

现代精准农业及我国精准农业的发展方向

刘爱民 封志明

徐丽明

(中国科学院自然资源综合考察委员会) (中国农业大学机械工程学院)

摘要 农业正进入以知识密集为主要特点的知识农业发展阶段,在现代信息技术、生物技术、工程技术等一系列高新技术最新成就基础上发展起来的现代精准农业已成为现代知识农业的重要生产形式。根据我国农业发展的特点,近期可重点发展节水、节肥精准农业技术体系,在设施农业发展较快的地区可发展精准设施农业,在生产规模大、机械化程度高的大农场开展精准农业生产实践。

关键词 农业现代化; 精准农业; 技术体系

分类号 S-12

The Modern Precision Agriculture and Technological System

Liu Aimin Feng Zhiming

(The Commission for Integrated Survey of Natural Resources, Chinese Academy of Sciences)

Xu Liming

(College of Machinery Engineering, CAU)

Abstract Agricultural mechanization is a historical and dynamic concept. After having gone through the original agriculture, the traditional agriculture and the mechanized agriculture, agriculture is entering the modern precision agriculture. Based on a set of high-new technologies, such as the modern information technology, the organisms technology and the engineering technology, and so on, the precision agriculture has been become the important way of modern agricultural production. Compared with foreign developed countries, China has low intensive level. However, according to the characteristics of the agricultural development in China, the technological system of water-saving and fertilizer-saving precision agriculture should be developed in the near future. The precision equipped agriculture can be implemented firstly in the region at where the equipped agriculture has been developed fast. The big farms, which have large scales and high mechanization level, may carry on the practice of the precision agriculture.

Key words agricultural modernization; precision agriculture; technological system

农业现代化是相对于传统农业而言的,其实质体现了当代科学技术在农业上的综合应用,它是一个历史的、动态的概念。在经历了原始农业、传统农业、工业化农业(石油农业或机械化农业)后^[1],农业正在进入以知识高度密集为主要特点的知识农业发展阶段。将现代信息技术、

收稿日期: 1999-09-22

国家“九五”科技攻关项目

刘爱民,北京 9717 信箱,100101

徐丽明,北京清华东路 17 号 中国农业大学(东校区)46 信箱,100083

生物技术和工程装备技术应用于农业生产的“精准农业(Precision Agriculture)”,已成为发达国家面向 21 世纪的现代知识农业的重要生产形式。

1 精准农业

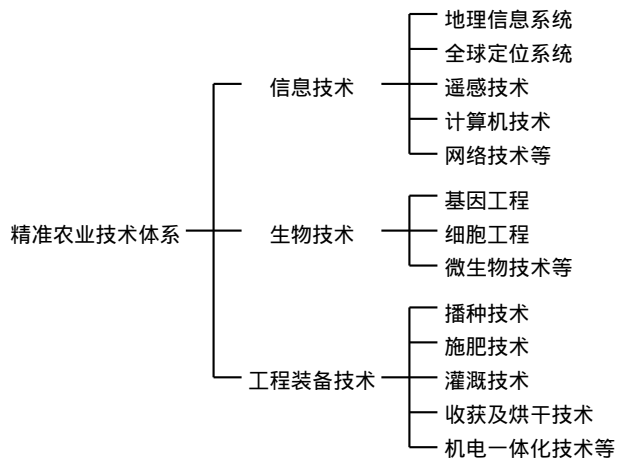
农业发展过程中的某种形态或农业生产形式由农业生产技术(农业生产力水平)和农业生产组织形式(农业生产关系)所决定。影响农业生产形式的主要外界因素有农业自然资源保障系统、农业及农村劳动力资源、农业自然条件和农村经济条件及社会生产力水平 4 个方面。

