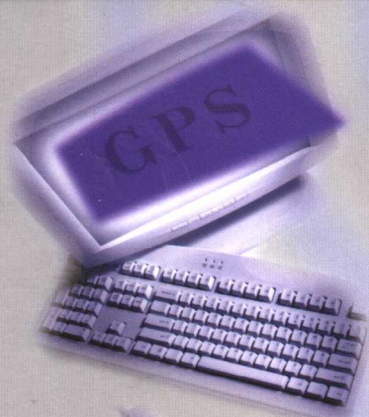
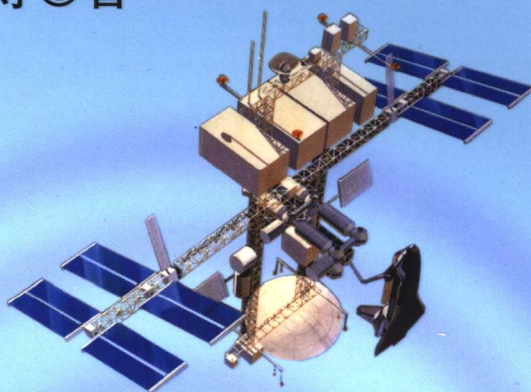


中国科学院知识创新工程项目资助

环境的空间连续变异与精准农业

谢高地 陈沈斌 等◎著



气象出版社

中国科学院知识创新工程项目资助

环境的空间连续变异与 精 准 农 业

Spatial Variability of Environment and Precision Agriculture

谢高地 陈沈斌 等◎著

气象出版社

内 容 简 介

环境因子在小的空间尺度上也具有普遍的连续变异性,认识这种变异性和发展与之相应的变量投入或精准管理技术,是目前国内外研究的一个热点领域。本书在总结多年试验研究成果的基础上,对小空间尺度资源环境信息采集、各要素关系及变量精准管理作业图制作原理,空间信息采集设计及分析的数学原理、方法,精准管理的地理信息系统、专家系统、智能测产系统、空间信息处理集成系统和精准管理的环境与经济效应进行了深入细致的探讨。

本书是一本详细描述环境因子空间连续变异性 and 农业精准管理技术的专著,可为当前蓬勃发展的精准农业教学、科研及实践提供参考和科学依据。

图书在版编目(CIP)数据

环境的空间连续变异与精准农业/谢高地等著. —北京:气象出版社,2005.7
ISBN 978-7-5029-3902-1

I. 环… II. 谢… III. 信息技术-应用-农业 IV. F303.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 010547 号

气象出版社出版

(北京市海淀区中关村南大街 46 号 邮编:100081)

总编室:010-68407112 发行部:010-62175925

网址:<http://cmp.cma.gov.cn> E-mail: qxcbs@263.net

责任编辑:崔晓军 终审:黄润恒

封面设计:彭小秋 责任技编:刘祥玉 责任校对:杨迪桂

*

北京中新伟业印刷有限公司印刷

气象出版社发行

*

开本:787×1092 1/16 印张:16 字数:410 千字

2005 年 7 月第一版 2007 年 3 月第二次印刷

定价:48.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社
发行部联系调换

中国科学院知识创新工程项目资助

项目名称: 长江三角洲精准种植技术体系的研究与集成

主持单位: 中国科学院地理科学与资源研究所

负责人: 谢高地 陈沈斌

起止时间: 2000 年 1 月~2003 年 6 月

参加单位及主要参加人员

中国科学院地理科学与资源研究所

谢高地 陈沈斌 齐文虎 吕 耀 丁贤忠 廖顺宝 鲁春霞 冷允法
刘金铜 安 凯 肖 玉 王卷乐 陈文辉 龙 亮 甄 霖 章予舒

中国科学院南京土壤研究所

汪金舫 李本银 颜廷梅

上海市气象局

杨星卫 段项锁 薛正平 陆 贤

上海交通大学

刘成良 苗玉彬 叶 骅 周 峻 周国祥 王 冲 索远强 孙志强 何泽宇

上海农工商(集团)总公司

周柞炳 华忠贤 李德忠

北京理工大学

郭 巧 黄健昌

《环境的空间连续变异与精准农业》编写组

学术指导: 石玉林

编写人员: 谢高地 陈沈斌 齐文虎 杨星卫 吕 耀 刘成良 汪金舫
丁贤忠 廖顺宝 鲁春霞 安 凯 肖 玉 王卷乐 陈文辉
段项锁 薛正平 陆 贤 甄 霖 章予舒

