

注灌施肥对全膜双垄沟播玉米产量及土壤水分的影响

崔云玲, 张立勤, 车宗贤

(甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 在榆中县旱作区全膜双垄沟播栽培下, 观察了不同注灌施肥处理对玉米产量及土壤水分含量的影响。结果表明, 不同水肥条件对玉米产量均有一定的影响。基施N 180.00 kg/hm²、P₂O₅ 120.00 kg/hm²、ZnSO₄ 7.50 kg/hm²、K₂O 30.00 kg/hm², 拔节期和大喇叭口期各注水30 m³/hm²处理下玉米折合产量最高, 为14 157.6 kg/hm²。玉米抽雄期0~60 cm土层含水量各处理变化趋势相同, 均表现为0~20 cm土层含水量较高, 20~60 cm土层含水量相对较低, 且相互间无明显差异。注水对水分利用效率的影响不显著。

关键词: 全膜双垄沟播; 玉米; 注灌施肥; 产量; 土壤水分

中图分类号: S513 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2014)02-0007-04

doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2014.02.003

Effect of Pouring Irrigation Fertilization on Yield and Soil Moisture of Corn Ditch Sowing in Double Ridge Mulched With Plastic Films

CUI Yun-ling, ZHANG Li-qin, CHE Zong-xian

(Institute of Soil, Fertilizer and Water-saving Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: The effect of pouring irrigation fertilization on yield and soil moisture of corn ditch sowing in double ridge mulched with plastic films in dryland area of Yuzhong county was observed. The results showed that different water and fertilizer conditions had some effect on corn yield. The yield was the highest (14 157.6 kg/hm²) which base application of N 180.00 kg/hm²、P₂O₅ 120.00 kg/hm²、ZnSO₄ 7.50 kg/hm²、K₂O 30.00 kg/hm² under treatment for each injection water 30 m³/hm² at jointing stage and the large bell stage. The treatments trend of the soil moisture in layer of 0~60 cm was similar at corn tasseling stage which the soil moisture in layer of 0~20 cm was higher, the soil moisture in layer of 20~60 cm was relatively low, and there was no significant differences between each other. In addition, the effects of pouring irrigation on water use efficiency was not significant.

Key words: Ditch sowing in double ridge mulched with plastic films; Corn; Pouring irrigation fertilization; Yield; Soil moisture

旱地全膜双垄沟播技术是根据甘肃省中东部农业生产的实际研究提出的一项重大旱作农业新技术^[1-3]。其核心是在地表起大小双垄并在双垄之间形成集雨沟槽, 用地膜全地面覆盖, 在沟内播种作物。该技术体系集垄面集流、覆膜抑蒸、垄沟种植技术于一体, 大幅度提高了土壤水分的保蓄率、降水利用率和水分利用效率, 并使玉米等作物增产30%以上。由于该技术极其显著的集雨、保墒和增产作用^[4-8], 2004年起在甘肃、青海、宁夏、内蒙古和陕西等地旱作区大面积推广应用, 至2012年仅甘肃省应用面积已超过66.67万hm²。但旱地全膜双垄沟播以往的研究主要集中在

栽培技术、与常规种植模式相互比较、增产机理和对降水的高效利用等方面^[9-17], 而该模式下注灌施肥对作物产量及水分利用的影响研究较少。我们针对旱作区集流雨水补偿灌溉利用率不高、作物生育前期干旱少雨和全膜覆盖追肥难及中后期脱肥等问题, 于2012年开展了“雨水蓄集+全膜双垄沟播技术+施肥”于一体的旱作区玉米水肥一体化技术研究, 明确了全膜双垄沟播条件下补水追肥对玉米产量及水肥利用和土壤水库的补给情况。

