

# 现代农业与生态节水的技术创新与未来研究重点

康绍忠<sup>1,2</sup>, 蔡焕杰<sup>2</sup>, 冯绍元<sup>1</sup>

(1. 中国农业大学中国农业水问题研究中心, 北京 100083; 2 西北农林科技大学教育部旱区农业水土工程教育部重点实验室, 杨凌 7121001)

**摘要:** 指出了我国农业与生态节水技术研究领域在试验仪器设备条件、节水灌溉技术与设备研发、精准灌溉和灌溉系统的自动控制、非常规水资源利用与区域农业水资源配置等方面存在的问题及与国际水平的差距, 分析了现代农业与生态节水技术研究中在地面灌溉、喷微灌、节水机具、节水材料与制剂、污水灌溉利用、渠道防渗与水量调配、精准灌溉等方面的发展态势, 提出了我国农业与生态节水技术创新的总体目标, 提出了我国农业与生态节水技术创新的几个重大研究课题, 论述了我国农业与生态节水技术创新的保障条件建设内容。

**关键词:** 农业与生态节水; 技术创新; 发展态势; 研究课题; 保障条件

中图分类号: S27; S275

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)01-0001-06

## 0 引言

我国水资源供需矛盾日益尖锐, 农业用水浪费严重, 水污染问题突出, 已成为严重制约我国国民经济可持续发展的瓶颈, 是影响到国家安全的重大战略问题。我国的农业缺水问题在很大程度上要靠节水解决, 发展现代农业节水高新技术是保障我国人口高峰期粮食安全、水安全、生态安全及整个国家安全的重大战略。但是, 我国目前还没有形成适合我国国情的节水农业技术体系, 必须加强农业与生态节水领域的技术创新, 促进节水农业的快速和健康发展。

## 1 我国农业与生态节水研究领域存在的问题及与国际水平的差距

### 1.1 农业与生态节水技术领域的总体差距与问题

经过近 20 多年的快速发展, 在总结相关成果的基础上, 初步形成了农业与生态节水技术体系, 在某些方面已达到或接近国际先进水平。但由于我国经济发展水平的限制, 加之科研体制不太适应科技发展的要求, 我国的农业与生态节水工程硬件建设的整体水平落后发达国家 30 年以上, 在节水灌溉设备研发、污水资源化利用、城市雨洪利用、精准灌溉等若干领域还存在相当大的差距。特别是有关研究的长期定位观测与数据积累、试验仪器设备、高新技术的应用等方面的落后局面严重制约着我国农业与生态节水技术领域科研水平的提高。

该领域研究的基础条件还比较落后, 全国性和区域性的试验研究网络还未形成, 特别是试验仪器设备条件除了个别中央科研单位和高校的重点实验室可与国际水平接轨外, 大多数的科研单位和高校在该领域的试验条件还相当简陋, 影响了试验数据的精度; 国外一般的

农业与生态节水科研单位均具有进行土壤、植物、气象、水资源等观测的仪器设备, 但我国同时有这些仪器设备的农业与生态节水研究机构还不多。国外试验研究数据采集的自动化水平高、连续性好, 一般的野外试验观测大多是靠预先安设的传感器和数据采集系统以及蓄电池和太阳能充电板进行连续自动观测和数据记录, 研究人员只需每周、半月甚至 1 月到试验现场用笔记本电脑取一次数据或检查蓄电池的状况, 试验研究人员对环境和植物生长干扰较小。而我国的这种试验大部分靠人工进行, 数据的连续性差, 人为干扰较大。发达国家特别注重对诸如作物需水量、灌溉水利用系数等基本数据的连续、定位观测和数据积累, 有的试验连续坚持几十年, 而我国在这方面还很不够。

在该领域虽然具备一定的基础积累, 取得了一些在生产中发挥重要作用的科技成果, 但仍存在许多重大的技术问题, 主要有: 节水设备和材料的工艺落后, 产品功能单一, 配套性差。在农艺节水技术领域取得的很多成果在研发阶段表现出显著的节水增产增收效果, 但在农业生产实际应用中, 却由于缺乏相应的技术产品、配套的应用设施和规范化的技术(产品)标准, 而难以大面积推广应用。农业节水技术的有机集成度低, 整体效益难以发挥。在各单项技术之间缺乏有机的连接和集成, 缺乏适宜于不同区域水土条件的节水农业技术集成体系和应用模式, 节水农业技术体系的整体效益难以发挥。农业节水技术产品的产业化和社会化程度低, 无法满足现代农业的发展需求。

