第 41 卷 第 3 期
2004 年 5 月

土 壤 学 报
ACTA PEDOLOGICA SINICA

Vol. 41, No. 3
May, 2004

信息化与农业现代化

赵其国[1] 叶 方[2]
(1 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)
(2 南京大学城市与资源学系, 南京 210093)

摘 要 在分析国外农业信息化发展的基础上, 阐述了我国农业信息化的发展、应用情况, 以及农业信息技术的集成与产业化的重点领域, 最后提出了我国现代化农业发展方向。

关键词 信息化; 农业现代化; 精准农业
中图分类号 S01 文献标识码 A

随着计算机技术、光纤和卫星通信技术的快速发展, 国家信息化水平越来越成为衡量其现代化水平和综合国力的重要标志之一。大力推进信息化, 是我国实现工业化、现代化的必然选择, 是促进生产力跨越式发展, 增强综合国力和国际竞争力, 维护国家安全的关键环节, 是覆盖现代化建设全局的战略举措。

农业现代化是我国社会主义现代化建设的重要目标之一, 在当前国际信息化的大潮中, 农业的信息化是农业现代化的必然要求, 也是国民经济信息化的重要组成部分。

1 国外农业信息化的发展

国外农业信息化发展经历了三个阶段: 第一阶段为 20 世纪 50~ 60 年代, 主要是利用计算机进行农业的科学计算; 第二阶段是 20 世纪 70 年代, 主要是农业数据的处理与农业数据库的开发应用; 第三阶段为 20 世纪 90 年代, 重点转向知识处理、自动控制与网络服务。目前正朝着高强度的农业信息产业化方向发展。

1.1 国外农业信息化的重点研究领域

(1) 数据库与网络。将大量的农业信息进行加工处理, 建立农业数据库系统。并逐渐向多元化、全球化、商品化和多媒体化和网络化方向发展。目前世界上最大的农业中心网络系统是美国内布拉斯加大学于 1975 年创建的 AGENT 联机网络, 它可以提供多个不同用途的农业服务软件。

(2) 精准农业。"精准农业"(Precision Farming 或 Cyberfarm) 是在现代信息技术、生物技术、工程技术等一系列高新技术最新成就的基础上发展起来的一种新型的现代农业生产形式, 其核心技术是地理信息系统、全球定位系统、遥感技术和计算机自动控制技术。最初起源于美国, 它由若干个子系统构成 (见图 1), 是 21 世纪农业的发展方向[1]。

(3) 专家系统。"专家系统"是一种集中某一领域中的专家知识、经验所编写的应用软件, 可以为用户提供信息、建议和决策支持。最早始于美国 Illinois 大学开发的"大豆病害诊断专家系统 PLANT/DS"。70 年代后期开始在国外得到普遍应用。80 年代中期以来, 农业专家系统迅速发展, 美国、日本、英国、澳大利亚、加拿大等国相继在作物栽培、畜禽饲养、农业经济效益分析、农产品市场销售管理等方面研制出不少的农业专家系统并投入使用。

(4) 虚拟农业。"虚拟农业"是 80 年代中期问世的一种农业高新信息技术, 是作物生长模拟模型的进一步发展。目前, 世界上仅有少数几个研究机构在开展这方面的研究, 研究内容为虚拟主要农作物、畜禽的育种和管理。

1.2 国外农业信息化的发展趋势[2~4]

(1) 信息集成化。现代农业对信息资源及信息技术的综合开发利用需求日趋迫切, 单项信息技术

作者简介: 赵其国, 男, 中国科学院院士, 从事土壤资源、土壤环境和农业可持续发展等方面的研究
收稿日期: 2003- 10- 08; 收到修改稿日期: 2003- 12- 11

往往不能满足需要。因此, 多种信息技术的集成越来越引起人们的普遍关注。

(2) 专业化。即针对农业生产中的某一种具体作物, 或某一项具体农艺措施, 建立计算机应用系统以进行生产管理。专业化的农业应用软件还可适用于不同生产级别(如地块级和农场级) 管理, 能更经济、有效地确保农业生产。

