

# 浅析我国智慧生态农业技术的应用与研究现状

张颜麟

福建农林大学生命科学学院, 福建 福州

收稿日期: 2023年1月6日; 录用日期: 2023年2月3日; 发布日期: 2023年2月13日

## 摘要

我国作为农业大国, 在农业的可持续发展中, 智慧生态是一种必然趋势, 智慧生态农业是乡村振兴的重要支撑, 是农业现代化的重要标志。本文对智慧生态农业的概念与内涵, 技术与运用, 现状与问题进行了浅析研究, 在认真分析总结我国农业发展现状, 借鉴发达国家农业发展经验基础上, 论述了智慧生态农业发展潜力和发展趋势, 探索了智慧生态农业发展策略和措施, 为发展智慧生态农业技术、实施我国农业现代化可持续发展提供借鉴建议。

## 关键词

智慧农业, 生态农业, 农业技术, 现代化

## Brief Analysis on Application and Research Status of Smart Ecological Agricultural Technology in China

Yanlin Zhang

College of Life Sciences, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou Fujian

Received: Jan. 6<sup>th</sup>, 2023; accepted: Feb. 3<sup>rd</sup>, 2023; published: Feb. 13<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

As a big agricultural country, China's smart ecology is an inevitable trend in the sustainable development of agriculture. Smart ecological agriculture is an important support for rural revitalization and an important symbol of agricultural modernization. In this paper, the concept and connotation, technology and application, current situation and problems of smart ecological agriculture are analyzed and studied. On the basis of careful analysis and summary of the current situation of agricultural development in China and reference to the agricultural development experience of

developed countries, the development potential and trend of smart ecological agriculture are discussed, and the development strategies and measures of smart ecological agriculture are explored to develop smart ecological agricultural technology to provide suggestions for the sustainable development of China's agricultural modernization.

## Keywords

Smart Agriculture, Ecological Agriculture, Agricultural Technology, Modernization

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

为实现“农业强而永续、农村美并生态、农民富且体面”乡村全面振兴美好愿景，近年来，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，专家学者提出了一系列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。从引入现代科学技术提高农业生产效率角度提出发展现代生物农业，从协调农业生产和生态保护发展角度提出发展高效生态农业，从农业全产业链信息化角度提出发展智慧农业，等等，这些发展理念都能解决我国农业发展面临的不同问题。

面向未来，要实现农业高质量可持续绿色发展，必须基于物理学、生态学、生物学等多学科交叉，必须基于生物技术、信息技术、装备技术等多技术并用，探索一条综合发展道路——智慧生态农业技术发展模式。智慧生态农业不仅需要智能化，更需要生态化，形成“生态 + 智慧”农业新业态，实现农业现代化与可持续发展有机统一。

## 2. 智慧生态农业概念与内涵

### 2.1. 智慧生态农业概念

所谓智慧生态农业，就是在遵循生态原理、经济规律、社会效益前提下，借助先进技术装备和科学生产方式，大力提高农业生产力，大福提升农业生态安全；借助大数据、云计算、人工智能等信息技术，在产前科学衔接生产资料，产中精准配置生产要素，产后完美对接产品供需；构建生产、物质、能源三大生态循环系统，高效利用农业资源和持续提升生态环境，是一条符合国情的中国式农业发展模式。

智慧生态农业技术，基于物理学、生物学、生态学等多学科交叉，基于信息技术、生物技术、装备技术等多技术并用，通过现代化农业管理系统得以实现农业产业可持续发展，其核心思想就是要实现我国农业发展的智慧化、生态化、有机化、绿色化、精准化、数字化等。智慧生态农业发展模式，优质高效提升和发展农业生产科技化水平，系统持续改善和优化农业生态安全环境，对现代农业发展具有重要意义[1] [2]。

### 2.2. 智慧生态农业内涵

智慧生态农业，发展理念上坚持效率系统提升、资源永续利用，发展方式上坚持生产、科技、生态、信息等密切耦合，因时因地制宜，以生态为主线、智慧为手段、科技为支撑，坚定“现代化、智慧化、生态化”理念融合，促进“生物技术、信息技术、装备技术”耦合应用，注重“效率、效益、效果”并