### 1.2 节水灌溉技术与设备研发领域

我国在管道输水灌溉技术及器材研发方面, 管件及附件品种规格少、产品配套水平较低, 部分附件性能质量差; 管材、管件, 特别是给水栓出水口向田间沟畦口放水的配水装置部件未形成标准化、通用化、系列化产品; 缺少适合我国中型灌区中、高压输水用大管径管材、管件等产品。在该领域和发达国家相比还有很大差距。在喷灌技术及设备研发方面, 我国与发达国家相比仍存在着较大的差距, 主要表现在多数企业尤其是小企业的喷灌设备的产品质量不稳定, 制造精度低, 工艺陈旧落后,

收稿日期: 2003-08-31 修订日期: 2003-11-20

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(50339030); 国家自然科学基金面上项目(50279043); 教育部重点科学技术项目(02075)资助  
作者简介: 康绍忠, 教授, 博士生导师, 北京海淀区 中国农业大学中国农业水问题研究中心, 100083

设备性能差、效率低。在微灌设备产品生产及开发研制方面,产品品种规格少、系列化程度和配套水平低;压力流量调节器、排气阀等品种规格少,未形成系列化,加工较粗糙,品位较低;过滤器和施肥罐产品品种规格少,内密封性差,大容积化肥罐和大型过滤器装置等仍是空缺;灌水器产品质量不稳定,部分产品质量差;微灌产品材质配方问题一直未能很好解决。在微灌技术试验研究及成果应用中,微灌同步施用化肥方法及机理成果很少,在微灌工程中应用更少。目前,我国的微灌技术及设备与国外发达国家相比,在设备产品、工艺设备、产品精度、品种多样化及系列化、配套程度、微灌技术试验研究成果及微灌技术总体水平等方面仍存在较大的差距。在微灌设备产品用材质配方研究成果及应用方面更是欠缺,差距更大。

### 1.3 精准灌溉和灌溉系统的自动控制领域

在精准灌溉和灌溉系统的自动控制方面,我国与国际领先水平的差距还较大。发达国家为满足对灌溉系统管理的灵活、准确、快捷的要求,非常重视空间信息技术、计算机技术、网络技术等高新技术的应用,大多采用自动控制运行方式,特别是对大型渠道工程多采用中央自动监控(遥测、遥讯、遥调)方式。在大大减少调蓄工程的数量、降低工程造价费用的同时,既满足了用户的需求,又有效地减少了弃水,提高了灌溉系统的运行性能与效率。遥感等高新技术已大面积用于区域作物耗水监测和土壤墒情及灌溉预报。但我国在该领域还处于个别点的试验研究阶段。

### 1.4 非常规水资源利用与生态需水研究领域

我国有关微咸水灌溉的研究,还没有形成较完备的技术体系,与国际先进水平尚有一定差距。在再生水的农业利用方面,我国的研究起步较晚,目前的研究还仅限于污水灌溉对作物、土壤、地下水的影响,总体与国际先进水平相比差距较大。

我国在水资源可持续利用研究方面,过去较多的从社会经济目标考虑水资源的优化配置问题,对生态需水考虑不够;而且以静态的水资源配置研究较多,对水资源系统与社会—经济—生态复合系统的相互演变关系考虑不够;对水资源系统承载力与社会经济发展水平和节水程度的关系研究不够。在采用分布式流域水循环模型研究流域水转化方面与国外有一定差距。有关水资源形成与水环境演变以及区域水循环与水平衡的长期定位观测和基础数据积累与发达国家还有较大的差距。

## 2 国内外农业与生态节水技术领域发展态势

地面灌溉技术研究方面,水平畦灌、阶式水平畦灌的研究不断深入,传统的畦灌、沟灌也由过去单纯研究灌水技术要素对灌水均匀性、水分深层渗漏的影响,转向综合研究灌水技术要素对土壤水肥运移、对水肥淋失的影响;同时,开发了膜上灌等新型灌水技术,并得到较大面积推广。水平畦灌是田面非常平整条件下的畦灌,要求供水流量大、土地平整精度高,必须在进行大地测

量后,采用激光平地技术。该技术在美等发达国家被称为是地面灌溉最重要的进展之一。波涌灌溉利用了致密层在发展中不断减小田面糙率与土壤入渗特性这一客观规律,逐次为以后各周期的灌溉水流创造了一个加速水流推进与提高减渗效果的新接口。浑水波涌灌溉则是利用含沙量较高的水进行波涌灌溉,能够起到更加明显的效果。

