

我国节水型农业技术体系的发展方向*

刘贤赵 康绍忠

(中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西杨陵, 712100)

摘要 本文阐述了国内外节水农业的发展概况,总结了节水农业技术体系特别是高新技术的发展和运用现状,辩证地分析了我国节水农业出现的问题及发展前景。

关键词 节水农业;技术体系;高新技术;常规技术

21世纪我国农业所面临的供水危机将比以往任何时期都要严峻,水资源短缺将成为影响我国农业持续发展最直接、最主要的因素。解决农业用水危机靠大幅度增加我国农业供水量显然是不可能的,只有大力发展节水农业并采用高新技术,提高大范围农业用水利用率和田间单方净耗水量的农产品产出率,才能缓解我国水资源紧缺状况,促进整个国民经济持续稳定发展,才能保障16亿人口粮食安全。因此,探讨节水农业及其技术体系的发展对保证我国节水农业的持续发展具有重要指导意义。

1 发展节水农业大有可为

节水农业是提高有限水资源利用率和利用效率发展农业的一项重大战略措施^[1]。随着节水观念的改变,新理论、新技术不断涌现。理论上由过去的丰水高产型转向节水优产型;技术上出现了膜上灌、水肥药联用、控制性分根交替灌、精确灌等新技术。我国早在50~60年代,水利部针对黄土高原水资源短缺的现状就开始了节水农业技术和以提高灌溉水有效性为目标的灌溉农业工程,70年代初,某些技术已大面积在生产中推广应用。如在自流灌区大力推广渠道防渗技术,提高渠系水利用率,在田间开展平整土地,划大畦为小畦,推行短沟或细流沟灌,70年代中期在机电泵站和机井灌区进行节水节能技术改革,从单一提高渠系水利用率到提高灌溉水利用率,70年代后期至80年代初,在丘陵区和土壤透水性强、水源奇缺的北方地

区实行抗旱灌溉,推广喷、微灌等先进技术。从90年代开始,在全国范围内推广低压管道输水灌溉技术,同时研究节水工程技术同农业技术(水肥耦合、耕作栽培、作物结构布局、地表覆盖)和化学节水技术的综合组装,形成配套技术,使节水农业技术提高到一个新的水平。到1998年底,我国节水灌溉面积达1533.3万 hm^2 ,其中北方旱区低压管道输水面积333.3万 hm^2 ,宁夏、山西、甘肃等省发展水窖集雨灌溉,喷灌面积67万 hm^2 ,滴灌面积1.33万 hm^2 。甘肃60%的地区在降水不足300mm的情况下,兴建了提黄工程,新增水浇地7万 hm^2 ,并开展“1213”工程,宁、陕、蒙等地区也启动了类似节水工程,效果显著^[2]。另外,膜上灌、坐水种、小麦、水稻推广节水灌溉制度等非工程节水面积1333.3万 hm^2 。总之,各类节水措施对缓解我国水资源供需矛盾、扩大灌溉面积、提高作物产量促进国民经济发展以及改善农田生态环境起了重要作用。