举提升,实现“生产、生态、生活”协同发展,具有四个基本特征。一是智能化。构建智慧生态农业生产生活模型,通过智能监测系统,实现农业生产、农村生态、农民生活等领域智能感知、智能信息、智能分析、智能预警、智能决策和专家在线指导[3];二是生态化。构建资源持续利用循环模型,通过生态监测系统,采取多维度、多层次、综合性“农、林、牧、渔”生态种养模式,多种作物完美搭配,获得经济效益、生态效益和社会效益最大化[4];三是可控化。构建农业全产业链协调控制模型,通过大数据平台和节点控制系统,对农作物生产要素、健康数据等精准统计分析,对农产品产供销业务流程进行全程监测;通过办公自动化系统或移动 APP,对农村生活、农业生产进行科学现代化管理,乡村全面振兴,达到产业兴旺、生态宜居、乡风文明、治理有效、生活富裕;四是系统化。智慧生态农业是农业生产的高级阶段,是农业发展阶段 4.0 时代的新业态与新模式[3] [5]。这种发展模式把农业种养、农业环境与农业生产者、销售者、消费者等各个子系统作为一个有机整体,科学精准、生态环保、智能高效地有机协调各要素之间存在的密切关系,是一个可持续的智慧复合农业生态系统[4]。

### 3. 智慧生态农业技术与应用

#### 3.1. 智慧生态农业信息技术应用

信息技术在智慧生态农业中的运用就是“农业 + 物联网”。运用传感器和软件,通过移动平台或者电脑平台,对农业生产精准感知、控制决策、科学管理等,主要有监控功能系统、监测功能系统、实时图像与视频监控功能。在智慧生态农业发展种可以用于生产环境监控、食品安全保障、智慧生态农业种养等,也可以在农业电子商务、食品溯源防伪、农业休闲旅游、农业信息服务等方面发挥重要作用[5] [6]。

##### 3.1.1. “智慧”生产环境监控

在农田、温室、园林等农业生产区域,布设大量传感节点,实时实地收集温湿度、光照条件、气体浓度、土壤水分、酸碱度、电导率等信息数据传递到中控系统,系统自动环境分析后,有针对性地投放农业生产资料,按需调动智能设备执行调温、调光、换气等操作,实现对农业生长环境的智能控制[6]。

##### 3.1.2. “生态”食品安全保障

物联网技术贯穿农业生产、加工、流通、消费各环节,通过溯源信息技术系统[7],用户可以迅速了解食品生产环境和过程,实时透明展现食品供应链场景,向社会提供生态安全、优质放心食品,增强用户消费信心,保障合法经营者的利益,提升可溯源生态产品的品牌效应[8]。

##### 3.1.3. “智慧生态”种养技术

近年来,百度、阿里、腾讯、京东等互联网企业,在农业领域频繁布局,主要投资于智慧生态种养[9]。例如:在可视智能识别上,百度 AI 图像技术,可以观察植物的生长状态,自动识别并分析农作物状态,提供病虫害的预警、检测等。在农机驾驶上,百度设想无人驾驶。阿里 AI 养猪项目,通过构建 AI 算法,实现“猪脸识别”,从而帮助养殖户随时随地对动物的健康状态进行管理。腾讯 AI 实验室,在温室种黄瓜的过程中,浇水、通风、光照和施肥等工作由人工智能传感器收集的环境和生长数据,通过强化学习和计算,进行判断再驱动温室里的设备元件自动完成。恒大高科农业集团与中国科学院合作,投入巨额专项资金,运用全球现代智慧生态农业高新技术、高端装备和管理经验,采用全智能精准环境控制技术,大数据、物联网和智能机械自动化等,全季节、全天候生产,全过程集约化、标准化、智能化,全方位打造绿色优质、生态智慧、高产高效的高科技农业[9]。2022 年 4 月 23 日,“中国粮仓”黑龙江省启动一项“智慧农业”项目,投资 1.5 亿元人民币,将研制无人农机系统,建设

“无人农场”。

### 3.2. 智慧生态农业生物技术应用

生物技术在农业中的应用，最常见也就是最重要的就是遗传筛选和转基因技术。通过重组与改造农产品基因，培育出具有优良性状基因或转基因农作物，使其蛋白质含量更高，抗病效能更好，抗虫效果更佳，免疫能力更强，农产品质量和产量也得到大幅度提升，我国著名科学家袁隆平就应用生物技术培育出杂交水稻，提升了水稻的产量，为农业生产带来很好的经济效益，并解决了很多人的饥饿问题[8]。在智慧农生态业种应用比较广泛的生物技术主要有生物防虫技术、有机养地技术、生物防病技术、生态加工技术等[7]。当前发展智慧生态农业技术，生态优化技术和农业接口技术得到深入研究和运用，将生态经系统中的生产者、消费者、分解者与环境链接起来，经济效益、生态效果、社会效率的“三效”协同并举，良性循环。

