

·学科进展与展望·

关于西北旱区农业与生态节水基本理论和关键技术研究领域若干问题的思考

康绍忠* 许迪† 李万红‡ 黎明‡

(* 西北农林科技大学节水与水资源研究中心, 陕西 712100;

† 中国水利水电科学研究院水利研究所, 北京 100044;

‡ 国家自然科学基金委员会工程与材料科学部, 北京 100085)

[摘要] 本文论述了西北旱区缺水对经济和社会可持续发展所造成的影响,分析了该区域的节水潜力,指出西北旱区的缺水问题在目前主要应靠节水来解决,加强对西北旱区农业与生态节水基本理论和关键技术的研究是西部大开发的迫切需要和保障我国人口高峰期粮食安全、水安全与生态安全的重大战略举措。西北旱区农业与生态节水是一个跨多学科的科技问题,应加强多学科的联合攻关和国际合作研究,西北旱区农业与生态节水领域中的主要研究内容有:植物高效用水生理调控与非充分灌溉理论;节水灌溉方式下水分与养分的转化理论及尺度效应;植物需水监测与估算及灌溉节水潜力;西北旱区特殊水源高效利用理论与技术;灌溉系统水量与流量实时调控与区域多水源优化配置理论;旱区节水灌溉的区域水土环境效应评估与调控。最后,分析了西北旱区农业与生态节水研究领域可能产生的突破和贡献。

[关键词] 农业与生态,节水,水分利用效率,西北旱区

1 加强西北旱区农业与生态节水基本理论和关键技术研究是西部大开发的迫切需要和保障我国人口高峰期粮食安全、水安全与生态安全的重大战略举措

我国是一个严重缺水的国家,水资源总量为 28 100 亿 m^3 ,人均水资源占有量约为 2 200 m^3 ,仅为世界平均水平的 1/4。预计到本世纪 30 年代,当我国人口达到 16 亿高峰时,在降水不减少的状况下,人均水资源量将下降为 1 760 m^3 ,逼近国际上公认的 1 700 m^3 严重缺水警戒线!此外,我国水资源时空分布极为不均,与国民经济发展区域布局严重错位,占国土面积 65%、人口 40% 和耕地 51% 的长江淮河以北地区,拥有的水资源总量只有全国的 1/5,许多地区人均水资源占有量已大大低于 1 700 m^3 的严重缺水警戒线。西北、华北地区的区域性缺水更为严重。水资源短缺已成为制约我国国民经济和社会可持

发展的瓶颈,同时也是党和国家领导人及全社会高度关注的重大问题。

西北干旱半干旱地区包括陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆和内蒙古西南部等区域,总土地面积 400 多万 km^2 ,占全国总面积的 42%,人口占全国总人口的 8%。长期以来,我国西北旱区在满足人口急剧膨胀、人民生活质量改善对粮食增长和社会经济发展迫切需求的同时,过量垦荒扩大耕地面积和对水资源的过度引用及无序开采已导致当地水土条件和生态环境的恶化,严重威胁到西部大开发的顺利实施。目前,这一地区是全国生态最为脆弱和沙尘暴多发的地区,也是全国贫困人口较集中的地区之一。

水资源短缺是西北地区工农业生产发展和恢复生态平衡最重要的制约因素。由于水资源数量有限,加之气候干旱、蒸发强烈,区域水土资源不平衡,水资源的过度开发,造成了严重的生态环境问题。如河西石羊河流域水资源总量 17.28 亿 m^3 ,而该地

本文于 2002 年 6 月 10 日收到。

区总的水资源耗用量 20.142 亿 m^3 , 占可用水资源量的 116.6%, 地下水严重超采, 地下水位大幅度下降, 直接导致了沙生植物的枯萎死亡、防风固沙体系急剧衰败, 沙丘活化, 沙漠化威胁日益严重。民勤绿洲的青土湖地区, 是数千年来“碧波荡漾、野鸭成群、游鱼无数”的流域终端湖泊, 因无法得到水量补给而于 20 世纪 60 年代干涸, 并逐渐演变成了一片浩大的盐碱化荒漠, 湖泊景观消失殆尽, 使绿洲北部的天然防沙屏障变成了沙漠大举入侵绿洲的通道。目前该处沙漠以每年 10m 的速度向绿洲推进, 沙粒和盐分在强烈风力作用下, 不断地被吹蚀、搬到绿洲的农区, 造成危害。黑河流域由于上游用水增加, 下游水量逐渐减少, 致使下游额济纳绿洲生态系统不断遭到破坏, 酿成内蒙阿盟和宁夏春夏之际沙暴灾害不断加剧, 20 世纪 90 年代以来愈演愈烈^[1-6]。

