

河套灌区农业节水技术集成研究

白岗栓^{1,2}, 张蕊³, 耿桂俊², 任志宏⁴, 张沛琪⁴, 史吉刚⁴

(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. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100; 4. 内蒙古自治区水利科学研究所, 内蒙古 呼和浩特 010020)

摘要: 河套灌区是中国乃至亚洲最大的一首制自流灌区。目前河套灌区农田灌溉中存在的主要问题是灌溉水源不足, 水利工程老化, 田间工程标准低, 节水灌溉推广缓慢, 灌溉水浪费严重等。为了解决这些问题, 河套灌区应从工程节水、农业节水、化学节水、管理节水等综合技术方面考虑。工程节水主要从渠道衬砌、激光平地、小畦灌溉等方面着手, 同时积极开展节水灌溉, 合理利用地下水。农业节水主要是做好种植区划, 加强农艺节水, 深耕蓄墒与秸秆还田, 减少地面蒸发。化学节水是积极推广应用抗旱剂、保水剂和其它化学调控试剂。管理节水主要是加强用水管理, 完善管理制度, 建立“农民用水者协会”。

关键词: 河套灌区; 农田灌溉; 节水技术; 集成模式

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2011)01-0149-06

中图分类号: S274

Integrating Agricultural Water-saving Technologies in Hetao Irrigation District

BAI Gang-shuan^{1,2}, ZHANG Rui³, GENG Gui-jun², REN Zhi-hong⁴, ZHANG Pei-qi⁴, SHI Ji-gang⁴

(1. *Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;*
2. *Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China;*
3. *College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;*
4. *Institute of Inner Mongolia Hydraulic Research, Huhhot, Inner Mongolia 010020, China*)

Abstract: Hetao irrigation district is the largest single gravity irrigation district in China and even Asia. At present, the main problems of field irrigation in Hetao irrigation district are lack of water source, irrigation structure aging, low engineering standards, slow promotion of water-saving irrigation techniques, serious waste of irrigation water and others. To solve these problems, Hetao irrigation district should take account of some integrated technologies, such as engineering, agricultural, chemical, and management water saving, etc. Engineering water saving should start from channel lining, laser land leveling, small plot irrigation and others. At the same time, water-saving irrigation should be promoted actively and the groundwater should be use rationally. Agricultural water saving should focus on cultivation planning, agronomic water saving, deep plowing, straw returning, and surface evaporation reduction. Chemical water saving could be active promotion and application of drought-resistant reagents, super absorbent polymers, and other chemical regulation agents. Management water saving could include water management strengthening, system improving, and establishment of water user associations.

Keywords: Hetao irrigation district; field irrigation; water-saving technology; intergration model

河套灌区位于内蒙古自治区巴彦淖尔盟南部, 西接乌兰布和沙漠, 东至包头市郊区, 南临黄河, 北抵阴山, 是我国乃至亚洲最大的一首制自流灌区。河套灌区年均黄河过境水量 $2.80 \times 10^{10} \text{ m}^3$, 远在秦汉时期就开渠灌溉, 唐贞观年间修建的大型渠道有的就可灌 600 hm^2 。清末时期河套灌区已建成了 8 大灌溉干渠, 中

华民国时期将灌区向东延伸至乌拉山前的三湖河区, 中华人民共和国成立初期有 10 条干渠分别从黄河引水, 灌溉面积约 $2.0 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 。1961 年三盛公水利枢纽工程建成, 开挖了总干渠, 改多渠口引水为一渠口引水, 使全灌区成为一个统一的引水系统, 以后又相继开挖了骨干排水沟, 修建了电力排水站, 进

收稿日期: 2010-05-20

修回日期: 2010-08-03

资助项目: 国家“十一五”科技攻关项目“内蒙河套半干旱区粮食作物综合节水技术与示范”(2007BAD88B04), “黄土高原水土流失综合治理工程关键支撑技术体系研究”(2006BAD09B07)

作者简介: 白岗栓(1965—), 男(汉族), 陕西省富平县人, 研究员, 主要从事果树生态与农用保水剂方面的研究。E-mail: gshb@nwsuaf.edu.cn.