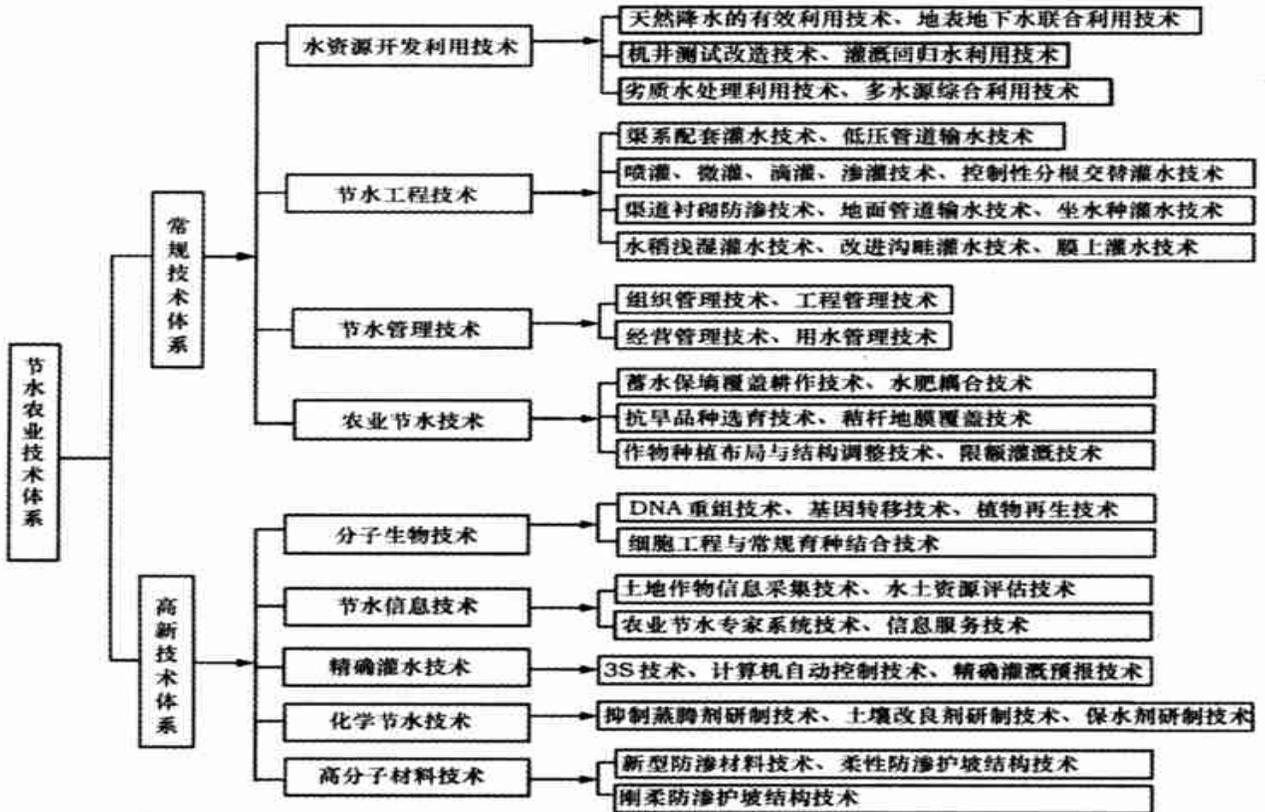
国外也非常重视节水农业的发展。象印度、叙利亚、埃及、美国等率先重视集水理论和实践方面的研究^[3],在节水方面取得成功经验的例子是以色列。以色列是一个人均水资源占有量仅为370 m^3 (约为我国人均水平的1/6)的极端缺水国家,由于全面推行管道输水技术,创造并广泛应用先进的滴灌、喷灌及其它农业节水技术,并有效地进行了种植结构的调整,使其由建国初期的粗放农业转变为精准农业,灌溉水分利用效率由1949年的1.6 kg/m^3 增长到90年代初期的2.32 kg/m^3 ,灌溉水利用系数达到0.9,以同样的耗水量使其农业产值增长了16倍。充分利用处理的工业废水和其它劣质污水以及利用基因工程提高蒸腾水利用效率成为以色列下一步节水农业发展的新目标。

尽管我国节水农业也取得了可喜的成就,但与发达国家相比尚有较大差距。如我国渠灌区水的有效利用率仅为40%,井灌区也只有60%,每方水生产粮食不足1 kg 。要大幅度提高我国农业用水的利用率,只有立足于现代系统科学技术,结合国情大力发展节水

收稿日期:2000-10-17

作者简介:刘贤赵,博士,助理研究员,主要从事土壤水分动力学及节水农业高效用水方面的研究,发表论文20篇。

* 国家杰出青年基金资助项目(No. 49725102)与国内地区访问进修计划项目资助。



附图 节水农业技术体系结构框图

农业技术体系,掀起一场提高农业用水效率的革命。

2 节水农业技术体系

节水农业技术体系是指为充分利用有限水资源或灌溉水资源,提高有限水的利用率和利用效率,达到农作物高产高效且具有一定水平的技术措施,是由水资源、工程、农业、管理等环节组成的综合技术体系,包括常规技术体系和高新技术体系(附图)。下面将着重讨论节水农业高新技术的发展与应用。

