

## 滴灌棉花水肥耦合效应的田间试验研究<sup>①</sup>

冯绍元<sup>②</sup> 黄冠华 王凤新 王广兴 吴海卿 刘祖贵  
(中国农业大学水利与土木工程学院) (中国农业科学院)

**摘要** 对滴灌条件下夏棉水肥耦合效应进行了田间试验。结果表明:根据夏棉不同生育阶段的需水特征和土壤水分状况,可分别采用滴灌和畦灌方式,比常规棉田畦灌节水 23.3%~28.7%;对于中等肥力的棉田,在每  $\text{hm}^2$  施纯氮 300 kg 的范围内,随施肥量增加皮棉产量呈增加的趋势,在每  $\text{hm}^2$  施纯氮 150~225 kg 区间内,其产量增加较快。

**关键词** 棉花;滴灌;施肥灌溉

**中图分类号** S 275.6; S 562.071/562.062

### Effects of Water-fertilizer Coupling on Cotton Yield Under Drip Irrigation

Feng Shaoyuan Huang Guanhua Wang Fengxin  
(College of Water Conservancy and Civil Engineering, CAU)

Wang Guangxing Wu Haiqing Liu Zugui  
(China Academy of Agricultural Sciences)

**Abstract** To identify the relations between the water-fertilizer coupling and the cotton yield, the field tests are conducted. The results show that there are 23.3% to 28.7% of water can be saved by using border and drip irrigation compared with the simple border irrigation. The cotton yield per hectare will be increased quickly when the quantity of N-fertilizer is in the range of  $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  to  $225 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ .

**Key words** cotton; drip irrigation; fertigation

棉花是我国的主要经济作物,在国民经济中占有重要的地位。以往的许多研究结果都表明,影响棉花产量的诸多因素中,水和肥适时适宜的施用起着十分关键的作用。棉花属于宽行稀植作物,在豫北地区的棉田多采用畦灌方式,其皮棉产量一般为  $750 \sim 1\,125 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,夏棉全生育期耗水量为  $4\,425 \sim 5\,535 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ ,其中棵间蒸发占耗水总量的 34%~39%。如何根据夏棉不同生育阶段的需水需肥要求及当时的土壤水分和养分状况,采用滴灌方式,将水肥同步输送到作物的根部,提高作物对水肥的利用率和利用效率,是目前各国学者都非常关注的研究课题。笔者通过在夏棉生长期定期测试各处理的土壤水分状况、植株生长状况、器官形成与发育状况以及产量构成等参数,在田间试验的基础上对滴灌条件下棉花的水肥调控技术进行初步的理论探讨。

收稿日期:1998-06-26

①国家教委回国人员基金资助和国家“九五”重大科技攻关项目

②冯绍元,北京清华东路 17 号 中国农业大学(东校区)104 信箱,100083

## 1 试验设计与过程

试验地位于河南省新乡县古固寨镇的黄河故道高滩地段。试区属暖温带季风气候,年平均降雨量为 606.7 mm,其中 7,8 两月降水量占全年总降水量的 50.5%,年平均蒸发量为 1 908.7 mm。

试区地势平坦,土壤类型为粉砂壤土,其土化性状如下:有机质、全氮和全磷的质量分数分别为 1.04%,0.063%和 0.137%;速效氮和速效磷的质量比分别为 45.6 和 9.8  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ;总体肥力为中等水平。

试验田面积为 0.3  $\text{hm}^2$ 。试验从 1997 年 5 月下旬开始,于小麦乳熟期在麦行间点种棉花。品种为中棉 16,播种量 60  $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,平均行距 0.64 m;点播后浇水,平均灌水量为 669  $\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ ;2 周后出苗,定苗后平均苗量为 57 870 株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

试验因素主要考虑灌水量和施肥量,分别见表 1 和表 2。

表 1 夏棉灌水处理

$\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$

处 理	$\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$				
	出苗前 地面畦灌 (05-18)	苗 期 滴灌 (06-25)	蕾 期 滴灌 (07-18)	花铃期 滴灌 (08-07)	吐絮期 地面畦灌 (09-08)
1	669	250.7	280.5	243	768
2	669	250.7	280.5	486	768

