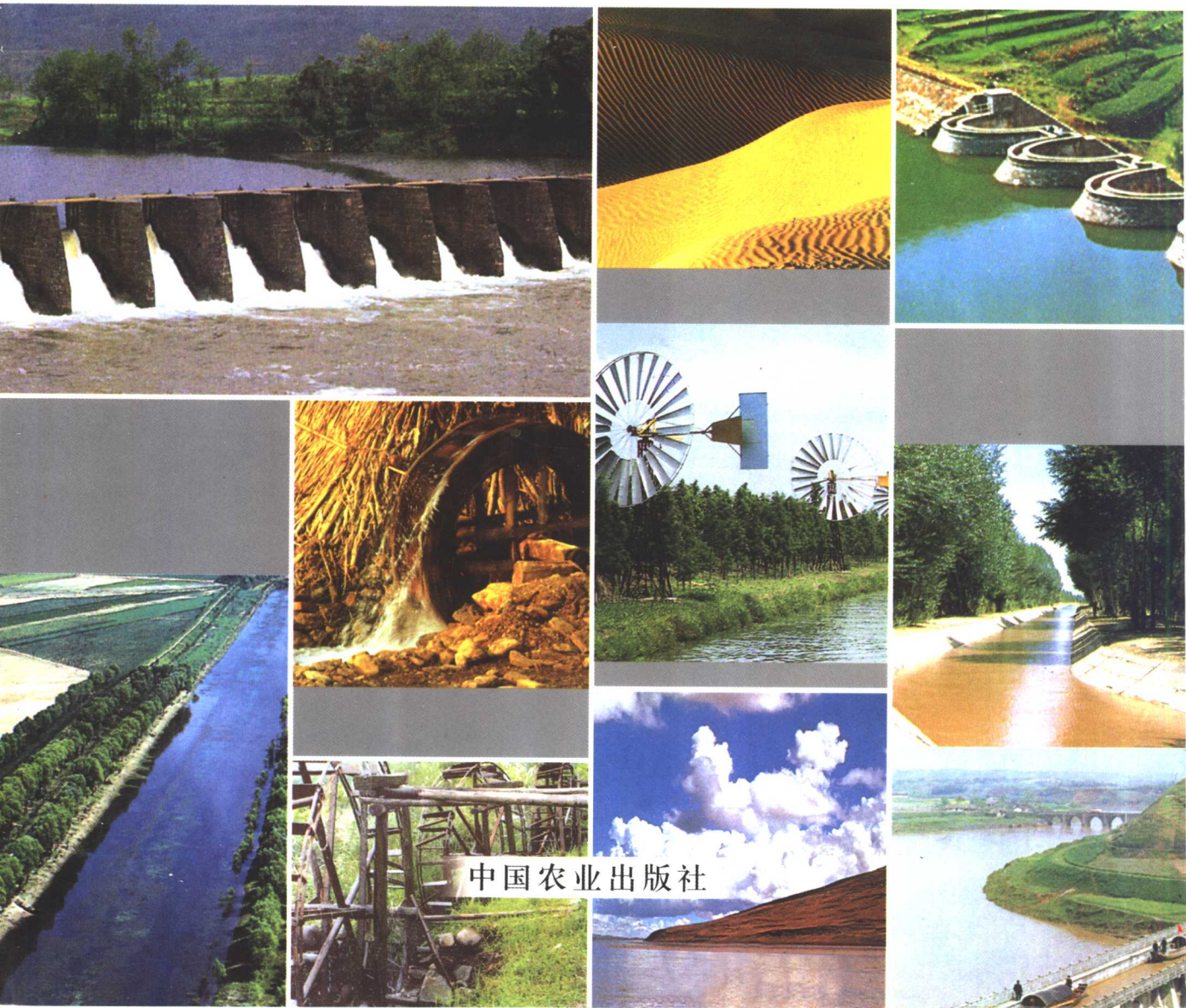


# 农业高效用水灌排技术 应用研究

匡尚富 高占义 许迪 主编

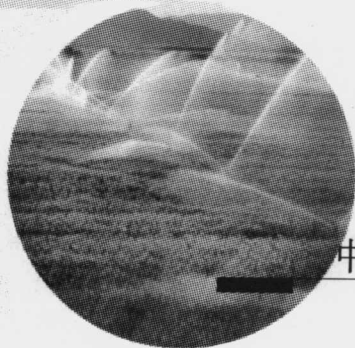


中国农业出版社

# 农业高效用水 灌排技术应用研究

匡尚富 高占义 许迪 主编

QA267/05



中国农业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

农业高效用水灌排技术应用研究/匡尚富等主编.  
—北京:中国农业出版社, 2001.4  
ISBN 7-109-06843-9

I. 农... II. 匡... III. 节约用水-灌溉-技术 IV.  
S275

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 14210 号

中国农业出版社出版  
(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 沈镇昭

责任编辑 赵立山

---

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行  
2001 年 5 月第 1 版 2001 年 5 月北京第 1 次印刷