行了渠系配套工程建设。进入20世纪90年代以后,河套灌区进行了大规模的排灌配套建设,使灌区进入了有灌有排的发展阶段。河套灌区年降水量小,蒸发量大,为无灌溉便无农业的地区。近年来,随着河套灌区农业、社会经济的发展和国家对黄河流域水资源的调配,河套灌区水资源愈趋紧张,而农业生产中存在水资源不足与浪费并存现象。本文为了促进河套灌区农业及社会经济的健康发展,黄河水资源的合理调配及利用,开展了河套灌区农业综合节水技术集成研究。

1 河套灌区概况

河套灌区地势从西南向东北倾斜,坡度 $1/5\ 000\sim 1/8\ 000$,北部边缘地带土壤为栗钙土和灰棕荒漠土,腹地系黄河冲积物组成的草甸土和盐渍土。河套灌区全年日照 $3\ 100\sim 3\ 200\ \text{h}$, $10\ ^\circ\text{C}$ 以上活动积温 $2\ 700\sim 3\ 200\ ^\circ\text{C}$,无霜期 $120\sim 150\ \text{d}$,土壤冻结深度 $1.0\sim 1.3\ \text{m}$,土壤封冻期长达 $180\ \text{d}$,土地冰冻期 $120\ \text{d}$ 左右。河套灌区年均降水量 $130\sim 215\ \text{mm}$,年均蒸发量 $2\ 100\sim 2\ 300\ \text{mm}$,灌区内有湖泊208处,其中乌梁素海面积最大,为 $290\ \text{km}^2$,是河套灌区山洪和灌溉退水的主要容泄区。河套灌区土地面积 $1.16\times 10^4\ \text{km}^2$,现有灌溉面积 $5.74\times 10^5\ \text{hm}^2$,其中耕地 $5.25\times 10^5\ \text{hm}^2$,林草地 $4.93\times 10^4\ \text{hm}^2$ 。

河套灌区设有三盛公水利枢纽工程管理局,由内蒙古自治区水利厅直接领导。灌区内部的灌排工程由内蒙古河套灌区管理总局管理,下设5个灌域管理局及总干渠和总排干2个工程管理局,各管理局下设管理所、段,负责灌溉和排水渠(沟)的管理工作。

河套灌区从西到东可分为3部分:西部为保尔套勒盖灌区,从三盛公水利枢纽工程上游一干渠引水;中部为后套灌区,从三盛公总干渠引水,东至乌梁素海;东部为三湖灌区,地处乌梁素海排水沟以东,可灌到包头市郊区。三盛公水利枢纽工程为河套灌区的主体工程,位于磴口县黄河干流上,拦河闸18孔,每孔宽 $16\ \text{m}$,高 $6.5\ \text{m}$,设计过闸流量 $6\ 820\ \text{m}^3/\text{s}$ 。总干渠进水闸9孔,设计过闸流量 $565\ \text{m}^3/\text{s}$ 。一干渠进水闸5孔,设计过闸流量 $80\ \text{m}^3/\text{s}$ 。灌区现有总干渠1条,全长 $180.85\ \text{km}$;干渠13条,全长 $779.74\ \text{km}$;分干渠48条,全长 $1\ 069\ \text{km}$;支渠339条,全长 $2\ 218.5\ \text{km}$;斗、农、毛渠 $85\ 861$ 条,全长 $4.61\times 10^4\ \text{km}$ 。排水系统有总排干沟1条,全长 $258\ \text{km}$;干沟12条,全长 $516.12\ \text{km}$;分干沟59条,全长 $925\ \text{km}$;支、斗、农、毛、沟 $17\ 619$ 条,全长 $12\ 211\ \text{km}$ 。乌梁素海退水渠从乌海泄水闸至黄河三湖河口全长 $24\ \text{km}$,

