

信息化农业科技前沿与发展战略

孙九林

(中国科学院地理科学与自然资源研究所, 北京 100101)

[摘要] 人类进入21世纪的信息社会, 信息科学与技术已成为改造传统农业最有效的技术手段之一, 以信息化推动我国农业的现代化是必然的趋势, 在这样的背景下, 信息化农业将成为农业的发展方向。文章论述了信息化农业的基本概念, 科学支撑体系, 技术体系, 科技前沿和我国的发展战略。

[关键词] 信息化农业; 农业信息科学; 农业信息技术

[中图分类号] TN911.2, S-0 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2002)09-0001-07

1 信息化农业

信息化农业是指以农业信息科学为理论指导, 农业信息技术为工具, 用信息流调控农业活动全过程, 以信息和知识投入为主的可持续发展的新型农业。

1.1 信息化农业的基本概念

信息化农业是在研究和分析了现代科学技术革命对农业所可能产生的影响以及在信息社会中农业的发展趋势而提出来的重要概念, 可以从不同的角度去理解信息化农业。

1.1.1 从理论上理解信息化农业 当我们将信息论引入农业中时, 就可以把农业系统中的所有客观实体均以信息为基本对象, 用信息方法进行抽象和寻找它们之间的联系和规律, 用信息流调控农业系统内部以及与外部之间的物质流和能量流, 从而实现以信息流代替或减少物质流与能量流, 将农业系统的发展推向现代化的高级阶段——信息化农业时代。由此可见, 当整个农业系统全部在农业信息自动调控下运行时, 农业将跨入一个崭新的阶段, 即信息化了的农业阶段。因为农业只有在全盘信息化的调控下, 才能发挥其最大的农业效益。所以, 信

息化农业应该理解为整个农业活动均是在信息流调控下运行的农业。

1.1.2 信息社会中的农业——信息化农业 在信息社会中人类的一切活动都将体现全面的信息化。信息成为社会活动的战略资源和重要财富。信息技术成为促进社会进步的主导技术。信息人员成为推动社会变革的中坚力量。中国是一个农业大国, 所有从事农业活动的人员都必须按照信息社会的标准来衡量。所以, 在农业的一切活动中信息应成为关键性的能动力量, 即贯穿着信息流的调控。可见, 在信息社会中的农业必定是全面实现信息化的农业。

1.1.3 信息化农业是农业全面实现信息流调控的一个过程 把信息化农业的概念理解为一个信息技术或者说信息科学技术逐步渗入到农业的一个过程, 这个过程的长短虽受多种复杂因素的限制, 但其中最主要的有两个。其一, 是实现信息化农业的外部环境, 尤其是人们的观念, 相应的国家政策, 对农业的投入(资金、人才、科技等等)以及体制和机制等等。其二, 是内部因素, 即农业技术上的创新, 即对原有农业技术的改造和更新, 以及信息技术和理论对农业的改造, 从而保证农业能在社

会、经济、生态三个效益上协调一致,实现农业持续稳定的发展。

1.1.4 信息化农业是农业现代化的高级阶段 目前,人们认识农业现代化的标志,主要指物质装备现代化、技术现代化、管理现代化和农民素质现代化,等等,应该说这些目标的实现,只能说进入了农业现代化的第一阶段。信息化农业的目标是在此基础上,进入人类信息社会时代的农业,农业劳动者是在高度智能化的信息环境中工作、学习和生活。在信息化农业时代已经很难区分城乡之差,人们所从事的都是智力劳动,所有体力劳动都被用信息流所控制的机械或机器人所代替,人们的工作环境只有因工作内容不同而设置的差别。所以信息化农业是现代化农业的高级阶段,为人们所向往,也是可以实现的新的农业活动环境。

1.2 信息化农业的科学支撑

信息化农业是用信息流调控农业活动中的物质流和能量流,其核心是信息流。研究农业信息流的科学是农业信息科学。

农业信息科学是农业科学与信息科学交叉结合所产生的一门新兴的边缘性综合科学,它以信息论为指导,探索反映农业活动过程中信息流的发生、发展、传递、应用的规律和过程,以及相应的农业信息技术和应用^[1]。