---

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 34.5

字数: 797 千字 印数: 1~2 000 册

定价: 50.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

## 内 容 提 要

本书是一本关于农业高效用水灌排技术应用研究的综合性论文集，是近年来由国家节水灌溉北京工程技术研究中心和中国水利水电科学研究院水利研究所承担的部分项目的研究成果。主要内容以节水型农业灌溉为中心，以田间灌排技术和农田水土管理技术为重点，分为三个部分。第一部分综述了与节水灌溉农业相关的部分关键问题，包括节水灌溉发展综述、灌区技术改造、农田防洪减灾等；第二部分是有关田间灌排技术的研究内容，包括地面灌溉、管道输水与渠道防渗、喷微灌、污水灌溉、排水除涝等；第三部分为农田水土管理技术的研究成果，包括作物腾发与灌溉制度、土壤特性、农田水平衡、用水管理、农田土管理等。

本书可供从事节水型农业灌排技术应用研究的科技工作者和相关专业的大专院校师生参考。

主 编 匡尚富 高占义 许 迪  
编 委 (按姓氏笔画)  
丁昆仑 刘 钰 李益农  
杨继富 张治辉 周福国  
贾大林 高本虎 谢崇宝  
蔡林根

中国林业出版社



# 序 言

农业是国民经济的基础，水利是农业的命脉。我国是一个农业大国，但却是一个水资源短缺且时空分布不均、旱涝灾害频繁的国家。因此，灌溉排水对我国农业生产具有十分重要的作用，是实现农业优质高产、低耗高效的重要保障条件。我国的灌排事业历史悠久，特别是新中国成立 50 年来，在党和政府的高度重视下，开展了大规模的农田水利基本建设，农田灌溉面积已发展到现在的 0.547 亿  $\text{hm}^2$ ，在占全国耕地面积 41% 的灌溉土地上生产了占全国总量 3/4 的粮食作物和 4/5 的经济作物，使我国用占世界不足 10% 的耕地养活了占世界 22% 的人口，为我国农业乃至整个国民经济的发展作出了巨大贡献。

我国农业一方面面临着干旱缺水，另一方面农业用水浪费的现象又十分严重。农田水利建设中普遍存在着灌排设施标准偏低、渠系配套不全、工程老化失修、灌排效益衰减等现象，其中田间灌排技术落后、农田水土管理措施粗放等突出问题正严重制约着我国农业高效用水的发展。我国节水农业持续发展的根本出路在于节水灌溉，中国共产党十四届五中全会和十五届三中全会上相继强调指出，要“大力普及节水灌溉技术”，“大力发展节水农业，把推广节水灌溉作为一项革命性措施来抓，大幅度提高水的利用率，努力扩大农田有效灌溉面积”。近年来，我国的节水灌溉事业有了较快发展，到 2000 年底，全国节水灌溉工程面积已经达到 0.187 亿  $\text{hm}^2$ ，据《全国节水灌溉 2005 年发展计划及 2010 年规划》预测，“十五”期间预计全国发展节水灌溉面积 0.067 亿  $\text{hm}^2$ ，总数达到 0.253 亿  $\text{hm}^2$ ，灌溉水利用系数提高到 50%，节水 200 亿  $\text{m}^3$ 。为实现这个目标，就要把节水农业、特别是节水灌溉作为革命性措施来抓，切实推行新的农业科技革命，大力研究和推广应用与节水农业相关的关键技术和设备产品，为合理开发水土资源、保护农田生态环境、促进农业可持续发展提供科技支撑。

由国家节水灌溉北京工程技术研究中心、中国水利水电科学研究院水利研究所主编的《农业高效用水灌排技术应用研究》论文集，汇集了近年来根据部分科研成果撰写的论文和文章。该书内容以农业高效用水为中心，以田间灌排技术和农田水土管理技术为重点，既含有应用基础理论探讨，又包括实用技术

研究，还有专题综述与建议，内容十分丰富，具有较高的学术水平和实用价值，可供广大农业水利科技人员借鉴和参考。

相信本书的出版将对我国农业高效用水的深入发展和节水灌溉技术水平的提高起到积极地推动与促进作用。

楊振懷

2001年3月15日

# 前言

我国是一个农业大国，灌溉农业对农业生产具有十分重要的作用。灌溉的发展及其对农业生产的巨大促进作用，使得我国在占有不到世界 10% 的耕地面积上，解决了占世界 1/5 人口的吃饭穿衣问题，在保持国家社会稳定和国民经济快速发展的同时，人民物质生活质量不断提高，取得了举世瞩目的业绩。