#### 3.2.1. 生态优化技术应用

智慧生态农业发展的生态优化技术研究和应用，主要表现在：一是环境综合整治技术。生物技术与工程技术相结合，综合整治农业环境，如华南和黄土高原的水土流失问题治理，西北和黄海淮海平原盐碱地的沙漠化问题治理；二是资源保护与增值技术[7]。如作物秸秆和动物粪便回田作肥，养地作物和耗地作物轮作间种，野生绿肥、河流沉积物等，增加有机肥投入；三是立体种养技术[7]。物种间对资源利用具有互补特性，利用生物间生态位差异，提高资源利用率。广泛运用在大田作物之间，利用果树、林木、热带作物、牧草甚至食用菌等熟种植和间套作；四是废弃物资源再生技术[7]。主要包括废物还田技术、饲料化利用技术、气化技术、固化、炭化技术、制备复合材料技术、肥料化技术、饲料化技术、燃料化技术等。以畜禽粪便、秸秆等废物为原料，经厌氧发酵产生以  $\text{CH}_4$  为重要成分的沼气作为燃料；沼液直接肥田，沼渣用来养鱼，形成养殖、种植和渔业紧密结合的物质循环智慧生态模式[10] [11] [12]。

#### 3.2.2. 农业接口技术应用

智慧生态农业的农业接口技术研究应用，主要领域有：一是种植生产。在小麦、玉米、棉花、水稻等主要农作物从整地、播种、管理到收获各个环节，都需要智能化的信息技术和智能化的装备进行耦合，来完成这些操作的工艺[12]。我国北斗精准导航与测控技术，应用在播种上，安装到拖拉机、插秧机上，提高田间作业质量；应用在灌溉上，实现精准对行灌溉。农业航空和无人机精准施药技术，探的清、飞到位、施得准、雾化好、可评价和全程可控[13]。目前，我国各环节的技术和装备基本具备，需要组合成一个完整的智能化解决方案；二是园艺生产。以大棚温室生产为主，用国产技术和设备，许多地方建了大型现代智能温室，从水肥管理调控各个方面进行了智能化提升。我国研发的小型农机设备包括采摘、除草、喷药、开沟、施肥、巡检、升降作业平台等，可实现全程机械化作业，提升果园生产智能化水平具有重要意义[10]；三养殖生产。这是智慧生态农业重要的应用场景，动物体感病变监测技术大大提高了养殖安全性，动物禽舍有害气体专用传感器大大减少了温室气体排放，符合我国“碳达峰、碳中和”政策。巡检机器人、防疫消毒机器人，可以代替人从事对身体有害的作业；四是产供销物流四位一体。通过“农业 + 智能技术 + 生态管理”模式，智慧生态农业的关键是如何把信息技术、物联网技术等高新技术运用到生态农业生产和管理中，从而提升农民生产与管理水平和效率。实现农业供应链可感、可控、可调，实现农业产供销全产业链的技术服务、信息服务；五是装备技术产品。目前 85% 以上的智慧生态农业设备系统、装备技术由政府主导。比较成熟的智慧生态农业装备技术产品主要有：植保无人机、智能化温室、水肥一体化沙土栽培系统、LED 生态种植柜、工厂化育苗、智能配肥机、智能孵化机、智能养殖场等等[11]，但对于农业经营者来说，一套智慧农业设备或者系统轻则几十万，重则百万甚至千万。

我国小农户居多，打药、播种等方面专业化社会化服务企业组织快速发展，体现规模化的生产效益，推动小农户生产现代化。

## 4. 智慧生态农业现状与问题

### 4.1. 国际现状与趋势

以美国、日本、英国、法国、德国为代表的发达国家，农业技术具备技术成套、设备完善、生产规范、产量稳定、质量保证等特点；农业生产能够根据动植物生长最优生态条件，在现代化设施内进行四季恒定的环境自动控制，使得农业不受气候条件影响，实现了周年生产、均衡上市；农业产业实现设施制造、环境调节、生产资料一体化体系。他们的农业设施逐渐智能化，农产品通过生物技术良种化，农业生产和种养方式生态化，农业发展模式“智慧 + 生态”化，坚持可持续性绿色发展[13] [14]。