设计最大过水流量 $100\ \text{m}^3/\text{s}$ 。灌区有防渗衬砌支渠 $98.611\ \text{km}$,总干渠及干渠 $76.02\ \text{km}$,各类灌排建筑物 13.25 万座,并建有机井 $1\ 524$ 眼^[1]。河套灌区耕地耕作层含盐量平均为 0.3% ,中低产田耕作层含盐量普遍大于 0.4% ,属于中度以上盐碱化土地,耕地中盐碱土面积约占 $1/2$ 以上。河套灌区下游地区排水不畅,土壤处于积盐过程,成为影响农业发展的一个主要障碍。河套灌区水、光、热资源丰富,盛产小麦、玉米、甜菜、番茄、油料、黑瓜籽、瓜果等,特别是粮、油、糖优质高产,具有传统优势,为国家和内蒙古自治区重要的商品粮、油、糖生产基地,也是全国13个粮食主产区之一。河套灌区粮食产量平均为 $1\ 865\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 左右,还有大量荒地可以开垦,生产潜力很大。2004年该区从黄河年引水量从原来的 $5.2\times 10^9\ \text{m}^3$ 降到 $4.46\times 10^9\ \text{m}^3$ 。

2 水资源利用中存在的问题

目前该区水资源利用中存在的主要问题是灌溉供水水源不足,渠系渗漏损失大,灌溉水浪费严重等^[2]。

2.1 灌溉供水水源不足

随着社会经济的发展,各地对水资源的需求量不断增加,缺水已成为沿黄地区社会经济发展的主要制约因子。20世纪90年代黄河下游连年断流引起党和国家的高度重视。1998年国家对沿黄各省区水量指标分配到年内各月,实行年计划、月结算、旬调度供水制度。黄河正常来水年份内内蒙古地区分水量为 $4.24\times 10^9\sim 4.75\times 10^9\ \text{m}^3$,而实际耗水量 $4.65\times 10^9\sim 6.38\times 10^9\ \text{m}^3$,年超水量 $4.11\times 10^8\sim 2.28\times 10^9\ \text{m}^3$,平均超指标 $1.53\times 10^9\ \text{m}^3$ 。1999年10月内蒙古自治区分配给河套灌区正常年份的引黄指标为 $4.0\times 10^9\ \text{m}^3$,而年平均超水 $1.1\times 10^9\ \text{m}^3$,指标缺口达 27.5% 。

随着河套灌区的“二改一提高”,地下水位逐年下降,耕层土壤盐碱化减轻,种植面积、套种指数逐年增加,加之特色农业、绿色农业的发展对供水时间、供水质量提出了新的要求,农业用水量、用水时间将会不断上升。随着巴彦淖尔市工业化、城镇化、产业化进程加快,城市生活用水量增加,新一批高载能、高耗水支柱产业的发展,将使河套灌区水资源的供需出现更大的缺口。乌兰布和、乌梁素海生态环境治理与保护,生态型灌区的建设,对水资源的可持续利用提出了新的要求,进一步加剧了河套灌区的水资源短缺。

2.2 水利工程难以满足用水需求

河套灌区主要引用黄河过境水,自身没有调蓄能力,只能依靠上游龙家峡与刘家峡水库来调节。由于受上游地区降雨和引水、退水的影响,来水量极不稳

定。河套灌区引水受到黄河水变化的影响,丰水期难以引进,枯水期又不够用。河套灌区灌溉工程年久失修,带病运行,老化、破损率达 53%,调节能力差,灌溉供水保证率低。河套灌区输水渠道衬砌率低,渠系渗漏损失大,渠系水利用系数为 42% 左右,有 58% 的水在输水过程中损失。河套灌区群管水利工程经费难以落实,淤积严重,输水困难,行水期延长,效率降低。河套灌区灌溉面积由 20 世纪 80 年代初的 620 km² 增加到现在的 880 km²,灌溉水承载力明显不足。

2.3 田间工程标准低,灌溉水浪费严重

河套灌区人均土地面积较大,单位畦块面积大,土地平整度差,土壤盐渍化程度高。河套灌区单位面

积年灌溉水费较低,为了减少劳动力投资和减轻盐渍化,采用大水漫灌进行洗盐、压盐,以提高作物产量。河套灌区大多数作物,特别是在苗期灌水量较大,如小麦在分蘖到拔节期(4—5 月)灌水量高达 220~250 mm。与小麦套种的玉米、向日葵在播种前及苗期灌溉小麦时往往进行了灌溉,造成土壤水分过高,土壤温度上升缓慢,抑制了玉米、向日葵的生长;小麦收获后灌溉玉米、向日葵则往往灌溉了小麦地,造成灌溉水的大量浪费。小麦套种玉米、向日葵,玉米、向日葵种植带在作物播种前、苗期比正常需水量(表 1)^[3]多灌水 250 mm,而小麦种植带在收获后多灌水 300~350 mm,造成农田用水效率低下,灌溉水浪费严重。

