

## 喷灌条件下花生玉米间作的水肥耦合效应<sup>①</sup>

詹卫华<sup>②</sup> 黄冠华 冯绍元 王凤新

(中国农业大学水利与土木工程学院)

**摘 要** 对喷灌条件下花生玉米间套种植模式中的水肥耦合效应进行了田间试验研究。结果表明:花生的主要耗水阶段是开花至结荚期,玉米是抽雄至成熟期;从全生育期来看,耗水量及水分生产效率均随施肥量的增加而增大。

**关键词** 喷灌;花生玉米间作;水分生产效率

**分类号** S 275.5

## Coupling Effect of Water and Fertilizer on Intercrop of Peanut and Maize With Sprinkler Irrigation

Zhan Weihua Huang Guanhua Feng Shaoyuan Wang Fengxin

(College of Water Conservancy and Civil Engineering, CAU)

**Abstract** Field experiments on the coupling effect of water and fertilizer on the intercrop of peanut and maize with sprinkler irrigation have been conducted. The results show that the critical growing of water consumption is from flowering to podding for peanut while silking to maturity for maize. During the whole growing season, the water consumption and the water-production rate are increased with the more fertilizer used.

**Key words** sprinkler irrigation; peanut-maize intercrop; water-production rate

根据不同作物生长时续交错,群体高矮交错的特性,以充分利用水、肥、气、热等自然资源为目标,选择适合试区自然条件和农业生产习惯的花生、玉米进行种植组合,在河南省新乡县三王庄村开展作物间套种植模式下的水肥耦合效应的田间试验研究。

### 1 试区概况

试区位于河南省新乡市东部,临近人民胜利渠东三干渠,属于引黄灌区。该地区属暖温带季风气候,年平均气温 14℃,≥10℃的活动积温达 4 668℃,年日照时间 2 466.3 h,年蒸发量 1 908.7 mm,无霜期 209 d。区内土质为轻砂壤,种植作物多为小麦和花生,1年2熟,此种植模式在当地作物种植总面积中占 80%以上,而玉米、豆类、棉花、红薯等秋作物近年来种植面积较少。

试区年平均降水量 606.7 mm,不能满足夏秋两季复种作物正常生长的需水要求。灌溉方式以往以渠灌为主,灌水定额高达 180~225 mm;井灌地段以往全部采用土渠引水,灌水定额

收稿日期:1998-12-31

①国家“九五”科技攻关项目

②詹卫华,北京清华东路 17 号 中国农业大学(东校区)209 信箱,100083

也大都在 120 mm 以上。

## 2 试验设计与观测内容

考虑影响花生、玉米生长的 2 个主要因素:灌水量和施肥量。

灌水量设 3 个水平: A——高灌水定额,  $60 \text{ mm} \cdot \text{次}^{-1}$ ;

B——中灌水定额,  $40 \text{ mm} \cdot \text{次}^{-1}$ ;

C——低灌水定额,  $20 \text{ mm} \cdot \text{次}^{-1}$ 。

施肥量设 4 个水平: I——低肥区;

II——次中肥区;

III——中肥区;

IV——高肥区。

所施化肥分别以 N 和 P 为主作对比。N, P 试验各设 12 个处理, 2 组重复, 共 24 个小区。施肥量见表 1。

表 1 N 和 P 试验各小区施肥量  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$

试 验	肥 区				包 裹 肥*	过 磷 酸 钙*	尿 素*
	低	次中	中	高			
N 试验(尿素)	0	225	450	675	150	750	—
P 试验(过磷酸钙)	375	750	1 125	1 500	150	—	75

\* 表示各小区均施相同的量

试验观测内容如下。

1) 土壤含水率: 每 5 d 观测 1 次, 灌水及降雨前后加测, 取样深度分别为 10, 30, 50, 70, 90 cm。

2) 花生与玉米间套种植的生长发育情况: 花生自 5 月 19 日点播, 点播后 2 周内出苗, 6 月 24 日见花, 7 月 10 日开始下针, 7 月 29 日结荚; 玉米自 5 月 24 日播种, 7 月 10 日拔节, 7 月 29 日开始抽雄。具体生长发育阶段大致划分如表 2 所示。

表 2 花生与玉米间套种植的生长发育阶段

生长发育阶段	种花生	种玉米	出苗	花生开花	玉米拔节	下针	玉米抽雄	花生结荚	玉米收获	花生收获
日期	05-19	05-24	05-31	06-24	07-10	07-10	07-29	07-29	09-15	09-30
花生生育阶段	发芽出苗期		幼苗期	开花下针期			结荚期		成熟期	
玉米生育阶段	出苗期		幼苗期	拔节期		抽雄期	成熟期			