传统农业劳动生产率较低,大量劳动力被束缚在农业上。通过大量高能耗工业产品(机械、化肥、农药、燃油、电力等)的投入来维持系统的产出。机械化农业的主要优势是大幅度地提高了农业生产率,但也遇到了许多问题:如土地压实、水土流失、地下水及地表水污染,农药的使用导致了严重的公共卫生和环境方面的问题,品种基因单一化的危害、农产品品质的下降,水土资源及能源制约等。这种农业资源与环境的压力促使科学家和农民努力寻求一种在继续维持并提高农业产量的同时,又能有效利用有限资源、保护农业生态环境的新的可持续发展农业生产方式,并进行了多种探索,提出了多种解决途径,如自然农业、有机农业、生态农业,等等。90 年代以来,随着全球定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)、农业应用电子技术和作物栽培有关模拟模型以及生产管理决策支持系统(DDS)技术研究的发展,“精准农业”已成为合理利用农业资源、提高农作物产量、降低生产成本、改善生态环境的一种重要的现代农业生产形式。

2 精准农业的技术体系

精准农业是在现代信息技术、生物技术、工程技术等一系列高新技术最新成就的基础上发展起来的一种重要的现代农业生产形式,其核心技术是地理信息系统、全球定位系统、遥感技术和计算机自动控制技术^[2-4]。精准农业系统是一个综合性很强的复杂系统,是实现农业低耗、高效、优质、安全的重要途径。精准农业技术体系的构成见表 1。

表1 现代精准农业技术体系



2.1 现代信息技术

精准农业从 90 年代开始在发达国家兴起,目前已成为一种普遍趋势,英美法德等国家纷纷

采用先进的生物、化工乃至航天技术使精准农业更加“精准”。美国把曾在海湾战争中运用过的卫星定位系统应用于农业,这项技术被称为“精准种植”,即通过装有卫星定位系统的装置,在农户地里采集土壤样品,取得的资料通过计算机处理,得到不同地块的养分含量,精准度可达 1~ 3m²。技术人员据此制定配方,并输入施肥播种机械的电脑中。这种机械同样装有定位系统,操作人员进行施肥和播种可以完全做到定位、定量。还可将卫星定位系统安装在联合收割

机上,并配置相连的电子传感器和计算机,收割机工作时可自动记录每平方米农作物产量、土壤湿度和养分等的精准数据。

现代信息技术的特点是应用地理信息系统将土壤和作物信息资料整理分析,制成具有时效性和可操作性的田间管理信息系统,在此基础上,利用全球卫星定位系统、遥感技术以及计算机自动控制技术,根据空间每一操作单元的具体条件,通过调整资源投入量,达到增加产量、减少投入、保护农业资源和环境质量的目的。同时在农田经营管理决策的环节上,可根据不同情况选择“单纯获取高产”,“以适量投入,获取较好经营利润”或“减少资源消耗,保护生态环境”等多种不同优化目标。这项技术的构成包括空间定位的农作物产量信息采集技术和土壤信息定时采集技术、农田地理信息系统定时更新技术及空间定位的农业投入控制系统等。

2.2 生物技术

现代生物技术从广义上讲主要包括基因工程、细胞工程和微生物工程等,最富有生命力的核心技术是基因工程。现代生物技术最显著的特点是打破了远缘物种不能杂交的禁区,即用新的生物技术方法开辟一个世界性的新基因库源泉,用新方法把需要的基因组合起来,培育出抗病性更强、产量更高、品质更好、营养更丰富,且生产成本更低的新作物、新品种;另外还具有节约能源、连续生产、简化生产步骤、缩短生产周期、降低生产成本、减少环境污染等功效。如美国把血红蛋白转移到玉米中,不仅保持了玉米的高产性能,而且提高了它的蛋白含量。抗虫害转基因水稻、玉米、土豆、棉花和南瓜等已在美国、阿根廷、加拿大数百万公顷土地上试种。1998年,全世界利用原生质体培养技术已成功地开发了100多种再生植物,转基因牛、羊、猪和鱼也培育成功。美国是采用转基因技术最多的国家,1998年转基因作物播种面积达2050万 hm^2 ,是1997年的2.5倍;目前其转基因种子播种面积已占大豆播种面积的36%,占玉米播种面积的45%。阿根廷是继美国之后大量采用转基因技术的国家,1998年转基因作物播种面积达550万 hm^2 ,是1997年的4倍,其中75%的大豆播种面积采用经过改变基因的豆种。加拿大转基因作物播种面积从1997年的130万 hm^2 ,增加到1998年的280万 hm^2 ;50%的大豆和玉米播种面积采用了经过基因处理的种子。