序

精准农业是将遥感、地理信息系统和全球定位系统、计算机技术、自动化技术、通讯和网络技术结合农学、地学、生态学规律和模型,根据田间变异对农业生产过程实施机械精确定位、定量操作的一整套现代化农业集成技术,能使农业技术措施与农田变异精确匹配,精确控制农田每一斑块种子、化肥和农药的施用量。在提高作物产量的同时,充分保证农业资源科学的综合开发利用,减少和防止对环境和生态的污染和破坏,保持生态环境的良性循环,是实现可持续农业的重要途径。

目前,国内对精准农业在我国的发展持有不同的看法和观点,反对意见认为,我国不适合发展和应用精准农业技术,其理由有:(1)我国种植业以千家万户的小规模经营为主体,小规模经营不适合应用精准农业;(2)精准农业需要应用大量高新技术,如低成本快速获得农田信息的技术、变量作业的精准农业机械等,而我国目前的经济技术发展水平都低于实施精准农业的要求;精准农业技术还不够成熟,应用的成本太高。支持的意见认为,我国应大力发展,理由有:精准农业能够减少投入、降低环境污染,是未来实现农业可持续发展的重要途径和世界农业发展的一个重要方向,如我们不发展精准农业,将与世界发达国家农业发展的技术水平差距越拉越大,发展精准农业是提高我国农业技术水平和管理水平的必然。由此可以看出,我国要不要发展精准农业,如何发展精准农业,是一个必须回答的严肃的科学问题。本文主要在分析精准农业的原理、技术体系构成,总结国外精准农业应用的实际效果的基础上,结合我国实际分析我国精准农业发展存在的限制因素和发展应用前景。

作为一种全新的农业生产技术体系,精准农业的实施过程可以描述为:将农田划分为等面积的地块,通过全球定位系统对每一地块进行准确的定位;采集各个地块上的农田信息(如土壤质地、养分状况、病虫害状况等),测定每一地块上的作物产量;在地理信息系统平台上,采用各种辅助系统,分析各个地块上产量差异的原因,提出农田管理的各种决策(主要是各种农业生产资料,如化肥、农药等的投入水平),并通过变量投入技术对生产资料的使用加以控制,对不同状况的地块采用不同的投入水平,实行“按需分配”,从而达到降低投入、减少污染、增加效益的目的。从精准农业实施的过程来看,精准农业技术主要包括全球定位系统技术、农田信息采集技术、测产技术、地理信息系统技术、各种辅助系统和变量投入技术。

近十年来,欧美一些发达国家为了缓解高投入、高产出的集约农业所引起的环境问题和降低农业生产成本,借助于信息技术的发展,纷纷开展精准农业的研究和实践。作为一种以信息技术为基础的农业管理系统,其目的在于降低成本、节约资源、减少过量投入对环境的污染。

精准农业的核心思想是:获取农田小区作物产量和影响作物生长的各种农业生产要素(如土壤结构、有机质含量、病虫害等)实际存在空间和时间差异性信息,通过各种工具加以分析,进而提出农业生产的管理决策,并通过变量投入技术对农业生产加以调控,从而达到

降低农业生产投入、提高效益和改善环境的目的。

由于精准农业通常与 GPS、RS、GIS 以及计算机等联系在一起,这让人们产生了“精准农业是一种超现代技术”的感觉。事实上,在许多方面,精准农业是简单地应用一些新的工具,让农田管理更加接近于因地管理的精耕细作传统。传统农业中,全世界的农民管理较小规模的田块,他们一直都在让他们的管理措施适合于土壤类型、微气候条件以及其他景观特征。但机械化大规模农业把农民推向了采用单一技术来对待充满差异性的大片农田。精准农业事实上是利用现代技术,使农业由忽略空间差异性的大面积单一作业回归到根据空间差异性进行变量作业,从观念上,它完全类似于我国因地制宜、精耕细作的农业传统。可以相信,我国农民非常容易接受精准农业的思想,这为我国推广应用精准农业技术奠定了良好的思想基础。

精准农业在欧美发达国家已被描述为即将到来的“农业革命”,然而,不管精准农业技术的潜力能否为“农业革命”提供技术支撑,几个关键因素在制约我国精准农业技术发展和应用的步伐:

