

\* 科技与社会 \*

# 节水农业的研究与实施

山 仑\*

(水土保持研究所 杨陵 712100)

**摘要** 我国是一个农业大国,每年农业用水占用水总量的80%,而我国水资源却相对贫乏,尤其北方严重缺水,因而发展节水农业是解决我国当前用水紧张的主要出路。文章就节水农业在国民经济发展中的地位及节水农业的研究与实施进行了论述,并就建立节水型农业体制提出了建议。

**关键词** 节水农业,研究,实施

## 1 节水农业在我国国民经济可持续发展中的地位

水资源紧缺已是一个全球性问题。我国水资源总量约为2.8万亿立方米,居世界第6位,但人均占有量仅为2730立方米,每公顷平均仅为28050立方米,分别为世界平均水平的25%和76%。我国不但水资源相对贫乏,而且分布很不平衡:81%的水资源集中分布在长江流域及以南地区;长江以北地区人口占全国的45.3%,耕地占全国的64.1%,而水资源量却仅占全国的19%,人均占有量为517立方米,相当于全国人均量的1/5,世界人均量的1/20。因此,我国水资源问题主要在北方,北方地区的供水危机正在变成一个比以往任何时候都更加现实的问题。联合国粮农组织最近也特别指出了中国北方、印度南方和墨西哥部分地区缺水的严重性。

目前我国600多个城市中有300多个城市处于缺水状态,其中严重缺水城市110多个。80年代以来,全球气候变暖趋势明显,我国北方干旱加剧。农业受旱面积50年代年平均0.11亿公顷,80年代扩大到0.23亿公顷,目前已扩大到0.27亿公顷。今后,随着工农业生产和城市的发展,水的供需矛盾将进一步加剧。如何解决这一问题?专家们的一致意见是:一是节水,二是调水,而节约利用和保护好水资源则应作为解决当前水资源紧张的首要途径。

我国每年用水总量约5000亿立方米,其中农业用水占80%;而一些发达国家农业用水比例仅为50%左右,如北美和美洲中部农业用水占49%,一些欧洲国家农业用水仅占38%。

农业是用水大户,主要消耗于灌溉。我国目前灌溉面积已达0.49亿公顷,居世界首位,占

\* 中国工程院院士  
收稿日期:1996年4月14日

全国耕地面积的 48%，但灌溉水利用率很低，只有 40% 左右，一些发达国家可达到 80% 以上。另一方面，我国灌溉水利用效率也很低，每立方米水生产粮食不足 1 公斤，不到发达国家的一半，说明远未做到科学用水。因此，推行节水农业是十分必要的，应视为解决我国当前用水紧张的主要出路。

如何发展节水型农业？我认为，在保持农业以正常速度增产的同时，大幅度地节约农业用水应作为一个总的目标。所谓“大幅度”节约农业用水，其主要着眼点是把农业用水总量、包括农业用水在整个用水中的比率降下来，譬如降到全国整个用水量的 65% 以下，而不仅仅着眼于灌溉水利用率和利用效率的提高。要做到这一点，必须立足于系统科学技术的运用，整个农业用水制度的变革，乃至农业用水指导思想的转变。诸如我国灌溉面积今后是应尽量扩大，还是适度扩大？是主要靠兴建新的灌溉工程来扩大、还是主要利用现有设施通过节水来扩大？新建灌溉工程基于什么原则？节水与增产如何有效结合？等等，都是需要加以认真探讨的。但不管采用哪种办法，都应以保持整个水资源的可持续利用，区域水资源平衡，以及农业、工业、生活用水的最佳组合为前提。随着工业和城市的发展，一个时期内压缩农业用水比例将是不可避免的。对此虽有不同看法，但客观上这毕竟是推行节水农业的后果之一。

节水农业的推行不单是技术问题，也不限于解决农业问题本身，它对于缓解全社会水资源紧张状况，促进整个国民经济持续、稳定发展，都将起重要作用，故应作为一项长期坚持的重大措施。以下仅从科学技术角度来探讨节水农业的有关问题。