1.2.1 农业信息科学的理论基础 把信息论的观点和系统论的方法引入到对农业系统科学做深入的分析研究后,就不难看出,农业信息科学是根据信息论的观点,来分析研究农业系统中的信息流问题。在农业领域中,信息是人们认识农业系统程度的量度,它是消除人们对农业系统不确定因素的量度,掌握农业系统的信息越多,就对农业系统的认识越深刻。显然,农业信息科学是信息科学在农业科学领域中的渗透,是两个学科的交叉领域,它是研究农业信息的产生、获取、变换、传输、存储、处理、反演、识别和利用的综合性科学。因此,人们认识农业问题,必须抓住“系统”和“信息”这两个重要概念,用系统论的观点去分析研究农业内部及外部的关系,而以“信息”去建立它们之间的联系,这就使农业科学和信息科学之间建立了一个特殊勾通的方式。用于研究这个特殊方式的产生、变化、功能等的科学就是农业信息科学。显然,信息论和系统论是农业信息科学的理论基础,系统工程和信息方法是农业信息科学研究的重要方法,计

算机等信息技术是它的研究工具。

1.2.2 农业信息科学的学科体系 由于农业信息科学是一门新兴的学科领域,对它的研究仍处在探索阶段。因此,学科体系的建立和划分,从不同角度出发会有不同的结果,农业信息科学很重要的特点是要以信息方法去研究和识别农业系统的问题,因此,本文按信息科学的原理来划分,将农业信息科学划分为六个学科分支,即理论、方法、对象、技术、工程和应用(如图1所示)^[1]。

1) 农业信息科学的基础理论。它在信息论和系统论的指导下,通过农业系统内部及相关的外部信息形成、流动、变化、应用等来揭示农业信息的机理。

2) 农业信息科学的研究方法。信息方法是农业信息科学的基本研究方法。它是把复杂系统的过程抽象成信息的发生、传递、转换、控制和反馈的过程,从而使人们无须去考虑实际系统的物质、能量的传递与转换过程,把研究转向抽象出来的信息流动和变化过程。通过信息流动过程的分析处理达到对复杂系统过程的规律性的认识^[2,3]。

3) 农业信息技术。信息技术是辅助和扩展人们对农业信息的感受、传递、思维和应用的一组技术体系。它包含的内容十分丰富,而且随着科学技术的不断向前发展和应用,它还在不断更新和完善。

4) 农业信息科学工程体系。从农业信息科学到农业信息技术是由理论向实用化迈了一大步,但要成为应用实体,要使技术进入工程化,信息技术工程化的关键是多种信息技术的集成,成为农业信息科学实用化的重大支撑体系。

5) 农业信息科学应用。农业信息科学是一门应用性很强的科学领域,它主要表现在如图1所示的4个方面。

6) 农业信息科学的研究对象。上述所列的农业信息科学的理论、方法、技术、工程和应用等都是它的研究对象和内容。

1.3 信息化农业的特征

在信息化农业时代,所有的农业活动都是以信息为核心,所以它具有如下8个特征。

1) 信息资源得到充分的应用。农业信息资源在信息化农业时代将成为比其他任何资源都重要的资源,并得到充分的开发和利用。

2) 农业劳动者将成为高水平的信息人。在信

息化农业时代，劳动者面对着的是一个信息的海洋，在这个海洋中能否获取你所需要的信息，并且为你所用，产生财富，就需要劳动者和经营者具有较高的素质。他们具有信息意识和判断应用有价值信息的能力，具备精通本领域中的科学和技术，而且科学在发展，技术在不断更新，要求劳动者和经营者是一个能驾驭社会科技进步的信息人。

3) 基础设施装备高度智能化。信息化农业的主要基础设施装备，将会是高度智能化或者说高度信息化的设备，并且智能化程度不断提高。

4) 农业操作技术自动化。农业基础设施装备高度智能化、相匹配的是农业操作技术的自动化。

5) 农业经营管理信息的网络化。农业经营管理是实现信息化农业最佳经济效益至关重要的活动，要使这一活动高效益，就必须实现信息网络化。所有农业经营管理单位均会通过信息网络进入国际互联网，信息的空间性和时间性变得几乎不存

