

作物智能栽培学：信息科学与作物栽培学的结合

Intelligent Crop Culture :Combination of Information Science and Crop Culture Science

曹卫星

(南京农业大学农业部作物生长调控重点开放实验室,主任、教授 南京 210095)

作物栽培学是研究作物生长发育和产量、品质形成规律及其与环境条件的关系,探索通过栽培管理、生长调控、优化决策等途径,实现作物高产、优质、高效及其可持续性的理论、方法与技术的科学。作物生产是农业生产的核心,维系着人类最基本的生活需求,是社会经济发展的基本保证,因此深入研究作物栽培学的发展特点,正确把握其发展方向,对于促进作物栽培学的不断更新和持续发展、建立现代农业科技体系具有重要意义。

信息技术是研究信息的产生、采集、存储、交换、传递、处理及利用的高新科技。随着计算机、通信、人工智能等技术的迅速发展,信息技术正在对社会、经济和生活环境产生强大和深远的影响。农业信息技术正是在信息科学和农业科学不断发展的推动下建立起来的新兴学科领域。作物智能栽培

学则是农业信息技术研究和应用的成功典范。

一、作物智能栽培学的形成和定义

中国特色的作物栽培学经过近半个世纪的变革与拓展,逐步渗入现代科学理论和技术,其研究内容和手段都得到了重大的更新和提高。现代作物栽培学不仅注重作物高产理论与技术,同时注重作物生产的高效管理及持续发展。当今的作物栽培学体系主要涵盖作物生理学、作物生态学、作物管理学3个相互联系的学科领域,又分别以作物产量生理、环境生理、技术原理为理论基础,以技术—环境—产量的动态关系为生长调控主线,以高产高效优质的作物生产为主要目标。作物栽培学一方面应用植物生理和生态的方法与技术,围绕作物生产上急需解

引发农民不满、影响农村社会稳定的隐患。

首先是停止征收农业特产税和生猪屠宰税。目前这两税既不能像初始设计的那样“取之于农,用之于农”,又无法按实征收,直接影响农业产业结构调整,农民意见很大,说:“谁取消这两税,我们喊谁万岁!”在当前国家调整粮棉烟糖蚕茧等政策,增加了农民减收因素的时候,取消这两税,是对全国大多数农民,特别是对粮棉主产区的农民增收最直接、最有效的帮助。

其次,结合村民自治工作,将原来按人均纯收入的比例定期征收的“村提留”,改为按村里民主议定的公益性服务项目临时收费;干了事,有服务就收;不干事,没服务或服务不好就不能收。收取的时间、数额、方式、用法由村民自治组织民主决定,成效也由其检查。村组干部民主选举,控制职数,义务兼职;必须少量补贴的,也要经村民开会民主决定。

再次,将村民自治扩大到乡镇一级,乡镇主要领导由所在地区农民直接选举产生。乡镇不搞实体财政,变成县的派出性质的机构,只设民政、公安、

财税、计划生育、经济等少数专职助理(是吃县财政饭的公务员),同时撤掉建在乡级的各种站所,其原来公益性职能由县级机构承担,其原来的经营服务性职能由民间发育的合作社、农民协会及公司等各类组织运作。原来上收的“乡统筹”(约占农民人均纯收入的2%，“三提五统”的40%)，参照“村提留”的改进办法，也改为公益性服务项目的临时收费，收费的时间、数额、方式、用途在村民自治组织同意的的基础上，由乡级自治组织民主议定，成效也由这两级自治组织共同检查。

最后，理清农村税费关系。农业税可按田亩状况划分等级后分类征收，总规模不要扩大，由县、乡的财税干部负责实施。其它各种收费、摊派、集资，都应视为非法。要参照《消费者权益保护法》制定《农民经济权益保护法》，其核心是采取法律措施，来鼓励农民作为主体起来捍卫自己的经济权益。如参照《消费者权益保护法》的规定，作出凡是加重农民负担者“取一退三”(即按照向农民非法索取金额的3倍来退赔)和有关农民负担的诉讼先不收费的法律规定。(责任编辑 王宏章)

