

“互联网+”现代农业国内外应用现状与发展趋势

赵春江^{1,2,3,4}, 李瑾^{1,2,3,4}, 冯献^{1,2,3,4}, 郭美荣^{1,2,3,4}

(1. 北京农业信息技术研究中心, 北京 100097; 2. 国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100097;
3. 农业部农业信息技术重点实验室, 北京 100097; 4. 北京市农业物联网工程技术研究中心, 北京 100097)

摘要: “互联网+”为农业现代化建设提供了新路径、新方法, 是我国现代农业发展的重要切入点和落脚点。本文在总结国内外“互联网+”现代农业发展的政策和产业布局战略基础上, 分析了美国规模化农场物联网应用、德国精准农业智能装备、日本轻便型智能农机具精细化生产、澳大利亚高效生态农业等发达国家“互联网+”现代农业的发展特征, 以及我国在大田种植、设施农业、水产养殖、畜禽养殖、种业等方面的应用情况, 并提出了未来“互联网+”现代农业在生物信息学、人工智能、无人机植保以及智能互联产品研发与应用方面的发展趋势。

关键词: 互联网+; 现代农业; 应用现状; 发展趋势

中图分类号: F310 **文献标识码:** A

Application Status and Trend of “Internet Plus” Modern Agriculture in China and Abroad

Zhao Chunjiang^{1,2,3,4}, Li Jin^{1,2,3,4}, Feng Xian^{1,2,3,4}, Guo Meirong^{1,2,3,4}

(1. Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China; 2. National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China; 3. Key Laboratory of Agri-informatics, Ministry of Agriculture, Beijing 100097, China; 4. Beijing Engineering Research Center of Agricultural Internet of Things, Beijing 100097, China)

Abstract: “Internet Plus” provides new ways and means for agricultural and rural modernization, and is an important starting point of and foothold in the development of modern agriculture in China. Summarizing the domestic and foreign “Internet Plus” modern agricultural development policies and industrial strategic landscapes, this paper analyzes the application status of various technologies. These include the “Internet Plus” modern agriculture embodied large-scale networked application of agriculture in large farms in the United States; integrated agricultural information and intelligent technologies applied to smart precision agricultural equipment in Germany; fine-scale production of smart agricultural machinery in Japan; and high-speed broadband network based, high-efficiency eco-agriculture in Australia. Additionally, this paper analyzes domestic applications such as field planting, facility agriculture, aquaculture, livestock and poultry breeding, and seed industry in China and highlights the development trend of “Internet Plus” modern agriculture in bioinformatics, artificial intelligence, plant protection of drones, and the development and application of smart connected products.

Keywords: Internet Plus; modern agriculture; application status; development trend

收稿日期: 2018-03-22; 修回日期: 2018-03-28

通讯作者: 李瑾, 北京农业信息技术研究中心, 研究员, 主要研究方向为农业农村信息化; E-mail: lij@nercita.org.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“‘互联网+’行动计划的发展战略研究”(2016-ZD-03)

本刊网址: www.enginsci.cn

一、前言

以物联网、大数据和人工智能为代表的新兴技术正引领农业产业向中高端迈进。2015年7月,国务院出台了《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》,作为11个重要战略行动之一,“互联网+”农业是互联网理念、技术和方法在农业领域的实践。以“互联网+”现代农业为驱动,将有效提升农业质量效益和竞争力,实现由传统农业向现代农业的转变。

目前,世界各国将互联网技术应用于农业实现融合创新已经取得积极进展。美国大农场成为农业物联网技术应用的主力军,日本大力发展适度规模农场的精准农业,澳大利亚以高速宽带网络建设为基础,发展高效生态农业。我国现代农业发展面临着前所未有的机遇与挑战,迫切需要利用高新技术增强农业生产力,实现农业跨越式发展。2015年中国工程院立项开展了咨询项目“‘互联网+’发展战略研究”,将“互联网+”现代农业发展战略研究列为立项课题之一。课题通过深入梳理国内外农业信息技术、产业与应用发展现状,提出“互联网+”现代农业概念内涵:“互联网+”现代农业是指基于泛在网络,借助移动互联网、物联网、云计算、大数据、智能制造等新一代信息技术,以海量农业数据为基础,构成以“生产者—加工企业—流通商—消费者”为核心的智慧农业服务云,对农业产业链全要素的人、机、物、环境、信息进行自动感知、精准识别与智能控制,形成以智能化生产、可溯化流通、平台化交易、定制化服务为特征的农业4.0产业形态。课题提出到2020年、2025年、2035年“互联网+”现代农业发展的战略目标、任务、关键技术、路线图及重大工程。本文重点分析了当前“互联网+”现代农业国内外战略布局、应用现状以及未来发展趋势,为制定我国农业信息化发展战略提供参考。