在，每一个信息对所有人均是公平的。

6) 农业产业结构将有重大变化。农业产业结构会随着社会经济的发展、市场的需求在不断地发生变化，农业产业结构会不断地增加新的内容，特别是农业信息产业会得到飞速发展，成为信息化农业中的主导产业。

7) 农业信息活动的从业人员不断增加。信息化农业实施过程中或者说在农业现代化高级阶段，有若干农业劳动者不断地从农业活动的各个环节减下来，转向其他产业，如第三产业。有专家指出，在信息社会中由于信息技术和生物工程的实施，导致只要有2%农业人口就能生产出社会所需要的农产品。绝大部分的农业劳动者都可以去从事农业信息活动。

8) 进入信息农业经济发展的时代。以农业信息活动所产生的经济效益将会超过由物质和能量活动所产生的效益，使农业进入信息农业经济的时代。

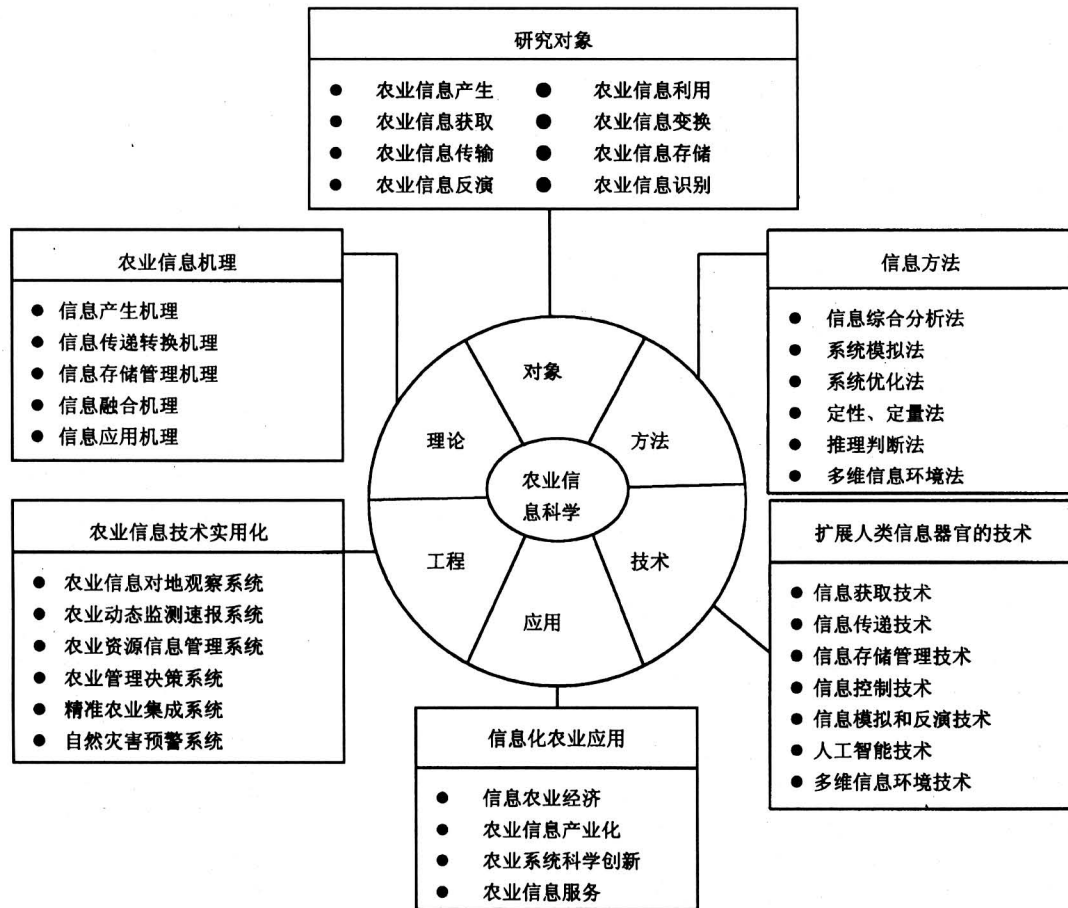


图1 农业信息科学学科体系图

Fig.1 The discipline system of agriculture information science

2 农业信息技术体系

农业信息技术体系是由一组单项农业信息技术集成的系统,与一般信息科学中所指的信息技术有很大的区别,它是按照信息化农业建设的需要所构建的信息技术系统,即一组适用于信息化农业信息流产生、管理、传播、应用、表示和反馈的集成技术体系,见表1。

表1 农业信息技术体系一览表^[1]

Table 1 The information technology system of agriculture

序号	I级名称	II级名称
1	信息获取 技术体系	I-1 国家统计局技术体系
		I-2 部门统计技术体系
		I-3 现场调查技术体系
		I-4 遥测技术体系
		I-5 农业遥感技术体系
		I-6 定点监测网络技术体系
		I-7 历史资料整编技术体系
		I-8 信息获取定位技术体系
2	信息管理 技术体系	II-1 数据库技术体系
		II-2 地理信息系统技术体系
		II-3 数据仓库技术体系
		II-4 文献数据库技术体系
		II-5 多媒体数据库技术体系
		II-6 元数据技术体系
3	信息传播 技术体系	III-1 计算机通信网络技术系统
		III-2 电视、广播、电话服务技术体系
		III-3 网上教育技术系统
