

综合研究

数字农业研究现状和发展趋势分析*

周清波, 吴文斌, 宋 茜

(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所 / 农业部农业遥感重点实验室, 北京 100081)

摘要:【目的】数字农业是21世纪农业发展的必然趋势,也是现代农业发展的必然选择。【方法】文章概括了数字农业的内涵,系统梳理和总结了国内外数字农业研究进展,探讨数字农业的发展趋势,并对我国未来数字农业研究重点任务进行了展望。【结果】(1)美国、德国、日本等发达国家在数字农业研究方面处于领先地位,已形成了科学的理论和技术体系;(2)国内数字农业起步相对较晚但发展速度快,在农业数据信息资源建设、“3S”技术、农业模拟模型与专家系统、智能装备与自动控制以及数字农业成果的普及与应用等方面已有突破。【结论】新时代下,我国未来数字农业研究重点是构建天空地一体化的数字农业观测系统、加强数字农业关键技术与产品的研究开发、建设数字农业技术系统集成与平台、加强数字农业技术应用示范、创新数字农业信息服务模式以及农业标准规范研制。

关键词: 数字农业; 现状; 发展

DOI: 10.12105/j.issn.1672-0423.20180101

0 引言

自“数字地球”概念提出以来,全球数字信息化迅猛发展,数据爆发增长、海量聚集,目前进入了新的大数据发展阶段^[1]。世界各国将推进经济数字化作为实现创新发展的重要动能,在前沿技术研发、数据开放共享、人才培养等方面进行了前瞻性部署。美国、欧洲和日本等国家和地区抓住数字革命的机遇,纷纷出台了“大数据研究和发展计划”、“农业技术战略”和“农业发展4.0框架”,将数字技术广泛应用于整个农业生产活动和经济环境,加快推进数字农业发展,激活数字农业经济,迅速成为数字农业强国。

当前,我国正处于传统农业向现代农业转变的关键时期,数字技术为解决我国“三农问题”提供了新理念和新思维。党中央、国务院始终高度重视数字农业发展。党的“十九大”提出建设科技强国、网络强国、数字中国、智慧社会等发展目标,做出推动互

收稿日期: 2018-01-15

第一作者简介: 周清波(1965—),男,汉族,湖南沅江人,博士生导师、研究员。研究方向: 农情遥感。E-mail: zhouqingbo@caas.cn

*基金项目: 协同创新任务“智慧农业关键技术与系统集成”

联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合等战略部署。习近平总书记明确指出，要审时度势、精心谋划、超前布局、力争主动，实施国家大数据战略，加快建设数字中国。推进数字农业发展是建设和数字经济和数字中国的重要内容。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》《国家信息化发展战略纲要》《新一代人工智能发展规划》《全国农业现代化规划（2016~2020年）》等对我国农业数字化、信息化发展做出了重要部署，明确要求推动数字信息技术和智能装备在农业生产经营中的应用，建立健全数字化、网络化、智能化的农业生产经营体系，加强耕地、草原、水等重要资源和主要农业投入品联网监测，健全农业信息监测预警和服务体系，提高农业生产全过程信息服务和数字化管理能力。

数字农业涉及多部门、多领域、多学科的交叉和集成，具有独特的系统性和复杂性，其关键理论和技术创新研究成为数字农业建设的基础和优先任务，也是目前农业信息技术学科的国际前沿和热点研究问题之一。基于此，文章在数字农业的内涵基础上，系统梳理和总结国内外数字农业研究进展，分析未来数字农业发展趋势，并提出我国数字农业未来重点研究领域，以期为发展和丰富数字农业学科体系、推动我国未来数字农业发展提供参考。

1 数字农业内涵

“数字农业”的概念于1997年由美国科学院和美国工程院正式提出，1998年美国副总统戈尔在阐述“数字地球”的概念时，对数字农业内涵进行了定义。数字农业简单说是农业数字化，是利用现代信息技术对农业对象、环境和全过程进行可视化表达、数字化设计、信息化管理的现代农业。具体来说，是将遥感、地理信息系统、全球定位系统、物联网、智能装备等现代信息技术与地理学、农学、生态学、植物生理学、土壤学等基础学科有机结合，对农业的结构、要素、过程与管理进行二进制及模型化表达，构建以数字化、网络化、自动化等为特征的计算机管理和应用系统，辅助农业生产科学决策、调控与管理。数字农业使得数字技术与农业各环节深度有效融合，对改造传统农业、转变农业生产方式，促进农业资源空间上的优化配置和时间上的合理利用，提高农业生产效率和降低生产成本，实现农业绿色发展和可持续发展具有重要意义^[2]。

