

# 精确农业研究

田魁祥 王建江 陈素英 主编

气象出版社

# 精 确 农 业 研 究

## 编 委 会

主 编 田魁祥 王建江 陈素英

编 委 (以姓氏笔划为序)

王占升 王 容 孙景玉 刘孟雨

刘金铜 耿清国 韩 宁

# 河北省跨世纪的科技进步和经济社会发展

## （精确农业与农业现代化）

河北省科协 1999 年综合学术年会  
1999 年 9 月

# 序

《精确农业研究》论文集是在农业可持续发展思潮推动下,为实现党中央提出的第三步战略目标,对我国农业发展理论与技术的一种探讨。大家都知道,我国农业面临着双重压力,一方面是人口不断增长、农业资源日益紧缺、粮食需要量不断增长的压力;另一方面是社会主义初级阶段,农业人口比重大、农业劳动力过剩、农产品(包括粮食)相对过剩、农业劳动效益比下降的压力,并面临着加入 WTO 的国际竞争。

近 20 年来,农业工作者和农业科学家为实现中国农业的可持续发展,进行了多方面的探索。例如,自“六五”以来,国家陆续在全国设立了 50 个国家级农业科技攻关实验区,还设立了若干个农业现代化示范区,100 个生态农业示范县;学术界提出了“生态农业”、“集约农业”、“可持续农业”、“精久农业”、“精确农业”、“资源节约型农业”等思想;在农业发展国家方针上,明确提出了“高产、优质、高效”的三高农业方针,并且随着农业的发展,方针实施的重点出现了由“以高产为前提”向“以优质为中心”的转移。十五届三中全会又提出农业现代化是全社会现代化的基础,也是工业现代化和科技现代化的具体体现。农业现代化行为再度高涨。农业现代化是置于社会主义市场经济大环境中的现代化,必然要以效益为目标和中心,在效益震荡倾斜过程中,推动农业人口向非农业行业的转移,以及农村城市化和环境生态化保护。

在农业发展思想“百家争鸣”的关键时期,中国科学院的三个农业现代化研究所决定联合召开一次精确农业的研讨会,深入探讨农业现代化的技术含义。这个创意得到了河北省科协的大力支持,列入了 1999 年河北省科技年会计划。1999 年 9 月,由中国科学院石家庄农业现代化研究所与河北省农业系统工程学会主办,中科院黑龙江、长沙农业现代化所、湖北省农业现代化所、河北农业大学、河北省计委农业区划办等单位的 40 余位专家学者参加,在石家庄举行了《精确农业与农业现代化》的研讨会,会议论文内容涉及面宽,创新性强,对精确农业的基本概念和基本技术组成进行了初步涉猎。

农业生产过程是社会化的自然生产过程,是现代生物科学知识 with 工业化劳动手段结合的生产过程,体现了自然科学与社会科学的交叉。因此,在农业发展的历史长河中,随着对自然环境与生物生长认知水平的提高,社会进步对农业生产环境调控能力的提高,正在由传统的依赖性农业向意志性农业发展。以农业市场(原料市场和产品市场)为背景的农业生产是一个涉及多方面的大系统。80 年代初,农业系统工程概念提出以后,其深入发展遇到了种种困难;而现在,随着微机普及和网络技术的应用,把许多复杂问题,包括市场信息、环境信息的采集与传递,生物效应反馈与环境控制等的研究与实施变成了现实,进入了可操作过程。这就是说,农业生产可以从精确做起,建立精确农业技术体系,实现农业生产数量化,包括依靠市场信息和生物环境信息实现市场需求与生物生产之间的协调(调和),实现投入与产出的最佳经济效益;依靠高科技实现潜在市场与生物生产能力的协调,实现生态环境的持续;依靠生物生长数字化与生产工具高度智能化,实现环境与生物的协调,达到资源利用率与产出率的优化;依靠现代工业对农业机械化的支持,实现农业劳动高效率,产业结构和社会需求的均衡。

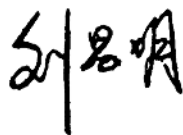
总结讨论意见,何谓精确农业?我们认为,精确农业系指精细、准确的农业,就是基于不同尺度的环境及生物生长信息采集、传递、反馈,包括大尺度下的基于 3S(GIS, GPS, RS)的信息和基于生物生产认知水平的全过程精细判别以及基于智能化生产设备的准确控制,实现高效

率、高效益、生态持续的农业生产方式。

本次学术讨论会仅仅是开始,探讨的问题是初步的,希望通过这次研究,带动高效农业的发展,推动农业现代化进程。

受编者的委托,在此对河北省科协给予的支持表示衷心的感谢,对中国科学院石家庄、长沙、黑龙江三个农业现代化研究所的积极支持表示衷心感谢,对从事积极探索的科技工作者表示衷心感谢。