## 3 试验结果与分析

### 3.1 不同灌水与施肥处理对花生和玉米耗水的影响

花生与玉米间套种植不同阶段的耗水量见表 3, 不同灌水水平下的耗水过程见图 1(a)。可以看出, 由于 1998 年 6~8 月份降水较多, 使得全生育期内灌水才 1 次, 因此不同灌水水平下

日均耗水量差异不显著;但日均耗水量的变化充分反映了花生与玉米间套种植不同生育阶段的需水规律。从曲线的阶段变化可以看出,间套种植时的耗水主要以花生为主,与花生单作相比,因光、温等气象因素及供水情况一致,其生育期内的耗水状况没有大的差异。花生在幼苗期、开花下针期、饱果成熟期,日均耗水量呈逐渐下降趋势,而在结荚期,需水较大,呈上升趋势。玉米和花生的生长期较为一致,共生期达110多d,因而能充分利用土壤中的水分,较好地体现间套种植条件下的节水效益。多年来的试验结果表明,单作夏玉米和花生需水量分别为450 mm及500 mm左右<sup>[1]</sup>,而在1998年雨水较充足的情况下,从全生育期来看,2种作物总耗水量为594.62 mm,相当于该年内单作花生或玉米的耗水水平。

表3 花生与玉米间套种植不同阶段的日均耗水量  $\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$

日期	处 理						
	A	B	C	I	II	III	IV
05-19~05-24	7.13	8.40	8.45	8.23	7.75	7.29	6.70
05-24~05-31	4.89	6.69	6.74	6.37	6.05	5.60	4.58
05-31~06-07	1.16	1.36	1.42	2.24	1.29	0.91	0.88
06-07~06-24	2.20	2.51	3.17	2.15	2.05	2.76	2.30
06-24~07-01	5.10	1.68	0.95	2.23	1.40	3.33	3.35
07-01~07-10	12.16	9.11	8.67	9.89	9.98	10.16	9.13
07-10~07-23	4.23	4.14	3.15	4.08	4.06	3.39	3.84
07-23~07-29	1.28	1.90	1.27	1.36	1.24	1.56	1.75
07-29~08-06	9.13	10.92	8.99	11.19	11.30	10.92	9.63
08-06~08-16	7.47	5.65	6.25	6.59	6.45	6.43	6.36
08-16~08-24	9.37	9.79	10.66	9.60	10.37	10.13	9.64
08-24~09-15	1.85	1.63	2.12	2.03	1.89	1.73	2.38
09-15~09-30	1.47	1.52	1.51	1.68	1.53	1.49	1.36
累计耗水量/mm	596.76	593.9	593.09	593.51	595.97	597.8	593.02

从表3和图1(b)可以看出:不同施肥处理时,耗水量在前期和末期随施肥量的增大而减小,但总体上表现不出极好的相关性;从全生育期来看,耗水量随施肥量的增大而增大。

### 3.2 适宜的灌水计划湿润层深度的确定

确定计划湿润层深度时应参考间套种植作物根系密集活动层深度、土壤水剧烈消耗层深度以及土壤的质地、结构,同时还应考虑灌水对作物生长发育的影响。相关研究<sup>[2]</sup>表明,单作时花生根系密集活动层深度在苗期、花针期、结荚期、饱果成熟期分别为20,30,35,35 cm,而土壤水量集中消耗层在各生育期分别为35,55,60,40 cm。笔者对试区10,30,50,70,90 cm土层含水量变化的跟踪监测显示(表4),自6月23日至7月29日期间土壤水剧烈变化层为0~40 cm,其耗水量约占所观测5个断面总蓄水变化量的65%~80%,从7月29日以后土层耗水量所占比例则成下降之势。这说明作物根系的纵向伸长对深层土壤水的利用能力在增强。当然,土层耗水量的大小还与土壤的质地、结构以及土壤含水率等有关,土壤水的运动是一个连续过程,因此土壤水剧烈变化层的确定只具有相对的意义。与1997年花生单作相比(表4),同生育期内土层耗水量的变化大致相同。综上考虑,间作时苗期的灌水计划湿润层深度一般可取为