数字农业和信息农业、精准农业、智慧农业等既有联系，又有区别。共同之处是以数字资源为基础，以信息技术为支撑，以促进农业生产力和经济发展为目标。数字农业是在农业信息化内涵基础上，强调数字化特征和信息技术应用到各环节的本质作用^[3]。信息农业是农业信息化、农村信息化等产业和社会范畴的概念^[4]。精准农业是通过精准信息数据分析，指令和控制智能农机具实施精准耕作措施的农业生产模式^[5]。智慧农业是精准农业思想结合智慧化思想，由种植业外延至大农业，实现农业全要素、全链条、全产业、全区域的数字化、网络化和智能化^[6]。

2018年2月

表1 信息农业、精准农业和智慧农业科学内涵

Table 1 Scientific connotations of information-based agriculture, precision farming and smart agriculture	
名称	内 涵
信息农业	集知识、信息、智能、技术、加工和销售等生产经营诸要素为一体的开放式、高效化的农业发展模式。其本质是更多地使用可重复使用、可发展、可传播、可共享等特性的信息来替代存量有限、可耗竭的自然资源和物质资源,使农业增长从主要依赖自然资源转向主要依赖信息资源
精准农业	由信息技术支持,根据空间变异,定位、定时、定量地实施一整套现代化农事操作技术与管理的系统。其本质是查清田块内部的土壤性状与生产力空间变异,进行定位的“系统诊断、优化配方、技术组装、科学管理”,以最少或最节省的投入达到同等收入或更高的收入,提高经济和环境效益
智慧农业	将新兴的遥感网、传感网、大数据、互联网、云计算、人工智能等现代信息技术与智能装备、智能机器人深入应用到农业生产、加工、经营、管理和服务等全产业链环节,实现精准化种植、互联网化销售、智能化决策和社会化服务,形成以数字化、自动化、精准化和智能化为基本特征的现代农业发展形态

2 数字农业研究与应用现状

2.1 国外数字农业研究与应用

国外数字农业研究较早,尤其美国、德国、日本等发达国家在数字农业研究方面处于领先地位,形成了科学的理论和技术体系^[7-8]。美国一直高度重视数字农业的研究,早在20世纪80年代,雨鸟、摩托罗拉等公司合作开发了智能中央计算机灌溉控制系统,将计算机应用于温室控制和管理。20世纪90年代,开发的温室计算机控制与管理系统可以根据温室作物的特点和要求,对光照、温度、水、气、肥等诸多因子进行自动调控,还可利用温差管理技术实现对花卉、果蔬等产品的开花和成熟期进行控制。目前世界上最大的农业中心网络是美国内布拉斯加大学的AGNET联机网络。美国41.6%的家庭农场、46.8%的奶牛场和52%的年轻农场主通过计算机进行网络信息联络,有专业的农业技术服务组织将农业信息提供给农民,服务于农业生产管理和精细化耕作^[9]。美国LACIE计划和AGRISTARS计划利用遥感、地理信息系统等技术进行美国和全球不同地区多种粮食作物面积估算、长势评估、病虫害监测和总量预报,为农业生产管理、指导农产品贸易提供客观准确的信息^[10]。欧盟实施的MARS计划利用卫星遥感进行作物种植地块监测,为其农业补贴政策实施提供精准依据^[11]。欧盟利用视觉传感器实时感知动物取食、运动、体重等重要信息^[12-14],通过声音传感器提取动物疾病信息^[15]。德国在数字农业核心技术研发上投入大量资金,并由大型企业牵头进行开发。德国致力于研发农业智能机械和装备,提供数字农业综合解决方案。目前德国农业生产领域大多数操作通过计算机完成,辅助决策系统为农民提供多种咨询服务,如小麦品种选择模型可以提供小麦品种的水肥条件、品种特性、产量品质、抗病虫害能力信息,帮助农民选择适宜小麦品种。日本在物联网技术研发方面取得显著进展,50%以上农户使用物联网技术,92%农业生产部门应用农业自动化技术。已经有77个蔬菜市场和23个畜产品市场与农副产品情报中心联机,提供农副产品产地、价格等信息给农协,实现产销精准对接。此外,