决的关键问题开展应用基础性研究;另一方面应用系统分析的原理和计算机信息技术,对作物生产系统进行综合的动态模拟、科学决策和优化管理。

近 20 年来,作物生理生态学的深入发展及栽培调控理论和技术的丰富积累极大地推动了作物栽培科学的发展。然而,传统的作物栽培模式及管理技术以定性或半定量的经验知识为主,而且一个地方的专家经验在另一个地方往往难以见效。这是因为作物生产系统,是一个复杂而独特的多因子动态系统,受气象(年份和季节)、土壤、品种特性及技术措施等不同因素的影响。作物生产系统的行为具有显著的时空变异性、区域性、分散性、经验性,且定量化和规范化程度差、稳定性和可控程度低。因此,特定时空条件下的作物生长状况是品种遗传潜力和环境及技术因子调节的互作表现,这使得栽培管理专家在综合考虑多因子的互作、预测作物生长趋势、量化栽培技术时,表现得较为困难。

随着信息技术的发展及农业新科技革命的兴起,计算机和信息技术为作物栽培管理提供了新的方法和手段。运用农业信息技术,可以对复杂的作物生产成分进行系统的分析和综合,建立动态的计算机模拟模型和管理决策系统,实现作物生产管理的定量决策,从而促进作物栽培的规范化、信息化、科学化。作物智能栽培学就是将系统分析原理和信息技术应用于作物栽培学研究,着重以作物栽培智能决策支持系统来指导作物生产管理的一门现代计算机技术和信息科学与传统的作物栽培学相结合的新兴的交叉学科。

二、作物智能栽培学的基本特征

作物智能栽培学应具有 10 个基本特征,即量化、系统化、模型化、科学化、信息化、知识化、动态化、可视化、集成化、产品化。

作物智能栽培学使作物栽培学的研究工作从定性理解向定量分析、概念模式到模拟模型、专家经验到优化决策的转化过程。作物智能栽培学首先必须依赖于作物模拟模型及智能决策支持系统来实现对作物生产系统的动态预测和管理决策,提高生产技术的量化、规范化和集成化程度。同时,需要应用数据库技术、网络技术和信息服务系统来提高农业信息获取、处理和应用的能力。此外,3S 技术(RS、GIS、GPS,详见本文 P39第4小节)的应用则可对作物生产环境和状况、自然和生物性灾害等进行实时监测和预测以及定时、定量、定位的智能化农作管理。这3方面的研究领域相互交叉和渗透,逐步发展形成综合性和智能化的作物栽培决策系统。

作物智能栽培学的理论基础广泛涉及到计算机技术、信息科学、系统科学、管理科学、生态学、土

壤学、作物科学与农学等多个学科领域,但其主要学术思想是将系统动力学、知识工程和智能管理的方法与技术创造性地应用于作物生产系统。其核心和基础的研究内容是作物生长系统的计算机模拟模型及智能化决策支持系统,关键是将生长模型的预测功能、专家系统的推理决策功能、资源环境系统的信息管理功能相融合,对不同环境下的作物生长状况作出实时预测并提供优化管理决策,实现作物生产的高产、高效、优质、持续发展。因此,作物智能栽培学的研究和应用需要信息科学家和农学家的密切合作和协同攻关,使得研究成果更符合作物生产系统的规律,并获得农学家的广泛认可。

作物智能栽培学的应用系统既可作为主管农业领导的管理办公系统,也可用于不同类型的技术指导部门及生产单位,服务于农业生产管理及推广教育;既可进入信息网络系统,也可以利用计算机软件光盘进行单机决策服务,从而改变传统栽培学的专家口授笔传的方式,实现现代化的作物生产知识工程和智能化信息服务。

三、作物智能栽培学的研究内容

1. 作物生产数据库及信息系统

综合的农业生产信息系统应能提供全面反映农业资源环境条件、种植业结构、作物品种特性、农业科技成果、生产设施、运行状况及市场动态等各类信息,开展全方位的农业生产信息咨询服务。农业信息系统作为一种农业现代化的载体,通过数据库的系统化、标准化和信息化可以形象而及时地传播各类实用的农业生产知识、信息和农业高新技术成果,从而极大地促进科技成果的推广和应用,并提高广大农民和农村干部的科技文化素质。智能化农业信息系统可以综合多种单项农业信息技术,实现高层次的技术集成和综合指导。例如,应用地理信息系统的信息管理功能,通过资源、环境、作物、技术信息的收集、输入、处理、分析、评价、咨询与管理,可建立规范化的农业资源环境与作物生产的空间信息系统。