1 材料与方法

1.1 供试材料

指示玉米品种为沈单16号。供试氮肥为尿素

收稿日期: 2013-11-13

基金项目: 甘肃省农业科技创新项目“集雨补灌区玉米、马铃薯水肥一体化技术研发集成与示范”(GNCX-2011-35)部分内容

作者简介: 崔云玲(1972—), 女, 甘肃永靖人, 副研究员, 主要从事植物营养与土壤肥料方面的研究工作。联系电话: (0)13893425572。E-mail: tfscyl@163.com

通讯作者: 车宗贤(1964—), 男, 甘肃会宁人, 研究员, 主要从事土壤肥料与节水农业、绿色农业等方面的研究与示范推广工作。联系电话: (0931)7614717。

(含N 46%), 土施磷肥为普通过磷酸钙(含 P_2O_5 12%), 追施速溶磷肥为85%磷酸, 钾肥为硫酸钾(含 K_2O 50%)。

1.2 试验区概况

试验于2012年3—10月在榆中县小康营乡小康营村进行。海拔2 070 m, 东经 $104^{\circ} 9'$, 北纬 $35^{\circ} 50'$, 年平均气温 $6.2^{\circ}C$, $\geq 0^{\circ}C$ 积温 $3\ 044^{\circ}C$, $\geq 10^{\circ}C$ 有效积温 $2\ 179^{\circ}C$, 年降水量300 mm左右, 蒸发量 $1\ 500$ mm左右, 农作物生长期196 d, 平均无霜期120 d, 属甘肃省中部地区典型的旱作农业区。土壤类型为黑垆土川台麻土, 耕层土壤养分含量为有机质 14.6 g/kg、水解氮 96.8 mg/kg、速效磷 16.7 mg/kg、速效钾 217.4 mg/kg、pH为8.24。前茬玉米, 常年精耕细作, 土壤肥力较高。玉米生长期降水情况见图1。

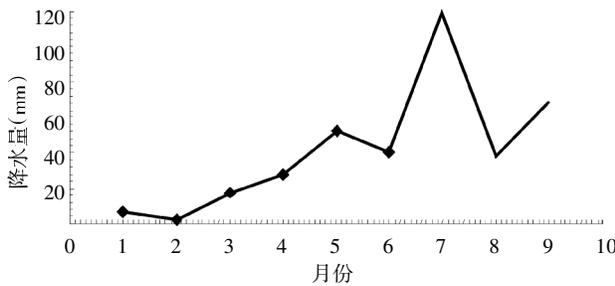


图1 玉米生长期降水量

1.3 试验方法

试验共设7个处理(表1), 随机区组排列, 3次重复, 小区面积 33 m², 前茬玉米。采用全膜双垄沟播种植, 每带幅宽 110 cm, 其中大垄宽 70 cm、

高 10 cm, 小垄宽 40 cm、高 15 cm, 大小垄相间形成播种沟。4月20日结合整地按试验方案基施肥料后起垄覆膜, 4月28日播种, 播深 $3\sim 5$ cm, 播种密度 5.5 万株/hm²。注水时按试验方案称取肥料, 将肥料倒入适量水中完全溶解, 再按试验设计注水量加入注灌机混匀后随水注入。其余管理同当地大田。试验以 20 cm为1层分别于播种前、收获后测定 $0\sim 100$ cm土壤含水量, 于抽雄期、灌浆期测定 $0\sim 60$ cm土壤含水量。9月28日玉米成熟后分小区取10株进行室内常规考种, 各小区单收计产。数据均采用Excel和DPS软件分析。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 土壤水分含量 采用烘干称重法测定, 计算公式为: $w=[(W_1-W)/W] \times 100\%$, 式中, w 为土壤重量含水量, W_1 为湿土重量, W 为干土重。

1.4.2 作物耗水量 作物耗水量用农田水分平衡法计算。简化的农田水分平衡方程式为: $ET=P-\Delta W$, 式中, ET 为作物耗水量; P 为降水量; ΔW 为时段末与时段初土壤贮水量之差。式中各分量均以mm为单位。

