

河南省节水潜力及实施半旱地农业可行性研究

黄修桥^{1,2}, 王景雷^{1,2}

(1. 水利部中国农业科学院农田灌溉研究所, 河南新乡 453002;

2. 农业部作物需水与调控重点开放实验室, 河南新乡 453002)

[摘要] 在收集整理河南省水资源开发利用现状和节水农业发展等资料的基础上, 综合考虑工程措施、农艺措施和管理措施等的影响, 分析了河南省不同水平年可能达到的节水潜力, 并就河南省实施半旱地农业的可行性进行了分析, 提出了河南省不同分区发展半旱地农业的具体技术措施。

[关键词] 节水潜力; 半旱地农业; 河南省

[中图分类号] S274.1 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2012)03-0046-08

1 前言

河南省粮食播种面积和产量均占全国的 10% 左右, 是国家确定的重要粮食生产核心区。最近国务院出台的“关于支持河南省加快建设中原经济区的指导意见”中更是将加强河南省粮食生产能力建设提升到保障国家粮食安全的高度。虽然河南省粮食产量取得了“七连增”, 夏粮生产取得了“九连增”, 但由于河南省水资源匮乏, 有限的可耕地大多分布在降水量小于 1 000 mm 的常年灌溉带和不稳定灌溉带, 农业生产对灌溉的依赖性极强, 要保证粮食的增产稳产, 必须把提高水资源的利用效率和效益作为粮食再上新台阶的主攻方向。

目前, 河南省有效灌溉面积与解放初期相比增长了 12 倍, 91% 以上的低洼易涝农田和 87% 以上的盐碱地得到了不同程度的治理, 已经初步形成除涝与灌溉相结合的比较完善的工程体系。但由于水利基础设施大多兴修于 20 世纪 80 年代以前, 工程老化失修严重, 导致农业灌溉水的利用率也仅为 40% ~ 55%, 粮食作物的水分利用效率 (WUE) 为 1.2 kg/m^3 左右, 因此在现有灌溉工程措施的基础

上, 将节水灌溉措施与干旱半干旱地区应用比较成熟的旱地节水农业措施有机结合, 探索河南省实施半旱地农业的可行性及农业水资源的安全高效利用技术或模式, 对于促进中原经济区粮食生产能力建设和维护我国粮食安全均具有一定的现实意义。

2 河南省农田水利及节水灌溉发展现状

河南省十分重视水利建设, 特别是从 1991 年以来, 通过开展“红旗渠精神杯”竞赛活动等, 农田水利建设取得长足发展。截至 2008 年底, 全省共有各类水库 2 344 座, 总库容 $400.81 \times 10^8 \text{ m}^3$; 全省有效灌溉面积达到 $4 989.2 \times 10^3 \text{ hm}^2$, 旱涝保收面积达到 $3 992.5 \times 10^3 \text{ hm}^2$, 初步治理水土流失面积 $4 347.98 \times 10^3 \text{ hm}^2$, 兴建村镇供水工程 2 617 处, 解决了农村 1 108 万人的饮水安全问题。近年来, 节水农业技术应用有了长足发展。据统计, 节水灌溉面积从 2003 年的 $1 171.61 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 增加到 2008 年底的 $1 412.18 \times 10^3 \text{ hm}^2$, 6 年间发展节水灌溉面积 $240.57 \times 10^3 \text{ hm}^2$, 增加了 20.5%。2003—2008 年节水灌溉面积发展情况见表 1^[1]。

[收稿日期] 2011-11-01

[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”(2008-XZ-09); 国家自然科学基金资助项目(51079154)

[作者简介] 黄修桥(1961—), 湖北汉川市人, 研究员, 博士生导师, 主要从事节水灌溉理论与技术的研究工作;

E-mail: hhxxqq@public.xxptt.ha.cn

表1 河南省节水灌溉面积(2003—2008)

Table 1 Water saving irrigation area in Henan Province(2003—2008)