(3) 网络化。网络技术应用于农业, 不但能及时解决农业发展中的技术问题, 而且能降低农业信息的获取成本。不同地域的生产者可以使用基于互联网的农业专家决策支持模型进行数据处理与分析, 随意连接其他农业信息网站。

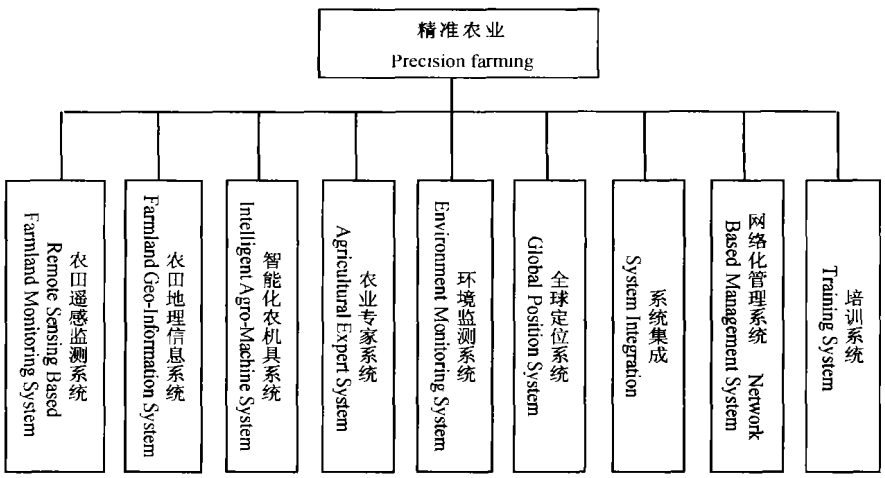

图 1 精准农业的主要子系统构成

Fig. 1 Main sub-systems of precision farming

(4) 多媒体化。多媒体是利用计算机或其他电子手段传递文本、图形艺术、声音、动画和视频信息的组合。随着多媒体技术的兴起, 农业多媒体数据库建设及农业实用技术等多媒体产品开发应运而生, 它将十分复杂的农业技术, 以甚为简单、易懂、易学的方式表现出来, 具有传播速度快、覆盖面广、形象逼真、易于操作等特点。

(5) 实用化。农业系统软件的研制及应用目前大多局限于科研院所及示范基地, 其潜在作用远没有被充分发挥。此类软件开发必须通过多部门、多学科的合作以及农业生产、经营管理专家的协同攻关, 以确保软件结构、功能、界面、程序的规范化, 提高软件的科学性、有效性、适应性。

(6) 普及化。一是指农业信息的获取、分析与利用始终贯穿于整个农业生产过程并充当着重要角色; 二是指通过有计划、分批次的农业教育培训, 大部分农民和农技员可以通过计算机、多媒体学习各种农业知识, 从而加快农业科技的普及, 提高农民科技文化素质。

1.3 国外农业信息化的成功经验

(1) 注重农业基础设施的信息化。包括农田基本建设设施、农作物种子工程设施、农产品加工与贮藏设施、畜禽工厂化饲养设施、日光节能温室设施、无土栽培设施、卫星遥感通讯设施等内容。

(2) 注重信息化基础设施建设。包括基础信息资源的开发和网络设施建设, 其中, 信息资源开发利用是信息化的核心内容。

(3) 坚持科研、教育、推广三结合。目前, 农业传媒(计算机网络、通讯、视听等载体) 网络正成为农民、农技人员和各地农业部门获取农业科学知识、传播推广实用技术、进行农业信息咨询服务的重要手段。

(4) 建立完善农业信息化领导体系、政策、法制、法规和立法监督。农业信息化是一项涉及多部门、多学科的综合性工程, 政府必须重视并建立强有力的领导体系, 确定各部门职责, 分工协作。

