态产品,如固碳释氧、消纳废弃物以及休憩文娱等,但这些生态产品缺少转化路径,体制机制尚不健全,导致绝大多数生态产品没有转化为经济收益。因此,现代生态农业如何向规模要效益、向科技要效益、向产业链要效益以及向生态要效益是今后的重要研究课题。

3 中国生态农业现代化的实践路径

3.1 创新生态农业典型模式

几千年来,中国拥有众多蕴涵“生态智慧”的生态农业模式,不同区域情势有别,模式各异,呈现出多样化发展趋势。20 世纪 90 年代,全国开展了生态农业试点县建设,向全国征集 370 种生态模式或技术体系,总结了全国十大生态农业典型模式,如“四位一体”生态模式、“猪-沼-果”生态模式以及农林牧复合生态模式等^[2],这些典型生态农业模式主要适应小规模农户经营,在很长时期内对促进农民增收与生态环境保护起到了十分重要的作用。随着农业现代化进程的加快,对传统生态农业模式提出了新的要求,如规模化、机械化、智能化及无人化等。于法稳等^[17]提出了中国式农业现代化视角下“新型生态农业”发展体系,刘旭等^[18]提出未来 30 年发展“现代智慧生态农业”的基本方略,如何守正创新,加强生态农业模式创新十分迫切。从实践路径看,应遵循抓大放小,先易后难,循序渐进的发展思路,根据现代生态农业的发展特点和要求,围绕主要农产品(粮、菜、油、肉、蛋、奶)生产,在梳理总结已有模式的基础上,充分吸纳“互联网+”、人工智能等现代科技手段,

创新现代生态农业发展模式,并制订相应配套技术规范。重点模式包括玉米大豆间作、稻鱼共生系统、种养循环生态温室、规模化生态农场以及生态型室内垂直农场等,扩大生态农业经营规模和覆盖面积,优化农业景观生态格局,整体提升中国农业生态系统质量、现代化水平和生产效率。

3.2 加强农业绿色投入品研发

农业绿色投入品泛指农业绿色生产资料,包括种子、肥料、农药、农膜、饲料、兽药及生长调节剂等,作为发展现代生态农业的物质保障基础,绿色投入品研发是保障食物安全和降低农业面源污染的重要措施,也是我国农业现代化的重点发展领域。以肥料和农药为例,目前新型肥料的施用量占化肥施用总量的比重仅为10%左右^[19],微生物农药、生物化学农药和植物源农药占比约1/3^[20],与现代生态农业发展需求还有很大差距。据测算,2020年我国水稻(*Oryza sativa*)、小麦(*Triticum aestivum*)、玉米三大粮食作物化肥利用率40.2%,农药利用率40.6%^[21],绿色防控覆盖率达到41.5%^[22],与过去相比均有较大幅度提升,除了“双减”措施外,新型肥料和新型农药也发挥了重要作用。今后应重点加强在新型缓/控释肥料与稳定性肥料、液态肥、生物炭基肥料、微生物肥料、微量营养素强化剂、绿色智能肥料的创制以及优质绿肥作物品种的选育与应用等,适应现代设施农业的智能“光肥”配方研制、新型气体肥料创制等,微生物农药与植物源农药、天敌与授粉昆虫技术产品以及物理化学高效诱虫捕虫装备等的研制与推广应用,生物可降解农膜、水土流失、盐碱地治理与污染土壤修复技术及产品的研制与应用等,尽可能降低农业绿色投入品对生态系统健康和人体健康的不利影响。

3.3 加快生态农业新装备的研发与应用

农业新装备的创制研发是实现农业现代化的重要手段,长期以来现代农业装备主要以常规农业为主,在单一规模种植和单一规模养殖领域的机械化、设施化以及智能化已经取得显著成效。中国制造2025计划将智能农业装备列为十大发展领域之一,但现代生态农业与常规现代农业不同,现代生态农业强调多样化种植、种养结合以及病虫草害的生物综合防治,农业生产系统集成度、生物多样性和复杂性更高,与之相配套的新装备器械、基础数据库以及管理软件系统等要求更高、难度更大。生态农业新装备的研发与应用的主要目的是通过无人化、数字化和智能化的生产管理系统,对农业生物的生