在喷、微灌技术研究方面,国外一直非常重视喷灌水肥需求规律及水肥耦合高效利用方面的研究,施肥灌溉应用十分普遍。在微灌水肥高效利用方面,以色列、美国、荷兰等国家对不同作物的施肥灌溉制度和微灌施肥灌溉专用液体肥料进行了20~30年的研究,取得了丰富的成果,已经研制出了针对多种经济作物水肥高效利用的专家管理系统。我国从20世纪70年代起,就针对微灌开始了研究和试验示范工作,开展了微灌条件下的土壤水分与溶质运移规律、日光温室和大田经济作物的灌溉制度、水肥耦合模式、滴灌施肥技术等研究工作。在喷微灌设备方面,对注肥设备的研制取得了可喜的进展,但对滴灌施肥灌溉条件下养分的运移以及施肥灌溉系统运行参数几乎没有涉及。施肥灌溉自动控制环节薄弱,施肥灌溉软件方面研究严重滞后是造成这一局面的主要原因。国外现有滴灌施肥灌溉自动控制软件也只能在给定施肥量的情况下控制肥液浓度与施肥历时,而未能将作物施肥灌溉制度、土壤特性、氮素运移模式相结合,形成决策、管理一体化的软件。国外由于长期的技术积累,一些著名公司不断推出新产品。在节水灌溉产品快速开发平台技术中,提出的高精度快速成型专用设备是快速成型领域研究的热点,但是目前还没有见到开发成功的报道。特别是微涂层的实现是技术难点,由于受到材料性能的限制,依靠自然流平无法达到很小的层厚,并且受到表面浸润性能的影响,必须采取相应措施才能实现,目前正从材料、涂层方法方面力争有所突破。

国外正在开发节能型的低压重力式滴灌技术和防堵塞的脉冲灌等技术。地下灌溉由于能显著减少作物无效蒸发(土壤表面蒸发)而特别省水的优点,发展也十分迅速。目前国外利用废旧添加橡胶、塑料发泡剂等研制成功了新型发汗渗灌,并在果树、花卉等作物中开始应用,现正在开展其合理管道间距、埋深及其优化灌水模式、防生物堵塞技术等方面的研究。

近几年,根据中国国情,我国已研发出秸秆粉碎还田免耕施肥小麦播种机、流量和频率可调坐水种点灌机、抗旱用行走式轻型喷灌设备、大射程旋转式微喷头、长流道新型薄壁微灌带、带离心清洗装置的自动反冲过滤器、带稳压机构的连续精量水动式施肥泵、低压压力调节器、节能异形喷嘴、可调雾化程度及射程的多功能喷头、新型短流道喷头、轻小型喷灌机组、新型中远射程喷头、国产激光控制精细平地铲运设备等节水灌溉设备和系统。一批节水产品初步表现出较强的市场前景和进一步开发的潜力。如生物集雨材料及其相应建造工艺,蜂窝管渗流集蓄新产品,秸秆粉碎还田免耕施肥小麦播种机,长流道新型薄壁微灌带,带离心清洗装置的自动

反冲过滤器, 带稳压机构的连续精量水动式施肥泵, 多功能生物型种衣剂, 作物根区局部控水灌溉装置, 新型液膜覆盖材料, 国产激光控制精细平地铲运设备, 控制性分根交替灌溉孔口灌水器及交替阀等将会取得较大突破。

在节水制剂与材料研发方面, 国内学者初步解决了秸秆纤维的溶胀和交联技术, 使研发的产品耐盐性超过现有市场产品和文献报导。保水剂的非离子高分子齐聚物接枝工艺和螯合剂处理技术取得了较大创新发展。研发了生物集雨营养调理剂、纳米混凝土改性剂、多功能生物型种衣剂、新型保水剂、新型防水保温材料、新型填缝止水材料、新型液膜材料、新型高效重金属离子净化剂等节水制剂和材料, 其中已有多功能生物型种衣剂、新型高效重金属离子净化剂等产品形成定型生产或示范应用。

