

数字农业的发展现状及展望

葛佳琨¹, 刘淑霞^{2*}

(1. 南京农业大学农学系, 南京 210095; 2. 吉林农业大学资源与环境学院, 长春 130118)

摘要: 数字农业是在生物技术和信息技术等高新技术支撑下的新型农业模式, 是未来农业发展战略。本文对数字农业的内涵、特点、关键技术及国内外研究应用现状进行阐述, 并对今后的研究领域及发展方向进行展望。

关键词: 数字农业; 农业信息化; 农业现代化; 研究进展

中图分类号: S126

文献标志码: A

文章编号: 1003-8701(2017)03-0058-05

Prospect and Current Status of Digital Agriculture

GE Jiakun¹, LIU Shuxia^{2*}

(1. College of Agronomy, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095; 2. College of Resource and Environment, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: Digital agriculture is a new mode agriculture supported by biotechnology and information technology, and it is the development strategy of future agriculture. This paper introduced The connotation, characters, key technology and application status of digital agriculture all over the world were introduced in the paper. The study areas and direction of digital agriculture were prospected.

Key words: Digital agriculture; Agricultural informatization; Agricultural modernization; Advance of study

随着科学技术的进步, 农业技术发展迅速, 社会步入信息化、网络化和全球化的信息时代, 在此基础上发展数字农业是未来农业发展的必经之路。数字农业是21世纪全球农业发展战略, 在农业现代化发展中占有重要地位, 数字农业可以将多学科有机结合起来, 对农业生产过程进行监测, 促进资源的合理利用, 提高作物产量, 改善产品品质, 保护生态环境, 拥有数字农业技术的国家将会在经济等各方面占据主导地位。因此, 弄清楚数字农业的研究现状, 了解其未来的发展趋势, 具有重要的实践意义。本文综述了数字农业的内涵、特点、数字农业的关键技术及发展现状, 并指出今后的研究领域及方向。

1 数字农业的内涵、特点及关键技术

1.1 数字农业的内涵

“数字农业”源自“数字地球”, 1997年由美国

两院院士正式提出。它是现代信息技术和农业生产技术相结合的产物, 是对农业生产及其相关各环节进行统一的数字化处理, 在因特网基础下, 以虚拟现实技术为特征, 对农业生产进行多方位多分辨率描述^[1], 通过数字化技术, 根据人类的需要, 就农业生产过程以及相关对象进行数字化和可视化的表达、调控及管理的现代化农业^[2-3]。它需要计算机技术、网络通信技术、地质空间技术等高科技、高信息技术作为支撑, 实现实时化和自动化的获取农业数据、智能化的农业设计、通过网络化进行产品信息传播的科学工程^[4]。

数字农业的内涵可以概括为: 在地学空间和信息技术等高新技术支撑下的集约化和信息化的新型农业模式, 它是将全球定位系统(GPS)、遥感(RS)、地理信息系统(GIS)、计算机技术、网络技术等与土壤学、植物生理学、植物营养学、农学、生态学等多学科有机地结合起来, 在农业生产过程中对农作物的生长发育状况、营养情况、水分利用情况、病虫害情况等信息进行信息的获取, 建立空间信息库, 通过对大数据的处理, 建立相关模拟模型, 实现促进资源的合理利用, 提高作物产量, 改善产品品质, 保护生态环境。数字农业要

收稿日期: 2017-03-05

基金项目: 吉林省科技发展计划项目(20160307006NY)

作者简介: 葛佳琨(1995-), 男, 在读本科, 主要从事信息农业与作物栽培研究。

通讯作者: 刘淑霞, 女, 博士, 教授, E-mail: liushuxia69@163.com

实现农业生产过程的全面数字化。

1.2 数字农业的特点

数字农业的第一个特点是数字化。它是指农业数据信息、农业生产过程、农业管理数据均实现数字化^[5]。

第二个特点是智能化。是农业装备及配套技术的智能化,也是数字农业的关键^[5]。随着智能装备的快速发展,科技含量高、性能稳定且适应性强的技术装备不断地运用到农业生产当中去,智能化装备的运用使农业生产标准化作业程度明显提高。