## 2 节水农业研究状况和问题

### 2.1 节水农业概念

节水农业系指充分利用自然降水和灌溉水的农业。节水农业研究要解决的中心问题是如何提高农业生产中水的利用率和利用效率，即在灌溉农业中如何做到在节约大量灌溉用水的同时实现高产；在旱地农业中力求增加少量供水以达到显著增产。在此需要强调一点，节水农业并非单指节水灌溉，而应理解为在农业生产过程中的全面节水，充分利用自然降水和节约灌溉水同样重要。结合我国北方实际情况，节水农业包括以下三种类型：

2.1.1 节水灌溉农业 一般指为节约水资源，根据作物需水规律，不断改进灌溉技术，减少灌溉定额，以实现高产的一种灌溉农业类型。同时尽量减少水库和灌溉水运输过程中的水分渗漏和蒸发。

2.1.2 有限灌溉农业 缺水地区利用灌溉仅能部分满足作物对水分需求的一种补充供水方法，为旱地栽培与有限供水相结合的一种作物管理制度。

2.1.3 旱作农业 在无补充灌溉条件的地区，高效利用自然降水（包括通过集水措施）以达到有限增产的农业，亦视为节水农业的范畴。

其中，有限灌溉农业是当前发展节水农业的一种新趋向。在科学技术不断进步的基础上，如能做到对灌溉水的定时定量精确控制，则有限灌溉将成为未来农业供水的一种主要方式。不管哪种节水农业类型，其共同的目标是提高水的利用效率。具体而言，是要最大限度地提高下述比率：土壤储水量/降水量（灌溉量），耗水量/土壤储水量，蒸腾量/耗水量，生物量/蒸腾量，经济产量/生物量。这几方面可作为当前节水农业所面临的研究任务和要解决的实际问题。

## 2.2 节水农业研究的若干问题

节水农业的基础和应用研究是当前国内外农业、环境、水利、气象、生物等学科的研究热点。我国国家科技攻关和重大自然科学基金中都列有节水农业方面的项目。许多省区也都根据本地区实际需要,积极组织力量开展这方面的试验与示范。这说明,研究与推行节水农业已受到各级政府的重视。

**2.2.1 关于农田灌溉原则** 在水分条件与产量形成的关系上,长期以来存在着两种观点:一种认为,任何时期、任何程度的水分亏缺都将造成作物产量降低。要获得高产,整个生育时期都必须保持充足供水;另一种观点认为,充分供水与适度控水交替对产量更为有利。经过50多年的研究与实践,证明后一种看法是正确的。据已有资料,湿润与适度干旱交替的供水方法利于节水增产的生物学依据可简要归结为:①不同作物不同生育时期对干旱的敏感性不同,这为水的合理调配和选择关键供水期提供了根据;②水分亏缺对与产量密切相关的各个生理过程的影响程度和顺序不同,如干旱对禾谷类作物不同生理过程影响的先后顺序为:生长-蒸腾-光合-运输,据此提供的参数,结合计算机和自动化控制技术的运用,使田间精确灌溉成为可能;③干旱缺水对作物的影响有一个从“适应”到“伤害”的过程,不超过适应范围的缺水,往往在复水后,由于产生了生理上的补偿效应,对以后的生长无害或更为有利;④作物水分利用效率的高值往往是在中等供水条件下,而不是在充分供水条件下获得的。基于以上分析可以得出:干旱不总是降低产量,一定生育阶段的有限水分亏缺反而有利于许多作物产量的增加。80年代以来,这一认识在田间试验和生产实践中已不断得到验证。首先在果树栽培上,一项得到较广泛应用的技术是:通过在春季限制对果树的灌溉,使其营养生长受到抑制,冠层变小,利于密植,从而使结果期提前,修剪量下降;进入夏季后恢复供水,利于生殖期生长,促使果实迅速膨大。由于密植,且单株产量不降低,故总产量显著提高。在大田作物生产上也有不少成功的实例,如美国中西部大平原实施有限灌溉收到良好效果。他们在平均年降水量480毫米的地区,在谷类作物授粉期和灌浆期进行每公顷1500立方米的有限灌溉,使产量提高60%—120%,显著提高了灌溉水利用效率;同时还证明在作物生长初期,中等水分亏缺只产生较小的副作用,可使产量达到充足灌溉的85%—95%。中国农大在河北的一项试验表明,改冬小麦生育期灌三次水为春浇一次,即每公顷少浇水1500立方米,每公顷产量达6000公斤,其主要技术关键在于通过综合农业技术建立了将小麦生长期耗灌溉水为主转变为耗土壤水为主的新型耗水结构,从而更新了当地“头水早,二水赶,三水四水紧相连,一直浇到麦开镰”的小麦耗水观念。

