

民勤绿洲不同节水灌溉模式棉花综合效益研究

刘丽霞^{1,2}

(1. 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100; 2. 甘肃农业大学水利系, 兰州 730070)

摘 要: 为了提高民勤绿洲水资源利用率, 在该地区棉田进行了滴灌、半固定式喷灌和渠道防渗灌溉 3 种不同灌溉模式的节水综合效益比较试验。结果表明, 与大水漫灌相比, 防渗渠灌节水 40.4%, 滴灌节水 49%~55.6%, 喷灌节水 59.2%; 防渗渠灌、滴灌和喷灌分别省工 3.6%、16.2% 和 25.1%; 滴灌、喷灌和防渗渠灌分别节电 38.5%、31.1% 和 29.2%。滴灌和防渗渠灌收效明显, 可在该地区推广应用。

关键词: 棉花; 节水灌溉; 综合效益

中图分类号: S275.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)03-0085-04

民勤位于甘肃省河西走廊的东北部, 石羊河下游, 属内陆极端干旱气候区, 生态环境和生活条件十分恶劣。该地区主要以井水灌溉和红崖山水库水进行灌溉, 灌溉方式以大水漫灌为主, 灌溉水利用率仅为 50% 左右, 水资源浪费极其严重。民勤绿洲能否持续稳定发展, 不仅影响到当地人民的生存, 也影响到周边地区的经济发展和生态环境。为了缓解民勤水资源的供需矛盾, 提高水资源的利用率, 挖掘农业增产潜力, 建设高产、优质、高效、低耗的生态农业, 在民勤湖区的泉山镇一带, 进行了棉花节水灌溉技术试验研究, 采用了滴灌、半固定式喷灌和渠道防渗灌溉, 滴灌又分为三种不同的灌溉定额处理, 半固定式喷灌采用覆膜与不覆膜两种处理方式, 同时进行了防渗渠灌试验。经过一个生长季的研究, 结果表明, 与大水漫灌相比, 节水灌溉技术具有增产、增收、节水、节能、节地、省工省时省力的效果。

1 材料和方法

1.1 实验地概况

民勤县位于河西走廊东段的石羊河流域下游, 位于 $E103^{\circ}02' \sim 104^{\circ}02'$, $N38^{\circ}05' \sim 39^{\circ}06'$ 之间。全县由沙漠、戈壁、剥蚀山地和绿洲平原 4 种地理景观组成, 属典型的温带大陆性气候, 光照充足, 热量丰富, 昼夜温差大, 年平均气温 7.6°C , 年无霜期 175 d, 年均降水量 113.2 mm。

1.2 实验设计

1.2.1 滴灌地试验设计 滴灌试验地为两块, 其中东试验地东西长 52 m, 南北宽 30 m; 西试验地长宽均为 52 m, 两块地地力一致, 前茬、施肥数量、耕作方式相同。试验采用灌水定额、一次延续灌水时间及毛管间距三个因素进行最优灌溉制度的筛选。其

中灌水定额以田间持水量为标准, 分别选取田间持水量的 80%、70%、和 60% 三个水平, 用 A_1 、 A_2 、 A_3 表示; 灌水时间则以棉花防渗渠灌的时期为基准, 分别选取前提 2 d、同时灌溉和推后 2 d 三个水平, 分别用 B_1 、 B_2 、 B_3 表示; 毛管间距则选取 30 cm 和 60 cm 两个水平, 分别用 C_1 和 C_2 表示。试验采取完全区组设计, 共计 $3 \times 3 \times 2 = 18$ 个处理, 每个处理重复 3 次, 共计 $18 \times 3 = 54$ 个小区。小区因地块大小而不同, 东试验地规格为 $25\text{ m} \times 1.45\text{ m}$, 西边试验地大小为 $45\text{ m} \times 1.45\text{ m}$, 四边设置保护行。

1.2.2 喷灌试验设计 喷灌试验进行了覆模(P_1)与未覆膜(P_2)两个因子的对比试验, 每种处理各 0.14 hm^2 , 分 3 个重复, 小区面积为 0.04 hm^2 , 四周设置保护行带(2 m)。每处的灌溉定额、灌溉时间、灌溉周期均相同。

1.2.3 防渗渠灌试验 防渗渠灌试验(Q)为对照试验, 对其不作设计, 仅观察灌水定额、灌水次数等内容的记录。

1.3 观测项目和方法

1.3.1 灌溉制度制定 滴灌灌溉定额以作物根系生长情况确定, 保证根系层始终处于方案设计的灌溉上限且不至发生下渗。喷灌的灌溉定额则依不同生育期参考需水量的要求设定。灌溉制度如表 1、表 2。

