

# 黄淮海地区农业节水对策及实施 半旱地农业可行性研究

山 仑<sup>1,2</sup>, 吴普特<sup>1,2</sup>, 康绍忠<sup>3</sup>, 冯 浩<sup>1,2</sup>, 张岁岐<sup>1,2</sup>

(1. 西北农林科技大学水土保持研究所, 陕西杨凌 712100; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西杨凌 712100;

3. 中国农业大学水利与土木工程学院, 北京 100083)

**[摘要]** 通过系统调研,从挖掘各类农业水资源潜力入手,分析总结了黄淮海地区农业节水的成效、经验与存在的问题,认为在充分利用降水基础上实施补充少量灌溉水的半旱地农业是解决该区域水资源严重短缺,同时实现农业生产可持续增长的一条重要出路。旱地农业、灌溉农业和半旱地农业并存将成为未来农业用水的新格局,按此对策实施,预期到2020年,该地区农田灌溉用水量可减少30%以上,并率先实现农业用水系统的现代化。

**[关键词]** 黄淮海地区;农业节水;半旱地农业;水资源潜力

**[中图分类号]** S27 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2011)04-0037-06

## 1 前言

黄淮海地区包括北京、天津和山东全部,河北、河南大部以及江苏、安徽的淮河流域部分。土地面积为44.3万km<sup>2</sup>,其中76%为冲积平原。文章研究的重点是黄淮海的缺水地区,主要指冀、鲁、豫三省和京、津两市。黄淮海属暖温带半湿润季风气候区,地势平坦,光热资源丰富,是我国重要的综合性农业生产基地,在保障国家粮食安全中占有举足轻重的地位<sup>[1]</sup>。该地区以全国21%的耕地生产了约占全国26%的粮食,其中

小麦产量占全国小麦产量的54%,玉米占29%,棉花占40%,油料占34%,肉类和水果分别占28%和25%<sup>[2]</sup>。在国家2020年新增1000亿斤(1斤=0.5kg)粮食生产能力规划中,黄淮海缺水地区承担了约1/3的增产任务。

该地区水资源严重短缺,人均占有水资源355m<sup>3</sup>,每公顷耕地占有水资源4493m<sup>3</sup>,人均用水量243m<sup>3</sup>(见表1),分别仅为全国平均水平的19%、22%和55%,属我国水资源承载力与经济社会发展最不适应的地区,缺水已成为该地区进一步发展的主要制约因素<sup>[3]</sup>。

表1 2007年黄淮海缺水地区水资源及供用水情况

Table 1 The situation of water use, water supplement and water resources in Huang-Huai-Hai water deficit region

地区	水资源总量/亿 m <sup>3</sup>	人均水资源量/m <sup>3</sup>	耕地水资源量/(m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup> )	供水总量/亿 m <sup>3</sup>	地表水/亿 m <sup>3</sup>	地下水/亿 m <sup>3</sup>	用水总量/亿 m <sup>3</sup>	人均用水量/m <sup>3</sup>
全国总计	25 255	1 902	20 775	5 818.7	4 723.9	1 069.1	5 818.7	441.5
北京	23.8	148.2	10 249.5	34.8	5.7	24.2	34.8	216.6
天津	11.3	103.3	2 547	23.4	16.5	6.8	23.4	213.4
河北	119.8	173.1	1 897.5	202.5	38.9	163.1	202.5	292.6
山东	387.1	414.6	5 157	219.5	115.6	102.0	219.5	235.1
河南	465.2	496.1	5 869.5	209.3	83.4	125.5	209.3	223.2
小计	1 007.2	355.4	4 492.5	689.5	260.1	421.6	689.5	243.3

注:数据引自2008年《中国农业年鉴》;小计中人均水资源、耕地水资源量、人均用水量均为加权平均值

[收稿日期] 2011-01-07

[基金项目] 中国工程院农业学部重点咨询项目“黄淮海地区农业节水对策及实施半旱地农业可行性研究”