中国科学院院士  
中国科学院石家庄农业现代化所 所长



1999年11月5日

# 目 录

|                         |              |
|-------------------------|--------------|
| 精确农业技术及其问题              | 刘晓冰(1)       |
| 精确农业发展与农业生态工程创新         | 王克林 李文祥(4)   |
| 中国粮食现状与加速农业现代化建设        | 耿清国 王建江(9)   |
| 浅谈精确农业                  | 戴从法等(15)     |
| 精确农业与农业现代化刍议            | 胡人荣(18)      |
| 加强农村经济信息体系建设迎接网络经济时代的挑战 | 王 健 王双进(21)  |
| 农业精确种植技术及开发推广对策         | 王占哲等(25)     |
| 基于 GIS 的精确农业专家系统的研究     | 任振辉等(28)     |
| 黑龙江地区农业可持续发展趋势与措施       | 王占升 孙家灵(35)  |
| 精确农业的技术核心               | 张广录(38)      |
| 中国农业的发展与精确农业            | 孟 凯等(43)     |
| 作物信息技术及其在精确农业中的应用       | 刘小京等(46)     |
| 对河北省发展精确农业的思考           | 张国良等(49)     |
| 区域环境健康诊断与 3S 技术支持       | 胡春胜等(51)     |
| 我国农业高效用水的对策及建议          | 曹建生 韩淑敏(55)  |
| 农业信息网的设计与实施             | 谢景新等(60)     |
| 太行山山前平原区地下水与作物生产的关系研究   | 杨永辉等(64)     |
| 规范化管理与畜牧业现代化发展          | 李长胜等(69)     |
| 前仙乡农业产业化发展对策            | 刘志军 张万军(72)  |
| 多知识库专家系统生成工具的研究         | 韩 宁等(75)     |
| 精确农业的发展思路及其技术支撑体系       | 李惠英等(80)     |
| 信息农业及其发展战略              | 彭佩钦 童成立(84)  |
| 景观生态规划与水土资源的管理和高效利用的关系  | 林 勇 张万军(89)  |
| 区域综合发展规划决策支持系统的研究       | 李存桢等(92)     |
| 农业水资源高效利用途径探讨           | 陈素英等(97)     |
| 资源合理利用饲料优化配方方法的研究       | 高 强等(100)    |
| 盐碱地地膜穴播冬小麦的增产结果分析       | 孙宏勇等(107)    |
| 充分发挥网络功能,搞好农业信息服务       | 田爱玲 刘慧涛(110) |
| 山地土壤类型分类及 3S 技术应用探讨     | 李红军 吴洪桥(114) |
| 信息网络与现代农业               | 刘慧涛等(117)    |
| GIS 与农业资源管理             | 吴洪桥等(122)    |
| 农业科研档案管理特点及在农业信息化研究中的应用 | 李荣娥等(126)    |
| 专家系统生成工具中模型库的建立与实现      | 张 梅等(129)    |

# 精确农业技术及其问题

刘晓冰

(中国科学院黑龙江农业现代化研究所 哈尔滨 150040)

**摘 要** 本文介绍了精确农业的概念和特点,针对精确农业的组成和现行主要技术,评述了精确农业技术所存在的主要问题,提出我国发展精确农业应该注重的几个问题。

**关键词** 精确农业 技术 问题

## 1 精确农业的概念

精确农业,作为信息农业的一种表现形式或组成部分,是近年来美国、加拿大、英国等发达国家正热衷研究和探讨的未来农业的代名词。它为当代农民和将来的农业经营者们提供了一种美好的想像。从技术角度上看,精确农业是将遥感、地理信息系统、全球定位系统、计算机技术、自动化技术和网络技术等高科技应用于农业,逐步实现精确化、集约化、信息化的现代控制农业(刘金铜等,1998)。它可根据田间因素的变化,精细准确地调整各种农艺措施(包括土壤和作物管理措施),最大限度地优化各项投入,以获取最高产量和最大经济效益,实现最大回报,同时保护农业生态环境,保护土地等农业自然资源。Mulla(1998)把精确农业简单定义为“在准确的时空内,实施精确的农业管理”。具体而言,精确农业是为了挖掘并谋求种植业和畜牧业利润最大化,所采取的精确投入的农业生产管理手段。此概念从另一角度体现了精确农业是要在降低生产成本,最小程度地减少环境污染的情况下,仍然提高粮食、饲料及纤维生产力水平。因此,精确农业是信息技术和农学的集成。

## 2 精确农业的组成及其主要技术

精确农业做为一种管理战略,从实施过程角度看,由三部分组成:①在适当的规模和频率下,采集数据;②解释和分析这些数据;③在适当的规模和时空上实施管理决策,验证管理反映。精确农业最重要最有影响的部分是管理决策如何解释并符合作物生产体系中的时空易变性!

精确农业是由一系列技术组成而不是单一技术,其现行主要技术为:

(1) 地理信息系统(GIS):其最重要的作用是数据库功能,可记录农场(区)的变化,比较管理决策,记载产量、病虫害、地表水质量及其他过去和现实的有关数据,从时空上贮存农业的投入与产出。实现 GIS 作用的关键是相关数据库与决策支持系统的连接及发展。

(2) 产量图系统(Yield Mapping Systems):是在作物收获时,记录产量的相对空间分布图,以说明来自于自然过程或农艺措施的产量变异面积。由于产量是多数管理的关键因素,精确的产量图对采用相应的空间管理决策最为理想,由此,一般的精确农业技术的实施应从此开始。

(3) 可变量技术(Variable-Rate Technologies):包括可改变特定物质投入量,甚至同时成倍地增加投入量的专业化控制器,达到适合于特定田块的理想施入量的技术。主要有两种,一种是基于图谱的技术,需要 GPS/DGPS 和可贮存适于每一田块不同位置的理想施入量设计的指令装置;另一种是基于传感器的技术,不需要地理信息系统,但包括通过对土壤的实测分析和作物传感器测定,确定特定地块的物质投入的动态指令装置。

(4) 遥感技术(Remote Sensing Technologies):主要是利用卫星或飞机对远距离高空及

外空间的遥感平台,利用可见光、红外、微波等电磁波探测仪器,进行扫描、摄影和信息感应,从而从时空上提供各种形式信息的技术,是精确农业很有潜力的重要数据来源。

(5) 地面传感技术(Groundbased Sensors Technologies):主要是指在那些人工取样和试验室分析方法经济上不可行,但可在一定强度水平下自动采集土壤、作物、病虫害数据的传感器,用于弥补卫星或遥感技术难以确定的信息,如土壤有机质、土壤含水量、阳离子交换量、硝态氮、土壤质地、杂草、土壤 pH 值和养分有效性等。