污水灌溉及其对环境的影响已成为许多国家水资源高效利用与管理、农业与生态环境等领域日益关注的重要课题。目前, 需要进一步研究污水灌溉条件下作物需水量和耗水量的计算模型以及对污水灌溉响应的产量模型; 污水灌溉对植株、土壤及地下水环境的影响, 如污水灌溉对土壤水分物理参数的影响、污灌条件下饱和—非饱和土壤中有害物质(重金属、硝态氮和盐)的时空分布特点、盐分和污染物(重金属及硝态氮)在土壤中的运移、转化、吸附与积聚等动态过程、重金属在植株中的富集规律; 污水灌溉条件下, 灌溉水中盐分含量与盐分组成对作物吸收养分的影响及考虑盐分影响条件下作物吸收养分的数学描述; 作物污水最优灌溉模式与应用技术的研究, 以最大限度地减少水和有害物质从根系层淋失和有毒物质(重金属)在作物中累积为目标, 根据作物蒸腾强度和土面蒸发强度调控污灌量, 并根据农作物对污水灌溉响应的产量模型和不同灌溉技术, 确定相应的最优污水灌溉模式(包括灌水量、灌水时间和灌水次数)。

在工程节水技术方面, 国内外的研究主要集中在渠系建筑物建设技术方面。相对来说, 技术正在趋于成熟, 主要是探索新型建筑结构形式。而新材料配方及其应用技术的研究却相对要活跃得多。国内外都正在较普遍的将高分子材料应用在渠道防渗中, 尤其是在高分子膜料的应用上已取得不少实用的研究成果。但薄膜易刺破及冻胀地区冻融破坏的问题还没有很好的解决。因此, 各国都正在不断研究开发技术可靠、经济合理的高分子合成新材料。我国目前采用的渠道防渗防冻胀措施, 适应性较差、易损坏或成本高。刚柔结构具有适应冻融变形、胀而不裂和防渗、减轻冻胀的特性, 能同时有效解决渗漏和冻胀的问题, 应用高分子材料研制技术可靠、结构简单、经济合理的刚柔混合结构或纯柔性结构作为渠道的护砌结构是我国科技人员正在努力研究的方向。

3S 技术的应用产生了数字水文、数字河流、数字渠道、数字灌区等概念。随着 GIS 空间信息处理技术及相应计算机软件、高性能微机工作站及数字地形高程

(DEM) 等技术的出现, 使得与水文水环境、灌溉管理等有关的地理空间资料的获取、管理、分析、模拟和显示变为可能。随着科学技术的飞速发展, 有关高新技术已开始广泛应用于农业与生态节水领域, 如土壤水分测定在时域反射法(TDR)技术成熟的基础上, 正在开发经济实用的基于电容法、热惯量、近红外技术的快速测量仪表; 基于作物蒸腾过程、叶面—空气温差与作物旱情的关系, 利用红外测温技术诊断作物旱情的研究也取得许多进展; 利用遥感技术监测大面积土壤墒情、作物旱情, 以及短、中、长期的土壤墒情、作物旱情的预报技术研究方面也取得了长足发展。

在灌区灌溉用水管理中, 综合各种预测技术、优化技术的灌溉用水计算机管理系统已开始在我国灌区大面积应用, 使灌区的灌溉用水实现了由静态用水向动态用水的转变, 为提高灌区水资源的利用率提供了技术保障。为实现渠系优化配水的要求, 应用计算机技术的渠道水量、流量实时调控的研究也在国内外逐步兴起。灌区用水管理系统方面, 已逐步转向研究将数据库、模型库、知识库和地理信息系统有机结合的灌区节水灌溉综合决策支持系统。特别是近年来发达国家已开展了基于田间水肥等生产要素的巨大差异性, 利用 GPS 和 GIS、RS 和计算机控制系统, 精细准确调整灌水施肥的精准灌溉技术研究, 为最大限度地优化各项农业投入, 充分挖掘田间水肥差异性所隐含的增产潜力创造了条件。实现灌区现代化管理, 首先要有灌溉工程控制设备的自动化, 其次有先进的系统运行软件对系统控制问题进行决策, 从而建立灌区现代化管理决策支持系统, 指导灌溉用水过程。