[作者简介] 山 仑(1933—),男,山东龙口市人,中国工程院院士,长期从事旱地农业与作物抗旱生理研究;E-mail: shanlun@ms.iswc.ac.cn

黄淮海地区总体上处于严重缺水地区,但对于农业利用而言,传统水资源(地表水和地下水)数量不是唯一评价标准。区内具有可观的降水资源和一定数量的过境水,对于发展农业是一个重要的基础条件。文章从充分挖掘黄淮海地区各类农业水资源潜力入手,以大量节约灌溉用水并同时实现农业可持续增长为目标,通过系统调研,总结农业节水的成效与经验,分析当前存在的问题,提出该区域农业节水的对策与建议。

## 2 成效与经验

### 2.1 成效

20世纪七八十年代黄淮海地区就开始推广渠道衬砌和低压管道输水以及小畦灌、农艺节水等措施,并取得了显著成效。自1998年党中央提出“把节水灌溉当作革命性措施来抓”的十多年来,黄淮海地区农业节水工作又得到了一定发展,2000—2007年间冀、鲁、豫三省节水灌溉面积增加了135万 $\text{hm}^2$ ,共达到592万 $\text{hm}^2$ ,占有效灌溉面积的41.3%。2007年农业用水较2000年减少了40.4亿 $\text{m}^3$ ,为该地区经济社会的快速发展提供了较好的水源支撑。在农业灌溉用水连续负增长的前提下,扩大了有效灌溉面积35万 $\text{hm}^2$ 。2007年冀、鲁、豫粮食总产量达到12 235.6万t,较2000年增加了1 744.6万t(见表2),为国家粮食安全和保障区域经济社会发展做出了巨大的贡献(见图1)。

表2 冀、鲁、豫三省节水农业发展成效

Table 2 The achievement of developing water saving agriculture in Hebei, Shandong and Henan Provinces

省份	年份	有效灌溉面积 /万 $\text{hm}^2$	节水灌溉面积 /万 $\text{hm}^2$	粮食总 产/万t	农业用 水量 /亿 $\text{m}^3$
河北省	2000	444	198	2 551	161.74
	2005	451	241	2 599	150.2
	2007	454	249	2 842	151.6
河南省	2000	473	95	4 102	134.10
	2005	486	131	4 582	114.5
	2007	496	141	5 245	120.1
山东省	2000	482	164	3 838	175.92
	2005	479	188	3 917	156.3
	2007	484	202	4 149	159.7

节水灌溉技术的普及和灌区节水改造项目的实施既对提高区域抗旱、防旱能力,改善农业生产条件做出了重要贡献,也为减少区域地下水开采量、涵养地下水源、回补地下水和改善生态环境起到了积极的作用。

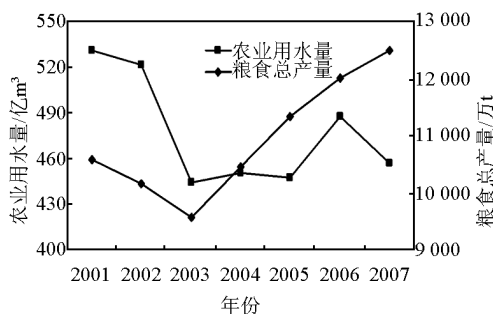


图1 冀、鲁、豫三省粮食总产量和农业用水量变化

Fig. 1 The change of foodstuffs yield and agricultural water use in Hebei, Shandong and Henan Provinces

### 2.2 经验

该地区发展节水农业已取得的典型经验和成功做法主要有:

1) 土渠改管道、小畦灌、秸秆覆盖还田等常规节水技术是当前提高农田降水和灌溉水利用效率的主要手段<sup>[4]</sup>;

2) 通过雨洪资源、再生水和微咸水利用,就地开源,扩大农业可用水资源量;

3) 从水价改革入手,农户参与,分水到户,定额管理,超罚节奖,促进农户由“要我节水”向“我要节水”的转变;