2 我国农业信息化的发展及应用

2.1 "3S" 技术与发展

"3S" 技术指的是对地观测的三种空间高新技术系统: 遥感(RS)、全球定位系统(GPS) 和地理信息系统(GIS), 它是信息化技术的集中表现。

2.1.1 遥感(RS) 技术 遥感是指在远离目标, 与目标不直接接触的情况下, 判定、量测并分析目标的性质。遥感(RS) 技术正在不断发展并将进入新的

阶段。

多传感器技术可以广谱覆盖大气窗口的所有部分。光学遥感包含可见光、近红外和短波红外区域,主要探测目标物反射和散射; 热红外遥感主要探测目标物的发射率等辐射特性。

遥感的高分辨率全面体现在空间分辨率、光谱分辨率和温度分辨率三个方面, 长线阵 CCD 成像扫描仪空间分辨率可以达到 1~ 2 m, 成像光谱仪的光谱细分可以达到 5~ 6 nm。例如美国的 Lewis 卫星,在 0.4 μm~ 2.56 μm 波段范围内分成 384 个波段。热红外辐射计的温度分辨率可从 0.5 K 提高到 0.3 K 乃至 0.1 K, 从而可以实现遥感几何和物理的全面反演。

遥感具有多时相特点。利用具有 6 颗卫星的小卫星群, 每 2~ 3 天对地表周期采样, 获得 2~ 3 m 的高分辨率成像光谱仪数据; 利用多波段、多极化方式的雷达卫星在复杂气象条件下全天候对地观测, 并通过卫星遥感及机载、车载遥感技术的有机结合, 实现多时相遥感数据获取。

遥感技术已被欧洲、美国、日本、中国、澳大利亚等国广泛应用于农业资源调查、农业生态环境评价、作物产量预报和农林牧灾害监测等诸多方面, 定位精度可达以 10 m^2 为单位的小块土地, 大大降低了作物生产成本[5]。

2.1.2　空间定位(GPS) 技术　　全球卫星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范围的定位系统。80、90 年代以来, 用 GPS 同时测定三维坐标的方法将定位测绘技术从陆地与近海, 扩展到整个海洋和外层空间; 从静态扩展到动态; 从事后处理扩展到实时、准实时定位与导航; 定位精度也越来越高。

2.1.3　地理信息系统(GIS) 技术　　地理信息系统是一种特定而又非常重要的空间信息系统, 它是以采集、存贮、管理、分析和描述整个或部分地球表面(包括大气层在内) 与空间和地理分布有关的数据的空间信息系统。

GIS 技术的发展一方面基于 Client/Server 结构,即客户机可在其终端上调用服务器所存数据和程序; 另一方面通过互联网络发展 Internet GIS 或 Web GIS, 远程寻找各种所需的地理空间数据以及图形和图像, 并进行各种地理空间分析。

通过现代通讯技术使 GIS 进一步与信息高速公路相联, 借助现代通讯技术, 可以将 RS、GPS 和 GIS 有机地集成, 使之成为众多行业包括土地利用监测的强有力技术手段。

2.2　**"3S"** 技术在持续农业中的应用

2.2.1　农用地资源的监测与保护　　"3S" 技术监测农用地数量与质量变化——利用航空像片(大比例尺)、TM 影像(中比例尺) 并与 GIS、GPS 相结合, 编制出不同时段下农用地分布现状详图, 测量出农地的时空变化, 据此加以保护。

2.2.2　农作物的估产和监测　　作物估产包括两个方面。一是对作物种植面积进行估算; 二是由单产模型、长势遥感监测来确定估产模式, 对产量进行估算。

过去常用 FAO 推行的美国农部(USDA) 框图面积取样法, 即统计估产、气象估产和遥感光谱估产相结合的综合遥感估产法。近年来采用 TM 影像的多波段特性和高几何分辨率(30 m), 在农作区进行提高面积解译精度的研究, 并结合利用 NOAA 数据对作物面积、单产和长势变化进行了估计, 将 RS 和 GPS 相结合, 可取得更好效果[6]。

2.2.3　"3S" 技术在精准农业中的运用[7]　　"精准农业" 是一个综合性的复杂系统, 是实现农业低耗、高效、优质、安全的重要途径, 是 21 世纪全球农业科技革命的方向。