二、“互联网+”现代农业国内外战略布局

(一) 政策布局

近年来,各国纷纷将“互联网+”现代农业发展作为本国农业建设的优先发展战略,出台了一系列重大战略措施(见表1)。2013年,英国政府发

布了《农业技术战略》政策报告,将建立农业信息技术和可持续发展指标中心作为战略的基础和最先推行部分,强调英国今后对农业技术的投资将集中在大数据上,英国的农业科技实现商业化,并打造成农业信息学世界强国。2012年,欧盟出台了《信息技术与农业战略研究路线图》,提出通过农场管理信息系统(FMIS),在种植业、养殖业领域发展精准农业、精准畜牧产业,重点发展室内环境自动控制、农产品质量自动控制和农业机器人等农业信息化技术,提升农业管理效率。2015年,日本发布机器人新战略,提出将围绕农林水产业等主要应用领域,启动基于“智能机械+IT”的下一代农林水产业创造技术[1];2016年,投入40亿日元,开发20种不同类型的机器人以促进农场自动化。美国发起了网络与信息技术专项研究系列计划,布局机器人技术、先进制造业技术、生物监测等重点领域,利用自动控制技术和网络技术实现农业数据资源的社会化共享;2012年,美国政府公布了2亿美元的《大数据研究发展计划》,该计划提出通过提高美国从大型复杂数据中提取知识和观点的能力,加快科学与工程的研究步伐,加强国家安全。

我国自2005年“中央一号文件”首次提出农业信息化建设以来,信息技术与现代农业的融合就备受政府关注,并出台了相应的战略规划。《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》(国发〔2015〕40号)提出了“互联网+”现代农业的战略部署,此后的《关于推进农村一二三产业融合发展的指导意见》(国办发〔2015〕93号)、《“互联网+”现代农业三年行动实施方案》(农市发〔2016〕2号)、《“十三五”全国农业农村信息化发展规划》(农市发〔2016〕5号)、《中共中央 国务院关于深入推进农业供给侧结构性改革 加快培育农业农村发展新动能的若干意见》(中发〔2017〕1号)等文件均提出了大力实施“互联网+”现代农业行动。其中,《“互联网+”现代农业三年行动计划实施方案》指出,到2018年互联网与“三农”的融合发展取得显著成效,农业的在线化、数据化取得明显进展,管理高效化和服务便捷化基本实现,生产智能化和经营网络化迈上新台阶,城乡数字鸿沟进一步缩小,大众创业、万众创新的良好局面基本形成,有力支撑农业现代化水平明显提升。党的“十九大”报告提出实施乡村振

表1 国内外“互联网+”现代农业战略规划

国家和地区	战略文件	战略目标
德国	《工业4.0战略建议书》	顺应“互联网+”的发展趋势，实现包含农业装备在内的智能制造
韩国	《信息化村计划》	开发和利用信息资源，加快推进农村的信息化建设，以缩小城乡差距和增加农民收入
日本	《机器人新战略》	建成基于“智能机械+IT”的下一代农林水产业创造技术
	《农业和农村信息化战略》	缩小农村与城市的信息化差距，使农村充满活力
英国	《农业技术战略》	农业信息学世界强国
法国	《智慧乡村行动》	引导和启发大众对新信息技术的接受，培训公众及农村的一些协会和职业人员利用新技术和办公工具创建一些常年面向公众开放的Internet网站
欧盟	《信息技术与农业战略研究路线图》	构建FMIS，依托室内环境自动控制、质量自动控制、农业机器人等信息技术，实现种植业、畜牧业的精准化生产
美国	《大数据研究发展计划》	提高美国从大型复杂数据中提取知识和观点的能力
印度	《国家信息技术政策体系》	建设“全球信息技术超级大国”和“信息革命时代先驱”
中国	《“互联网+”现代农业三年行动计划实施方案》	到2018年，互联网与“三农”的融合发展取得显著成效
	《“十三五”全国农业农村信息化发展规划》	到2020年，“互联网+”现代农业建设取得明显成效，农业物联网等信息技术应用比例达到17%，农产品网上零售额占农业总产值比重达到8%，信息进村入户，村级信息服务站覆盖率达到80%，农村互联网普及率达到52%
	《国民经济和社会发展规划“十三五”规划纲要》	发展智慧农业，提高农业技术装备和信息化水平