年份	节水灌溉/ 10 ³ hm ²	喷灌/ 10 ³ hm ²	微灌/ 10 ³ hm ²	低压管灌/ 10 ³ hm ²	渠道防渗/ 10 ³ hm ²	其他工程节水 /10 ³ hm ²
2003	1 171.61	120.32	8.94	476.81	367.05	198.49
2004	1 243.88	124.53	9.75	506.49	391.53	211.58
2005	1 309.14	121.88	10.46	537.35	418.77	220.68
2006	1 363.79	121.12	7.81	564.89	447.72	222.25
2007	1 402.93	117.72	8.31	588.21	460.12	228.57
2008	1 412.18	111.28	8.15	588.55	471.16	233.03

节水灌溉的蓬勃发展和农民节水意识的普遍提高,使得大型灌区、中型灌区、井灌区的灌溉水利用系数分别从1997年的0.36、0.40、0.58增加到2008年的0.421、0.436和0.660。经过十余年的发展,大型灌区和井灌区经过节水技术改造灌溉水利用系数提高幅度较大,而目前中型灌区由于国家投入有限,灌溉水利用系数提高并不大。

3 农业节水潜力分析

这里的农业节水潜力是指通过一定的技术手段而节省的灌溉用水量,这部分用水量可以被再利用,例如可以扩大灌溉面积或者用于保障环境用水等,而不是所谓的水资源量^[2]。

将河南省灌溉面积分为大型灌区、中型灌区、小型灌区和纯井灌区4种类型,每种类型的灌区均选择相应数目的典型灌区。首先根据典型灌区的气象和土壤条件利用FAO56推荐的作物需水量计算方法估算主要作物的需水量^[3],然后根据土壤和每种作物生育期降雨情况确定每种作物的有效降雨量,进而确定每种作物的净灌溉定额^[4],最后根据典型

灌区的作物种植结构确定灌区的净灌溉需水量,根据现状年的典型灌区的平均灌溉用水量减去净灌溉需水量即为典型灌区的农业节水潜力,这个数值是通过提高灌溉水利用效率所能达到的最大节水潜力,可以根据节水灌溉的发展程度来确定不同水平年的节水潜力^[5,6]。

综合考虑了河南省各类灌区的工程设施状况、管理水平、灌溉水源条件(提水、自流引水)、作物种类和种植结构、地形地貌等因素。同类型样点灌区重点兼顾不同工程设施状况和管理水平等,使选择的样点灌区综合后能代表河南省该类型灌区的平均情况。最终选择了大型灌区35处,中型灌区15处,小型灌区22处,纯井灌区24处。

根据目前节水农业投入和灌溉管理状况,灌溉水利用系数基本上每年增加0.005左右,这里按照每年灌溉水利用系数增加0.005进行2015年、2020年和2030年节水潜力的估算。

根据中国农业科学院作物科学研究所、中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心、石家庄农业科学院和河北省旱作农业研究所等的研究,通过种植抗旱节水品种和充分利用天然降雨,在产量基本相同的情况下,作物耗水量可以降低1/3左右,但这是通过生物措施(节水品种)、农艺措施、工程措施和管理措施共同作用的结果,这里综合考虑各种措施作用的合理分摊,拟定2015年、2020年和2030年作物综合净灌溉定额分别比现状减少15 mm(150 m³/hm²),22.5 mm(225 m³/hm²)和30 mm(300 m³/hm²)。综合考虑品种节水及灌溉用水效率提高估算的河南省不同类型灌区节水潜力结果见表2。

表2 河南省不同类型灌区节水潜力

Table 2 Water saving potential different type irrigate district in Henan Province

灌区类型	2015年		2020年		2030年	
	总量 /亿 m ³	单位面积量 /mm	总量 /亿 m ³	单位面积量 /mm	总量 /亿 m ³	单位面积量 /mm
大型	8.02	59.67	11.81	87.88	16.38	121.86
1万~5万亩	0.64	53.90	0.95	79.99	1.34	112.66
中型	0.76	53.44	1.11	78.61	1.53	108.16
15万~30万亩	0.63	68.79	0.93	101.63	1.31	142.94
小型	1.20	36.55	1.77	53.86	2.41	73.07
纯井灌区	9.99	34.10	14.90	50.84	20.86	71.19
总计	21.24	42.87	31.48	63.52	43.83	88.44

