

Generality of Precision Agriculture

精准农业

刘金铜 谢高地
二宫正士 赵千钧

编著

概论

3.2

— 气象出版社

精准农业概论

刘金铜 谢高地 二宫正士 赵千钧 编著

气象出版社

内 容 简 介

本书在对农业信息化的进展进行系统总结的基础上,分析了精准农业出现的原因,并对当前精准农业研究动态作了概述。本书主要对精准农业的理论体系方面的概念、内涵及组成、分类、学科体系、评价体系、实施原则等进行了详细探索。在精准农业的三个子平台技术体系方面,本书详尽叙述了对精准农业的技术基础体系中的投入变量的精准指标体系,精准投入技术,模型与虚拟技术,综合集成技术,农业、环境、信息等相关学科的基础理论技术等;对工程技术体系的3S技术,数据采集技术,人工智能技术,分散协调系统,自动控制系统,相关设备研制等;支撑技术体系的数据库系统,管理信息系统,网络化系统,电子商务系统等。

本书是一本比较详细地概述我国精准农业理论与技术体系的专著,可为当前蓬勃兴起的精准农业的教学、科研及实践提供参考和科学依据,也可作为各类农业高等院校的教科书。

图书在版编目(CIP)数据

精准农业概论/刘金铜等编著. —北京:气象出版社,2002. 10

ISBN 7-5029-3458-8

I. 精… II. 刘… III. 信息技术—应用—农业 IV. F303.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 077902 号

精准农业概论

刘金铜,谢高地,二宫正士,赵千钧 编著

责任编辑:崔晓军 终 审:周诗健

封面设计:彭小秋 责任技编:刘祥玉 责任校对:曹继华

出版发行:气象出版社

社 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号 邮政编码:100081

印 刷:北京华正印刷厂

经 销:新华书店北京发行所

开 本:880×1230 1/32 印 张:7.5 字数:230 千字

版 次:2002 年 10 月第 1 版 印 次:2002 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~2050 定价:25.00 元

中国科学院知识创新工程“精准农业技术”项目 资助
中国科学院地理科学与自然资源研究所博士后研究项目

《精准农业概论》编写组

顾 问： 石玉林

主 编： 刘金铜 谢高地 二宫正士 赵千钧

副主编： 蔡 虹 李红军 王建江

成 员： 刘金铜 谢高地 二宫正士 赵千钧

蔡 虹 李红军 王建江 陈谋询

田魁祥 云正明 王大生 孙永溪

刘孟雨 耿清国 马七军 毕绪岱

安 凯 杨星卫 刘慧涛 路 丽

吴洪桥 M. Laurenson

序

信息技术在近半个世纪得到了迅猛发展，从最初的简单计算机计算到信息化、到信息高速公路、到数字地球等等，信息技术因其对经济发展的强大生命力正在渗透到各行各业中并由此带动了社会进步。

在信息技术高度发达的 21 世纪，农业现代化应是以把建立在工业化社会基础上的近现代农业转变为以信息技术、信息控制装备、信息经济、信息化管理为基础和标志的信息农业的过程。信息化已经成为各国农业进一步现代化的共同取向。在美国、加拿大、澳大利亚等发达农业国家，农业信息化的表现是：“3S”技术、农业智能化与自动控制系统在农业中的普遍应用，农业信息获取手段不断加强，模型模拟实效化，专家系统和决策支持系统等决策系统的推行，农业服务体系与网络的日益完善等。我国农业信息化起步晚，但已经得到了较大的发展，信息技术在我国农业资源调查、农产品产量估测、农业生产管理和病虫害诊治、农业科研成果数据处理和模拟、农业生产过程自动化控制等方面获得了较成功的应用。

伴随着全球农业信息化的进程，一个全新的概念——精准农业已经形成并在世界范围内得到迅速发展。精准农业首先由美国提出和实验的，其基本的概念是由信息技术支持的根据空间变异，定位、定时、定量地实施一整套现代化农事操作技术与管理的系统，其基本涵义是根据生物的需要调节投入，即一方面了解需要的变异性，另一方面进行定位的“系统诊断、优化配方、技术组装、科学管理”，以最少的投入达到同等或更高的产出，并改善环境，高效地利用各类农业资源，取得经济和环境效益。