2.1 生物节水技术

生物节水技术是按照作物需水规律提高蒸腾水的利用效率和作物本身的抗旱能力。抗旱能力属于耐旱生理的技术问题,必须通过分子生物技术靠作物自身来解决。如小麦、玉米目前在田间相对湿度小于60%就要受旱减产,如果能耐旱到小于50%都不减产,那就能大面积地提高作物抗旱能力。因此,目前分子生物学、生物工程的一个热点是提高作物抗旱能力。80年代末期,随着DNA重组技术、基因转移技术和生物再生技术的发展,通过细胞工程与常规育种技术相结合,形成了一套高效的细胞工程育种新方法。进入90年代后,美国农业生物技术领域利用基因转移和重组,已开发出一批高产优质的作物新品种,并在大田推广

应用^[4]。与节水农业有关的生物技术研究涉及抗旱的生物机制、生物代谢、信号传导、基因定位与分离及遗传资源的筛选和鉴定、培育抗旱耐盐新品种。目前已成功地找到了作物细胞内与抗旱耐盐有关控制脯氨酸和蔗糖含量的基因,初步完成了小麦、水稻、玉米等作物染色体基因图谱的绘制,并克隆了重要基因。尽管通过分子生物技术可以把某些抗旱耐盐基因移植到人们所需要的植物上并获得令人振奋的结果,但这些基因的准确定位、表达和调控尚有许多科学技术问题需要解决。生物节水技术将是进一步实现节水增产的潜力所在,也是节水农业中未知数最多最有前途的领域。

2.2 化学节水技术

化学节水技术是利用化学物质抑制土壤水分蒸发,促进作物根系吸水或降低蒸腾强度的一种方法。迄今为止已有100多年的历史。目前用于节水的抗旱化学剂主要有化学覆盖剂、保水剂和抗蒸腾剂。对于化学节水,国外做了大量的研究。如日本、法国、印度,先后在农业上应用化学覆盖剂,效果很好。至于高分子保水剂在美国已经商业化,这种保水剂吸水量可达自身的3000~3500倍,吸水膨胀后形成水分不易离析的凝胶,而它的吸水压高于大气在一般相对湿度(50%~70%)时的吸水压,因此它不但能吸收大气中的水汽,而且还能把土壤水分吸收到根系附近。同时

它的吸水压又低于根系的吸水压, 当土壤干旱时将所含水分慢慢释放出来供作物吸收利用, 以后遇雨或灌水再吸水膨胀, 重复发挥作用。我国也正在研制这种高分子保水材料。70 年代从风化煤中提取的黄腐酸 (FA), 具有广泛的抗旱节水功能; 90 年代化学节水技术被列为国家“八五”、“九五”科技攻关计划, 并取得重大进展, 研制出了新一代的抗旱剂—FA 旱地龙。该产品具有抗旱和生长营养的双重功能, 能使气孔开度缩小, 减少水分蒸腾, 提高多种酶的活性和叶绿素含量, 现已在全国 28 个省区推广 66.7 万多 hm^2 。施用 FA 旱地龙可使作物增产 10%~15%, 节水 20%~30%。另外, 液态地膜、土壤结构改良剂等在国外发展十分迅速, 推进化学节水技术产业化是今后的发展方向。

2.3 信息节水技术

节水农业同别的行业相比, 具有它自身的劣势。因为节水农业必须与土地相结合, 而土地具有高度分散、信息不灵的特点; 而且还要考虑区域的地理、资源、生态环境条件, 而这些条件总是处在不断的变化之中, 因而地域性很强, 时变性很大; 可控性低, 稳定性差, 因此节水农业的经验性强, 定量化程度差, 技术集成度也很低。为弥补节水农业这些先天性的不足, 全新的信息节水技术系统应运而生。如利用智能化技术能根据农作物生长状况准确地判别作物是否受到大气或土壤的水分亏缺及亏缺程度、作物体内养分平衡与土壤养分供应状况、作物病虫害类型与严重程度、田间杂草的种类和位置等信息, 使节水农业的经验性大大降低, 定量化、规范化、集成化的程度提高。在这方面美国和以色列处于领先地位。由于我国地域辽阔, 地形气候复杂多样, 与发达国家相比该方面存在较大差距。随着我国计算机网络技术的迅速发展, 进一步加强智能化专家系统、农业信息技术、农业数据库和信息服务技术等方面的研究是今后的发展方向。

