

现代精确农业 Modern Precision Agriculture

刘爱民¹ 封志明²

(中国科学院自然资源综合考察委员会, 副研究员¹; 研究员² 北京 100101)

农业现代化是相对于传统农业而言的,其实质是当代科学技术在农业上的综合应用。作为最古老的产业,农业在经历了原始农业、传统农业后,从本世纪初开始进入工业化农业(石油农业或机械化农业)阶段。

从美国1910年开始使用拖拉机开始,经过约半个世纪,在欧美便广泛使用;与此同时,以使用化肥、农药、除草剂、饲料添加剂等化学品为代表的化学革命和以通过推广高产新品种、灌溉为代表的绿色革命实现了发达国家和发展中国家的农业技术革命。各国根据其不同特点,形成了各具特色的不同的机械化农业生产形式。它的主要优势是大幅度地提高了农业生产率,但在绿色革命基础上发展起来的机械化集约农业也遇到了许多障碍,如土地压实、水土流失、地下水及地表水污染,农药使用也导致严重的公共卫生和环境污染的问题,品种基因单一化危害,农产品品质的下降,再加上能源制约等,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农业生产方式。

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)技术研究的进展,一种将现代信息技术、生物技术和工程装备技术应用于农业生产的“精确农业”(Precision Agriculture),已成为发达国家面向21世纪,合理利用农业资源、提高农作物产量、降低生产成本、改善生态环境的主要农业生产形式,从而使农业生产进入一个崭新的发展阶段。

一、精确农业及其技术体系

精确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现代农业。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。

精确农业系统是一个综合性很强的复杂巨系统,是实现农业低耗、高效、优质、安全的根本途

径。综观近年来世界精确农业发展,其体系包括现代信息技术、现代生物技术和现代工程装备技术。

1. 现代信息技术

精确农业从90年代开始在发达国家兴起,目前已成为一种普遍趋势,英国、美国、法国、德国等纷纷采用先进的生物、化工乃至航天技术使精确农业更加“精确”。

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“精确种植”,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,将得到的资料通过计算机显示出不同地块的养分含量,精确度可达1~3平方米,技术人员则据此配方,并将其输入到同样装有定位系统的施肥播种机械的电脑里,操作人员据此进行施肥、播种,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,这样,当收割机工作时,就可自动记录下每平方米农作物产量、土壤湿度、养分等的精确数据。

现代信息技术在精确农业上的应用路径是: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,通过全球卫星定位系统、遥感技术以及计算机自动控制技术,按空间每一操作单元上的具体条件,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;在农田经营管理决策上,可根据不同情况选择“以单纯获取高产”,或“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。

该技术系统的构成包括:空间定位的农作物产量信息采集技术、空间定位的土壤信息定时采集技术、农田地理信息系统定时更新技术、空间定位的农业投入控制分系统等。

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、微生物工程。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

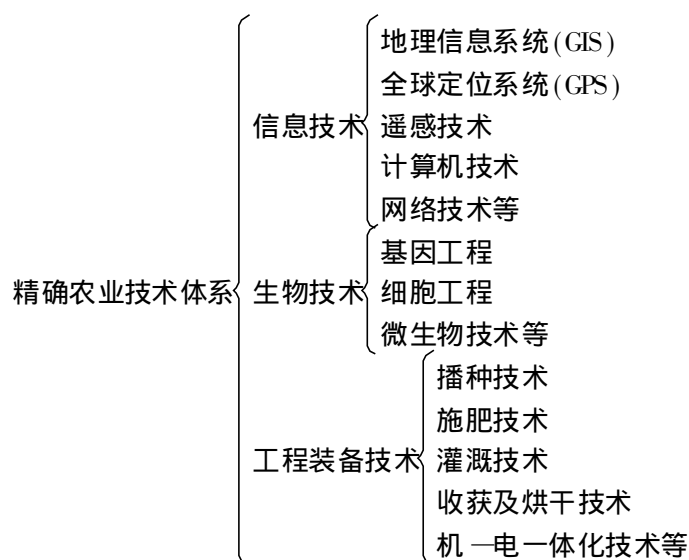


图1 现代精确农业技术体系

的基因组合起来,培育出抗性更强、产量更高、品质更好、营养更丰富,以至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,美国把血红蛋白基因转移到玉米,不仅保持了玉米的高产性能,而且提高了玉米蛋白含量;抗虫害转基因水稻、玉米、土豆、棉花、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开发成功100多种再生植物,转基因牛、羊、猪、鱼也培育成功。

美国是转基因技术采用最多的国家,1998年转基因作物播种面积为2050万公顷,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550万公顷,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也从1997年的130万公顷,增加到1998年的280万公顷;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、微生物、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(有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,有利于净化环境。