兴战略，强调要推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合。此外，中国在农业大数据、农业电子商务方面，也做出了相应的部署，“互联网+”现代农业顶层设计初步形成。

（二）产业布局

从产业布局战略来看，国际农业企业巨头竞相实施“互联网+”现代农业全球产业布局，催生了农业大数据、智能农机装备、农业物联网等一批战略性新兴产业，企业兼并、重组、风险投资方兴未艾。

2013年10月，美国孟山都公司以9.3亿美元收购Climate Corporation；2014年5月，杜邦先锋公司与爱科集团（AGCO）合作，将自家的农场决策服务平台与爱科设备中的数据和农场管理信息进行无缝对接，通过大数据管理挖掘和精准推送，帮助农民提高农产品产量和利润，农业大数据进入实质性推动阶段；2017年9月，美国约翰迪尔农业机械公司以3.05亿美元收购人工智能初创公司Blue River，标志着农业机械行业巨头公司对人工智能研发公司的巨大重视，农业领域将逐步实现“智能化”。

在农用机械和无人机方面，2015年雅马哈植保无人机在日本的使用量超过2500架次，由雅马

哈无人机进行喷洒作业的稻田约占当地全部稻田的35%~40%；同年，日本雅马哈公司进军美国市场，成为美国首家获政府批准、可销售农用喷药无人机的公司。2016年，德国农牧业机械和农用车辆制造商CLAAS公司与德国电信股份公司开展合作，借助“工业4.0技术”，利用传感器技术加强机器之间的交流，使用第四代移动通信技术、云安全技术和大数据分析技术，实现收获过程的全面自动化与信息化，引领精准农业尖端科技发展。

互联网思维正在对我国农业产业链进行全面的解构与重塑，从农业生产资料销售、信息中介服务、土地流转到农业生产、农产品销售，互联网巨头及具备互联网思维的新型农业经营主体从农业产业链上的各环节积极布局，探索各种全新的农业产业商业模式。中国复合肥研发生产企业——深圳市芭田生态工程股份有限公司先后收购农业信息化企业北京金禾天成科技有限公司股权，与农村淘宝、京东等电商平台进行深度合作，进行线上线下一体化运营，通过对农业种植“互联网+”领域的探索，从注重肥料生产和销售到把控产业链稀缺资源，从而构建生态农业、智慧农业的运营平台。国内农业机械装备制造领军企业——雷沃重工股份有限公司，充分运用“互联网+”思维，将制造业与信息化深度融合，相继建设了农机信息服务

中心、阿波斯智慧农业解决方案、C2C 农机智能服务平台 [2], 实现了农业装备从制造到智造, 再到智慧的升级。

三、应用现状

(一) 国外应用现状

农业与互联网的深度融合是解决当前农业发展面临的“人口、资源、环境、市场”等多重约束问题, 重塑农业发展格局和赋能农村发展的重要变革力量。为此, 美国、德国、澳大利亚等国家纷纷将互联网与现代农业融合的技术、产业与应用作为提升本国农业竞争力的重要手段, 并提上了国家现代化发展日程, 取得了一系列突破性技术成果, 涌现了一大批应用典范。