长发育进行精准施控,大幅度减少人力、物力和能源投入,降低生产经济成本,提高农业生产效率,同时提高农业生态系统多样性、稳定性和持续性。如何结合现代生态农业特点,将复杂农业机械、智能感知/智能决策/智能控制、大数据/云平台/物联网等技术融为一体,自主、高效、安全、可靠地完成农业作业任务是生态农业现代化的基本要求^[23]。今后应重点发展现代生态农业先进基础装备、智能感知技术、云脑技术、智能控制、智能管控技术和“空-天-地”一体化物联网技术等;加强现代生态农业技术集成平台创建,如空间育种实验室平台系统、有机废弃物高效生物处理与循环利用系统、生物病虫害综合防控系统以及室内生态循环垂直农场系统等。以室内垂直农场系统为例,相关研究表明,室内垂直农场的最高小麦产量潜力能够达到 $(1940\pm230)\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$,是目前世界小麦平均产量 $3.2\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的220~600倍^[24]。与人工智能、大数据相融合的生态化垂直农场可能会带来一场新的“绿色革命”^[25],新技术装备能够大幅度提高土地生产率,从而减少农业用地面积,优化农业生产用地和生态用地比例,做到“以技术换土地,以土地换生态”,实现食物安全与生态安全的“双提升”。此外,以外太空空间利用为导向的空间基地生命保障人工闭合生态系统综合装置研制是中国现代生态农业的战略性新方向,具有更高的挑战性与战略价值。

3.4 提升生态农业产业链运营能力

生态农业体系生产的优质农产品只有通过产业链才能实现增值增效,也只有通过全产业链协同运营才能提高产业竞争力和产业韧性。生态农业产业链包含两个层面:一是遵循自然生态学原理构建的“生产者-消费者-分解者”产业链体系,如“四位一体”模式中的设施作物、养殖动物和厌氧微生物形成的物质循环和能量多级利用体系;二是按经济生态原理构建的商业生态系统(Business Ecosystem),包括政府、投资研发机构、绿色生产资料企业、生态农产品生产性经营主体(农户、家庭农场、合作社、生产性农业企业)、加工企业、营销机构(农贸/批发市场、商超、直营店以及电商平台等)、服务公司(农机、技术、托管等)以及旅游休闲康养等形成的产业“共生”体系,具有耦合协同效应,充分体现一二三产业融合发展的整体优势。目前,生态农业受技术体系、发展模式以及市场认知度与接受度等的制约,与常规农业相比生产经营规模普遍偏小,产品标准难以统一,存在优质不优价,经营成本高,盈利周期

长以及生态农产品市场信誉度不高等问题,生态农业产业链协同耦合度及核心竞争力有待提升。随着“互联网+”、数字化、云计算、人工智能、区块链以及“元宇宙”技术的快速发展,生态农业产业链业态变革创新势在必行,全球食物可持续生产系统的颠覆性创新以及“环境-农产品-人”健康食物链供应体系研究是重中之重^[25]。今后应重点发展社区支持农业(Community Supported Agriculture, CSA)、生态休闲康养农业、云端生态农场以及绿色农产品国际贸易等,打通国内外生产者与消费者对生态农产品的认知、体验和信誉障碍,建立产加销、贸工农、农文旅和产学研融合发展新业态,全面提升我国生态农业产业链竞争力。

3.5 完善生态农业生态补偿政策与机制

充分认识和挖掘生态农业创造的生态产品价值并加以转化,是现代生态农业的重要发展方向。农业既是农产品的主要供给源,也是生态产品的重要供给源。相关研究表明,2015 年中国农业生态价值(现实值)为 68.16 万亿元,而农业生产总值(农业经济价值)为 6.09 万亿元,农业生态价值(现实值)是当年农业经济价值的 11.2 倍^[26],农业生态价值(现实值)总量与当年的 GDP(68.91 万亿元)基本相当。我国生态产品价值核算研究处于世界前列,然而,当前我国农业生态价值的转化还处于起步阶段,生态产品类型及属性界定、功能量测算方法、生态产品价值核算技术、生态产品价值实现模式与机制等还有待深入研究。今后应结合国际的 TEEB(The Economics of Ecosystems and Biodiversity)计划、《环境经济核算体系——生态系统核算框架(SEEA-EA)》以及国内的生态系统生产总值(Gross Ecosystem Product, GEP)和经济生态生产总值(Gross Economic-Ecological Product, GEPP)核算^[27],围绕农产品供给、农业碳汇、气候调节、土壤保护、农业水权和排污权交易、农业生物多样性保护以及生态游憩等,制订生态农业生态价值核算技术规范,建设农业生态价值监测网络体系,开展农业生态认证、生态标识、绿色金融以及 ESG(Environmental, Social and Governance)管理体系建设,建立农业生态产品价值报告制度,健全多元化多途径的生态补偿机制和政策体系,大力发展农业生态产品“第四产业”,把农业生态价值变为主流价值。