将每种类型的节水潜力换算为单位面积上的节水潜力,然后根据每个分区各类灌区规模所占比例

推算各区的节水潜力^[7],绘制河南省不同年份的节水潜力分布图(见图1)。

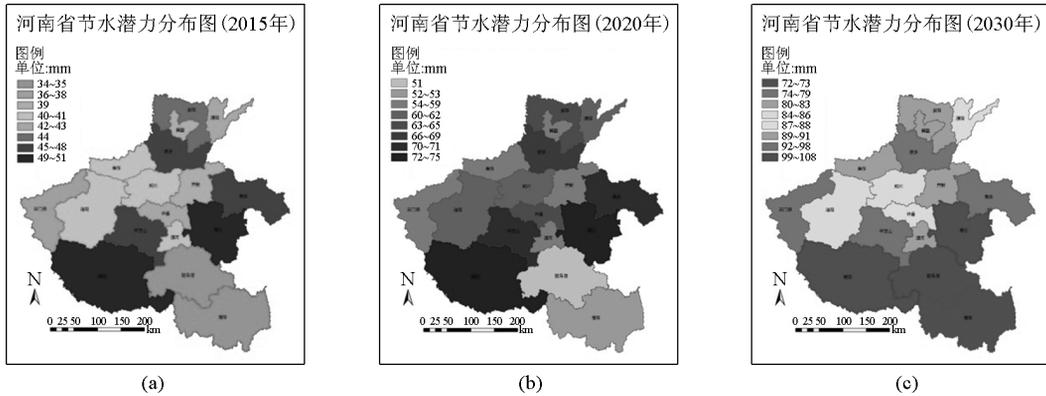


图1 河南省不同水平年节水潜力空间分布

Fig. 1 Spatial distribution of water saving potential in different years in Henan Province

4 实施半旱地农业的可行性分析

4.1 降水资源分析与利用现状

河南省地处黄、淮、海、长江四大流域,自然地理条件复杂,气象、水资源、土壤等条件差异较大,为合理分析确定农作物降雨利用情况,根据《河南省综合农业区划》、《河南土壤区划》、《河南省农业气候区划》及《河南省水利区划简明报告》等资料,综合考虑地形地貌、水资源、土壤类型、水文气象以及行

政区划等条件,将全省农业灌溉类型划分为4个二级区和8个三级区。4个二级区分别为黄淮海平原区I、豫北豫中区II、豫西区III和江淮区IV。8个三级区分别为豫北平原区I1、豫东平原区I2、淮北平原区I3、豫北山区II1、豫中区II2、豫西区III、南阳盆地IV1和淮南区IV2(见图2)。在8个节水分区内选择典型灌区或站点分别进行降水资源利用的分析评价。各分区代表性站点的多年月平均降雨分布情况见表3。

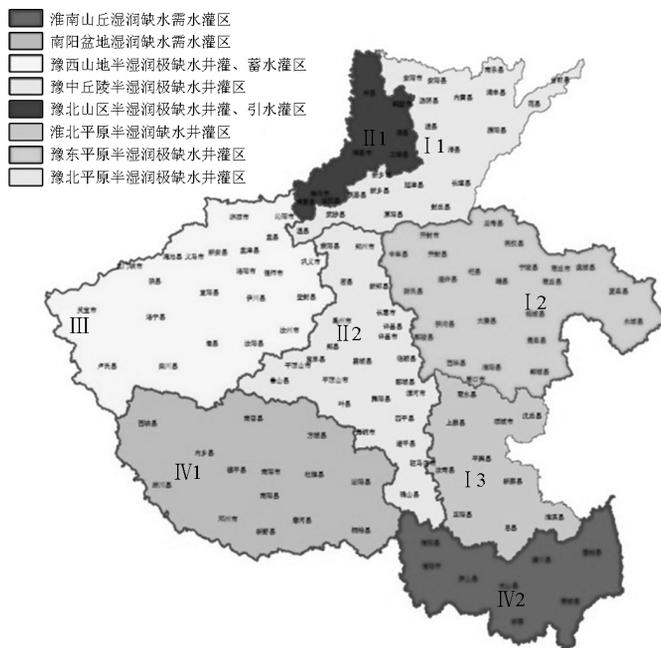


图2 河南省节水灌溉分区

Fig. 2 Zoning of water-saving irrigation in Henan Province

表3 代表性站点多年月平均降水分布

Table 3 Distribution of the monthly mean precipitation at representative stations