1.4.3 作物水分利用效率 作物水分利用效率为作物消耗单位水量生产出的经济产量(籽粒产量), 其表达式为: $WUE=y/ET$, 式中, y 为单位面积的经济产量; ET 为作物一生的耗水量。

2 结果与分析

2.1 不同水肥条件下的玉米产量

通过表2可以看出, 不同水肥条件下, 玉米折合产量以CK3最高, 为 $14\ 157.6$ kg/hm², 较其余处

表1 试验方案

处理	方案
1(CK1)	基施 P_2O_5 120.00 kg/hm ² 、 $ZnSO_4$ 7.50 kg/hm ² 、 K_2O 30.00 kg/hm ² , 不注水。
2(CK2)	基施N 180.00 kg/hm ² 、 P_2O_5 120.00 kg/hm ² 、 $ZnSO_4$ 7.50 kg/hm ² 、 K_2O 30.00 kg/hm ² , 不注水。
3(CK3)	基施 N 180.00 kg/hm ² 、 P_2O_5 120.00 kg/hm ² 、 $ZnSO_4$ 7.50 kg/hm ² 、 K_2O 30.00 kg/hm ² , 注水 (拔节期和大喇叭口期各注水 30 m ³ /hm ² , 下同)。
4	基施N 90.00 kg/hm ² 、 P_2O_5 120.00 kg/hm ² , 结合注水追施 K_2O 15.00 kg/hm ² 、N 45.00 kg/hm ² 、 $ZnSO_4$ 3.75 kg/hm ² 。
5	基施 P_2O_5 120.00 kg/hm ² , 结合注水追施 K_2O 15.00 kg/hm ² 、N 90.00 kg/hm ² 、 $ZnSO_4$ 3.75 kg/hm ² 。
6	基施 P_2O_5 120.00 kg/hm ² , 结合注水追施 K_2O 15.00 kg/hm ² 、N 60.00 kg/hm ² 、 $ZnSO_4$ 3.75 kg/hm ² 。
7	不施基肥, 结合注水追施 P_2O_5 30.00 kg/hm ² 、 K_2O 15.00 kg/hm ² 、N 60.00 kg/hm ² 、 $ZnSO_4$ 3.75 kg/hm ² 、 $MnSO_4$ 3.75 kg/hm ² 。

表2 不同水肥条件对玉米产量的影响

处理	小区平均产量 (kg/33 m ²)	折合产量 (kg/hm ²)	较CK1增产		较CK2增产		较CK3增产		位次
			增产量 (kg/hm ²)	增产率 (%)	增产量 (kg/hm ²)	增产率 (%)	增产量 (kg/hm ²)	增产率 (%)	
1(CK1)	39.88	12 084.8 b B			181.8	1.5	-2 072.8	-14.6	6
2(CK2)	39.28	11 903.0 b B	-181.8	-1.5			-2 254.6	-15.9	7
3(CK3)	46.72	14 157.6 a A	2 072.8	17.2	2 254.6	18.9			1
4	43.17	13 081.8 ab AB	997.0	8.3	1 178.8	9.9	-1 075.8	-7.6	3
5	45.10	13 666.7 a AB	1 581.9	13.1	1 763.7	14.8	-490.9	-3.5	2
6	42.50	12 878.8 ab AB	794.0	6.6	975.8	8.2	-1 278.8	-9.0	5
7	42.68	12 933.3 ab AB	848.5	7.0	1 030.3	8.7	-1 224.3	-8.7	4

理增产 490.9 ~ 2254.6 kg/hm²。其中较 CK1 增产 2 072.8 kg/hm²，增产率 17.2%；较 CK2 增产 2 254.6 kg/hm²，增产率 18.9%。处理 5 次之，为 13 666.7 kg/hm²，较 CK1 增产 1 581.9 kg/hm²，增产率 13.1%；较 CK2 增产 1 763.7 kg/hm²，增产率 14.8%。对产量进行方差分析的结果表明 ($F=4.293 > F_{0.01}=4.01$)，CK3 与 CK1、CK2 之间差异达极显著水平，与其余处理之间差异不显著；处理 5 与 CK1、CK2 差异达显著水平，与处理 4、处理 6、处理 7 差异不显著。