4) 政府补贴是推动农业节水发展的主要驱动力,由水利部门主导的有效管理是发挥节水工程综合效益的有力保障。

通过实地调研和分析,发现若干因地制宜、运用综合技术实现大量节约灌溉用水的成功实例。位于粮食主产区的山东省桓台县,在年均降水量550 mm、每公顷灌溉定额1 500  $\text{m}^3$ 左右的条件下,连续13年全县小麦平均单产稳定在7 650  $\text{kg}/\text{hm}^2$ 左右,灌溉水利用系数达到0.8,水分利用效率达到1.8  $\text{kg}/\text{m}^3$ 。其具体做法可概括为:

1) 采用拦蓄洪水和引用季节性河水的方法渗补地下水资源;

2) 深浅井结合,合理开发地下水;

3) 实行低压管道输水和田间软管灌溉技术,采用标准小畦灌溉;

4) 深耕蓄水,增加降水入渗,作物秸秆全部用于覆盖还田;

5) 重视土壤培肥,使土壤有机质含量平均达到1.5%以上;

6) 强化管理,实行有效的补贴政策。

北京市的农业属于大都市类型,近年来在发展节水农业中广泛应用了现代农业技术。除在建立节

水型农业结构方面进行了有益的探索,如扩大春玉米种植、增加高产值经济作物等,使近 10 年玉米与小麦种植面积之比由 8 : 10 变为 20 : 10 外<sup>[5]</sup>,在再生水农业利用、雨洪收集利用方面也做出了显著成绩,特别是喷微灌发展迅速,已占到灌溉面积的 35.6 % (全国平均为 6.6 %),现北京市节水灌溉面积已占到有效灌溉面积的 86 %。

恒台与北京的经验说明,应用常规节水技术能够实现节水与增产的双重目标,有条件的地方则应加快现代农业节水技术的开发应用,以促进节水农业的更快发展。另外,河北衡水桃城区实行“一提一补”的水价改革经验,河南郟县丘陵山区恒压喷灌工程长期高效运行的经验等也都值得借鉴。

### 3 存在问题及解决思路

#### 3.1 农业节水发展速度和水平尚不能适应水资源严重短缺和增加农业综合生产能力的要求

黄淮海地区总体经济发展水平较高,但由于多年来对农业节水工作的认识不够、投入不足,农业节水发展速度仍然缓慢。2000—2007 年冀、鲁、豫三省共增加节水灌溉面积 135 万  $\text{hm}^2$ ,平均每省每年增加不到 7 万  $\text{hm}^2$ 。按此速度发展,尚需 40 多年时

间才能全部完成节水措施的普及,而且质量与标准问题也需改进。农业节水投入机制没有理顺,缺乏稳定充足的投入是造成农业节水工程发展速度慢、总体标准不高、影响节水效益正常发挥的主要原因。

#### 3.2 对农田降水资源和土壤水资源的开发利用重视不够

黄淮海地区位于我国半湿润区,土层深厚,土壤具有一定的蓄水能力,多数地方年降水量为 550 ~ 800 mm,农业生产具备较好的降水和土壤条件,农田降水资源和土壤水资源尚有一定开发潜力,但目前对此类水资源的开发利用还未引起充分重视。对山东省的研究表明(见表 3),小麦生育期随着灌水量的增加,对土壤水的利用量减少。不灌水时,土壤水的利用量占总耗水量的 50 %;灌水量为 180 mm 时,土壤水的利用率为 23 %,水分利用效率为 1.37  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;灌水量为 120 mm 时,土壤水的利用率为 35 %,水分利用效率达到 1.54  $\text{kg}/\text{m}^3$ ,土壤水的利用率和水分利用效率较灌 180 mm 处理均显著提高<sup>[6]</sup>。可见,通过科学管理,在灌溉农田上充分利用降水和土壤水,不仅可以节约水资源,而且可能实现节水与高产的同步。

表 3 山东省灌溉和旱作麦田耗水和灌溉水利用效率

Table 3 The water use efficiency of winter wheat in irrigated land and dryland of Shandong Province