随着社会发展，科技突飞猛进，新一轮技术革命方兴未艾，人工智能、基因编辑、区块链、5G 等前沿技术融入农业、引领发展。世界农业历经机械化、化学化、生物化、生态化、信息化、智能化等发展过程，进入了智慧型、生态型可持续发展新阶段。

目前，由联合国粮食及农业组织主导，先后制定了全球重要农业文化遗产(GIAHS)、生态农业(Agroecology)、气候智慧型农业(Climate Smart Agriculture)等发展计划，其核心目的和作用主要有：一是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；二是加强自然生态系统对农业的庇护作用，增强适应性，提升农民技术能力；三是全面提高经济、生态与社会效益，充分发挥农业多种功能[15]。

当前，主要发达国家正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。欧盟正逐步实现农业“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》。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、生态化方面取得长足进展[16]。美国在大田农业智慧化程度持续领先，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智能决策，把传感器、基因编辑、精准育种作为重点研究方向[17]。

### 4.2. 国内现状与趋势

在政府主导支持下，中国农业现代化取得长足发展，智慧型、生态型农业技术的相关政策、资金投入、试点推广等配套措施初见成效。一是“互联网 + 现代农业”行动取得了显著成效。农村网络基础设施建设得到加强，全国行政村通宽带比例达到 96% 以上，农村网民突破 2 亿；二是“规划 + 试点”引领智慧生态发展取得显著效果。“十三五”期间，全国 9 个省市开展农业物联网工程区域试点，形成 426 项节本增效农业物联网产品技术和应用模式。“十四五”时期全面推进乡村振兴、加快农业农村现代化，实施数字乡村战略，智慧农业成为一个重要的趋势和方向；综合考虑各地农业资源禀赋、基础设施条件、特色产业发展等因素，围绕粮食产业、优势特色产业、都市农业、智慧农业、高效旱作农业和脱贫地区“小而精”特色产业等发展，以县(市、区)为单位，分区分类创建 100 个左右农业现代化示范区[15]；三是“科研 + 制造”联动深入推进智慧生态农业技术研发。先进科研单位和高端制造企业围绕设施温室智能化管理的需求，自主研发出了一批设施农业作物环境信息传感器、多回路智能控制器、节水灌溉控制器、水肥一体化等技术产品，对提高我国温室智能化管理水平发挥了重要作用；四是我国精准农业关键技术运用取得重要突破。天空地一体化的农作物氮素信息获取技术，可实现省域、县域、农场、田块不同空间尺度和作物不同生育时期时间尺度的作物氮素营养监测[13]；基于北斗自动驾驶与测控技术农业机械，在新疆棉花精准种植中发挥了重要的作用，研制的农机深松作业监测系统解决了作业面积和质量人

工核查难的问题，得到大面积应用[15]。

当前，数字乡村、生态乡村建设如火如荼，“智慧+”深入推进，数字化正融入农村各个生活场景，农业农村领域现代信息技术创新空前活跃，“生态+”新产业、新业态、新模式不断涌现。2021年我国智慧生态农业市场规模达685亿元，预计2022年我国智慧生态农业市场规模将进一步增长至743亿元，同比增长8.5% [1] [2] [17]。

### 4.3. 主要矛盾与问题

中国幅员辽阔，农村网点分布比较散，农民相对比较保守，农业产业链中各个环节的标准规范难以统一。信息资源上，存在难以收集分析、集成共享；农业生产上，非常分散、普遍小农户，难以统一规模化、机械化、系统化，农民文化程度普遍不高，智慧技术、生态观念推广进展不快[18]。智慧生态农业技术发展中主要有资源环境、科技短板、制度短板三大矛盾与问题。

#### 4.3.1. 环境问题

我国自然资源和生态环境问题仍然比较严重，在种养基础农业中，农村秸秆露天焚烧、畜禽粪便排放、加工业大量废弃物不合理处置等，是面源污染主要来源；在农林牧渔开发利用中，东北地区黑土地由于长期以来不合理的开发利用，致使黑土土壤有机质含量急剧下降、黑土层厚度减少且生态功能退化；华北地区地下水超采问题严重，造成河流枯竭、地面沉降和地下水污染，等等，造成水土资源数量减少且质量下降。目前，我国农业发展的主要矛盾已经由总量供给问题转变为优质农产品供求结构性问题，消费需求逐步向有机、绿色和健康方向转化[18] [19]。因此，农业自然生态资源的合理开发、利用和保护，成为破解农业现代化和智慧生态农业发展的首要问题。