表 1 河套灌区主要作物多月均需水量

mm

作物	月均需水量						小计
	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	
小麦	28.20	107.94	213.40	130.45	—	—	479.99
玉米	—	44.96	117.52	203.20	166.73	51.47	583.88
向日葵	23.22	129.49	215.88	174.39	15.39	—	558.35
甜菜	17.49	142.92	221.28	200.87	3.42	—	585.98

2.4 农业节水技术推广缓慢

目前节水灌溉的技术较多,如喷灌、滴灌、管灌、波涌灌溉、间隙灌溉、膜下灌溉、隔沟灌溉等,由于河套灌区灌溉水价偏低,为 900~1 350 元/(hm²·a),单位面积灌溉水价低于任何节水灌溉的劳动力投资,更不用说节水灌溉的设备投资,造成节水灌溉推广缓慢。

3 农业节水技术集成

近年来河套灌区面临黄河来水量不足,水量调度刚性约束,种植结构复杂,用水高峰难以错开的严峻形势,灌区农业发展必须走节水灌溉之路。节水灌溉应遵循因地制宜的原则,除考虑灌区水资源状况、灌区经济发展水平、水利工程现状、灌排管理现状、土地经营模式外,还应考虑到灌区在今后相当长的时间内仍以地面灌溉为主,不能盲目推广“高、新、尖”。灌区农业节水灌溉应统筹安排,全面规划,形成完整的节水体系^[4]。严防重建设,轻管理,既要开展节水工程,更要注重管理。灌区节水技术集成应该主要从工程节水、农业节水、化学节水、管理节水等综合技术方面考虑。

3.1 工程节水

河套灌区灌溉工程老化,渠系渗漏损失大,土地平整度差,单位畦块面积大,工程节水应主要从渠道衬砌、畦块缩小、激光平地等方面着手,同时积极开展节水灌溉,合理利用地下水资源。

(1) 渠道衬砌。近年来河套灌区在国家的大力支持下对杨家河干渠、义和干渠及永济干渠等损失严重的区段和影响安全运行的病险建筑物进行了节水衬砌和除险加固,衬砌后杨家河干渠渠道水利用系数由原来的 0.74 提高到 0.94。隆胜示范区内四级渠系的渠道水利用系数由原来的 0.504 提高到 0.889,平均用水量由原来的 7 170 m³/hm² 减少到 5 385 m³/hm²,灌溉行水时间也比原来缩短了 2/5。河套灌区渠道节水工程可使渠系、渠道水利用系数由现在的 0.42 左右提高到 0.66,节水 1.2 × 10⁹ m³。河套灌区渠道衬砌往往受冻胀影响,为了防止渠道冻胀,应加强渠基土换填和增加苯板保温。U 形渠断面较梯形渠断面施工费用小,防冻效果好,当防渗渠道流量小于 2 m³/s,渠道水深小于 1.5 m 时应采用 U 形断面衬砌渠道。中型防渗渠道水深较大,应采用梯形弧底断面防渗结构衬砌渠道。河套灌区也可积极开展膨润土防渗毯铺衬渠道,不但省工省钱,而且便于修复。

(2) 激光平地与小畦灌溉。农田表面平整状况是影响农田灌溉效率与效果的关键因素,农田表面不平整可导致 20% 以上的农田灌溉用水被浪费^[5]。平整土地可提高田间灌溉效率和灌水均匀度,减轻土壤盐渍化。常规土地平整方法受机具设备和人工操平等因素制约,平整精度达到一定程度后难以继续提高,而激光平地受激光控制,能够大幅度提高土地平整精度,感应灵敏性比人工判断和拖拉机手动液压系

统准确 10~50 倍^[6]。激光平地不仅可大面积自动化平整土地,节约劳动力,减少劳动强度,而且可极大地提高农业水资源的利用效率和灌水均匀度,其中旱地可节水 30%~50%,水田水分利用率可提高 9%。激光平地可减少畦埂,土地利用率提高 3%~7%。激光平地后平整误差小,田面非常平整,播种深度均匀,出苗整齐,作物在整个生长阶段都能获得所需的最佳水层,并使水量分配均匀,改善作物的发芽和生长环境,使作物产量提高 20%以上。在河套灌区隆胜试验区,激光平地后田面高差小于 5 cm 较高差大于 10 cm 的田面平均节水 600 m³/hm²。