2. 作物生长预测和监测系统

随着计算机信息科学的迅速发展和作物科研成果的深化与积累,作物生长模型得到成功的开发和应用,成为信息农业的主要动力和载体。理想的作物模拟模型能够定量描述作物生育过程及其与环境因子的动态关系,具有综合知识、定量关系、测验假说、动态预测和支持决策的功能,从而促进了对作物生育规律由定性描述向定量分析的转化,成为作物生理生态、栽培、育种等学科的一种有效的研究手段,并为生产管理决策提供了科学的工具。

作物生产智能决策与管理的基础是作物—环

境—技术系统的计算机模拟模型,包括作物生长模型、农业气象模型、养分利用模型、水分平衡模型、病虫草害模型、农业经济模型等,或统称为作物系统模型。模拟模型不同于传统的统计模型,具有动态性、机理性、系统性、预测性、研究性和通用性的特点。例如,作物生长模型能够对特定作物生长发育的过程及其与环境和技术动态关系进行系统分析和定量描述,从而预测作物的阶段发育、形态发生、物质积累与分配及产量和品质等。

目前,作物模拟研究的重点是以作物生理生态过程为基础,利用结构化技术,建立过程水平和面向对象的生长模型,特别是加强对生殖生长及同化物分配过程的动态模拟及关键模型参数的估计;同时运用多媒体技术实现作物生长的可视化和动画化,从而提高作物模拟模型的机理性、预测性和动态性。此外作物模拟模型还能与专家系统、3S技术和计算机网络等高新技术相融合,形成作物生产的智能化信息系统。

3. 作物管理决策支持系统

作物管理决策支持系统包括基于模拟模型的决策支持系统、基于规则的专家系统、基于模拟模型和知识系统的智能决策支持系统等不同类型。这些决策系统以数据库、模型库、知识库及推理机为基础,其中,模型库和推理机处于核心的地位,在很大程度上反映了系统的智能化水平。基于规则的专家系统以作物栽培和农业生产的专家经验和知识为基础,通过知识工程的途径,建立知识库与推理机以指导作物生产的管理决策。这类专家系统有较强的实用性和决策能力,但缺少模拟模型的机理性和动态性,且系统时空适应性和应变能力差。系统的发展和改善需要综合运用知识工程原理和知识模型技术,以及神经网络、遗传算法、机器学习等新技术、新方法。

作物系统模拟模型对作物生产系统具有较强的解释性和预测性,但模拟模型必须与知识模型及专家系统相结合,才能实现良好的推理决策功能,有助于建立智能决策支持系统。因此,将模拟模型的动态预测功能和专家系统的推理决策功能相结合,是农业生产管理决策系统的主要方向。

4. 作物空间信息系统

现代信息技术的突出代表是3S技术,包括遥感(Remote Sensing, RS)、地理信息系统(Geographic Information system, GIS)和全球定位系统(Global Positioning System, GPS)。其中,遥感是指在高空和外层空间的平台上,运用各种传感器获取地表信息,通过数据的传输和处理,从而研究地面物体的特性及关系,是调查、监测和分析环境、资源、灾害的有效手段。例如,遥感技术可以将各种地面的农业景观(地形、地貌、土壤、作物、水文、村落等)反映

出来,变成数字信息与卫星图像。特别是遥感技术可成功地进行大面积的作物长势监测和产量预报,与作物生长模型相结合就可以将作物的绿度转换成叶面积等具体的生长特征,为作物生育指标的调控提供量化基础。

地理信息系统是处理空间信息的软件系统,能够储存、管理、集成和处理各种来源的农业系统数据,进行空间数据分析、预测预报、地理作图、辅助决策等,特别适用于组织、分析和图示同一区域内各种类型的空间信息资料。如用于区域性土壤、气象资料的管理及作物地理适应性分析等。