表 2 夏棉施肥处理

$\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$

施肥日期	处 理							
	1	2	3	4	5	6	7	8
现蕾前(07-01)	105	105.0	0	0	95.1	71.4	54.1	65.6
蕾 期(07-18)	0	187.5	105	0	92.4	63.6	116.1	86.3
合 计	105	292.5	105	0	187.5	135.0	170.2	151.9

说明:肥料为尿素,施肥量按纯氮计。

试验观测内容:1)土壤含水率:采用取土称重法每 10 d 测定不同灌水处理的土壤含水率,灌水和降雨前后加密,取样深度为 20,40,60,80 cm;取土位置在毛管近、远端处垂直方向上 15,30 cm 和两滴头中间分别取土。2)土壤养分测定:分别于棉花施肥前(06-10)和收获后(09-24)于不同施肥处理小区取土分析土壤全氮、速效态氮、磷和硝态氮的质量分数。3)作物生长参数:观测棉花株高,果枝、蕾、花铃和脱落蕾的数目,计算叶面积指数和产量等。

## 2 试验结果与分析

### 2.1 施肥量与棉株生长的关系

从 7 月 28 日和 8 月 18 日的 2 次调查结果(表 3 和表 4)可以看出:施肥量最多的处理 2,不论是株高、果枝数、蕾数还是叶面积指数都优于其他处理,而且随着施肥量的递减,各器官的生长速率也逐渐减缓,未施肥的处理 4,各项指标都最低;施肥量一样,施肥时期不同的处理,尚无明显的差异。

表3 施肥量  $m_N$  与棉株生长状况的关系(07-28测)

处理	$m_N/(kg \cdot hm^{-2})$	株高/cm	果枝/个	蕾/个	花铃/个	脱落蕾/个	叶面积指数
1	105+0 <sup>①</sup>	64.5	7.8	19.8	0.3	2.3	1.23
2	105+187.5	70.2	9.4	22.4	1.0	3.2	1.33
3	0+105	67.0	7.8	19.3	0.8	2.5	1.16
4	0	63.3	7.3	9.8	0	4.3	0.98
5	95.1+92.4	69.8	9.0	23.5	0.5	1.4	1.32
6	71.4+63.6	65.2	8.2	20.0	0.6	1.0	1.22

①第1个数为07-01施肥量,第2个数为07-18施肥量。下表同。

说明:施肥量以氮计。下表同。

表4 施肥量  $m_N$  与棉株生长状况的关系(08-18测)

处理	$m_N/(kg \cdot hm^{-2})$	株高/cm	果枝/个	成铃/个	幼铃/个	花/个	蕾/个	脱落蕾花铃/个
1	105+0	68.6	8.8	8.6	7.0	1.6	17.4	5.6
2	105+187.5	71.2	10.2	7.8	7.6	1.2	21.0	5.8
3	0+105	68.0	9.2	6.2	6.0	0.6	17.8	6.2
4	0	65.2	8.2	3.2	8.6	0.8	14.8	6.2
5	94.5+93	69.4	9.2	5.8	7.4	0.8	18.0	5.4
6	71.4+63.6	66.4	8.4	4.6	7.8	0.4	14.8	6.6
7	54+115.5	68.6	8.6	5.4	7.2	0.6	14.6	4.8
8	66+85.5	67.4	7.8	4.8	7.4	0.6	14.6	5.6

## 2.2 施肥量与棉花产量的关系

试验田中平均棉株量为  $57\ 870$  株  $\cdot$   $hm^{-2}$ , 单铃木子棉质量平均为  $4.4$  g, 衣分为  $34.7\%$ 。不同施肥处理的皮棉产量见表5。可以看出: 在每  $hm^2$  施纯氮  $300$  kg(相当于  $675$  kg 尿素)范围内, 随着施肥量的增加, 产量呈增高趋势, 但施肥量一样, 施肥时期不同的处理, 其皮棉产量没有明显的差异。