1.3.2 棉花产量预测 据棉花考种的结果, 计算每一小区的产量, 折算出各小区籽棉和皮棉的单产, 然后建立产量和实有棉株数, 单株有效棉铃数, 铃重, 蕾铃脱落率等之间的多元线性关系, 进行产量预测。

2 结果与分析

2.1 节水增产效益分析

如表 3 所示, 滴灌试验中 A_1 较防渗渠灌节约用

水 22.9%，A₂ 较防渗渠灌节约用水 14.4%，A₃ 较防渗渠灌节约用水 25.4%，喷灌较防渗渠灌节约用水 30.9%。与大水漫灌平均灌溉定额 8 100 m³/hm² 相比，防渗渠灌、滴灌、喷灌分别节水 40.4%、49%~55.6%、59.2%。若以节约的水资源

进行灌溉农田的开发，利用滴灌或喷灌技术则可扩大灌溉农田一倍，若利用防渗渠灌，则可扩大灌溉农田 40%左右。因此利用节水灌溉技术不仅可以节约有限的水资源，而且可以利用节约的水资源扩大灌溉农田面积，提高总产量和经济效益。

表 1 滴灌试验灌溉制度表

Table 1 Irrigation regime of the drip irrigation experiment

设计土壤含水量为田间最大持水量的百分数 Percentage of designed soil water content in Field Capacity (%)	计划湿润层厚度 Depth of planned moisture (cm)	灌溉制度指标 Indexes of the irrigation regime			
		灌水定额 Irrigation water (mm)	灌水周期 Cycle of irrigation (d)	t ₁ 灌水延续时间 Duration of irrigation (h)	t ₂ 灌水延续时间 Duration of irrigation (h)
60 (A ₃)	20	12.41	3.0	0.7	1.4
	30	18.65	3.7	1.0	2.0
	40	24.80	5.0	1.3	2.6
	50	31.03	6.2	1.7	3.4
70 (A ₂)	20	14.50	3.0	0.8	1.6
	30	21.70	4.4	1.2	2.4
	40	29.00	5.8	1.6	3.2
	50	36.00	7.3	2.0	4.0
80 (A ₁)	20	16.60	3.0	0.9	1.8
	30	24.83	5.0	1.4	2.8
	40	33.10	6.6	1.8	3.6
	50	41.00	8.3	2.2	4.4

注：t₁、t₂ 分别为 30 cm 和 60 cm 毛管间距的一次灌水延续时间。

Note: The t₁ and t₂ were the durations of irrigation for sub-pipes spaced in 30 and 60 cm, respectively.

表 2 喷灌试验灌溉制度表

Table 2 Irrigation regime of the sprinkler irrigation experiment

生育期 Growth stage	苗期 Seedling	现蕾期 Budding	花龄期 Flowering	吐絮期 Wadding	全生育期 Total
灌水次数 Irrigation frequency	1	1	3	1	6
灌水定额 Irrigation water (m ³ /hm ²)	180	360	2430	360	3330
一次灌水延续时间 Duration of irrigation (h)	2	4	9	4	19

表 3 不同灌溉试验节水增产效益对比表

Table 3 Comparison of water saving and yield improvement among treatments

灌溉处理 Treatments	灌水量 Irrigation water in total (m ³ /hm ²)	节水 Water saving (%)	产量 Yield (kg/hm ²)	增产 Yield increase (%)	产值 Profits (元/hm ²)
Q	4824.0	40.4	3212.37	13.7	13684.7
A ₁	3720.0	54.1	3548.23	25.6	15115.5
A ₂	4129.5	49.0	3178.97	12.5	13542.4
A ₃	3600.0	55.6	2932.60	3.8	12492.9
P ₁	3300.0	59.2	2173.50	—23.1	9259.1
P ₂	3300.0	59.2	1706.23	—39.6	7268.5
漫灌* Flooding irrigation*	8100.0	—	2825.00	—	12034.5

注：民勤棉田 2001 年统计手册资料，产值按一等籽棉市场价格计。

Note: * Data from the cotton field of Minqin in 2001 statistical manual and using two-class quality of market price to evaluate the profits.