我们在年降水量400毫米、年均气温6.5℃的宁夏固原的试验表明,春小麦拔节期每公顷一次灌水600立方米,此数仅为产量最高时灌水量的30%,而产量却达到最高产量的75%,即每立方水增产粮食达2.8公斤,这是一个很高的数值。兰州大学干旱生态实验室在甘肃定西的试验结果:正常降水年份每公顷补灌750—900立方米,可基本解除春小麦的水分胁迫,每公顷最高产量达6000公斤。

上述表明,不计水在开发、调度、蓄存、输送以及田间流失、蒸发、渗漏中的浪费和损失,仅就农作物本身的实际需水而言,通常的供水量过多了,现行的灌溉定额有可能大幅度地降下来。当然,灌溉原则的制订,包括灌溉工程建设和灌溉制度的确定,不仅仅取决于作物本身需水特性,还取决于其它许多因素,如环境、经济效益等,但这些因素的正面效应也往往体现在减少灌溉量上。因此,从节水增产目的出发,重新评价和调整现行灌溉规划和制度是必要的。

2.2.2 关于雨水利用潜力 不论是旱作农业还是灌溉农业,提高雨水(降水)的利用率和利用效率都是十分重要的,这是节水增产的基础。

在旱作低产条件下,一般对雨水的利用很不充分。美国中西部大平原,30年代每公顷产量约为1110公斤,休闲期水分贮存率仅占降水的22%;80年代产量为2700公斤/公顷,水分贮存率提高到40%,仍有潜力可挖。我国70年代北方典型旱区降水生产潜力开发程度不足40%,现在一些地方已提高到55%左右,产量约为2700公斤/公顷。我们在宁夏南部山区多年定点观测结果:在年平均降水量450毫米条件下,春小麦每公顷产量为750—2250公斤,耗水量变化不大,约280毫米,相当于降水量的62%。以上情况说明,提高农田雨水利用率有很大潜力,半干旱地区旱地粮食产量低下的主要原因不是降水不足,而是对雨水未能充分有效利用。要提高对雨水的利用必须采取包括防止水土流失、抑制土面蒸发、增强对土壤深层储水利用、以及提高作物水分利用效率在内的综合技术途径。如在黄土高原,兴建以水平梯田为主的基本农田,实施水土保持耕作,采用抗旱节水品种和增施肥料等都是提高雨水利用的有效措施。特别是增施化肥,是提高雨水利用的关键技术。1980—1990年,该地区旱地粮食增产1倍,即由低产到接近中产。在增产因素中,化肥的作用占一半,它在我国广大北方旱农地区得到广泛应用,并由此带动了水肥关系的深入研究,证明了低产条件下化肥在提高农田雨水利用率和利用效率中的重要作用。

但是,运用上述以增施化肥为主的旱作技术体系所能达到的产量上限为中产,如宁南地区春小麦是2700公斤/公顷左右,为使产量继续提高,或避免在严重干旱年份大幅度下降,则必须寻求新的技术途径。有两条途径可供选择:一是着眼于提高作物水分利用效率,这方面仍有较大潜力(如通过培育抗旱节水品种,应用化学调控等),但难度大,短期内难以突破;二是着眼于雨水资源的进一步开发,即雨水不仅就地渗入利用,而且作为可开发利用的水资源看待,使雨水资源化。如在黄土高原地区利用地形地貌的有利条件发展集水农业进行补充灌溉。所谓集水农业系指把有效的雨水通过工程措施集聚进来,再运用节水农业措施加以高效利用。如宁南山区平均年降水量450毫米,全区雨水资源总量达87亿立方米,是传统水资源总量5.38亿立方米的16.2倍,潜力巨大。近年来,他们通过发展窑窖农业——集水农业的一种形式,在需水关键时刻进行补充微灌,对抗旱增产起了重要作用。因此,通过集水农业的实施可使雨水利用潜力增大,并促进旱地农业步入一个新的发展阶段——旱作与有限补充供水相结合的阶段。