3 精确农业技术存在的问题

3.1 准确度差,技术难以掌握

GPS 接收器当时所提供的位置,不足以准确地为动态实时空的精确农业的利用提供位置,目前准确度为 100m,DGPS 准确度为 1m,但费用昂贵。GIS 软件过于复杂,尤其是全功能 GIS 软件包,即使是专业人员能灵活掌握运用也需要投入较多的人力投资,而且,一些商业性软件不能提供精确的时空定量,只能做出直观的结论。1992 年以来,产量图主要是利用质流和水分传感器来确定子粒重量,利用 GPS 接受器来记录位置,由于质流测定是在联合收割机净粒传送系统上发生,这样,收获位置有所转换,即子粒实际收割处与及其测定处有所变化,易引起动态的不准确性。

3.2 产量监视器局限性大,遥感技术管理作物生产尚不成熟

目前,仅开发出适于几种谷类作物的监视器,可安装在机械上的产量监视器又仅局限于马铃薯、甜菜和加工用番茄。尽管正在研究适于棉花和其他高附加值作物的产量监视器,但进展很慢,而且对果树、蔬菜而言,产量更难监测。因为其不是手工收获,就是重复采摘。自 1956 年 Colwell 首创研究发现远红外航片可用于小麦生活力和其他小粒粮食作物因病虫害而致的产量估测后,遥感技术主要应用在作物估产和种植面积报表方面,很少应用于作物的管理上,且卫星数据不具有空间分辨率,时间频率和传送时间上也不足以满足农业生产的需要,而且支持技术和产业结构也未建立。Jackson(1984)描述了遥感技术在作物管理上的潜力,强调提供频繁的覆盖,快速的数据传送,5~20m 的空间分辨率,及其把农艺和气象数据结合到生产体系中,是遥感技术的关键所在。Moran 等(1997)再次强调了这一观点。

3.3 精确技术的成本问题

表 1 是现行精确技术的估算成本。美国伊利诺斯州的研究者试验发现(1996),当 1 亩<sup>1</sup>为一个土壤格时,建议的施肥量明显降低,每亩节约成本 3 美元,而以 18 亩为一个土壤格时,每亩只节约 0.04 美元。然而他们发现,采集如此详细的土壤格的成本,远远超过化肥成本节约的钱,因此,解决的办法是研制成本更加节约、取样密度更高的传感方法。

表 1 农民应用精确农业技术的估算成本

| 项 目                | 成本 (美元/hm <sup>2</sup> ) | 来 源                               |
|--------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| 网格土壤取样(耕层,18 亩)    | 7.5~17.5                 | Giacchetti(1996)                  |
| 网格土壤取样(122cm,18 亩) | 40~55                    | Berglund 和 Freeburg(1995)         |
| 产量监测器              | 3.63~4.15                | Loewenberg-DeBoer 和 Swinton(1997) |
| GPS 接收器            | 1.88~3.63                | 同上                                |
| 侦察包(每周)            | 10                       | Giacchetti(1996)                  |
| VRT 控制器,施用器        | 2.5~7.5                  | Loewenberg-DeBoer 和 Swinton(1997) |
| VRT 施用             | 7.5~17.5                 | 同上                                |

假定设备为三年的使用期,6%利息,3%修理成本,示范应用面积为 400 hm<sup>2</sup> 土地上。

• 1 亩=666.67 平方米



#### 4. 我国发展精确农业应注重的几个问题

精确农业正处于发展的早期和迅速变化阶段,由于其核心技术是卫星、传感器和地理信息系统,来源于非农业行业,因此,对农业而言是极其独特的。然而,精确农业毕竟是信息技术应用在农业生产,换言之,它的应用与发展将受到信息技术的进步和农艺措施有机结合的限制,因此,开展精确农业研究,应注重如下几方面问题:

(1)要客观科学地分析我国农业生产、农村经济、农民素质的实际,有针对性地选择技术力量较强、农民素质较高、生产力水平高的区域开展精确农业研究。显然,那些连配方施肥技术都不能接受,害虫综合管理体系(IPM)尚未建立,种植方式粗放的区域不适于精确农业技术的应用与探讨。从作物产量阶段划分,我认为精确农业技术属于高产再高产阶段。

(2)精确农业研究需要从系统的方式来探索,它类似于系统原理在持续农业和以生态为基础的害虫管理战略的应用,即要从改善作物生育和管理决策的多因素的复杂互作角度来研究。需要吸收不同专业技术领域的特长,同时需要诸如农学、植物科学、遗传学、土壤学、昆虫学、气象学、杂草学、植物病理学、生态学和经济学等学科的交叉。

(3)精确农业技术的应用应突出重点,不应全套技术全部实施。要首先明确,到底在何种程度、何种水平、何种管理因素上需要信息技术以获得准确的数据资料。

(4)精确农业技术的应用及潜力将明显受到作物科学、农学研究进展的限制。只有注重作物生育规律的研究,确定作物吸肥吸水的特性,阐明环境条件与病虫害的发生关系,挖掘高效低成本农艺措施,才能建立广泛的、空间明晰的作物反应模型,才能更好地、精确地制定管理战略。