然而，受自然地理条件和气候条件的约束，水资源紧缺和旱涝灾害频繁正严重制约着我国农业发展的潜力。一方面，供给农业使用的水资源受工业和城乡供水量激增的影响面临持续减少的威胁；另一方面，国民经济的高速发展和人口增长的压力，又迫切要求农业提供更高的产出，从而增加对农业用水的需求。目前，我国农业用水约占全国总用水量的 70%，农业用水的绝大部分为农田灌溉用水，但灌溉水的平均利用率仅为 40%。农业灌溉中普遍存在着输配水系统效率偏低、灌区用水管理粗放、田间灌排应用技术落后、灌排工程不配套、老化失修严重等突出问题，这不仅造成有限水资源的浪费和能源的耗费，还带来较为严重的土壤盐渍化等农田生态环境问题。因此，研究和推广应用田间灌排技术，提高农田水土管理水平，已成为当前以及今后缓解农业用水供需矛盾、发展节水型农业的重要途径之一。

国家节水灌溉北京工程技术研究中心是在科技部和水利部领导下，由中国水利水电科学研究院和中国灌溉排水发展中心共同组建的国家级节水灌溉研究中心。该中心组建近 2 年来，在加强节水灌溉技术的应用推广、推动节水灌溉科研成果的转化和产业化开发的同时，对围绕我国节水灌溉发展的宏观战略规划和灌排技术发展方向中存在的问题开展研究与讨论，取得了明显成效。中国水利水电科学研究院水利研究所是一所面向农业生产实际，专门从事田间灌排技术研究与应用推广、农田水利工程规划设计国家级科研单位，下设喷微灌技术、地面灌溉技术、农田排水与水环境、灌溉水管理、水利工程规划设计等 5 个研究室和燕山滴灌研究所。建所 40 多年来，先后承担了大量有关我国农田水利方面的研究项目与课题，取得了一大批丰硕成果，多次荣获国家和省部级奖励。

本书是一本关于农业高效用水灌排技术应用研究的综合性论文集。第一部分，主要汇集了国家节水灌溉北京工程技术研究中心组织的几次研讨会上收集



的论文,综述了与节水灌溉农业相关的部分关键问题,包括节水灌溉发展综述、灌区技术改造、农田防洪减灾等。第二、三部分,刊登的论文主要是近年来中国水利水电科学研究院水利研究所承担的部分研究项目的成果,多已作公开发表。其中第二部分涉及的是与田间灌排技术有关的研究内容,包括地面灌溉技术、管道输水与渠道防渗技术、喷、微灌技术、污水灌溉技术、排水除涝技术等;第三部分为农田水土管理技术方面的研究成果,包括作物腾发估算与灌溉制度确定、土壤特性分析、动态水平衡计算、农田水土管理技术与措施等。希望本论文集的出版发行能为推动我国节水灌溉事业的发展、促进节水农业灌排技术的应用研究尽绵薄之力。

由于汇编本论文集的时间仓促,研究内容水平有限,文中欠妥或谬误之处,敬请读者批评指正,不吝赐教。

编 者

2000年10月



序言  
前言

## 节水灌溉农业

|                                         |                          |
|-----------------------------------------|--------------------------|
| (一) 节水灌溉发展综述 .....                      | (1)                      |
| 试论提高农业用水效率 .....                        | 贾大林 姜文来 (1)              |
| 积极引进国外先进节水灌溉设备与技术推动我国节水灌溉事业快速健康发展 ..... | ..... 奚以松 (8)            |
| 国外发展节水灌溉经验简介 .....                      | 高占义 (13)                 |
| 浅论我国喷灌设备技术创新 .....                      | 李英能 (20)                 |
| 对我国节水灌溉技术发展的几点思考 .....                  | 李世英 (27)                 |
| 发展节水灌溉要讲因地制宜 .....                      | 金宏智 (31)                 |
| 我国农村水利在新形势下的变化与要求 .....                 | 贾大林 刘 钰 (35)             |
| 我国节水灌溉材料设备的生产状况及对策 .....                | 杨继富 余根坚 (40)             |
| 研究开发普及型的节水灌溉技术和设备 .....                 | 薛克宗 (45)                 |
| (二) 灌区技术改造 .....                        | (49)                     |
| 黄河上游引黄灌区节水灌溉现状调查分析 .....                | 丁昆仑 高占义 (49)             |
| 灌区节水改造重要性及指导思想 .....                    | 李现社 (55)                 |
| 井渠结合——实现以节水为中心的灌区改造 .....               | 薛克宗 贾大林 周福国 (60)         |
| 大型灌区技术改造主要技术措施与问题 .....                 | 周福国 (65)                 |
| 大中型灌区更新改造需研究的几个课题 .....                 | 高占义 (70)                 |
| 关于大型灌区技术改造规划中的几个问题 .....                | 周福国 (73)                 |
| (三) 农田防洪减灾 .....                        | (77)                     |
| 开展松嫩平原洪涝旱碱综合治理和水土资源可持续利用研究的建议 .....     | ..... 高占义 刘文朝 刘群昌 等 (77) |
| 中国主要产粮区洪涝灾害与粮食增产潜力 .....                | 李福祥 王少丽 (84)             |