灌水量 /mm	总耗水量 /mm	降水量 /mm	土壤供水 /mm	籽粒产量 /( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	水分利用效率/( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )
0	298.4	150.4	148.0	4 020	1.35
60	359.0	150.4	148.6	4 920	1.37
120	413.9	150.4	143.5	6 375	1.54
180	428.4	150.4	98.0	5 880	1.37

河北采用小麦节水品种与配套栽培技术多年试验研究,结果表明(见表 4),随着节水栽培技术的进步,小麦的灌水次数和灌水量在不断减少,对降水和

土壤水的利用在不断增加,作物产量和水分生产效率得到显著提高<sup>[7]</sup>。

表 4 品种和灌水组合的节水高产要素构成历史演变(1987—2007)

Table 4 The constitution change of crop factors with high yield and water saving under different varieties and amount of irrigated water(1987—2007)

年度	代表性品种	灌水 /次	灌水量 /mm	降水量 /mm	土壤水 /mm	耗水量 /mm	产量 /( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	WUE /( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )
1987—1991	冀麦 7、冀麦 25、冀麦 31	4.4	267.1	179.6	99.6	546.3	5 325	1.03
1989—1996	冀麦 30、冀 9195、冀麦 38	3.2	211.4	102.5	122.0	436.0	7 740	1.83
1997—2000	9306、冀 9195、9907	2.3	140.9	109.9	156.4	407.2	7 785	1.84
2004—2007	石新 733、石麦 15、冀 5265	1.8	145.8	110.4	214.2	471.0	8 985	1.94

注:WUE(water use efficiency)为作物水分利用效率

### 3.3 农业用水与节水管理粗放,节水管理制度建设滞后

由于农业用水与节水管理政策不到位,灌溉用水管理粗放,井灌区很多地方仍然无限制开采地下水,使地下水位不断下降。引黄灌区、水库灌区缺少测水量水手段,按单位面积耕地收取水费的现象依然存在,井灌区按小时收取电费,不按水量计费,灌溉水量仍是一笔糊涂账,灌溉水浪费现象仍然严重。由于缺乏用水的奖惩政策,用水多少基本没有与农户切身利益挂钩,无法保证合理控制用水量。农业灌溉的水价不到成本的一半,水价偏低是造成农业灌溉浪费的主要原因之一。由于涉农问题的复杂性,科学的水价体系难以执行,对水的商品意识认识不足,影响了群众发展节水灌溉的积极性。农业用水运行管理从整体水平上看仍不适应农业高效用水的需求。

### 3.4 长期超采地下水支撑农业生产用水的局面不可持续

随着气候干旱、降雨减少、城市工业人口用水增加等原因,农业用水不断被挤占,灌区萎缩严重,例如,河北省最大的灌区——石津灌区,20世纪70年代与目前相比,年平均农业用水量由7.5亿 $m^3$ 减少到2.8亿 $m^3$ ,年平均实际灌溉面积由14万 $hm^2$ 减小到5万 $hm^2$ ,用水量和实际灌溉面积均减少一半以上。近10年来,山东省由于城市工业发展迅速,用水量增加,全省32座大型水库中已有20处水库转向城市供水,农业用水受到严重影响。在这种情况下,很多地区只有通过超采地下水才能维持和保障农业的正常生产水平,因而造成地下水位普遍下降,一些地方已出现地面沉降和海水入侵,环境恶化,后果严重。由于地下水位下降,机井越打越深,机泵更新换代时间缩短,打井、灌溉成本不断上升,农业比较效益不断下降<sup>[8]</sup>。

针对上述存在的问题,经分析认为,通过实施半旱地农业以节约大量灌溉用水是解决该区域水资源严重短缺,同时实现农业生产可持续增长的一条重要出路。半旱地农业是指在运用旱作技术充分利用自然降水并提高其效率的基础上进行少量水补充灌溉的一种农业用水类型,在黄淮海地区发展半旱地农业符合当地实际情况<sup>[9,10]</sup>。该区大部属于适于农作物生长的半湿润气候,中外专家都做出判断:该类型区未来农田用水将主要转向对降水和土壤水的有效利用<sup>[11-15]</sup>。理论研究也表明,通常意义上的气象

