

中国节水农业战略思考与研发重点

Research Emphasis and Reflection of Strategy for Water Saving Agriculture in China

吴普特/WU Pu-te,冯 浩/FENG Hao,牛文全/NIU Wen-quan,赵西宁/ZHAO Xi-ning

西北农林科技大学中国科学院水利部水土保持研究所,陕西杨凌 712100

Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A & F University, Yangling 712100, Shaanxi Province, China

[摘要] 从分析我国战略水安全与粮食安全所引发的农业用水矛盾出发,认为解决这一矛盾的唯一出路在于依靠科学技术大力发展现代节水高效农业。据此,从战略层面对我国发展节水农业的总体思路进行了思考,提出到2020年,即近15年内,在不增加农业总用水量的前提下,通过提高农业用水利用率和作物水分利用效率,可基本满足我国粮食安全用水需求的重要观点,在此基础上,进一步提出了为实现上述目标近期我国节水农业领域应研究的若干重点。

[关键词] 节水农业;粮食安全;生物节水;节水灌溉;非传统水资源;技术集成

[文献标识码] A

[中图分类号] S273

[文章编号] 1000-7857(2006)05-0086-03

Abstract: Based on the contradiction for agricultural water in safe water-strategy and safe food-strategy of China, the authors considered the only outlet for resolving the contradiction to develop the water efficient agriculture depending on innovation of science and technology. Furthermore, the authors analyzed the general idea for developing the water efficient agriculture from strategy aspect. On the premise of no-increasing agricultural water, the authors put forward an important view for meeting food safety water demand 15 years in the future by improving utilization ratio and utilization efficiency of agricultural water. Finally, the authors suggested five of research emphases including the biological water saving technology, inferior water resources development technology, water saving irrigation technology and product, dryland water high-efficient agriculture, and the regional development mode of water saving in field for water saving agriculture.

Key Words: water saving agriculture; food safety; biological water saving; water saving irrigation; inferior water resources; technological innovation and integration

CLC Number: S273

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2006)05-0086-03

20世纪是人类有史以来发展速度最快的100年,世界人口增加了4倍,工业生产总值增加了50倍,但水资源消耗却增加了100倍^[8]!这种以资源过度消耗而换来经济快速增长的发展模式,导致全球用水量已逼近水资源开发的极限!如何缓解日益严重的全球性水资源危机,已成为21世纪世界各国普遍关注的重大战略性问题。我国不仅是一个水资源十分短缺的国家,又是一个人口众多的农业大国,更是一个农业用水大国。因此,大力发展节水农业、走资源节约型道路已经成为我国必然的战略选择。

1 现实需求与一对难以调和的矛盾

从国家水安全战略角度考虑,未来30年我国农业用水只能维持零增长或负增长,水利部已将此作为一项重要工作目标。也就是说我国农业用水量在未来30年将不能超过现状用水量或小于现状用水量。我国现状年供水能力约为5600亿m³,其中农业用水量约为4000亿m³,工业用水量约为1000亿m³,生活用水

量约为600亿m³。农业用水量中大约90%用于农田灌溉,即约3600亿m³,这即为我国农田灌溉用水量上限^[1]。

从我国粮食安全战略角度考虑,到2020年我国粮食总产量需达到6.0亿t(见图1)^[2-3]。2004年我国粮食总产量约为4.7亿

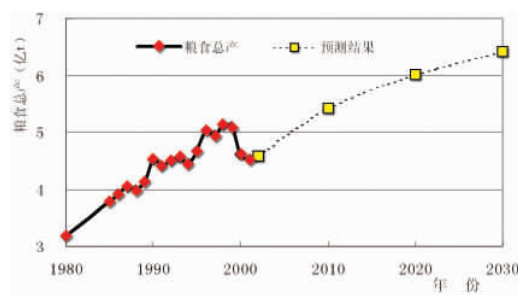


图1 我国历年粮食产量及预测曲线

Fig. 1 Prediction curve of grain yield of China in past years

收稿日期:2005-11-10

基金项目:国家“863计划”研究项目(2002AA2Z4341,2004AA2Z4030),中科院水土保持研究所知识创新领域前沿项目(SW05503)