三级区 典型站点	I 1 新乡	I 2 杞县	I 3 驻马店	II 1 温县	II 2 叶县	III 三门峡	IV 1 唐河	IV 2 信阳
1月	6.923	12.39	26.24	9.505	14.37	7.288	18.25	36.794
2月	7.453	15.93	26.483	10.735	17.485	7.793	22.07	41.865
3月	19.516	29.19	51.917	24.97	39.91	21.19	41.38	66.751
4月	30.176	29.4	65.617	24.075	35.06	40.865	46.855	84.857
5月	43.147	73.635	84.541	54.58	90	54.365	96.63	116.903
6月	74.161	77.06	128.956	64.19	113.56	65.774	130.825	145.553
7月	160.437	182.17	197.955	111.595	195.255	113.308	167.515	193.471
8月	132.953	121.26	161.496	96.585	146.4	88.904	141.45	153.594
9月	59.446	68.5	108.718	61.47	65.05	83.512	63.38	88.435
10月	35.849	44.16	68.396	41.62	50.71	52.59	62.99	69.096
11月	19.826	22.945	39.855	18.205	30.265	22.97	35.775	50.058
12月	6.288	14.69	18.741	9.74	16.855	5.456	18.4	25.641
全年	596.175	691.33	978.915	527.27	814.92	564.015	845.52	1 073.018

从表3可看出,各站点降雨量大都集中在6—9月份,其中河南北部I 1、I 2、II 1区4个月的降雨量占年度总降雨量的63%以上,河南南部的IV 1、IV 2区4个月的降雨量也占到年度总降雨量的60%左右。

在确定主要作物生育期的基础上,确定了各分区典型站点主要作物生育期降雨量分布如表4、表5所示。

表4 各分区典型站点冬小麦生育期降雨量

Table 4 Monthly mean precipitation in growing stages of winter wheat at representative stations

样点灌区	mm					
	播种~ 越冬	越冬~ 返青	返青~ 拔节	拔节~ 抽穗	抽穗~ 成熟	全生 育期
人民胜利渠	43.73	27.17	23.07	10.06	77.93	181.95
赵口灌区	52.39	52.74	29.26	9.80	109.12	253.31
板桥灌区	85.45	88.77	56.48	21.87	149.40	401.98
广利灌区	50.82	21.53	24.39	45.95	77.32	220.01
昭平台灌区	72.50	34.45	39.09	72.01	126.46	344.51
窄口灌区	58.03	27.60	27.75	13.62	89.91	216.91
鸭河口灌区	58.54	31.74	42.30	29.41	127.87	289.86
南湾灌区	78.67	59.30	72.41	50.54	173.47	434.39

表5 典型站点夏玉米生育期降雨量分布

Table 5 Monthly mean precipitation in growing stages of summer maize at representative stations

样点灌区	mm				
	苗期	拔节期	抽穗期	灌浆 成熟期	全生 育期
人民胜利渠	102.92	106.96	88.64	83.95	382.46
赵口灌区	112.10	121.45	80.84	86.09	400.47
板桥灌区	151.96	131.97	107.66	126.31	517.90
广利灌区	79.99	74.40	64.39	73.18	291.95
昭平台灌区	140.79	130.17	97.60	92.17	460.73
窄口灌区	81.62	75.54	59.27	85.31	301.74
鸭河口灌区	143.06	111.68	94.30	89.40	438.44
南湾灌区	161.53	128.98	102.40	110.15	503.06

从表4和表5可看出,由于河南省小麦生育期在10月至翌年的5月底或6月初,因此小麦生育期降雨量相对偏少,只有驻马店和信阳的全生育期降雨量在400 mm以上,其他地方都在350 mm以下,豫北的新乡小麦生育期降雨量甚至不到200 mm。而玉米生育期几乎与降雨同步,各区生育期降雨量均在290 mm以上南部的IV 1、IV 2区都在400 mm以上。