比较不同灌溉方式下的产量值,结果表明,滴灌地 A₁ 的产量较防渗渠灌增加了 10.45%,A₂ 和 A₃ 的产量分别下降 1.0%和 8.7%,喷灌地 P₁ 和 P₂ 的产量较防渗渠灌分别下降 32.3%和 46.9%。

导致喷灌减产的原因可能有以下几个方面,一是喷灌地棉花出苗率差(67.2%),且棉株生长势弱,棉株成龄数少,铃重较小;二是在每次喷灌后约 5%左右的棉株叶面上出现黄斑或白渍,几天内有的便发生死亡;三是肥力不足,盐渍化较滴灌地和防渗渠灌地重,PH 值为 8.8;四是后期管理较差,追肥、打顶不及时,造成棉株后期生长营养不足,落蕾落铃多,导致减产。

表 4 不同灌溉技术劳动力投入对比(工日/hm²)

Table 4 Comparison of labor input among different irrigation techniques

灌溉方式 Irrigation techniques	整地 Land preparation	播种 Sowing	灌溉及管理 Irrigation and management	施肥 Fertilizing	收获 Harvesting	管道布及回收 Pipe laying and recollecting	其他 用工 Others	合计 Total	节省劳力 Labor saving (%)
防渗渠灌 Percolationproof canal irrigation	6.0	10.0	10.5	5.0	45.0	—	4.0	80.5	3.6
滴灌 Drip irrigation	1.0	10.0	4.0	1.5	48.0	1.5	4.0	70.0	16.2
半固定喷灌 Semi-fixed sprinkler irrigation	1.0	10.0	4.0	1.5	36.0	6.0	4.0	62.5	25.1
漫灌 Flooding irrigation	6.0	10.0	16.5	5.0	42.0	—	4.0	83.5	—

滴灌和喷灌的另一优点就是节省地。与防渗渠道灌溉和漫灌相比,滴灌和喷灌不需在田间开沟、开渠、设畦,这样既节省了土地资源,又增加了土地的有效利用面积。经测定,滴灌和喷灌较渠灌和漫灌省地约 5%~7%。

2.3 经济效益分析

滴灌和喷灌一次性投入大,这是它们的共同缺点,但采用节水技术后,可提高灌溉保证率和灌溉质

2.2 省工节地效益分析

滴灌和喷灌不仅可节水,而且可省工省时省力。因为滴灌和喷灌可以将肥料装入肥料罐,通过滴灌系统或喷灌系统自动施肥,以减轻劳动强度。其次滴灌和半固定式喷灌,只要在春季、滴灌前,将毛管布置设好或在每次喷灌前将管道安装好,按照既定的灌溉方案灌溉即可,不需平地、开沟、打畦,并在田间看管,等待灌溉的结束,因此也可减小灌溉时的田间劳动量。表 4 为不同灌溉技术的劳动投入对比表,从表中可以看出,防渗渠灌、滴灌和喷灌分别较漫灌省工 3.6%、16.20%和 25.1%。

量,并可增产增收。该实验通过毛收益和总费用的耗费来估算采用节水灌溉技术后的经济效益。如表 5 所示,毛收益为单位面积产量收获的籽棉销售后的收入,总投资指节水工程投入。防渗渠道、滴灌和喷灌等不同节水工程的单位面积总投资分别为 4 225 元/hm²、8 512.8 元/hm²,5 928.9 元/hm²。总费用则主要包括工程折旧费、维修费、能耗费、物耗费及人工费。净收益为毛收益与总费用的差值。

表 5 各种节水灌溉技术投入产出表(元/hm²)

Table 5 Input and output of various irrigation techniques

灌溉方式 Irrigation methods	毛收益 Gross profits	总投资 Total investment	折旧年限 Depreciation years	折旧费 Depreciation costs	维修费 Maintenance costs	能耗费 Energy consumption costs	物耗费 Material consumption costs	人工费 Labor costs	总费用 Total costs	净收益 Net profits
Q	13684.4	4225.0	7	867.8	43.4	1093.0	2276.2	1182.5	5492.9	8221.8
A ₁	15115.5	8512.8	10	1385.0	69.3	902.5	2222.5	984.6	5563.9	9551.6
A ₂	13542.4	8512.8	10	1385.0	69.3	943.5	2222.5	910.8	5531.1	8011.3
A ₃	12492.9	8512.8	10	1385.0	69.3	890.5	2222.5	861.5	5428.8	7064.1
P ₁	9259.1	5928.9	10	964.6	48.2	924.0	1680.5	759.7	4377.0	4882.1
P ₂	7268.5	5928.9	10	964.6	48.2	924.0	1302.5	666.2	3905.5	3363.0
漫灌 Flooding irrigation	12043.5	1000.0	—	3402.1	20.1	1672.7	2276.2	1195.0	5566.1	6468.4