通过"3S" 技术能及时发现和调控田块内、田块与田块之间的差异性, 从而根据优化经营目标, 实施目标投入, 实现田内资源潜力的均衡利用。

借助航空与航天遥感, 以高空间和高光谱分辨率, 及时(平均每 2~ 3 天一次) 提供农作物长势、水肥状况和病虫害情况的"征兆图" (Symptom Maps), 供诊断、决策和估产等使用。通过与航空遥感或小卫星群建立全球数据采集网, 可获取实时数据。

利用已存贮的土壤背景数据库、农田灌溉、施肥、种子等数据库以及新获取的"征兆图", 进行分析、判断, 形成"诊断图" (Diagnosis Maps), 将这些结果与 GIS 相结合进行综合分析, 并做出投入产出估算, 提出"实施计划" (Action Plan)。

将 GPS 与 GIS 集成系统装载在农业机械上, 实现农田作业的自动指挥和控制, 如自动播种、施肥、除草、灌溉、培土以及收割等工作。为了保证作业的精确性, 需要建立相应的专题电子地图和广域/ 局域 GPS 差分服务网。

2.3　**"3S"** 技术与"精准农业" 的应用

2.3.1　建立山区土地利用与覆被变化(LUCC) 动态监测信息系统　　山区土地利用具有明显的时空特征, 只有动态地研究山地时空变化规律, 才能对山地

利用进行有效监控和保护。过去的静态 GIS(Static GIS/SGIS)制图或显示查询,只能阐明土地利用地理信息的空间维度和属性维度,而不能反映其时间维度,现代的多时态 GIS(Temporal GIS/TGIS)才能同时处理时间维度。

因此,建立山地利用与覆被时空动态变化的信息系统应该是一个"TGIS"。通过多时态空间信息数据模型的研究,建立动态的土地利用与覆被动态监测信息系统,是山地利用动态监测研究的发展方向[8]。

目前的土地利用动态监测中,使用较多的是卫星遥感图像[9],如美国陆地卫星(Landsat)TM 图像,法国 SPOT 卫星图像,此外还有欧洲空间局 ERS-1/2 卫星图像以及加拿大的 SAR 雷达卫星图像等等。1995 年起投入运行的印度遥感卫星(IRC 系列)图像,尤其是 1999 年发射的美国 Space Imaging 公司的 IKONOS 卫星图像,以其较高的空间分辨率,在土地利用动态监测中正在发挥独特的作用。

2.3.2 山区土壤侵蚀与土地退化监控研究 山区土壤的侵蚀与退化对区域生态环境有重大影响,利用"3S"技术可精确监测山区地表土壤年侵蚀量(见图 2)。

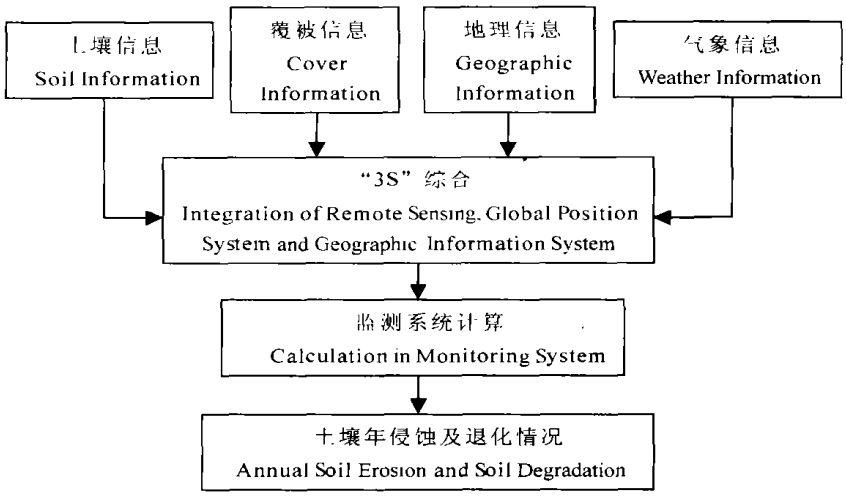

图 2 土壤侵蚀与土地退化监控工作流程

Fig. 2 Procedure for monitoring soil erosion and soil degradation

这种用 RS 与 GIS 相结合的方法一般能达到 83% 的精度(按我国山东省丘陵水库监测经验)[10];如果在此基础上用 GPS 更新陈旧信息(新修公路、建设开发等),则可达到 90% 以上的精度(我国福建省山区的经验)。