如上所述,成功的灌溉农业必须考虑对雨水资源的有效利用,即做到在最大限度利用雨水的基础上进行补充灌溉。我们的一项试验表明,随着灌水量的增加,作物对雨水的利用随之减少;另外,同样对春小麦补充灌溉600立方米/公顷条件下,在需水临界期拔节期灌溉的处理,较其它时期灌溉的产量提高了23%—43%,对土壤储水的利用提高了62%—161%,灌溉水利用效率也显著提高,说明在科学用水的前提下可以同时做到减少灌溉量,增加对雨水的利用率,从而实现节水增产的双重目标。

2.2.3 关于加强节水农业综合技术研究 节水农业技术包括工程、农业、生物等几个方面,必须综合运用才能收到大的成效。工程节水技术既可起到明显的宏观调水蓄水和传输节水作用,也可以直接发挥其节水增产作用。农业节水技术与农业生产过程紧密联系在一起,投资少,易于推行,可以在较大范围内起作用。生物节水技术是按照作物需水规律制定的,其主要作用是提高蒸腾水的利用效率,同时也是采取相应工程和农业节水措施的依据。在节水农业的不同

发展阶段,上述技术的应用主次是不同的。工程节水技术虽然造价高,但由于技术规范,作用显著,不同国家在开始推行农业节水阶段,工程节水总是处于主导技术地位。例如,以色列在节水灌溉农业方面已取得举世公认的成就,经过40年的努力,农业总产值增长了16倍,灌溉水利用系数已接近0.9,单方水生产效率达到34.8公斤/公顷。他们认为取得这一成就的技术原因有三:第一,国家引水工程的建造;第二,灌溉设备的现代化,现全国已实现灌溉管道化,田间灌水90%以上采用了滴灌和喷灌技术,并发展自动化灌溉系统和先进的环境保护耕作系统,自动化灌溉系统采用计算机控制,能在不同条件下按要求进行程序灌溉,以节约用水;第三,农业内部种植方式的变化,即相当面积大田作物转变成经济价值更高的园艺作物。他们认为,进一步提高灌溉水利用系数与大幅度增加蒸腾蒸发比率的潜力已很有限,今后节水的关键在于提高蒸腾水的利用效率,现已开始致力于这方面的研究。我国国情与以色列等国有很大不同,实施节水农业技术更应当注意综合。据统计,我国各地节水灌溉面积已有0.13亿公顷,多数属于推行渠道防渗、管道输水、喷灌、滴灌等工程节水型的。由于成本高,短期内难以更大规模发展,故对于覆盖、水土保持耕作、调整作物布局、选用节水品种等农业节水技术也不应忽视,两者结合则可产生更大范围的实际效果。生物节水技术是进一步实现节水增产的潜力所在,应当重视研究。总之,我们应当把节水农业作为一项系统工程进行综合研究,将工程、农业、生物技术结合起来,从水的开发、蓄存、输送、保持、直至高效利用,形成一个综合完整的体系,以推动我国节水农业技术向更高水平发展。

### 3 协调各方力量,以建立节水型农业体制为主要实施目标

节水农业的研究是实施的基础,但是,实施要比研究复杂得多。如上所述,节水农业是一项复杂的系统工程,综合性很强,它的实施不仅仅是一个科学技术问题,同时关系到一系列社会问题。

近年来,发展节水农业的呼声很高,但实际进展不是很快,目前正在推行的300多个节水示范县,多限于应用一些单项节水技术。喷灌、滴灌等一些先进的节水技术,其推广应用除受经济成本的限制外,还往往与当前生产方式、生产关系之间不相协调,如农业用水投入报酬率低,管理水平低,经营规模小,以及农业结构没有作相应调整等,致使一些地方推广应用后也难以坚持下来。因此,要实现大规模、大幅度地降低农业用水的要求,在推行行之有效的实用技术的同时,必须致力于建立一个以提高水分利用效率为中心,以减少农业用水总量并保持农业正常增产速度为目标的节水型农业体制。