3. 工程装备技术

现代工程装备技术也是精确农业技术体系的

重要组成部分,是“硬件”,其核心技术是“机电一体化技术”,在现代精确农业中,应用于农作物播种、施肥、灌溉、收获等各个环节。

精确播种:将精确种子工程与精确播种技术有机结合起来,要求精确播种机具有播种均匀、精量播种、深浅一致。精确播种技术既可节约大量优良种子,又能使作物在田间获得最佳分布,为作物的生长、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。

精确施肥: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、作物类别及产量水平,将N、P、K及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,既减少了因过量施肥造成的环境污染和农产品质量下降,又能降低成本。这要求有科学合理的施肥方式和具有自动控制的精确施肥机械。

精确灌溉:在自动监测控制条件下的精确灌溉工程技术,如喷灌、滴灌、微灌、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,实施实时量灌溉,节约水资源,提高水资源生产效率。

精确收获:利用精确收获机械不但可以做到颗粒归仓,同时也能根据一定标准,准确分级。

二、中国精细农业的重点发展方向

中国各地的自然条件、社会经济条件差异明显,农业生产水平差距较大,但从总体上看中国农业集约化水平仍较低(如表1所示)。

表1 中国与世界主要国家集约化程度比较(1994年)

	农业人口 平均耕地面积 (公顷/人)	每万公顷 拖拉机台数 (台/万公顷)	每公顷化肥用量 (公斤/公顷)
世界总计	1.0	202.0	95.7
中国	0.2	70.0	323.0
印度	0.7	72.8	78.7
日本	1.0	5325.0	430.6
美国	52.5	258.3	103.7

据联合国粮农组织《生产年鉴》1995年、《肥料年鉴》1995年整理而成

从表中可以看出,中国农业表现为以下特点:

(1) 农业人口人均耕地数量少,农户土地经营规模小。世界农业人口平均耕地面积为1.0公顷,而中国只有0.2公顷,是世界平均水平的1/5,小于印度、日本农业人口人均耕地面积,同美国的水平更不能相提并论。

(2) 农业机械化水平低。每万公顷拖拉机拥有量,中国只有70.0台,而世界平均为202台,是中国的2.88倍。由于美国专业化水平高,以投资大、耗

能多的大型机械化生产为主, 每万公顷拖拉机拥有量为 258.3 台; 而日本农业机械化以小型化为主, 1994 年每万公顷拖拉机拥有量为 5 325 台。

(3) 中国化肥投入水平高。1994 年中国每公顷化肥投入量为 323 公斤, 是世界平均水平 (95.7 公斤/公顷) 的 3.37 倍, 同时也高于美国的化肥投入水平 (103.7 公斤/公顷), 但低于日本的投入水平。

同国外农业发达国家相比, 中国农业集约化水平较低。中国要实现现代化, 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确农业? 答案是不言而喻的, 应走具有中国特色的精确农业发展之路, 实现中国农业的可持续发展。

1. 重点发展节水、节肥精确农业技术体系

(1) 实现精确灌溉, 提高水资源利用率

水资源短缺是中国许多地区农业生产的主要制约因素。据测算, 中国全年降水量约为 6.19 万亿立方米, 但其中约 55% 消耗于陆面蒸发, 只有 45% 转化为径流和地下水, 而实际利用率不到 10% (约 5000 亿立方米)。

当前中国农业灌溉用水面临的主要问题是灌溉农区约有 5 000 万公顷, 其中渠灌面积较大, 但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, 因此地下水水位连年下降, 给北方灌溉农业造成严重威胁。

但同时中国农业节水潜力巨大。中国渠灌面积约为 3 900 万公顷, 井灌面积约为 1 100 多万公顷, 合计 5 000 万公顷。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 亿立方米计算) 的利用率提高 0.2, 达到 0.55, 即可节水 800 亿立方。

如何改传统的粗放灌溉方式为现代精准灌溉方式呢? 山东海阳引进以色列技术, 建成 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。据测算, 粮田灌溉可节水 30~40%; 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 50%。

有人对北京地区与以色列做了比较: 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是以色列的 2.4 倍, 如果采用精确农业战略, 实行管道灌溉、喷灌、滴灌、渗灌取代大水漫灌, 在产量上达到以色列水平, 用水就可以节约 2/3, 即节省 18 亿立方米的水。

(2) 实施精确施肥, 提高化肥资源利用率

据联合国粮农组织的统计, 化肥对粮食的贡献率占 40% 左右, 中国能以占世界 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。但同时也可以发现, 从 1980~1995 年的十几年间, 化肥施用总量增加 183.1%, 年均递增达到 7.2% (1995 年化肥总施用量达 3 600 万吨左右), 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 下降至 17.7 kg/kg。中国化肥施用的突出问题是结构不合理、利用率低。据大量试验统计, 平均单产 6500 kg/ha 的谷物, 一季产量从土壤中带走 N 100.5~169.5 kg, P₂O₅ 49.5~75 kg, K₂O 120.0~175.5 kg, N、P、K 比例为 1:0.45:1。中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 年中国 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, 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%。据中国有关学者的研究, 中国 N、P、K 平均利用率为 35%、19.5% 和 47.5%, 可见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。