干旱不总是必然降低产量,许多作物一定生育阶段适度水分亏缺可以产生生长、生理和产量形成上的补偿效应,节水与增产有可能同时实现<sup>[16]</sup>。调研发现,半旱地农业在黄淮海地区农业生产中已实际存在,有些地方是主动做出的,更多的地方则是被动存在,现在的问题是如何尽快将被动存在转变为主动应对。在黄淮海缺水灌区将灌溉定额降至每公顷1500 $m^3$ 以下,同时保持高产水平,在干旱山区通过集雨技术发展微小型水利工程,在作物需水关键时期每公顷补水300 $m^3$ 左右以实现显著增产是可以做到的。

## 4 对策与建议

作为我国最重要的综合性农业生产基地和水资源供需矛盾最为尖锐且总体经济较发达的黄淮海地区,今后发展节水农业的主要方略拟定为:统筹利用各类水资源,依靠科技,加大投入,率先实现农业用水系统的现代化。

在实施中,应以充分利用当地自然降水为基础,以大量节约灌溉用水同时实现农业可持续增长为目标,采取水地旱地并举,积极发展半旱地农业的农业用水对策。灌溉区大力采用旱作节水技术,充分利用降水资源;旱作区在充分利用自然降水的基础上发展集雨补灌,形成灌溉农业、旱地农业和半旱地农业并存的农业用水格局。

通过初步计算和分析,在黄淮海地区全面推行农业节水技术的同时,部分区域实施半旱作制度,预期到2020年前后,该地区农田灌溉用水量可减少30%以上,从而减少农业灌溉对地下水的超采,使缺水区地下水位得以保持动态平衡。另一方面,部分节约下的灌溉水可在有条件的地方用于发展补充少量水的半旱地农业,使各类农业水资源的利用率和利用效率得以显著提高。为此,提出以下几点建议。

### 4.1 经济发达但严重缺水地区应率先实现农业用水系统现代化

黄淮海缺水地区人均占有水资源量仅为全国平均水平的1/7,缺水严重但经济较为发达。2009年该地区多数省市的人均GDP(gross domestic product,国内生产总值)已达到中等发达国家经济水平。只要国家和地方政府紧密依靠科技,加大投入,充分调动用水户的积极性,该地区完全有条件、有能力在全国率先实现农业用水系统现代化,为建

设现代农业奠定基础。

#### 4.2 在严重缺水地区调整农业结构,改革种植制度,严格控制地下水超采

农业结构调整是一个涉及全局的复杂问题,应首先考虑在严重缺水地区(如黑龙江地区、胶东地区等)通过制定水资源开发利用红线及控制高耗水作物发展等途径解决地下水长期严重超采问题<sup>[17]</sup>。如黄淮海地区冬小麦种植面积占总耕地面积的50%以上,生长期降水与需水不匹配,消耗了近70%的灌溉用水,适当减少小麦种植面积,适度控制高耗水经济作物的发展,同时运用划定地下水禁止开采或限制开采区等其他有力措施,解决地下水长期超采问题是能够逐步做到的。

#### 4.3 加大国家财政对农业节水的补贴力度,加快水价改革

建议参照退耕还林的成功经验,通过补贴推动农业节水工作的迅速发展。在现有粮食补贴、农机补贴的基础上,对农民采用节水措施实施补贴,包括加大对未级渠系建设、田间节水设施、旱作集雨补灌以及其他微小型水利工程等专项补贴力度。深化水价改革,实施耕地灌溉用水定额管理,通过农业水价“一提一补”等灵活多样的方式,调动农户节水的积极性。

#### 4.4 建立黄淮海地区半旱地农业实验示范区

鉴于农业水资源的多样性和复杂性,建议国家有关部门联合成立专门机构,统筹解决黄淮海地区缺水问题,研究制定实现该区域农业用水系统现代化的发展规划,同时选择不同类型的灌溉区和旱作区,通过3~5年的努力,建立10个左右高标准的国家半旱地农业综合节水万亩实验示范区,探索发展黄淮海现代农业的经验,建立适合本区域的农业用水系统,引领和推动我国现代农业发展。