美国大农场成为农业物联网技术应用的引领者, 在发达的农业网络体系基础上, 美国 69.6% 的农场采用传感器采集数据, 进行与农业有关的经营管理活动, 农业机器人应用到播种、喷药、收割等农业生产中; 在农场经营管理方面, 利用互联网、移动互联网, 农户实时了解农场的土壤结构、生长进度、灌溉施肥、农作日志、病虫害情况、环境气象信息(包括降雨量, 日照气温记录和热量积累等), 以及农场的投入产出预算, 并且可以预测收成、盈利预估和库存管理, 大大提高了农场的科学化管理水平 [3]。2015 年, 美国在对精准农业技术的应用和分析过程中发现, 应用增速最快的是无人机植保技术 [4], 智能农机装备市场也初具规模, 表明美国在农机智能装备领域已经走在世界前列。

德国通过突破农业信息化和智能农业领域关键技术, 形成了自身的技术优势, 从利用计算机登记每块土地的类型和价值, 建立村庄、道路的信息系统入手, 到农作物害虫综合治理辅助决策技术应用, 逐步发展成为目前较为完善的农业信息处理系统 [5]。德国政府十分重视公共平台的建设, 特别是育种信息化平台、新品种选育、新的栽培技术、优良家畜品种繁育以及病虫害防治技术等, 已普及到广大农民家庭企业。配备“3S”技术的大型农业机械, 可在室内计算机自动控制下进行各项农田作业, 完成诸如精准播种、施肥、除草、采收、畜禽精准投料饲喂、奶牛数字化挤奶等多项功能 [6]。同时能够实现在同一地块的不同地方进行

矢量施肥与喷药, 确保药、肥的高效利用, 避免环境污染 [7]。

日本为解决人多地少的局限, 积极发展适度规模经营精细化农业生产方式, 研发轻便型智能农机具 [8], 利用无人机遥感进行农作物产量监测 [9], 加强农业经营主体与信息技术提供商的合作, 共同推进精准农业技术的普及与应用, 目前日本已有半数以上的农户使用农业物联网技术进行农业生产, 成为世界精准农业发展的代表国家之一。

澳大利亚以高速宽带网络建设为基础, 将互联网技术融入到农村经济社会发展中, 利用现代信息技术发展生态农业。澳大利亚国家信息与通信技术研究院 (NICTA) 利用 Farmnet 平台研发了各种便于农民使用的智能应用软件, 农民可免费下载。澳大利亚农业与资源经济局建立了包括监测信息系统、预测系统、农产品信息系统等在内的农业综合信息服务平台, 平台信息免费公开, 实现了多部门间的高效共享 [10]。此外, 多项目分析系统 (MCAS-S) 能够帮助有关部门进行评估决策。

印度在 IT 优势产业发展的基础上, 政府积极推动电子农业的发展, 建立了若干专业性的农业信息数据库系统, 利用互联网平台向农民提供多形式、全方位的信息服务 [11], 其农产品电子商务销售规模占全国电子商务交易总额的 60%, 大大高于许多欧美发达国家。目前印度农产品网络交易平台已经覆盖印度 9 个邦的 36 000 个村庄, 有大约 350 万印度农民使用网络交易平台销售农产品。农业行情信息系统和价格预测系统成为印度农业领域广泛应用的信息化服务系统 [12], 通过经济学模型对农产品市场价格进行预测, 降低因价格变动引起的风险。美国、英国、日本等发达国家由于网络基础设施完善, 农产品流通在网络垂直应用和技术服务方面涌现出数字内容提供商、配菜上门、生鲜直供上门、网络预订、下一代 POS 系统、下一代采购平台等多种互联网化模式。

(二) 中国应用现状

自从 2013 年我国实施国家农业物联网区域应用示范工程以来, “互联网+”现代农业在大田种植、设施农业、水产养殖、畜禽养殖、种业等方面应用了一系列农业信息化关键技术产品及装备, 实践探索了一批技术应用模式, 在支撑现代农业发展

方面取得了明显成效。

涉农服务平台数量和质量不断提高。目前,我国形成了金农工程、12316 三农综合信息服务平台、农产品质量安全追溯平台等以政府为主导的农业农村综合信息服务平台,以及佳格卫星遥感大数据平台、布瑞克中国农业大数据平台等以市场为主导的涉农专业服务平台,面向不同对象和应用主体提供包括政务信息、实用技术、市场信息、预警信息、生产数据等在内的各种服务。