当前，精准农业在国际上得到蓬勃发展，已经有一些国家较好地投入到实践中，其技术由开始的以“3S”技术为主的信息化技术的应

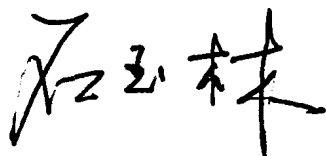
用扩展到数字化、信息化、智能化与农业技术的有机结合的十大系统技术,其内容也由单纯对农田作物种植推广到农、林、牧、渔“大农业”的生产。美国在土壤采样、制图、农业机械等方面,均广泛地采用了精准农业技术。精准农业在英国、德国、法国、芬兰、西班牙、澳大利亚、加拿大、日本等发达国家也在迅速发展,不少发展中国家也在酝酿和实施中。

我国人口多,人均耕地资源少,长期以来,我们依靠“精耕细作”以较少的耕地养活了如此众多的人口,但随着人口和耕地、资源矛盾的加剧,靠大量投入农业资源获得增产的生产方式已不能满足社会的需求,农业的发展已越来越依赖于科技的进步和产业化。因此,我国农业要实现可持续发展,需要不断提高农业劳动生产率和资源的利用率,以最佳的投入配比,降低投入成本,提高产量和品质,同时减少由于过量施用农药、化肥等造成的对环境的污染,达到经济、生态与社会效益同步的可持续发展,也就是说,在保持我国农业传统观念和技术的基础上,必须寻求更加先进的农业经营管理思想和技术,而这正与精准农业的理论和要达到的目标相吻合。

我国实施精准农业必定是一个渐进的过程,大致上分为三个阶段:第一阶段是引进、试验、示范阶段。最重要的是引进精准农业的概念,引进必要的技术和装备;第二阶段将试验示范工作扩展到大型国营农场和小型农户,特别要注重在小型农户中实施精准农业的概念和方法;第三阶段在多点试验示范基础上,形成中国特色的精准农业模式,并在部分地区形成实用化和产业化。在项目上,根据我国的资源特点,应当更多地开展节水、节肥和控制杂草与病虫害的节约农药使用量的试验研究,以积累经验为全面实施精准农业提供科学基础。

但是,我国发展精准农业所面临的现实问题是,我们还没有足够的理论知识、技术体系、技术水平来指导和保证每一个阶段的顺利进行,我们所面临的任务不仅仅是概念和装备的简单引进,而更重要的是形成适合于我国特色的精准农业的理论与技术体系和实践模式。值此之际,我很高兴地看到将要出版的本书,它为解决上述问题提供

了一些可供借鉴的内容，因此很愿意为此书作序并向广大的从事精准农业的教学、科研、实践的工作者推荐此书，以期尽快加快我国的精准农业的发展步伐。

A handwritten signature in black ink, reading '石玉林' (Shi Yulin) from right to left. The characters are stylized and fluid.

中 国 工 程 院 院 士
中 国 自 然 资 源 学 会 理 事 长
中国科学院地理科学与自然资源研究所研究员

2002 年 10 月

前 言

精准农业起源和兴起于美国，目前在发达国家得到了迅速的发展。我国对精准农业的关注始于 20 世纪 90 年代初，首先由石玉林、汪懋华、石元春、李德仁等院士们倡导并开始引入，之后很快开始科研类的立项研究。虽然对于精准农业的研究起步晚，但到目前为止我国已取得了一些有意义的进展。在理论研究方面，对于国外有关精准农业研究理论的不断地引入和介绍；并开展了一些实验与实践方面的探索工作；许多大学和研究所都建立了相应的研究室，有些院校甚至开设了有关的课程。

但是，总体上来讲，我们的研究与发达国家水平和我国的实际需求还有很大差距，尤其在精准农业的一些基本理论与技术体系方面，还没有较为完整的总结和综合性的研究与论述，目前的研究多集中于信息技术的单项或组合技术在农业上的应用。

鉴于此，我们有必要对精准农业的理论与技术体系进行总结和研究，以尽快为我国精准农业的发展提供可供参考和借鉴的研究思路和发展模式，本书即是在此背景下应运而生的。

本书共分六章，第一章，是对农业信息化的进展进行系统的总结，是分析和研究精准农业所必须了解的内容。第二章至第四章是对精准农业结构体系进行全面论述和构筑的内容，是本书的精华所在，其中第二章，对精准农业的概念和内涵进行了总结和研究；第三章，概述了精准农业的理论体系；第四章，对于精准农业的技术进行较细致的分析研究。第五章，针对我国的农业生产实际，提出了我国精准农业研究的重点领域与对策。第六章，对我国目前进行的较好的精准农业的实践进行了介绍。