农业是我国用水大户, 更是西北地区的用水大户。目前我国农业用水量为 4 000 亿 m^3 左右, 约占全国总用水量的 70%。尽管该比例在未来会有所下降, 但到 2030 年仍将维持在 60% 左右, 农业将一直保持行业用水大户的地位。西北地区农业用水的比例远高于全国平均水平, 西北地区总用水量 783 亿 m^3 , 其中农业用水 708 亿 m^3 , 占 90.5%, 西北内陆区高达 95%, 黄土高原区为 87.3%。在水资源日益紧缺的同时, 农业用水的浪费却相当严重, 主要表现为: 一是灌溉水和天然降水的利用率低, 一般渠系水利用系数在 0.5 以下, 有的甚至只有 0.3。如新疆全区平均渠系水利用系数 0.41; 内蒙古套灌区渠系水利用系数 0.394; 陕西关中各大灌区平均渠系水利用系数也只有 0.5 左右^[6]。在旱地农业区, 由于粗放经营, 农田对自然降水的利用率只有 56%, 而这其中还有 26% 的无效蒸发。二是农业用水的效率低, 按有关统计估算, 我国农业灌溉水的利用效率仅为 1.0 kg/m^3 左右, 旱作农田水分利用效率仅为 0.6—0.75 kg/m^3 。表 1 列出了西北地区灌溉水生产效率与全国平均水平及京、津、冀、鲁、豫 5 省(市)平均水平的比较, 从表 1 可看出, 西北地区的数字除陕西省外, 都远远低于全国平均值和京、津、冀、鲁、豫省(市)平均值。灌溉用水量较多除与西北地区蒸发能力强和有冲洗压盐的特殊需求有关外, 较为落后的灌溉管理水平是造成这一现象的主要原因之一。同时, 这也表明我国西北地区孕育着巨大的节水潜力!

如果依靠科技进步, 利用现代农业与生态节水新理论与新技术, 通过农艺、生物、工程与管理等措

施的有机集成, 把西北 5 省区的单方水的产粮数提高到全国平均水平以上即可在保持现有粮食总产条件下, 节水 268 亿 m^3 , 约相当 0.5 条黄河的年径流量。

西北旱区的缺水问题在目前主要应靠节水来解决。为了缓解我国西北水资源严重短缺、水资源供需矛盾日益尖锐与西部大开发之间的矛盾, 实施以改善生态环境为前提的西部大开发战略, 必须发展现代农业节水技术和开展节水型生态环境建设, 这是保障我国 21 世纪人口高峰期食品安全、水安全、生态安全的重大战略举措。

表 1 西北地区灌溉水生产效率与全国平均水平的比较

省 份	单位灌溉面积 用水量(m^3/hm^2)	单方灌溉水产粮数 (kg/m^3)
全国平均	6 900	1.000
陕西	5 115	1.055
甘肃	10 170	0.461
青海	11 085	0.402
宁夏	22 935	0.179*
新疆	9 105	0.369
内蒙古	9 615	0.307*
京、津、冀、鲁、 豫 5 省(市)平均	3 888	1.626

* 未扣除引黄灌溉后回归到黄河的水量

西北地区的农业和生态节水问题已引起党和国家领导人及全社会的高度重视。在“九五”和“十五”期间, 水利部针对北方旱区的水资源短缺问题启动了 300 个节水重点示范县建设项目和北方灌区节水改造项目, 把西北旱区作为重点考虑对象。科技部在“十五”期间, 把“现代节水农业技术体系与新产品”列为 12 个重大专项之一, 主要面向西北和华北地区。与此同时, 各省、市、自治区等地方政府也将投入大量资金开展有关节水农业的示范工作。上述项目和工作主要侧重于现代农业节水技术研究、节水新产品与新材料研发、节水农业技术示范与推广应用, 对与农业和生态节水相关的应用基础理论方面的研究限于项目自身的特点开展的较少。为此, 结合国家节水农业技术重大项目的实施, 开展农业节水应用基础理论的研究无疑将为节水农业技术创新和产品研发提供扎实的、具有科学指导意义的理论储备和支撑条件, 有助于尽快提高我国农业节水的整体技术水平, 赶上世界先进水平。