		III-4 农村信息服务技术体系
		III-5 信息媒体销售网络技术体系
4	信息开发应用 技术体系	IV-1 模型技术体系
		IV-2 模拟技术体系
		IV-3 专家系统技术体系
		IV-4 模型管理技术体系
		IV-5 模型开发工具技术体系
		IV-6 虚拟现实技术
		IV-7 自动化技术体系
		IV-8 人工智能技术系统
		IV-9 辅助决策技术体系
5	信息产品制作及 展示技术体系	V-1 多媒体技术体系
		V-2 信息可视化技术
		V-3 多维制图技术体系
		V-4 电子地图技术
		V-5 光盘制作技术体系

3 信息化农业的科技前沿

信息化农业是在农业信息科学和技术指引下,逐步实现的一个过程,这个过程会随农业信息科学和技术的进步与应用而不断向前发展,所以它是一

个动态的逐步实现的长时间的过程,不是一朝一夕就能进入信息化农业的时代。因此,它的科技前沿也是不断发生变化的,特别是中国信息化农业的起步较晚,若干科学技术在国际上已不算什么前沿了,而中国还刚刚接触。所以,这里所提到的科技前沿主要是站在我们国家的水平上所提出来的。因此,我们把科技前沿分为两个部分,其一,是有关完善农业信息科学体系的基础性问题,其二,是前沿的研究领域。

3.1 基础研究问题

在农业信息科学研究对象中我们简要地指出了整个学科体系中所牵涉到的内容,都是农业信息科学应该研究的对象,但从形成学科体系最核心的研究问题看,目前应该重点研究如下6方面的内容:

1) 农业信息机理研究。这是农业信息科学最核心的基础问题,农业信息科学是研究农业信息的科学,在农业信息科学学科体系中都是围绕农业信息展开的,农业信息是如何产生的,它的时空分布是什么,它的信息量多大,信息如何度量,如何表示,如何流动,它内部和外部的相互关系如何,它的性质和特征是什么,等等。

2) 农业信息的分类体系、标准和规范。农业信息分类体系和规范标准是农业信息科学的最基本内容之一,对它的确认是农业信息科学建设的基础,要不断深入研究,充实并逐步被广大农业和信息专家所认可。

3) 农业信息的传递和误差理论。信息是在传播中实现其价值的,而在传播过程中会产生信息的选择或干扰。因此,要对信息的传递方式以及它所依靠的传输媒体进行研究和确认,特别是信息传输方式、速率、丢失率等,更为重要。

