

# 不同微润灌溉处理对玉米生长和产量的影响

何玉琴<sup>1</sup>, 成自勇<sup>1</sup>, 张芮<sup>1</sup>, 张金霞<sup>1</sup>, 李有先<sup>2</sup>, 姚名泽<sup>1</sup>

(1 甘肃农业大学 工学院, 甘肃 兰州 730070; 2 甘肃省张掖市水务局, 甘肃 张掖 734000)

**摘要:**以膜下滴灌作对照,共设5个处理,研究了微润灌溉条件下不同埋设深度、间距和压力对玉米生长及产量的影响.结果表明,微润灌溉的玉米单株干物质积累趋势异于膜下滴灌;玉米茎粗、株高和产量随耗水量的增加而增加;膜下滴灌(CK)的产量最高,与微润灌溉处理有极显著差异,分别比T1、T2、T3和T4高33.13%、34.48%、26.82%和63.94%;微润灌溉的水分利用效率较膜下滴灌高,各处理无极显著差异,最高的为T2处理,且与膜下滴灌有显著差异;微润灌溉有利于玉米籽粒发育,使籽粒饱满,百粒质量增加;在不同的微润灌溉处理下,微润管的埋设深度、间距和压力对玉米的产量和水分利用效率都有显著的影响,其中压力对玉米产量和水分利用效率影响最大,间距对耗水量的影响较大.

**关键词:**微润灌溉; 压力; 埋设深度; 间距; 玉米; 产量; 灌水量

中图分类号:S275;S513

文献标志码:A

文章编号:1001-411X(2012)04-0566-04

## Effects of Different Ways of Micro-moist Irrigation on Growth and Yield of Maize

HE Yu-qin<sup>1</sup>, CHENG Zi-yong<sup>1</sup>, ZHANG Rui<sup>1</sup>, ZHANG Jin-xia<sup>1</sup>, LI You-xian<sup>2</sup>, YAO Ming-ze<sup>1</sup>

(1 College of Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;

2 Zhangye Water Authorities of Gansu Province, Zhangye 734000, China)

**Abstract:** An experiment was conducted to study the effect of different ways of micro-moist irrigation on growth and yield of maize under different buried depths, spacing and pressures of micro-moist irrigation. The results showed that the dry matter accumulation of micro-moist irrigation was different from that of drip irrigation; the stem diameter, height and yield increased with the water consumption; membrane drip irrigation had the highest yield which increased by 33.13%, 34.48%, 26.82% and 63.94%, compared with T1, T2, T3 and T4. Water use efficiency (WUE) of micro-moist irrigation was higher than that of drip irrigation, all treatments had no significant difference, WUE of T2 was the highest, and it had a significant difference with drip irrigation. Micro-moist irrigation was beneficial to the development of maize-seed and to the increase of grain mass. The effect of different micro-moist irrigation on the maize yield and WUE was significant under different buried depths, spacing and pressures. The pressure mainly influenced maize yield and WUE, and the spacing mainly influenced water consumption.

**Key words:** micro-moist irrigation; pressure; buried depth; spacing; maize; production; irrigation water

随着水资源的日益紧缺,节水灌溉技术已成为农业发展的一项重要保障措施,但由于现有的节水技术的设备投资大,使节水技术发展缓慢,为解决这一问题,深圳市微润灌溉技术有限公司开发了一种

新型的节水灌溉技术即微润灌溉,它是用半透膜的原理使土壤保持湿润的一种灌溉方式.微润灌溉的设备投资低,结构简单,不消耗动力,节省运行费用,可以有效地降低农产品的生产成本.微润灌溉与渗

收稿日期:2012-01-04

作者简介:何玉琴(1987—),女,硕士;通信作者:成自勇(1956—),男,教授,博士,E-mail: chengzy@gsau.edu.cn

基金项目:甘肃省科技支撑计划(090NKCA069)