全球定位系统是一种全气候、高精度、全球性无线电导航定位系统,是利用地球上空的24颗通讯卫星和地面上的接收系统而形成的。全球定位系统是精确农业技术体系的关键部分,主要用于确定农机具的时空位置和运行路线等。

3S技术的综合运用在农业系统探查、评价、管理和决策等方面具有不可替代的作用,与作物模型的结合可以建立全新的智能化作物生产空间信息系统。例如,基于3S技术、智能化机械装备技术及作物管理决策系统的精确农业系统,有助于推进规模农业生产管理和农事操作的信息化和精确化。

5. 虚拟作物和虚拟农业

可视化技术主要运用计算机图形图像处理技术,将复杂的科学现象和自然景观等图形化,便于理解现象、发现规律和传播知识。虚拟现实技术,是一种由计算机生成的高级人机交互系统,构成一个可感知的计算机环境,实现观测、触摸、操作、检测等模拟试验,达到身临其境之感。因此,虚拟技术实际上是可视化技术的最好的应用形式。

虚拟作物就是将基于植物生理生态过程的生长模拟与基于植物形态和结构建成的形态建模相结合,即将植物的机能模拟和结构模拟进行综合集成。因为植物的生理机能、生长过程和结构信息是密切相关的,虚拟作物的研究不仅符合植物及其群体发育生长的规律,而且具有很高的可视程度,能够预测植物生长的动态过程、群体景观和产量等,从而开辟了更广阔的应用前景。

虚拟作物的技术路线主要是采用高效数据采集系统监测农业环境因素变化与相应的作物生长发育动态,研究作物形态与环境关系的量化作用规律,应用面向对象的程序设计思想和可视化技术建立作物形态模型。它对于探索作物理想株型、优化生长调控措施、构建植物形态及园林设计、虚拟实验教学等具有重要应用价值。以其为基础的农作生产系统称为虚拟农业。因此,虚拟农业是建立在可视化技术和虚拟现实技术基础上的一种仿真农业。

6. 精确农业支持系统

精确农业是农业信息技术与机械装备技术的

集成应用,是近年来国际农业科研的热点。它是一种基于农田小区作物生长环境差异性实施变量投入的生产管理技术,能按田间每一操作单元的具体条件精细准确地调整各项土壤和作物管理措施,最大限度地优化各项农业投入,以获取最高产量和最大效益,同时保护农业生态环境和农业资源。

精确农业的主要支持技术包括 3S 技术、作物管理决策技术、田间信息采集技术、智能化农业机械装备技术、系统集成技术。特别是现代 3S 技术的综合运用使得人们能够方便、准确地获得作物田间小区地理分布图和产量图,进一步利用自动化控制技术、作物生产决策系统,则能在田间管理过程中即时显示需要的控制信息并自动实施必要的操作,实现农业生产的精耕细作,即精确农业操作。

可以说,计算机和信息科学的发展为精确农业奠定了坚实的基础,而可持续农业的兴起又进一步推动了精确农业的发展。在一些发达国家,精确农业的应用已涉及到施肥、植保、精播、耕作和灌溉等农业生产的主要方面。精确农业在我国的研究和应用尚处于起始阶段,但其中有关基于差异的变量投入原理对于决策系统的研究以及持续农业和信息农业的发展具有重要的指导意义和应用价值。

7. 作物智能教学与苗情诊断系统

将信息技术应用于作物栽培学的教学体系建设,可以设计和开发智能化电子书和辅助教学系统,开展网上教学和远程教学服务。作物智能教学系统重点围绕作物的形态学、生理生态学、管理调控技术、苗情诊断等提供学习、检索、解答、测试、指导等功能。主要通过对作物生长发育、栽培技术及苗情诊断等方面的文字和数据资料以及图形图片和录像资料进行整理和分析,采用专业的多媒体教学软件和人工智能原理设计和制作作物生产的智能教学与咨询系统,服务于农业教育与推广工作。

作物形态的智能化识别与鉴别系统将为苗情诊断提供非常有效的手段。这是一种具有作物长势长相分析、营养诊断、病虫害鉴定等多重功能的多媒体智能化专家系统,集图像、文字信息、苗情鉴定等专门知识于一体,以美观友好的用户界面提供查询、检索、图像处理 and 识别、知识推理、辅助教学和决策支持等功能。