2.2 不同水肥条件下田间土壤水分变化

通过图 2 可以看出，玉米抽雄期各处理 0 ~ 60 cm 土层含水量变化趋势相同，均表现为 0 ~ 20 cm 土层土壤含水量较高，20 ~ 60 cm 土层土壤含水量

相对较低，且不同处理间无明显差异。在玉米灌浆期 (图 3)，除处理 7 的 0 ~ 20 cm 土层含水量略低外，其余处理为 14.55% ~ 15.95%；20 ~ 60 cm 土层含水量各处理相差不大，为 11.69% ~ 13.50%。玉米收获期 (图 4)，0 ~ 100 cm 土层土壤含水量处理 2 相对较低，其余处理水分垂直分布虽然差别较大，但在该土层内的平均含水量变化范围不大，为 11.68% ~ 12.73%。

玉米播前及收获后，0 ~ 100 cm 土层土壤水分垂直分布见图 5，尽管试验年玉米生育期降水较为充沛，达 337.2 mm，但降水对土壤水库依然没有补充，表现为 0 ~ 100 cm 土层含水量收获期远低于播前，全生育期耗水量为 351.67 ~ 387.25 mm，

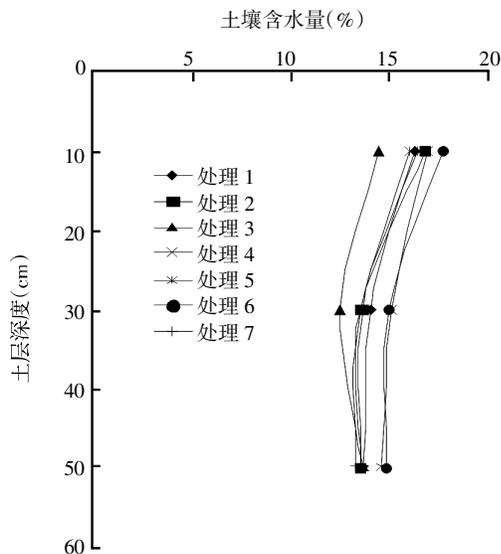


图 2 第 1 次注水前 (抽雄期) 0~60 cm 土层土壤水分分布

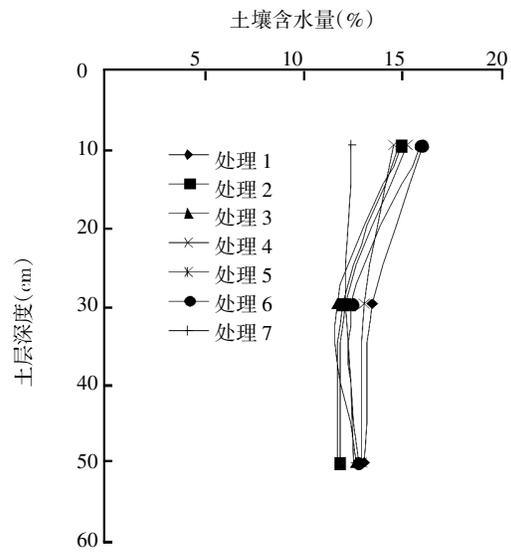


图 3 第 2 次注水前 (灌浆期) 0~60 cm 土层土壤水分分布

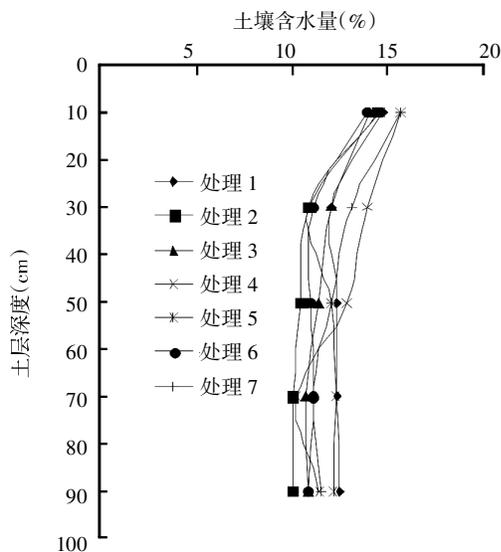


图 4 收获期 0~100 cm 土层土壤水分分布

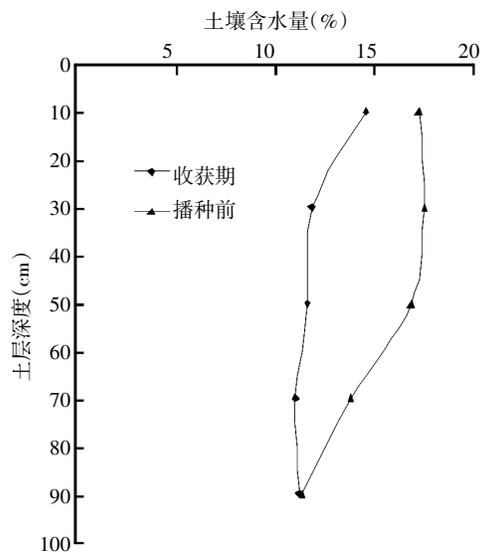


图 5 玉米播种前及收获后 0~100 cm 土层土壤水分分布

即玉米在生长期內不但消耗了全部的降水,而且对0~100 cm土层土壤的贮存水分消耗也较大。

2.3 水肥条件对玉米耗水量和水分利用效率的影响