4.2 典型站点主要作物需水量、有效降水量及其产量

育期和作物需水量资料^[8],得到各分区主要作物需水量、有效降雨量即平均产量(见表6和表7)。

收集整理各典型站点的气象数据、主要作物生

表6 典型站点冬小麦各生育期需水量及有效降雨量

Table 6 Water requirements and effective precipitation in growing stages of winter wheat at representative stations

样点灌区	产量 /(kg·hm ⁻²)	用水指标						全生育期
			播种~越冬	越冬~返青	返青~拔节	拔节~抽穗	抽穗~成熟	
人民胜利渠	6 465	ETc	81	54	109	109	190	543
		Pe	39	24	21	9	70	164
赵口灌区	5 715	ETc	60	40	79	79	139	397
		Pe	47	47	26	9	98	228
板桥灌区	5 970	ETc	89	59	119	119	208	594
		Pe	77	80	51	20	134	362
广利灌区	7 455	ETc	89	60	119	119	209	596
		Pe	46	19	22	41	70	198
昭平台	4 665	ETc	84	56	112	112	196	559
		Pe	65	31	35	65	114	310
窄口灌区	5 070	ETc	83	56	111	111	194	555
		Pe	52	25	25	12	81	195
鸭河口	5 130	ETc	65	44	87	87	152	434
		Pe	53	29	38	26	115	261
南湾灌区	4 422	ETc	55	37	74	74	130	370
		Pe	63	47	58	40	139	348

表7 典型站点玉米各生育期需水量及有效降雨量

Table 7 Water requirements and effective precipitation in growing stages of summer maize at representative stations

样点灌区	产量 /(kg·hm ⁻²)	用水指标					全生育期
			苗期	拔节期	抽穗期	灌浆成熟期	
人民胜利渠	6 105	ETc	86	107	107	128	428
		Pe	43	210	80	34	367
赵口灌区	5 715	ETc	74	93	93	111	371
		Pe	54	111	57	51	273
板桥灌区	5 970	ETc	77	97	97	116	387
		Pe	66	141	52	49	308
广利灌区	7 455	ETc	80	99	99	119	398
		Pe	22	126	51	27	226
昭平台灌区	4 665	ETc	82	103	103	124	412
		Pe	64	137	51	47	299
窄口灌区	5 070	ETc	85	107	107	128	426
		Pe	74	102	11	68	255
鸭河口灌区	5 130	ETc	82	102	102	122	408
		Pe	131	80	71	99	381
南湾灌区	4 422	ETc	85	106	106	127	423
		Pe	150	92	81	114	437

注:有效降雨量是根据河南省水科院相关试验资料计算得到

从表6和表7可看出,河南北部小麦需要灌溉2~3水才能基本满足小麦的生长需要,而玉米大多数地方灌溉1水即可满足生长需要,河南南部的南阳、信阳等地基本上不需要灌溉即可满足作物生长需要。

4.3 不同分区实施半旱地农业的可行性分析

根据各分区种植结构、水利工程、降雨利用和水资源开发难易程度等综合考虑,分析确定各分区采用的技术措施如下:

豫西、豫西北山地丘陵区水利设施缺乏,水资源开发利用困难,作物生育期具有一定的降雨,应该积极推行集雨节灌等农业措施。

豫北、豫东等地是我国重要的粮棉油生产基地,河南省确定的粮食核心区,对水资源的保障率要求较高,也具有较好的引、提水设施和输配水设施,应积极实施水旱结合措施,提高水资源的利用效率和效益。

南阳盆地、淮南山丘区降雨量较大,平水年基本上不需要灌溉即可基本满足作物生长需要,可推行半旱地农业。

5 发展半旱地农业的主要技术措施

5.1 进一步抓好水源工程建设与改造

5.1.1 兴建一批中小型灌溉水库和引水设施

河南河流众多,北部是黄河的中下游地段,南方也有淮河发源,现又有南水北调工程通过。目前中小型水库及引水设施的建设重点多集中在黄河等大江大河上,而中小河流也可适度发展,坑塘引水也有一定的发展潜力。一方面要对新建中小型水库或引水设施进行合理规划,全面统筹各个引黄灌区用水调度要求,另一方面要加快现有中小型水库的除险加固和引水渠道的清淤。