总之,信息新技术的存在为农业生产开辟了新的发展道路,为形成优化的管理战略提供了无比的能力。但是,鉴于精确农业的许多不确定性,我认为它的发展过程可能是不连续的或零散的。美国农业部专家、伊利诺斯大学 Urbana 分校教授、全美作物估产委员会主席 Sonka 博士说,精确农业在示范出效益并得到广泛采纳之前,必须对有些问题进行详细研究探讨,否则,前途并不明了。然而,信息技术至少为我们进一步明确农业生产内部过程提供了有利工具,尽管有些技术或正在被验证,或被改进,或被应用,或被拒绝。精确农业技术上和经济上的不可行性,将随着农业技术的发展和农业行业技术创新的发展而变为可行。

#### 参 考 文 献

- [1] 刘金铜,田魁祥,张广录,刘孟雨. 信息农业初论. 北京:气象出版社,1998
- [2] 田魁祥等主编. 信息农业研究. 北京:气象出版社,1998
- [3] 孙世芳. 国外精致农业概述. 北京:气象出版社,1998
- [4] Berglund, D., and M. Freeburg, 1995, Grid sampling and precision agriculture in the Red River Valley, CENTROL Crop Consulting, July 19, Twin Valley, Minn. USA
- [5] Giacchetti, N. 1996, The pricing paradox: Here's how one dealership puts a price tag on precision agricultural services. Farm Chem. 159:38
- [6] Jackson, R. D. 1984, remote sensing of vegetation characteristics for farm management Proceedings, SPIE(The International Society for Optical Engineers) 475:81-96
- [7] Loewenberg-DeBore, J., and S. M. Swinton, 1997, Economics of site-specific management in agronomic crops. Pp. 369-396 In the State of Site-specific Management for Agriculture, F. J. Pierce, and E. J. Sadler, eds. Madison, Wis. ASA, CSSA, SSSA
- [8] Moran, M. S., Y. Inoue, and E. M. Barnes, Opportunities and limitations for imagebased remote sensing in precision crop management. Rem. Sens. Environ. 1997, 61:319

# 精确农业发展与农业生态工程创新

王克林 李文祥

(中国科学院长沙农业现代化研究所 长沙 410125)

**摘要** 论文分析了西方精确农业研究及实践的主要目标及其技术思想,比较了中国农业生态工程研究与精确农业的异同点。提出农业生态工程研究及实践具有独特的功能与作用,同时亦应正视自身发展中存在的问题,吸收精确农业有关原理及方法,在理论规范化、手段现代化、过程监测及其控制自动化等方面增加高新技术含量,与信息技术、机械工程专业有机结合提高工程设计可操作性等方面努力,推动农业生态系统设计与管理的信息化与知识化,逐步形成一个基于信息技术、生物技术及机械工程装备的农业生态工程技术体系,为建立可持续发展的农业系统与实现以科学技术化为本质特征的农业现代化作出贡献。

**关键词** 精确农业 农业生态工程创新 信息技术

近十年来,欧美一些发达国家为缓解高投入、高产出的集约农业所引起的环境问题与降低生产成本,借助于信息技术的发展,纷纷开展精确农业的研究及实践。其思路是建立在“空间差异”(Spatial variability)数据采集与实时处理上。目的在于节约资源、降低成本,减少过量投入对环境的污染破坏。作为一种以信息知识为基础的农业微观管理系统,精确农业属于超前性的农业高新技术,是现代农业发展的必然结果。其技术思想与农业生态工程原理相比,既有共同之处,同时又具有各自存在的条件与发展基础。二者的相互渗透与协同发展将推动我国基于知识和信息的传统农业现代化,有利于促进农业资源的高效利用与环境保护。本文试图初步分析精确农业与农业生态工程的关系,借鉴精确农业的有关原理及技术手段,提出我国农业生态工程研究创新构想。

## 1 西方精确农业技术思路

精确农业是信息技术和人工智能技术在优化管理适当尺度的农业生产系统上的集成应用。其技术思想的核心,是获取农田小区作物产量和影响作物生长的环境因素(如土壤结构、地形、植物营养、含水量、病虫害等)实际存在的空间和时间差异性信息,分析影响小区产量差异的原因,采取技术上可行、经济上有效的调控措施,改变传统的农业大面积、大群体平均投入的资源浪费型做法,区别对待,按需实施定位调控,即“处方农作”<sup>[1]</sup>。

其操作过程一般包括以下4个阶段:①随时间及空间变化采集数据;②根据数据绘制电子地图,并经加工、处理,形成管理设计执行图件;③精确控制田间作业;④对其执行效果进行评估。其主要支持技术包括全球定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)、传感器及监测系统、计算机控制器及变量执行设备。

欧美发达国家实施精确农业是在已有较高生产水平和巨额经济效益的前提下,将提高资源利用效率、降低生产成本和过量施用农化产品带来的污染风险作为主攻目标,而非追求最大生产能力或增加产量。因此,它并不能直接使农作物产量大幅度提高,而是通过GPS和计算机控制技术准确计算出一块地当时所需投入,从而减少不必要的投入与资源浪费,提高投入产

出转换效率。同时,由于减少了不必要的化肥、农药等农化产品的过量投入,也就减少了由此造成的土壤、地下水及空气污染,起到保护环境与保证农业可持续发展的作用<sup>[2]</sup>。

精确农业是为适应集约化、规模化程度高的作物生产系统可持续发展目标而提出的,其边际效益与经营规模成正相关。生产规模较小的农场,其精细耕作程度较高,实施精确农业产生的效益也相应较少。美国、加拿大等一些规模较大(一般有上千公顷以上的连片土地)、生产专业化水平较高的农场,由于地块较大,耕作相对粗放,如果很大一块地都采用同一种肥力平均投入水平,就会造成部分地块肥力投入不足而部分地块肥力投入过量。因此,连片规模较大的农场实施精确农业的效益比中小农场要大得多。