河套灌区地广人稀,人均耕地面积较大,传统灌溉方式为大水漫灌。由于单位畦块面积较大,灌水耗时较长,造成灌溉水渗漏严重。河套灌区应缩小畦块面积,特别是缩小畦块宽度,畦块应控制在 50 m×2.4 m 以下。隆胜试验区每 1 hm² 为 45 畦,较 10 畦以下平均节水 1 755 m³/hm²。

(3) 积极开展节水灌溉,合理利用地下水。低压管道灌溉、滴灌、微喷、波涌灌溉等灌溉技术基本成熟,可在河套灌区大面积推广。由于目前河套灌区灌溉水价格低廉,而节水灌溉需消耗设备及材料,推广困难,国家应予大力扶植。

河套灌区地下水蕴藏量大,埋藏浅,灌区 80% 地区有淡水分布,70% 的地区淡水层超过 30 cm,但河套灌区地下水可分为全淡型、上淡下咸型、全咸型,3 种地下水的区间分布错综复杂,在开采地下水时一要淡水、咸水分界线保持一定距离,二要控制地下水位,严防过量开采。开发地下水,不但可以补充黄河水的不足,还可以合理调控地下水位,防治土壤盐碱化,保证适时灌溉,提高作物产量和开展特种种植。

3.2 农业节水

节水栽培是以最少量水达到增加作物产量目标的栽培技术措施。其任务是在作物增产、稳产的前提下探求最充分地利用天然降水和土壤蓄水,减少灌溉用水量。

(1) 做好种植区划。河套灌区小麦大多套种玉米、向日葵,西瓜、甜瓜套种向日葵。河套灌区小麦套种玉米、向日葵,由于小麦与玉米、向日葵间无畦埂,且玉米、向日葵的需水规律与小麦不一致,采用大水漫灌,对主播作物与套种作物同时灌溉,造成水资源的巨大浪费。河套灌区小麦套种玉米、向日葵灌水次数为 7 次左右,灌水量为 800 mm 左右,而单一小麦田、玉米田灌溉次数最多为 4 次,灌水量为 480~550 mm,向日葵为 3 次,灌水量为 400 mm。河套灌区应适当压缩小麦套种面积,减少灌溉次数。河套灌区的

番茄、瓜类,特别是瓜类与向日葵套种模式灌溉次数为 4 次左右,灌水量为 550 mm,经济效益较高,能够合理利用灌溉水,应大力推广。河套灌区应提高经济作物种植面积,减少粮食作物套种面积,不但便于机械化操作,而且可显著降低灌溉用水量。

(2) 加强农艺节水。不同作物在不同时期需水量不同,且不同灌水量对作物的生长发育有着不同的影响。当作物根系处于逐渐变干的土壤并脱水时,能够在根中形成大量脱落酸(ABA),使木质部汁液中脱落酸浓度成倍增加,引起气孔开度减少,实现作物水分利用最优化控制。在选用耐旱、高产品种时加强调控灌溉和控制性分根交替灌溉,可进一步达到节水增收。调控灌溉(regulate deficit irrigation,简称 RDI)是非充分灌溉技术的进一步发展,其基本思想是根据作物的生理和遗传学特征,在其生长的某一阶段,人为地施加一定程度的水分胁迫,以影响作物体内的生理和生化过程,尤其是光合作用同化产物在不同组织器官间的分配,从而提高经济产量而减少营养器官的冗余,使作物对水肥等资源利用效率提高。农业生产实践表明,作物一定时期缺水并不一定会降低产量,一定时期的有限水分亏缺(如玉米蹲苗)还可能对作物增产更为有利。控制性分根交替灌溉(controlled roots-divided alternative irrigation,简称 CRAI),即隔沟交替灌溉,也就是灌溉时不逐沟灌溉,而是隔一沟灌一沟,另外一沟不灌溉;下一次灌时,只灌溉上次没有灌水的沟;每沟的灌水量比传统方法增加 30%~50%。分根交替灌溉一般可比传统灌溉节水 25%~35%。分根交替灌溉作物的生物量累积有所减少,而经济产量和常规灌溉接近或稍高,水分利用效率大大提高^[7]。