2 西北旱区农业与生态节水是一个跨多学科的高科技问题, 应加强多学科的联合攻关和国际合作研究

农业与生态用水的浪费主要发生在渠系输水、

田间灌水、土壤储水保水和植物用水等环节。要提高农业与生态用水的利用率和植物水分生产效率,不仅涉及到土壤-植物-大气系统中的界面过程、水分传输和系统反馈的机制、水分调控的途径以及大气水、地表水、地下水、土壤水的转化关系,还涉及到利用现代高新技术对水资源、土壤水分和植物水分进行监测监控,采集植物对缺水反应的信息并根据其需水规律实施精量控制用水,创制节水新材料与产品,开发保水节水生化制剂,选育抗旱节水植物新品种,建立节水型农作制度和节水型生态结构,采用节水灌溉方法等一系列与农业节水相关的应用基础理论和关键技术^[2]。

农业与生态节水是一个跨多学科的高科技问题,需要生物、水利、农艺、材料、农机、信息、化工、环保等多方面的技术支撑。虽然我国在西北旱区农业与生态节水基本理论和关键技术研究方面已取得一些进展,但同科技与经济发达的国家相比还有较大差距。目前,我国在农业与生态节水领域还缺乏创新的理论和适合中国国情的技术体系。因此,迫切需要对农业与生态节水前沿性问题进行原创性研究,通过水-土-植物关系、干旱条件下植物根信号传输和气孔反应的机制、干旱胁迫锻炼对植物超补偿功能的刺激等问题的研究,带来节水原理与技术的创新,促进节水新思路的问世和源头高新技术的产生^[7,8];需要研究一批新的农业与生态节水关键技术,带动常规技术平台的提升;需要建立适合不同农业类型区采用的节水型农作制度与作物种植模式及节水型的生态结构,创制一批适合国情的节水材料与产品。这需要组织多学科间的联合攻关。

随着全球性水资源供需矛盾的日益加剧,世界各国,特别是发达国家都把发展节水高效农业与生态作为可持续发展的重要措施。节水发达国家在生产实践中,始终把提高灌溉(降)水的利用率、植物水分生产效率和再生利用率和单方水的农(林、牧)业生产效益与生态效益作为研究重点和主要目标,在研究农业与生态节水基础理论和关键技术的基础上,将高新技术、新材料和新设备与传统节水技术相结合,加大了节水技术和产品中的高科技含量,建立了适合其国情的农业与生态节水技术新体系。特别是以色列、美国、日本、澳大利亚等为代表的经济发达国家,农业节水的发展在采用了先进的灌水技术后,其重点已经由输水过程节水和田间灌水过程节水转移到生物节水、植物精量控制用水以及节水系统的科学管理,并重视农业节水与生态

环境保护的密切结合,这代表了现代农业与生态节水技术的发展趋势与方向。

我国在西北旱区农业与生态节水领域通过政府和民间渠道,先后与澳大利亚、日本、以色列、美国、欧盟等开展了多年的合作研究,在陕西关中、甘肃兰州、内蒙河套、新疆等地建立了节水示范与研究基地,取得了一定的效果。通过项目实施,引进了海外合作研究资金,为青年科技工作者提供了出国合作研究与进修的机会,培养和稳定了一支具有较高学术与技术水平、从事西北旱区农业与生态节水基础理论与关键技术研究、跨领域和学科的科技骨干队伍,引进了农业与生态节水前沿与关键技术及先进的方法与模型软件包等。技术应用后,提高了灌溉农田水的利用率和水分利用效率,产生了一定的经济、生态和社会效益。在“十五”期间,应继续加强在该领域内的国际合作,除常规技术与设备引进外,应加强西北旱区农业与生态节水应用基础理论与基础数据积累方面的国际合作,借鉴和引进国外先进的理论和技术,开展西北旱区农业与生态节水基本理论和关键技术领域的重大国际合作研究,无疑对推动农业与生态节水领域的科学研究和学科发展均具有重要的战略意义和现实意义。

3 西北旱区农业与生态节水领域应研究解决的主要科学技术问题

针对我国西北地区水资源紧缺,生态环境脆弱,农业与生态用水浪费严重,节水潜力巨大的现状,西北旱区农业与生态节水领域的研究应以保障西北地区水安全和生态安全为目标,以提高植物水分利用效率、农田水利用率、渠系水利用率、水源的再生利用率和农(林、牧)业生产效益与生态效益为核心,通过多学科的联合攻关和组织重大国际合作研究项目,建立以新的节水优产高效的植物非充分用水理论为指导,生物节水、农艺节水、工程节水与管理节水技术实质性融合,符合中国国情的西北旱区农业与生态节水的基本理论与关键技术体系,根据不同地区的具体条件和经济发展水平,因地制宜地确定适合当地特点的农业与生态节水发展模式,力争实现我国西北旱区农业与生态节水前沿应用基础理论与关键技术的重大突破和跨越式发展。西北旱区农业与生态节水领域的主要研究内容和拟解决的关键科学技术问题有:

- (1)植物高效用水调控机理与非充分灌溉理论;
- (2)节水灌溉方式下水分与养分的转化理论及

尺度效应;

- (3)植物需水监测与估算及灌溉节水潜力;
- (4)西北旱区特殊水源高效利用理论与技术;
- (5)灌溉系统水量与流量实时调控与区域多水源优化配置理论;
- (6)旱区节水灌溉的区域水土环境效应评估与调控。

4 西北旱区农业与生态节水研究领域可能产生的突破和贡献

通过加强该领域的研究,预期将会在西北旱区农业与生态节水前沿应用基础理论与关键技术的创新研究方面取得突破,在植物高效用水生理调控与非充分灌溉理论,节水灌溉条件下水转化理论及尺度效应,植物需水监测与估算及灌溉节水潜力,西北旱区雨水、高含沙水和微咸水高效利用理论与技术,灌溉系统水量流量实时调控与区域多水源优化配置理论,旱区节水灌溉的区域水土环境效应评估与调控等重点领域建立新理论、提出新方法。研究的新理论与新技术应用后,将可使灌溉农田水的利用率提高30%左右,植物水分利用效率提高 $0.3\text{kg}/\text{m}^3$ 以上。将在新疆、甘肃河西、内蒙河套和黄土高原建立不同类型的现代农业与生态节水基本理论与关键技术多学科联合攻关与进行国际合作的创新研究基地与实验示范区。示范区灌溉水利用率达到70%以上,植物水分利用效率提高 $0.3\text{kg}/\text{m}^3$ 以上,农产品产量提高25%—30%。并培养、造就和稳定一支具有较高学术与技术水平、从事西北地区农业与生态节水基础理论与关键技术研究、跨领域和学科的科技骨干队伍。

新理论与新技术在西北旱区灌区全部推广应用后可节水200亿 m^3 以上,不仅可以增加约400亿kg的农产品,同时亦可通过节水来满足“生态用水”的需求,促进旱区生态环境向良性循环的方向发展。

在黄土高原和西北内陆浅山区降水250—550 mm的地带,可在目前单纯雨养农业的基础上,发展200—250万 hm^2 的集雨补灌农业,粮食单产可由目前的1500—3000 kg/hm^2 ,增加到3750—5250 kg/hm^2 ,还可增加粮食45—56亿kg,这将会为贫苦落后地区解决粮食问题做出重大贡献。

该领域的研究,将带动西北旱区农业与生态节水基本理论创新与关键技术的全面提升、节水农业设备与产品的更新,促进西北旱区农业与生态节水领域创新性优秀人才的成长,形成农业与生态节水技术发展的新模式与新机制,产生巨大的经济、生态和社会效益。将使我国西北旱区农业与生态节水基本理论与关键技术的研究达到国际先进水平,实现农业与生态节水的跨越式发展,为保障西北地区的水安全和生态安全、保证西部大开发的顺利实施和促进国民经济的可持续发展做出重大贡献。

参 考 文 献

- [1] 康绍忠,马孝义.21世纪中国西北旱区农业可持续发展的水问题及其对策.中国科学基金,1999,13(1):9—12.
- [2] 康绍忠,许迪.我国现代农业节水高新技术发展战略的思考.中国农村水利水电,2001,(10):25—29.
- [3] 康绍忠,马孝义.立足国情,积极发展节水农业.科技导报,1999,(7):17—20.
- [4] 康绍忠,宋孝玉,李永杰.关于黄土高原生态农业建设与黄河断流的若干重大基础理论问题研究的建议.人民黄河,1999,21(3):17—19.
- [5] 康绍忠,马孝义,曹红霞.农业高效用水研究的未来战略与关键科学问题.灌溉排水,1999,(18)增刊:29—34.
- [6] 西北农业大学农业水土工程研究所,农业部农业水土工程重点开放实验室.西北地区农业节水与水资源持续利用.北京:中国农业出版社,1998.
- [7] 山仑,邓西平.挖掘作物抗旱节水潜力.中国农业科技导报,2000,2(2):66—70.
- [8] 山仑.节水农业的研究与实施.中国科学院院刊,1998,2(1):430—435.