根据信息技术应用水平与集成程度,西方精确农业可划分为代表不同发展阶段的三种类型:①无任何信息技术(IT)组成的传统方式(准备和初级阶段);②管理信息系统(MIS)、专家咨询系统(ES)和简单机械化为主的类型(初步阶段);③空间信息技术的充分应用和全面自动化处理类型(基本实现阶段),包括自动数据收集、集成 MIS/DSS(决策支持系统)等技术支持系统<sup>[3]</sup>。欧美发达国家已于 20 世纪 50~60 年代完成以农业机械化特征的农业现代化,目前正进入农业现代化后的农业信息化初建阶段,随着有关专用硬件和设施系统的进一步开发与完善,他们在 21 世纪将率先进入计算机辅助管理的精确农业时代。

## 2 我国农业生态工程研究中面临的挑战及应对策

欧美国在开展精确农业研究与实践这 10 多年中,我国具有中国特色的、同样追求提高资源利用效率与改善系统环境状况的农业生态工程研究也方兴未艾。

农业生态工程是有效运用生态系统中各生物种充分利用空间和资源的生物群落共生原理,系统内多种组分相互协调和促进的功能原理及地球化学循环规律,实现物质和能量多层次、多途径利用与转化的原则,设计与建设合理利用自然资源、保持生态系统多样性、稳定性和高效、高生产功能的农业系统所涉及的工程理论、工程技术及工程管理<sup>[4]</sup>。80 年代以来,在马世骏先生的倡导下,生态工程研究及示范在我国取得了较大进展,取得了一系列高水平的成就。

### 2.1 中国农业生态工程具有不可替代的独特作用

首先,农业生态工程适应我国人多地少、山丘区面积大、农业生产条件复杂、经营单位以分散农户为主、农业劳动力资源过剩且文化素质较低的特点,其劳动密集与技术密集有机结合的思想符合我国国情与经营模式的需要。

其次,与欧美规模化、专业化与机械化程度较高的生产格局相比,农业生态工程适应我国农业生产规模小、经营综合性强的特点<sup>[5]</sup>。近期内,无论农户还是农场,仍普遍实行综合性为主的经营。如我国南方丘陵山区生态工程试点模式一般都以农户或村落为基本单元设计,在较小的地域上进行农林牧渔复合产业发展与立体布局设计,包括坡地果草间作、稻田肥轮作、稻田养鱼、草基鱼塘、畜禽养殖及沼气再生能源工程等,构成一个结构层次多、食物链呈网络状结构的复合生态系统。由于充分利用了整体效应、边缘效应、协调与循环再生原理等,能在较小地域空间上获得较高的整体效益。

第三,农业生态工程的目标是经济、社会、生态效益的统一,并将提高生产能力与经济效益放在首位,这与西方精确农业把环境改善与降低生产成本放在首位的目标并不完全相同。

### 2.2 农业生态工程研究中存在的问题及改进设想

面对正在兴起的精确农业浪潮,我国农业生态工程研究面临严峻的挑战。应在肯定其不可替代作用的同时,也要敢于正视和克服自身的弱点。从目前状态而言,要在以下四个方面有所

提高。

#### 2.2.1 缺乏量化的模型指导,指导工程设计可操作性差

我国农业生态工程目前尚难像精确农业那样,依据可靠参数,标准化地设计出令人满意、易于操作的生态工程样板。虽然有些工程如太阳能温室大棚、养猪、沼气池、蔬菜种植四位一体的能源生态工程,已有了地方性的技术标准<sup>[6]</sup>,但总体上尚处于经验摸索阶段。生态工程设计应借鉴精确农业思想,向量化方向发展。正如马世骏先生要求的“要达到模型化和量化,能够按设计的模式进行施工。通过量化过程进行优化组合,才能使生态工程真正建立在立足于科学化的基础上”。

#### 2.2.2 种、养、加产业链条设计缺乏高科技含量

相对而言,我国农业生态工程主要是在总结传统经验与农民自己创造的模式的基础上发展起来的,与高技术嫁接不够。没有注意组装一批基于信息和知识的单项适用先进技术支持当前的“科技兴农”。如:GPS、GIS 技术用于农田管理、节水灌溉、环境监测的实用技术;面向农业生产者应用的电子仪器、实用监控设备;农业装备信息化技术;精细测土配方施肥、病虫草害快速实用监测技术;智能化生态系统管理辅助决策支持系统等。农田系统的调控因缺乏及时准确的监测技术的支持,难以变成现实。

实现基于信息和知识的农业生态系统精细管理的技术思想,不应仅限于农田生态系统,还应该扩展到种、养、加,产前、产中、产后的整个过程。近十多年来,发达国家全自动化设施园艺业的发展和养殖业中动物生长预测模型与配料、环境调控自动化系统的结合,农产品产后储藏、保鲜、加工为达到高品质、高附加值产品的过程中,都已吸收了电子信息科技前沿的成就。与信息技术、生物技术有机结合的高新生态技术尤应在设施园艺、集约养殖、农产品品质优选、加工增值产业中先付诸实践与推广,这对依靠先进技术装备和农业精细经营技术的支持,调整传统农业的结构,转变农业增产方式,促进农业增产、农民增收,具有重要的现实意义。