河套灌区与小麦套种的玉米、向日葵,应有畦埂将其与小麦隔离,小麦分蘖期、拔节期灌溉不要灌溉玉米、向日葵,达到蹲苗的作用,培育健壮的幼苗。2009 年在磴口县坝楞村开展套种玉米、向日葵与小麦隔离灌溉,不但节约了 300 mm 左右的灌溉水,而且玉米增产 18.5%,向日葵增产 12.3%。河套灌区在秋浇前将土地整理成畦沟,春季地膜种植玉米,实行控制性分根交替灌溉,节水 150 mm,玉米增产 8.5%左右。

(3) 深耕蓄墒与秸秆还田。河套灌区每年在农作物收获后进行秋浇。结合秋浇,应积极开展深耕蓄墒。秋季深耕 20 cm 以上可破除犁底层,疏松心土,增厚活土层,改善土壤通透性,切断土壤的毛管孔隙,使下层的毛管水不能直接补给蒸发。同时增加耕层厚度,有利于通气蓄墒,并具有促进土壤养分转化,减

少病虫害发生和消灭杂草的功效。深耕可促进作物根系向深层土壤发育,扩大吸收水、肥范围。

机械化秸秆还田是以机械的方式将田间农作物秸秆直接粉碎并抛洒于地表,随即耕翻入土,使之腐烂分解,从而培肥地力,实现农业增产增收。机械化秸秆还田可增加土壤有机质,增肥地力,改善土壤环境,改造中低产田。秸秆还田可使土壤容重降低,土质疏松,通气性提高,犁耕比阻减小,土壤结构改善,形成地面覆盖,具有抑制土壤水分蒸发,储存降水和提高地温,减轻土壤盐渍化。河套灌区秸秆覆盖在生产中推广比较困难,应加强机械化秸秆还田。

(4) 减少地面蒸发。减少地面蒸发主要是采用地面覆盖和耙平保墒。地面覆盖主要采用地膜覆盖和秸秆覆盖。地膜覆盖有明显的增温保墒,防止水土流失,防虫灭草,增产增收,增加经济效益的作用。河套灌区春季土壤温度上升缓慢,无霜期短,地膜覆盖具有广泛的应用前景,在农业生产中具有重要的意义。秸秆覆盖可减少地表水分蒸发,拦截降雨和地表径流,增加水分入渗,提高土壤水分含量,还可避免和减少降水对地表的直接撞击和溅击,可明显改善土壤肥力状况,减轻土壤盐渍化,但河套灌区春季播种时秸秆覆盖可阻碍土壤温度上升,延缓作物生长发育。秸秆覆盖在河套灌区应在土壤温度达到适宜作物生长的温度时进行覆盖(一般在 6 月中旬以后)。地膜覆盖在河套灌区的玉米、向日葵、番茄、瓜类等作物上已大面积推广应用,增产、增收效果明显。而秸秆覆盖措施由于种植时不可覆盖,作物生长期覆盖易损伤秧苗,费时费工,推广比较困难。

耙平保墒是利用秋耙或春季顶凌耙,平整地面,压紧耕层,促使表土细碎平整,在地面形成疏松的细土覆盖层,切断毛管孔隙,减少土壤蒸发,实现保墒。而镇压提墒是指播种后进行镇压压碎土块,促进土粒紧密结合,封闭地面裂隙,减少地表水分蒸发,接通下层土壤毛细管,促进下层土壤水分上升到地表,达到保墒提墒,提高土壤水分。

耙平保墒与镇压提墒是河套灌区种植春小麦时普遍采用的保墒措施,可保证小麦出苗率达 85.0% 以上,否则出苗率在 60.0% 左右。

3.3 化学调控节水技术

(1) 抗旱剂。抗旱剂是以天然低分子量黄腐酸为主要成分且含有植物所需的多种营养元素、氨基酸以及生理活性的多种生物活性基因的化学试剂。抗旱剂用于作物叶面喷洒,能控制气孔开张度,减少叶面蒸腾,保持作物体内水分,提高植株体内多种酶的活性,促进根系发育,提高叶绿素的含量,增强光合作用,调节作物的生长发育。

