

能否实现大量节约灌溉用水？

——我国节水农业现状与展望*

山 仑^① 张岁岐^②

①中国工程院院士；②研究员，中国科学院水利部水土保持研究所，西北农林科技大学，陕西杨凌 712100

* 国家自然科学基金(30170559, 30571127)和中国科学院知识创新工程重要方向(KZCX3-SW-444)资助项目

关键词 节水农业 现状 发展战略 问题

目前，我国正常年份缺水量近 400 亿立方米，农业缺水约 300 亿立方米，不但水量缺，水污染状况也日趋严重，所以发展节水农业已成为我国未来农业发展的必然选择。本文着重介绍了发展节水农业的意义、我国节水农业的发展现状、面临的问题和发展战略，并提出了今后的发展方向。

1 节水农业意义

1.1 发展节水农业是一种必然选择

我国水资源总量为 2.8 万亿立方米，低于巴西、俄罗斯和加拿大，与美国和印度尼西亚相当，但人均和亩均水资源量仅约为世界平均水平的 1/4 和 1/2，而且地区分布很不平衡，长江流域以北地区，耕地占全国耕地的 65%，而水资源仅占全国水资源总量的 19%。目前，全国正常年份缺水量近 400 亿立方米，其中农业缺水约 300 亿立方米。不但水量缺，水污染状况也日趋严重，2005 年初监测显示，七大江河遭受污染的河段已达 53.3%，其中劣 V 类水占到 28.4%，特别是北方黄、淮、海三大流域既是我国缺水最为严重的地区，也是水污染最严重的地区。由于农业是用水大户，其用水量约占全国用水总量的 70%，在西北地区则占到 90%，其中 90% 用于种植业灌溉。因此，为了应对日趋严重的缺水形势，建立节水型社会，特别是发展节水农业是一种必然选择。

发展节水农业是解决我国北方供水危机的首要途径，同时也是建设现代农业本身的需要，水土资源的高效利用，经济、生态、社会效益的紧密结合是可持续农业所追求的一个目标，而根据水资源状况和农业需水规律所实施的节水灌溉便是达到这一目标的重要一环。为此，我们必须打破传统的农业用水观念，建立起一个适应现代社会和现代农业发展需求的农业供水体制。从这个意义上说，节水农业就是现代农业，节水灌溉属于科学灌溉。

1.2 大量节约灌溉用水是实施节水农业的主要目标

节水农业适宜于在所有从事农业的地区推行，但主要是指在干旱、半干旱和半湿润地区充分利用自然降水的基础上高效利用灌溉水的农业。节水农业要解决的中心问题是：在保持农业生产以正常速度增长的同时如何做到充分利用当地降水和大幅度地减少灌溉用水，从而维持整个水资源的可持续利用与区域平衡。

1.3 节水农业是一项系统工程

农业节水是一项系统工程，包括：水资源时空调节，充分利用自然降水，高效利用灌溉水，以及提高植物自身水分利用效率多个方面，其科学技术目标可以概括为：提高水资源的利用率，利用效率和生产效益。

为此，必须采取包括工程、农艺、生物以及管理等综合节水措施。其中，农业节水技术与生产过程紧密联系，投资少易于推广，同时适合于水浇地与旱地；工程节水措施虽然造价高，但由于技术规范，作用显著，不同国家在推行农业节水的初期阶段都处于主导地位；生物节水技术是按照作物需水规律制定的，它的直接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。各类节水技术的结合，以及旱作农业与灌溉农业的互通，对于成功地实施农业节水、实现大量节约灌溉用水的目标是必须的。

2 我国节水农业现状及发展战略

2.1 取得的成就与存在问题

目前我国有灌溉条件的农田为 8.38 亿亩，实际可确

保灌溉的为 7.5 亿亩, 约占全部耕地的 40%。按 1998 年统计, 包括渠道防渗衬砌, 管道输水, 喷、微灌等在内的各种节水灌溉工程面积已达 2.3 亿亩, 到 2003 年增加到 3 亿亩。另外农业措施对农田节水也起了重要作用, 不完全统计已达到 1.95 亿亩。近一半灌溉农业实施了一定的节水措施。2003 年, 我国农业用水量占总水量的比重已由建国初期的 92%, 1980 年的 88%, 下降到 66%, 单位面积用水量从 494 立方米/亩回落到 459 立方米/亩。平均灌溉水利用系数从不足 0.3 提高到 0.45, 每立方米灌溉水增产粮食也明显提高, 达到 1.1 kg。在实现节水增产过程中, 科学技术起到了重要作用。