|                                 |          |
|---------------------------------|----------|
| 论 21 世纪主要产粮区防洪除涝减灾示范区建设模式 ..... | 王少丽 (88) |
|---------------------------------|----------|

## 田间灌排技术

|                                   |                       |
|-----------------------------------|-----------------------|
| (一) 地面灌溉 .....                    | (95)                  |
| 地面灌水技术的评价与节水潜力 .....              | 钱蕴璧 李益农 (95)          |
| 间歇供水条件下考虑土壤水滞后作用的                 |                       |
| 水分入渗数值模拟 .....                    | 许 迪 李益农 刘 钰 (102)     |
| 波涌灌控制阀及自控器的研制 .....               | 谢崇宝 黄 斌 刘群昌 许 迪 (109) |
| 农田土地激光平整技术应用及初步评价 .....           | 李益农 许 迪 李福祥 杨继富 (113) |
| 常规土地平整与激光平地技术组合应用初步               |                       |
| 分析 .....                          | 许 迪 李益农 李福祥 杨继富 (119) |
| 农田土地平整方法的组合应用及效果 .....            | 李福祥 许 迪 李益农 (125)     |
| 田面平整精度对畦灌性能和作物产量影响的试验研究 ..        | 李益农 许 迪 李福祥 (130)     |
| 激光控制平地方法的经济可行性初步分析 .....          | 许 迪 李益农 李福祥 (137)     |
| 田面平整精度对畦灌系统性能影响的模拟分析 .....        | 李益农 许 迪 李福祥 (144)     |
| 新疆规模化农业区改进地面灌溉技术的初步成果 .....       | 杨继富 李益农 李福祥等 (151)    |
| (二) 管道输水与渠道防渗 .....               | (156)                 |
| 低压管道输水灌溉技术发展回顾与展望 .....           | 刘群昌 (156)             |
| 井灌区低压管道输水有关技术浅议 .....             | 余 玲 (162)             |
| 在渠灌区发展低压管道输水灌溉技术的几点体会 .....       | 周福国 高占义 (167)         |
| 低压输水管道防冻害及适宜埋深试验研究 .....          | 金永堂 刘群昌等 (171)        |
| 渠灌区管道输水灌溉技术试验研究 .....             | 赵 华 高本虎 陆文红等 (179)    |
| 渠灌区开敞式管道输水灌溉系统探讨 .....            | 高本虎 (183)             |
| 渠灌区管道输水灌溉技术 .....                 | 周福国 高占义 (187)         |
| 低压管道输水设备 .....                    | 余 玲 (193)             |
| 薄壁 PVC 管在寒冷地区适应性研究 .....          | 刘群昌 张欣堂等 (200)        |
| 低压输水灌溉用薄壁 PVC 塑料管承受内外压能力研究 .....  | 余 玲 (205)             |
| 渠道防渗工程中的新材料 .....                 | 余 玲 (211)             |
| 塑料在节水灌溉中应用的研究与前景 .....            | 余 玲 (221)             |
| 土工合成材料在农用机井中的应用 .....             | 余 玲 丁昆仑 王育人 (227)     |
| (三) 喷、微灌 .....                    | (231)                 |
| 开发国产喷灌与微灌器材是我国今后喷、微灌事业发展的关键 ..... | 徐茂云 (231)             |
| 我国微灌技术的发展回顾与预测 .....              | 王留运 岳 兵 (236)         |
| 我国喷微灌器材(设备)现状及原因分析 .....          | 徐茂云 余根坚 杨继富等 (248)    |
| 我国微灌设备现状与改进开发的若干建议 .....          | 王留运 岳兵 (255)          |
| 地下滴灌技术发展及应用现状综述 .....             | 程先军 许 迪 张 昊 (259)     |
| 几种地下滴灌(渗灌)灌水器性能的室内外试验研究 .....     |                       |
| .....                             | 张 昊 许 迪 程先军 王桂芬 (264) |