2.3.3 "3S"技术在山区减灾工程中的应用 减灾应用主要领域——一是监测全球板块运动;二是监测区域或板内地壳运动;三是监测全球海平面变化;四是监测滑坡、地面沉降及重大工程的变形[11]。

2.3.4 我国精准农业的应用 (1) 实现精准灌溉,提高水资源利用率。水资源短缺是我国农业生产主要制约因素。我国年降水量 6.19×10^{13} m^3 中的 55% 消耗于陆面蒸发,45% 转化为径流和地下水,实际利用率低于 10%;渠灌面积约 $3\ 900\times10^4$ hm^2,利用率约 30%,井灌面积大于 $1\ 100\times10^4$ hm^2,利用率约 50%,加权平均为仅 35%,与发达国家 70%~90% 的利用率差距甚大。如提高农业用水利用率 20%,则可节水 800×10^9 m^3(按 $4\ 000\times10^9$ m^3 算),效益可观。

(2) 实施精准施肥,提高化肥资源利用率。据 FAO 统计,化肥对粮食的贡献率约占 40%。我国能以占世界 7% 的耕地供养占世界 22% 的人口,化肥作用更显重大。目前农田复种指数和作物产量正大幅度提高,但化肥施用结构不合理、利用率低、氮磷化肥施用过量、化学钾肥施用不足以及有机肥施用量下降,问题很突出。通过实施精准施肥技术,不但可以提高化肥资源利用率,还可以降低成本、提高作物产量。

(3) 发展精准设施农业。"设施农业"是指应用某些特制的设施来改变动植物生产发育的小气候,达到人为控制其生产效果的农业生产形式。我国精准设施农业跟西欧一些发达国家相比还有很大差距,应加大推广力度,以增加农产品产出,提高农产品品质,同时应注意节约水、肥资源,保护农业生态

环境。

3 农业信息技术的集成与产业化重点领域

农业信息化主要包括农业生产条件、农业生产技术及农产品流通领域等主要方面。在农业生产条件方面, 可提高重要农业资源环境的监测、评估和管理水平; 在农业生产技术方面, 可提高农业生产技术的智能化水平和新技术的推广速度; 在农产品流通领域方面, 可提供及时、准确的农产品流通和贸易信息, 促进农产品流通。

3.1 农产品质量安全的监测管理与风险预警信息系统

农产品的污染造成了大量的蔬菜和粮食损失, 每年损失达 400×10^9 元。随着加入 WTO 的要求和环保压力的增加, 农产品污染问题越来越成为限制农产品进出口的重要壁垒, 我国有大量出口农产品因残留物超标而被退货或被迫就地销毁。污染也诱发突发性疾病, 威胁社会安定和经济发展, 有必要集成现有的分散技术, 建立风险预警信息系统和专家系统。

可以从以下几方面研制和开发具有大规模推广应用潜力的专家系统和网络服务系统:

(1) 以城郊农区和农产品基地等典型地区为代表, 集成遥感、地理信息系统、全球定位系统、计算机硬件和软件、农业生产等技术, 研制区域性土壤污染监测与评价信息系统。

(2) 集成农产品流通、贸易和农产品污染监测信息, 研制农产品质量安全监测、预警与风险管理的空间决策支持系统。

(3) 针对不同层次用户(国家、省市、县、规模化农场和农户) 的实际需求和接受能力, 研制无公害农业管理信息系统和专家系统软件包, 解决建立相关咨询服务网络的成套技术。