微生物农业是以微生物为主体的农业。微生物在合成蛋白质、氨基酸、维生素、各种酶方面的能力比动物、植物高上百倍;微生物还可利用有机废弃物,变废为宝、保护生态环境。利用有益微生物,不仅可获得大量生物量,用于制作食用蛋白质以及脂肪、糖类等专门食品,而且在生物防治、土壤改良方面也有突出表现。日本研制的EM(含80余种微生物的生物制剂),被称为可以挽救地球的有效微生物群。施用EM可少用或不用化肥、农药和抗生素药物,净化环境。

2.3 工程装备技术

现代工程装备技术是精准农业技术体系的重要组成部分,是“硬件”;其核心技术是“机电一体化技术”;在现代精准农业中,应用于农作物播种、施肥、灌溉和收获等各个环节。

精准播种。将精准种子工程与精准播种技术有机结合,要求精准播种机播种均匀、精量播种、播深一致。精准播种技术既可节约大量优质种子,又可使作物在田间获得最佳分布,为作物的生长和发育创造最佳环境,从而大大提高作物对营养和太阳能的利用率。

精准施肥。要求能根据不同地区、不同土壤类型以及土壤中各种养分的盈亏情况,作物类别和产量水平,将N、P、K和多种可促进作物生长的微量元素与有机肥加以科学配方,从而做到有目的地科学施肥,既可减少因过量施肥造成的环境污染和农产品质量下降,又可降低成

本。要求有科学合理的施肥方式和具有自动控制的精准施肥机械。

精准灌溉。在自动监测控制条件下的精准灌溉工程技术,如喷灌、滴灌、微灌和渗灌等,根据不同作物不同生育期间土壤墒情和作物需水量,实施实时精量灌溉,可大大节约水资源,提高水资源有效利用率。

精准收获。利用精准收获机械做到颗粒归仓,同时可根据一定标准准确分级。

3 我国精准农业的重点发展方向

我国各地的自然条件、社会经济条件差异明显,农业生产水平差距较大,农业集约化总体水平较低。表 2 示出 1994 年中印日美 4 国农业集约化程度及世界的平均水平。可以看出,我国农业具有以下特

表 2 中印日美 4 国农业集约化程度比较(1994)

国家	农业人口平均耕地面积/($\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$)	拖拉机配备量/($\text{台} \cdot (\text{万} \text{hm}^2)^{-1}$)	化肥用量/($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)
中国	0.2	70.0	323.0
印度	0.7	72.8	78.7
日本	1.0	5 325.0	430.6
美国	52.5	258.3	103.7
世界平均	1.0	202.0	95.7

说明:数据引自联合国粮农组织 1995 年《生产年鉴》和《肥料年鉴》。

点:1)农业人口人均耕地面积小,仅为世界平均水平的 1/5; 低于印度、日本,同美国相差甚远。2)农业机械化水平低。每万公顷拖拉机拥有量,仅约为世界平均水平的 34.7%,甚至低于印度的水平。3)化肥投入水平高。每公顷化肥投入量是世界平均水平的 3.37 倍,高于美国,但低于日本。

同农业发达国家相比,我国农业集约化水平较低,要实现现代化,是继续走农业发达国家已走过的以牺牲土质、环境及使用对人类健康有不良影响的大量依靠农药、化肥的石油农业发展道路,还是利用现代信息技术、生物技术和工程装备技术发展具有中国特色的精准农业,答案是不言而喻的。应根据我国农业发展所面临的资源环境问题,走具有中国特色的精准农业发展之路,实现我国农业的可持续发展。