#### 2.2.3 理论研究规范化与支撑手段现代化尚需加强

首先对种类繁多的生态工程模式,尚缺乏全面的抽象上升和进一步的理论概括,大多停留于单个案例的分析与评价阶段。其次,生态工程设计的规模主要限于农户及村落两级,县级或更大尺度的规范化、区域化工程不多。能量流动太小,物质循环强度较弱,空间尺度(经营规模)不大,不利于规模化经营格局的形成。第三,数据采集困难,周期长,准确性差。数据采集主要靠人力调查或统计报表,缺乏动态更新,更谈不上根据参数变化修正设计方案。生态系统具有反馈机理,通过正负反馈的对立统一而保持动态平衡。由于天然的或人为因素强烈影响,生态系统可能受到逆境因素冲击而变得不够稳定。如果缺乏对反馈过程中主要因素变化状况的及时监测,就难以采取人为调控措施及时修复不稳定系统。因此应注意提高生态科学理论与方法的严密性,改进生态数据采集方式与分析处理手段,把农业生态工程的精度推向更高的阶段。

#### 2.2.4 学科构成较为单一,与信息技术、工程技术结合不够

农业生态工程是一个集成系统,它涉及到多种学科知识的支持,需要学习应用不同子系统已经形成的硬、软件设计规范、标准、数据格式与通信协议,应用已有的单项技术成果,研究建立某些支持技术的新标准。但目前从事生态工程研究的专业人员多来自生态学、地理学、农学等自然科学或农艺技术背景,与信息技术、机械工程等专业人员协作不够。近几年来,国外研究实践中已经积累了一些进行精确农业技术体系集成组装的经验。我们要研究这方面的进展,参与国际交流。生态工程学在解决复杂社会、经济和生态复合系统重大设计时,必须学会金字塔

型的跨学科综合研究,特别要重视与信息技术、工程最优化设计、计算机辅助设计(CAD)、机械工程等专业的协作,高水平的工程技术与信息技术人员的加盟对提高生态工程设计的可操作性将起到关键作用。高校农业生态学教学内容改革中,也要逐步创造条件开设有关GPS、GIS、RS应用课程,并加强必要的实验研究设施。

### 3 问题与思考

长期以来,农业一直是投入产出效率较低产业。精确农业与农业生态工程均以提高资源利用效率、降低生产成本、改善环境状况为目标。信息技术、生物技术与生态工程建设的相互渗透将有助于人类有效解决环境与发展的矛盾,促进农业的可持续发展。

精确农业是信息技术发展的结果,代表了现代农业的发展新趋势。迄今,国际上关于精确农业的研究尚处于发展的幼年时期,支持技术产品也尚待不断深入研究。其意义是提出了一种经营现代农业的新技术思想并付诸于实践,发展前景已在国际上具有广泛的共识。虽然我国农业自然条件差异较大,现阶段经济发展水平低,劳动力资源丰富但文化素质差,经营单位小而分散,生产手段仍较落后,农业发展仍处于传统农业向现代农业转化的历史过程中,全面实践这一新技术体系的路程还很遥远。但精确农业追求降低生产成本与避免污染的思路同样适合中国国情。对此浪潮我们应该持热烈欢迎并积极响应的态度。按技术集成水平和机械化程度,可将我国精确农业行动类型划分三类,它们分别适合不同类型区域的资源环境特点与管理水平。①具有单项实用性较强的农业专家系统与信息软件等信息技术的无机械化精确农业。即无任何变率处理设备(VRT),仅利用GIS(地理信息系统)和农业专家技术系统对单项或几项因子的时空变化,进行查询和辅助决策。这种简单而有效的精确农业,适合现阶段我国大部分地区,尤其是丘陵山区。此类型可代表我国精确农业的准备阶段。②部分机械化与信息化技术的精确农业。指部分利用VRT机械化设备,用于收割、播种、施肥与灌溉,部分设备具有自动监测与测控功能,其余部分仍由GIS与专家系统查询,然后组织实施。此类型可代表我国精确农业的初建阶段,适合于在我国东北平原、华北平原等已有一定程度规模化经营与机械化作业的大农场开展试验示范。③全自动化、信息化的精确农业。即全部利用VRT机械化设备,GIS提供决策基础,DSS辅助决策,GPS定位,自动控制耕作全过程和建立健全田间管理档案。此类型可代表精确农业的基本实现阶段。在我国的应用还有很大难度。但作为超前研究近期可在黑龙江或新疆建设兵团选择1个机械化程度高、集中管理的大农场进行试验示范。

我国农业生态工程与精确农业思想具有一些共同之处,同时又有不可替代的独特作用。二者学术思路与技术手段的相互渗透,将会大大提高农业资源的利用效率,改善农业环境。农业生态工程研究目前存在缺乏量化模型、与高技术嫁接不够、规范化理论研究与支撑手段现代化尚需加强、学科构成较为单一等问题。“软”科学研究较为深入,“硬”技术手段尚不够现代化。启动农业生态工程创新示范与实践研究,将有利于推动实现我国农业生产知识化与信息化进程,改变传统技术思想,追踪科技进步,有利于推动基于信息和知识的农用先进支持技术的发展。因此我们要有紧迫感,不仅要重视原理与战略方面研究,还应重视定量化、规范化生态技术与信息工程层面上的战术研究。借鉴精确农业技术思想与研究手段,加强多部门、多学科间的协同攻关,使我国农业生态工程研究与实践真正建立在严密性的基础上。

### 参 考 文 献

- [1] 汪懋华.“精细农业”发展与工程技术创新.农业工程学报,1999,15(1):1~8
- [2] 张伟.农业发展的新课题——精确农业.农业工程学报,1997,13(3):249~252

- [3] 喻歌农,周泳.试论精确农业及我国行动对策.自然资源学报.1999,14(1):69~74
- [4] 张壬午,许文瑛,韩玉珍.论农业生态工程.生态农业研究.1998,6(1):14~18
- [5] 钦佩,安树青,颜京松.生态工程学.南京:南京大学出版社,1998
- [6] 孙鸿良,张壬午,韩纯儒等.农业生态工程的产生、研究进展及我们的任务.农村生态环境,1992(2):23~