在总结成绩的同时, 还应看到存在的一些问题: ①对成绩不能估计过高, 我国目前农业用水上的浪费还相当严重, 与发达国家相比, 在用水效率方面还存在较大差距; ②农业节水无疑是国家的战略目标, 如何将国家目标转换为农民目标、群众目标, 从而建立起国家、社会及农民共同投入的有效途径及符合中国国情的发展农业节水的长效机制有待尽快解决; ③国家有关部门及许多省(区)已制定了若干发展节水农业的规划或设想, 起到了一定指导作用, 但所确定的主要目标和准备采取的措施是否可行, 特别是大量节约灌溉用水的目标能不能实现, 仍需进一步作出科学论证; ④在节水农业科学研究方面, “八五”以后国家连续立项, 取得不少成就, 但有些项目较多追求当时的节水指标和示范面积, 对科技难点和关键技术攻关乏力, 对宏观战略问题还深入研究不够。

2.2 有关节水农业发展战略的若干问题

(1) 关于战略定位。发展节水农业是保障我国国民经济稳定快速发展和水资源可持续利用的一项重大战略措施, 是构建节水型社会的重要组成部分。有些专家建议, 应把水资源安全放在与能源安全、粮食安全同等重要的位置上, 这是非常正确的。其实, 有些国家已经这样做了, 其基本做法是力求保持水资源的供需平衡, 不留缺口。

(2) 关于目标与速度。在保持农业生产以正常速度增长的同时, 应以大量节约灌溉用水为主要目标。何谓“大量”? 我们通过借鉴北方先进节水县市成功做法, 总结已有科研成果, 听取有关专家意见, 并参考国外经验后认为, 再利用约 15 年时间, 即到 2020 年前后, 在现有基础上形成节约 1 000 亿立方米灌溉用水的能力是可能做到的。现在有些农业节水规划所提发展速度过快。

(3) 关于发展模式。节水农业涵盖了节水灌溉农业、有限灌溉农业和旱作农业三种类型。在灌溉农业和旱作农业之间存在多种可供选择的方案, 这给有效地实

施农业节水提供了有利条件。随着科学技术进步及水资源进一步紧缺, 有限灌溉将成为缺水地区今后发展节水农业的主要趋向, 应给以充分重视并着手推行。

(4) 关于技术选择。应把节水灌溉技术和旱作技术放在同等重要位置, 争取部分旱作高产, 以减少对灌溉的依赖。在节水灌溉方面, 当前应把实现灌区管理现代化和解决输水过程中的水的损失放在首要地位, 在灌溉方法上, 根据我国国情, 近中期在有条件的地方应积极推行喷微灌, 但就全国范围看仍应以改进地面灌溉为主。另外, 仅靠推行节水技术尚难以从根本上实现区域水资源平衡及资源与经济协调发展, 为此必须从宏观层次上作进一步研究, 如建立节水型农业结构等。