|                                |                   |
|--------------------------------|-------------------|
| 地下滴灌专用灌水器(滴头)的研制及初步应用 .....    | 程先军 许 迪 (269)     |
| (四) 污水灌溉 .....                 | (275)             |
| 污水灌溉农业问题与对策 .....              | 杨继富 (275)         |
| 与作物灌溉相结合的高效、持续性污水处理与再利用新技术 ... | 程先军 高占义等 (282)    |
| (五) 排水除涝 .....                 | (287)             |
| 降雨特征分析及其与旱涝关系的探讨 .....         | 王少丽 李福祥 (287)     |
| 宁夏银北排水项目暗管排水外包滤料试验研究 .....     | 丁昆仑 余 玲等 (293)    |
| 黄河滩地粉砂层辐射井成井技术 .....           | 张治晖 伍 军等 (298)    |
| 暗管排水三维渗流量计算方法的探讨 .....         | 王少丽 张友义 (302)     |
| 刚性暗管结构形式与排水性能关系的三维电模拟研究 ...    | 王少丽 张友义 瞿兴业 (308) |
| 农田组合排水条件下涝渍兼治的水平衡动态机理初探 ...    | 张友义 王少丽 李福祥 (317) |
| 农田排水条件下降雨补给与地下水埋深关系的试验研究 ..... | 王少丽 李福祥 张友义 (323) |
| 涝渍兼治的明暗组合排水计算方法探讨 .....        | 王少丽 张友义 李福祥 (328) |
| 渗透系数的野外试验测定与分析 .....           | 王少丽 李福祥 (335)     |

## 农田水土管理技术

|                                          |                |
|------------------------------------------|----------------|
| (一) 作物腾发与灌溉制度 .....                      | (339)          |
| 测定和估算田间作物腾发量方法研究综述 .....                 | 许 迪 刘 钰 (339)  |
| 参照腾发量的新定义及计算方法对比 .....                   | 刘 钰 蔡林根等 (346) |
| 微型蒸发器田间实测麦田与裸地土面蒸发强度的试验研究 .....          | 刘 钰等 (353)     |
| 典型经验根系吸水函数的田间模拟检验及评价 .....               | 许 迪 (359)      |
| 气象数据缺测条件下参照腾发量的计算方法 .....                | 刘 钰等 (365)     |
| 对 FAO 推荐的作物系数计算方法的验证 .....               | 刘 钰等 (374)     |
| 华北平原冬小麦—夏玉米种植模式下的灌溉制度研究 .....            | 刘 钰 李益农等 (381) |
| 作物需水量与灌溉制度模拟 .....                       | 刘 钰等 (393)     |
| (二) 土壤特性 .....                           | (401)          |
| 采用田间表层结壳稳定流法确定土壤非饱和导水率 .....             | 许 迪 (401)      |
| 田间土壤特性的空间相关结构分析及其分布描述 .....              | 许 迪等 (407)     |
| 确定土壤水力学特性参数的三种方法比较及其模拟检验 .....           | 许 迪等 (413)     |
| 预测土壤水力特性参数的 PTFs 方法可比较分析 .....           | 许 迪等 (422)     |
| (三) 农田水平衡 .....                          | (430)          |
| 华北地区夏玉米田间水分转化规律研究 .....                  | 刘群昌 谢森传 (430)  |
| 冬小麦—夏玉米种植模式下的农田水量平衡模拟<br>及入渗补给规律分析 ..... | 许 迪 蔡林根 (438)  |
| 考虑土壤水力学动态参数下的田间水平衡模拟研究 .....             | 许 迪等 (446)     |
| 相关分析在水量平衡计算中的应用 .....                    | 王少丽等 (453)     |
| 土壤水量平衡模型中根区底部毛管上升通量的计算方法 .....           | 刘 钰 蔡林根等 (459) |