从表3可以看出,水肥条件对玉米生育期耗水量有一定的影响。耗水量以处理6最低,生育期耗水351.67 mm,分别较CK1、CK2、CK3低16.22、35.58、34.06 mm。CK2、CK3生育期耗水量较大,分别为387.25、385.73 mm。CK3耗水量较大是由于玉米产量较高,对水分的需求也相应增大。水分利用效率以CK1最高,分别比其他处理增加0.78~6.09 kg/(mm·hm²),增幅2.13%~19.46%。其次为处理6、CK3,分别为36.54、35.97 kg/(mm·hm²)。方差分析表明,所有处理间水分利用效率差异均不显著。

表3 水肥条件对玉米水分利用效率的影响

处理	注水量 (m ³ /hm ²)	降水量 (mm)	耗水量 (mm)	WUE [kg/(mm·hm ²)]
1(CK1)	0	337.2	367.89 ab A	37.32 a A
2(CK2)	0	337.2	387.25 a A	31.23 a A
3(CK3)	60	337.2	385.73 a A	35.97 a A
4	60	337.2	373.59 ab A	34.59 a A
5	60	337.2	379.35 ab A	34.29 a A
6	60	337.2	351.67 b A	36.54 a A
7	60	337.2	375.24 ab A	35.32 a A

3 小结与讨论

1) 在榆中县旱作区玉米全膜双垄沟播栽培中,不同水肥条件对玉米产量均有一定的影响。基施N 180.00 kg/hm²、P₂O₅ 120.00 kg/hm²、ZnSO₄ 7.50 kg/hm²、K₂O 30.00 kg/hm²,拔节期和大喇叭口期各注水30 m³/hm²条件下折合产量最高,为14 157.6 kg/hm²,较基施P₂O₅ 120.00 kg/hm²、ZnSO₄ 7.50 kg/hm²、K₂O 30.00 kg/hm²增产2 072.5 kg/hm²,增产率17.2%;较基施N 180.00 kg/hm²、P₂O₅ 120.00 kg/hm²、ZnSO₄ 7.50 kg/hm²、K₂O 30.00 kg/hm²增产2 254.6 kg/hm²,增产率18.9%。