2.3 北方不同区域节水农业发展趋势

(1) 干旱地区: 我国干旱地区占国土面积的 30.8%, 集中分布在西北, 以新疆面积最大。新疆属于典型的无灌溉即无农业的内陆干旱区, 农业用水总量为 778 亿立方米, 占到总用水量的 90%; 亩均灌溉定额约 800 立方米, 高出华北地区 1 倍。另外, 为保证绿洲内防护林建设及绿洲-荒漠过渡带天然绿洲的防护功能也需要消耗大量用水。因此说, 新疆农业与生态耗水量较大有其客观上的需要; 同时有资料表明, 全疆水资源开发利用率约占到地表水资源量的 55%, 开发程度已不低, 但净利用水量只占地表水资源总量的 18%, 说明潜力有待挖掘, 通过总结新疆各地在推行节水灌溉方面取得的成效, 专家们认为, 近期内将平均灌溉定额从 800 立方米/亩降到 600 立方米/亩是可能做到的。面向未来, 应在以下几个问题上作进一步探讨: ①生态用水对新疆农业及整个经济可持续发展具有特殊意义, 因而科学的确定生态用水与社会经济用水的适宜比例是一个重要问题, 一些专家提出, 生态耗水量不应低于总用水量的 50%, 对此需作专门论证, 并加以具体落实; ②新疆农业灌溉面积约 6 000 万亩, 近期内能否继续扩大, 有专家认为, 根据地表水资源状况, 除少数河流尚有一定引水潜力外其他地区不宜再扩大灌溉面积, 农业应在节水前提下, 本着“增产少增地、增地少增水”的原则求得发展; ③根据新疆的社会经济和气候地理条件怎样发展节水农业? 我们的看法, 一开始就应当努力向现代化方向发展, 如大量采用管道输水, 实行激光平地, 发展微灌喷灌等局部灌水技术, 应用自控技术实施精准灌溉, 调整农业结构扩大经营规模, 以及建立统一的节水管理、调度与监测体系等。但这需要有较大的经济投入和有力的科技支撑才能顺利实施。

(2) 半干旱地区: 以西北黄土高原为中心的我国半干旱地区约占国土面积 1/5。由于严重的水土流失和频

繁的干旱同时发生,加之该地区的平均降水量尚处在可正常进行农田生产的范围之内,但由于生产力低下易造成滥垦滥伐的现实,致使半干旱区成为我国生态环境最为脆弱的地区。该地区人均、亩均水资源量均较低,多数地方灌溉面积不足耕地面积的20%,以旱作为主,灌溉农业用水相对合理,但农业节水仍有较大潜力。据计算,黄土高原地区年降水总量为3000亿立方米,约为地表水资源量的5倍,故加强水土保持工作和大力挖掘降水生产潜力将对该地区今后发展起到至关重要的作用。黄土高原的植被建设主要应依赖于自然降水,农田生产在继续搞好基本农田建设的同时应十分重视旱作技术的改进和发展小型灌溉。经多点长期实验与示范证明,应用好现有技术近中期内使该地区旱作平均粮食亩产达到200kg左右是可能做到的。为此当前应加强研究并广泛推行两项实用技术,一是覆盖技术,另一项则是雨水集流补灌技术。

(3) 半湿润地区:黄、淮、海半湿地区是我国重要的粮食生产基地,但同时又是水资源严重紧缺地区,水资源利用程度已达73%。以山东为例,该省平均降水量676.5mm,但人均水资源占有量仅为 344 m^3 ,亩均 307 m^3 ,说明降水量较适中而水资源紧缺是其一个重要特点。建国以来山东灌溉面积增加约7倍,现有效灌溉面积已达耕地面积的72.7%,灌溉水利用系数高于全国平均水平,说明其灌溉事业发展迅速。一般说来,正常年份半湿润地区可以实现旱作粮食高产(如莱阳农学院经多年研究与实践后认为,小麦亩产达到500kg的旱作技术是成熟的)。针对这些特点,我们认为黄淮海半湿润区存在较大节水潜力,建议今后本着“水旱并重,以丰补欠”的原则推动节水农业快速发展。“水旱并重”主要强调水地、旱地都要以充分利用降水为基础,切实加强旱作高产农田建设,并作好部分水地改为旱地或半旱地的技术储备;“以丰补欠”系指为适应剧烈的年际间气候变化,主动采取以丰收年补欠收年以及区域调节的应对策略,适当加长粮食生产计划周期,充分挖掘半湿润地区的气候生产潜力。