数字农业的第三个特点是综合性。数字农业的发展需要多学科多层次的农业知识体系加以辅助。首先是数学、物理学、化学、天文学、生物学和经济学等其他学科向农业科学渗透,使其成果不断被农业科学吸收和应用的过程。其次是研究要以单项技术和子系统的应用研究为基础,同时把软件系统的研制开发作为综合系统的集成与耦合,才能完成数字农业的精准化^[5]。

1.3 数字农业的关键技术

数字农业是由“数字”来驱动的农业,它离不开高新技术。数字农业的关键技术有3S技术,包括GPS技术、GIS技术、RS技术;信息获取和监测技术,包括TDR水分测量技术、病虫害苗情识别的光谱技术、图像处理技术、元数据管理技术、电子监控技术等;农业生产过程的模型技术,它是数字农业的重要基础,包括作物生长过程的模拟模型、土壤水分养分过程模拟与模型、动物生产过程的模拟与模型等;虚拟农业技术,是重大的关键技术,包括计算机自动控制技术、网络技术、多媒体技术、人工智能技术、传感器技术、虚拟现实及可视化技术、农业数据库系统等;专家决策系统等。

2 数字农业的研究现状

2.1 国外的研究现状

国外数字农业的发展较早,目前形成了一定的体系。国外数字农业技术发展在美国、德国、日本等国家取得较好的成果。

2.1.1 数字农业在美国的研究应用现状

美国非常重视数字农业。针对农业信息,美国政府每年投入10亿美元的研究经费,约占农业总经费的10%。并且计算机应用在美国农场中已经很普遍,他们有专业的农业技术服务组织(FSA),将最好的农业信息提供给农民。早在20

世纪80年代,美国雨鸟、摩托罗拉等几家公司就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,美国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,对温室内光照、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,以满足生产和市场的需要^[6]。

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。在美国有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各种农业网络信息联络^[7]。

2.1.2 数字农业在德国的研究应用现状

德国也致力于发展高水平“数字农业”,国家在开发农业技术上投入大量资金,并由大型企业牵头进行技术开发。有资料显示,2014年德国在数字农业技术研发中投入资金达到54亿欧元。在资金充足情况下农业信息技术发展较快、科技含量高,通过计算机可以完成大多数农业生产。作为实现农业信息化的重要步骤之一,学校开设计算机和网络技术课程,把教育与培训普及计算机网络技术,作为实现农业信息化的关键环节。随着农业信息网络功能的不断扩大,农业生产、科研领域大多数操作通过计算机完成,计算机辅助决策技术为农民提供咨询服务,如小麦品种选择模型(GENIS)可以提供各种小麦品种的水肥条件、品种特性、产量品质、抗病虫害的能力等方面的评估情况,帮助农民选择适宜种植的小麦品种,这些系统在农业生产中发挥了积极作用^[8-9]。

2.1.3 数字农业在日本的研究应用现状

在日本,全国有92%农业生产部门已经广泛应用农业自动化技术。通过网络,已经有蔬菜市场77个,畜产品市场23个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。农业生产中已经应用了全球定位系统等高科技设备,发展“精准农业”,农业生产销售水平得到了提高^[2]。同时日本政府非常重视对农民的网络信息素质教育,建立了完备的农民继续教育体系。每年组织农民,尤其是农林水产大省的农民在全国各地依托农业科研机构组织、农业大学以及民间研修教育机构参加网络知识与计算机操作培训,以提高农民信息素质^[8]。