灌相似,是一种地下微灌形式,即灌溉水通过管壁上的微孔由内向外呈发汗状渗出,随即通过管壁周围土壤颗粒的吸水作用向土体扩散,给作物根层供水,一次连续性实现对作物灌溉全过程.因此,可以看作是滴灌的一种特殊形式,又被称为地下渗灌<sup>[1-2]</sup>.这种灌溉方式可以改善土壤水气环境,有利于作物生长.土壤表面能够保持较为干燥状态,不仅棵间蒸发量下降,还能防止杂草生长.可将化肥溶解于水中,把肥料直接输送到作物根部,减少肥料的损失<sup>[3-6]</sup>.目前已有研究表明,渗灌埋设深度、间距和压力是影响灌水质量的主要因素.埋设深度等单因素对渗灌灌水效果方面的研究已有一些报道<sup>[7-12]</sup>,而在多因素组合下影响的研究较少.本试验主要研究微润管的埋设深度、间距和压力对栽培作物生长及产量的影响,提出微润管最优的埋设深度、间距和压力的组合模式,为微润灌溉技术的应用和推广提供理论依据.

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地基本情况

本试验分别在2010年4—10月和2011年4—10月在全国重点灌溉试验站甘肃省张掖市灌溉试验中心实施.该试验站位于北方干旱内陆河灌区甘州盈科灌区,属于典型的大陆性干旱气候地带,降雨稀少且变化率大.年平均气温:城区7.3℃,浅山区5.4℃,气温日差(13.3~15.7℃)较大;该区土地面积36.90万hm<sup>2</sup>,耕地6.01万hm<sup>2</sup>,占总土地面积的16.29%;用于耕作的土壤主要为灰棕漠土、绿洲灌淤土和灰钙土.试验地土壤容重为1.73g/cm<sup>3</sup>,田间持水量为16.0%.

### 1.2 试验材料和田间管理

大田试验品种:制种玉米父本昌7-2、母本478.种植方式为插花点种,行距为40cm,株距为25cm.具体操作见表1.

表1 玉米整个生育期的田间管理

Tab.1 Design of experiment under different treatments

年份	苗期						拔节期	抽穗期	灌浆期	成熟期	
	母本种植	父本种植	出苗	放苗	定苗	上肥				考种	收获
2010	04-20	04-26	05-11	05-16	05-20	06-13	06-22—07-14	07-14—08-13	08-13—09-07	09-17	09-20
2011	04-23	04-29	05-13	05-17	05-21	06-12	06-24—07-15	07-15—08-13	08-13—09-10	09-20	09-22

### 1.3 土壤水分含量的测定及计算

测定方法用烘干称重法测定,每个重复取2个样.测定时间每隔10d测定1次,另播前、收后、各次灌水前后以及降雨加测,作物耗水量用水量平衡法计算:ET=P+I-D-ΔS.式中,ΔS为土体储水变化量/mm;P为有效降雨量/mm;I为生育期灌溉量/mm;D为深层渗漏/mm;ET为蒸腾蒸发量/mm.由于灌水量较小,深层渗漏可以忽略不计.

### 1.4 株高和单株干物质等生理指标测量

株高采用卷尺测量,从5月31日起每隔10d测量1次,每个小区固定测量5株.每隔10d测量干物质的含量,每个小区取3株,先将样品放在105℃烘箱中烘30min,使植物组织停止生理活动,再降至80℃烘干至恒质量.考种时用游标卡尺、卷尺、电子称分别测量玉米穗质量、穗粗、穗长、秃尖度、穗行数、穗粒数、穗粒质量和百粒质量.

### 1.5 统计分析

采用Microsoft Excel 2003进行数据处理作图,Spss11.5 for windows软件进行数据统计与分析.本文数据采用2010—2011年2年的平均值.

### 1.6 试验设计

由前人理论及2010年的试验经验所得,2011年

的试验设计微润管埋设深度为12和18cm,间距分别为1管1行和2管3行,压力为0.45和0.60MPa,试验设计如表2所示.

表2 不同处理的试验设计<sup>1)</sup>

Tab.2 Design of experiment under different treatments

处理	深度/cm	间距/cm	压力/MPa
T1	12	40(1管1行)	0.45
T2	12	60(2管3行)	0.60
T3	18	40(1管1行)	0.60
T4	18	60(2管3行)	0.45

1) 对照(CK)为膜下滴灌;苗期到拔节期和乳熟期到成熟期灌水定额为22.5mm,其他生育期的灌水定额为27.0mm.

