

# 宁夏扬黄限额灌区降水资源高效利用技术研究

张红玲, 刘学军, 王乐, 陆阳

(宁夏水利科学研究院, 宁夏 银川 750021)

**摘要:** 在宁夏中部干旱带年平均降雨量 350 mm 的限额灌溉区, 以滴灌玉米种植为对象, 集成覆膜微集雨、土壤保水、抑制蒸腾等技术, 开展降水资源就地高效利用试验研究, 通过对试验区玉米在不同模式下产量及水分生产效率的对比分析, 从而提出深翻 20~40 cm + 半覆膜侧种植 + 保水剂(秦威加力 7.5 kg/hm<sup>2</sup>) + 喷施抗蒸腾剂(万代红 1.05 L/hm<sup>2</sup>) 为宁夏中部干旱带限额灌溉区适宜的玉米降水资源高效利用模式, 产量达到 13 785 kg/hm<sup>2</sup>, 水分利用效率达到 4.22 kg/m<sup>3</sup>。

**关键词:** 限额灌溉; 降水资源; 水资源高效利用; 玉米

中图分类号: S152.75

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2013)04-0119-04

## Study on technology of efficient utilization of rainfall resources in supplementary irrigated area of pumping from Yellow river in Ningxia

ZHANG Hongling, LIU Xuejun, WANG Le, LU Yang

(Water Resources Research Institute of Ningxia, Yinchuan, 750021, China)

**Abstract:** Taking corn plant as the object, integrating the technologies of micro-collection rainwater, soil water retention and inhibit transpiration on corn, this paper carried out the experiment on efficient utilization of rainfall resources in the arid area of middle Ningxia where the annual average rain is 350mm. By contrastive analysis of crop yield and efficiency of water in different modes of rainfall efficient utilization, it put forward appropriate rainfall resources utilization mode of corn with supplementary irrigation in arid area middle Ningxia witch is that turn the soil 20 to 40 cm, half coated, water retention agent (Qinweijiali 7.5 kg/hm<sup>2</sup>), inhibit transpiration agent (Wandaihong 1.05 L/hm<sup>2</sup>). The crop yield reached 13785kg/hm<sup>2</sup>, the utilization efficiency reached 4.22kg/m<sup>3</sup>.

**Key words:** supplementary irrigation; rainfall resources; utilization of water resources; corn

2009年,宁夏中部干旱带规划以固海、红寺堡、固海扩灌、盐环定4大扬水工程为水源依托,延伸扬黄灌区供水范围,在扬黄灌区周边发展限额补充灌溉面积7.67万hm<sup>2</sup>,限额灌溉定额控制在750m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,单方水产出效益达到7.0元/m<sup>2</sup>以上。截至2012年4月,先后实施高效节水补灌工程71处,完成高效节水补灌面积7万hm<sup>2</sup>。在扬黄限额灌溉区,降水资源仍然是该区域作物利用的主要水资源,根据水资源状况和作物需水规律,在充分利用自然降水的基础上,在作物关键生育期进行补充灌溉,从而保障作物的最低需水要求。目前,国内外降水资源利用的单项技术主要有:土壤扩蓄增容技术、覆盖保墒技术、大田微集水技术、抑制蒸腾技术等。本研究根据在宁夏南部山区及中部干旱区研究取得的降

水就地高效利用技术成果<sup>[1-2]</sup>,结合中部扬黄延伸限额灌溉区的具体特点,将不同降水资源利用技术进行组装集成,开展限额灌溉区降水资源就地高效利用研究,对宁夏扬黄延伸限额灌溉工程的可持续运行提供技术支撑。

## 1 试验区基本概况

试验区位于宁夏固原市原州区头营镇杨郎乡,属典型大陆性气候,年均气温7.2℃,年日照时数2500h,无霜期平均155d左右。项目区属中部干旱带和南部山区交界处,多年平均降水量在350mm左右,主要集中在7、8、9三个月,约占年降水量57.7%,年蒸发量1361mm。试验区所在项目区总面积1000hm<sup>2</sup>,现状灌溉面积为533hm<sup>2</sup>,以固扩十一干渠扬黄

收稿日期:2013-03-04; 修回日期:2013-04-03

基金项目:水利部公益性行业专项经费项目(201001063)

作者简介:张红玲(1976-),女,宁夏人,工程师,硕士,研究方向为节水灌溉技术研究。

水为水源,修建 18 万  $\text{m}^3$  蓄水池一座进行调蓄。主要土壤类型为粉壤土,0~20、20~40、40~60 cm 土壤容重分别为 1.36、1.40、1.52  $\text{g}/\text{cm}^3$ ,土壤田间最大持水量为 18.95%,pH 值 8.19,土壤有机质 8.97  $\text{g}/\text{kg}$ ,速效氮 39  $\text{mg}/\text{kg}$ ,速效磷 7.9  $\text{mg}/\text{kg}$ ,速效钾 168  $\text{mg}/\text{kg}$ 。试验区种植特色作物为马铃薯、玉米和向日葵,选择玉米作为主要研究对象,开展降水资源就地高效利用技术的集成研究。