在“互联网+”大田种植方面,互联网、物联网等技术在耕整地,农作物“四情”监测,农田水、肥、药精准施用,农用航空植保,农机管理与调度等方面实现了重大突破并得到应用。新疆生产建设兵团试点建立了棉花大田生产物联网技术综合平台,综合了田间滴灌自动控制、泵房能效自动监测、土壤墒情自动测报、田间气象环境监测、智能手机远程控制等功能[13],人均管理定额由50亩提高到300亩,节水节电10%以上、节药40%以上、增产8%以上,亩均增效约210元。

在“互联网+”设施农业方面,通过智能监控、数据采集、远程传输、智能分析和自动化控制实现农业生产过程全程监控与管理,成为目前我国设施生产与标准化管理的有效路径,已经在大都市近郊区得到广泛应用,其中水肥一体化与环境监测控制应用最为广泛。天津市大顺国际花卉股份有限公司利用温室环控系统、潮汐式灌溉系统、自动分级系统和自动运输包装系统,实现了花卉生产的自动化、智能化、规模化和标准化。 $3 \times 10^5 \text{ m}^2$ 温室内部的日常管理人员由450人减至90人,年节约人力成本在1000万元以上[14]。

在“互联网+”水产养殖方面,实现了水体环境实时监控、饵料自动精准投喂、水产类病害监测预警、循环水装备控制、网箱升降控制等信息技术和装备的推广应用[15],水产养殖装备工程化、技术精准化、生产集约化和智能化管理水平大大提高。上海奉贤区对虾水产养殖智能管理系统、无锡万亩水产养殖物联网智能控制管理系统、天津海发珍品实业发展有限公司的“基于物联网的海水工厂化养殖环境监测与控制”系统等的应用,有效地提高了水产养殖业的经济效益和产品质量。

在“互联网+”畜牧养殖方面,养殖环境实时监控、数字化生产记录、智能化物流管理、质量溯

源平台等得到广泛应用[16]。安徽浩翔农牧有限公司应用养猪场生产管理系统、养殖环境监测系统、生猪疫情监控系统后,极大地改善了养殖环境,减少了养殖风险和资源消耗,经济效益显著提高;同样的饲养量,饲养人员可减少2/3,人均日饲养量由400头提高至1200头,批次成活率由95.6%提高至96.85%,生猪价格提升了1/3。

在“互联网+”育种方面,2016年1月,国家农业信息化工程技术研究中心发布了具有自主知识产权的“金种子育种云平台”,平台将物联网等信息技术与商业化育种技术紧密结合,集成应用计算机、地理信息系统、人工智能等技术,以田间育种材料性状数据采集和处理分析为基础,以数据统计和综合评判为核心,从亲本选配到品种选育进行信息化管理,实现大数据、物联网等现代信息技术与传统育种技术的融合创新。目前,该平台已成功应用于山东圣丰种业科技有限公司、湖南袁隆平农业高科技有限公司等大型育种企业,湖南岳阳农业科学研究所水稻国家区域试验站等农作物品种综合区试验站,以及天津市农业科学院、中农集团种业控股有限公司等科研单位和中小育种企业。

在“互联网+”农产品质量安全追溯方面,自动识别技术、传感器技术、移动通信技术、智能决策技术、物联网技术的不断发展为构建集全面感知、实时传输、智能决策为一体的农产品及食品全供应链追溯系统奠定了基础[17]。目前,不仅实现了全产业链产前、产中、产后的全程追溯,实现有机生产的产前提示、产中预警和产后检测,还实现了基于蔬菜瓜果、畜禽和水产等不同特性农产品的追溯应用,涌现了天津放心菜基地管理系统、广州市农产品质量安全溯源管理平台等应用典范。

在农产品电子商务方面,各类生鲜平台不断上线,催生了阿里、京东等大型生鲜平台,中粮我买网、顺丰优选、每日优鲜等垂直电商,百度外卖、美团、饿了么等O2O服务模式以及微商等[18],极大地满足了人们对生鲜食品日益增长的需求。天津市扶持培育了“食管家”“津农宝”“优农乐选”“网通电商”等多家本地电商企业,以及“蓟县农产品”“际丰蔬菜”“北辰双街电商村”等一批农产品网上交易应用试点,实现了网上选购、物流配送、电子支付等全程服务。