### 3 现代农业与生态节水技术创新的总体目标

现代农业与生态节水技术创新的总体目标是: 针对我国水资源紧缺、洪涝灾害频繁、水污染加剧、水土环境退化、生态环境脆弱以及农业用水浪费严重、农业节水潜力巨大的现状, 面向我国发展节水高效农业和建设节水型生态植被的需求, 以建立具有中国特色的现代农业节水高新技术体系、水资源可持续利用技术体系及水土环境保护与修复技术体系, 全面提升农业与生态节水技术的现代化水平, 促进农业与生态节水技术向着量化、规范化、模式化、集成化方向发展为目标; 选择现代农业与生态节水技术领域的若干重大技术实施重点突破, 按照现代农业节水前沿技术、关键平台技术与新产品、技术集成模式与示范工程及产业化 3 个层次, 研究一批植物高效用水生理调控及植物缺水信息采集与精准控制灌溉技术为重点的现代农业节水前沿高技术, 研究和开发一批适合国情的高效、低能耗、低投入、多功能的农业节水关键平台技术和新型节水材料及制剂, 带动现代农业节水技术的有机集成和示范及产业化。大幅度提高农业用水效率和效益及农产品的国际竞争力, 推动农业产业结构调整, 推动我国节水高效和可持续农业的跨越式发展, 为在未来 30 年农业用水零增长条件下人口高峰期食品安全提供高技术支撑。

力求达到: 建立系统的农业与生态节水及水资源可持续利用的理论体系, 促进水科学与生态科学的创新和发展以及节水农业发展与节水型生态植被建设过程中的水资源持续高效利用和生态系统的良性循环; 构建具有中国特色的现代农业节水技术体系与高效用水模式; 开发适合不同区域特点的水资源可持续利用技术体系; 加强高新技术应用, 全面提升我国节水农业和水土资源高效持续利用的现代化水平; 建立一批农业节水、水资源可持续利用等方面的技术标准和规范, 促进农业与生态节水技术向着定量化、规范化、模式化、集成化和高效持续方向发展; 建设一批农业与生态节水技术领域的创新基地, 特别是与农业节水及水资源可持续利用领域有关的国家重点实验室、国家野外科学实验台站和国家重点学科, 提升农业与生态节水领域的创新能力, 培养一批高水平的农业与生态技术创新人才。为解决我国国民经济可持续发展所面临的、以及全社会高度关注的水危机和生态安全等重大战略问题做出贡献。

#### 4 现代农业与生态节水技术创新的主要内容

##### 1) 植物高效用水生理调控与非充分灌溉技术

研究主要作物节水条件下产量形成及可视化的生产模型; 维持农作物较高水分生产效率的生理和生态学过程参数; 农作物根系微生态系统水分吸收功能调控模型和水分利用整体超补偿功能环境反应模型。不同生态区域内主要农作物(小麦、玉米、棉花、水稻)非充分灌溉条件下的需水量季节分布和计算模式, 不同节水技术条件下作物需水和耗水模型, 主要作物的需水指标体系及需水量数据库; 水分生产函数与有限水量条件下的非充分灌溉制度, 不同节水灌溉方式下非充分灌溉制度的实施技术。主要农作物(小麦、玉米、棉花、水稻、果树)调亏灌溉的指标体系(最佳调亏阶段和调亏程度), 不同养分水平或施肥条件下的调亏灌溉指标与调亏灌溉模式, 作物调亏灌溉田间实施技术。生态建设中主要林草的耗水模型和生理需水指标, 林草植被保育与建设区的水分资源承载力, 生态植被建设过程中有限水的最优利用与调控技术。通过上述研究, 将获得作物生理节水潜力及降低作物耗水系数、提高作物水分生产效率的控制参数和节水条件下作物生产的可视化模型, 建立小麦、玉米、水稻、棉花等主要作物及生态植被建设中主要林草非充分灌溉条件下的需水量估算模式和不同地区与不同水文年份的需水量数据库及非充分灌溉模式, 形成节水高效的非充分灌溉与调亏灌溉综合技术模式。

##### 2) 作物需水信息采集与精量控制灌溉技术

研究作物对水分亏缺信息的感受、传递与信号转导的过程, 作物水分信号诊断指标体系, 利用作物茎秆变形测量诊断作物缺水状况的技术与新产品; 作物水分区域分布的监测技术; 作物蒸腾过程快速监测技术; 土壤水分动态快速测定与预报技术及新产品; 区域土壤水分的空间变异性与最佳动态监测布点方式; 区域土壤墒情预报技术。以土壤墒情预报、作物水分动态监测信息与

作物生长信息的结合为基础, 运用模糊人工神经网络技术、数据通讯技术和网络技术建立具有监测、传输、诊断、决策功能的作物精量控制灌溉系统; 研制智能化的灌溉信息采集装置、田间灌溉自动控制设备、智能化灌溉预报与决策支持软件。