## 2 玉米降水资源就地高效利用技术

本研究将深翻、覆膜、增施保水剂、喷施抗蒸腾剂等技术进行组装集成,提出 8 种玉米降水资源就地高效利用技术集成模式:

①深翻 20~40 cm + 全覆膜双垄沟种植 + 增施保水剂 + 喷施抗蒸腾剂;②深翻 20~40 cm + 全覆膜双垄沟种植 + 增施保水剂;③深翻 20~40 cm + 全覆膜双垄沟种植 + 喷施抗蒸腾剂;④深翻 20~40 cm + 全覆膜双垄沟种植;⑤深翻 20~40 cm + 半覆膜膜侧种植 + 增施保水剂 + 喷施抗蒸腾剂;⑥深翻 20~40 cm + 半覆膜膜侧种植 + 增施保水剂;⑦深翻 20~40 cm + 半覆膜膜侧种植 + 喷施抗蒸腾剂;⑧深

翻 20~40 cm + 半覆膜膜侧种植。

## 3 试验设计

### 3.1 试验布设

根据集成降水资源就地高效利用技术模式,布设降水高效利用试验处理 8 个,其中半覆膜膜侧种植小区 4 个,全覆膜双垄沟种植小区 4 个,每个处理重复 3 次。每个小区宽 4 m,长 60 m。种植模式为单种,全覆膜双垄沟种植小区采用机械起垄覆膜,在垄沟进行人工点种;半覆膜膜侧种植小区采用机械覆膜种植。试验区于 4 月 23 日播种,品种为先玉 335,在播种前施钾肥 750  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ,尿素 500  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ,生长过程中追施二铵 1 次、120  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ,锄草 2 次。在作物第一次灌水时,增施“秦威加力”保水剂,与肥料拌合,利用鸭嘴枪人工施入作物根部,平均施加 7.5  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ;在 7 月中旬喷施“万代红”抗蒸腾剂,平均喷施 1.05  $\text{L}/\text{hm}^2$ ,喷施浓度为 1.56‰;于 9 月 27 日收获。

在降水资源就地高效利用试验中,采用最低灌溉定额标准<sup>[3]</sup>,设计生育期补水 3 次,次补水量 125  $\text{m}^3/\text{hm}^2$ ,补充灌溉定额为 375  $\text{m}^3/\text{hm}^2$ ,补灌方式为膜下滴灌。试验设计方案见表 1。

表 1 玉米降水资源就地高效利用集成试验设计

$\text{m}^3/\text{hm}^2$

处理	组装集成模式	灌溉定额	灌溉方式
①	深翻 20~40cm + 全覆膜双垄沟种植 + 保水剂(7.5 $\text{kg}/\text{hm}^2$ ) + 喷施抗蒸腾剂(1.05 $\text{L}/\text{hm}^2$ )	375	膜下滴灌
②	深翻 20~40cm + 全覆膜双垄沟种植 + 保水剂(7.5 $\text{kg}/\text{hm}^2$ )		
③	深翻 20~40cm + 全覆膜双垄沟种植 + 喷施抗蒸腾剂(1.05 $\text{L}/\text{hm}^2$ )		
④	深翻 20~40cm + 全覆膜双垄沟种植		
⑤	深翻 20~40cm + 半覆膜膜侧种植 + 保水剂(7.5 $\text{kg}/\text{hm}^2$ ) + 喷施抗蒸腾剂(1.05 $\text{L}/\text{hm}^2$ )		
⑥	深翻 20~40cm + 半覆膜膜侧种植 + 保水剂(7.5 $\text{kg}/\text{hm}^2$ )		
⑦	深翻 20~40cm + 半覆膜膜侧种植 + 喷施抗蒸腾剂(1.05 $\text{L}/\text{hm}^2$ )		
⑧	深翻 20~40cm + 半覆膜膜侧种植		

### 3.2 监测项目与方法

通过对试验区降雨量、灌溉水量、土壤含水率、作物产量的监测,分析玉米在不同处理下作物产量及水分生产效率,从而提出宁夏限额灌溉区玉米种植适宜的降水资源高效利用模式。在试验区设置降雨观测系统,监测逐月降雨量;灌溉水量采用水表计量;根据试验监测,宁夏限额灌溉区在滴灌灌溉方式下,玉米根系深度一般为 60~100 cm,因此采用土壤剖面水分仪 PR2 及取土烘干法相结合的方法,对试验区监测点 0~100 cm 不同深度的土壤含水率进行测定。