2.4 精确灌水技术

精确灌溉节水技术是以精确农业的发展为前提的。精确农业 (Precision Agriculture) 是在信息科学发展的基础上, 利用 3S 技术、计算机自动控制系统、网络抽样技术、产量监测器、可变比率发生器 (VRA)、作物模拟模型等技术引发的一场新的农业技术革命。其目的是按照田间每一操作单元的具体条件, 精细准确地调整各项土地和管理措施, 最大限度地优化各项农业投入, 以获取最高产量或最大经济效益, 同时减少化学物质使用, 保护农田生态环境, 其发展代表了现代农业发展的新趋势。国际上对精确农业的研究始于 80 年代初期, 近年随着 GPS 技术的民用化, 又推动了精确农业的发展, 如激光平地技术率先在美国得到应用。

我国在“九五”期间也引进了激光平地机械并做了有关试验, 但由于我国农业自然条件复杂, 节水农业还处于初级阶段, 全面实施这一高新技术目前困难很大。可以预见, 在未来的 15 年内精确农业一定会在我国得到应用并在节水农业中发挥巨大作用。

2.5 高分子材料节水技术

目前, 防渗衬砌物的材料主要有灰土、砌石、水泥土、沥青混凝土、混凝土, 复合土工膜料等, 其中混凝土材料占有很大比重。用于管道输水的高分子材料管材主要有硬聚氯乙烯管、聚乙烯管和玻璃钢复合管三种。在美、日、德、意等国, 塑膜、复合土工膜料以及各种塑料管材已被广泛应用于输配水工程。近年, 意大利又开发出一种用于修补裂缝、简单易用的橡塑质胶粘布。为解决塑膜易被刺破和冻胀地区冻融破坏的问题, 各国正在研究和开发技术可靠、经济合理的高分子材料。如美、德开始研究应用一种新型复合土工合成防渗材料 GCLS, 该材料能利用湿润土的遇水膨胀性防渗, 具有防渗性强、抗刺穿的优点, 从而克服了塑膜抗刺穿性能差、与土的磨擦系数小、易老化的缺点。近几年生产出的宽幅高密度、线性低密度以及高充填合金聚乙膜, 其抗拉强度、伸长率和抗撕裂度均有大幅度提高。随着高分子化学工业的发展, 新型防渗膜料也有很大的发展, 渠道防渗膜料的多样化和复合式衬砌结构形式已成为一种发展趋势。我国研制用于混凝土变形缝止水的橡塑质胶泥、橡塑质止水带也开始大面积使用, 试用高分子材料取代混凝土预制构件接缝的传统材料已初步成功, 我国生产的大型螺旋加筋塑料管 (直径 2~8m) 能承受较高的内外压力。总之, 高分子材料在渠道防渗和大型灌溉管道上的应用, 国外有的, 国内基本都有。不同的是生产规模、产品质量、工艺技术、售后服务和“傻瓜”产品等方面与先进国家存在差距^[4]。应用高分子材料研制技术可靠、结构简单、经久耐用、经济合理的防渗材料是节水农业发展的又一目标。

3 对我国节水农业中几个问题的思考

3.1 节水与养水协调发展

节水与养水协调发展是实现节水农业健康、持续向前发展、农业水资源良性循环的根本性措施^[5]。节水农业中的“节水”一词既包括节约用水, 又有涵养水资源之意。养水是节水的前提, 节水是养水的保证, 二者相互依存, 共处一个矛盾的统一体, 即节中有养, 养中有节。如果仅仅强调节水, 而忽视养水, 旷日持久, 节水农业就会无水可节, 无源可灌, 长此以往, 节水农

业就难以为继。另外,只养不节,将会导致大面积土壤次生盐碱化。如陕西泾惠渠开灌前,地下水埋深在 15~30m,从 1993 年开灌后 10 年间,地下水普遍上升 8~16m,这种惨痛的教训在我国已不乏其例。因此正确协调好节水与养水的关系,掌握适度的“节”、“养”比例具有重要的现实意义。