4) 农业信息的相关性理论。农业信息内部以及它与外部信息之间的相关关系,是客观存在的,而且这种关系随着事物的不同和系统运动过程的差异在发生变化。对这种关系的认识和分清,有利于农业信息的采集、存储、传递和开发利用。正因为这种关系的存在,才构成了人类社会系统相互促进、相互制约,使其不断趋于平衡而向前发展。由于这些关系的突破,形成相互之间新的关系推动人类社会前进。因此,农业信息内部和外部的相互关联的关系,是推动农业活动向前发展的保证,这是农业信息科学的基础内容之一。

5) 农业信息流的控制。在农业活动中所有的过程调控均是由信息来实现的,伴随着物质流、能量流和信息流的活动过程,信息流不仅是农业活动中各事物的运动状态的描述,而且控制这个过程的也是信息流的作用。农业信息流的控制过程是如何实现的,是农业信息科学要深入研究和掌握的基础。

6) 农业信息的反演理论。人们可以从所掌握的某一个区域的大量信息来研究和分析该区域的若干问题,信息量越多,分析和认识的问题越深入,当人们通过大量信息的分析研究以后,能否根据信息的数量、性质、特征等信息资源去反演一个真实的事物(或空间呢?),从理论上讲是完全可以的。农业信息反演理论的研究和应用,为农业信息科学的应用带来广阔的前景。

3.2 前沿研究领域

农业信息科学在发达国家研究和应用较早,农业的信息化程度很高,因此,在这个领域中开展了较多的前沿性问题的研究。当然我国在所述基础性问题研究的同时,也在前沿领域开展了有益的探索。目前集中在如下7个方面:

1) 农作物生长模型的研究。利用信息技术研究农作物生长过程中各种自然的、环境的因素,对作物生长的影响关系,探索各类因素的影响程度,弄清作物的生长规律及因素的调控机理,获得某种作物在生长过程中的数学表达式,从而对其实施调控。

2) 智能农业专家系统的研究。农业专家系统是将众多的农业领域的专家对某种农业生产所积累的丰富知识和信息,通过综合分析研究,将专家知识建成知识库,再利用计算机的推理过程和结论来控制指导人们对某一农业活动的实施。

3) 虚拟农业的研究。虚拟农业主要指两个方面,其一,是在农作物生长模型的基础上,将一个作物的生长全过程,通过计算机模拟,对各类影响因素用计算机进行调控,使其达到预期的高品质或预想的农业结果;其二,是引入虚拟技术到农业系统中,构建多维虚拟信息环境,以便适应农业研究人员在多维信息空间环境中能身临其境地获取多维信息,进行农业系统科学的知识创新,或者是将研究结果通过计算机反演出一个虚拟环境,供研究者去验证或修正其研究结果。

4) 农业信息技术集成研究。目前有许多单项

的信息技术在农业活动中获得了较好的应用,但农业活动是一个多系统的复合过程,一个最终农业目标的完成,往往需要一个综合性的信息技术系统来实现,这就要研究实现信息技术综合集成的技术。实际上农业信息技术本身基本上都是一个综合集成的技术,无论是现在普遍采用的农业遥感技术、农业地理信息系统技术、农业专家系统技术等等,无一不是一个综合集成的技术,只是不同技术系统有不同的集成度而已。

5) 虚拟农业信息网络研究。虚拟网(VPN)是利用Internet作为介质,构造数据传输隧道,对传输的数据进行加密和修正,保证数据传输的安全性和可靠性,构建供特定的用户群使用的信息共享和共建的专用信息网络环境。

6) 精准农业的研究。它是基于信息和知识的新一代精耕细作的现代农业。它是将现代信息技术与农学技术结合,集成于一体,用于获得农田“高产、优质、高效”生产的现代农业精耕细作的技术。农业生产中传统的精耕细作的概念是农民长期经验积累的农业生产技术,在农田地块上进行。现在所说的精细农业是把农业技术措施的差异性从地块的水平,精确到平方米的一套综合农业生产管理技术。