作者简介:吴普特,男,陕西省杨陵区邠城路3号西北农林科技大学中国科学院水利部水土保持研究所,教授,主要研究方向为水土保持与节水农业;E-mail:gjzwpt@vip.sina.com

t, 历史最高产量为约 5.0 亿 t (1998 年), 考虑到我国耕地面积因经济建设而不断减少的现实情况, 并综合考虑技术进步因素, 到 2020 年达到生产 6.0 亿 t 粮食生产能力, 即在 2004 年基础上增加 1.3 亿 t 的粮食, 尚需增加农业用水约 1 200 亿 m³。

这样就形成了两个现实需求, 即满足国家战略水安全必须确保我国农业用水量维持零增长或负增长, 但要满足我国粮食安全战略需求必须增加农业用水量约 1 200 亿 m³, 这两个现实需求也形成了一对难以调和的矛盾。在我国水资源极为有限的前提下, 解决这一矛盾的唯一出路只能是依靠科学技术, 大力发展现代节水高效农业, 走扩大资源内涵式的发展道路。

2 战略思考

如何解决这对难以调和的矛盾, 是我们必须面对的客观现实, 也是保证我国经济可持续发展的重要课题, 欲解决矛盾, 须先从战略高度论证总体思路。笔者试图从战略高度对这一问题进行分析探讨, 并提出解决这一矛盾的初步方案。

从战略层面考虑, 解决上述矛盾, 应遵循以下几个基本原则。

- ① 保证农业用水量不增加或者适当减少, 即在国家总供水量中农田灌溉用水量不能超过 3 600 亿 m³。
- ② 开源与节流并举, 但开源不能挤占国家正常供水量, 即开源主要以非传统水资源为主。
- ③ 走扩大资源内涵式的发展道路, 重点在于提高有限水资源的利用率与利用效率。
- ④ 充分考虑国情及技术的区域适应性。
- ⑤ 遵循可持续发展的基本原则, 既要解决眼前矛盾, 又要考虑长远利益。

基于上述原则, 从战略角度思考, 既要重视战略技术储备, 又要开源与节流并举。考虑到我国现阶段灌溉水利用率仅为 45% 左右, 旱作雨水利用率较低, 有效利用率仅为 30% 的现实, 未来 15 年应首先解决农业用水过程中的水浪费现象, 即首先提高现有灌溉水的利用率和利用效率, 其次提高雨水资源的利用效率, 并大力开发污水和劣质水。在此基础上, 还应作好技术储备, 即生物节水技术的研究与开发, 这主要由于生物节水技术处于实验室阶段, 未来 15 年直接大规模应用于大田和生产实际还存在一定的困难。据此, 提出以下战略思考方案。

2.1 将灌溉水利用率从 45% 提高到 60%, 节水 540 亿 m³

当前我国农田灌溉水平平均利用率约为 0.45, 按现状农田灌溉用水 3 600 亿 m³ 计算, 实际有效用水约为 1 800 亿 m³, 通过未来 15 年的节水灌溉技术研发和工程示范, 使农田灌溉水利用率每年提高 1 个百分点, 到 2020 年时, 我国农田灌溉水利用率达到 0.60, 这样可节水 540 亿 m³, 即增加农业用水 540 亿 m³。

从节水灌溉的发展现状来看, 通过“九五”科技攻关和 300 个节水增产增效示范县的建设、大型灌区节水改造建设和商品粮基地县等一系列项目的实施, 我国节水灌溉得到了较大的发展, 农田灌溉水利用率已由“九五”中后期的 0.40 左右提高到现状水平 0.45, 大约平均每年提高将近 1 个百分点^[4-5]。同时从我国历年的粮食总产量与有效灌溉面积的分布曲线 (见图 2) 也可看出^[6], 从 1980 年到 2000 年间, 在有效灌溉面积基本不增加的情况下, 粮食总产量仍保持一定的增长幅度, 说明采取相应的节水灌溉技术, 在保持有效灌溉面积不增加的前提下, 仍可增加粮食总产。另外, 国外大量的实践已经证明 (如以色列农业水利用率为 0.75 以上)^[7-8], 通过节水灌溉, 大幅度提高农业水利用率, 节约大量水资源是可行的。