近年来中国农田中, 微量元素缺乏面积不断扩大, 目前施用微量元素肥料的面积仅 1 600 万公顷左右, 占缺微量元素面积的 11.3%。

因此必须在中国实施精确施肥技术, 以提高化肥资源利用率, 降低成本, 增加作物产量。

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, 来改变动植物生长发育的小气候, 达到人为控制其生产效果的农业。设施农业主要有: 设施种植业, 如温室栽培、塑料大棚栽培、无土栽培等; 设施畜牧业, 如畜禽舍、养殖场及草场建设等。

所谓精细设施农业就是利用现代信息技术、生物技术和工程装备技术, 依托高水平农业设施进行生产的农业。

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, 花卉出口更占世界出口量的 71% (1987); 日本利用温室栽培蔬菜及果树的技术十分发达, 几乎所有蔬菜的生产都依赖于温室生产。

中国设施农业起步晚, 但发展快, 目前世界塑料大棚和温室面积大约有 365 760 公顷, 其中中国面积最大, 达 157 700 公顷, 占 42.8%。设施农业同

我国船舶工业的产品创新

Product Innovation of China's Shipping Industry

杨天正

(中国科技促进发展研究中心 北京 100038)

一、我国船舶工业的国际竞争力

改革开放 20 年以来,特别是进入 90 年代以来,我国船舶工业经过努力奋斗,成功地开创出一条以出口为导向的加快船舶工业发展的技术创新之路。通过技术引进与自主开发相结合,重大产品创新和工艺创新不断涌现出来,有力地促进了“出口—引进—创新—再出口”的良性循环,大大地提高了我国船舶工业的国际竞争力。主要表现在:

1. 我国造船产量从 1994 年至 1998 年已连续 5 年稳居世界第三;同期,我国船舶产品的国际市场占有率持续稳定并有所增长,达 5~6%。

2. 我国船舶市场不断拓展,已广泛分布在世界五大洲的近 50 个国家和地区。

3. 我国出口船的数量截止到 1998 年已累计达到 1100 多万吨,出口船占我国造船总量的 84%。

4. 我国船舶工业的产品结构正在发生新的变化,开始从一般常规船为主向大型化、高技术、高附加值船方向发展,取得了良好的经济效益。1997 年

“中船总”承接船舶的订单为 207 万吨,金额达 157.7 亿元,而其中以 LPG 船、集装箱船、成品油船和化学品船为代表的高技术高附加值船舶达 87.9 万吨,金额达 8.7 亿美元,占有了重要地位。

5. 1997 年,我国造船产量达 229 万吨,创历史最高水平,实现销售收入 220 亿元。其中出口船达 196 万吨,占我国造船总量的 86%,实际出口创汇达 15 亿美元,位居我国机电出口企业之首,并在出口金额超过 1 亿美元的 13 个国有独资企业中占有 6 家,表明了我国船舶工业在国内外市场竞争中的重要地位。

二、我国船舶工业的产品创新及其特点

80 年代,我国船舶工业是在改革开放中走向世界,是在国际市场竞争中探索和学习。通过技术引进和自主攻关,首先在常规散货船等产品创新中成功地实现了突破,并在高技术船舶开发中进行了新的尝试。这一阶段的实践,使我国船舶企业开阔了眼界,增强了市场意识,提高了创新能力,培养了自

普遍农业相比,产业化程度高,效益好,接受新技术的能力强。在中国目前设施农业发展较快的地区推广、应用精确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。

三、建议

1. 应将现代信息技术、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确农业技术体系。

2. 近期应重点发展节水、节肥的精确农业技术体系。

3. 在设施农业发展较快的地区,应研究、应用、推广适合中国特点的精确设施农业技术,这对增加农产品产量、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。

4. 在一些土地经营规模大、农业机械化程度

高、农业生产基础好、职工素质高的重点粮棉生产基地,如黑龙江大型国营农场、新疆建设兵团农场等,进行现代精确农业的规模性生产实践。

参 考 文 献

- [1] 骆世明,陈聿华,严斧. 农业生态学. 湖南科学技术出版社,1987(10):360~389
- [2] 齐文虎,石玉林. 计算机控制农业. 资源科学,1998,20(3)
- [3] 刘爱民,封志明,李飞. 农业资源利用模式间的转换及案例分析. 自然资源学报,1998(3)
- [4] Houghton, A. M. et al. Precision Farming: Farmers and Commercial Opportunities Across Europe. Proceedings of Brighton Crop Protection Conference, 1996. 3
- [5] 林葆,李家康. 关于化肥生产和施用中的技术问题. 中国农业科学技术政策背景资料. 北京:中国农业出版社,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)
- [7] 蒋卫杰等. 世界温室技术进展与无污染蔬菜生产. 农业工程学报,1996(12) (责任编辑 孙立明)