本书主要由刘金铜、谢高地、二宫正士、赵千钧编著，全书参加编写的人员达 20 多人。值得一提的是，日本国家农业研究中心的二宫

正士先生对于农业信息化及在精准农业中的应用有一些独到的见解,并愿意将他的一些观念作为此书内容介绍给国内读者,在此我们全体编写人员表示由衷的谢意。

本书交稿之际,适值第六届国际精准农业会议在美国明尼苏达州闭幕之时,欣闻会议所交流的内容极尽广泛,精准农业理论和技术又得到了进一步的发展,对于我国的精准农业也必将起到一定的借鉴作用。与此同时,本书此时的出版也真诚希望能为我国精准农业的发展尽一点微薄之力。

由于作者水平所限,加之时间仍显仓促,可供参考的资料又比较有限,因此本书对于精准农业的研究还不够深入和全面,还有大量的内容需要进一步研究和丰富,好在作者的本意是想做一点抛砖引玉的工作,能为感兴趣的有关人员提供一点参考,则已达到了作者的心愿。文中一些不妥之处,敬请各位专家和同仁批评指正。

编著者

2002 年 10 月

目 录

序

前 言

第一章 农业信息化	(1)
1.1 信息化的基本认识	(2)
1.2 我国的信息化建设	(4)
1.2.1 基本认识	(4)
1.2.2 我国信息化发展水平与现状	(5)
1.2.3 我国信息化发展的挑战与趋势	(10)
1.3 农业信息化是农业发展的历史取向	(10)
1.3.1 以劳动工具为主要标志的农业发展史的划分	(10)
1.3.2 信息农业是当代农业的现代化取向	(11)
1.3.3 农业信息化的概念	(12)
1.3.4 农业信息化的意义	(13)
1.4 农业信息化现状	(15)
1.4.1 国外进展	(15)
1.4.2 国内概况	(16)
1.4.3 国际交流与合作	(18)
1.5 农业信息化主要研究领域	(19)
1.5.1 农业信息化理论研究	(19)
1.5.2 农业资源和生态环境管理信息化与数据库建设	(19)
1.5.3 生物信息技术	(20)
1.5.4 区域精准农业与虚拟农业	(20)
1.5.5 农业专家系统与决策支持系统	(20)
1.5.6 农业信息网络化服务与电子商务市场体系建设	(20)

1.6	我国的农业信息化重点	(21)
1.7	农业信息化技术应用研究进展	(23)
1.7.1	农业信息化技术内容	(23)
1.7.2	3S 技术及在农业中的应用	(23)
1.7.3	管理信息系统、专家系统与决策支持系统	(27)
1.7.4	作物信息技术(模拟模型、虚拟农业技术)	(28)
1.7.5	计算机智能控制技术	(29)
1.7.6	网络技术的农业应用	(31)
第二章	精准农业的概念与内涵	(32)
2.1	精准农业提出的背景	(32)
2.2	精准农业研究的意义	(34)
2.2.1	我国农业可持续发展的重要途径	(34)
2.2.2	我国精准农业研究的必要性	(35)
2.2.3	我国实施精准农业的可行性	(37)
2.3	国内外动态概述	(37)
2.3.1	国外动态	(37)
2.3.2	国内动态	(40)
2.3.3	发展探讨	(42)
2.4	精准农业的概念界定	(42)
2.4.1	前人的定义及问题	(43)
2.4.2	本书“精准农业”名称的确定	(46)
2.4.3	概念界定	(47)
2.5	精准农业概念的内涵	(47)
2.5.1	“大农业”的外延	(47)
2.5.2	生产工艺全过程的“精准”	(48)
2.5.3	微观经营管理的新思想	(49)
2.5.4	明确的目标	(49)
2.5.5	生态系统理论为基础	(49)
2.5.6	综合集成的思想	(50)
2.6	精准农业与信息农业的关系	(51)

第三章 精准农业理论体系	(54)
3.1 精准农业的组成体系	(54)
3.1.1 精准农业的概念与内涵	(54)
3.1.2 指导思想和目标	(54)
3.1.3 学科理论基础	(54)
3.1.4 方法论	(56)
3.1.5 精准农业技术	(56)
3.1.6 评价体系	(57)
3.2 精准农业分类	(57)
3.2.1 按生产工具水平分类	(57)
3.2.2 按不同的农业生产对象分类	(59)
3.2.3 按目的分类	(63)
3.2.4 按生产技术过程(时间)分类	(64)
3.2.5 按空间区域性分类	(65)
3.3 精准农业学科理论体系与框架	(65)
3.3.1 直接面向生产的农业科学	(66)
3.3.2 精准农业应用的主要信息科学	(68)
3.3.3 与资源和环境密切相关的科学	(68)
3.4 精准农业效益评价体系	(69)
3.4.1 精准农业水平评价	(70)
3.4.2 精准农业经济评价	(70)
3.4.3 精准农业生态评价	(72)
3.4.4 精准农业社会评价	(73)
3.5 精准农业实施的原则	(73)
3.5.1 可操作性	(73)
3.5.2 渐进性	(73)
3.5.3 整体性	(74)
3.5.4 协调性	(74)
3.5.5 区域性	(75)
3.5.6 综合性	(75)