四、未来发展趋势

随着科学技术的不断发展,新技术、新理念与农业产业的融合不断加深,未来现代农业也将迎来深刻的发展变革,并呈现如下趋势。

(一) 农业农村网络基础设施建设将更加完善

互联网在农村的应用将得到进一步普及。农村宽带基础设施进一步健全,农村家庭高速宽带基本实现全覆盖,4G 网络加快提速降费,智能手机、无线设备等移动终端在农村地区得到广泛应用。5G 技术和网络应用将不断成熟,虚拟网、移动设备将与人工智能、自动驾驶等跨界融合。未来 5~10 年,伴随移动互联网技术的不断成熟发展、电信普惠便捷服务以及质优价廉、简单易用农村移动终端的普及应用,移动互联网将成为农村网络基础设施的主流,为打造现代智慧乡村提供重要支撑。

(二) 生物信息学、人工智能、无人机植保等新技术革命将颠覆传统农业发展方式

随着高通量植物表型测量技术、人工智能以及传感器等技术的快速发展,信息技术与基因组学、生物信息学、大数据、控制技术将进一步融合。利用农业遥感、数据建模、组学分析等新技术,对作物基因型—环境—表型关系深入解析,将为系统揭示作物表型形成规律与基因和环境调控机制、构建高效精准分子设计育种体系提供支撑,保障农产品安全有效供给。人工智能技术已成为科技界的中流砥柱,农业智能机器人、小型便携式智能农机、智能语音识别系统等一系列具有自主知识产权的装备和产品将广泛应用到农业全产业链中,大大提高劳动生产率和资源利用率。无人机植保将控制、导航、通信等技术高效集成,形成自动化作业技术体系,实现无人机植保全过程智能作业模式和智能化管理,能够极大地节省劳动力,更好地保护农田生态环境。

(三) 农产品销售互联网化趋势将更加明显

随着互联网技术的进一步普及和新兴中产消费群体的崛起,农产品销售互联网化程度将进一步提高,呈现全渠道融合、跨境电商化和产业生态融合等趋势。以新型农业经营主体为生力军、以电子商务为主流业态的创新模式将成为我国“互联网+”

现代农业发展的重要切入点,驱动非标准化的农产品逐渐向信息化、标准化、品牌化的现代农产品流通市场转变。

(四) 农业大数据将为现代农业提供在线化、个性化、精准化的信息服务

农业大数据应用将不断向深度和广度延伸。利用大数据的技术挖掘体系和机器学习、自然语言处理等智能信息处理工具,自动发现、挖掘、预测用户的兴趣或偏好,实现个性化信息内容的关联与推荐。根据农户类型(种植、养殖、农业企业、农产品流通经销商等)和农户所处的基本情景(所处的地理位置、从事农业活动的季节等),向农户推送符合其需求的精准信息服务将成为农村网络化服务的重要趋势。基于“互联网+”的农业大数据应用服务以及可持续农业大数据产业商业模式与解决方案将成为现代农业向中高端迈进的重要产业生态体系。

参考文献

- [1] Realization Conference of Robot Revolution. Japan's robot strategy [R]. Japan: Ministry of Economy, Trade and Industry, 2015.
- [2] 房黎明. 雷沃阿波斯发布智慧农业解决方案 [J]. 农机市场, 2016 (11): 54.
Fang L M. The Foton Lovol Apos released an intelligent agricultural solution [J]. Agricultural Machinery Market, 2016 (11): 54.
- [3] 毛焯, 王坤, 唐春根, 等. 国内外现代化农业中物联网技术应用实践分析 [J]. 江苏农业科学, 2016, 44(4): 412-414.
Mao Y, Wang K, Tang C G, et al. Application of internet of things technology in modern agriculture at home and abroad [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2016, 44(4): 412-414.
- [4] Erickson B, David A W. 2015 precision agricultural services dealership survey results [R]. West Lafayette: Purdue University, 2015.
- [5] 孔繁涛, 朱孟帅, 韩书庆, 等. 国内外农业信息化比较研究 [J]. 世界农业, 2016 (10): 10-18.
Kong F T, Zhu M S, Han S Q, et al. A comparative study of agricultural informatization at home and abroad [J]. World Agriculture, 2016 (10): 10-18.
- [6] 袁梦, 陈章全, 尹昌斌, 等. 德国家庭农场经营特征与制度实践: 耕地可持续利用视角 [J]. 世界农业, 2017 (11): 16-20.
Yuan M, Chen Z Q, Yin C B, et al. The characteristics and system practice of the family farm in Germany: The perspective of sustainable utilization of cultivated land [J]. World Agriculture, 2017 (11): 16-20.
- [7] Paustian M, Theuvsen L. Adoption of precision agriculture technologies by German crop farmers [J]. Precision Agriculture, 2017, 18(5): 701-716.
- [8] Nagasaka Y, Umeda N, Kanetai Y, et al. Autonomous guidance

