

# “精细农业”发展与工程技术创新

汪懋华<sup>①</sup>

(中国农业大学精细农业研究中心)

**摘 要** 综述了目前国外“精细农业”实践的主要目标及其技术思想的内涵,着重围绕其主要支持技术发展,讨论了有关工程技术创新及推动我国开展试验研究的问题。针对目前国外对这一技术体系的研究与实践,主要集中在基于 GPS 和 GIS 技术应用的作物生产系统精细管理方面,提出用“精细农作”的译名来表达。进入 21 世纪,基于知识和信息的“精细农作”技术思想,必将扩展到大农业经营的各个领域,推动农业生产的信息化与知识化,逐步形成一个基于农业生物科学、电子信息技术及工程装备为主导的“精细农业”技术体系,为建立优质、高效和可持续发展的农业系统服务。

**关键词** 精细农业 精细农作 GPS 和 GIS 工程技术创新

近两年来,我国科技界在推进新的农业科技革命中,对国外“精细农业”技术的发展,引起了广泛的关注。“精细农业”技术体系是农学、农业工程、电子与信息科技等多种学科知识的组装集成,其应用研究发展必将带动一批直接面向农业生产者应用服务的电子信息高新技术,如:卫星定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)、遥感技术(RS)的农业应用;农田信息快速采集仪器、农田耕作、土肥管理、农药利用、污染控制等适用技术和农业工程装备及其产业化技术的研究与开发,对推动我国基于知识和信息的传统农业现代化,具有深远的战略性意义。

“精细农业”,即国际上已趋于共识的“Precision Agriculture”或“Precision Farming”学术名词。实际上,目前国外关于 Precision Farming 的研究,基本上仍是集中于利用 3S 空间信息技术和作物生产管理决策支持技术(DSS)为基础的面向大田作物生产的精细农作技术,即基于信息和先进技术为基础的现代农田“精耕细作”技术。因此,采用“精细农作”译名来表达当前这一技术思想的内涵更为确切。“精细农作”是直接面向农业生产者服务的技术,这一技术体系的早期研究与实践,在发达国家始于 80 年代初期,由从事作物栽培、土壤肥力、作物病虫草害防治的农学家在进行作物生长模拟模型、栽培管理、测土配方施肥与植保专家系统应用研究与实践中进一步揭示的农田内小区作物产量和生长环境条件的明显时空差异性,从而提出对作物栽培管理实施定位、按需变量投入,或称“处方农作”而发展起来的;在农业工程领域,自 70 年代中期微电子技术迅速实用化而推动的农业机械装备的机电一体化、智能化监控技术,农田信息智能化采集与处理技术研究的发展,加之 80 年代各发达国家对农业经营中农业生产力、资源、环境问题的广泛关注和有效利用农业投入、节约成本、提高农业利润、提高农产品市场竞争力和减少环境后果的迫切需求,为“精细农作”技术体系的形成准备了条件。海湾战争后卫星定位系统(GPS)技术的民用化,使得它在许多国民经济领域的应用研究获得迅速发展,也推动了“精细农作”技术体系的广泛实践。近 20 年来,基于信息技术支持的作物科学、农艺学、土壤学、植保科学、资源环境科学和智能化农业装备与田间信息采集技术、系统优化决策支持技

收稿日期: 1998-01-20

① 汪懋华,中国工程院院士,教授,CSAE 副理事长,北京清华东路 中国农业大学(东区)精细农业研究中心,100083

©1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.

术等,在 GPS GIS空间信息科技支持下组装集成起来,形成和完善了一个新的精细农作技术体系和开展了试验实践。迄今支持“精细农作”示范应用的基本技术手段已逐步研究开发出来,在示范应用中预示了良好的发展前景。

## 1 “精细农作”技术思想的内涵及其主要支持技术

“精细农作”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,区别对待,按需实施定位调控,即“处方农作”。