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对玉米茎粗和株高生长的影响

由图1可以看出,在玉米生长的前期,各处理的茎粗和株高都基本相同.苗期到拔节期是玉米茎秆生长的关键时期,中期生长平缓,到后期又略有生长.但玉米株高的生长趋势异于茎粗的生长趋势,玉米的株高从苗期逐渐增大,抽穗期前增长速度最快,抽穗后至灌浆初期,株高增长缓慢,趋于稳定,到灌浆期后株高基本定型.对照(CK)的茎粗与株高大于

其他处理,而 T4 由于灌水量不足,玉米的生殖生长始终低于其他各处理.本试验结果表明玉米的株高随着耗水量的减小而减小,玉米的前期生长受灌水量的影响较小,而到中期则不断加强,对后期的影响又逐步减少.

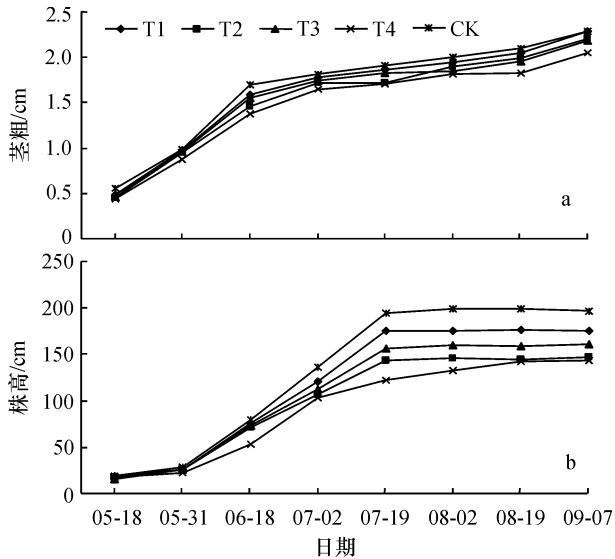


图1 各处理生育期内玉米茎粗和株高

Fig. 1 Plant diameter and height of maize in childbearing period under different treatments

从图2可以看出,不同处理的玉米株高生长速率(单位时间的玉米株高)在玉米拔节到抽穗期前逐渐增大,但随着玉米的生长,在生长后期出现减小的趋势.在玉米生长前期,T4处理的生长速率最小,但在进入拔节期后其生长速率超过了T2、T3和T4,在玉米生长后期T4处理的生长速率大于其他4个处理.由此可看出,由于供水不足T4处理对玉米的水分胁迫明显,株高不能正常生长,有提前成熟现象.T1、T2、T3和CK处理的生长速率趋势相同,生长速率接近.

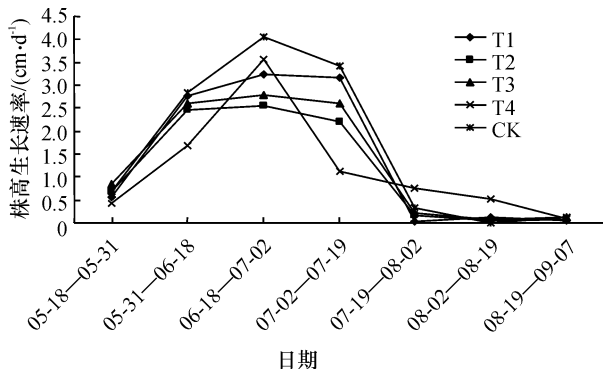


图2 各处理玉米株高生长速率

Fig. 2 Growth rate of plant height of maize in childbearing period under different treatments

## 2.2 不同处理对玉米干物质积累的影响

由图3可以看出,微润灌溉玉米的干物质积累的总趋势异于膜下滴灌,说明微润灌溉的水分配

和膜下滴灌的不同.苗期各处理的干物质积累差别不大,拔节期干物质积累迅速增加,且在拔节期后便显出了差异性.拔节期和抽穗期的干物质积累趋势相同;灌浆期T2处理的干物质积累较大,成熟期T3处理的干物质积累较快,而T1处理在灌浆期前的干物质积累较大,在灌浆期后基本不再增长;T2、T3和T4处理在灌浆期前干物质积累量基本相同,在灌浆期后出现差别;T4处理的干物质积累在抽穗期后处于稳定,有提前成熟的现象.CK的单株干物质含量在整个生育期内都高于其他处理.由此可知耗水量对玉米苗期干物质的积累影响不大,但对其他各生育期有不同程度的影响.