(1)应用技术的落后:精准农业所涉及到的关键技术,无论是 GPS、RS、GIS 还是变量作业技术在我国都还处于向国外学习、引进、自主开发的阶段;国外工业化发达国家已能够提供各种实用技术给市场,与之相比,我国有非常明显的差距。特别是变量作业技术,由于我国农业没有像国外发达国家那样完成机械化进程,这使得我国在精准农业的实施方面面临更大的困难。

(2)小田块规模:目前,精准农业主要针对某一作物的空间异质性,尝试在正确的时间、正确的位置给予恰当的投入,这一农业系统一般适用于大规模农场,以增强它现有的生产优势。但世界上大多数地区进行的是小规模农作,特别是我国以农户为主体经营小规模农业,平均每个农户经营的土地只有不到 1 公顷,为此,在我国实施精准农业必须采用相适应的措施。

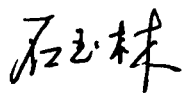
(3)收益性和环境后果仍然未知:采用精准农业以后,理论上增加的产量和投入的减少能够进行精确度量,但到目前为止,从精准农业的案例研究中发现,他们中的一些显示出收益性增加,一些显示出收益性减少,另外一些与常规农业相比收益性并没有差异。此外,实施精准农业能否像理论上期望的那样,能够通过减少化肥与农药的投入给环境带来收益,目前也没有足够的科学实验数据给予支持。特别是由于精准农业技术的复杂性和目前采用该技术的高成本,农民们对收益性的怀疑会阻碍精准农业的推广和应用。

我在 1994 年就提出在我国进行精准农业研究应用的建议,但由于当时条件所限,没有引起有关部门的重视。近几年信息技术飞速发展,信息技术在农业上的应用也提到了重要的议事日程。科技部和中国科学院都已把精准农业技术的研究和开发列入了有关计划,一些成果也正在陆续出现,但总的来讲,目前我国关于精准农业的研究和应用还处于起步阶段。

新技术在农业上投入应用,一般来讲速度要慢一些,并需要很好地组织。例如:杂交玉米的推广应用花费了 25 年时间;氮素化肥从出现到全面使用用了 30 年时间。由于精准农业更为复杂,估计它的全面采用得至少 35 年的时间。由于我国现代农业技术滞后和农业生

产条件的复杂性,要探索适合于中国农情的一套精准农业技术体系,因此我估计精准农业在中国得到全面的应用需要 30~40 年的时间。生产者采用精准农业技术可以分成三个阶段:第一阶段将是主要收集农作信息;第二阶段将是利用这些信息形成作业或农田管理决策;第三阶段才将是综合全面的应用。近期最多的努力将集中于收集符合质量的信息,并开始应用这些信息作出更具有收益性的农作决策。

值此之际,我很高兴地看到将要出版的这本书,它是几年的试验总结,它对精准农业的一些重要理论问题和技术问题进行了有益的探索 and 开发,取得了许多第一手数据资料,因此很愿意为此书作序,以期加快我国精准农业的发展步伐。



中国工程院院士
中国自然资源学会名誉理事长
2005 年 3 月

前 言

资源环境的任何一项因子在空间和时间上都表现出连续的变异性,近 200 年来,人类普遍采用的管理方式是标准化作业与管理,这些活动方式在某些程度上,忽略了客观存在的空间差异性,会产生过量投入和浪费的后果。

在中国科学院知识创新工程项目的支持下,我们从 2000 年开始,在上海五四农场 2000 多亩试验地上,对资源环境因子的空间变异特征、空间变异性信息识别与处理方法、变量投入的实施途径以及变量投入的环境经济收益性进行了探索性研究,来自中国科学院地理科学与资源研究所、中国科学院南京土壤研究所、上海市气象局、上海交通大学、上海农工商(集团)总公司的 50 多位研究人员参加了该项研究工作,通过 4 年的努力,取得了一些初步成果,本书是这一研究工作的总结,尽管我们的工作还不够深入和全面,仍然有大量的内容需要进一步研究和丰富,但我们还是希望通过本书能为感兴趣的有关人员提供一些参考。