(4) 针对通过食物传染的重大人畜共患疾病问题, 研制和开发相应的突发性食物污染风险预警系统和应急管理信息系统。

3.2 农业资源环境监测与农业产量预测预报

农业资源环境监测和农业产量是国家宏观决策的重要基础。农业估产、农业资源和生态网络监测、空间信息采集、遥感图像处理、地理信息系统等现有技术需要进一步集成。遥感技术在农业资源环境、作物长势的监测方面具有范围大、速度快、时效短的特点, 特别适合于我国地域辽阔、自然环境复杂的情况。

农业资源环境监测与农业产量预测预报的研究内容有:

(1) 全国资源环境时空数据库建设, 包括遥感数据的获取、农业资源环境数据库的结构、农业生态网络监测信息的标准化等。

(2) 农业资源、环境、作物长势等遥感图像的计算机智能判别技术。

(3) 作物生长和产量预测模型构建, 多源数据信息集成与决策支持系统的研究与建设。

(4) 农业灾害的遥感监测系统, 农业产量预测预报的系统科学方法与遥感技术。

通过研究, 遥感图像的农业资源环境、农情的计算机智能判读和系统集成技术, 在全国范围内推广应用, 提高遥感图像与其他信息源的综合模型的精度, 并在相关理论和技术上有所突破, 提高农业产量预测预报的科学性、准确性和权威性, 为决策提供可靠的数据及其他相关信息。

3.3 农业与农村信息网络化集成技术

建立综合性农业数据库和 WEB 数据库, 建立包括农业政策、农产品市场信息、农业生产实用技术、国外农业动态等信息的综合信息网络。研究和开发针对我国不同层次农业生产单位的 MIS(管理信息系统)、DSS(决策支持系统)、ES(专家系统和电子商务) 技术平台及其综合集成技术。为农业和农村的信息化提供技术支撑, 以利于提高政府、农业企业和农户的管理和决策水平, 促进我国农业发展。

3.4 数字农业的理论框架研究

农业生产是一个开放系统, 条件复杂多变, 稳定性和可控性差。我国地域辽阔, 生产规模小, 这些特点都决定着对信息技术的极大需求。数字农业把农业生产的环境以及动植物生长过程应用计算机技术形成数据流, 为农业生产和管理决策提供服务。

它的主要研究内容有: 农业自然环境的数字化及其数据组织技术; 农业和农村社会经济信息的数字化技术; 动植物生长过程的数字模拟技术; 农业数字神经网络技术; 不同等级的数字农业集成技术和农业生产管理专家系统等。

通过初步建立数字农业技术体系, 提高我国农业生产和管理的信息化和智能化水平, 开发出大型农场、集约经营的大农户等不同层次的智能农业生产管理系统, 以及构建数字农业的系统框架, 为我国的数字农业建设打下坚实的基础。

3.5 精准农业的关键技术及其集成

精准农业可以提高效率、增加收入、节约资源、保护环境, 是当前国际农业发展的一个方向, 集成“3S”技术、智能农业专家决策支持系统与自动化控制技术等高新技术, 不断提高农业技术的现代化和信息化水平, 在我国规模化农场具有应用前景。

建造以 GIS 为基础的农田基本信息数据库, 包括: 农业自然资源数据、农作物收成状况数据的采集以及数据库的集成; 不同地块类型、不同作物、不同生长阶段的水肥优化配置方案研究; 农业生产自然条件数据的遥感采集与分析处理方法, 以及智能管理信息系统综合集成技术等。研究出适合国情的、低成本的精准农业技术体系, 应用与集成“3S”技术, 开发具有自主知识产权的精准农业信息系统软件。

目前, 我国农业仍属于高耗、低效型农业, 农田灌溉水的有效利用率只有 30%~ 40% (发达国家达 50%~ 70%), 化肥当年利用率仅 30%。因此, 近期应重点发展节水、节肥的信息化精准农业技术体系。

与农业发达国家相比, 我国农业集约化总体水平较低, 但可在一些经营规模大、农业机械化程度高、农业生产基础好、职工素质较高的重点粮棉生产基地, 如黑龙江大型国营农场和新疆建设兵团, 进行现代精准农业的生产实践。