---

|                                  |                               |
|----------------------------------|-------------------------------|
| 农田水量调控与水管理研究 .....               | 王少丽 (468)                     |
| (四) 灌溉用水管理 .....                 | (474)                         |
| 21 世纪初灌溉用水管理发展趋势 .....           | 高占义 (474)                     |
| 沟渠回灌渗漏补给量的试验研究 .....             | 丁昆仑 (478)                     |
| 有压管道量水的垂直管法及水平管法介绍 .....         | 丁昆仑 余 玲 (482)                 |
| 雄县试验区可引用的回灌水量分析计算 .....          | 王少丽 李福祥等 (486)                |
| 人工回灌地下水的有效途径和方法探讨 .....          | 丁昆仑 (491)                     |
| 渠道渗漏量的试验及分析方法 .....              | 王少丽 李福祥 丁昆仑等 (498)            |
| 灌区灌溉用水管理技术与设备 .....              | 高占义 谢崇宝 黄 斌 (503)             |
| (五) 农田土管理 .....                  | (509)                         |
| 耕作方式对土壤水动态变化及夏玉米产量的影响 .....      | 许 迪等 (509)                    |
| 深松耕作对土壤水分物理特性及作物生长的影响 .....      | 丁昆仑 M.J.Hann (515)            |
| 秸秆覆盖对土壤水分及夏玉米产量的影响 .....         | 丁昆仑 M.J.Hann (521)            |
| 夏玉米耕作方式对耕层土壤特性时间变异性的<br>影响 ..... | 许 迪 Schmid R Mer moud A (526) |
| 耕作措施对土壤特性及作物产量的影响 .....          | 丁昆仑 M.J.Hann (534)            |

## (一) 节水灌溉发展综述

### 试论提高农业用水效率

贾大林

(中国农业科学院 北京 100081)

姜文来

(中国农业科学院农业自然资源和农业区划研究所 北京 100081)

**摘 要** 我国的农业用水效率较低,为了解决 16 亿(预计 21 世纪 30 年代左右)人口粮食安全、改善生态环境和满足工农业发展用水的需要,掀起一场提高农业用水效率的革命势在必行。这场革命的重点主要包括:转变水资源供需观念,由供水管理演变为需水管理,改变单项技术为综合技术,加强多部门联合,充分发挥农民的节水积极性,节水设备和服务产业化。提高农业用水效率的主要技术途径是:减少无效蒸发,调整种植结构,开发培育节水高产品种,节水高产施肥、培肥技术,大力推进节水灌溉制度。积极发展研究农业节水高新技术。

**关键词** 节水农业 用水效率 水资源 管理 价值 农艺

#### 1. 提高农业用水效率必要性

##### 1.1 用水效率过低,有潜力可控

我国是世界上 13 个贫水国之一,同时也是水资源浪费大国。我国农业用水量占总用水量的 73.4% (若考虑农村生活用水则占 81.7%)。当前我国灌溉用水的利用系数只有 0.3~0.4,与发达国家 0.7~0.9 相比,相差 0.4~0.5;农作物水分生产率平均  $1\text{kg}/\text{m}^3$  左右,与以色列  $2.32\text{kg}/\text{m}^3$  相比,相差 1 倍以上。从 GDP 用水效益上来看,美国 1990 年 GDP 用水效益为  $10.3\text{美元}/\text{m}^3$ ,1989 年日本为  $32.4\text{美元}/\text{m}^3$ ,我国 1995 年用水效益为  $10.7\text{元}/\text{m}^3$ ,只有美国 1990 年的  $1/8$ ,日本 1989 年的  $1/25$  (汇率按 1995 年 1.32 美元计算),说明我国

节水潜力很大。

## 1.2 解决 16 亿人口粮食安全的需要

所谓的粮食安全是指“保证任何人在任何地方都能得到为了生存和健康所需要的足够食品”，根据有关粮食安全评价，目前我国粮食安全低于美国、加拿大、澳大利亚和法国，高于俄国、日本、印度和世界平均水平。如果考虑我国庞大的人口群和水土资源供给状况，未来我国粮食安全水平同现在相比有可能下降。据预测，在 2030 年左右，我国人口将达到 16 亿高峰，届时，需要粮食增长到 6.4 亿~7.2 亿 t。为了满足这种粮食需求，灌溉面积需要发展到 0.6 亿  $\text{hm}^2$ ，此时，用水量将从现状的 4 000 亿  $\text{m}^3$  增长到 6 650 亿  $\text{m}^3$ 。从目前我国水资源供需状况来看，如此大量的农业水资源供给是不可能的，必须通过节水来实现。据估算，如果科学地发展节水农业，到 2030 年我国灌溉水的利用系数达到 0.65，水分生产率达到 1.5  $\text{kg}/\text{m}^3$  以上，加上 0.67 多亿  $\text{hm}^2$  旱地农业增产的潜力，可以基本满足我国未来粮食的安全。