30

# 中国粮食现状与加速农业现代化建设

耿清国 王建江

(中国科学院石家庄农业现代化研究所 石家庄 050021)

**摘要** 本文从对我国粮食生产的历史与现状分析入手,揭示了我国农业生产中存在的问题,并提出了加快我国农业现代化建设、确保 21 世纪食物生产安全,推动我国农业和农村可持续发展的对策。

**关键词** 农业 粮食生产 可持续发展

我国是人口众多,资源相对缺乏的农业大国。农业始终都是国民经济的基础。经过 20 年的改革与发展,我国农业发展已进入了一个新的阶段,主要表现在农业综合生产能力大幅度提高;主要农产品产量稳步增长,农产品的供应由长期缺乏到供求总量大致平衡并出现丰年有余;农业抗风险能力逐渐增强。在我国欢欣农业成功喜悦的同时也应保持冷静分析与判断,农业领域的国际竞争日趋激烈,我国农产品高产优质生产的任务仍然很重,总体上农业的产业素质和农产品的国际竞争能力与发达国家相比仍有很大差距,尤其是我国加入 WTO 之后,将面临着国外优质廉价农产品的竞争,我国农业将面临更加严峻的压力;充分挖掘农业资源的生产潜力,改善农村生态环境,提高农业整体效益,增加农民收入的任务仍相当繁重,再加上自 1996 年底,农业私有化思潮冲击中国农村大地,导致农村双层经营体制发生动摇,生产情绪低沉,严重影响了农业生产的健康发展和农村社会的稳定和进步。因此,我国农业在面临国内、国际双重压力和挑战的形势下,确保 21 世纪的食物生产安全,推动我国农业和农村的可持续发展,已成为我国农业今后发展和农业科技面临的根本任务。

## 1 粮食面临问题及分析

### 1.1 粮食生产总量过剩

据统计 1997 年底全国农民家庭中待售余粮约 350 亿 kg,国家粮库库存超过需求 50%,约有 500 亿 kg;粮食库存总量达到 2000 亿 kg,超过历史最高水平,本年度人均占有粮食达 406kg 超过世界人均占有粮食的水平,完全有能力满足国内的粮食的需求。如图 1 所示。

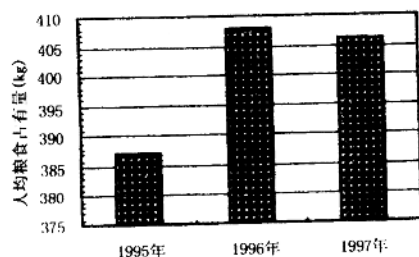


图 1 近年我国人均粮食占有量

从我国近 40 年来粮食生产状况进行分析发现,中国所占世界不足 1/7 的耕地,养活了全球 1/5 以上的人口,这不能不说是一个奇迹,由图 2 及图 3 可以看出 1949 年粮食总产为 11320 万 t,1949~1965 年全国粮食总产接近 2 亿 t,1966~1977 年全国粮食总产超过 2 亿 t,1978~1986 年度超过 3 亿 t,自 1987 年开始突破 4 亿 t 大关,自 1992 年开始达到 4.5 亿 t 以上。1996 年农业又获大丰收,粮食总产达 49500 万 t,增长 6.5%;粮食单产也由 1949 年的 69kg/亩,到

1993 年提高到 275kg/亩,年均递增 6.4%。

分析其原因近 50 年来,中国粮食作物播种面积由 1949 年的 1.47 亿亩变化到 1993 年的 1.43 亿亩,减少了近 2.7%,但同期粮食总产却增加了 3 倍,这种强烈的反差,反映出了单产的大幅度的提高是粮食总产提高的直接原因。通过对 1980~1989 年 10 年进行分析,粮食总产与单产的相关系数高达 0.988,据有关数据分析单产提高的贡献度为 83.12%,而复种指数提高的贡献度为 16.88%。