##### 3) 田间节水灌溉技术设备及新产品

研制抗堵、耐用、价廉的微灌灌水器; 新型微灌过滤器、注肥器及系统控制设备; 研制节能异形喷嘴喷头、可调仰角及可调雾化程度的喷头、喷洒区域为矩形的喷头; 适用于园林喷灌的升降式喷灌装置; 改进扇形转动的摇臂式喷头, 提高其可靠性和耐久性; 开发新型移动式轻小型喷灌机组, 智能控制低压变量自走式喷洒机组; 研制开发国产激光平地铲运设备和相应的液压升降控制系统, 田间波涌灌溉技术的波涌控制阀, 田间多孔闸管系统, 田间灌溉自动控制设备; 实施分根交替灌溉的田间灌溉管道和灌水器的最优构造, 实现分根交替灌溉技术的配套设备。研究利用小水源的新型微型提水机具, 适合集雨水源和非管网化水源的新型微型局部灌溉系统及田间配套设备; 适合家庭规模的可调式小型免耕坐水播种技术与设备, 集灌水、播种、施肥于一体的新型多功能行走式局部施灌机; 适合利用雨水造林的专用节水机具。

##### 4) 新型节水专用材料与生化制剂

研究微灌专用纳米材料及产品; 高强度、轻型金属管材, 高分子复合材料的大口径管材、管件及配套设备。利用纳米技术改进防渗材料的性能; 新型土壤固化剂; 新型复合土工膜料和添缝材料的改进; 新型保温复合材料和环保型混凝土补强新材料, 防冻抗裂剂的合成工艺与应用技术。研究和开发适合旱区雨水集蓄的新型低成本、高效率的坡面集雨固化土材料、绿色环保型集雨面喷涂材料、生物集雨材料。研究与开发可被微生物完全分解成对环境无害物质的农用地膜; 生物全降解膜制造材料和工艺, 低成本聚乳酸共聚物材料; 田间生物材料成膜技术与设备; 具有增温、保墒、增产、无残留的多功能液体覆盖材料; 乳化剂原材料及配方技术、各类添加剂的复配技术、生产工艺及设备。研制新型长效保水剂与节水抗旱种衣剂, 植物蒸腾抑制剂, 土壤结构改良剂, 控制农田灌水水流入渗的化学制剂。

##### 5) 农艺节水技术及新产品研发

研究新型保墒耕作技术和覆盖保墒技术, 土壤水库充蓄增容技术; 抗旱节水作物品种筛选的定量指标, 不同品种作物的抗旱性与节水效应对比, 间作套种模式和节水高产栽培技术体系。研究喷微灌条件下不同灌溉技术参数组合时作物根区水分养分迁移、转化和吸收的动力学过程, 喷微灌条件下作物根际水肥耦合、根际营养调控以及作物根际微生态系统中物质循环与调控模型, 水肥一体化管理技术, 以提高水肥耦合利用效率为目标的喷微灌技术参数最优组合, 建立适用于喷微灌系统的水肥精量施用专家管理系统和模型。研究精细地面灌溉下作物根区水分养分的迁移过程和可视化模型, 不同灌溉技术要素组合与不同灌溉制度对作物根区水分养分

利用效率的影响, 灌水均匀度与作物水分养分利用效率的关系, 水肥互激作用, 提高水分养分耦合利用效率的最佳灌水技术要素组合, 主要作物的优质、高效施肥方法与灌溉制度, 水肥一体化调控的配套技术。

#### 6) 现代灌溉系统水量监控与调配技术及新产品

研究开发水头损失小、价廉、精度高、抗干扰性强的渠系量水设备、新型量水槽, 具有量水和水量调控双重功能的取水口量水设施, 新型管道量水仪表, 适合北方高含沙渠道采用的量水装置, 以及经济实用的灌区自动化量水二次仪表及设备、井灌区计量用水卡等。开发基于局域网络、Internet 网络与 RS 和 GPS 技术相结合的灌区动态管理信息采集、传输和分析技术, 灌溉系统的计算机识别技术; 动态配水系统下非恒定流模拟仿真技术和水量流量实时调控技术, 灌溉系统动态配水管理软件。研究灌区中央控制系统自动控制技术、水力自动控制技术、配水系统控制设施、当地及远端控制技术与设备; 开发灌溉配水系统的闸门控制模式及基于模糊控制方法的灵活方便的控制器; 灌区多水源联合调配模式与智能决策支持系统。