## 1.3 生态环境的需要

农业节水与生态环境密切相关。目前，我国的生态环境从整体上来看，还处于不断恶化阶段，因河流断流而带来的生态环境问题引人注目。黄河是我们的母亲河，由于多年不断的断流，有人将之戏称为“干娘河”。黄河断流不仅对三角洲生态造成重要影响，而且对全流域生态环境产生极大不利影响。如黄河断流导致河道淤积萎缩，增加高水位威胁的风险。解决黄河断流的对策有多种，其中最主要的根本性战略措施是农业节水，提高农业用水效率。目前黄河流域农业用水占总用水量的 92%，大约有 4/5 灌溉水量是大水漫灌，节水灌溉面积仅 151.7 万  $\text{hm}^2$ ，仅占总灌溉面积的 20%。另外，西北干旱、半干旱地区降水少，生态环境脆弱，首先应满足生态用水，当前尚未遵循这一原则，农业用水浪费，过量开荒超载放牧，造成沙化面积不断扩大，沙尘暴增加，需要大面退耕还林还草，耕地减少需要提高单产，因此，只有不断提高农业用水效率才能有效地解决生态环境用水问题。

## 1.4 工农业发展的需要

1972—1993 年，我国工业和城市生活用水量从 19.1 亿  $\text{m}^3$  增加到 1 403 亿  $\text{m}^3$ ，净增加了 1 384 亿  $\text{m}^3$ 。近 30 年来，工业和生活用水基本上引自于农村或灌溉水源地，其中相当一部分是农业节水的支撑。在全国范围出现干旱，农业用水源大量支持工业和城市建设的条件下，粮食总产量由 1970 年 2 400 亿 kg 增至 1996 年 4 900 亿 kg，增加了 1 倍多，这充分地说明了我国农业用水效率的提高和农业综合能力的增长，在 21 世纪我国将成为世界中等发达国家，为了工农业的进一步发展，必需进一步提高工业和农业的用水效率。

# 2. 提高农业用水效率需要变革

## 2.1 转变水资源供需观念，由供水管理演变为需水管理

传统的水资源管理可以统称为供水管理，其主要的特征是根据工农业用水需求，建立大中型水利工程来实现水资源供需平衡，它为缓解甚至彻底解决水资源供需矛盾发挥了重要作



用。随着水利工程不断兴建,工程难度愈来愈大,成本也不断增加,而且随着径流开发加大,带来了系列的生态环境问题,水资源供需矛盾也不断加剧,完全依靠增加工程解决水资源问题已经成为不可能,运用综合手段缓解水资源供需矛盾成为一种必然。供水管理的最大缺陷是忽略了用水者节水的可能性,它将水资源供需矛盾的解决,寄托在水源供给上,其结果是水资源浪费的增加和低效。必须改变供水管理为需水管理。所谓的水资源需水管理,就是综合运用行政的、法律的和经济的手段来规范水资源开发利用中的人类行为,从而实现对有限水资源优化配置和合理利用,它强调把水资源作为一种稀缺的经济资源,对水资源的优化利用,应着眼于现存的水资源供给,而不是自发的向新的供水能力投资以满足未来的水的需求。在今后相当长的一段时间内,农业水资源供给量不可能增加,我们必须依靠现在的4 000亿 $\text{m}^3$ 左右水实现农业的可持续发展,通过需水管理是实现这一目标的关键所在。

## 2.2 改变单项技术为综合技术

提高农业用水效率决非一项或几项工程措施所能实现,而要形成一套节水农业技术体系。首先是充分利用当地水资源,包括降水、地表水、地下水、土壤水和劣质水资源化。在此基础上引水、调水。在工程措施方面,前两年给人以误导,以为节水农业就是喷灌滴灌。现在国家将节水的重点,放在以节水为中心的大中型灌区改造上是正确的,但有的灌区把渠道防渗视为节水的惟一措施,各级渠道防渗到底,不但投资巨大,水的有效利用系数不高,如7级渠道水的利用系数达到0.9,也不过只有0.48,若为0.95也就是0.7。大中型灌区改造应以骨干渠道防渗、井渠结合,渠系配套和平整土地为节水灌溉的基础,再加上灌溉技术的改进,提高水的利用率。在农艺措施方面,首先是结合当地自然、资源和经济条件,进行农业生产结构的调整,推行节水灌溉制度和节水栽培措施,减少农作物蒸发蒸腾,增加产量,提高水的利用效率。在节水管理方面,按流域统一管理地表水和地下水,改革管理体制和机制,建立科学的水价政策。山东桓台县是个老井灌区,年降水量550mm,采取以转变耗水观念为突破口,充分利用降水、开发利用土壤水,合理调控地下水,达到采补平衡,农水措施紧密结合实现节水“吨粮县”。在管理上,建立全县、乡、村三级管水体系,加强技术培训,3年(1997—2000)来办班1 035期次培训班,发放节水明白纸28万份,培训25万人次,使当地水的利用系数达到0.9,水的利用效率达到 $2.0\text{kg}/\text{m}^3$ ,成为我国农业高效用水的典范。