2) 玉米抽雄期0~60 cm土层土壤含水量变化趋势相同,均表现为0~20 cm土层含水量较高,20~60 cm土层含水量相对较低,且相互间无明显差异。注水对水分利用效率差异不显著,在水分不成为限制因素的雨养农业区,注水补灌对玉米生长和产量的影响不大。

3) 在生态类型和土壤结构与试验区相似的甘肃省广大干旱雨养区,即使在降水量较为充沛的年份,作物生育期降水对地下土壤水库补充极为有限,除休闲期降水外,地下土壤水库长期处于亏空状态。土壤水分也主要集中在0~20 cm耕层,耕层以下(60~80 cm土层)土壤水分较低,因此土壤水

库的调蓄功能非常有限。也就是说在干旱年份,作物可利用水分仍仅限于浅层,尽管作物自身抗旱性促使根系下扎,但深层土壤没有足够的水分供给作物生长而致使作物受旱。

参考文献:

- [1] 赵凡. 旱地玉米全膜覆盖双垄面集雨沟播栽培技术[J]. 甘肃农业科技, 2004(11): 22-23.
- [2] 尚勳武, 杨祁峰, 刘广才. 甘肃发展旱作农业的思路和技术体系[J]. 干旱地区农业研究, 2007(增刊): 194-196.
- [3] 杨祁峰, 孙多鑫, 熊春蓉, 等. 玉米全膜双垄沟播栽培技术[J]. 中国农技推广, 2007, 23(8): 20-21.
- [4] 刘广才, 杨祁峰, 段襁全, 等. 甘肃发展旱地全膜双垄沟播技术的主要模式[J]. 农业现代化研究, 2008, 29(5): 629-632.
- [5] 张雷, 牛建彪, 赵凡. 旱作玉米双垄面集雨全地面覆膜沟播抗旱增产技术研究[J]. 甘肃科技, 2004, 20(11): 174-175.
- [6] 张雷. 旱地双垄面集水全膜不同时期覆盖对玉米生长的影响[J]. 作物杂志, 2007(3): 67-68.
- [7] 张雷, 牛建彪, 赵凡. 旱作玉米提高降水利用率的覆膜模式研究[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(2): 8-11, 17.
- [8] 刘广才, 杨祁峰, 李来祥, 等. 旱地玉米全膜双垄沟播技术土壤水分效应研究[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(6): 18-28.
- [9] 刘学文. 玉米全膜双垄沟播栽培技术研究[J]. 现代农业科技, 2012(15): 21-21, 24.
- [10] 方彦杰. 旱地全膜双垄沟种植对土壤温度及玉米产量的影响[J]. 浙江农业科学, 2012(7): 942-944.
- [11] 张向波, 栾欣, 徐小龙. 玉米全膜双垄沟播机械化技术试验示范与推广[J]. 中国农业信息(上半月), 2012(3): 189-190.
- [12] 马金虎, 杜守宇, 杨发, 等. 旱地马铃薯全膜双垄沟播技术水分及增产效应研究[J]. 宁夏农林科技, 2011, 52(2): 3-5, 30.
- [13] 刘五喜. 玉米全膜双垄沟播一膜两年用与新覆膜栽培比较试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2012(3): 32-34.
- [14] 赵凡, 金胜利, 张光全, 等. 旱地全膜双垄沟播栽培条件下玉米穗部性状的数量关系研究. 干旱地区农业研究[J]. 2011, 29(6): 79-85, 96.
- [15] 王学兰. 全膜双垄沟播方式对旱地玉米产量和水分利用效率的影响[J]. 甘肃科技, 2011, 27(19): 183-185.
- [16] 张志奇. 覆膜时期对全膜双垄沟播玉米产量及水分利用效率的影响[J]. 甘肃农业科技, 2011(7): 24-27.
- [17] 马金虎, 杜守宇, 杨发, 等. 宁夏不同旱作区全膜双垄沟播技术的增产效果研究[J]. 宁夏农林科技, 2011, 52(2): 1, 45.