7) 制定信息化农业的指标体系。信息化农业是农业现代化的高级阶段,以什么指标体系来衡量实现信息化农业的程度是十分重要的,而且是需要认真研究和制定的。

4 中国实现信息化农业的战略

4.1 发展战略

从实际情况出发,采用信息技术对农业进行全面改造,以农业信息活动去代替或减少农业活动中的物质流、能量流,使农业经济活动中农业信息的活动逐步占主导地位,从而实现信息化农业,使中国农业进入现代化的高级阶段。这是一个长期的奋斗过程,除了技术上的若干环节的突破之外,最重要的是国家对农业所采取的稳定发展的各项政策,特别是农业现代化和信息化的政策,为信息化农业的实现创造有利的条件。

4.2 技术路线

农业发展受不同区域的自然条件制约,在信息化农业发展过程中,必须因地制宜采用相应的信息技术才能取得预期效果。为此,中国信息化农业发

展的技术路线应该是:

1) 针对实际情况, 依据不同区域和不同农业领域的特点, 选用合适的信息技术, 发展信息化农业。

2) 总结过去 20 多年中国发展农业信息化的经验和教训, 在此基础上制定和实施不同阶段的发展计划和实现目标。

3) 开发应用成熟的农业信息技术, 大力建设农业信息化基础设施, 培养信息化农业的高中级技术人才, 普及信息化农业技术知识, 在使用成熟技术的同时, 瞄准国际前沿领域, 开展关键技术的探索与试验, 不断推动信息化农业的进程。

4.3 近期应开展八大农业信息技术系统的建设

充分利用现有的成熟信息技术, 开发影响大, 实用性强的八大农业信息技术系统, 在建设中不断攻克其中的关键技术, 将信息化农业向前推进。

1) 扩大农业信息资源, 建设农业信息管理与服务中心。**a.** 大力加强农业信息资源建设。农业信息资源是实现信息化农业的基础设施, 只有建成全国农业信息资源的供应网络, 其他问题就有了坚实的基础。**b.** 建立集中与分散相结合的若干大型农业信息数据中心。国家级和省、区级的数据信息服务中心, 构成国家层次的信息化农业的信息资源支撑体系, 地、县主要以网络形式向本区范围内的农民和农业生产的经营者提供直接的生产信息服务, 从而形成全国性的农业信息服务体系。

2) 建立国家级和省级农情速报系统。这个系统是为各级政府监视农业活动的动态监测系统, 是政府对农业进行动态跟踪的管理系统, 同时也是对农业活动未来发展趋势的预测系统。该系统将包含若干子系统:**a.** 农业资源信息动态监测和获取子系统;**b.** 农作物生长状况跟踪监测系统;**c.** 农作物播种面积、产量的预测预报系统;**d.** 农作物病虫害、旱灾、洪涝监测和预报系统。

3) 农业专家系统的全面建设。21 世纪初期, 进入信息化农业的发展阶段, 我们应大力开发农业专家系统。农业专家系统主要包括 3 个方面内容。**a.** 农业生产技术专家系统;**b.** 农业生产管理专家系统;**c.** 农业专家系统的开发工具。

4) 农业资源信息系统的开发和建设。农业资源信息是整个信息化农业的基础, 在国家管理和开发农业问题时显得特别重要, 这个系统一般建成国家级和省区级, 为领导和科技人员服务。两级系统

的结构和功能及内容基本相似, 并组成国家的两级运行网络。

5) 农业信息服务系统。在信息化农业发展阶段, 农业信息服务是一项十分重要的内容。它直接面向与农业有关的各类从业人员, 他们将从不同的角度去获取与农业生产、经营、技术、科学、市场、需求、管理等方面的信息, 以及国家的政策、法规和国内外各个方面的发展趋势的信息。农业信息服务体系的建设要采用多样化的方式来满足广大农业劳动者对信息的需求。

6) 农业管理信息系统的建设。农业管理信息系统的建设是实现各级农业行政管理部门的办公信息化、管理自动化、科学化的重要支撑。

7) 农业教育网络系统。信息化农业的实现关键在人才, 这不是少数顶尖人才能够完成的事业, 它需要千千万万的具有高水平的信息化农业的科技人才和全体农民的素质的提高。所以要大力发展农村教育和培养各类专业与高素质的农业人才。要提倡开展以网络环境的远程教育事业, 建立国家农业信息教育网络体系, 从而实现人才的快速成长。