## 2.3 提高农业用水效率需要多部门联合

节水农业是一个系统工程,涉及到众多部门,如农业、水利、科技、气象、城建、环保、宣传、计划和行政等部门,所以,提高用水效率单靠某一部门是难以实现,必然通过有关部门的大力协作来完成。提高农业用水效率就需要农业和水利部门联合,目前,有关部门缺乏有效的合作机制,各自为战,难以形成合力发挥最大效益。所以,我们应该①设立综合协调机构,从组织上为部门的联合创造条件;②按项目管理的办法联合有关部门组织实施;③制订多部门参与的可行的节水农业规划,为多部门联合提供实现的基础;④充分重视发挥地方部门的联合效益,地方是节水的真正主力,只有充分发挥地方各部门的积极性,才能事半功倍。如上所述,桓台县组织水利、农业、农家宣传和乡、村行政部门联合共建节水吨粮县。

十五届三中全会决定要把推广节水灌溉当作一项革命措施来抓,即将现代化灌溉带动农业现代化,如北京发展喷管 13.34 万  $\text{hm}^2$ ,改变两年三熟为一年两熟,小麦玉米可以平播,减少田埂和渠系,扩大了耕地 10%~15%,增产增收,促进了农业现代化。但对小麦后期喷灌易倒伏和灌浆不饱满,需要农业部门联合,采用矮秆抗倒伏和灌浆效率高的品种及栽培技术,只有农水部门联合,才能达到节水增产的目的。又如河南唐河县为砂姜黑土,有水不敢灌溉,因渠水灌了,湿黏干裂,农田灌溉研究所帮助发展喷管、滴灌种菜,每公顷产收入 120 000 元,深受群众欢迎,节水灌溉推动了当地农业的发展。

## 2.4 提高农业用水效率,需要充分发挥农民的节水积极性

提高农业用水效率,离不开农民的参与,一切技术和措施最终通过农民的实践来实现,农民是节水提高效率的主体,其行为和素质在某种程度上决定节水效率的提高。因此,建立农民参与管理决策的民主管理机制是节水环节不可缺少的重要因素之一。

目前,一种新型的经济自立灌排区的水管理机制值得关注和探讨。它是世界银行推荐的水管理体制改革的模式,已在我国江苏、山东、安徽、河南和河北等 5 省进行了试点,效果较好。所谓的经济自立灌排区,是指在水利界限清晰、相对独立的灌排区上建立的,旨在逐步减少并最终消除对政府财政依赖、按照市场经济体制自主经营、独立核算、经济上自负盈亏、管理与服务相结合的、强调民众参与的、非赢利的经济实体,其主要模式是供水公司+用水者协会。江苏试点表明,自流灌区可节水量 3 000~4 500  $\text{m}^3/\text{hm}^2$  (无工程投入)或 4 500~7 500  $\text{m}^3/\text{hm}^2$  (预计有工程投入),安徽界史杭灌区 1997 年试点也表明,基本实现了支渠以下的自我管理、自动维修、自主供水、自交交费、按方结算的有效管理机制,充分调动了农户参与管理的积极性,无论是在供水管理、工程管理还是水费计收方面都取得了较好的成绩。

## 2.5 提高农业用水效率,需要节水设备和服务产业化

节水效率的提高,要依靠灌溉工具和设备的提高,就要通过节水灌溉的产业化形式来实现。节水灌溉产业化包括节水设备的产业化和服务产业化。

目前,我国生产节水灌溉设备企业已初具规模,但从巨大的需求和产品质量来看,尚处于幼龄期,企业小而分散,产品品种单一,质量得不到保证,由于一些节水灌溉设备不过关,造成不少已建节水灌溉工程不能发挥效益,甚至报废,生产国产优质的节水灌溉设备,是提高水资源利用效率的重要环节,我们必须将其当作一件大事来抓,从多角度来促进节水灌溉设备的产业化。从国家角度来看,国家采取有利措施,制订和尽快实施节水灌溉设备产业化计划,同时加强产品质量监控,规范市场行为;从企业的角度来看,实施创名牌的战略,有关企业通过加强联合,在国家有关部门的协调下,组织优势科技力量,创出一批名牌产品和若干龙头企业。

节水灌溉服务产业化是节水效率提高的另一重要途径,也是节水农业发展的必然趋势。20 世纪 80 年代中后期,我国一些地方出现了以喷灌机为手段的服务专业户,受到农民的欢迎。农民不需购置设备,设备产权明确,由熟练人员操作,设备周转使用率高,减轻了农民繁重的体力劳动,其运行符合市场经济规律,在抗旱节水中发挥重要作用。当前,小型水利设施的管理和经营机制正在改革,对小水源,小渠道,小泵站采取服务合作制、拍卖,承