2.2 将有限雨水资源利用率从 30% 提高到 45%, 增加雨水利用量 450 亿 m³

我国现有耕地面积约 1.27 亿 hm², 其中旱作面积约为 0.73 亿 hm², 分布在我国半干旱和半湿润偏旱地区, 主要依靠天然降

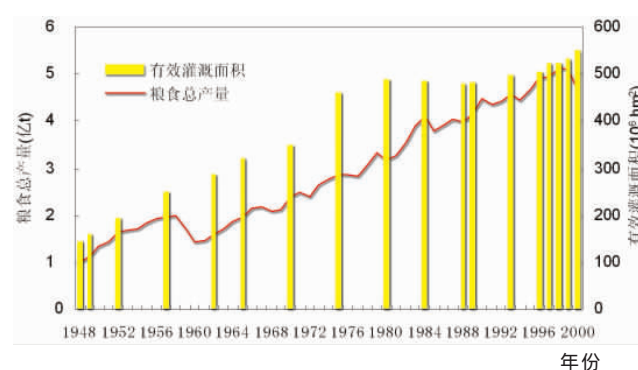


图 2 我国历年粮食总产量和有效灌溉面积 (1948–2000)

Fig. 2 Grain yield and effective irrigation area of China in past years (1948–2000)

水供给作物用水需求。根据国家科技攻关项目研究结果, 我国北方旱农区降水资源的利用率不高, 有限的降水资源不能充分利用。在有限的降水中, 因径流损失的水分占总降水的 20%, 而休闲期无效水分蒸发则占降水的 24%, 可被农业生产利用的降水只有总量的 56%; 就是在利用的 56% 中, 也有 26% 由于田间蒸发而散失, 作物真正利用的降水只有总量的 30%, 即我国旱作农业区雨水资源的利用率平均仅为 30% 左右, 大部分以径流和无效蒸发的形式浪费掉^[9]。

未来 15 年, 如果采取有效的措施, 通过集雨工程、覆盖技术、使用保水剂、对土壤水库进行增蓄扩容等措施, 减少休闲期和生育期蒸发失水 15%, 即雨水利用率达到 45%, 每年提高雨水资源利用率 1 个百分点。按平均 400 mm 降水计算, 我国旱作地区 11 亿亩耕地就可多利用降水 60 mm, 折水量 450 亿 m³, 即相当于新增 450 亿 m³ 农业水资源。

2.3 开发劣质水资源, 新增农业用水 300 亿 m³

我国目前年污水排放量达到 631 亿 m³ (不包括发电厂直流冷却水), 其中工业废水占 61.5%, 生活污水占 38.5%^[9], 排放的废污水主要集中在大中城市和工业区, 然而我国目前的城市污水集中处理率为 43.6%^[10], 与欧美国家 80%~90% 和以色列 95% 以上的城市污水处理率相去甚远, 而且处理后的污水也未能全部得到合理利用。如果仅将其中的生活污水全部用于农业灌溉, 则每年将可新增 243 亿 m³ 左右的农业水资源。

另外, 我国北方沿海地区和西北内陆地区有相当数量的微咸水资源 (2~5 g/L)。有关实验资料表明, 如果合理交替和混合利用微咸水和淡水资源, 不仅不会降低作物产量, 而且可以在一定程度上提高作物的品质, 因此进一步开发利用这部分水资源, 提高其利用率, 对促进缺水地区的农业发展具有一定的重要作用^[11]。我国可利用的微咸水资源约 200.0 亿 m³, 如果利用率从目前的 20% 提高到 50%, 就相当于可新增农业水资源 60 亿 m³。加上生活污水可利用量 243 亿 m³, 通过开发劣质水资源, 可实现新增农业用水 300 亿 m³ 的目标。