千百年来作物生产,都是在区域或田块的尺度上,把耕地看作是具有作物均匀生长条件的对象进行管理,传统的农业技术推广模式,也是在区域尺度上进行品种选择、土肥监测,通过地区试验积累的适于当地的栽培管理措施向农户推荐使用。实际上,人们早已认识到,即使在同一农田内,地表上、下亦存在影响作物生长条件和产量的明显时空分布差异,包括农田内作物病、虫、草害总是先以斑块形式在小区发生,再逐步按时空变化蔓延的。我国农民几千年来在小块土地上经过劳动密集的投入和积累的丰富生产管理经验的形成的“传统精耕细作”技术,也可以在小块农田内达到很好的经济产量,只是没有现代科学方法的定量研究和现代工程手段的支持来形成大规模的生产力。本世纪初期,科学家就研究报告过作物产量和田间土壤特性,如 N R K SOM 含量、pH值等在田间分布具有明显的差异性。1929年, Illinois 大学 C. M. Linsley 和 F. C. Bauer 发表文章劝告农户应绘制自己田区内的土壤酸度分布图和按小区需求使用石灰。此后,一直都有关于农田土壤和收获量空间变异性研究的报道。80年代以来,关于在农田中实施土壤肥力、植保和作物生产定位管理(Site Specific Crop Management)的技术研究受到广泛的重视。世界著名厂商先后向市场提供了装有空间定位和产量传感器的现代谷物联合收获机,可以在收获过程中自动生成以  $12\sim 15\text{ m}^2$  为单元组成的农田小区产量分布图。多年的试验实践表明,田区内小区平均产量的最大差异可以超过 100%。由于作物生产还受到气候变异的影响,经连续多年对同一田区记录的数据表明,同一小区年际间的产量差异性也可能是十分明显的。田区内产量明显的时空分布差异性,显示了农田资源利用存在的巨大潜力。现代农学技术与电子信息技术的发展,为定量获取这些影响作物生长因素及最终收成的空间差异性信息,实施基于知识和现代科技的分布式调控,达到田区内资源潜力的均衡利用和获取尽可能高的经济产量成为可能。图 1 是精细农作技术思想的示意图。其实施过程可描述为:带定位系统和产量传感器的联合收获机每秒自动采集田间定位及对应小区平均产量数据→通过计算机处理,生成作物产量分布图→根据田间地形、地貌、土壤肥力、墒情等参数的空间数据分布图,作物生长发育模拟模型,投入、产出模拟模型,作物管理专家知识库等建立作物管理辅助决策支持系统,并在决策者的参与下生成作物管理处方图→根据处方图采用不同方法与手段或相应的处方农业机械按小区实施目标投入和精细农作管理。上述精细农作技术体系在许多发达国家的试验和应用表明,可以显著节约投入,获得良好的经济效益,受到农户的欢迎。

“精细农作”是基于田间小区农作条件的空间差异性,以实现优化作物生产系统目标的。但工程支持技术的开发研究,对实现这一技术思想起着关键的作用。如:农田信息采集与处方农作的空间定位,需依靠卫星定位系统(GPS);地理空间信息管理和数据处理,需要应用地理信息系统(GIS);未来大量地理空间数据的更新,需要遥感技术(RS)的支持;作物产量计量与小区产量图的生成需要能按秒记录收获机累计产量和对应地理坐标位置的智能型收获机械,以

及计算机数据处理和产量图自动生成技术;田区空间变量信息的快速实时采集,需要研究基于新原理的传感技术与信号处理技术;按小区实施自动处方农作、调控目标投入需要变量处方农业机械;制定科学的农作处方需要计算机作物管理辅助决策支持系统的支持;作为一个能协调运作的智能化系统需要有高效的信息集成以及有关信息传输、标准化技术的研究等等

迄今“精细农业”在发达国家也不过五、六年的应用试验历史,部分支持技术手段还不十分成熟,有待不断完善,相关的应用基础研究还比较薄弱。“精细农作”应用实践可根据不同国家、不同地区的社会、经济条件,围绕提高生产、节本增效、保护环境的目标,采用不同的技术组装方式,逐步提高作物生产管理的科学化与精细化水平。其中,获取农田小区产量空间分布的差异性信息是实践精细农作的基础。有了小区产量分布图,农户既可以根据自己的经验知识,分析小区产量差异的原因,选择经济适用的对策,在现实可行条件下采取适当措施实施调控;也可以根据技术经济发展的条件,利用先进的科技手段或智能化变量处方使农业机械实现生产过程的自动调控。建立一个完整的精细农作技术体系,需要有多种技术知识和先进技术装备的集成支持,这为农业工程师提供了进行技术创新的机遇。