注：*民勤县棉田 2001 年统计手册资料。维修费按折旧费 5%计取，人工费按田间管理及采棉花的收入计，能耗费包括水费、电费，水费按 0.1 元/m³，电费按 0.71/Kwh；物耗费包括化肥、有机肥、地膜、种子、药等，均按 2001 年市场价格计算。各工程定额按实际投资结合甘肃省生态保护建设投资标准核计。

Note: *Data from the cotton field of Minqin in 2001 statistical manual. The labor costs were calculated according to the cost in field management and cotton harvesting. The energy consumption costs included water and power costs according to 0.1 ¥/m³ and 0.71 ¥//Kwh, respectively. The material consumption costs included chemical fertilizer, organic fertilizer, film, seeds, pesticides, calculated according to the 2001 market price. All the project amounts were checked according to the practical investments combined with the construction investment standard on ecological protection of Gansu Province.

由表 5 可知，尽管滴灌和喷灌的工程总投资较高，但能耗费和人工费却较低。与漫灌相比，滴灌、喷灌和防渗渠灌分别节电 38.5%、31.1%和 29.2%。而且从净收益来看，滴灌和防渗渠灌均有增产增收的效果，喷灌却因减产而导致了收益下降。与漫灌相比，防渗渠灌经济效益提高了 27.1%，滴灌提高了 9.2%~47.7%，喷灌则下降了 24.5%和 48%。因此节水灌溉技术明显地降低了能耗费用和人工费，节约了水资源、电力资源和劳动力投入。

3 结 语

经过一年的棉花种植试验，滴灌在民勤绿洲试验较为成功，确实收到了增产增收、节水节能、省工省力的效果，可作为一种高新技术加以推广；而喷灌尽管起到了节水节能、省时省力的作用，但产量和经济效益却减小了，这可能是因人为管理不善或喷灌不适宜该地区环境而造成的，其真正原因因试验期短而不能定论，有待于今后继续试验观察；防渗渠灌

作为一种一次投资较少，且收效明显的节水灌溉方法，可作为当地利用水资源，改善荒漠区生态平衡的节水技术加以推广应用。

参 考 文 献:

[1] 王耀琳,王继和,俄有浩. 节水灌溉—民勤绿洲发展农业的唯一出路[A].王继和.中国西北荒漠区持续农业与沙漠综合治理国际学术交流会议论文集[C].兰州:兰州大学出版社,1998. 212—219.

[2] 赵雪雁. 绿洲环境与经济协调分析——以民勤绿洲为例[J].西北师范大学学报,1995(1),84—87.

[3] 康绍忠,蔡焕杰. 河西石羊河流域高效农业节水的途径与对策[J]. 干旱地区农业研究,1996,14(3):10—17.

[4] 农业科学院棉花研究. 棉花栽培技术[M]. 北京:农业出版社,1997.

[5] 肖俊夫,刘祖贵,孙景生,等. 不同生育期干旱对棉花生长发育及产量的影响[J]. 灌溉排水,1998,(1):23—27.

[6] 顾海堂. 棉株不同节位棉铃纤维品质初探[J]. 中国棉花,1983,(3):8—9.

[7] 韩慧军. 气候生态因素对棉花产量与纤维品质的影响[J]. 中国农业科学,1991,24(5):23—29.

Synthetical efficiency research of the different irrigation technique on the cotton in Minqing region

LIU Li-xia^{1,2}

(1. Northwestern Scientific and Technological University on Agriculture and Forestry, Yangling District 712100, Shanxi Province;
2. Department of Water Resources Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070)

Abstract: In order to improve water resources use efficiency in Minqing oasis, trial of irrigating cotton is done by three different ways, which is drip irrigation, semifixation spray irrigation and seepage-preventing ditch irrigation. By study of one growth season, it showed that seepage-preventing ditch irrigation economize 40.4% water, drip irrigation economize 49~55.6% water and spray irrigation economize 59.2% water; Seepage-preventing ditch irrigation, drip irrigation and spray irrigation save work respectively 3.6%, 16.2% and 25.1%, economize electricity respectively 29.2%, 38.5% and 31.1%. Furthermore, the result of water-saving irrigation of oasis cotton shows that drip irrigation and seepage-preventing ditch irrigation have obvious effect and can apply in this region.

Keywords: cotton; water-saving irrigation; synthetical efficiency