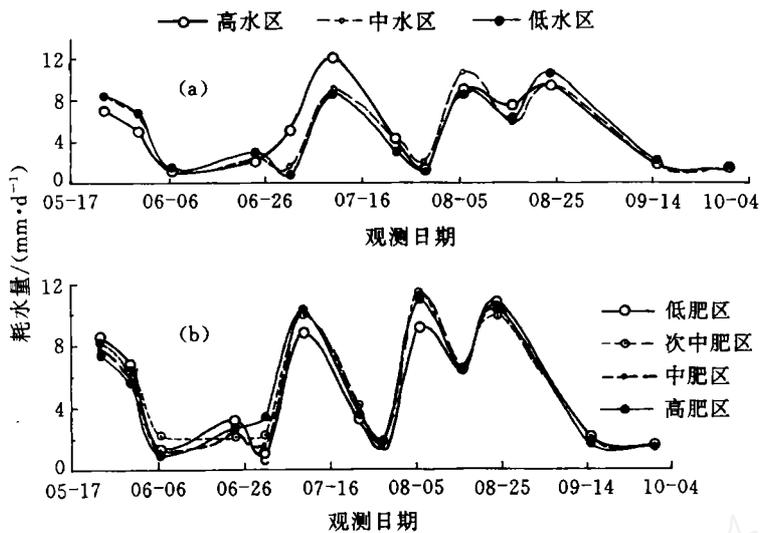


图1 不同灌水水平(a)和施肥水平(b)下花生与玉米间套种植的耗水过程

30~40 cm,花生开花下针、玉米拔节期可取 30~50 cm,花生结荚、玉米抽雄期可取 40~60 cm,成熟期可取 50~70 cm。

表4 间作时不同时段内和1997年单作时花生不同生育期<sup>[3]</sup>内不同土层的耗水比例

土层深度/mm	时 段			生 育 期			
	06-24 ~	07-29 ~	08-24 ~	09-30	开花下针期	结荚期	饱果成熟期
10	30.8	27.6	18.2		36.3	29.3	20.5
30	37.8	30.7	22.2		35.6	31.1	22.2
50	17.9	22.3	31.2		13.2	19.0	29.6
70	7.6	11.5	19.8		8.4	16.1	17.9
90	5.9	7.9	8.6		6.5	4.5	9.8

#### 4 花生与玉米间套种植的水分生产效率

花生和玉米产量见表5,间套种植时的水分生产效率见表6。

表5 花生与玉米产量  $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$

试验	作物	处 理						
		A	B	C	I	II	III	IV
N 试验	花生	5 550.0	5 831.3	5 887.5	5 350.0	5 525.0	5 725.0	6 325.0
	玉米	1 511.0	1 535.5	1 550.8	1 482.2	1 626.6	1 645.7	1 449.6
P 试验	花生	6 393.8	6 495.8	6 618.8	6 575.0	6 695.0	6 683.5	6 778.8
	玉米	1 429.5	1 483.6	1 512.5	1 423.2	1 469.8	1 516.5	1 480.0

表6 水分生产效率

kg·m<sup>-3</sup>

试验	处 理						
	A	B	C	I	II	III	IV
N 试验	1.18	1.24	1.25	1.15	1.20	1.23	1.31
P 试验	1.31	1.35	1.37	1.35	1.37	1.37	1.39

在土质、作物品种及耕作技术等条件基本相同的情况下,作物生长主要受土壤肥力和水分状况制约,所以水分生产效率则能反映投入(供水施肥)与产出(作物产量)的关系<sup>[4]</sup>,从而描述不同灌水施肥处理对花生、玉米产量的影响。从表6可以看出:由于灌水处理不占主导地位,因此,随着灌水定额的不断减小,水分生产效率变化不太明显,最大值与最小值之差很小,但总体上仍有上升趋势。肥力的影响比灌水显著:在水量比较充足的条件下,随着施肥量的增加,水分生产效率增加,表现出极好的正相关性;P 试验的水分生产率比 N 试验高,施 N 肥比施 P 肥的影响显著得多,差距较为明显。

## 5 结 论

1)在本次田间试验条件下,主要耗水阶段花生是开花至结荚期,玉米是抽雄至成熟期,水分生产效率受灌水影响较小。

2)不同施肥处理时,耗水量在前期和末期随施肥量的增大而减小,但总体上表现不出极好的相关性。从全生育期来看,耗水量随施肥量的增大而增大。

3)水分生产效率随施肥量的增加而增大,表现出极好的正相关性;P 试验的水分生产效率比 N 试验高,施 N 肥比施 P 肥的影响显著得多,差距较为明显。

## 参 考 文 献

- 1 王广兴,刘祖贵,吴海卿.花生玉米间套种植的节水增收效益.灌溉排水,1998,17(3):42~46
- 2 张新华.花生节水灌溉模式及配套技术.喷灌技术,1995(1):12~17
- 3 冯绍元,王凤新,黄冠华.喷灌条件下花生水肥耦合效应的田间试验研究.农业工程学报,1998,14(4):98~102
- 4 陈亚新,康绍忠.非充分灌溉原理:水分生产函数.北京:水利电力出版社,1995.70~72