英国和法国建立农业大数据体系，促进精准农业发展。美国、日本的农业航空植保精准作业面积达到 50% 以上，大幅度提升农业生产效率。

2.2 国内数字农业研究与应用

2.2.1 农业数据信息资源建设

农业数据信息资源建设是数字农业的基础。通过田间采样、GPS 采样、智能农机作业、多平台遥感等技术手段，我国针对土地资源、水资源、气候资源已经进行详细的调查，建立了不同信息资源数据库。同时，已经建成中国农林文献数据库、中国农业文摘数据库、农牧渔业科技成果数据库、中国畜牧业综合数据库、农业合作经济数据库等有代表性的农业数据库。随着卫星遥感技术与地面物联网的发展，农业信息的获取需要天空地多层次的监测，获得更多详细的农业数据信息，并重点从海量数据中提取有用的信息，减少数据库的冗余，建立合理有效的农业数据库和数据集^[16]。

2.2.2 “3S” 技术

RS（遥感）、GIS（地理信息系统）、GPS（全球定位系统）等“3S”技术是数字农业的核心技术。20 世纪 80 年代开始开展作物遥感估产研究与试验，建立了北方 11 省市冬小麦气象遥感估产运行系统^[16]。农业部先后在京津地区对冬小麦、在浙江杭州嘉兴地区对水稻以及在北方 6 省市对小麦进行了遥感估产试验。国家“八五”期间，农作物遥感估产成为国家科技攻关内容，开展了小麦、玉米和水稻大面积遥感估产试验研究和北方草原草畜平衡动态监测研究。中国科学院“九五”重大和特别支持项目“中国资源环境遥感信息系统及农情速报”将研究手段从常规方法与遥感技术结合，过渡到以资源卫星为主，建立了“北方冬小麦气象卫星遥感动态监测及估产系统”^[18]。20 世纪 90 年代以来，农业部组织全国农业遥感的科研力量进行多年研究，建立了全国主要大宗农作物遥感估产业务运行系统，于 2002 年开始正式进入业务化运行。目前，持续开展了国内水稻、玉米、小麦、大豆、棉花、油菜和甘蔗等七大作物的种植面积、长势和产量以及土壤墒情监测，美国冬小麦、玉米、大豆，巴西、阿根廷大豆的遥感监测，印度冬小麦、加拿大春小麦和澳大利亚冬小麦单产监测试验。同时，组织完成了国内水稻、小麦、玉米主产区和东北大豆、新疆棉花的本底调查工作，第一次利用遥感手段实现了对国内大宗农作物种植面积和空间分布的摸底调查^[19]。

2.2.3 农业模拟模型与专家系统

农业模型使农业科学从经验水平提高到更精确的水平。农业模型包括农业生物模型、环境模型、技术模型和经济管理模型，目前农业生物模型研究较多，尤其是农业植物模型，而动物模型研究较少。在农业植物模型方面，总体上以引进国外模型为主，通过修订和验证，建立水稻、玉米等作物的形态虚拟和生长模拟模型。严定春等^[20]通过应用组件化思想设计程序，采用标准化接口和模块化封装技术，建立数字化玉米生长模型。于合龙等^[21]利用改进的 BP 神经网络集成方法，建立作物精准施肥模型。刘铁梅等^[22]进行油菜器官间干物质分配动态的定量模拟。刘岩等^[23]进行了基于生物量的水稻叶片主要几何属性模型研究。杨月等^[24]进行小麦生育期模拟模型的比较研究，通过利用不同地点、播期、密度和极端条件下的试验资料对引进的 3 个模型进行检验，在正常环境条件