#### 7) 非常规水资源化与灌溉利用技术

研究污水灌溉对土壤、地下水资源的环境影响和土壤对污水的调蓄自净能力, 不同作物的耐污度, 污灌安全的量化指标体系。开发适用于城镇生活污水资源化的新型高效、价廉的持续性处理技术(利用土壤过滤与吸附、土壤微生物作用与农作物的吸收等生物处理技术); 研究污灌下的不同灌水方式、污净水混灌或轮灌的应用技术、不同污灌方式下的作物灌溉制度; 生活污水城镇绿化应用技术。研究咸水灌溉控制指标体系和作物灌溉制度, 咸水灌溉后土壤水盐运动规律与调控理论, 咸淡水轮灌模式, 咸水开发利用与农业综合措施相结合的成套技术; 咸水开发利用技术。研究雨水资源化高效利用技术。

#### 8) 现代农业节水技术系统集成模式

对现代农业节水技术进行组装配套与有机集成的基础上, 建立西北内陆河生态脆弱型灌区、华北井渠结合灌区、黄土高原集雨农业区、北方引黄灌区、旱地农业节水区、南方水稻灌区等不同类型区的现代农业节水技术示范园区及现代农业综合节水技术与设备展示基地。以农业节水高新技术和产品应用为载体, 将节水灌溉技术、农艺节水技术和用水管理技术组装配套后作为技术集成模式的示范基地, 形成各具特色的现代农业节水技术综合体系, 加大农业节水高科技成果的显示度。示范园区和展示基地的建设不仅将为同类地区的农业节水高新技术发展提供样板和典型经验, 还将成为技术成果伞型辐射推广的中心, 起到提高我国农业节水技术整体水平、推动农业高效用水发展的重要作用。

#### 9) 农业节水高技术产品产业化

通过建立产业化基地、扶持和培育高科技型产业化企业(集团), 促进我国农业节水产品的产业化, 带动农业节水产业的技术提升。具体包括: 建立作物精量控制灌溉与灌区自动化监测控制产品、喷微灌产品、节水生

化制剂与覆盖保墒材料等现代农业高技术产品产业化基地, 扶持和培育农业节水高科技企业, 将农业节水关键平台技术成果和新产品在产业化基地和企业内完成产业化, 建立具有资源优势和市场竞争力的农业节水产业, 带动农业结构调整和产业升级, 为农业节水产业化发展提供样板。

## 5 现代农业与生态节水技术创新的保障条件建设

1) 加强农业与生态节水技术创新基地建设, 提高农业节水与水资源可持续利用研究领域的技术创新能力

应该在我国现有农业水土工程学科布局的基础上, 在一批有条件的高校和科研单位中新建设一批农业水土工程学科博士点, 国家有关部门应该从博士点遴选指标上给予倾斜。同时应该在现有一个农业水土工程国家重点学科的基础上, 考虑我国水土资源分布的特点, 在未来国家重点学科建设指标中给予足够的重视。水利部、农业部和教育部等部门应在部门重点实验室建设中特别对农业节水与水资源可持续利用方向给予关注。在我国国家重点实验室建设规划, 特别是农业领域国家重点实验室建设规划中, 应充分考虑到农业节水和水资源可持续利用的重要性, 设置农业与生态高效用水方向的国家重点实验室。

2) 建设国家节水灌溉试验与监测网络, 加强农业用水的定量控制和有效监测

国家节水灌溉试验与监测网络的布局应按照国家节水灌溉试验与监测总站、国家级区域(或流域)重点节水灌溉试验与监测站、省级节水灌溉试验与监测中心站、地方节水灌溉试验与监测站等四级进行。国家级区域(或流域)重点节水灌溉试验与监测站宜采取水利部联合其他部门与中央高校和科研单位联合共建的方式, 实行开放运行模式。全国宜建设 8-10 个国家级区域(或流域)重点站。国家节水灌溉试验与监测网络建设的投入以国家财政拨款为主, 纳入国家重点野外科学实验台站系列, 水利部农水司应与科技部基础司联合, 由水利部和科技部联合资助日常运行经费。国家级重点区域站应以高校和科研单位为技术依托, 以研究、监测和资料积累及新技术培训为主, 使其成为区域节水灌溉理论与新技术的创新基地, 区域节水灌溉新技术示范与推广基地, 区域节水效果的监测中心, 区域节水灌溉实验人员和基层灌溉用水管理人员的培训基地, 区域节水灌溉试验与监测数据中心。