## 2 “精细农作”技术发展与工程技术创新

### 2.1 3S技术农业应用研究

“精细农作”中的定位信息采集与处方农作实施,需要采用全球卫星定位系统(GPS)。已经建成投入运行的有美国GPS系统和俄罗斯的GLONASS系统。美国GPS系统包括在离地球约20 000 km高空近似圆形轨道上运行的24颗地球卫星,其轨道参数和时钟,由设于世界各大洲的五个地面监测站和设于其本土的一个地面控制站进行监测和控制。使得在近地旷野的GPS接收机在昼夜任何时间、任何气象条件下最少能接受到4颗以上卫星的信号,通过测量每一卫星发出的信号到达接收机的传输时间,即可计算出接收机所在的地理空间位置。信号处理技术的发展,可使微弱的卫星信号为便携式或掌上型接收机的小型天线所接收。这是一个功能强大、对任何人、在全球任何地方都可以免费享用的空间信息资源。近几年来,GPS产业技术发展迅速,若干大公司迅速涉足农业领域,提供了用于农田测量、定位信息采集和与智能化农业机械配套的DGPS产品。这类产品通常均具有12个可选的卫星信号接收通道,动态条件下每秒能自动提供一个3维定位数据,动态定位精度一般可达分米和米级,并具有与计算机和农机智能监控装置的通用标准接口。如美国Trimble公司Ag132 12通道GPS接收机,可接收信标台发布的地区性差分校正信号免费服务或获得由近地卫星转发的广域差分收费校正信

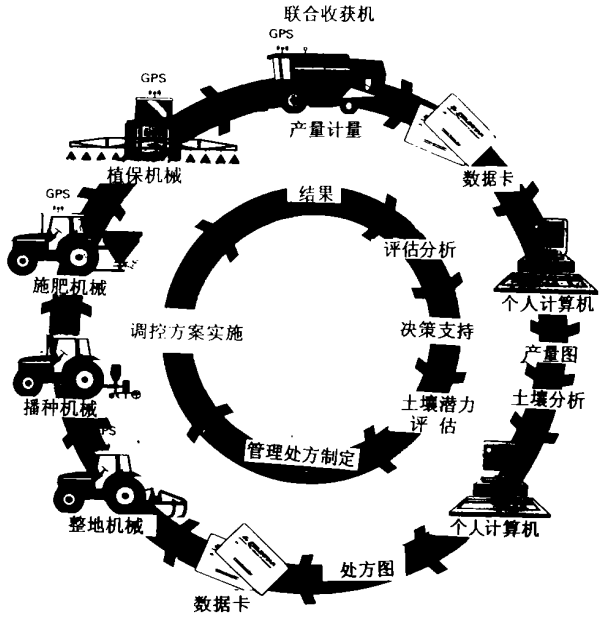


图 1 精细农作技术思想示意图

(来源: Massey Ferguson Inc.)

Fig. 1 The sketch of technical ideas of precision farming

号服务,提供可靠的分米级定位和 0.16 km/h 的速度测量精度。系统可用于农田面积和周边测量、引导田间变量信息定位采集、作物产量小区定位计量、变量作业农业机械实施定位处方施肥、播种、喷药、灌溉和提供农业机械田间导航信息等。配置这一系统需要考虑本地区可能提供的差分信号现有条件,或在缺乏上述服务条件下购置两台 Ag132 和配套通信电台建立独立的自用差分 GPS 系统,另还可配置必要的专用可选件,如基站附件、导航附件、背负式田间信息采集附件、掌上型计算机及必要的联接信号电缆等。DGPS 技术的迅速发展,使得近几年来各国提供局域差分信号免费服务的信标站迅速建设起来,至 1996 年末,美国这类信标站的地地区覆盖范围已接近国土的 2/3。信标站差分信号服务半径约计 300 km。我国在东南沿海原交通部也建立了近 20 个这类信标站。以近地卫星作为星载 GPS 广域差分信号服务系统在今后几年内也可望在我国部分地区相继建立。在竞争中谋求信息高新技术产品市场的商业利益,将是今后 GPS 技术发展竞争的总趋势。GPS 用户系统外观结构简单,小型化,操作方便,但技术含量高。现有国外农机厂商配套的 GPS 产品,大多采用 OEM 方式引进关键部件进行二次开发后嵌入农业机械应用系统中,可使性能价格比显著改善。DGPS 作为农业空间信息管理的基础设施,一旦建立起来,即不但可服务于“精细农作”,也可用于农村规划、土地测量、资源管理、环境监测、作业调度中的定位服务,其农业应用技术开发的前景广阔。