3.1 重点发展节水、节肥精准农业技术体系

1) 实现精准灌溉,提高水资源利用率。

水资源短缺是我国许多地区农业生产的主要制约因素。据测算,我国全年降水量约为 6.19 万亿 m^3 ,其中约 55%消耗于陆面蒸发,只有 45%转化为径流和地下水,实际利用率不到 10%(约 5 000 亿 m^3)。

当前我国农业灌溉用水面临的主要问题是灌溉农区面积约 5 000 万 hm^2 ,其中渠灌面积较大,多属粗放型灌溉模式。在华北井灌区特别是华北平原地区,自从将“两年三熟制”改为“一年两熟制”后,水分亏缺部分全靠超采地下水来弥补,地下水位连年下降,给北方灌溉农业造成严重威胁。

同时我国农业节水潜力巨大。我国渠灌面积约 3 900 万 hm^2 ,井灌面积 1 100 多万 hm^2 ,合计约 5 000 万 hm^2 。渠水灌溉的利用率约为 0.3,井水灌溉利用率约为 0.5,两者加权平均值为 0.35 左右,与发达国家 0.7~0.9 的利用率相比,差距巨大。有关部门测算,如将农业用水(按 4 000 亿 m^3 计算)的利用率提高 0.2,即达到 0.55,则可节水 800 亿 m^3 。

山东海阳引进以色列技术,建成约 33 hm² (约 500 亩) 果园自动化控制微喷工程,采用微机控制。根据土壤吸水能力、苹果生产阶段和气候条件等因素,定时、定量、定位给果树供水。据有关专家测算,粮田自动化喷灌可节水 30%~40%;省地 1.5%~2.0%;果园和菜园的微灌可节水 50%~60%;防渗渠道与土渠相比可节水约 50%。

有研究认为,北京市耕地面积与以色列耕地面积基本相同,但北京市水资源总量和农业用水量都约为以色列的 2.4 倍,如采用精准农业战略,以管道灌溉、喷灌、滴灌和渗灌等方式取代大水漫灌,在产量上达到以色列现水平,可节水约 2/3,即约 18 亿 m³。

2) 实施精准施肥,提高化肥资源利用率。

据联合国粮农组织统计,化肥对粮食的贡献率约占 40%。我国能以占世界 7% 的耕地养活占世界 22% 的人口,应该说化肥在其中起了重要作用;但同时也发现,从 1980—1995 年的十几年间,化肥施用总量增加了 183.1%,年均递增率达 7.2%。1995 年化肥总施用量约达 3 600 万 t,而同期粮食总产只增加了 46.6%,年均递增率仅为 2.7%。期间化肥投入所生产的粮食由 31.51 kg·kg⁻¹ 下降至 17.70 kg·kg⁻¹。我国化肥施用的突出问题是结构不合理,利用率低。据大量试验资料统计,平均单产 6 500 kg·hm⁻² 的谷物,1 季产量从土壤中带走 N 100.5~169.5 kg, P₂O₅ 49.5~75.0 kg, K₂O 120.0~175.5 kg; N, P, K 比例为 1 0.45 1。我国许多省区都存在过量施用氮磷化肥,钾肥施用不足的问题。1995 年我国 N, P, K 实际施用比例为 1 0.43 0.17。由于农田复种指数和作物产量的大幅度提高,有机肥施用量下降,化学钾肥投入不足,我国土壤缺钾面积日益扩大。

国外文献报道,氮肥平均利用率可达 50%~60%,当季利用率磷一般为 10%~30%,钾为 20%~60%。据我国有关学者的研究,我国 N, P, K 平均利用率分别为 35.0%, 19.5% 和 47.5%,可见我国氮素化肥利用率低于世界平均水平,不仅浪费了资源,增加了农业生产成本,而且未被作物吸收利用的氮素向大气挥发,向水体淋溶,形成对环境的污染^[5]。