(1)节水型农业体制主要包括:在进行农业水资源数量、质量、时空分布的调查和评价基础上制定农业节水区划;根据水资源状况进行农业结构和作物布局调整,确立节水型种植制度;大力推行各类节水技术并进行配套组装,明确关键技术;组织节水材料、机具的研制、生产、供应与维修;制定节水管理政策,建立、健全有关法规;加强水资源的宣传教育,增强人们的节水意识。

(2)科技立项,组织攻关。针对上述问题,组织各部门多学科力量进行联合科技攻关。科技攻关要以集成现有科技成果为基础,主要攻关目标是:①肯定并提出一批节水增产效果显著的关键技术;②在不同类型区建立一批包括节水灌溉、有限灌溉和旱作农业在内的节水农业的实

体;③为国家全面推行节水农业提供决策依据。最后一条应作为科技攻关要解决的主要问题。

(3)科技攻关仅是建立节水型农业体制过程中的一个步骤,为使科技成果在大范围内应用,达到产业化和更新用水观念的目的,还必须与其它环节相衔接。节水农业推广的对象是千家万户,组织起来实施才会大见成效;节水农业体制的建立与多部门及整个农村工作有关,必须统筹安排,紧密配合。因此,推行节水农业的关键是政府意志,开始时不宜过多强调市场导向。为此,建立推行节水农业的综合部门和研究中心是必要的。

(4)建立节水型农业体制是农业生产与技术的一大变革,不是短时期能够实现的,必须长期坚持。建议通过科技经济一体化的道路加速这一进程。在科技经济一体化的框架下进行建立节水型农业体制的研究,可使研究与实施、科技与经济紧密结合起来,科研工作中存在的诸多问题,如研究工作的社会经济目标、成果转化、资金来源等也可以得到较好解决。

随着节水农业的兴起和节水型农业体制的建立,我国的农业生产将会出现一个可持续性增强的新局面,而北方地区水资源的紧缺问题也将得到相当程度的缓解。

\* \* \*

#### \* 简讯 \*

### 首届中国青年科技发展论坛活动在京推出

**本刊讯** 由共青团中央、中国科协、全国青联会同中国科学院、中国社会科学院、中国工程院所属有关单位共同推出的首届“中国青年科技发展论坛”大型科技活动开幕式于8月27日在人民大会堂举行。出席开幕式的有全国人大常委会副委员长雷洁琼、国务委员兼国家科委主任宋健、全国政协副主席钱正英等。论坛活动的主题为“迈向21世纪的中国科技”。

宋健代表国务院和国家科委向大会致词。他指出,21世纪将是科技致胜的时代。在向“九五”计划和2010年远景目标进军时,党中央确立了“科教兴国”的伟大战略。科技工作者尤其是青年科技工作者,作为第一生产力的重要开拓者和发展我国科技事业的生力军,在实施“科教兴国”的伟大事业中担负着重要的、神圣的历史使命。他勉励青年科技工作者立足中国国情,放眼新世纪,设计祖国未来,促进科技发展,勇于提出新观点、新意见,创立新学说。

中国工程院常务副院长朱高峰代表中国科学院、中国社会科学院和中国工程院以及全体院士与中老年科技工作者向大会表示热烈的祝贺,并表达了老一代科技工作者的殷切期望。他勉励青年科技工作者要以天下兴亡为己任,挑起21世纪祖国发展与兴盛的重担。要勇于实践,不要轻视实践中的具体问题,把本职工作与祖国建设事业紧密地联系起来。要以顽强拼搏的精神,克服困难,战胜困难。要弘扬集体主义精神,反对那些为个人名誉地位而不顾全局的做法。

参加开幕式的领导还为“中国杰出青年科技创业奖”和“中国优秀青年科技创业奖”的获奖者颁发了获奖证书。