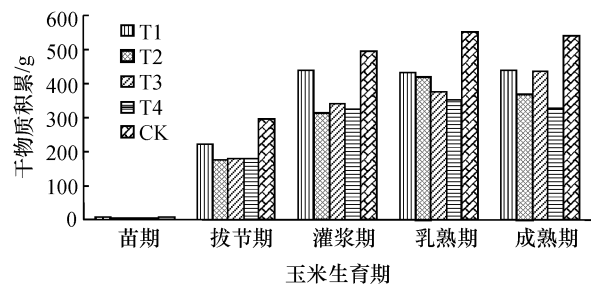


图3 各处理玉米的单株干物质质量

Fig. 3 Dry matter of maize under different treatments

## 2.3 不同处理对玉米产量构成情况的影响

从表3中可以看出,膜下滴灌(CK)的产量、穗质量、穗粒数和穗粒质量都高于其他处理,百粒质量和穗行数却低于T1处理,这说明微润灌溉可以优化玉米干物质的分配与转移.方差分析结果显示,T4处理的产量构成因子和其他处理都存在极显著差异,说明玉米的各因子形成受耗水量的影响较大.在微润灌溉处理中,T3的秃尖度最小,产量、穗粒数和穗粒质量最高,而百粒质量也仅次于T1处理,说明微润管在埋设深度18 cm、埋设间距为1管1行、压力为0.60 MPa的设计下,有利于玉米产量的形成.T4处理由于严重缺水影响了玉米的生殖生长和籽粒的生长.可见,合理的微润灌溉处理有利于籽粒的生长和玉米的生殖生长.

## 2.4 不同处理对玉米耗水量和水分利用效率的影响

在玉米的整个生育期内,耗水量随着灌水量的减少而减少,产量随着耗水量的增加而增加.在耗水量方面各个处理都存在极显著差异,且滴灌的耗水量最多,而在水分利用率方面却都不存在极显著差异,T2和T4的水分利用效率有显著差异,这说明微润灌溉明显提高了水分利用率.与CK相比,T4的节水率最高,T3的节水率最小.CK处理玉米的耗水量最大,产量也最高,分别比T1、T2、T3和T4高33.13%、

表3 不同处理的产量构成情况<sup>1)</sup>

Tab.3 Yield constituent under different treatments

处理	产量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	穗质 量/g	穗粗/cm	穗长/cm	秃尖度/cm	穗行数/行	穗粒数/粒	穗粒 质量/g	百粒 质量/g
T1	4 944.44bB	58.09aA	3.80aA	9.56aA	1.05bAB	14.25aA	144.81abA	41.70aA	33.77aA
T2	4 844.44bB	45.92abAB	3.59aAB	8.13abAB	1.16abAB	12.73aA	126.67bAB	35.54abAB	27.86abA
T3	5 411.11bAB	56.32aA	3.83aA	8.79abAB	0.87bcB	13.93aA	147.73abA	43.44aAB	30.17abA
T4	2 666.67cC	23.80bB	2.86bB	7.11bB	1.62aA	8.40bB	53.40cB	16.49bB	20.80bA
CK	7 394.10aA	64.39aA	3.90aA	9.46aAB	1.20abAB	13.69aA	184.63aA	52.03aA	28.00abA

1) 同列数值后凡是有一个相同大、小写字母者,分别表示在 0.01、0.05 水平差异不显著 (Duncan's 法)。

34.48%、26.82% 和 63.94% (表 4)。T4 处理的耗水量最小,产量最低,这是由于 T4 处理的埋设深度大、压力小,本身出水量小,不能满足玉米关键期需水量,使产量严重受损从而导致减产和水分利用率低。

表4 不同处理的玉米耗水量和水分利用率<sup>1)</sup>

Tab.4 Maize evapotranspiration and water use efficiency under different treatments