2018年2月

下3个模型对小麦生育期模拟均较为准确。随着3S技术的发展,作物模型和RS、GIS相结合,由于RS和GIS的应用,扩展了作物模型的应用范围。

专家系统运用智能计算机系统中内部专家的知识水平和经验,模拟专家解决相关问题,是我国数字农业研究中起步最早的领域,目前已经取得较大成果并广泛应用于作物施肥、灌溉、病虫害管理、水土保持等领域。如20世纪80年代研发的砂浆黑土小麦施肥专家咨询系统、作物病虫害预测专家系统,90年代研发的土坝事故诊断专家系统。2003年吉林大学研制了多媒体人参、玉米、水稻、蔬菜和畜牧业生产智能系统^[25]。之后国内很多学者先后研制了玉米精确施肥专家系统^[26]、测土配方施肥专家指导系统^[27]。2012年,何萍等^[28]研制作物养分管理专家系统,在河北、山东、山西、河南等4个省市农户进行试验,取得较好效果。孙敏等^[29]研究设施蔬菜作物病害诊断与防治管理专家系统。

2.2.4 智能装备与自动控制

我国智能农机装备以国外引进和自主研发并进。黑龙江农垦是我国机械化最高的农场群,智能化农机装备应用广泛,先后从美国引进带有GPS自动驾驶装置的变量喷药机、450马力拖拉机、带有产量监测系统的CaseIH2366收获机,为生产决策提供了科学依据^[29]。自主研发方面,我国装备数字化、智能监控设计与制造取得了显著进展,总体水平接近国际先进水平。如研制的大型精准喷药设备、变量配肥施肥设备和基于卫星定位的农业机械导航系统等装备在新疆、黑龙江等地开展实际应用,并取得了较好的效果。除机械自动控制外,我国在温室自动控制技术方面也取得重要进展,完成从引进吸收、简单应用阶段到自主创新、综合应用阶段的过渡。如中国农业科学院农业气象研究所和蔬菜花卉研究所联合研制了基于Windows操作系统的温室控制与管理系统;中国农业大学研制了“WJG-1”型分布式温室环境监控计算机管理系统^[31];植物工厂环境调控技术也处于国际先进水平。

2.2.5 数字农业成果的普及与应用

在无线传感器技术、3S技术、云平台及大数据等技术发展的基础上,及政府、科研机构、农业生产企业的共同推动下,我国数字农业在大田种植、设施园艺、畜禽养殖、水产养殖等领域应用取得初步成效^[32]。北京的小汤山现代科技技术示范园区通过卫星遥感技术进行了作物长势监测。黄淮海、京津冀地区进行了小麦、大豆进行遥感估产、作物灾害监测和损失评估。黑龙江友谊农场利用GPS定位进行田间调查采样,分析大豆叶片叶绿素等含量。吉林省通过地理信息系统等方法对黑土区土壤速效养分的空间变异特征进行研究,建立养分空间变异图,并基于GIS和DGPS实现了田块的精准定位,建立土壤含水量、土壤肥力状况空间分布变异图和玉米品种、产量、施肥量等属性数据库^[33]。兰溪市利用数字农业技术,进行大棚的水分、温度、作物长势等实时数据的监控,通过自动控制系统进行喷灌。该平台由数据库云平台、中央控制指挥中心、数字农业系统3部分组成,通过该平台可以自动生成测土配方施肥建议卡。目前在该地区已经进行配方面积3.2万hm²,减少化肥施用量550t,病虫害数字化诊断系统收录5000多种病虫害防治办法,为1000多户农民提供咨询服务^[34]。

3 新时代我国数字农业重点研究任务

3.1 天空地一体化的数字农业观测系统构建

我国地形多样、多云多雨天气频发、种植制度复杂和农业生产高度动态性，单一传感器或单一遥感平台的对地观测在实际应用中存在较多局限，需要综合天基、空基和地基观测，建立天空地一体化的数字农业观测系统。“天”是卫星遥感观测，具有区域范围大和空间连续性的特点；“空”是航空遥感观测，包括有人机和无人机遥感平台，具有高精度和时间连续性的特点；“地”是物联网和互联网结合的地面传感网，具有实时观测和快速传输的特点。通过天空地协同的观测系统，可以解决数字农业监测数据时空不连续的关键难点，实现对农情信息全天时、全天候、大范围、动态和立体监测与管理^[35]。