4 我国的现代化农业

当前我国农产品数量问题已基本解决, 调整结构、提高效益、改善生态环境, 已成为新阶段农业发展的重要任务。我国农业经历了原始农业→传统农业→近代农业的发展历程, 正朝向现代农业方向发展。经济发达地区应率先基本实现农业现代化。

4.1 生物与信息技术为核心的科技密集型产业

通过生物技术, 可注入作物某些新的特性, 显著提高其抗逆性; 也可使作物产生某些新的功能特性, 如富含不饱和脂肪酸的油料, 富含抗癌蛋白质的大豆, 富含蹂花酸的草莓, 可食性疫苗等。此外, 动物的体外授精、胚胎分割、性别控制、动物疫苗、生物农药、生物肥料、生长调节剂等不断涌现。

信息技术也对农业进行深入改造, 如精准农业技术、“3S”技术改善了农业分散性、时空多变性特点。精准化工、新型材料、自动控制、航天航空等现代工程技术也加速了农业武装, 如专门栽培、饲养技术和植保防疫技术相结合的工厂化种植和养殖先进技术都是在现代工程技术上的推进。

4.2 面向全球经济和贸工农一体化经营的现代企业

90 年代后期, 我国明确走“公司+ 农户”一体化道路, 逐步实行产、加工、销售相结合, 当前推动龙头企业的组织也有所发展。如云南形成了红河葡萄酒、文山三七、思茅咖啡、西双版纳坚果, 花卉占 1/3 国内市场; 内蒙伊利乳业, 有 6 万头乳牛; 河北三鹿乳业集团奶源分布于 27 个县, 1000 个奶牛场; 新疆德隆集团番茄生产, 三年位居世界第二, 占总贸易量的 1/5。这些均是走农、工、贸一体化经营模式的典型。尽管还只是起步阶段, 尚有不少问题待解决, 但已具备现代农业的特点。

4.3 不断拓展的多元化和综合性的新型产业

随着市场经济发展, 农业自身的性质与领域也在改变。现代农业由传统初级农产品生产, 发展为以生物质产品为基础, 并向农产品加工, 医药、生物化工、能源、环保、观光休闲等多元化综合方面拓展。

一种玉米的梯级开发可将种子业、种植业、养殖业、食品加工业、生物化工联成一体, 生产几十种产品, 产值达 10 倍以上。生物反应器以动植物为载体, 可产生价值高昂的生物制品如疫苗, 其价值比常规高出百倍。农田作物有可能取代石油成为从燃料到塑料的所有物质来源, 可能“黑金也许被绿金”所替代。以淀粉为原料的全生物降解塑料将替代以石化为原料难降解的塑料等。

农业发展跳出初级农业生产, 走多元化、综合化道路, 前景广阔。

4.4 资源节约型和可持续发展型的绿色产业

对生物体及其系统蕴藏潜能的挖掘就是最大的资源节约。现在植物光能利用率仅为 3%, 如能提高一个百分点, 仅用 1/10 全球耕地, 就可能提供所需能源燃料。此外, 动植物及微生物的遗传改良, 农业生态系统功能的发挥, 有害生物的调控, 均可调动生物体潜能。

土、肥、水、药和动力投入的高效化, 是农业可持续发展的重要特征。如高效、低投和低负面影响的施肥和灌溉体系, 保护作物及生态体系的病虫害防治, 保护土壤肥力的保护耕作体系, 设施种植和养殖体系均为对紧缺资源的替代。也即: 建立以生物为中心的“生物—技术—经济—社会”复合人工生态系统。

高质量的生活与社会需求, 农产品的市场化与国际化, 都要求不仅有数量和品质, 而且要求有严格的安全保障质量标准、检测监管制度及环境质量标准, 以确保人的食物、健康和安全。因此, 现代农业

的生产过程必须是清洁的, 其产品是无公害的“绿色”产品。

5 小 结

农业信息化使农业生产、加工、销售等农业产业经营者迅速获取新知识, 促进农业科学技术的全面普及和推广; 避免农业管理决策部门由于信息不全或信息迟缓而造成决策偏差, 不断提高农业科学管理和决策水平; 通过远程技术培训和教育, 促进农民文化素质的提高和科技意识的增强; 促进农业由原始的以牛耕人种为代表的粗放经营向以机械化为代表的现代集约经营方式迅速转变, 从而加快农业现代化步伐, 促进农业现代化的持续、稳定和健康发展。