地理信息系统 (GIS) 作为用于存储、分析、处理和表达地理空间信息的计算机软件平台,技术上已经成熟。它在“精细农作”技术体系中主要用于建立农田土地管理、土壤数据、自然条件、作物苗情、病虫害发生发展趋势、作物产量的空间分布等的空间信息数据库和进行空间信息的地理统计处理、图形转换与表达等,为分析差异性和实施调控提供处方信息。它将纳入作物栽培管理辅助决策支持系统,与作物生产管理与长势预测模拟模型、投入产出分析模拟模型和智能化农作专家系统一起,并在决策者的参与下根据产量的空间差异性,分析原因、作出诊断、提出科学处方,落实到 GIS 支持下形成的田间作物管理处方图,指导科学的调控操作。由于农业活动涉及广阔的地理空间和各种管理信息都有明显的空间随机分布特征, GIS 在农业中具有广泛的应用价值。在形成农业空间信息地理图形时,采样密度、采样成本与信息处理的方法如何能更准确反映参数的空间分布,仍然是尚待深入研究的课题。由于商用 GIS 系统的功能一般都照顾到各种类型用户的需要,针对农业资源信息管理和精细农业实践的需要和农村用户的特点,开发基于 GIS 设计规范的简单实用、易于向基层农村用户推广、界面友好的田间地理信息系统 (FIS) 已引起学术界的注意,值得我国农业工程师进行创新研究。

遥感 (RS) 技术是未来精细农作技术体系中获得田间数据的重要来源。它可以提供大量的田间时空变化信息。近 30 多年来, RS 技术在大面积作物产量预测、农情宏观预报等方面作出了重要贡献。由于卫星遥感数据目前尚达不到必要的空间分辨率和提供满足农作需要的实时性,目前还未用于作物生产的精细管理。然而,遥感技术领域积累起来的农田和作物多光谱图像信息处理及成像技术、传感技术和作物生产管理需求密切相关。RS 获得的时间序列图像,可显示出由于农田土壤和作物特性的空间反射光谱变异性,提供农田作物生长的时空变异性的信息,在一季节中不同时间采集的图像,可用于确定作物长势和条件的变化。基于遥感产业界对“精细农作”的商业兴趣,一系列的地球观测卫星将在近几年内发射,到 2005 年,将有超过 40 个这类卫星提供服务。大部分这类卫星采集的全色图像,空间分辨率将达 1~3 m,多光谱图像分辨率预计可达 3~15 m,扫视区 6~30 km。由于采用卫星遥感比航空摄影的成本将低一半以上,卫星遥感技术可预期在近 3~5 年内,在“精细农作”技术体系中扮演重要角色。农业工程师应该涉足这一领域,了解有关的知识,参与应用研究。现在的 RS 软件已可装载在 PC 机

上使用,性能价格比已可为普通用户所接受。

## 2.2 收获机械产量计量与产量分布图生成技术

作物产量是许多因素综合影响形成的结果和评价种植管理水平的基础。“精细农作”技术思想也正是从获得田间小区产量的差异性信息出发,分析原因,指导管理决策。在“精细农业”研究发展中,虽然也有关于甜菜、土豆、甘蔗、牧草、棉花、水果等收获机械产量计量及产量分布图自动生成的试验研究成果,但迄今已商品化的产品仍集中于谷类作物收获机械方面。据报导,美国目前约有 20 个制造商供应谷物联合收获机产量计量系统,1997 年底,全国使用这一技术的联合收获机约 17000 台,其中约有一半带 GPS 定位系统可支持产量分布图自动生成。一个主要生产厂商宣称,至 2001 年其生产的 90% 谷物联合收获机将装备产量监视器。迄今已进入商品化的这类产品主要是基于冲击式-力传感技术(如美国 John Deere 和 Case IH)容积式光电计量技术(如英国 RDS 产品)和  $\gamma$  射线流量传感技术(如 Massey Ferguson 产品)等。在谷物流量自动传感过程中,还可同时测量净粮含水量,在小区产量分布图基础上结合定位处方投入的成本分析直接显示小区经济效益分布图(Gross Margin Variability Map)。“精细农作”体系中的产量图自动生成技术,需要解决如下的科学技术问题:

- 1) 流量传感器的计量精度、稳定性、通用性、标定简便性的进一步改善;
- 2) 产量计量中同时获得收获机的实际割幅和前进速度信息;
- 3) 生成产量分布图需要的空间分辨率不大于收获机械工作幅宽的 DGPS 定位系统;
- 4) 针对不同收获机械建立谷物由割台至流量测量点的谷物运移过程模型,以校正产量分布信息的动态误差;
- 5) 研究采集的定位数据和产量数据编码格式与快速存储传输方式。这些数据通常都是存储在软盘或 IC 智能卡中,能一次存储至少一个作业班内的全部数据,然后再传入 PC 机进行处理和生成产量分布图;
- 6) 开发 PC 机上进行产量分布图生成的软件,含文件结构、数据结构、误差校正、数据图形化、显示方式等;

上述技术都还需要继续完善。研究适于不同国家的农机装备、种植特点、适于不同作物和更为精确的上述各环节的智能化技术,仍然是农业工程师面临的挑战。谷物联合收获机电子装置,包括产量自动计量和产量图自动生成技术,是当代农机研究的一个重要方向,也应是我国农机装备机电一体化、信息化研究的优先发展方向之一。对于改善易地收获、农机社会化服务,提高农机作业信息化意识,促进作物生产科学管理,都有十分重要的现实意义,应是世纪之交我国农机技术创新的重要课题。

## 2.3 田间变量信息采集与处理技术

快速、有效采集和描述影响作物生长环境的空间变量信息,是实践“精细农作”的重要基础。优先需要考虑的主要是土壤含水量、肥力、SOM、土壤压实、耕作层深度和作物病、虫、草害及作物苗情分布信息采集等。目前田间信息快速采集技术的研究仍大大落后于支持精细农作的其它技术发展,已成为国际上众多单位攻关研究的重要课题。现有的土壤信息采集方法是基于定点采样与实验室分析相结合,耗资费时、空间尺度大、难于较精细地描述这些信息的空间变异性。技术创新的方向是研究开发可快速操作,有利于提高采样密度,测量精度能满足实际生产要求的新传感技术和进一步改善空间分布信息的定量描述与近似处理方法。部分参数将可用扫描方式通过安装于作业机械上的传感器连续采集和进一步自动生成空间信息分布图。已经取得实用化或具有良好开发前景的成果,如:土壤含水量测量将在 TDR 成熟技术基础

上,在开发经济实用的基于驻波比、频域法原理、近红外技术的快速测量仪方面拓宽研究领域。土壤主要肥力因素(N、P、K)测量仪器开发方面,基于传统化学分析技术基础上的快速肥力分析仪,目前国内已有实用化产品投入使用,其稳定性、操作性和测量精度虽然尚待改进,但对农田主要肥力因素的快速近似测量具有实用价值;一种基于近红外技术通过间接叶面反射光谱特性进行农田氮肥肥力水平快速评估仪器已在试验使用,它与遥感技术的农业应用密切相关,可以相互借鉴相关技术研究成果;一种基于离子选择场效应晶体管(ISFET)集成元件的土壤主要矿物元素含量测量技术的研究在国外已取得进展,将是值得关注的技术突破性研究方向。土壤耕作层深度对评价土壤持水能力和指导定位处方耕作,确定播种深度、施肥用量密切相关,在美、加、澳等国已经开发出接触式、基于电磁场测量土壤电导率用于评价土层深度分布图的仪器,可对指导定位处方深耕取得良好的经济效益;关于SOM传感器,早在数年前已有报道,通过NIR原理研制的可用于田间在线测量的多光谱SOM测量仪已有商品化产品。在作物生长有关变量信息的采集方面,田间杂草识别是“精细农业”支持技术中引起广泛关注的领域。在杂草识别的光谱响应特性方面已有许多研究成果及参考数据可供借鉴。其它田间作物变量传感与空间信息处理技术方面的研究,将围绕新的物理原理与数学方法的应用,如多光谱识别、NIR视角技术、图像模式识别、人工智能方法(ANN、Fuzzy系统分析、ES应用)、状态空间分析、小波分析、卡尔曼滤波方法等。在实践“精细农作”方面,开发基于新的物理原理的近似快速信息采集技术与改善空间地理信息处理方法,仍然是科技工作者面临的艰巨任务。