3.2 数字农业关键技术与装备研制

围绕数据感知与获取、处理与分析、决策与控制、管理与服务等关键环节，进行数字农业关键技术与装备研制。重点攻克农业生产环境、动植物生理体征、智能感知与识别关键技术，突破农业物联网、云计算关键技术，研发一系列具有自主知识产权的大田物联网测控、遥感监测、智能化精准作业、基于北斗系统的农机物联网等技术和产品。深入开展遥感高光谱技术、农作物参数反演、农作物健康诊断、农业自然灾害监测评估等农业遥感关键技术攻关。探索开展以天空地多源数据采集与融合、智能诊断与分析、智能决策与控制等关键算法技术，推动农业大数据的开发应用。开发专用传感器和智能终端，突破生产环境和动植物体征行为信息采集、农业生产管理精准控制等智能装备核心装置、自主无人装备。构建和完善我国主要农作物和畜牧养殖动物的生物生长数字模型，实现高效的数字模拟和设计；研究开发不同层次、不同农业产业类型的农业系统数字模型，实现农业生产、管理、经营、决策的智能化和数字化。

3.3 数字农业技术系统集成与平台研发

在大田种植方面，夯实基于北斗导航系统的精准时空服务基础设施平台，集成农田生产管理信息系统、农业资源管理系统、农业科技信息管理系统、农作物估产系统等大田农业生产过程管理系统和精细管理及公共服务系统。在设施园艺方面，建设温室大棚环境监测控制系统和工厂化育苗系统，集成产品质量安全监控系统和采后商品化处理系统，为电商物流提供基础支撑。在畜禽养殖方面，重点构建自动化精准环境控制系统和数字化精准饲喂管理系统，搭建养殖机械化自动产品收集平台，重点突破畜禽养殖无害化粪污自动处理系统，实现粪污无害化处理和资源化利用。在水产养殖方面，建设养殖在线监测系统和现场无线传输自主网络，完善水产养殖管理系统，构建生产过程管理系统和综合管理保障系统，搭建高效的水产养殖公共服务平台^[36-37]。

3.4 数字农业技术应用示范

依据区域经济条件和信息基础设施水平，结合地方农业特色和现代农业发展水平，以完善农业技术推广体系、提高科技信息意识、加速科技成果转化和富裕农民为目标，

2018年2月

在农业部5区1园的整体规划布局下,依托农业龙头企业、农民合作社、家庭农场等新型农业经营主体,以及国家农业遥感应用等公益性科研单位建立数字农业示范区(点),坚持走市场化、专业化、差异化和特色化之路,打造农业创新创业的先行区、成果示范推广的主阵地,使数字化技术在农业和农村经济发展中得到广泛应用,实现农业生产、科研、教育、推广、市场经营和农村社区信息服务的数字化,提高当地农业信息化水平,促进农村经济的发展。

3.5 数字农业信息服务模式创新

如何稳定和逐步增加对数字农业发展所必需的各项投入,是数字农业发展的重要一环,仅仅靠政府的财政投入远远不够,迫切需要大力引入市场和资本的介入,利用多种渠道增加投资,着力构建“政产学研用金服”相结合的新时代数字农业发展模式。努力形成联合公关、协同创新、共谋发展、共推改革的数字农业运行模式,形成功能互补、良性互动的协同创新格局,对投资规模较大、需求长期稳定、价格调整机制灵活、市场化程度较高的数字农业基础设施及公共服务类项目,可采用PPP等商业模式;对于市场化前景较好,投资收益回报较快的数字农业项目,可采用众筹模式、互联网+模式、发行私募债券等商业模式。

3.6 数字农业标准规范研制

标准化是数字农业发展的前提。针对农业生产过程涉及数据具有数据量大、涵盖信息多、动态性、多维度等特点,迫切需要进行数字农业规范标准研制。加强数字农业标准和规范体系建设,制定一批数字农业国家标准和行业标准,包括农业数据采集、存储、分析、处理和服务标准,农业大数据平台和系统标准、数据访问和交换标准,促进农业数据互联共享。