3 为加速发展节水农业需要解决的几个科学技术问题

3.1 科学制定农业节水综合发展规划

为适应水资源日趋紧缺的现实,制定农业节水规划首先要更新观念,即农业用水原则必须从“以需定供”转变为“以供定需”,据此研究确定不同区域水资源的承载

力,提出与之相适应的农业发展规划与速度,以实现农业水资源供需的基本平衡。其次,应建立广义的水资源概念,即不但要重视可控的地表水和地下水,而且要重视整个天然降水。在制定农业节水规划时统筹考虑节水灌溉和旱作农业;在评价某一地区水资源状况时应全面看待各种水资源。建立与水资源相适应的农业结构,即节水型农业结构,这是一个被忽视的难点问题,为了实现大量节约农业用水目标对此必须予以充分重视。

3.2 实施常规灌溉水替代策略

为减缓农业用水的紧张局面,一些专家提出常规灌溉水替代的概念与设想。应当说,最大的可替代并可进一步挖掘的水源是降水;其次则是污水和微咸水,将处理后的工业废水和生活污水(再生水)在农业灌溉中加以利用,是继管道输水、采用先进的局部灌水方法之后灌区节水下一个发展阶段的主体技术之一,有些发达国家利用再生水灌溉面积已占到全部灌溉面积的30%。结合防污体系的建立,应将再生水用于农业灌溉作为解决我国未来水资源紧缺的一项重大措施来对待,切实加强研究与示范,逐步扩大推行。

3.3 建立有限灌溉制度

推行有限灌溉,采取旱作技术与补充供水相结合的种植制度,是缺水区面向未来的一项必然选择。有限灌溉的理论依据已基本清楚,即:干旱不总是降低产量,许多作物和果木在一定生育阶段适度干旱对节水和增产都有利,这一认识已在大量实验中得到证实,当前的关键是要解决大田生产条件下的可行性问题。因为在复杂的田间条件下,某种水分条件对作物“有益”还是“有害”是处在迅速变动之中的,如掌握不好,不及时,“有益”将转变为“有害”。前苏联历史上就曾发生过按一定干旱程度下光合作用速率不减的实验结果减少对春小麦灌溉次数而遭受大面积减产的例子。

在大田条件下建立有限灌溉制度最终要走精确的按需灌溉之路,精确灌溉是以作物实际需水为依据,以信息技术为手段对农田进行“非充分”供水的。与其说是建立一种新的灌溉制度不如说是确定一种农田对缺水的应变系统。为有效实施精确灌溉必须具备以下条件:①掌握可靠仔细的作物需水规律资料;②运用信息化技术;③提供使两者相衔接的技术参数,特别是作物水分亏缺程度的指标;④应用先进的灌水方法。以上条件必须通过多学科协作才能实现。

3.4 重视生物节水技术,培育节水耐旱新品种

目前,严格意义上的生物节水技术尚处于次要地

位,但可以预见,当水的流失、渗漏、蒸发得到有效控制,水的时空调节得到充分利用之后,生物性节水——提高植物水分利用效率(WUE)和耐旱性就显得更为重要,可视为实现进一步大量节约农业用水的关键环节和最终潜力所在。为挖掘植物自身的高效用水潜力,选育出抗旱节水新品种、新类型被认为是一个核心目标。已经证明,WUE是一个可遗传性状,作物种间和品种间WUE差异显著。但是,以耐旱和高WUE为目标的育种工作进展迟缓,严格地讲尚未形成切实可行的选育高WUE品种的技术路线,这与WUE是一个复杂的综合性状有关,也可能与在常规育种条件下,耐旱节水性状与丰产性状往往难以结合有关。近年来通过基因工程手段进行基因重组以创造耐旱、节水新类型的研究十分活跃,成为生物学和农业工作者关注的一个热点,但应充分认识到其复杂性。要获得生产上能广泛应用的节水耐旱转基因植物虽具有良好前景,但不应声称很快就会实现。当前应从以下几点做好工作:①挖掘抗旱节水种质资源;②重视不同层次上节水耐旱育种的相互关系,将常规育种与基因工程育种紧密结合起来;③当前将获得耐旱节水转基因植物研究的重点放在林草植物上更为可行;④加强生物节水基础研究,明确不同节水耐旱机制所起作用大小,以寻求起关键作用的节水耐旱主效基因。鉴于生物节水研究对未来农业节水可能产生的巨大推动作用,对此应予以充分重视。