本书共分十章,第一章是对资源环境因子空间变异性 and 精准农业研究成果的一个总结;第二章至第五章集中在对资源环境因子空间变异性识别和变量投入原理的论述,分别介绍了空间信息采样设计及分析的数学原理、方法,农田基础环境信息空间变异性分析方法,基于土壤养分图的变量施肥作业图的形成方法和基于产量图的精准施肥方法;第六章至第八章集中在对资源环境因子空间变异性 and 变量作业信息处理技术的论述,分别介绍了我们开发的农田地理信息系统平台、水稻精准种植专家系统、水稻精准种植信息处理集成系统的结构、特点和功能;第九章介绍了项目研制的联合收割机智能测产系统的特点和功能;第十章对变量投入和精准种植的经济效益和环境效应进行了综合评价。

本书主要由谢高地、陈沈斌、齐文虎、杨星卫、吕耀、汪金舫、丁贤忠、刘成良编写,全书参加编写的人员达 20 多人,最后由谢高地统稿。各章主要执笔作者如下:

- 第一章 谢高地
- 第二章 齐文虎
- 第三章 陈文辉,谢高地
- 第四章 丁贤忠,汪金舫
- 第五章 安凯,谢高地,冷允法
- 第六章 杨星卫,薛正平
- 第七章 陈沈斌,廖顺宝,王卷乐
- 第八章 刘成良
- 第九章 吕耀

作者想将此书的出版首先归功于受人尊敬的石玉林院士。石先生一生致力于土地资源研究,取得了辉煌的学术成就,他是我国资源环境空间变异性 and 精准农业研究领域早期的倡导者和推动者,早在 1999 年,他领导和指挥我们在北京北郊农场开展田间环境因子空间变异性研究,他还为我们争取了部分科研经费,他严谨务实、具有以大自然为实验室的学术风范,是我们克服浮躁,踏踏实实开展研究工作的榜样。没有他的倡导、努力和组织,就不会有

我们开展的此项研究和本书的出版。

我们非常感谢中国科学院资源环境局的陈泮勤副局长和刘建副局长,从整个项目的立项,研究目标和研究方案的制订及有关机构的协调,他们都付出了辛勤的劳动,保障了整个项目的顺利实施。我们还非常感谢中国科学院资源环境局的黄铁青和赵千钧处长,他们对我们的项目进行了出色的管理和监督,无论在学术上还是研究资金上,都给予了巨大的支持。

在开展空间变异性和精准农业研究期间,我们结识了美国明尼苏达大学精准农业研究中心主任 P. Robert 教授,他是世界精准农业研究的推动者和组织者,已连续组织了 6 届世界精准农业大会,他曾三次前来中国与我们合作,并安排我国有关研究人员到美国有关机构进行学术交流,可以说,他对推动中国精准农业的发展做出了巨大贡献。不幸的是,就在我们第一阶段的研究工作将要完成,此书也将要完成编写,准备与其合作开展第二阶段研究时,他却在 2004 年年初因车祸去世,他是一位慈祥而优异的学者,我们永远怀念他。

最后,作者对给予我们以热情支持、帮助和亲切指导的孙九林院士、刘纪远研究员、成升魁研究员、张佳宝研究员和赵春江研究员表示衷心感谢。对气象出版社责任编辑崔晓军女士表示衷心感谢。

限于作者水平,本书难免出现一些问题甚至错误,毫不讳言,书中存在瑕疵,带有我们的遗憾,但我们付出了汗水和智慧,还是愿意将其出版,以便为有兴趣的同行提供一些参考。敬请各位专家和同仁批评指正。

作 者

2005 年 3 月

目 录

序

前言

第一章 精准农业研究、集成与示范总论	(1)
第一节 研究的背景、目标和内容	(1)
一、背景	(1)
二、国内外研究进展	(3)
三、研究目标与内容	(10)
四、研究方法与研究进程	(12)
第二节 农田信息采样点数的确定方法	(14)
第三节 空间变异性分析	(15)
第四节 变量投入	(16)
一、基于水稻生长模型与土壤肥力模型的变量施肥技术	(16)
二、基于土壤养分含量的变量施肥方法	(18)
三、基于产量图的精准施肥	(19)
第五节 信息处理	(20)
一、水稻精准种植 GIS 信息处理平台开发	(20)
二、水稻精准种植决策支持系统	(20)
三、水稻精准种植集成信息处理系统	(21)
第六节 联合收割机智能测产系统	(22)
第七节 精准农业的经济收益性和环境收益性	(23)
一、经济收益性	(23)
二、环境收益性	(24)
第八节 有待进一步研究的内容	(24)
参考文献	(25)
第二章 空间信息采样设计及分析的数学原理、方法	(27)
第一节 土壤信息采样的目标	(28)
一、预期的精准农业小区管理的分区数量	(28)
二、预期的土壤性状变差系数(CV)	(28)
三、预知的土壤性状空间分布信息	(28)
四、各种土壤采样方法的可行性	(28)
五、土壤采样和分析的投入、时间和劳力成本	(29)
第二节 农田土壤性状变量的主要特性	(29)
一、随机变量	(29)

