

## 滴灌玉米水肥耦合效应的田间试验研究<sup>①</sup>

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

**摘要** 对滴灌条件下麦行间套播的夏玉米水肥耦合效应进行了田间试验。结果表明,套播夏玉米全生育期耗水量保持在  $4\ 800\ \text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ ,施氮(折纯 N)、磷( $\text{P}_2\text{O}_5$ )肥量分别保持在  $175\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和  $145\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 水平时,可获得  $9\ 450\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 以上产量,水生产效益超过  $1.9\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ,显示出较好的节水增收效益。

**关键词** 夏玉米;滴灌;水肥耦合

**分类号** S 275.5

## Coupling Effects of Water and Fertilizer on Corn Yield With Drip Irrigation

Huang Guanhu Feng Shaoyuan Zhan Weihua  
(College of Water Conservancy and Civil Engineering, CAU)

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

**Abstract** Field experiments on the coupling effect of water and fertilizer on the intercrop of summer corn with drip irrigation have been conducted. The results showed that there are  $4\ 800\ \text{m}^3$  water per hectare of summer corn can be consumed, and applying N and  $\text{P}_2\text{O}_5$  at rates of  $175\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  and  $145\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  respectively in entire corn season, yield of summer corn has reached more than  $9\ 450\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , and WUE(water use efficiency) over  $1.9\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . The effective measures can results in obvious effects of water-saving and yield-raising.

**Key words** summer corn; drip irrigaton; water-fertilizer coupling

以往的许多研究结果<sup>[1,2]</sup>都表明,影响玉米产量的诸多因素中,水和肥适时适宜的施用起着十分关键的作用。在麦行间套种夏玉米,与麦收后再复种玉米相比,可在不影响小麦收成的情况下提前 10~15 d 下种;同时,在 2 种作物共生期内采用滴灌灌水技术,小麦的正常耗水取代了夏玉米裸间的无效蒸发,水分损耗可减少  $300\ \text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ ,而且可获得  $6\ 000\sim 6\ 750\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 小麦和  $9\ 000\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 以上玉米的高额收成,从而较大幅度地提高了水、肥二因子的生产效益。

### 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

收稿日期:1999-07-30

①国家教委回国人员基金资助及国家“九五”科技攻关项目

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

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, 其理化性状如下: 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 0.4  $\text{hm}^2$ 。试验从 1998 年 5 月 25 日于麦间点种夏玉米, 品种为陕单 911, 点播量为 67.5  $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 平均行距 58.8 cm, 密度为 68 850 株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

试验因素主要考虑灌水量和施肥量, 其中灌水设 3 个水平, 施肥设 4 个水平, 共 12 个处理, 分别见表 1 和表 2。

表 1 夏玉米灌水处理

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

处 理	1	2	3
灌水量(07-02)	525	375	225

表 2 夏玉米施肥处理

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

处 理		1	2	3	4
苗期(07-02)	碳铵	100.50	82.50	64.50	49.50
	磷肥	105.00	132.00	159.00	184.00
抽穗前(07-22)	尿素	103.50	103.50	103.50	82.50
合计	N	204.00	186.00	168.00	132.00
	$\text{P}_2\text{O}_5$	105.00	132.00	159.00	184.50

说明: 氮肥折纯 N 计, 磷肥折  $\text{P}_2\text{O}_5$  计。

试验观测内容如下:

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 10, 30, 50, 70 cm。

2) 土壤养分。于 8 月 20 日在不同施肥处理小区取土分析土壤全氮、全磷、速效态氮、磷、钾和有机质。

3) 作物生长参数。夏玉米株高、叶片数、茎粗、穗长、百粒重、产量等。

## 2 试验结果与分析

### 2.1 不同水肥组合与夏玉米生长的关系

从 7 月 18 日和 9 月 9 日的 2 次调查结果(表 3 和表 4)可以看出, 随着灌水量的增加, 夏玉米的生长状况更好, 尤其是苗期。灌水量最多的区组较最少的区组, 其株高和茎粗分别大 6.0 cm 和 0.21 cm。在夏玉米的生长后期, 其株粒质量前者较后者也大 0.10 kg。由于在设置追肥量的处理时, 采取了氮、磷肥用量搭配互补的措施, 2 种肥料因素的消长作用缩小了不同追肥处理之间生长速率的差异; 但从测试结果仍可看出, 夏玉米生长受到氮肥的影响程度要大于磷肥。

表3 不同水肥处理与玉米生长状况的关系(07-18测定)

处理	滴灌水量/ $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$	苗期追肥量/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$		株高/m	茎粗/cm	叶片数
		N	$\text{P}_2\text{O}_5$			
1		100.50	105.0	1.81	8.37	14.5
2	525	82.50	132.0	1.77	8.20	14.6
3		64.50	159.0	1.76	8.13	14.3
4		49.50	184.5	1.73	8.13	14.4
5		100.50	105.0	1.78	8.27	14.2
6	375	82.50	132.0	1.76	8.13	14.6
7		64.50	159.0	1.74	8.03	14.4
8		49.50	184.5	1.73	7.97	14.4
9		100.50	105.0	1.74	8.10	14.3
10	225	82.50	132.0	1.71	7.97	14.4
11		64.50	159.0	1.68	7.87	14.4
12		49.50	184.5	1.69	7.90	14.3

说明:数字加下划线为相应灌水处理区的均值。下表同。

表4 不同水肥处理与玉米生长状况的关系(09-09测定)