参考文献

- [1] 郭华东,王力哲,陈方,等.科学大数据与数字地球.科学通报,2014,59(12):1047~1054.
- [2] 曹宏鑫,王家利,郑宏伟.发展“数字农业”推动农村信息化.农业网络信息,2004,(1):17~20.
- [3] 葛佳琨,刘淑霞.数字农业的发展现状及展望.东北农业科学,2017,42(3):58~62.
- [4] 贾科利,常庆瑞,张俊华,等.信息农业现状与发展趋势.西北农林科技大学学报(社会科学版),2003,3(6):13~17.
- [5] 赵春江.对我国未来精准农业发展的思考.农业网络信息,2010,(4):5~8.
- [6] 张继梅.我国智慧农业的发展路径及保障.改革与战略,2017,33(7):104~107.
- [7] 赵卫利,刘冠群,程俊力.国外农业信息化发展现状及启示.世界农业,2011,385(5):71~73.
- [8] 范凤翠,李志宏,王桂荣,等.国外主要国家农业信息化发展现状及特点的比较研究.农业图书情报学刊,2006,18(6):175~177.
- [9] 郑业鲁,薛绪掌.数字农业综论.北京:中国农业科学技术出版社,2016.
- [10] 刘海启,金敏毓,龚维鹏.美国农业遥感技术应用状况概述.中国农业资源与区划,1999,20(2):56~60.
- [11] 唐华俊,吴文斌,杨鹏,等.农作物空间格局遥感监测研究进展.中国农业科学,2010,43(14):2879~2888.
- [12] Yajuvendra S, Lathwal S S, Rajput N, et al. Effective and accurate discrimination of individual dairy cattle through acoustic sensing. *Applied Animal Behaviour Science*, 2013, 146(1-4):11~18.
- [13] Thorup V M, Munksgaard L, Robert P E, et al. Lameness detection via leg-mounted accelerometers on dairy cows on four commercial farms. *Animal*, 2015, 9(10):1704~1712.
- [14] Kaixuan Z, Dongjian H. Target detection method for moving cows based on background subtraction. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 2015, 8(1):42~49.
- [15] Kim H T, Choi H L, Lee D W, et al. Recognition of individual holstein cattle by imaging body patterns. *Asian-*

- Australasian Journal of Animal Sciences*, 2005, 18 (8): 1194~1198.
- [16] 唐华俊. 农业遥感研究进展与展望. 农学学报, 2018, 8 (1): 175~179.
- [17] 孙九林. 中国农作物遥感动态监测与估产总论. 北京: 中国科学出版社, 1996.
- [18] 吴炳方. 中国农情遥感速报系统. 遥感学报, 2005, 8 (6): 481~497.
- [19] 周清波, 吴文斌, 杨鹏, 等. 基于“3S”技术的农情信息监测研究进展. 中国科技成果, 2010 (10): 33~38.
- [20] 严定春, 诸叶平, 李世娟, 等. 数字化玉米种植管理系统研究. 农业网络信息, 2006 (11): 10~12.
- [21] 于合龙. 精准农业生产中若干智能决策问题研究. 长春: 吉林大学, 2010.
- [22] 刘铁梅, 张琼, 邱枫, 等. 油菜器官间干物质分配动态的定量模拟. 中国油料作物学报, 2005, 27 (1): 55~59.
- [23] 刘岩, 陆建飞, 曹宏鑫, 等. 基于生物量的水稻叶片主要几何属性模型研究. 中国农业科学, 2009, 42 (11): 4093~4099.
- [24] 杨月, 刘兵, 刘小军, 等. 小麦生育期模拟模型比较研究. 南京农业大学学报, 2014, 37 (1): 6~14.
- [25] 陈桂芬, 李志红, 王国伟, 等. 吉林省“数字农业”研究的实践与探讨. 中国数字农业与农村信息化学术研讨论文集. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [26] 陈桂芬, 王越, 王国伟. 玉米精确施肥系统的研究与应用. 吉林农业大学学报, 2006, 28 (5): 586~590.
- [27] 张玉欣. 伊通县《测土配方施肥专家指导系统》研发概述. 吉林农业, 2011, 256 (6): 135~139.
- [28] 何萍, 金继运, Mirasol F. Pampolino, 等. 基于作物产量反应和农学效率的推荐施肥方法. 植物营养与肥料学报, 2012, 18 (2): 499~505.
- [29] 孙敏, 罗卫红, 冯万利, 等. 基于 Web 的设施蔬菜作物病害诊断与防治管理专家系统. 南京农业大学学报, 2014, 37 (2): 7~14.
- [30] 吴海华, 方宪法, 杨炳南. 国内外农业装备技术发展趋势及进展. 农业工程, 2013, 3 (6): 20~23.
- [31] 杨学坤, 蒋晓, 诸刚. 温室环境控制技术的研究现状与发展趋势. 中国农机化学报, 2013, 34 (4): 16~18.
- [32] 贾敬敦. 实施数字农业行动加速农村小康社会建设步伐. 中国数字农业与农村信息化学术研讨论文集. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [33] 赵月玲, 王颜国, 韩海燕, 等. 吉林典型黑土区土壤中养分的空间变异研究. 中国农机化, 2012, 240 (2): 72~75.
- [34] 李艳, 孙梦婷. “数字农业”联姻“生态农业”. 今日浙江, 2015, 24: 45~46.
- [35] Zhou Q, Yu Q, Liu J, et al. Perspective of Chinese GF-1 high-resolution satellite data in agricultural remote sensing monitoring. *Journal of Integrative Agriculture*. 2017, 16 (2): 242~251.
- [36] 邹金秋, 周清波, 陈仲新, 等. 农情遥感监测与服务系统集成研究. 中国农业资源与区划, 2010, 31 (15): 12~17.
- [37] 刘扬, 周清波, 刘佳, 等. 基于遥感和 WebGIS 的冬小麦估产支持系统. 中国农业科学, 2008, 41 (10): 3371~3375.