#### 4.3.2. 科技短板

科技是第一生产力。技术创新是推进现代农业发展的根本动力，技术应用是突破生产方式转化瓶颈的重要手段。当前我国农业发展方式正从传统粗放型迈向现代化集约型，亟待完善农业科技创新体系，提升我国农业现代化水平，解决农业科技体系短板问题需要从农业技术创新和推广体系创新两个方面入手：一是农业技术创新需要生态化。二十大做出实施乡村全面振兴战略，以绿色发展引领乡村实现生态振兴。在技术层面上向生态化转型，推广绿色环保、低耗高效的生态环保技术，确保生态产品充足供应，打好农业面源污染治理攻坚战。现阶段我国农业绿色发展技术构建与推广保障体系，仍不完善、专业技术人员素质不高，规模化持续性发展陷入困境[17]；二是推广科技体系创新需要产学研用紧密衔接。目前我国从中央到地方的农业科研机构体系已经初步形成，但是产学研用四方联动机制和体系不全，各单位对技术成果转化和推广重视不够，责任不强，导致科研成果转化率低，科研技术使用率不高，科研技术作用没有充分发挥[17]。完善的激励性科技创新体系是推进农业现代化跨越式发展的动力源泉。

#### 4.3.3. 制度短板

技术创新和制度创新相互作用、相互影响，推动着社会发展，推动着现代农业发展。纵观我国农业发展历程，制度创新起着决定性作用，推动了农业现代化不断迈上新台阶，如果制度变迁滞后于技术创新，就会对发展起阻碍作用。制约我国现代农业的制度性短板主要体现：一是土地制度问题。农村土地集体所有制，客观上造成土地权属不明确；农村土地承包经营权流转不规范，流转中涉及的责任主体“责、权、利”不明；农村土地征收制度有缺陷，征地补偿标准过低且不统一，会损害农民利益。客观上造成农民态度淡漠，大部分农民不愿意投入资金去经营管理土地[18]；二是社会化服务问题。社会化服务体系是链接小农户与大市场的重要桥梁和平台，是小农户与农民融入农业现代化大环境的重要平台和纽带，也是提高农村和农民整体素质的重要渠道和平台。我国农业社会化的服务体系取得长足发展，随着现代

农业组织形式和生产方式的迅速变化,在农业科技服务方面,有效供给不足、供需对接不畅等问题日益凸显[19]。因此,与时俱进,学习借鉴发达国家的成功经验,培育多元化农业合作社、社会化服务组织和新型经营主体,构建中国特色的社会化服务体系是农业现代化发展的必然要求。

## 5. 智慧生态农业策略与措施

### 5.1. 智慧生态农业策略

中国科学院《创新 2050: 科学技术与中国的未来》报告为我们描绘了面向 2050 年中国科技发展路线图。为农业现代化和智慧生态农业发展指引了发展方向、明确了策略目标,就是构建生态高值农业和生物产业体系,从农产品安全、可持续农业、智能农业和高值农业四个方面,不断满足人民日益增长的农产品总量、质量、安全和多功能需求。全面实现农产品优质化、营养化、功能化,全面实现农业的信息化、数字化、精准化,建成农业高值转化的产业体系,形成生态系统持续良性循环、景观优美、功能多样、城乡一体的智慧生态新型农业[1] [6]。

### 5.2. 智慧生态农业措施

发展智慧生态农业,强化生态理念和智慧手段,研究和应用现代生物技术与装备技术,全面实现农业现代化和乡村振兴战略,坚持适应中国国情、具有中国特色的农业可持续发展道路,促进智慧生态农业“现代化、智慧化、生态化”。

#### 5.2.1. 促进现代化的措施建议

一是扩大农业经营规模。规模化是当前我国农业发展的核心和重心,规模化生产和经营必将成为未来发展的主流,不断扩大每个农业从事人员的耕地拥有面积,全国各地应围绕扩大农业规模经营积极开展多种形式的有益探索,努力积累丰富的实践经验。

二是提高农业从业者素质。加快农业现代化发展的关键在于高素质人才的培养,鼓励高素质人才积极投身于农村创业,转变农业的发展方式和促进城乡一体化。培训热爱农业、懂得种地、能够种好地的新兴职业农民,大力培育愿种地、会种地、种好地的新型职业农民,加速构建乐于奉献、乐于致力农业生产、表现优秀的高素质农业从事人员队伍。