5.1.2 更新、修复和新打一批机井,合理开采地下水

在豫东、豫南等地,更新、修复和新打一批机井。通过机井合理布局、修复与井型结构及成井技术的改进,提出与之适应的地下水开发利用关键技术,结合地下水与地表水联合应用的时空调度和监控技术以及评价体系的建立,解决制约地下水资源可持续发展的关键技术。

5.1.3 适当发展农村集雨工程建设

使用集雨工程可解决降水时间分布不均问题,有效利用夏秋多余水分灌溉冬春作物。集雨工程可

修建在地表水、地下水匮乏地区或者虽有其他水源、但使用不便,如豫西伏牛山区,太行山东麓及林州盆地。这3个地区的自然环境等特点应修建水窖、水池,采用集雨节灌技术进行节水灌溉。

5.1.4 积极开展再生水灌区建设试点

在郑州等中心城市郊区,建设若干以再生水为水源的灌区。再生水是指对排放的污水进行处理后达到某种使用要求的水资源。采用再生水灌溉农田必须满足《农业用水水质要求》等相关规范要求。

5.2 以支撑现代农业为目的,完善输配水工程

5.2.1 对现有骨干渠道进行防渗衬砌,提高输水能力

黄、淮两岸和豫南的大中型自流灌区,应抓紧进行节水改建配套,对大型骨干渠道进行衬砌,提高输水能力,减少输水损失。

5.2.2 合理发展管道输水技术

在地面平坦开阔的井灌区,有经济条件地区可采用管道输水代替渠道灌溉。

5.2.3 推广应用精确量水技术

减少水的浪费,首先需要各个阶段的过水量进行有效监控,这就需要精确量水技术。目前量水设备包括巴歇尔槽等固定在水泥砌体,也有超声波等移动便携式量水设备,国内对干渠等量水设备已基本应用,而斗渠以下量水技术尚待改进。量水技术在井渠灌区都可使用,可准确表征用水量,进而对水资源的统一调配提供工程技术支撑。

5.3 大力发展田间节水灌溉工程

坚持水旱结合,灌区节水与旱地节水建设并重,工程措施与农业措施互补,重点推广低压管道输水、大田喷灌、棉花膜下滴灌等高效节水灌溉技术,秸秆覆盖、地膜覆盖、抗旱抑蒸剂、保水剂、优良耐旱品种等农业节水技术。

5.3.1 重视地面灌溉节水技术

现阶段适合河南省应用的地面灌溉节水技术很多,如长畦改短畦、宽畦改窄畦,实现园田化小畦灌溉;隔沟灌、细流沟灌;精耕细作,平整土地;覆膜灌溉、坐水点种等。这些技术投入很低,农民易于掌握,节水效果也比较明显,特别适宜目前农村生产责任制三十年不变的管理体制,应提倡大力发展。在经济实力较强、农民技术水平较高的地区,也可以试用波涌灌、采用激光平地进行水平畦田灌等新型的地面灌溉节水技术。

5.3.2 有条件地发展喷灌和微灌

现阶段河南省发展喷灌和微灌应是有条件地发

展。在作物对象上宜选择经济作物、蔬菜、果树、花卉等高附加值的作物;在水源等自然条件上应优先选择在灌溉水源十分缺乏、高扬程灌区、因土壤或地形采用地面灌溉很困难的地区、水源有天然水头落差的地区;在经济和管理条件上宜选择经济实力强、农民技术水平较高、适度规模经营、统一种植、统一管理的城市郊区、温室大棚等。低压管道输水灌溉也是井灌区发展节水灌溉的一种好形式,河南省低压管道输水灌溉面积绝大部分在井灌区,由于投入较低、效益好、易于管理,特别适宜一家一户的生产责任制,很受农民欢迎,今后相当长时期内还会存在。

5.3.3 全面推广非工程节水技术措施

非工程节水技术措施包括水管理措施和农业节水增产技术措施。水管理措施包括采用节水灌溉制度和水源的优化配置。当前节水灌溉制度对于旱作物常采用非充分灌溉,对于水稻常采用“浅、湿”灌溉,一般可节水 20% ~ 30%,对产量并无明显影响。灌溉水资源优化配置是按水的经济效益最高来安排灌溉用水,一般可提高灌溉水效益 30% 以上。农业节水增产技术措施包括调整作物种植结构、采用耐旱节水品种、秸秆或塑膜覆盖、培肥改土、施用化学保水剂等。这些农业节水增产技术措施配套采用,一般可提高水分生产率 30% 以上。非工程节水技术措施投入较低,农民易于掌握,节水增产效果显著,应组织大面积推广应用。