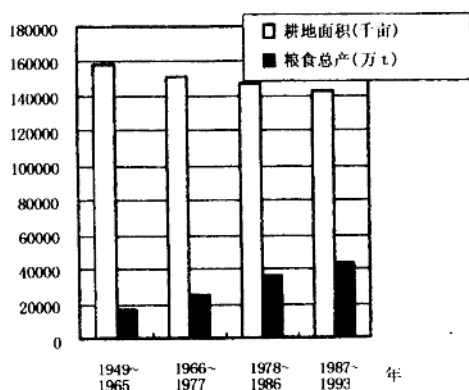


图2 耕地面积与粮食总产量平均变化

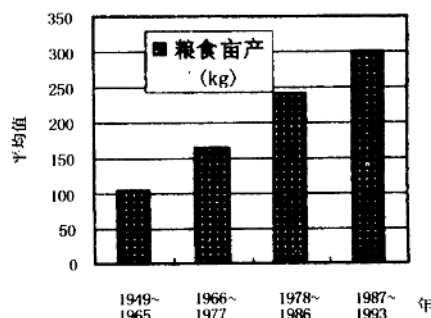


图3 粮食单产平均变化

## 1.2 粮食价格的持续上涨,再加上不适当的粮食进口,加剧了国内粮食的供需矛盾,对农业的持续稳定发展潜伏着危机

1994 年上半年国内粮价低于国际市场约 20%~30%,提高粮食价格,提高农民种粮的积极性,促进农业的快速发展的需要呼声,越来越高。1994 年下半年开始粮食大幅度提价,提价幅度高达 50%(与通货膨胀同步),国内粮价高出国际市场约 20%。使国内粮食生产的积极性普遍提高,使 1995 年粮食总产达到 46500 万 t,较 1994 年增长 4.8%,本来可以满足国内对粮食的需求,但由于国内粮价与国际市场的差价,进口粮食可获暴利,于是在利益推动下,1995 年度粮食净进口量达 1976 万 t,占国内商品粮的 1/2 左右,导致国内市场粮食充盈。农村卖粮难问题开始出现,另一方面国际粮价也随之上涨。1996 年粮食再次提价,上涨幅度为 48%,导致粮食价格仍超过国际市场价格 30%~40%。例如国内市场小麦价格为 221.5 美元/t,玉米为 168.5 美元/t,分别高出同期国际市场价格的 35.3%和 20.7%,这一年粮食总产超过 49500 万 t,增速达 6.5%,人均占有粮食超过世界平均水平,国家本应扩大出口而结果仍净进口粮食 1300 多万吨使国内粮食供求关系失衡。农民卖粮难的问题呼声一再高涨。1997 年粮食仍获得好收成,但由于卖粮难的问题,虽导致市场粮价下跌 20%左右,但此时粮食价仍高于国际市场 20%~30%,因此再次出现净进口,1995~1997 年度三年内共净进口粮食 3000 万 t,相当于正常年份粮食定购量的 80%,这样,对我国粮食生产既起到了巨大刺激农户的积极作用,同时又为阻碍农业发展埋下隐患。主要表现在:

(1) 由于农民卖粮难的问题,今后我国农产品价格的上涨余地又极其有限,相反因农产品供求矛盾缓和出现价格下跌,则会直接影响到农民生产积极性的下降。例如 1997 年尽管秋粮播种面积增加 1600 万亩,但总产与上年同期相比仍减少 200 亿 kg,减产幅度超过 5%,这在近 50 年的历史上也属罕见。

(2) 粮食企业因销售价格下跌造成亏损 50 亿元,再加上供求制约、调销困难,占压资金



2000 亿元,影响到了国民经济的健康发展,粮食生产的压力越来越大。

由此可以看出,在市场经济条件下,我国农业的发展将面临市场和农业生产资源的双重制约,即将进入一个新的转折时期,特别是如中国加入 WTO,必将会对我国农业产业产生深刻的影响,为顺应国际市场的挑战和竞争,必须加快我国农业现代化建设已成为当务之急。

## 2 迎接未来的挑战的对策及思考

### 2.1 依靠科技创新,加快农业现代化建设

21 世纪的到来,将意味着我国面临着无法回避的粮食供求平衡问题,因为它关系到国家的稳定与发展,必须选择一条适合中国国情,也符合全球总体战略的粮食生产战略和道路。

表 1 2000~2020 年粮食需求预测分析

单位:亿 kg

| 年 度  | 人口(亿人) | 产量     | 需求     | 缺口      | 缺口/需求×100% |
|------|--------|--------|--------|---------|------------|
| 2000 | 13     | 5227.5 | 5770.2 | -542.7  | 9.4        |
| 2010 | 14.5   | 6092.3 | 6957.7 | -865.5  | 12         |
| 2020 | 15.5   | 6959.0 | 8145.3 | -1188.3 | 14.6       |

随着人们生活水平的提高、经济的发展,食物消费也将大幅度增加,到 2015 年,我国粮食总产量需达到 6.5 亿 t,而且人均耕地将减少近 30%,人均水资源将减少 25%左右。如表 1 所示,我国在 2010 和 2020 年对粮食的需求极有可能大大超过耕地的生产能力,再加之结构性失调,可能加剧供求矛盾。

由此可以看出,任何一个国家或几个国家都难以长期为中国提供稳定的粮食出口量,即使国际市场也难以作到在 21 世纪上半叶,如果我国粮食缺口达到 500~1000 亿 kg,社会需求占到目前国际粮食贸易量的 25%~50%,这将给世界粮食贸易带来巨大的压力,加剧粮食市场的争夺,市场风险加大,粮价上升,难以保证稳定的粮食进口。一方面进口大量粮食需浪费巨额外汇,不利于国家的整体综合发展,将延缓工业迅速赶上发达国家的进程;另一方面大量进口粮食将导致国内粮食生产萎缩,致使国内粮食供求关系更加紧张。因此,我们必须通过以生物技术等为手段的科技创新,大幅度提高单产,以提高资源短缺的压力,确保食物安全。

与国际发展形势类似,我国长期以来重视农业增产技术的研究、开发、应用。到目前为止已结束了食物缺乏的历史,据有关测定显示,1972~1980 年中国农业增长中,农业科技进步所占比重为 27%,80 年代达到 30%~40%,但仍低于农业发达国家 60%~70%的水平,依靠科技创新,保证粮食稳定安全潜力巨大,在下世纪初可重点围绕以下几个方面加大科技创新投入。

(1) 加强农业生物技术的研发、开发与推广。主要包括基因转移技术、植物遗传性状转化技术、生物育种技术及组织培养和工厂化生产技术,切实提高农产品质量,降低农业生产成本,调整农业生产结构,解决农民增收问题,已成为我国农业工作的核心。

(2) 加快由资源消耗外延型的模式向技术密集的内涵式方面转变,最终实现由传统农业向现代农业的转变。例如设施农业的相关技术研究,从依赖自然条件的传统农业生产方式到可控环境生产方式的综合技术的开发;在精确农业或信息农业技术方面,需要改变从作物生长信息到农产品流通方面的信息等方面收集内容少而且不够及时和准确,缺乏数据的分析和处理,在农业管理信息系统和专家决策支持系统的研究方面更显乏力,距实际的应用和国际发展水平存在着相当大距离的现实,所以应着重发展与农业相关的工业技术,培育一批工农结合型的技术集团。