处理	滴灌水量/ $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$	追肥总量/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$		株高/m	穗长/cm	株粒质量/kg
		N	$\text{P}_2\text{O}_5$			
1		204.0	105.0	2.42	16.43	0.135
2	525	186.0	132.0	2.38	16.46	0.148
3		168.0	159.0	2.39	16.49	0.141
4		132.0	184.5	2.35	16.43	0.132
5		204.0	105.0	2.39	16.44	0.133
6	375	186.0	132.0	2.37	16.56	0.139
7		168.0	159.0	2.34	16.41	0.142
8		132.0	184.5	2.34	16.21	0.131
9		204.0	105.0	2.37	16.39	0.137
10	225	186.0	132.0	2.34	16.37	0.134
11		168.0	159.0	2.30	16.27	0.125
12		132.0	184.5	2.31	16.58	0.121

## 2.2 不同水肥处理与玉米产量的关系

不同水肥处理的玉米产量见表5。试验中,玉米生长的中后期雨水较为及时和充足,相应地减少了滴灌次数和玉米全生育期内不同处理之间供水量的差异。即使如此,从表5中仍可以看出前期供水不足对玉米生长和产量构成因素呈现的抑制作用。从产量构成的状况来看,氮肥对加快植株生长、增加干物质积累,磷肥对籽粒灌浆与提高粒质量分别有促进作用;因此,每个灌水处理的氮、磷肥的施用量为中等时,其玉米产量最高,相应地,其水生产效益均高于

1.9 kg·hm<sup>-2</sup>,较当地大田夏玉米高 30.0%左右,这充分显示出水肥耦合适宜调配的节水增收效益。

表 5 不同水肥处理与玉米产量的关系

处理	滴灌水量/ m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup>	追肥总量/(kg·hm <sup>-2</sup> )		百粒质量/g	出籽率/%		产量/ kg·hm <sup>-2</sup>	水生产效率/ kg·m <sup>-3</sup>
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>					
1		204.0	105.0	32.03	79.46		9 295	1.842
2	525	186.0	132.0	32.74	80.24	79.72	10 190	2.019
3		168.0	159.0	32.46	80.41		9 708	1.924
4		132.0	184.5	31.79	78.76		9 088	1.801
5		204.0	105.0	32.16	78.66		9 157	1.898
6	375	186.0	132.0	32.58	80.25	79.30	9 570	1.983
7		168.0	159.0	32.34	79.80		9 777	2.026
8		132.0	184.5	31.56	78.51		9 019	1.869
9		204.0	105.0	31.72	79.06		9 433	2.019
10	225	186.0	132.0	31.96	79.55	78.79	9 226	1.975
11		168.0	159.0	31.60	78.32		8 606	1.842
12		132.0	184.5	31.34	78.22		8 331	1.783

### 2.3 灌水量与玉米耗水状况的关系

麦行间套播夏玉米于割麦之后、拔节之前分别采用 3 种灌水量对玉米进行滴灌。此后,由于降雨及时、充足,没有再进行滴灌。从表 6 可以看出,不同灌水处理的玉米耗水状况呈现出阶段性差异:出苗后至拔节前,高定额灌水处理的玉米日均耗水量为 39.90 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>,而低定额灌水处理的玉米日均耗水量为 35.40 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>,这 2 种滴灌定额全生育期耗水相差 375.3 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>。

表 6 不同灌水处理与玉米耗水状况的关系

滴灌 水量	阶段	种玉米	割麦	拔节	抽雄	成熟	合计
	日期	05-22	06-04	07-11	07-23	09-22	
	时间/d	13	37	12	61	110	
525	阶段耗水总量	145.80	1 478.30	735.20	2 687.40	5 046.70	
	日耗水强度	14.60	39.90	61.20	52.70	45.88	
375	阶段耗水总量	143.00	1 371.50	699.20	2 612.60	4 825.20	
	日耗水强度	14.30	37.10	58.20	51.30	43.87	
225	阶段耗水总量	143.90	1 310.70	700.70	2 516.10	4 671.40	
	日耗水强度	14.40	35.40	58.40	49.40	42.27	

### 3 结 语

通过滴灌玉米水肥耦合效应的田间试验,可以得出如下几点初步认识:

1)夏玉米采用麦行间套播,可在小麦产量保持为  $6\ 000\sim 6\ 750\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  的基础上,使玉米生育期提前  $10\sim 15\text{ d}$ ,在同小麦共生期间,能减少  $300\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$  的棵间无效蒸发,同时,玉米产量可达  $9\ 000\sim 10\ 050\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

2)套播夏玉米采用滴灌方式,耗水量为  $4\ 670\sim 5\ 047\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ 。全生育期日均耗水量为  $42.27\sim 45.88\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ ,其中在同小麦共生期间,所分摊的日耗水量不足  $15.0\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ 。采用半固定式大田喷灌,每次灌水定额不宜低于  $375\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

3)滴灌套播夏玉米全生育期追施氮(折纯 N)、磷(折  $\text{P}_2\text{O}_5$ )肥量分别保持在  $175\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  和  $145\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  水平时,可获得  $9\ 450\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  以上产量,水生产效益超过  $1.9\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ,显示出较好的节水增收效益。

### 参 考 文 献

- 1 冯绍元,黄冠华,王凤新,等.滴灌棉花水肥耦合效应的田间试验研究.中国农业大学学报,1998,3(6):59~62
- 2 吴海卿,杨传福,孟兆江,等.以肥调水提高水分利用效率的生物学机制研究.灌溉排水,1998,17(4):6~10