按照上述战略方案, 在总水资源分配方案不变的情况下, 通过节水灌溉技术、雨水利用技术、非传统水资源 (污水、劣质水) 利用技术, 以及技术集成和综合应用可以新增农业用水量 1 290 亿 m³, 能够满足未来新增粮食生产 1 200 亿 m³ 农业水资源的需求。这一方案还没有计算生物节水技术所产生的节水作用及节水效果, 主要是考虑到其技术的成熟度和技术储备作用。

3 研发重点

根据上述战略思考,以及所初步提出的战略方案,我们初步提出我国现代节水农业技术的研发重点。在提出研发重点时,我们充分考虑到生物节水技术的前沿性和技术储备性特点,并将其作为一种技术储备,以便日后发挥作用,也将其作为一个重要研发方向^[12]。

3.1 现代生物节水技术

以主要农作物和林木为重点,进行种质资源的田间或室内抗旱性鉴定、评价,筛选抗旱节水优异资源,建立农作物抗旱节水特性鉴定评价指标体系与方法;应用分子标记辅助选择、转基因、基因聚合技术结合常规育种的方法,建立简便、有效的抗旱节水和水分高效利用型种质改良与育种技术;创制抗旱节水型或水分高效利用型的优异育种新材料,选育抗旱节水新品种;筛选具有控制蒸腾功能的外源物质,研究作物对外源物质的生理生态响应;综合应用化学合成与耦合技术,研究植物蒸腾抑制剂;研制适用于旱作和非充分灌溉条件下具有抗旱节水、防病杀虫、高效环保等多种功能的种衣剂;研究不同区域主要农作物的水分生产函数与有限水量条件下的非充分灌溉模式,主要农作物调亏灌溉指标体系与灌溉模式,主要作物局部控水灌溉技术与方法等。

3.2 非传统水资源高效安全利用技术

重点研发适合旱区应用的新型高效工程和生物雨水集蓄形式,低成本、高效、绿色环保型的集雨材料,新型集雨设施结构形式和现场成型技术,提出雨水集蓄与高效利用工程系统设计软件,建立区域雨水资源高效利用技术体系和最优开发模式及智能决策系统软件。研究再生水灌溉对土壤和地下水及作物品质的影响,提出作物污灌安全指标量化体系,再生水与净水混灌或轮灌的应用技术,不同再生水灌溉方式下的作物灌溉制度。研究低成本、节能型的微咸水开发利用技术与设备,微咸水灌溉下的控制指标体系和作物灌溉制度,土壤水盐运动规律与调控技术,咸淡水轮灌的模式;提出改善区域生态环境的微咸水利用成套技术等。

3.3 节水灌溉技术与装备

研究土地精平标准与激光控制平地技术,开发国产激光控制平地铲运设备和相应的液压升降控制系统,提出与激光控制平地技术实施相配套的田间灌排工程系统模式;研究地面灌溉技术控制参数,开发田间波涌灌溉控制设备、田间多孔闸管灌溉系统和田间灌溉自动控制设备;研究根系分区交替灌溉技术要素设计方法和田间配套设备,建立保墒灌溉技术体系。建设喷微灌产品数字化设计及快速成型平台,开发喷微灌系统设计软件,研制节能异形喷嘴喷头、轻小型移动式喷灌机组、适用于低压管道输水灌溉系统的新型喷灌机组。研制微压超薄壁滴灌带,抗堵、耐用、价廉的微灌灌水器、自动反冲洗过滤器、精量注肥器、压力调节器、精量控制阀及微灌自动控制系统。利用纳米技术改进防渗材料性能,开发新型土壤固化剂、新型复合土工膜料和填缝材料;研制用于管道输水的高分子复合材料大口径管材、管件及配套设备;开发标准化与系列化的新型金属管材及管件、加筋高密度聚乙烯(PE)喷灌移动支管及管件。