2.2 国内的研究现状

数字农业在我国发展起步相对较晚,但近年来随着各项技术的逐渐成熟,数字农业发展较

快,形成了一定的体系。呈现出操作实施的科学性、资源利用的高效性和信息处理的精准性等特点。数字农业的研究在农业领域体现出综合性与高技术性。

2.2.1 农业信息化数据的建立与装备引进

农业信息化数据的建立是实现数字农业的关键。信息化数据主要来自田间,田间信息主要通过田间采样、GPS采样、智能农机作业、多平台遥感来获取^[10]。

我国农业信息化数据的建立起步较晚,但近年来发展较快。目前,我国针对土地资源、水资源、气候资源已经进行详细的调查,建立了不同资源的数据库。如:北京的小汤山现代科技技术示范园区通过RS进行了作物长势监测。杨邦杰等通过气象卫星遥感获得了植被的指数(NDVI),根据指数变化情况实现了对冬小麦冻害的监测^[11]。西安蓝田县22个乡镇的耕地均用GPS定位,每块地的速效氮、磷、钾含量数据库已经建立。赵月玲等通过地理信息系统等方法对吉林省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^[12]。陈桂芬等基于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^[13]。目前,我国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。为促进我国农业数据库的建设,国家还引进AGRIS、IFIS、AGRICOLA、CABI 4大农业数据库^[14]。

农业信息化数据的建立需要先进的装备来支撑。我国在快速采集土壤信息、获取作物信息和按需投入的变量施用等方面取得了较大的进展,并在实践中予以应用^[15]。在智能化农机装备方面,一方面从国外引进。如: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。在黑龙江大西江等农场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收获机等^[15],监测面积达到了1 267 hm²。利用DGPS定位,进行土壤取样等工作,面积达192 hm²,为生产决策提供了依据^[16]。另一方面自主研发,进行农业装备的自动化、智能化研究。目前,在装备数字化、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^[15]。如我国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^[17]。

2.2.2 3S技术与农业知识工程技术研究

农业知识工程技术是通过传感器、RS(遥感技术)、GIS(地理信息系统)、GPS(全球定位系统)、计算机技术和网络技术等对农业生产过程中基础数据从宏观到微观的实时监测,了解生产状况以及相应的环境条件,并进行定位与定期获取相应的信息,最终达到调控农业生产过程以实现高产优质的目的。

3S技术是数字农业工程技术的基础,它可以实现农业生产过程的数字化、数据的可视化和实用性。我国自19世纪80年代开始开展作物遥感估产研究与试验,通过气象卫星监测作物长势,用高光谱遥感技术进行作物的诊断,并取得较好成果。从1989~1995年对黄淮海、京津冀、黑龙江等不同地区的小麦、大豆进行遥感估产、作物灾害监测和损失评估。1997年,在吉林利用GIS进行试验,2003年在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,采集大豆和小麦的收获数据,监测面积达到267 hm²^[15]。

3S技术的应用,有利于农业资源信息的获取、管理、分析和动态监测,也是研究专家系统的瓶颈。

专家系统是农业信息技术的重要组成部分,它能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^[18],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1983年进行沙浆黑土小麦施肥专家咨询系统研究,经过2年时间完成。5年后,北京农业大学开发作物病虫预测专家系统。90年代,河北农业大学设计土坝事故诊断专家系统^[2]。2003年,陈桂芬等研制出多媒体人参、玉米、水稻、蔬菜和畜牧业生产智能系统^[19]。2006年,陈桂芬等开发研制玉米精确施肥专家系统^[20]。2011年张玉欣研制测土配方施肥专家指导系统^[21]。2012年何萍等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129个农户进行试验,取得较好效果^[22]。2014年孙敏等开发研究设施蔬菜作物病害诊断与防治管理专家系统^[23],截至目前,已经推出高水平的农业专家系统开发平台不少于5个,已有施肥专家系统、病虫害诊断专家系统、农业机械化生产专家系统等相继

研发成功,受益于它的农民已超过 500 万人。

2.2.3 农业模型技术的研究

数字农业的基础是农业模型,它是实现数字农业功能和目标的基础和核心。通过模型的建立,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,在中国已经进行较广泛的研究,取得较多研究成果,并得到不同程度应用。