The development of digital agriculture in the past, present and future

Zhou Qingbo, Wu Wenbin, Song Qian

(Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: [**Purposes**] Digital agriculture plays an important pole in the agriculture information technology in the twenty-first Century, and it is also important for the development of modern agriculture. This paper describes the concept and contents of digital agriculture, its current status and development trend. [**Method**] This paper systematically summarized the current progress in digital agriculture studies over the latest decade. [**Result**] It found that America, Germany

2018年2月

and Japan are leading the pack: It's best at establishing the scientific theory and technical system. In China, the digital agriculture research is started relatively later but highly developed. It finds that many efforts have been made to strengthen researches in agriculture data resource, '3S', agricultural model, intelligent equipment and the popularization and application of digital agriculture. The article discusses the key problems and solutions of the digital agriculture development in the future. [**Conclusion**] The future development strategy of digital agriculture is to build up innovative technological system, the key technology and intelligent equipment, adoptable system integration, application and demonstration of equipment digitization agriculture technology, information service mode and innovative standards specification.

Keywords: digital agriculture; development; solutions

欢迎订阅《中国农业信息》杂志

《中国农业信息》(双月刊)由农业农村部主管,中国农学会农业信息分会、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所共同主办,是我国目前全方位传播和刊载国内外农业遥感/农业信息科学领域的信息获取、处理、分析和应用服务的理论、技术、系统集成、标准规范等方面最新进展和成果,促进学术交流以及农业信息学科关键技术与产品的创新研发、集成推广和应用示范的综合性科学技术期刊。

主要刊登农业遥感、农业传感器、农业信息智能处理、精准农业/智慧农业、农业监测预警与信息服务系统、农业物联网、智能装备与控制、虚拟农业、人工智能、信息技术标准等方向学科热点领域的最新、最重要的理论研究和应用成果。主要栏目有:农业遥感、智慧农业、综合研究、农业信息技术、农业物联网、专题报道等。目前被中国知网、万方数据、维普数据等多家数据库收录。

《中国农业信息》为国内外公开发行的刊物,开本为16开,彩色四封,读者范围广,影响面大,全国各地邮局均有订阅。每双月25号出版,定价为25.00元/每册,150元/年。

订阅款可通过邮局汇款到《中国农业信息》编辑部。地址:北京海淀区中关村南大街12号中国农业科学院农业资源与农业区划研究所315室,邮编:100081。也可通过银行汇款,开户行:农行北京北下关支行,行号:103100005063,账号:11050601040011896,单位名称:中国农业科学院农业资源与农业区划研究所。电话:(010)82109632 82109628,传真:(010)82109628 82109632。Email:nyxxbjb@caas.cn。邮发代号:2-733,投稿网址:www.cjarrp.com