## 4 试验监测成果

### 4.1 玉米生育期降雨量及作物缺水情况分析

2012 年试验区逐月降雨量监测结果见表 2。根据表 2 监测成果,2012 年试验区玉米生育期降水量为 328.6 mm,占玉米需水总量 442.3 mm 的 74%,其中 5、6、7 月不能满足玉米正常生长需水量,因此,需在降水资源高效利用的基础上进行补充灌溉。

### 4.2 灌溉监测

在试验过程中根据试验区实际旱情、作物长势等情况,对试验区进行补充灌溉,灌溉结果见表 3。

表2 2012年试验区实测降水量监测成果 mm

项目	4月	5月	6月	7月	8月	9月	小计
降水量	23.80	10.7	70.00	46.9	132.2	45.00	328.6
玉米需水	13.82	53.5	83.71	101.0	108.0	82.51	442.3

表3 玉米降水就地高效利用试验灌溉试验监测成果  $m^3/hm^2$ 

集成模式	实际灌水量			
	6月15日	7月9日	7月26日	合计
①	125	124	126	375
②	126	125	125	376
③	126	125	125	376
④	125	140	125	375
⑤	125	125	125	375
⑥	125	167	124	416
⑦	125	161	124	410
⑧	122	159	125	406

### 4.3 土壤含水率监测

试验监测成果表明,在玉米的生育期5-9月,除表层0~10 cm土壤中含水量在5%~8%之间,作物根系活动层即10~80 cm土壤含水量多在9%~18%之间,平均值大于12%,均高于相关研究成果要求的在缺水的旱作限灌灌区,玉米灌溉关键期控制灌溉下限土壤含水率指标<sup>[4-5]</sup>:拔节期50%  $\theta_f$  (9.5%)、抽雄前期60%  $\theta_f$  (11.4%)的标准,其中 $\theta_f$ 为土壤最大田间持水量。说明采用的最低灌溉定额可满足作物关键生育期最低下限含水率的指标要求。

### 4.4 产量与品质监测

试验监测成果详见表4。

## 5 试验结果分析

### 5.1 产量分析

平均产量:全覆膜方式,留苗数量为5.85

万株/ $hm^2$ ,平均产量为11 753 kg/ $hm^2$ ,半覆膜方式,留苗数量为8.18万株/ $hm^2$ ,平均产量为12 390 kg/ $hm^2$ ,半覆膜较全覆膜平均产量高5.4%;单株产量:全覆膜方式平均单株产量为0.2 kg/株,半覆膜方式单株产量为0.15 kg/株,全覆膜较半覆膜种植高出30%;百粒重量:全覆膜方式平均百粒重量为35.17 g,半覆膜方式平均百粒重量为30.55 g,全覆膜较半覆膜种植高出15%。

表4 玉米降水就地高效利用试验测产成果

集成模式	单株产量		百粒重		种植株数	产量	
	样本	平均	样本	平均		样本	平均
①	0.21	0.20	34.4	35.17	58500	12105	11753
②	0.19		35.3		58500	11355	
③	0.20		35.4		58500	11610	
④	0.20		35.6		58500	11940	
⑤	0.17	0.15	33.0	30.55	81810	13785	12390
⑥	0.14		29.1		81810	11700	
⑦	0.15		32.0		81810	12630	
⑧	0.14		32.2		81810	11445	

根据试验产量结果分析,半覆膜方式平均产量较全覆膜方式提高较小,为5.4%,其中半覆膜种植密度比全覆膜种植较密度要大是一个重要影响因素;全覆膜方式单株产量及百粒重量较半覆膜提高较大,分别为30%和15%,说明从生产玉米品质来看,全覆膜种植方式玉米品质较高。

### 5.2 水分生产效率分析

试验水分生产效率分析结果见表5。

玉米在膜下滴灌方式下,深翻+全覆膜双垄沟种植+保水剂+喷施抗蒸腾剂模式,灌溉水生产效率达到32.2 kg/ $m^3$ ,考虑降水资源的利用,总体水分利用效率达到3.61 kg/ $m^3$ ;深翻+半覆膜膜侧种植+保水剂+喷施抗蒸腾剂模式,灌溉水生产效率

表5 玉米降水高效利用水分利用效率分析成果

集成模式	种前1m土层储水量	收获后1m土层储水量	灌水量	降水量	耗水量	产量	生产效率		
							灌溉水	总水分	平均
①	1724	2033	376	3288	3355	12105	32.22	3.61	3.51
②	1676	2015	375	3288	3324	11355	30.27	3.42	
③	1692	2099	377	3288	3258	11610	30.84	3.56	
④	1928	2157	390	3288	3448	11940	30.64	3.46	
⑤	1707	2105	374	3288	3264	13785	36.91	4.22	3.84
⑥	1860	2376	416	3288	3188	11700	28.13	3.67	
⑦	1781	2459	410	3288	3020	12630	30.81	4.18	
⑧	1823	2039	405	3288	3477	11445	28.26	3.29	