## 2.4 智能型处方农作机械

70年代中期微电子应用技术的迅速发展,使得工业化国家的农业机械进入到一个以迅速融合电子技术向机电一体化方向发展的新时期。农业机械的设计中,广泛引入了微电子监控技术用于作业工况监测和控制。80年代后期始,其监控系统又迅速趋向智能化,由单元控制发展到分布式控制,由单机作业系统向与管理决策系统集成的发展方向发展。这新一代农业机械装备技术的发展,与过去十多年来基于信息技术的作物生产管理决策支持系统的迅速发展,都是近五年来“精细农作”技术得以进入日益广泛试验实践的重要条件。虽然,迄今支持“精细农作”的若干主要农机装备,除了如前述带产量图自动生成的谷物收获机以外,实施按处方图进行农田投入调控的智能化农业机械,如安装有DGPS定位系统及处方图读入装置的,可自动选择作物品种(二选一)、可按处方图调节播量和播深的谷物精密播种机;可自动选择调控两种化肥配比的自动定位施肥机和自控喷药机;可分别控制喷水量的定位喷灌机均已有商品化产品,并在继续完善。拖拉机驾驶室已安装智能化显示器,在一个LED显示屏上,可随意调用各种图形化可视界面,监控机器各部分的工况和显示处方作业和导航信息。现代带有多处理器的智能型农业机械,已经引用了工业部门中采用的控制器局域网总线技术(CAN),相互间采用光缆传输信息,建立了工业化设计标准。我国当今农业机械技术水平从总体上看比发达国家落后了不止20年,需要在某些领域推动高新技术的应用研究与实践。开发适于我国国情的先进技术。“精细农作”的示范试验研究有可能成为农业机械装备领域应用信息高新技术实现技术创新的切入点。

## 2.5 系统集成技术

“精细农业”技术体系是一个集成系统,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。近几年来,国外研究实践中已经积累了一些进行“精细农业”技术体系集成组装的经验。我国科技工作者要研究这方面的进展,参与国际交流。作为工

程师,要善于根据工程项目的整体目标,既能从具体技术角度去思考和研究问题,具有不断突破现有观念与模式的创新意识;又能注意进行项目目标的整体评估,协调技术先进性与经济可行性的综合优化目标,提出推动技术进步的试验实践方案。

### 3 问题与思考

迄今,国际上关于“精细农业”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化研究。其革命性的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。“精细农业”的实践将在下一世纪开发“数字地球”的实践中占有十分重要的地位。我国农业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。但启动这一新技术的示范与实践研究,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产品制造业、服务业的发展。在“精细农业”技术体系的实践中,也将开发出一系列适用新技术产品,为支持当前的“科技兴农”服务。在发展研究中,为需要重视以下几个问题:

#### 3.1 加强对国际有关研究发展信息和经验的研究

90年代以来,国外许多单位已经积累了一大批示范试验数据与支持技术产品开发研究成果。可以采取引进技术思想与部分装备技术和自主创新相结合,找准切入点,注重其支持技术产品的国产化及产业化开发。“精细农作”的技术思想在国际科技界共识的基础上有其特定的涵义,即认识农田内小区产量和影响作物生长条件的空间差异性,实施定位处方农作。它是为适应集约化、规模化程度高的作物生产系统可持续发展目标而提出的,在我国可先在规模化农场和农业高新技术综合开发试验区,进行在农田小区尺度上的研究与实践。我国广大农村农田经营规模小,生产手段仍较落后,实现广域的农田精细经营尚需较长的发展过程,有条件的地区可先以村片、进行农田尺度上的对精细农作的技术思想示范试验研究,并应结合农业技术推广性试验和农业社会化服务方式创新,开拓出新的服务领域。这样,既可以使我国的研究实践与国际上的研究发展趋势相接轨,又可以探索形成具有国情特色、有利于在农村推广的先进农作技术体系。