近年来我国农田微量元素缺乏面积不断扩大,而目前施用微量元素肥料的面积仅约 1 600 万 hm²,为缺乏微量元素面积的 11.3%。

在我国通过实施精准施肥技术,不但可以提高化肥资源利用率,还可以降低成本,提高作物产量。

3.2 发展精细设施农业

所谓设施农业是指应用某些特制的设施,来改变动植物生产发育的小气候,达到人为控制其生产效果的农业生产形式^[6]。设施农业主要有: 1) 设施种植业,如温室栽培、塑料大棚栽培、无土栽培等; 2) 设施畜牧业,如畜禽舍、养殖场及草场建设等。利用现代信息技术、生物技术和工程装备技术,进行设施农业生产,即为精细设施农业。

设施农业在国外发展较早,目前已达到相当高的水平。在欧洲,多数国家以温室生产为主,其中荷兰和英国的温室主要是玻璃温室,用来生产蔬菜和花卉。荷兰生产的蔬菜 80% 用于出口,花卉出口达世界出口量的 71% (1987)。日本温室栽培蔬菜和果树的技术十分发达,几乎所有品种的蔬菜在很大程度上都依赖于温室生产。

我国设施农业起步较晚,但发展较快。目前世界塑料大棚和温室面积约 36.576 万 hm²,其中我国面积最大,达 15.67 万 hm²,占 42.8%。设施农业同普通农业相比,产业化程度高,效益好,接受新技术的能力强。

在我国设施农业发展较快的地区推广、应用精准设施农业可以达到增加农产品产出、提高农产品品质, 节约水、肥资源, 保护农业生态环境的目的。

4 结 语

1) 精准农业是在现代信息技术、生物技术、工程技术等一系列高新技术最新成就基础上发展起来的一种重要的现代农业生产形式。其核心技术是地理信息系统、全球定位系统、遥感技术和计算机自动控制技术。

2) 在我国建立现代精准农业系统应从开始就将现代信息技术、农业生物技术、农业工程装备技术等各方面的专家有机组合在一起, 协同攻关, 逐步建立起具有中国特色的现代精准农业技术体系。

3) 我国农业仍属于高耗、低效型农业, 农田灌溉水的有效利用率只有 30%~ 40% (发达国家已达 50%~ 70%), 化肥当年利用率仅 30%, 因此, 近期应重点发展节水、节肥的精准农业技术体系。

4) 在我国设施农业发展较快的地区, 研究、应用、推广适合我国特点的精准设施农业技术, 对增加农产品产量、提高农产品品质, 节约水、肥资源, 保护农业生态环境具有重要作用。

5) 同农业发达国家相比, 我国农业集约化总体水平较低, 但可在一些重点粮棉生产基地, 如黑龙江大型国营农场、新疆建设兵团农场等土地经营规模大、农业机械化程度高、农业生产基础较好, 且职工素质较高的地区或生产单位, 进行现代精准农业的生产实践。

参 考 文 献

- 1 骆世明, 陈聿华, 严 斧. 农业生态学. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1987. 360~ 389
- 2 齐文虎, 石玉林. 计算机控制农业. 资源科学, 1998, 20(2): 34~ 38
- 3 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
- 4 Houghton A M, Knight B E A. Precision farming: farmers and commercial opportunities across Europe. Proceedings of British Crop Protection Council, 1996, 3: 1121~ 1126
- 5 林 葆, 李家康. 关于化肥生产和施用中的技术问题. 见: 国家科委. 中国农业科学技术政策背景资料. 北京: 中国农业出版社, 1997. 12~ 15
- 6 廖允成, 王立祥, 温晓霞. 设施农业——我国农业资源高效利用的重要途径. 资源科学, 1998, 20(3): 20~ 25