抗旱剂可调节和控制作物的生长发育和生理生化过程,增强作物在水分胁迫环境下的适应能力,提高植株耐旱性。抗旱剂也可用于拌种、灌根、蘸根等,提高种子发芽率,促进根系发育,提高成活率。抗旱剂已广泛应用于小麦、水稻、玉米、烟草、棉花、马铃薯及蔬菜等农作物,具有良好的抗旱增产效果。2009 年磴口县坝楞村在小麦孕穗期、灌浆期喷施 600 倍 FA 旱地龙(新疆 FA 旱地龙系列产品二伽一,新疆汇通旱地龙腐植酸有限责任公司生产),具有一定的增产、增值作用(表 2)。

表 2 FA 旱地龙对小麦生长的影响

项目	穗长/ cm	小穗数	不孕 小穗数	穗粒数	千粒重/ g	产量/ ($10^3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	增产值/ ($\text{元} \cdot \text{hm}^{-2}$)
对照	8.4	15.3	1.24	32.4	40.34	5.34	—
孕穗期	8.5	15.4	1.23	32.6	40.38	5.46	66
灌浆期	8.5	15.3	1.23	32.4	40.32	5.41	-24
孕穗期+灌浆期	8.7	15.6	1.24	32.7	41.12	5.88	672

(2) 保水剂。保水剂(super absorbent polymers,简称 SAP)是一种吸水能力特别强的高功能分子材料,能迅速吸收比自身重数百倍甚至上千倍水分或数十倍至近百倍的含盐水分,并且具有重复吸水的功能,吸水后膨胀为水凝胶,然后缓慢释放水分供种子发芽和作物生长利用,从而增强土壤的保水性能,改良土壤结构,减少水的深层渗漏和土壤养分流失,提高水分利用率。保水剂适合在降水稀少,雨水年季分布不均匀的地区以及缺少灌溉水源的地区使用。

保水剂无毒无害,可反复释水、吸水,被喻为“微型水库”^[8]。保水剂可吸收肥料、农药,并缓慢释放,增加肥效、药效。保水剂可有效抑制土壤水分蒸发,减少土壤水分的渗透和流失。保水剂可刺激作物根系生长和发育,使根的长度增加,条数增多,在干旱条件下保持较好长势。保水剂具有良好的保温性能,可缩小土壤昼夜温差,对土温升降有缓冲作用。保水剂施入土壤中随着吸水膨胀和失水收缩,可使其周围土壤由紧实变为疏松,土壤孔隙增大,从而在一定程度上改

善土壤的通透状况。2009 年在磴口县坝楞村小麦播种时沟施保水剂 BJ2101-L、土壤结构调理剂 PAM (保水剂 BJ2101-L 由北京汉力森公司生产, 粒径 1.6~4.0 mm, 三维立体网状结构。土壤结构调理剂 PAM 由北京汉力森公司提供, 分子量 1 200 万) 45.0 kg/hm², 可显著提高小麦产量、水分利用效率、水分

产出率和灌溉水产出率(表 3)。由于河套灌区土壤大多为灌淤土及潮灌淤土, 春季土壤水分含量高, 易泛浆, 河套灌区玉米、番茄等作物种植时不宜施用保水剂, 否则会造成土壤水分含量过高, 土壤温度上升缓慢, 抑制作物生长。河套灌区玉米应在拔节期, 番茄应在开花坐果期施用保水剂。

表 3 不同处理的耗水量及水分利用效率

项目名称	耗水量/ mm	产量/ (10 ³ kg · hm ⁻²)	水分利用效率/ (kg · mm ⁻¹ · hm ⁻²)	水分产出率/ (kg · mm ⁻¹ · hm ⁻²)	灌溉水产出率/ (kg · mm ⁻¹ · hm ⁻²)
CK	529.08	5.33	21.09	10.07	11.84
BJ2101-L	558.30	6.98	25.43	12.50	15.51
PAM	552.87	5.98	23.44	10.82	13.29