二、随机过程·····	(29)
三、空间相关性·····	(30)
四、平稳随机过程假定·····	(30)
第三节 信息采样方法·····	(31)
一、随机抽样·····	(31)
二、典型抽样·····	(31)
三、系统或机械抽样·····	(31)
第四节 形成土壤图的插值方法·····	(32)
一、Thiessen 多边形法·····	(32)
二、三角形法·····	(32)
三、Sibson 自然邻域法·····	(32)
四、距离倒数函数法·····	(32)
五、趋势面法·····	(32)
六、样条函数法·····	(33)
七、插值方法比较·····	(33)
八、Kriging 插值法·····	(34)
第五节 地理(空间)统计方法·····	(34)
一、Kriging 插值法权重·····	(34)
二、半方差图·····	(35)
三、权重的确定·····	(35)
第六节 拟合半方差图的模型·····	(36)
一、幂函数·····	(36)
二、分段线性函数·····	(36)
三、圆形函数·····	(37)
四、球面函数·····	(37)
五、指数函数·····	(37)
六、5 次球面函数·····	(37)
七、模型的选定·····	(37)
第七节 插值可靠性分析·····	(38)
一、统计模拟方法·····	(38)
二、交叉验证·····	(38)
三、部分样点验证·····	(38)
四、优化采样设计和样本数量·····	(38)
第八节 案例分析——上海精准农业试验示范基地·····	(39)
一、样地·····	(39)
二、样点分布和数量·····	(40)
三、插值·····	(40)
四、结论·····	(45)
参考文献·····	(45)

第三章 农田基础环境信息空间变异性分析	(47)
第一节 农田基本信息的采集	(47)
一、研究区概况	(47)
二、采集农田基本信息的目的和采用的信息处理流程	(48)
三、农田基础环境信息的采集与测定	(49)
四、数据处理与分析	(50)
第二节 农田基础环境信息的空间变异性分析	(51)
一、国内外农田基础信息空间变异性研究概况	(51)
二、空间变异性分析模型的建立	(52)
三、土壤矿物质元素空间变异性分析	(52)
四、土壤养分要素的空间变异性分析	(53)
五、可溶性盐离子的空间变异性分析	(54)
六、产量空间变异性与各养分要素的空间变异性比较分析	(56)
第三节 产量与各养分要素空间变异性的相关性分析	(57)
一、相关性分析模型的建立	(57)
二、分析文件制作	(59)
三、产量空间变异性与本底养分要素的相关性分析	(60)
第四节 基于变异性和精准度的采样点数目确定方法	(61)
一、GPS 与采样网络	(61)
二、土壤采样网格设置	(61)
三、田间各要素采样点数的确定	(61)
参考文献	(63)
第四章 基于作物产量图和土壤养分图的精准施肥	(65)
第一节 精准施肥与精准农业	(65)
第二节 变量投入的基本理论假设	(66)
第三节 产量图的制作与分析	(66)
一、研究样区的背景分析	(66)
二、研究样区的作物产量图的制作	(67)
第四节 基于产量图的变量施肥图制作	(69)
一、施肥总量的确定	(69)
二、施肥模式的确定	(69)
三、底肥施用量的确定	(69)
四、第一次苗肥施用量的确定	(70)
五、第二次苗肥施用量的确定	(71)
六、第一次穗肥施用量的确定	(71)
七、第二次穗肥施用量的确定	(71)
第五节 基于产量图的变量施肥研究结果验证	(72)
第六节 基于土壤养分图的水稻变量施肥	(75)