4 结语

现代生态农业是中国农业现代化的根本方向,

按照中国式现代化的基本特征和生态文明建设战略的总体要求,科学界定现代生态农业内涵与发展维度,并达成广泛共识十分必要;立足中国食物可持续生产系统转型,充分吸收传统农业智慧和现代科技成果,创新现代生态农业典型模式,确立现代生态农业的根本任务,明确现代生态农业的发展路径,绘制未来中国现代生态农业发展技术路线图;围绕“环境-农产品-人”健康食物链体系构建,加强现代生态农业基础研究和关键技术研发,创新现代生态农业产业经营体系和政策体系,依靠农业科技与农村改革双轮驱动,全面建设适合我国国情的现代生态农业产业技术体系,为世界农业可持续发展提供中国解决方案。

参考文献 References

- [1] 李文华, 刘某承, 闵庆文. 中国生态农业的发展与展望[J]. 资源科学, 2010, 32(6): 1015-1021
LI W H, LIU M C, MIN Q W. Progress and perspectives of China's ecological agriculture[J]. Resources Science, 2010, 32(6): 1015-1021
- [2] 胡涛, 齐晔, 孙鸿良. 中国生态农业四十年: 回顾与展望——纪念生态农业理念倡导者马世骏先生逝世30周年[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2021, 29(12): 2107-2115
HU T, QI Y, SUN H L. Forty years of China's eco-agriculture: Looking back and looking forward — to commemorate the 30th anniversary of Professor MA Shijun's death, the founder and promoter of eco-agriculture concept[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2021, 29(12): 2107-2115
- [3] 骆世明. 传统农业精华与现代生态农业[J]. 地理研究, 2007, 26(3): 609-615
LUO S M. To discover the secret of traditional agriculture and serve the modern ecoagriculture[J]. Geographical Research, 2007, 26(3): 609-615
- [4] WU Y S, WANG E L, GONG W Z, et al. Soybean yield variations and the potential of intercropping to increase production in China[J]. Field Crops Research, 2023, 291: 108771
- [5] JIN S Q, ZHANG B, WU B, et al. Decoupling livestock and crop production at the household level in China[J]. Nature Sustainability, 2021, 4(1): 48-55
- [6] 中华人民共和国生态环境部. 关于发布《第二次全国污染源普查公报》的公告[EB/OL]. [2020-06-09]. https://www.mee.gov.cn/xxgk/2018/xxgk/xxgk01/202006/t20200610_783547.html
Ministry of Ecology and Environment, People's Republic of China. The Second National Pollution Source Census Bulletin[EB/OL]. [2020-06-09]. https://www.mee.gov.cn/xxgk/2018/xxgk/xxgk01/202006/t20200610_783547.html
- [7] Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization. Conference Outcome Document: Rome Declaration on Nutrition[R]//Second International Conference on Nutrition. Rome: Food and Agriculture