**致谢:**该研究属中国工程院农业学部咨询研究项目,李佩成、于振文、冯广志、李增嘉、张正斌、李龙昌、马瑞昆、黄修桥、丁圣彦、刘洪禄、黄占斌等参加了该项目研究工作;石玉林、刘更另、王浩、李远华等

专家给予了指导;北京、河北、山东、河南省(市)水利和农业等有关部门提供了支持与协助,在此一并表示感谢。

#### 参考文献

- [1] 席承藩,邓静中,黄荣翰.黄淮海平原综合治理与农业发展问题[M].北京:科学出版社,1985.
- [2] 石玉林.农业资源合理配置与提高农业综合生产力研究[M].北京:中国农业出版社,2008.
- [3] 王浩,秦大庸,王建华,等.黄淮海流域水资源合理配置[M].北京:科学出版社,2003.
- [4] 胡毓骥,李英能,等.华北地区节水型农业技术[M].北京:中国农业科技出版社,1995.
- [5] 赵华甫,张凤荣,李 佳,等.北京都市农业种植制度发展方向——春玉米一熟制[J].中国农业生态学报,2008,16(2):469-474.
- [6] 杨晓亚,于振文,许振柱.灌水量和灌水时期对小麦耗水特性和氮素积累分配的影响[J].生态学报,2009,29(2):846-853.
- [7] 马瑞昆,贾秀领,张全国,等.近20年冬小麦供水量与产量关系变化分析[J].华北农学报,2009,24(增刊):214-217.
- [8] 王浩.建立良性有效的节水机制[N].光明日报,2009-03-23(10).
- [9] 山 仑.发展旱地农业,缓解我国北方缺水压力[N].科学时报,2006-10-09(A8).
- [10] 余松烈.现代小麦栽培科学及其发展展望[M].济南:山东科技出版社,2004.
- [11] 吴普特,冯 浩,牛文全,等.中国节水农业战略思考与研发重点[J].科技导报,2006,24(5):84-88.
- [12] 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.
- [13] 刘昌明,李云成.“绿水”与节水:中国水资源内涵问题讨论[J].科学对社会的影响,2006(1):16-20.
- [14] 程国栋,赵文智.绿水及其研究进展[J].地球科学进展,2006,21(3):221-227.
- [15] 李振声,欧阳竹,张佳宝,等.黄淮海平原地区粮食增产潜力简析[N].科学时报,2009-11-02.
- [16] 山 仑.生物节水现状与展望[J].中国科学基金,2006,20(2):66-71.
- [17] 陈 雷.实现最严格的水资源管理制度,促进经济社会全面协调可持续发展[N].光明日报,2009-03-22(3).

# Study on agricultural water-saving countermeasures and feasibility of implementing semi-dryland farming in the Huang-Huai-Hai Region

Shan Lun<sup>1,2</sup>, Wu Pute<sup>1,2</sup>, Kang Shaozhong,<sup>3</sup>  
Feng Hao<sup>1,2</sup>, Zhang Suiqi<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Ministry of Water Resources, Chinese Academy of Sciences, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. College of Water Conservancy & Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

[ **Abstract** ] Starting from fully excavating the potential of various agricultural water resources in the Huang-Huai-Hai Region, the achievement, experience and existing problems about agricultural water-saving were summarized. It was proposed that by implementing semi-dryland farming, developing simultaneously irrigated lands and dry lands on the basis of full utilization of local natural rainfall, and saving the large amount of irrigation water is an important approach for resolving serious water resources shortage and meanwhile for achieving sustainable growth of agricultural production in this region. Dryland farming, irrigated farming and semi-dryland farming will exist at the same time as the new structure of agricultural water use in this region. By implementing these measures, field irrigation water consumption in this region is expected to reduce more than 30 % in around 2020 and take the lead in realizing the modernization of agricultural water system.

[ **Key words** ] The Huang-Huai-Hai Region; agricultural water-saving; semi-dryland farming; water resources potential