3.5.7	系统性	(75)
第四章 精准农业技术体系 (76)		
4.1	精准农业技术体系构成	(77)
4.1.1	技术体系的认识过程	(77)
4.1.2	本书介绍的技术体系	(78)
4.1.3	精准农业技术流程	(79)
4.2	精准农业技术基础平台	(80)
4.2.1	不同生产对象的投入变量精准指标体系	(80)
4.2.2	精准变量投入集成技术	(86)
4.2.3	精准农业数字模拟系统与虚拟技术	(92)
4.2.4	相关学科的基础技术	(93)
4.2.5	精准农业技术集成系统	(93)
4.3	精准农业工程技术平台	(94)
4.3.1	“3S”集成技术	(94)
4.3.2	传感器与信息实时采集、传输与处理系统	(102)
4.3.3	人工智能技术	(106)
4.3.4	智能型农机具与自动控制技术	(142)
4.4	精准农业支撑技术平台	(145)
4.4.1	数据库系统	(145)
4.4.2	不同类型精准农业宏观管理信息系统	(160)
4.4.3	精准农业基础设施建设	(161)
4.4.4	网络化服务体系	(162)
4.4.5	农业电子商务	(166)
第五章 我国精准农业实施战略与对策 (167)		
5.1	注重理论与宏观研究	(167)
5.1.1	理论与技术基础体系的建立与完善	(167)
5.1.2	开展精准农业战略研究	(167)
5.2	精准农业实施策略	(168)
5.2.1	按不同技术集成水平建立精准农业示范模式	(168)

5.2.2	区域性分析·····	(168)
5.2.3	注重研究与实践的先后性·····	(169)
5.3	开展重点领域的研究与实践·····	(169)
5.3.1	技术集成系统的建立·····	(170)
5.3.2	发挥已有优势,加强 GIS 与 RS 的应用研究·····	(170)
5.3.3	加强机械设备与基础设施的研究·····	(171)
5.3.4	重点研究精准灌溉、精准施肥系统·····	(171)
5.3.5	加强国际合作研究·····	(171)
第六章	精准农业示范研究·····	(172)
6.1	示范基地建设背景与概况·····	(172)
6.2	研究概况·····	(173)
6.2.1	参与单位·····	(173)
6.2.2	研究的主要内容与进展·····	(174)
6.3	精准农业农田地理信息系统设计·····	(175)
6.3.1	GIS 技术在精准农业中的应用情况·····	(176)
6.3.2	上海精准农业技术体系介绍·····	(177)
6.3.3	系统设计·····	(177)
6.3.4	系统应用实例·····	(184)
6.4	水稻精准种植技术的集成研究·····	(184)
6.4.1	研究采用的技术路线·····	(187)
6.4.2	精准种植技术研究开发进展·····	(189)
6.4.3	水稻精准种植的经济和环境效益评价·····	(192)
主要参考文献·····		(195)
作者简介·····		(205)
Summary·····		(207)
Contents·····		(215)



第一章 农业信息化

信息化的浪潮正在席卷全球。从工业经济到信息经济,从工业社会到信息社会,在这个动态演进过程中,信息化逐步上升成为推动世界经济和社会全面发展的关键因素,成为人类进步的新标志。一个国家的信息化程度,代表着其社会生产力的发展水平,也决定着这个国家在新世纪生存与发展的实力和地位。这场由新技术革命引起,导致新的产业革命发生的重大变革,正在对政治、经济、科技、教育、文化、军事各个领域产生巨大而深远的影响。首先表现在国民经济和贸易发展更大程度地依赖于信息技术和信息产业。其次,全球性的数字化信息网络将成为人类进行生产、管理、流通、教育、科研、医疗和娱乐等各种社会经济活动的一种主要形态。此外,信息化是新世纪综合国力较量的重要因素,是振兴经济、提高工业竞争力、减少失业率、提高人类生活质量的有力手段。

信息技术及其相关的数字技术等包括农、林、牧、渔等各行业的大农业中也得到了广泛的应用。由此带动了农业的信息化,在农业应用中提出了信息农业、精准农业等新的思想和产业。