三是拓宽农业产业链。农村家庭数量占据 2.1 亿户,建立竞争有序、诚实守信、安全可靠、绿色环保的农村电子商务市场体系和新型农村合作社组织。同时不能局限于农业本身,而要通过延长产业链,与加工业、旅游业等二、三产业相结合,引入互联网思维,以新视角新方法拓宽发展渠道,打通与其他行业之间的壁垒,让更多资金与资源流入,盘活整个产业。

四是坚持和完善农村基本制度,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“新业态” [20]。

#### 5.2.2. 促进智慧化的措施建议

一是创造良好发展环境。各级政府要做好顶层规划设计,加强对农业智慧化工作指导,立足区域农业发展特点,根据不同的气候和地质条件,鼓励发展适合本地实际的智慧农业模式。

二是健全智慧农业支持政策。智慧农业发展在发展过程中要加强监督和指导,采取刚性约束制度,鼓励多元主体参与,避免各种投机行为的发生,不断增强科学性和有效性。优化项目支持方向。政府相关部门要制定相关配套政策,加大农业智慧化的资金支持,提高资金投入,对智慧农业技术的应用和研发,给予政策性资金补贴,鼓励科研机构、大型企业和集体经济组织参与到智慧农业体系建设中来。

三是降低农业智慧化成本。大力推进信息基础设施建设,利用“互联网+农业”优化产业链、价值链结构,构建集感知技术、智能决策、自动控制、精准作业、科学管理一体化现代智慧农业体系[21],将农产品各个业务流程(生产、加工、仓储、运输、配送等)串联起来,实现智能化。

四是提升农业信息化水平。加大农业应用型科技研发力度,推动国家和行业标准建设,整合各个行业各部门大数据资源,加强农业数据收集和运用平台建设,建立数据共享机制;大力培养农业科研创新、技术推广人才,以及农业产业化龙头企业带头人,让传统农民先向职业农民转型。

五是创新装备技术武装农业。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,实现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的智能化、精准化,建设以信息技术、物联网技术、卫星定位技术、智能装备技术为主的农业技术机械化、智能化装备体系[21]。

### 5.2.3. 促进生态化的措施建议

一是设定生态化目标体系。目标引领高效绿色高值农业永续发展,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。定量目标主要包括绿色、安全、营养型蔬菜水果产量、增幅,农业用水效益显著提升,生产“碳中和”碳排放量、温室气体排量控制,农业科技投入和生产节本增量增幅等;定性目标主要包括水、土壤质量改善,废弃物无害化循环利用,农业面源污染下降,分类分区生态环境改善进度等;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。

二是构建现代智慧生态农业科技创新体制。建立跨学科、跨领域的技术创新机制,加大“智慧+生态”核心技术及关键瓶颈技术研发投资;生物技术包括生物育种、关键基因发掘等,信息技术包括智能农机装备、智慧农产品供应链等,生态技术包括农产品绿色食品营养健康改善技术、农业生态功能系统化提升技术、农业环境保护技术等。要通过生物技术创新改造农业,包括用于动植物选育种转基因技术、基因编辑技术、基因测序与分析、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[7] [20]。

三是推广智慧生态种养结合模式。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,生物多样性持续利用与保护水资源、土地资源等。依据生态适宜性原则,从生态经济系统结构合理化入手,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。

四是实施智慧生态型废弃物处理工程。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,设立生物生态废物处理循环利用国家重大研发项目,培育壮大废弃物处理产业[19]。持续推进资源高效循环策略,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。

## 6. 结论

随着国际形势、社会格局和经济发展的变化,我国农业现代化的环境条件和发展方略发生着深刻变化。“二十大”报告明确指出,加快建设农业强国,扎实推动乡村产业、人才、文化、生态、组织振兴;发展设施农业,强化农业科技和装备支撑;推进美丽中国建设,坚持山水林田湖草沙一体化保护和系统推进,推进生态优美、节约集约、绿色低碳发展。因此,基于国情,立足绿色可持续发展道路,从物理学、生态学、生物学等学科上探索理论设计支撑,从生物技术、信息技术、装备技术上寻找技术耦合应用,探索一条综合发展道路——智慧生态农业技术发展模式。