8. 网络服务系统

有效的网络服务系统是基于分布式网络技术而建立的信息服务系统。目前,国际互联网(Internet)和万维网(WWW)是广泛应用的信息检索手段,一般由服务器、浏览器、信息系统等组成。国际互联网和万维网对指导农业生产具有十分显著的贡献。首先,万维网站点的页面文件可以通过远程通讯等方法迅速地更新内容,有关时效性很强的信息就可以在几秒钟内被 WWW 的管理人员获取

并发布出去。其次,WWW 可提供辅助决策服务,用户可以通过浏览器输入有关变量,具备模型和决策系统的 WWW 服务器就可根据输入变量执行系统,并将结果输出到浏览器界面,提供给用户。

要将网络技术更好地应用于农业生产,除了硬件建设外,更需要研究开发有关农业生产管理的应用系统,并以网络技术为依托,进行推广应用。如使作物生产信息系统、作物模拟模型、管理决策系统等进入网络系统,形成作物生产的智能化信息网络和区域性农业信息中心,以便极其迅速地传递作物生长与农业生产的实时信息,实现农业生产的在线指导和科学决策。

四、作物智能栽培学前景展望

农业信息技术的快速发展和广泛应用正在对农业科技和作物生产产生深刻的影响,必将成为农业现代化的突出标志和农业知识经济的重要支柱。作物智能栽培学进一步发展的学术思想和技术路线是,以作物生理生态的研究成果和信息技术为基础,实验研究与模拟研究相结合,注重建立基于生理生态过程的作物生长模型、基于生长模型的作物生产决策系统、基于决策系统的智能化农作体系。因此,有关作物模拟模型及智能管理决策系统的研究和应用将为作物智能栽培学的发展奠定理论基础、技术途径和服务系统,推进作物生产的规范化、信息化、科学化。

国际上正呈现出农业智能决策支持系统与多种信息技术进一步耦合与集成的发展趋势,以达到功能综合与系统综合。关于数学图像信息处理、农业生物对象模式识别、人工神经网络、遗传算法、面向对象和过程模拟等高新技术应用于农业生产的研究方兴未艾,将成为农业信息技术进一步发展的重要动力。通过将系统动力学模型、人工智能、信息系统、网络技术等进行有机的整合,则可显著增强综合系统的机理性、智能性、知识性、应用性。

随着农业信息技术的深入研究和广泛应用,可望建立智能化的综合农业信息系统及管理决策系统:既可在规模农场进行单机决策服务,又可通过与计算机网络系统相连接,建立区域性农业生产管理与信息咨询中心;既可作为宏观的农业区划与设计系统,又可作为微观的作物生长调控与管理决策系统;有助于综合评价农业资源、环境与土地生产力,实时监控作物的生育动态,促进规模管理的信息化、自动化。它在当今精确农业与持续农业的发展中具有广阔的应用前景。

21 世纪将是社会高度信息化、经济高度知识化的时代。因此,发展作物智能栽培学、实施农业信息

(下转第 31 页)

基础设施,进行信息化改造,可改变传统产业的生产方式、管理方式、市场范围和生存空间;而信息化改造的一个重要方面就是建立起网上交流和交易的手段,帮助企业打破地理、时间的限制。从某种意义上说,未来企业的竞争首先是信息的竞争。

根据辽宁实际,应从以下几个方面进行传统产业的信息化改造。(1)建立以高速、互动、资源共享的网络为核心的企业信息基础设施;(2)运用互连网络建立各种动态的基础数据库,对企业进行动态管理;(3)依据网络寻找资源与企业合作伙伴,扩大企业业务范围;(4)利用高速网络改变传统的营销生产过程,改变人力、物资方面传统的生产组织方式;(5)运用信息化改造、培养新一代企业人才,改变传统产业人才素质低下的状况,增强员工的信息化素质。

3. 传统产业结构的金融化

金融化是传统产业结构与知识经济相结合的必要条件。

传统产业结构要想得到改造,需要大量的资金投入。而知识经济又是不断创新的经济,它具有知识金融化的特点。目前我国发展知识经济、改造传统产业的困惑并不在于缺少科技人员和项目,最大的难题是缺少科研开发和应用经费。