要认识和研究农业信息化,首先必须对信息化有一个基本的认识 and 了解,要研究我国的农业信息化,必须对我国的信息化进行必要的认识和分析。精准农业是建立在农业信息化高度发展的基础上的,因此,研究精准农业必须要对我国的农业信息化进行较深入地分析,因为精准农业的许多关键技术是基于农业信息化技术的广泛应用基础上的。

因此,本章在对信息化进行基本认识的基础上,对我国的信息化,尤其是我国的农业信息化及其技术进展用大量篇幅进行了较细致的总结和分析,从而为进一步探讨精准农业的理论和提供技术依据。



1.1 信息化的基本认识

信息化(informatization)的概念起源于20世纪60年代,首先由一位日本学者提出来,并作为此后20多年的日本政府的重要政策内容。该概念的提出和付诸实践基于当时日本学术界和产业界对经济发展阶段日本社会问题的基本判断,主要包括两方面的内容:一是对即将来临的信息社会这一抽象概念的理解,即认为,发达国家经济已开始由以实物生产为核心的工业社会向以知识的获取和出售为主要内容的信息社会(information-based society)的转变,这一转变将对劳动者的生存状态产生深刻影响;二是20世纪70年代初的石油危机使日本认识到作为资源稀缺国家发展重工业经济面临的危险,所以发展一种知识密集型的产业结构成为日本经济的重要选择,因此,该概念也适应了这一时期日本实现重型产业结构转型的需要。后来此概念传播到西方,西方社会普遍使用“信息社会”和“信息化”的概念是70年代后期才开始的。

美国社会学家丹尼尔·贝尔按照各个社会的产业特征,将社会划分为前工业化社会、工业化社会和后工业化社会。在前工业化社会,以资源的原始利用为基础,以第一产业为中心;在工业化社会,能源开发利用技术迅速发展,第二产业高度发达;在后工业化社会,计算机、自动化技术迅速发展,从而进入以信息技术(包括现代通信技术、控制技术和系统技术等)为中心的社会。澳大利亚人巴里·琼斯在其所著的《沉睡者,醒来吧》一书中认为,信息社会在生产力结构、社会结构和价值观方面,将完全不同于农业社会和工业社会。

信息社会的来临,既向各国提出了新的挑战,也为各国的发展提供了难得的机遇。从而引起了世界各国尤其是西方发达国家的高度重视。

20世纪90年代以来,继美国提出信息基础结构行动计划(NII)以及全球信息基础设施(GII)后,信息化成为以技术层面为重点导向,而且已经成为世界各国政府普遍关注的焦点,西欧等发达国家都



相继制定并实施了“信息高速公路计划”，其共同目的是推动本国的经济增长和产业结构转型，谋求 21 世纪国家生存的制高点和发展的主动权。信息化在全球引起如此巨大的反响，表明人类走向信息社会已经成为必然趋势。

1998 年 1 月 31 日由美国前副总统阿乐·戈尔提出了“数字地球”的概念，认为是一种可以嵌入海量地理数据的、多分辨率的和三维的地球表示，并明确地将“数字地球”与遥感技术、地理信息系统、计算机技术、网络技术、虚拟现实技术等高新技术与可持续发展决策、农业、灾害、资源、全球变化、教育、军事等方面的社会需要联系在一起。数字地球与现有的相关工作的根本区别在于，它是从更高的层次、系统论和一体化的角度来组合和应用已有和正在发展的理论、技术、数据和能力，从而更广泛、更深入、更有效、更经济地为社会提供服务。因此，数字地球的提出，迅速得到了许多国家的重视和响应。我国自 1995 年 5 月启动的“数字地球技术示范”研究后，相继由政府和研究部门组织了几次国际和国内最高层次的研讨会，并酝酿组织较大规模的项目工程。

信息社会向各国提出了新的挑战，带动了社会产值的巨量增加，因此信息化技术的研究越来越受到世界各国的高度重视。

目前对信息化的基本理解是：信息化是指国民经济或社会结构框架的重心从物理性空间向信息性空间转移的过程。表现为以高科技的信息技术为手段，对社会经济结构、产业结构等进行改造、改组或重新定向，通过提高产品与经济活动中信息或知识的含量，推动全社会达到更高级、更有组织、更高效率的经济发展水平。

信息化具有以下一些主要特征：

(1) 高渗透性。信息化的发展的渗透性表现为对国家、社会、政治、经济、文化、日常生活等各个方面的深刻影响或改变。这种渗透性决定了信息发展的普遍服务原则。

(2) 生存空间的网络化。不仅仅包括技术方面的网络之间的互联互通，还强调基于这种物质载体之上的网络化社会、政治、经济和生活形态的网络化互动关系。