农业模型的研究在农业生物模型方面研究的较多,尤其是农业植物模型,而动物模型研究的较少。在农业植物模型方面,一些研究者通过引进欧美等国家的模型,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,建立数字化和科学化的玉米生长模型^[24]。于合龙等利用改进的 BP 神经网络集成方法,建立作物精准施肥模型^[25]。刘铁梅等进行油菜器官间干物质分配动态的定量模拟^[26]。刘岩等进行了基于生物量的水稻叶片主要几何属性模型研究^[27]。杨月等进行小麦生育期模拟模型比较研究,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,在正常环境条件下 3 个模型对小麦生育期模拟均较为准确^[28];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^[29]。总体上看,我国的作物模型以引进国外的为主。

2.2.4 温室自动控制技术研究

温室自动控制技术是实现数字农业的关键。我国在温室自动控制技术方面研究始于 20 世纪 80 年代,在温室控制管理领域引入计算机技术,基于 Windows 操作系统的温室控制与管理系统被中国农业科学院农业气象研究所和蔬菜花卉研究所研制开发成功。“WJG-1”型分布式温室环境监控计算机管理系统也被中国农业大学研制成功。目前我国的温室环境自动调制技术已经完成从引进吸收、简单应用阶段到自主创新、综合应用阶段的过渡^[30]。

2.2.5 数字农业成果的普及与应用

数字农业在生产实践中的应用促进了生态农业的进程。如在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。兰溪市成为了县市级数字农业试点,而且是我国唯一一个系统的数字农业骨干平台。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 hm^2 ,减少化肥施用量 550 t,病虫害数字化诊断系统收录 5 000 多种病虫害防治办法,为 1 000 多户农民提供咨询,诊疗服务 1 670 余次,解决农业问题 500 余个^[31]。

3 展望

数字农业是一个挑战性的国家目标,也是农业未来发展的方向。“十三五”期间,全国农业现代化实施智慧农业工程部署,积极开展数字农业建设试点项目,如大田种植数字农业建设试点,以北斗系统精确空间服务为基础,建立天地一体化农情监测平台;园艺数字农业建设试点,以温室大棚环境监测为基础,生产全程自动化;畜禽养殖数字农业建设试点,从饲养管理到无害化粪污处理形成输送管网,实现资源化利用。未来数字农业的发展将体现在以下几个方面。

3.1 数据获取方式的标准化

我国数字农业标准化工作起步晚,技术水平相对落后。在数字农业推广与应用过程中,数据获取方式与农业数字信息的规范标准不确定。主要原因是农业生产过程的周期长,相关参数较多,这在一定程度上给农业数字化的推进过程增加一定的难度。农业信息标准化是建立数字农业发展及推进的前提,只有统一数字农业规范标准,建立农业信息数据互联互通,才能实现农业空间信息资源的共享和集成。因此,在以后的研究过程中,将要逐渐统一农业生产过程有效数据的获取方式和存储格式,为后续的资源共享提供标准化的数据支持。

3.2 数据处理方式的多元化

农业生产过程涉及的数据具有数据量大,涵盖信息多等特殊性质,不同的数据有不同的特点。如有的数据是动态产生、有的数据具有多维度,有的数据具有随机和偶然性。因此,农业数据存在不完整性和不确定性。目前的决策系统和专家数据库多以简单数据分析或经验作为依据,决策结果的可靠性有待提高。针对农业数据的特点,农业科研工作者如何找出数据之间的关联,以期对农业生产进行预测和干预,提供科学的指导意见,将是未来的数字农业研究重点和难点问题,是未来数字农业发展方向之一。

3.3 建立合理有效的农业数据库和数据集

农业信息复杂多变且涉及不同领域,由于随

着卫星遥感技术与地面实时监测的发展,研究者将获得更多详细的农业数据,用于农业数据库的建立。所以,今后农业信息的获取更加需要多层次的监测与实时的反馈,海、陆、空三位一体化的监管将成为常态。如何从海量数据中提取有用的信息,做好数据应用存档前的清洗工作,减少数据库的冗余,建立合理有效的农业数据库和数据集,也是未来数字农业的重点研究内容和发展方向。