表5 滴灌棉田施肥量  $m_N$  与皮棉产量的关系

项 目	处 理							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	$m_N/(kg \cdot hm^{-2})$							
	105.0	292.5	105.0	0	187.5	135.0	170.2	153.0
单株棉铃/个	10.40	11.35	9.65	8.25	11.35	10.80	10.55	10.15
皮棉产量/( $kg \cdot hm^{-2}$ )	918.9	1 002.9	852.6	729	1 002.9	954.3	932.1	896.9

对表5中的数据进行相关分析后可得出施肥量与棉花产量的相关关系如下:

$$y = -0.0459x^2 + 1.844x + 48.543 \quad R^2 = 0.8779$$

式中:  $y$  为皮棉产量,  $x$  为施氮量, 单位均为  $kg \cdot hm^{-2}$ 。

## 2.3 灌水量与土壤含水率的关系

试验观测结果表明, 滴灌土壤水分的分布与灌水定额有关, 见表6。可以看出: 无论哪处测

点,2种滴灌定额处理的土壤含水率均显示出明显的差异。在滴灌条件下,粉砂壤土棉田灌水定额为 $243\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ 时(处理 I),滴头处水分下渗不超过 $60\text{ cm}$ ,而且水分分布不均,距滴头越近,土壤含水率越高;当灌水定额达 $486\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ 时(处理 II),滴头处水分下渗达到 $85\text{ cm}$ ,滴头周围水分分布比较均匀。

表6 不同滴灌定额对夏棉土壤含水率的影响

滴灌定额/ ( $\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ )	测试地段	测 点			
		滴头处	垂直毛管 15 cm	垂直毛管 30 cm	两滴头中间
243(处理 I)	毛管远端	17.72	17.63	16.10	15.89
	毛管近端	17.69	17.26	16.00	17.03
486(处理 II)	毛管远端	21.74	21.78	21.31	21.61
	毛管近端	22.44	21.41	22.05	21.31

说明:滴灌前土壤含水率为 $15.62\%$ 。

#### 2.4 滴灌棉田的耗水状况及节水效益分析

1997年属试区的特旱年份,棉花整个生育期内仅降水 $137.6\text{ mm}$ ,折合成 $1\ 375.5\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ 。在此情况下,根据夏棉不同生育阶段的需水特征和土壤水分状况,在苗期和吐絮期各畦灌1次,中期共滴灌3次。滴灌水全都供给棉株根系周围,裸间蒸发大为减少,使水的利用效率大为提高:棉花全生育期内耗水量仅为 $3\ 558\sim 3\ 823\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ ,日耗水量只有 $26.745\sim 28.74\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ ,比常规畦灌夏棉耗水量减少 $23.3\%\sim 28.7\%$ 。由于2种处理的灌水定额差别不大,所以不同处理的棉花耗水量没有明显的差异。

与其他大田作物的滴灌一样,虽然采用滴灌方式可以大大节省用水量,提高水的利用率,但由于滴灌工程一次性投资较大,在试区水资源短缺还不十分突出的情形下,大力发展大田作物(小麦、玉米和棉花等)的滴灌工程,目前还难以进行。

### 3 结束语

通过灌溉棉花水肥耦合效应的田间试验,可以得出如下几点初步认识:

- 1) 根据夏棉不同生育阶段需水特征和土壤水分状况,采用畦灌与滴灌相结合的方式,在苗期、吐絮期各畦灌1次,中期滴灌3次,比常规夏棉畦灌节水 $23.3\%\sim 28.7\%$ 。
- 2) 对于中等肥力的棉田,在每 $\text{hm}^2$ 施纯氮 $300\text{ kg}$ 的范围内,随施肥量的增加,皮棉产量呈增长的趋势,而在每 $\text{hm}^2$ 施纯氮 $150\sim 225\text{ kg}$ 区间内,产量增加较快。
- 3) 在豫北地区目前的生产水平和水资源状况下,由于滴灌工程一次性投资较大,大田作物的滴灌工程还难以推广。

### 参 考 文 献

- 1 石培泽,杨秀英.干旱区棉花优质高效节水栽培技术试验研究.灌溉排水,1996,15(4):28~32
- 2 傅琳,董文楚,郑耀泉.微灌工程技术指南.北京:水利电力出版社,1988.226~245