处理	灌水 量/mm	耗水 量/mm	节水 率/%	产量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	水分利用率/ (kg·hm <sup>-2</sup> ·mm <sup>-1</sup> )
T1	115.08 C	172.38 C	48.05	4 944.44 bB	28.68 abA
T2	85.56 D	143.13 D	61.38	4 844.44 bB	33.85 aA
T3	136.84 B	194.33 B	38.23	5 411.11 bAB	27.85 abA
T4	66.37 E	123.59 E	70.04	2 666.67 cC	21.58 bA
CK	221.54 A	284.89 A		7 394.10 aA	25.95 abA

1) 同列数值后凡是有一个相同大、小写字母者,分别表示在 0.01、0.05 水平差异不显著 (Duncan's 法)。

### 3 结论

以膜下滴灌作为对照试验,对不同的微润灌溉处理进行了试验。根据不同的微润灌溉处理的耗水量不同对玉米茎粗、株高、干物质、产量和水分利用效率等影响分析比较,可得出如下结论:

1) 在玉米的整个生育期中茎粗、株高和产量随着耗水量的下降而下降。微润灌溉的干物质积累趋势和膜下滴灌不同。在玉米需水关键期缺水会使玉米不能正常生长,提前成熟,且严重减产。

2) 在产量构成因素方面,微润灌溉有利于玉米籽粒发育,使籽粒饱满,百粒质量增加,可以优化玉米干物质的积累、分配与转移。而膜下滴灌产量最高,籽粒饱满程度却逊于微润灌溉的处理。

3) 膜下滴灌的产量和水分利用效率都最高。在不同的微润灌溉处理下,微润管的埋设深度、间距和压力对玉米的产量和水分利用效率都有显著的影响,T2 的水分利用效率最高,T3 的产量最高,由此可知其中压力对产量和水分利用效率影响最大。T1 和 T3 的耗水量大于 T2 和 T4,说明微润管间距对微润管出水量的影响较大。

本试验表明,微润灌溉处理在产量方面还不及膜下滴灌,但在产量构成和水分利用率方面却优于膜下滴灌。从玉米的综合效益看,微润管埋设深度 18 cm、间距为 1 管 1 行、压力在 0.60 MPa 的组合为最优处理。由于微润灌溉尚处于研究阶段,在使用过程中有爆管和漏水现象。虽然目前微润灌溉存在一些缺点及由于技术问题有减产现象,但由于它所具有的一系列优点,使得它具有广阔的应用前景,今后还需要不断研究解决微润灌溉技术和产品方面的问题,最终达到节水增产的目的。

#### 参考文献:

- [1] 岳兵. 渗灌技术存在问题与建议[J]. 灌溉排水, 1997, 16(2):40-44.
- [2] 王彦军,沈秀英,王留运. 一种新型的节水灌溉技术:渗灌[J]. 节水灌溉, 1997(2):3-7.
- [3] 王允喜,李明思,蓝明菊. 膜下滴灌土壤湿润区对田间棉花根系分布及植株生长的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(8):31-38.
- [4] COELHO F E, OR D. Root distribution and water uptake patterns of maize under surface and subsurface drip irrigation[J]. Plant and Soil, 1999, 206(2):123-136.
- [5] TAYLOR H M, KLEPPER B. Water relations of cotton: I: Root growth and water use as related to top growth and soil water content[J]. Agron J, 1974, 66:584-588.
- [6] CARMÍ Z P A, GRAVA A. Cotton growth and production under drip-irrigation restricted soil wetting[J]. Irrig Sci, 1988, 9(2):143-156.
- [7] 王淑红,张玉龙,虞娜. 渗灌技术的发展概况及其在保护地中的应用[J]. 农业工程学报, 2005, 21(S1):92-95.
- [8] 曲天佑,盛子荣. 解决渗灌堵塞及其它问题的探讨[J]. 内蒙古水利, 1998(2):38-39.
- [9] 张国祥. 地下滴灌(渗灌)的技术状况与建议[J]. 地下水, 1996, 18(2):51-54.
- [10] 奕永庆. 节水灌溉技术[J]. 今日科技, 1998(11):8-9.
- [11] 雷醒民. 渗灌中管深管距渗水量的试验浅析[J]. 广西气象, 1997(2):27-28.
- [12] 冯广志. 对“渗灌”的几点看法[J]. 中国农村水利水电, 1997(7):5-6.