(3) 脯氨酸。脯氨酸(proline, 简称 Pro)是作物蛋白质的组成成分之一, 还以游离状态广泛存在于作物体内。逆境条件下(旱、盐碱、热、冷、冻)作物体内脯氨酸大量积累, 不但可调节细胞质内的渗透压, 而且在稳定生物大分子结构, 降低细胞酸性, 解除氨毒以及作为能量库调节细胞氧化还原势等方面起重要作用。一般情况下抗旱性强的作物品种往往积累较多的脯氨酸。脯氨酸亲水性极强, 能稳定原生质胶体及组织内的代谢过程, 因而能降低冰点, 有防止细胞脱水的作用。在低温条件下, 作物组织中脯氨酸增加, 可提高作物的抗寒性。作物体内脯氨酸含量增加有利于提高植株的耐旱性和加速生长。

(4) 乙醇胺。乙醇胺是膜磷脂—磷脂酰乙醇胺的合成前体, 外施乙醇胺可参与磷脂的合成和修饰, 从而维持膜结构与功能的稳定性, 提高植株的抗旱性。作物叶面喷施乙醇胺可增加干旱条件下叶片的气孔阻力, 降低蒸腾速率, 维持叶片较高的相对含水量和水势, 降低叶片相对电导率和丙二醛(MDA)含量, 维持叶片较高的类胡萝卜素和叶绿素含量, 延缓叶片衰老和死亡, 提高叶面积指数和净光合速率, 促进生殖生长和物质生产, 从而提高作物的产量, 增强作物的抗旱性。另外脱落酸(ABA)、矮壮素(CCC)等生长延缓剂以及 CaCl₂、三唑酮(Tria)等化学药物也可增强作物的抗旱性。

3.4 管理节水

(1) 加强管理。河套灌区灌溉面积大, 灌排渠道多, 灌水时间集中, 在管理措施上应实行统一管理, 改变“多龙管水”, 实现水资源管、供、用的合理协调, 实行计划用水, 定额用水, 超额加价, 促进节约用水。河套灌区应改进农作物灌溉制度, 采用限额灌溉, 确保关键生育期需水, 在确保产量增长的情况下, 减少作物灌水次数和灌水量; 继续实行“总量控制, 定额管理”的

用水管理制度, 将用水指标逐级分配到各渠道口, 乡、村、社实行总量控制, 包干到渠, 减少灌溉定额, 促进节水。河套灌区应强化用水管理, 细化测流量水, 抓好调水、输水、配水、量水各个环节, 维护正常用水秩序, 完善支渠以下渠道的测流、量水, 实行小水费核算单元, 调动灌户节水的积极性, 提高水的利用效率。

(2) 建立“农民用水者协会”。深化群众管理用水体系, 建立用水户参与灌溉管理的管理体制, 基层用水将由过去乡镇水管站统一管理的组织形式改为用水户广泛参与的“农民用水者协会”, 实行民主管水, 促进节水。河套灌区在总体水价不变的前提下, 不同时段执行不同的水价, 限制超用水和秋浇用水, 在田间实行按灌水面积和次数收费(即浇一次水计清灌户的灌溉面积, 以此作为分摊水费的标准), 使水费计收相对公平、公正、公开, 提高灌户的节水意识和交费自觉性。

[参 考 文 献]

- [1] 赵晓勇, 白明照, 李凤云. 河套灌区中低产田节水综合改造对策研究[J]. 灌溉排水学报, 2007, 26(2): 52-55, 68.
- [2] 彭芳, 张新林. 河套灌区节水灌溉潜力与水资源可持续利用对策[J]. 中国农村水利水电, 2005(4): 5-7.
- [3] 石贵余, 张金宏, 姜谋余. 河套灌区灌溉制度研究[J]. 灌溉排水学报, 2003, 22(5): 72-76.
- [4] 赵亮. 内蒙古河套灌区发展节水灌溉的建议[J]. 中国农村水利水电, 2000(1): 44-45.
- [5] 倪向东. 激光平地技术应用分析[J]. 农机化研究, 2006(5): 63-64.
- [6] 朱家健. 激光平地技术应用及其分析[J]. 农机化研究, 2009(6): 240-242.
- [7] 何铁光, 王灿琴, 黄卓忠. 玉米节水栽培技术研究进展[J]. 节水灌溉, 2005(6): 14-16.
- [8] 陈克强, 张建丰, 白丹, 等. 北方灌区非工程节水措施综述[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(3): 146-149.