3.2 旱地农业与节水农业

旱地农业又称雨养农业或旱作农业。其内容包括种植制度的选择、抗旱或耐旱作物品种的选育、蓄水保墒、地力培肥、旱作栽培与耕作、化学调控及创造条件进行的有限节水灌溉等。因此,旱地农业与节水灌溉一点也不矛盾,二者相辅相成。基于我国的地理位置和复杂的农业自然条件,旱地农业在节水农业中将占主导地位。我国山区面积广大,旱地约 0.8 亿 hm^2 ,70% 分布在北方地区,其中不少地区地下水资源奇缺,靠灌溉解决作物需水要求不可能,只能靠旱地农业。特别是西北地区,春旱、夏旱连年发生,旱区范围不断扩大,水的供需矛盾极为突出。因此借助现代科学技术提高有限水资源的利用效率,是解决水资源短缺的唯一出路。近年来,随着科学技术的发展,高新技术给旱地农业注入了新的活力,并显著提高了旱地农业水平。在目前西部大开发的浪潮中,解决西部开发中的农业用水问题只有依靠旱地农业和节水灌溉的携手攻关才是最佳的选择。

3.3 高新技术与常规技术的关系

无庸讳言,分子生物技术、化学技术、精确农业技术、高分子材料技术、信息技术代表了当今本行业世界的最高水平,在未来的节水农业领域中将发挥出无与伦比的作用。然而在可以预见的今后 10 年乃至 20 年内,象分子生物技术仅可能使畜禽育种缩短年限,而在粮食增产特别是节水农业中不大可能有明显的突破。通过生物技术快速而大量获得的仅是一种人工新质材料,能否按人的意愿在节水农业中发挥作用还需要经

过常规技术的检验,同时高新技术只有通过转化为常规技术之后才能发挥它的巨大潜力。总之我们既要重视高新技术的研究与发展,又不能放松常规技术的开发与应用。特别是那些简易的节水技术,如“坐水种”、“小白龙”等,设施简单,方便易行,虽技术含量不高,但它在现阶段能在一定程度上解决我国生产中的实际问题,在经济不很发达的情况下应允许其适当发展。

3.4 节水农业的模式问题

由于节水农业具有很大的地域性、时变性、分散性和经验性的特点,因此,发展节水农业不能机械照搬一个模式,不能搞简单克隆。对于不同地区要深入调查研究,寻找不同类型区节水农业发展的途径和方向。特别是在我国,在实施节水农业的过程中则应根据西北干旱、半干旱地区、华北半湿润、半干旱地区和东北半干旱、半湿润、高寒地区的各自不同特点,因地制宜地发展并采用相应的技术体系。不能搞土办法上马,降低其高科技的品质,也不能奢望在全国只搞一两种节水模式或灌水技术就能完全满足各地的要求,要提倡“百花齐放”,多种模式共同发展。同时又要严格把握节水农业的技术标准,搞好科学论证和节水工程设计,充分发挥节水农业工程效益。 (编辑:田 红)

参 考 文 献

[1] 山仑,张岁岐. 节水农业及其生物学基础. 水土保持研究. 1999, 6(1): 1~ 13
 [2] 彭珂珊,邓西平,徐学选. 黄土高原农业高效调水关键技术研究. 节水灌溉. 2000, (1): 6~ 9
 [3] 美国科学院编. 干旱地区集水保水技术(唐登银译). 北京: 农业出版社, 1979. 1~ 20
 [4] 吴景社,李久生,李英能等. 21 世纪节水农业中的高新技术重点研究领域. 农业工程学报. 2000, 16(1): 9~ 12
 [5] 周维博,李佩成. 农业灌溉中的节水与养水的哲学思考. 节水灌溉. 2000, (1): 4~ 5
 [6] 节水农业必然选择. 经济日报. 1999 03 13

DEVELOPMENTAL DIRECTION OF TECHNICAL SYSTEM OF THE 21ST CENTURY WATER-SAVING AGRICULTURE

Liu Xianzhao Kang Shaozhong

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Yangling Shaanxi, 712100)

Abstract The developmental outline of water-saving agriculture was expatiated. Its technical systems, especially the development and applied actuality of high new technologies were summarized in this paper. The authors analyzed and considered dialectically the emerging problems and the development of the outlook of water saving. It is of great significance to guide the sustainable and healthy development of water saving agriculture in future.

Key Words water saving agriculture; technical system; high new technologies; routine technologies