参考文献:

- [1] 缪小燕,高飞.“数字地球”与“数字农业”[J].农业图书情报学刊,2004,14(2):30-33,37.
- [2] 宋兆杰,张金良.数字农业研究进展及发展趋势[J].现代化农业,2007(5):1-4.
- [3] 郑可峰,朱莉莉,胡为群,等.数字农业技术研究进展[J].浙江农业学报,2005,17(3):170-176.
- [4] 汪懋华,赵春江,李民赞,等.数字农业[M].北京:电子工业出版社,2012:1-2.
- [5] 曹卫星,朱艳,田永超,等.数字农作技术研究的若干进展与发展方向[J].中国农业科学,2006,39(2):281-288.
- [6] 姚於康.国外设施农业智能化发展现状、基本经验及其借鉴[J].江苏农业科学,2011(1):3-5.
- [7] 郑业鲁,薛绪掌.数字农业综论[M].北京:中国农业科学技术出版社,2016:55-56.
- [8] 赵卫利,刘冠群,程俊力.国外农业信息化发展现状及启示[J].世界农业,2011(5):71-73.
- [9] 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[J].农业图书情报学刊,2006,18(6):175-177.
- [10] 赵春江,薛绪掌,王秀,等.精准农业技术体系的研究进展与展望[J].农业工程学报,2003,19(4):7-12.
- [11] 杨邦杰,王茂新,裴志远.冬小麦冻害遥感监测[J].农业工程学报,2002,18(2):136-140.
- [12] 赵月玲,王彦国,韩海燕,等.吉林典型黑土区土壤中养分的空间变异研究[J].中国农机化,2012(2):72-75.
- [13] 陈桂芬,王生生,赵月玲,等.基于GIS的玉米数字信息智能管理系统的研究[J].新疆农业科学,2007,44(1):36-41.
- [14] 周兵.数据库系统发展[J].陕西工学院学报,2002,18(4):36-39.
- [15] 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[J].农业工程,2013,3(6):20-23.
- [16] 汪春.黑龙江垦区数字农业研究现状与展望[A].中国农业机械学会2006年学术年会论文集[C],2006:802-805.
- [17] 杨雪.农机导航系统性能达到国际水平[N].中国农机化导报,2014年2月10日,第002版.
- [18] JOSEPH GIARRATANO.专家系统原理与编程[M].北京:机械工业出版社,2005:11-13.
- [19] 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[A].中国数字农业与农村信息化学术研究研讨会论文集[C],2005:127-132.
- [20] 陈桂芬,王越,王伟国.玉米精确施肥系统的研究与应用[J].吉林农业大学学报,2006,28(5):586-590.
- [21] 张玉欣.伊通县《测土配方施肥专家指导系统》研发概述[J].吉林农业,2011(6):135-139.
- [22] 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[J].植物营养与肥料学报,2012,18(2):499-505.
- [23] 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[J].南京农业大学学报,2014,37(2):7-14.
- [24] 严定春,诸叶平,李世娟,等.数字化玉米种植管理系统研究[J].农业网络信息,2006(11):10-12.
- [25] 于合龙.精准农业生产中若干智能决策问题研究[D].长春:吉林大学,2010.
- [26] 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[J].中国油料作物学报,2005,27(1):55-59.
- [27] 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[J].中国农业科学,2009,42(11):4093-4099.
- [28] 杨月,刘兵,刘小军,等.小麦生育期模拟模型的比较研究[J].南京农业大学学报,2014,37(1):6-14.
- [29] 徐新良,杜朝正,闵稀碧.RS和GIS技术与作物模型结合的研究进展[J].安徽农业科学,2012,40(16):9146-9150.
- [30] 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[J].中国农机化学报,2013,34(4):16-18.
- [31] 李艳,孙梦婷.“数字农业”联姻“生态农业”[J].今日浙江,2015(24):45.

(责任编辑:王昱)