农业现代化的实质就是现代农业, 即“七有农业”: 具有规模的, 有组织的, 有生物、信息与科技带动的, 有贸工农与产供销一体化的, 有多元化综合发展的, 有资源节约与可持续发展的, 并具有清洁与无公害的绿色产业。

及时、充分地消化利用信息化生产力, 以信息化带动现代化, 可以大大加快传统现代化的速度和质量, 并赢得时间, 缩小与发达国家之间的差距, 实现农业的“跨越式”发展。

参 考 文 献

[1] Stafford J V. Implementing precision agriculture in the 21st century. Journal of Agricultural Engineering Research, 2000, 76: 267~ 275

[2] 沈瑛. 国外农业信息化发展趋势. 世界农业, 2001, 1: 43~ 45. Shen Y. The development trend of agro-informalization in foreign countries. (In Chinese) World Agriculture, 2001, 1: 43~ 45

[3] Thysen I. Agriculture in the information society. Journal of Agricultural Engineering Research, 2000, 76: 297~ 303

[4] Cox S. Information technology: The global key to precision agriculture and sustainability. Computers and Electronics in Agriculture, 2002, 36: 93~ 111

[5] Zhang N Q, Wang M H, Wang N. Precision agriculture-worldwide overview. Computers and Electronics in Agriculture, 2002, 36: 113~ 132

[6] 龚卫红. 航空遥感技术在土地及农作物调查中的应用. 山西农业科学, 2000, 28(4): 81~ 84. Gong W H. The application of arial remote sensing techniques in the investigation of land use and plant structure (In Chinese). Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2000, 28(4): 81~ 84

[7] 赵其国. “三S”技术在持续农业与山区土地利用中的应用. 土壤, 2003, 32(1): 1~ 5. Zhao Q G. Application of “3S” technology in sustainable agriculture and land use in mountainous areas (In Chinese). Soils, 2003, 32(1): 1~ 5

[8] 王思远, 张增祥, 周全斌, 等. 基于遥感与 GIS 技术的土地利用时空特征研究. 遥感学报, 2002, 6(3): 223~ 229. Wang S Y, Zhang Z X, Zhou Q B, *et al*. Study on spatial-temporal features of land use/ land cover change based on technologies of RS and GIS (In Chinese). Journal of Remote Sensing, 2002, 6(3): 223~ 229

[9] Rao K S, Pant R. Land use dynamics and landscape change pattern in a typical micro watershed in the mid elevation zone of central Himalaya, India. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2001, 86: 113~ 123

[10] 卜兆宏, 孙金庄, 董勤瑞, 等. 应用水土流失定量遥感方法监测山东全省山丘区的研究. 土壤学报, 1999, 36(1): 1~ 8. Bu Z H, Sun J Z, Dong Q R, *et al*. Study on quantitative remote sensing method for soil erosion losses and its application in Shandong Province, China (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 1999, 36(1): 1~ 8

[11] 陈鑫逵, 黄立人. GPS、RS、GIS 在减灾工程中的应用与发展. 国土与自然资源研究, 1998, 3: 78~ 83. Chen X K, Huang L R. Application and development of GPS, RS, GIS in disaster reduction programs. Territory and Natural Resources Study, 1998, 3: 78~ 83

INFORMATION TECHNOLOGY AND AGRO-MODERNIZATION

Zhao Qiguo[1] Ye Fang[2]

(1 *Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing* 210008, *China*)

(2 *Department of Urban and Resources, Nanjing University, Nanjing* 210093, *China*)

Abstract Based on the development of agro-information technology in foreign countries, the development and application of agro-information technology and major aspects of integration and industrialization of agro-information techniques are elaborated. And besides, the direction for development of modern agriculture in China is brought onto the table.

Key words Information technology; Agro-modernization; Precision farming