(2005年12月28日收到)

- 1 石玉林,卢良恕主编. 中国农业需水与节水高效农业建设[M]. 北京:中国水利水电出版社,2001.
- 2 沈国舫,王礼先主编. 中国生态环境建设与水资源保护利用[M]. 北京:中国水利水电出版社,2001.
- 3 刘昌明,何希吾,等编著. 中国21世纪水问题[M]. 北京:科学出版社,1996.
- 4 山仑,康绍忠,吴普特主编. 中国节水农业[M]. 北京:中国农业出版社,2004.
- 5 钱正英,张光斗主编. 中国可持续发展水资源战略研究综合报告[M]. 北京:中国水利水电出版社,2001.
- 6 张启舜. 从国际水问题看我国节水灌溉革命[J]. 科技导报,2000,(8):51-54.
- 7 贾大林. 美国水资源的利用与管理[J]. 科技导报,1998,(5):59-60.
- 8 山仑. 旱地农业技术发展趋向[J]. 中国农业科学,2002,35(7):847-855.
- 9 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[J]. 中国科学基金,1999,13(1):9-12.
- 10 粮食安全面临四大挑战[N]. 光明日报,2005-06-01.

Is Possible to Save Large Irrigation Water? —The Situation and Prospect of Water-saving Agriculture in China

Shan Lun^①, Zhang Su-qi^②

^① CAS Member, ^② Professor, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100

Key words water saving agriculture, situation, developing strategy, problems

自然信息

源自两种花香的新奇芳香

当你凑近一朵玫瑰花用鼻吸气时,闻到了一阵丁香花香,混和后的气味很像是康乃馨的芳香。在我们的大脑里缘何会产生这种仿佛来自稀薄空气中的奇异香气呢?一项关于老鼠大脑对不同气味怎样反应的研究也许能回答这个问题。

一个积年未决的嗅觉之谜是人为何能够辨认比他们检测气味的嗅觉感受器数目多得多的气味种类呢?当鼻子上的感受器——人有347个——一旦捕获了空气中的分子,嗅觉机制就开始运作了。接着,感受器将信号传送到大脑,大脑就会告诉我们闻到的是什么。从表面看我们能够区分感受到的不同气味,但

情况并非总是如此。有一种理论说,大脑有时会吧鼻子传来的多种信号混和匹配,编成单个芳香数码包。为了检测此想法,位于华盛顿 Settle 的 Fred Hutchinso 癌症研究中心和位于 Galveston 的德州大学的两位神经科学家 Linda Buck 和 Zhihua Zou 各自给一群老鼠吹入不同化学品散发的香气,其气味分别类似丁香、巧克力、柠檬、鱼、香草和苹果。有些老鼠被暴露在一种香气下,另一些鼠则同时吸入两种不同的气味。为了观察老鼠怎样处置嗅觉信号,研究人员关注大脑的嗅觉中心,即嗅觉皮层。当神经细胞兴奋时,一个叫 Arc 的基因启动了。因此通过跟踪大脑该区域中 Arc 的表现,研究组便可确定,相对某种香气的刺激,哪些神经细胞会作出反应兴奋起来。

老鼠的大脑会把几种气味的混和物

组合起来当作一种新的气味来处置。诚如所料,对研究人员引入的每一种有气味的化学品,嗅觉皮质上都有一组对应的神经细胞作出反应。但是当两种气味混起来后,该区域里仅有30%的神经细胞产生兴奋,这份研究报告将刊登于今年3月10日的《Science》杂志上。研究人员得出结论,虽然对合成气味会兴奋的神经细胞如何导致人对气味产生感知,其机理至今尚未知晓,但神经细胞所在位置便是奇异气味生成之处,则是确凿无疑的。

“这对理解嗅觉的过程,则是前进了一大步”。Eric Kandel,一位哥伦比亚大学的神经学家如是说。这虽然不是最后的结论,但是它对“许多单纯的香气怎样组合起来构成我们极其复杂的香味感觉”提供了一窥之见。

[林凤生据 Science, 2006(309)]