- Organization of the United Nations, World Health Organization, 2014
- [8] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Nutrition-sensitive Agriculture and Food Systems in Practice[R]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017
- [9] 赵桂慎, 郭岩彬. 中国功能农业发展与政策研究[M]. 北京: 科学出版社, 2018
ZHAO G S, GUO Y B. Development and Policies for Functional Agriculture in China[M]. Beijing: Science Press, 2018
- [10] World Health Organization. Global Health Risks Mortality and Burden of Disease Attributable to Selected Major Risks[M]. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2009
- [11] 国务院办公厅. 国民营养计划(2017—2030年)[EB/OL]. [2017-07-13]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/13/content_5210134.htm
General Office of the State Council. National Nutrition Plan (2017-2030)[EB/OL]. [2017-07-13]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/13/content_5210134.htm
- [12] 赵桂慎, 郭岩彬. 中国功能农业发展现状、问题与策略[J]. 科技导报, 2020, 38(23): 9-16
ZHAO G S, GUO Y B. Status, problems, and strategies of functional agriculture in China[J]. Science & Technology Review, 2020, 38(23): 9-16
- [13] 国家卫生健康委. 中国居民营养与慢性病状况报告—2020年[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2021
National Bureau of Disease Control and Prevention. Report on Nutrition and Chronic Diseases of Residents in China—2020[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2021
- [14] 闵庆文. 重要农业文化遗产及其保护研究的优先领域、问题与对策[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2020, 28(9): 1285-1293
MIN Q W. Research priorities, problems and countermeasures of Important Agricultural Heritage Systems and their conservation[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2020, 28(9): 1285-1293
- [15] 杜志雄, 肖卫东. 农业规模化经营: 现状、问题和政策选择[J]. 江淮论坛, 2019(4): 11-19, 28
DU Z X, XIAO W D. Large-scale agricultural management: Current situation, problems and policy choices[J]. Jianghuai Tribune, 2019(4): 11-19, 28
- [16] 姜长云. 我国产业发展的五年过往与“十三五”时期重要选项[J]. 改革, 2016(4): 109-123
JIANG C Y. Industrial development in the past five years and in the Five Thirteenth Year Plan Period in China[J]. Reform, 2016(4): 109-123
- [17] 于法稳, 林珊. 新型生态农业发展的突出问题、目标重塑及路径策略[J]. 中国特色社会主义研究, 2022, 13(S1): 38-45
YU F W, LIN S. Key issue, objective resetting of new-type sustainable agriculture and its path and strategies[J]. Studies on Socialism with Chinese Characteristics, 2022, 13(S1): 38-45
- [18] 刘旭, 李文华, 赵春江, 等. 面向2050年我国现代智慧生态农业发展战略研究[J]. 中国工程科学, 2022, 24(1): 38-45
LIU X, LI W H, ZHAO C J, et al. High-quality development of modern smart ecological agriculture[J]. Strategic Study of CAE, 2022, 24(1): 38-45
- [19] 李冬霞. 新形势下绿色农业投入品如何助力农业绿色可持续发展[J]. 蔬菜, 2019(11): 1-10
LI D X. How can green agricultural inputs help the green and sustainable development of agriculture under the new situation[J]. Vegetables, 2019(11): 1-10
- [20] 郭明程, 王晓军, 苍涛, 等. 我国生物源农药发展现状及对策建议[J]. 中国生物防治学报, 2019, 35(5): 755-758
GUO M C, WANG X J, CANG T, et al. Status and strategic measures for the development of biopesticides in China[J]. Chinese Journal of Biological Control, 2019, 35(5): 755-758
- [21] 农业农村部科技教育司. 我国三大粮食作物化肥农药利用率双双超40%[EB/OL]. [2021-01-19]. http://www.moa.gov.cn/xw/bmdt/202101/t20210119_6360102.htm
Department of Science, Technology and Education of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs. The utilization rate of chemical fertilizers and pesticides of the three staple crops in China has both exceeded 40%[EB/OL]. [2021-01-19]. http://www.moa.gov.cn/xw/bmdt/202101/t20210119_6360102.htm
- [22] 中国农业绿色发展研究会, 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所. 中国农业绿色发展报告 2020[M]. 北京: 中国农业出版社, 2022
China Agricultural Green Development Research Association, Institute of Agricultural Resources and Regional Planning of the Chinese Academy of Agricultural Science. China Agricultural Green Development Report 2020[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2022
- [23] 刘成良, 林洪振, 李彦明, 等. 农业装备智能控制技术研究现状与发展趋势分析[J]. 农业机械学报, 2020, 51(1): 1-18
LIU C L, LIN H Z, LI Y M, et al. Analysis on status and development trend of intelligent control technology for agricultural equipment[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2020, 51(1): 1-18
- [24] ASSENG S, GUARIN J R, RAMAN M, et al. Wheat yield potential in controlled-environment vertical farms[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2020, 117(32): 19131-19135
- [25] 赵桂慎, 任胜男, 原燕燕, 等. 2020年农业生态学热点回眸[J]. 科技导报, 2021, 39(1): 166-173
ZHAO G S, REN S N, YUAN Y Y, et al. Review of agroecology in 2020[J]. Science & Technology Review, 2021, 39(1): 166-173
- [26] 刘二阳, 胡韵菲, 王雪婷, 等. 中国农业生态价值测算及时空聚类特征[J]. 中国农业资源与区划, 2020, 41(3): 196-202
LIU E Y, HU Y F, WANG X T, et al. Measurement and spatial-temporal clustering characteristics of agricultural ecological value in China[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2020, 41(3): 196-202
- [27] 王金南. 生态产品第四产业: 理论与实践[M]. 北京: 中国环境出版集团, 2022
WANG J N. The Quaternary Industry for Ecological Products[M]. Beijing: China Environment Publishing Group, 2022