达到  $36.91 \text{ kg/m}^3$ , 总体水分利用效率达到  $4.22 \text{ kg/m}^3$ 。其中深翻 + 半覆膜膜侧种植 + 保水剂 + 喷施抗蒸腾剂模式的水资源利用效率较深翻 + 全覆膜双垄沟种植 + 保水剂 + 喷施抗蒸腾剂模式的水资源利用效率提高了  $16.9\%$ 。

在全覆膜方式下, 深翻 + 保水剂 + 喷施抗蒸腾剂模式下总体水分利用效率较深翻 + 保水剂模式高出  $6.6\%$ , 较深翻 + 喷施抗蒸腾剂高出  $4.3\%$ , 较不增施保水剂和抗蒸腾剂高出  $1.4\%$ ; 深翻 + 保水剂模式较深翻 + 喷施抗蒸腾剂高出  $2.2\%$ 。

在半覆膜方式下, 深翻 + 保水剂 + 喷施抗蒸腾剂模式下总体水分利用效率较深翻 + 保水剂模式高出  $17.8\%$ , 较深翻 + 喷施抗蒸腾剂高出  $9.1\%$ , 较不增施保水剂和抗蒸腾剂高出  $20.4\%$ ; 深翻 + 保水剂模式较深翻 + 喷施抗蒸腾剂高出  $7.9\%$ 。

### 5.3 综合分析

根据试验结果分析, 在宁夏中部干旱限额灌溉区玉米种植, 集成应用深翻、覆膜、增施保水剂及喷施抗蒸腾剂等技术可实现降水资源就地高效利用, 较应用单项技术均能提高水分利用效率; 其中在半覆膜种植中, 集成应用增施保水剂及喷施抗蒸腾剂等技术提高降水资源利用效果更为显著, 水分生产效率较不增施保水剂和抗蒸腾剂可提高  $20.4\%$ ; 同时, 在全覆膜和半覆膜种植下, 增施保水剂技术较喷施抗蒸腾剂技术提高降水资源利用效果更为显著, 可提高水分生产效率  $7.9\%$ 。从产量和水分生产效率综合分析, 深翻 + 半覆膜膜侧种植 + 保水剂 + 喷施抗蒸腾剂模式的水资源利用效率较深翻 + 全覆膜双垄沟种植 + 保水剂 + 喷施抗蒸腾剂模式的水资源利用效率有较大提高, 是值得在扬黄延伸限额灌溉区推广应用的降水资源就地利用模式, 能够起到以

少量的灌水调动降水资源利用, 提高降水资源的利用效率。

## 6 结 语

根据试验区研究成果, 在宁夏中部干旱限额灌溉区, 降水资源仍然是作物生长的主要水分来源。覆膜微集雨、增施保水剂、喷施抗蒸腾剂等技术能显著提高降水资源的利用效率, 结合在玉米生育关键期补水灌溉, 可在较大程度上的提高玉米产量。根据试验研究结论, 在宁夏中部干旱带降雨量大于  $300 \text{ mm}$  的限额灌溉区, 推荐玉米降水资源高效利用模式为: 深翻  $20 \sim 40 \text{ cm}$  + 半覆膜膜侧种植 + 保水剂 (秦威加力  $7.5 \text{ kg/hm}^2$ ) + 喷施抗蒸腾剂 (万代红  $1.05 \text{ L/hm}^2$ ), 产量达到  $13785 \text{ kg/hm}^2$ , 水分利用效率可达  $4.22 \text{ kg/m}^3$ 。

### 参考文献:

- [1] 刘平, 蒋正文, 翟汝伟, 等. 宁南山区地膜玉米雨水高效利用种植技术集成研究[J]. 中国农村水利水电, 2010(7): 41-42.
- [2] 赵世伟, 刘耀宏, 李壁成, 等. 宁南半干旱山区雨水资源高效利用技术研究[J]. 水土保持研究, 2005, 12(3): 15-18.
- [3] 刘学军, 薛赛光, 刘平. 宁夏中部干旱带特色农业节水补灌技术与管理模式研究[J]. 中国农村水利水电, 2010(9): 93-96.
- [4] 李百凤, 冯浩, 吴普特. 作物非充分灌溉适宜土壤水分下限指标研究进展[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(3): 227-230.
- [5] 郭艳波, 冯浩, 吴普特. 作物非充分灌溉决策指标研究进展[J]. 中国农学通报, 2007, 23(8): 520-525.