SOME THINKING ON THE BASIC PRINCIPLE AND KEY TECHNOLOGY OF WATER-SAVING IN AGRICULTURE AND ECOLOGY IN ARID AND SEMIARID AREAS OF NORTHWEST CHINA

Kang Shaozhong* Xu Di† Li Wanhong‡ Li Ming‡

(* Research Center for Water-saving Agriculture and Water Resources, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Shaanxi712100;

†Irrigation and Drainage, Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100044;

‡Department of Engineering and Material Sciences, NSFC, Beijing 100085)

Abstract The effects of water shortage on environment and sustainable development of economy and society in Northwest China are discussed, and the potential of water-saving in this region is analyzed. It is pointed out that water shortage problem should be solved mainly by water-saving in agriculture and ecology in the region, and it is necessary to enhance the research in the basic principle and key technology of water-saving in agriculture and ecology for development of West China. It is a complex topic related to many subjects, so the research groups should be combined according to these subjects, and international cooperation on the topic should be enhanced. Main problems in this topic are presented, i. e. plant water use efficiency improvement and limited irrigation principle, water transport and regulation mechanism in soil-plant-atmosphere continuum and its up-scaling, regional plant evapotranspiration monitoring, estimation and the potential of water-saving in irrigation, rainfall harvesting, effective use for the water with high sediment content and salt water in Northwest China, water flow monitoring and regulation in canal system and optimal distribution for regional many kinds of water resources etc. At last, the probable breakthrough and contributions for development in this region are also analyzed.

Key words Agriculture and ecology, water-saving, water use efficiency, arid and semiarid areas in Northwest China

·资料·信息·

科技论文写作高级研修班在京举行

由国家自然科学基金委员会科学基金杂志部举办的首届“科技论文写作高级研修班”于2002年6月24—28日在北京举行,举办这次研修班的目的是为了使我们青年学者了解并掌握国际科技交流的方法与技巧,提高科技合作与交流的能力。参加研修班的学员来自全国高等院校、科研机构、学术期刊等单位共130多人。

国家自然科学基金委员会朱作言副主任出席开幕式并致开幕辞。他说,科技论文写作是一门很重要的学问,要兼具严谨性和可读性。很多年轻科学家做出了重要发现,但往往因论文撰写水平有限,没有真实反映科研水平,造成退稿或延误了发表时间。当前我国的大多数研究人员从未接受过正规论文的写作训练,有时只模仿了别人论文的框架,没有掌握论文写作的精髓。基金委的任务就是推动创新,把最新科研成果迅速介绍给国内外同行。因此,提高国内科学家尤其是青年科学家论文写作水平是我们义不容辞的责任。他认为,此次研修班采取互动教学形式,鼓励学员与教师充分交流,是一个很好的尝试。希望在教学的过程中充分收集反馈意见,为以后继续举办此类研修班积累经验。

本次研修班的授课教授是来自美国哈佛大学的李润泉博士;哈佛大学 *Arnoldia* 杂志的编辑 Karen Madsen 女士;布朗大学地质学系的黄永松博士;澳大利亚地学会的 Graham Logan 博士,及本次活动的外方策划人,就职于布赖恩学院和布朗大学的杨洪

博士。他们具有丰富的教学经验和多次在国际著名学术期刊发表论文的经验。课程内容分为五个专题:国际学术期刊研究论文写作;科普文章写作;运用图表说明科学数据;美国科学基金申请简介;国际会议与非正式场合的口语表达。课程以授课和讨论的方式进行。

科学基金杂志部对此次研修班的举办进行了周密策划,在教师选择、课程设计、授课方式、教材筹备、学员服务等方面精心设计。为了及时了解研修班的效果,课前设计分发了问卷调查表,回收的问卷调查统计结果表明,学员参加研修班后认为“收效很大”的占47%，“收效一般”的占49%。学员认为研修班“目的性强,内容针对性好,课程起点高”;“教师水平较高”;学员“扩展了知识面,是国内其他课程无法学到的”;“对今后自己写论文及给学生讲授此类课程帮助很大”。在回答参加研修班“对你今后撰写论文是否有帮助”一问时,96%的人回答“是”。从初步的统计结果来看,首次研修班达到了预期目的。杂志部将进一步总结经验,认真听取和分析学员和各有关方面的意见和建议,面向青年学者和期刊编辑,按照市场机制和规律举办不同层次、不同形式、不同内容的研修班。

国家自然科学基金委员会马福臣副主任出席闭幕式并发表了讲话。

(科学基金杂志部 莫京 武长白 供稿)