资金短缺已严重妨碍了我国知识经济创新的进程,使高新技术产业化受阻,也减慢了以高新技术改造传统产业的速度。有效而合理地解决资金问题已是当务之急。在传统产业结构创新和传统产业改造过程中,除了R&D以外,还有其它多方面因素(如设备更新、人员聘用)也需要大量资金。

依据辽宁的具体情况,解决资金问题,可采用以下多种方式:政府对重点行业或企业进行有选择性的拨款,给企业以财力支持;充分利用企业自有资金,通过发行股票、债券,进行产权转让,并通过利用外资等多种手段,拓宽企业的融资渠道,以存量带增量;重视风险投资产业的发展,建立相应的风险投资市场体系;采取各种方式吸引外国公司进行投资,以合资或独资方式创办高新技术企业,以带动传统产业改造;通过股份制改造,以资金入股的方式筹集用于发展高新技术、改造传统产业的资金;政府宏观调控,以有效手段鼓励非银行机构开展科技投资、保险、担保等业务,以服务于传统产业的改造。

4. 传统产业结构的生态化

生态化是传统产业结构与知识经济相结合的必然要求。

工业经济时代,由于在发展生产的过程中不注意环境保护、生态问题,造成污染严重,甚至生态失衡,以致人类正面临着生存危机的挑战,因而在知识经济时代,传统产业结构则必须实现生态化,才能实现与知识经济的有效结合。因为知识经济对于自然资源的依赖程度比传统工业经济小得多,故知识经济时代的高新技术是无害于环境的最具生命力的技术。

由于传统工业对环境已造成的巨大危害,知识经济时代的传统产业必须推行清洁生产,实现生态化。通过推行绿色技术与清洁生产,开发和引进有益于环境的高新技术中的生产技术,减少或根绝生产流程中的污染,实行源头治理、综合利用,改变过去“先污染,后治理”的模式。

辽宁应着重于开发废弃物和产品循环使用的技术,以更加合理的方式对剩余废弃物进行处理,推行污染排放最小化和资源利用节约化、高效化的清洁生产技术和绿色技术。要通过提高各级决策者和管理者的知识水平和素质,不断进行技术创新、降低技术成本,以高新技术解决环境污染问题。

总之,我们要正确面对知识经济时代的挑战,客观地分析传统产业的现状,更好更快地推动辽宁老工业基地以高新技术改造传统产业步伐,迎接知识经济时代的到来。

参考文献

- [1] 吴季松. 21世纪社会的新趋势——知识经济. 北京: 科学技术出版社, 1998
- [2] 宋健. 现代科学技术基础知识. 科学出版社, 1994
- [3] 陶德言. 世界经济发展的第三次革命——知识经济浪潮. 中国城市出版社, 1998
- [4] 陈胜昌主编. 知识经济专家谈. 经济科学出版社, 1998
- [5] 约翰·奈斯比特. 大趋势. 中国社会科学出版社, 1984
- [6] 世界经济合作与发展组织(OECD)编. 以知识为基础的经济. 机械工业出版社, 1997
- [7] J·D·贝尔纳. 科学的社会功能. 商务印书馆, 1982
- [8] 林武. 技术与社会. 东方出版社, 1989
- [9] 纳德·F·德鲁克. 创业精神与创新. 工人出版社, 1989
- [10] J·Colton & S·brucey ed: Technology, the Economy, and Society, Columbia University Press, New York, 1987

(责任编辑 蔡德诚)

(上接第40页)

化是我国农业迎接知识经济挑战和推动农业科技创新的重大战略。信息农业的到来使得农业生产不再是以经验为主的粗放型的生产活动,而是与高科技结合的有序化、定量化、规范化、科学化的农业产

业。有关农业信息技术的深入研究和广泛应用将有助于实现农业资源环境与生产系统数据管理的信息化、农作制度及生产管理决策的智能化、虚拟作物生长调控的可视化、农业产业服务的网络化、农业教育与推广的现代化。(责任编辑 王宏章)