一、土壤养分测定·····	(76)
二、土壤属性参数的统计特征值与合理取样数目·····	(76)
三、土壤养分分级与土壤养分图·····	(77)
四、水稻变量施肥模型的确定·····	(78)
参考文献·····	(80)
第五章 精准农业农田地理信息系统平台开发 ·····	(82)
第一节 GIS 技术在精准农业中的应用·····	(82)
一、应用状况介绍·····	(82)
二、农田地理信息系统·····	(83)
第二节 FGIS 开发流程与系统分析·····	(83)
一、FGIS 开发的流程·····	(83)
二、FGIS 系统分析·····	(84)
三、农田地理信息系统开发的原则·····	(88)
第三节 FGIS 系统设计·····	(88)
一、系统体系结构·····	(89)
二、数据库设计·····	(90)
三、FGIS 系统结构设计·····	(92)
第四节 基于组件式 GIS 技术的 FGIS 开发·····	(94)
一、ComGIS 介绍·····	(95)
二、SuperMapⅢ 简介·····	(97)
三、数据采集功能的实现·····	(97)
四、空间数据内插·····	(100)
五、通用 GIS 功能实现·····	(101)
六、施肥模型的集成方式·····	(101)
第五节 应用实例·····	(103)
一、数据采集与转换功能·····	(103)
二、专题图制作·····	(103)
参考文献·····	(108)
第六章 精准农业决策支持系统 ·····	(111)
第一节 系统框架与原理·····	(111)
一、国内外概况·····	(111)
二、系统设计原则·····	(112)
三、系统框架·····	(112)
四、系统主要功能模块·····	(112)
五、系统信息流程·····	(113)
六、系统决策的实现过程·····	(113)
第二节 农业专家系统·····	(115)

一、国内外农业专家系统概况	(115)
二、基本原理与结构	(116)
三、知识整理规则与推理策略	(116)
四、上海水稻精准栽培专家应用系统	(117)
五、上海水稻主要病虫害识别与防治	(118)
第三节 水稻生长模型系统	(118)
一、国内外作物生长模拟研究概况	(119)
二、模型系统组成	(119)
三、基础模型	(120)
四、优化栽培模型	(123)
第四节 知识模型	(126)
一、水稻气候生产力模型	(126)
二、土壤肥力评价模型	(127)
三、土壤养分—产量关系模型	(132)
四、施氮量—水稻生长—产量模型	(136)
五、水稻主要病虫害发生预测模型	(140)
第五节 决策支持系统应用	(142)
一、系统运行环境	(142)
二、系统主要功能及应用实例	(143)
参考文献	(153)
第七章 精准水稻种植信息处理系统	(155)
第一节 概述	(155)
一、精准农业中的信息技术	(155)
二、信息处理系统在精准农业中的作用	(155)
三、精准农业在国内外的研究进展	(156)
四、精准农业信息处理系统在国外的研究	(158)
五、精准水稻种植信息系统	(158)
第二节 精准水稻种植信息处理系统总体设计	(159)
一、系统组成	(160)
二、精准水稻种植信息处理系统的数据逻辑流程	(162)
第三节 精准水稻种植信息系统详细设计	(163)
一、属性数据管理子系统详细设计	(163)
二、农田空间数据管理子系统详细设计	(164)
三、决策支持子系统详细设计	(166)
四、经济评价子系统详细设计	(168)
第四节 精准水稻种植信息处理系统开发	(169)
一、开发环境	(169)
二、基础数据管理子系统	(170)

三、农田空间数据处理子系统	(172)
四、水稻栽培管理专家子系统	(173)
五、经济效益与环境影响评价子系统与虚拟作业	(175)
第五节 精准水稻种植信息处理系统集成	(182)
一、系统集成的必要性	(182)
二、系统集成的方法与模式	(182)
三、集成系统的开发	(184)
四、精准水稻种植信息处理系统的主要特点	(185)
五、精准水稻种植信息处理系统的运行环境及安装要求	(186)
参考文献	(186)
第八章 联合收割机智能测产系统研制	(187)
第一节 联合收割机智能测产系统概述	(187)
一、国内外概况	(187)
二、开发的必要性	(191)
三、开发的可行性	(192)
第二节 系统的总体设计	(193)
一、方案设计	(193)
二、设备的组成结构	(194)
第三节 测试系统原理	(196)
一、谷物产量的测试方法	(196)
二、产量测算理论	(198)
第四节 全球定位系统的设计	(200)
一、GPS 的概念	(200)
二、GPS 接收机自身位置的解算	(200)
三、差分定位	(201)
四、DGPS 系统的设计	(201)
第五节 软件系统的设计	(202)
一、基于工控机的软件设计	(202)
二、基于 PC104 的电子存储卡的软件设计	(202)
三、GIS 软件设计	(202)
第六节 实验结果:产量传感器信号输出	(204)
参考文献	(207)
第九章 精准种植的经济效益和环境效应评价	(209)
第一节 精准农业经济效益分析	(209)
一、精准农业经济效益研究动态	(209)
二、制约精准农业发展的主要障碍因子分析	(209)
三、精准农业经济效益分析方法	(211)