#### 3.2 在“精细农作”试验研究与实践过程中,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、病虫害快速实用监测技术;智能化农业生产管理辅助决策支持系统的推广及支持农业社会化服务体系的先进装备技术与工具的开发等。

#### 3.3 迄今国外进行的精细农业(Precision Agriculture)的实践,实际上是面向大田作物生产的精细农作(Precision Farming)系统

实现基于信息和知识的农业产业系统精细经营的技术思想,应该扩展到种、养、加、产前、产中、产后的整个过程,即过渡到建立“精细农业”的技术体系。实际上,“精细农业”的技术思想,早在70年代后期开始,已优先在发达国家奶牛场根据奶牛产奶量定量配料系统中得到广泛的推广应用。近十多年来,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。“精细农业”的技术思想,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,这对我国目前处于传统农业的结

构性调整时期和开始重视强调实现农业增产方式的转变中,依靠先进技术装备和农业精细经营技术的支持,对农业增产、农民增收,具有重要的现实意义。

### 3.4 在试验研究中加强多部门、多学科间的相互联系,协同攻关

发展学术讨论交流,加强国际合作,重视应用基础研究。在高等农业工程院系的学科建设与教学内容改革中,要逐步创造条件开设有关 GPS GIS RS应用课程,加强必要的实验研究设施与课程建设等。

中国农业大学“精细农业研究中心”二年来已经启动了有关研究工作,内容涉及 DGPS GIS农业应用,田间信息采集传感技术,智能型农业机械监控技术,精细农作技术的系统集成与发展战略研究。与国外有关研究中心和企业界已建立了比较广泛的联系,积累了比较丰富的信息,我们愿意与国内有关单位、企业发展合作,共同为推动我国农业工程技术创新与“精细农业”技术在我国的应用示范与实践作出贡献。

### 参 考 文 献

- 1 National Research Council. Precision Agriculture in the 21st Century, Geospatial and Information Technologies in Crop Management. National Academic Press, Washington, D. C., 1997
- 2 J K Schueller. Technology for precision agriculture. Proceedings of the First European Conference on Precision Agriculture, Warwick University, U. K. 8~ 10, September 1997
- 3 A B McBratney and M J Pringle. Spatial variability in soil-implications for precision agriculture. Proceedings of the First European Conference on Precision Agriculture, Warwick University, U. K. 8~ 10, September 1997
- 4 Kenneth A Sudduth. Engineering for precision agriculture-past, Accomplishments and future directions. USDA Agricultural Research Service, Copyright © 1998, Society of Automotive Engineers, Inc
- 5 汪懋华.“精细农作”——知识经济时代的农田精耕细作技术.见:周光召主编.“科技进步与学科发展”论文集(上册).北京:中国科学技术出版社,1998 296~ 299

## Development of Precision Agriculture and Innovation of Engineering Technologies

Wang Maohua

(Research Centre for Precision Agriculture, China Agricultural University, Beijing)

**Abstract** This paper summarizes the research target of recent precision agriculture and its technical ideas and discusses the direction of technical innovations for the supporting technologies. Some proposals for the applied research in the country are presented. Recent research on precision agriculture in the world is still concentrated on precision farming for crop production. The translation of the phrase“ precision agriculture” into Chinese shall be implicated in the Site Specific Crop Management. Following the rapid application of information technology to the agricultural sector, the ideas for precision management of agricultural resources and production would be expanded into all fields of agricultural system, such as precision facilities horticulture, precision raising, precision processing to keep high productivity, high efficiency, low cost and less environmental pollution as well as with high value-added technology, etc. Then a real precision agriculture system will be established to support overall sustainable agriculture development based on the new information and biological technology revolution.

**Key words** precision agriculture, precision farming, GPS & GIS, engineering technology innovations