5.4 积极培育节水灌溉设备生产企业

我省现有高效节水灌溉设备企业生产工艺落后、生产成本低、产品质量和性能低下以及生产高新技术产品的能力严重不足。高效节水灌溉设备企业的发展,需要工艺先进、制造精度高、成本低的先进设备。

节水灌溉设备是具有较高技术含量的产品,消费者对于售后服务的要求会越来越高,目前省内节水灌溉设备企业在售后服务方面还不能很好地满足消费者需求,一般没有提供专业化的售后服务。今后,节水灌溉设备企业要加大售后服务的投入,使售后服务制度化、专业化,不断提高服务质量和服务水平,通过市场不断孕育出更多属于自己的节水品牌,以适应节水市场的快速发展。

节水灌溉设备生产企业处于一个难得的发展机遇中,只有不断提升企业自身的核心竞争力,加快产品、技术的革新速度,积极融入到省外甚至国际市场竞争中去,加强行业交流与合作,提高农业用水效率,为增强国民经济特别是农业的竞争力服好务,才能得以长远的发展,也才能在发展中不断壮大,并成为河南省经济增长中的一个新亮点。

参考文献

- [1] 《中国水利年鉴》编纂委员会. 中国水利年鉴 2004—2009 [M]. 北京:中国水利水电出版社,2004—2009.
- [2] 李英能. 区域节水灌溉的节水潜力简易计算方法探讨 [J]. 节水灌溉,2007(5):41—44.
- [3] 刘钰,汪林,倪广恒,等. 中国主要作物灌溉需水量空间分布特征 [J]. 农业工程学报,2009,25(12):6—12.
- [4] 段爱旺,孙景生,刘钰,等. 北方地区主要农作物灌溉用水定额 [M]. 北京:中国农业科技出版社,2004:81—92.
- [5] 段爱旺,信乃谄,王立祥. 节水潜力的定义和确定方法 [J]. 灌溉排水,2002,21(2):25—28.
- [6] 张义盼,崔远来,史伟达. 农业灌溉节水潜力及回归水利用研究进展 [J]. 节水灌溉,2009(5):50—54.
- [7] 王景雷,孙景生,张寄阳,等. 基于 GIS 和地统计学的作物需水量等值线图 [J]. 农业工程学报,2004,20(5):51—54.
- [8] 陈玉民,郭国双. 中国主要作物需水量与灌溉 [M]. 北京:水利水电出版社,1995.

Agricultural water saving potential and feasibility analysis of implementing semi-arid agriculture in Henan Province

Huang Xiuqiao^{1,2}, Wang Jinglei^{1,2}

(1. Farmland Irrigation Research Institute, MWR & CAAS, Xinxiang, Henan 453002, China;

2. Key Lab for Crop Water Requirement and Regulation of Ministry of Agriculture, Xinxiang, Henan 453002, China)

[**Abstract**] Based on collecting the data of utilization status of water resources and water-saving agricultural development in Henan Province, and considering the effects of engineering measures, agronomic practices and management measures etc., the water-saving potential in different hydrological years and a feasibility of implementing semi-arid agriculture in Henan Province were analyzed. Finally, the specific technical measures to develop semi-arid agriculture in different subareas of Henan Province were put forward.

[**Key words**] water saving potential; semi-arid agriculture; Henan Province

(上接 26 页)

Study on water environment restoration and urban water system healthy circulation

Zhang Jie¹, Li Dong²

(1. School of Municipal & Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China;

2. Key Laboratory of Beijing for Water Quality Science and Water Environment Recovery Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

[**Abstract**] Studied on the law and interaction of Earth's hydrological cycle and social water circulation, it is pointed that the water environment, water resources and water cycle is the unity of water movement. The root of contemporary crisis is also analyzed. The strategy of water environment recovery and social water healthy cycle is proposed and applied in many cities, which has achieved good results.

[**Key words**] city; water environment; water system; healthy cycle