四、上海精准农业试验示范区水稻变量施氮技术方案	(212)
五、上海精准农业试验示范基地水稻变量技术的经济效益分析	(213)
六、上海精准农业试验示范区水稻变量技术的经济效益综合评价	(216)
七、精准农业项目敏感性分析及风险评估	(218)
八、精准农业技术的市场前景分析	(219)
九、发展中国家精准农业技术的市场分析	(221)
第二节 精准农业环境效应分析.....	(223)
一、国际精准农业环境效应研究动态	(223)
二、精准农业“有益的环境效应”的理论推测	(224)
三、精准农业环境效应的实证研究——水稻变量施氮环境效应监测	(226)
第三节 结论与讨论.....	(236)
一、结论	(236)
二、讨论	(236)
参考文献	(237)

第一章 精准农业研究、集成与示范总论

精准农业是将遥感、地理信息系统和全球定位系统(3S 系统)、计算机技术、自动化技术、通讯和网络技术,结合农学、地学、生态学规律和模型,根据田间变异对农业生产过程实施机械精确定位、定量操作的一整套现代化农业集成技术。

精准农业在美国等发达国家已经形成一种高新技术与农业生产相结合的产业,已被广泛承认是可持续发展农业的重要途径,并无疑是 21 世纪领先的农业生产技术(刘爱民等 2000, 刘金铜等 2002)。美国 20 世纪 80 年代初提出精准农业的概念和设想,90 年代初进入生产实际应用,目前还处在研究发展阶段,部分技术和设备已经成熟和成型,但还没有形成系统,美国实施精准农业是根据需要、经济、实用的原则来进行的,很少有把所有的技术都全套应用的。除此,在英国、德国、荷兰、法国、加拿大、澳大利亚、巴西等国家都有开展精准农业研究和应用的报道。日本、韩国等国家近年来已加快开展精准农业的研究工作,并得到政府部门和相关企业的大力支持。国际上对这一技术体系的发展潜力及应用前景有了广泛共识,并将其作为发展农业高新技术应用的重要内容。

中国科学院于 2000 年把精准农业列入知识创新工程计划,并启动了知识创新工程重要方向项目——精准种植研究,开发研究拥有我国自主知识产权的精准农业关键技术与设备,本研究就是精准种植研究项目的一个重要组成部分。

研究项目于 2000 年开始实施到 2003 年年底。来自中国科学院地理科学与资源研究所、中国科学院南京土壤研究所、上海市气象局、上海交通大学机器人研究所、上海市农工商(集团)总公司的 50 多位科研人员投入到了该项研究之中,对我国实施精准农业的关键理论和技术问题进行了探索研究,获取了大量宝贵的科学试验数据,开发出联合收割机智能测产系统、GIS 信息处理平台、精准农业决策支持系统、精准农业信息处理集成系统;在农田信息采样与空间变异性分析的理论方面,提出了系统的田间采样原理与方法;在变量投入控制方面,提出了三种精准投入的原理与方法;在环境收益性方面,研究用实验揭示了实施精准农业后对环境影响的复杂性。上述研究成果对我国未来实施精准农业和进一步的研究具有一定的参考价值。本章就对该项研究的背景、取得的成果和需要进一步研究的内容作以简要论述。

第一节 研究的背景、目标和内容

一、背景

我国科学家 1994 年提出在我国进行精准农业研究应用的建议,由于当时条件所限,没有引起政府有关部门的重视。随后几年信息技术飞速发展,信息技术在农业上的应用也提到了重要的议事日程。当时的国家计委副主任刘江同志访问参观美国的精准农业后,认为