3) 组织全国性重大研究课题的协作研究, 为节水农业技术的选择和应用提供保障

首先应组织如下一些重大课题的协作研究: 农业结构调整与节水灌溉对区域作物耗水分布的影响及多种作物组合层次的耗水量模型和数字化中国主要作物需水量等值线图研究; 节水灌溉条件下不同区域主要农作物节水优产型非充分灌溉制度研究; 高效设施农业主要经济作物需水量与灌溉制度研究; 不同节水灌

溉技术的节水效应对比试验及不同区域节水灌溉模式与技术体系集成研究; 全国不同区域作物水分利用效率与灌溉水利用效率测试与对比研究; 全国不同区域主要作物的节水潜力与用水标准研究。

4) 加大节水高效农业与水资源可持续利用科研投资力度, 充分挖掘现有投资潜力, 拓宽投资渠道

加大 863、973、国家攻关、国家自然科学基金、国际合作、成果转化、科技产业化、软科学等诸方面节水农业与水资源可持续利用科研投资力度, 建立现代节水农业创新专项基金, 提高节水农业科技创新水平。进一步实施完善国家财政贴息投入政策, 建立良好的运行机制, 提高效率; 高效率运转国家财政安排的用于支持农田水利建设的专项基金, 将其转向为节水农业建设; 继续安排专项基金支持节水农业建设与水资源工作外, 在水利建设基金中抽取一定的比例用于节水农业和水资源研究, 特别是用于某些基础性的工作。

#### [参 考 文 献]

- [1] 康绍忠 现代灌溉用水管理的几个研究方向[J] 西北水资源与水工程, 1993, 4(2): 1- 7.
- [2] 康绍忠 农业水土工程学科的研究任务与发展趋势[J] 农业工程学报, 1993, 9(2): 27- 32
- [3] 康绍忠 新的农业科技革命与 21 世纪我国节水农业的发展[J] 干旱地区农业研究, 1998, 16(1): 11- 17.
- [4] 康绍忠, 许迪 我国现代农业节水高新技术发展战略的思考[J] 中国农村水利水电, 2001, (10): 25- 29.
- [5] 康绍忠 关于建设我国国家节水灌溉试验与监测网络的建议[J] 中国农村水利水电, 2002, (12): 18- 22.
- [6] 王留运, 岳兵, 张顺尧, 等 我国节水灌溉技术与设备发展状况评价和短期预测及若干建议[R] 国家节水灌溉北京工程技术研究中心项目报告 2001.
- [7] 康绍忠 西北地区农业节水与水资源持续利用[M] 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [8] 康绍忠, 蔡焕杰, 梁银丽, 等 旱区水-土-作物关系及其最优调控原理[M] 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [9] 许迪, 康绍忠 现代节水农业技术研究进展与发展趋势[J] 高技术通讯, 2002, 12(144): 103- 108.
- [10] 许迪, 吴普特, 梅旭荣, 等 中国节水农业科技创新成效与进展[J] 农业工程学报, 2003, 19(3): 5- 9.
- [11] 李英能 关于我国节水农业技术研究的探讨[J] 灌溉排水学报, 2003, 22(1): 11- 15.

## Technique innovation and research fields of modern agricultural and ecological water-saving in the future

Kang Shaozhong<sup>1,2</sup>, Cai Huanjie<sup>2</sup>, Feng Shaoyuan<sup>1</sup>

(1. The Center of Agricultural Water Research in China, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. Key Laboratory of Agricultural Soil and Water Engineering in Arid and Semiarid Areas of Ministry of Education, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China)

**Abstract:** Scientific problems which China have experienced in the region of agricultural and ecological water-saving techniques and differences in the level of technology between China and advanced country were put forward. Such as experimental facility conditions, water-saving irrigation technology and equipment exploitation, precision irrigation, irrigation system automatic control, poor quality water resource utilization, regional agricultural water resource management and so on. The development tendency of agricultural and ecological water-saving techniques were analyzed on surface irrigation, micro-sprinkler irrigation, tools and materials of water-saving facilities, sewage irrigation, canal seepage prevention and precision irrigation. Aims and important research projects of agricultural and ecological water-saving technology innovation in China were also raised. The construction of guaranteed conditions for agricultural and ecological water-saving technology innovation was discussed.

**Key words:** agricultural and ecological water-saving; technique innovation; development tendency; research project; guaranteed conditions