8) 大力开发和应用农业领域的自动化技术。自动化技术牵涉的范围很广, 在各行各业的应用水平也有差异。对农业领域来说, 自动控制应用的基本特征, 就是以机器来代替人类的操作, 完成农业生产的各种作业。

4.4 实现信息化农业的措施

1) 提高全民族的信息化农业意识。**a.** 政府首先要提高对信息化农业的认识;**b.** 利用一切新闻媒体大力宣传信息化农业的重要性。

2) 制定和实施信息化农业的国家政策。中国农业经历的漫长历程, 使人们清醒地认识到农业问题, 一靠政策, 二靠科技。所以国家要制定一系列发展信息化农业宏观的、具体政策措施, 并付诸实施, 才能使我国在不久的将来进入农业现代化的高级阶段——信息化农业时代。

3) 加大信息化农业建设的投入。中国的农业是经济发展的基础, 然而农业经济本身的力量又是非常薄弱的, 无法靠农业本身的收益去开展各项农业的基础设施建设, 特别是农业信息基础设施的建设, 投资量大, 公益性强, 技术含量高, 必须由国家统一规划, 并投资建设, 地方政府可以匹配。

4) 加快信息化农业的人才培养。在全面提高农民素质的同时, 要加大农业院校的投入, 扩大信

息化农业的高级科技人才的数量和质量的培养, 鼓励专业相近的人才投入到信息化农业的发展中, 逐步形成一批高、中级信息化农业人才的群体, 成为国家实施信息化农业战略的中坚力量。

5) 扩大农业科技引进, 提高农业科技创新能力。要提高我国农业科技的整体水平, 必须快速引进国际上的所有适合我国应用的技术和方法, 包括各种设备, 及时掌握国际农业科技的先进技术和理论, 提高我们的创新能力。国内需要的要快速引进, 消化吸收, 再创新。同时要加强国际学术交流和人员交往, 鼓励国外专家及留学生到中国来从事

信息化农业的工作, 为中国信息化农业的实现发挥他们的才能, 从而尽快建成我国信息化农业的创新体系。

参考文献

- [1] 孙九林. 信息化农业总论 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2000
- [2] 魏宏森. 系统科学方法导论 [M]. 北京: 人民出版社, 1983
- [3] 曾广容, 易可君, 欧阳绪清, 等. 系统论控制论信息论概要 [M]. 长沙: 中南工业大学出版社, 1986

The Technological Front Line and Development Strategy of Info-agriculture

Sun Jiulin

(*Institute of Geographic Science and Natural Resource Research, CAS, Beijing 100101, China*)

[Abstract] Info-agriculture, the information technology system of agriculture, the technology front line of info-agriculture and the stratagem of Chinese info-agriculture have been introduced in this paper. In the part of info-agriculture, this paper brings forward the basic conception of info-agriculture, and points out eight characters of info-agriculture. In the technology system of info-agriculture, the author puts forward five technology systems, that is, acquirement of information, management, transmission, development and application, industrialization and revelation. In the technology front line of info-agriculture, six problems have been discussed, that is, agriculture information mechanism needs to be researched in agriculture information science, the catalog system, standard and criterion of agriculture information, the error theory and agriculture information transfer, the relative theory of agriculture information, the theory of agriculture information flow control and agriculture information inversion. There are seven front line issues: crop growing model, aptitude expert system, virtual agriculture, integration of agriculture information technology, virtual agriculture information nets, precision agriculture, standard system of info-agriculture. In the strategy of info-agriculture in China, eight constructions of agriculture information technology should be developed, that is, extending the resource of agriculture information, building service center of agriculture information, management constructing national and provincial speedy system of agriculture, the expert system of agriculture, the development and construction of agriculture resource information, service system of agriculture, management information system of agriculture, educational net system of agriculture, and developing auto technology of agriculture.

[Key words] info-agriculture; information science of agriculture; information technology of agriculture