- for rice transplanting using global positioning and gyroscopes [J]. *Computer and Electronics in Agriculture*, 2004, 43(3): 223–234.
- [9] Noguchi N. Monitoring of wheat growth status and mapping of wheat yield's within-field spatial variations using color images acquired from UAV-camera system [J]. *Remote Sensing*, 2017, 9(3): 289.
- [10] “互联网+农业”在国外是怎么做的 [J]. *农业工程技术*, 2016 (3): 29–31.
How to achieve the “Internet plus agriculture” in foreign countries [J]. *Agriculture Engineering Technology*, 2016 (3): 29–31.
- [11] 苏畅. 印度电子农业发展及对中国“互联网+”农业的启示 [J]. *农村经济*, 2016 (11): 82–86.
Su C. The development of electronic agriculture in India and revelation to China “Internet Plus” agriculture [J]. *Rural Economy*, 2016 (11): 82–86.
- [12] Gandhi V P, Mei F. A decision-oriented market information system for forest and agro-forest products in India [J]. *Iima Working Papers*, 2002, 39(11): 1246–1253.
- [13] 张振国, 吕全贵, 张学军, 等. 农业物联网在新疆棉花产业中的应用与发展——以农八师一五〇团为例 [J]. *新疆农机化*, 2015 (1): 28–33.
Zhang Z G, Lv Q G, Zhang X J, et al. The Agriculture internet of things application in cotton industry in Xinjiang—example of 150 regiment in agriculture eight division [J]. *Xinjiang Agricultural Mechanization*, 2015 (1): 28–33.
- [14] 天津大顺国际花卉股份有限公司. “互联网+”现代农业助力大顺花卉产业成功转型 [J]. *农业工程技术*, 2016 (30): 25–26.
Tianjin Dashun International Flower Co. Ltd. “Internet Plus” modern agricultural power Dashun flower industry transformation [J]. *Agriculture Engineering Technology*, 2016 (30): 25–26.
- [15] 黄雅玉, 鄂旭, 杨芳, 等. 水产养殖物联网系统集成与安全预警研究 [J]. *计算机技术与发展*, 2017, 27(9): 201–204.
Huang Y Y, Er X, Yang F, et al. Research on integration of internet of things system and security early warning in aquaculture [J]. *Computer Technology and Development*, 2017, 27(9): 201–204.
- [16] 熊北海, 杨振刚, 杨亮, 等. 中国畜牧业物联网技术应用研究进展 [J]. *农业工程学报*, 2015, 31(s1): 237–246.
Xiong B H, Yang Z G, Yang L, et al. Research progress on the application of internet of things in animal husbandry in China [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2015, 31(s1): 237–246.
- [17] 毛林, 程涛, 成维莉, 等. 农产品质量安全追溯智能终端系统构建与应用 [J]. *江苏农业学报*, 2014, 30(1): 205–211.
Mao L, Cheng T, Cheng W L, et al. Construction and application of intelligent terminal system for agricultural product quality and safety traceability [J]. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 2014, 30(1): 205–211.
- [18] 吴卫群, 李志新. 中国生鲜农产品电商发展的问题及模式创新研究 [J]. *世界农业*, 2017 (6): 213–217.
Wu W Q, Li Z X. Research on the problem and mode innovation of the electric business development of fresh agricultural products in China [J]. *World Agriculture*, 2017 (6): 213–217.