3.4 旱作高效用水技术与新材料

建立主要农产品水分需求与水资源保障之间的关系模型和基础数据库,提出主要区域节水稳产型的作物种植结构;建立与降水和水资源相协调的适雨种植参数,提出适合区域特点的节水高效间作套种与轮作等种植模式、农田蓄水保墒的少免耕技术、区域节水型农作制度优化设计软件和决策支持系统。研究多功能行走式抗旱播种机具的结构形式及主要部件性能参数,研究适合旱区小水源条件下应用的微型提水机具及局部灌溉系统。研发由天然材料和改性天然材料(重点是植物纤维和淀粉类)制成的生

物全降解塑膜、田间生物材料成膜技术与工艺及相关设备,开发具有增温、保墒、增产、无残留的多功能液体覆盖材料,改性和创制新型液膜等。

3.5 区域高效节水农业综合技术

研究区域作物水分信号监测技术与诊断指标体系,区域土壤墒情快速测定与预报技术;研究基于网络技术与3S技术相结合的灌区动态管理信息实时采集、传输和分析技术,灌溉系统计算机识别技术,渠系配水模拟仿真和水量流量实时调控技术;研究灌区多种水源联合利用下的水资源优化配置与管理模型,区域多水源优化配置与管理智能决策支持系统;探索虚拟灌区实现技术。选择10种不同节水农业类型区,建立20个左右的现代节水农业技术集成示范区,以农业节水高新技术和产品应用为载体,将生物节水技术、节水灌溉技术、农艺节水技术和用水管理技术组装配套后,在示范区形成各具特色的现代节水农业技术体系与模式,探讨以农民用水者协会为主的示范区管理机制与模式,探索有利于调动科研、企业、灌区和农民积极性的示范区建设多元化投入机制。

4 结论与建议

1) 未来15年粮食安全和水安全矛盾问题越来越突出,解决这一矛盾的出路在于依靠科学技术,发展现代节水高效农业技术,提高农业用水的利用率和利用效率。

2) 在不增加农业用水或者减少农业用水的前提下,我国2020年实现粮食总产6.0亿t的生产目标是可行的。

3) 未来15年通过节水灌溉技术、雨水利用技术和非传统水资源开发利用技术的研发与大面积应用,可以实现新增农业用水量1290亿m³,满足农业生产用水需求。

4) 建议将现代生物节水技术、非传统水高效安全利用技术、节水灌溉技术与装备、旱作高效用水技术与新材料、区域高效节水农业综合技术等作为今后我国节水农业技术研发重点。

参考文献(References)

- [1] 吴普特,冯浩.中国用水结构发展态势与节水对策分析[J].农业工程学报,2003,19(1):1-5.
- [2] 石玉林,卢良恕.中国可持续发展水资源战略研究综合报告(第4卷)[R].北京:中国水利水电出版社,2001.
- [3] 石玉林,卢良恕.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.
- [4] 龚时宏,高占义,王晓玲.全国300个节水重点县节水灌溉技术推广应用[J].中国水利水电科学研究院学报,2003,1(4):270-274.
- [5] 水利部农村水利司.节水灌溉——“九五”回顾[M].北京:中国水利水电出版社,2001.
- [6] 刘江.21世纪初中国农业发展战略[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [7] 钱蕴璧,李英能,杨刚.节水农业新技术[M].郑州:黄河水利出版社,2002.
- [8] 山仑,康绍忠,吴普特.中国节水农业[M].北京:中国农业出版社,2004.
- [9] 中华人民共和国水利部水资源公报编写组.中国水资源公报2002[R].北京,2003.
- [10] 国家统计局.中国统计摘要[M].北京:中国统计出版社,2005.
- [11] 姜文来,唐曲,雷波.水资源管理学导论[M].北京:化学工业出版社,2005.
- [12] 吴普特,冯浩.中国节水农业发展战略初探[J].农业工程学报,2005,21(6):152-157.

(责任编辑 黄永明)