本文在查阅大量文献资料基础上,笔者认为:第一,“智慧生态农业”是一个宏观概念,表征我国农业现代化发展模式,具有智能化、生态化、可控化、系统化四个基本特点;第二,实现农业现代化和全面乡村振兴要聚焦“智慧生态农业技术”,推进“智慧化”+“生态化”耦合协同发展,侧重于信息技术的应用主要有:“智慧”生产环境监控、“生态”食品安全保障、“智慧生态”种养技术等,侧重于生物技术的应用主要有:解决环境问题、资源循环的生态优化技术,发展因地制宜、生态场景的农业接口技术等;第三,制约我国智慧生态农业发展的主要瓶颈有:环境的顶层设计和统筹规划不足,技术在创新和推广中存在产学研用紧密衔接不够畅通短板,农业生产资料和农业生产服务在制度上存在短板;第四,研究和应用现代生物技术与装备技术,全面实现农业信息化、数字化、精准化,建成农业高值转化产业体系,既是目标策略也是当务之急。建议从结构规模、人才技术、全产业链、制度设计上采取有效措施促进“现代化”;建议从环境优化、政策引导、降本增效、信息共享、技术装备上采取有效措施促进“智慧化”;建议从完善目标体系、创新机制、特色模式、资源循环上采取有效措施促进“生态化”。形成生态系统持续良性循环、景观优美、功能多样、城乡一体的中国式智慧生态新型农业。

## 参考文献

- [1] 刘旭,李文华,赵春江,等.面向2050年我国农业发展战略研究[J].中国工程科学,2022,24(1):1-10.
- [2] 赵春江.智慧农业发展现状及战略目标研究[J].农业工程技术,2019,39(6):14-17.
- [3] 韩秀艳,孙涛.我国智慧农业发展路径设计及其优化策略研究[J].陕西农业科学,2016,62(12):98-101.
- [4] 王松良,施生旭.中国生态农业是实现我国农业绿色发展的根本出路[N].农民日报,2022-02-19.
- [5] 江洪.智慧农业导论——理论、技术和应用[M].上海:上海交通大学出版社,2015:9.
- [6] 王海宏,周卫红,李健龙,等.我国智慧农业研究的现状问题与发展趋势[J].安徽农业科学,2016,44(17):279-282.
- [7] 刘德江,饶晓娟.生态农业技术[M].第2版.北京:中国农业大学出版社,2021.
- [8] 骆世明.论生态农业模式的基本类型[J].中国生态农业学报,2009,17(3):405-409.
- [9] 安永刚.乡村振兴背景下的文化景观和生态智慧[M].北京:中国农业出版社,2021:8.
- [10] 陈青松,彭亮,吴莹.现代农业产业园:政策要点及实操案例详解[M].北京:中国市场出版社,2021:11.
- [11] 滕桂法.智慧农业导论(新农科信息技术基础系列教材)[M].北京:高等教育出版社,2021.
- [12] 常鹏艳,王松良.新农科教育背景下农业生态学知识传播路径研究——基于对福建省“三农”利益相关者问卷调查的解析[J].农业科学,2022,12(8):763-771.
- [13] 钱晔,孙吉红,黎斌林,等.大数据环境下我国智慧农业发展策略与路径[J].云南农业大学学报(社会科学),2019,13(1):6-10.
- [14] 刘国祥,王娟.中国农业现代化发展策略研究:基于农业与现代服务业融合视角[J].现代管理科学,2019(12):3-5.
- [15] 黄家庆,叶菁.现代生态农业发展过程中农村专业技术协会的作用[J].农业科学,2022,12(3):159-164.
- [16] 王瑞峰,王东升.基于ARM技术的智慧农业网络架构分布分析[J].农机化研究,2021,43(12):242-246.
- [17] 孙岩,刘仲夫.大数据在智慧农业中的应用展望[J].现代农村科技,2022(4):15-16.
- [18] 张永霞.乡村振兴战略下的现代农业发展研究[J].农村经济与科技,2021,32(14):286-288.
- [19] 周颖,陈柏旭.生态文明背景下我国农业现代化新内涵与发展道路探索[J].农业科学,2020,10(12):1081-1089.
- [20] 王冠文,王丹.新时代中国特色社会主义生态文明建设战略选择[J].社会科学家,2018(3):48-53.
- [21] 谭昆,孙三民,杜良宗,等.智慧农业发展现状与趋势[J].农业科学,2020,10(12):1071-1075.