

不同秸秆还田量对旱地全膜双垄沟播土壤水分及玉米生长的影响

折翰非^{1,2}, 杨祁峰^{1,3}, 牛芬菊⁴, 牛俊义^{1,2}, 熊春蓉⁵, 徐文强^{1,2}
(1. 甘肃农业大学农学院, 甘肃 兰州 730100; 2. 甘肃省干旱生境作物重点实验室, 甘肃 兰州 730100;
3. 甘肃省农牧厅, 甘肃 兰州 730070; 4. 榆中县农业技术推广中心, 甘肃 兰州 730100;
5. 甘肃省农业技术推广总站, 甘肃 兰州 730020)

摘 要: 在通渭半干旱区通过试验研究了不同秸秆还田量对全膜双垄沟播玉米生长形状、土壤水分状况及产量的影响。试验设计了 3 个还田量梯度, 即玉米秸秆按 6 000 kg·hm⁻²(低量还田处理)、9 000 kg·hm⁻²(中量还田处理)、12 000 kg·hm⁻²(高量还田处理)整秆还田, 不还田处理作为对照。结果表明, 在生育前期时, 0~200 cm 土壤水分呈现出还田量越高土壤含水量越高的趋势, 在出苗期最为明显, 高、中、低还田量处理较对照土壤含水量分别高出 6.07%、1.24%、0.31%, 而在抽雄期后, 则表现为低量还田处理>中量还田处理>不还田处理>高量还田处理, 叶面积大小表现为高量还田处理>中量还田处理>低量还田处理>不还田处理。耗水量表现为低量还田处理<中量还田处理<不还田处理<高量还田处理。产量及水分利用效率以 6 000 kg·hm⁻²还田量处理最高, 适宜在半干旱旱作区进行推广。

关键词: 秸秆还田; 玉米; 全膜双垄沟播; 土壤水分; 玉米产量
中图分类号: S345; S513 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)06-0138-05

Effect of different straw treatments on soil water and growth of maize with film mulched double-furrow sowing in dry land

ZHE Han-fei^{1,2}, YANG Qi-feng^{1,3}, NIU Fen-ju⁴, NIU Jun-yi^{1,2},
XIONG Chun-rong⁵, XU Wen-qiang^{1,2}
(1. Agronomy College, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China;
2. Gansu Provincial Key Laboratory of Arid Land Crop Science, Lanzhou, Gansu 730070, China;
3. Gansu Provincial Department of Agricultural & Animal Husbandry, Lanzhou, Gansu 730000, China;
4. Yuzhong Agro-techno Long Extension Center, Lanzhou, Gansu, 730100, China;
5. Gansu Provincial Agro-techno Long Extension Center, Lanzhou, Gansu, 730020, China)

Abstract: The study aims to investigate the effect of different straw treatments on soil water, yield and growth of maize with film mulched double-furrow sowing in dry land. For treatments were as follows: the amounts of maize straw of 6 000 kg·hm⁻²(low level returning), 9 000 kg·hm⁻²(medium level returning), 12 000 kg·hm⁻²(high level returning), and the control treatment with no straw returning. The results showed that the soil water increased with amount of straw at early growing stage, especially during emergence stage, increased by 6.07%, 1.24% and 0.31% for high, middle and low treatments, respectively. During tasseling stage, the increasing effect was in the order of low-level>mid-level>no straw>high-level, the order of leaf area was high-level>mid-level returning>low-level>no straw treatment, and the order of water consumption was high-level>no straw>mid-level>low-level treatment. The yield and water use efficiency of 6 000 kg·hm⁻² treatment (low-level returning) was highest, indicating that is suitable for extension in semi arid regions.

Keywords: straw returning; corn; film mulched double-furrow sowing; soil moisture; grain yield

收稿日期: 2014-03-24
基金项目: 甘肃省旱作农业项目(甘农牧发[2011]330)
作者简介: 折翰非(1988—), 男, 甘肃兰州人, 在读硕士, 研究方向为作物栽培与生态生理。E-mail: 314663200@qq.com。
通信作者: 杨祁峰, E-mail: yangqf@vip.163.com。

全膜双垄沟播技术是为克服我国旱作地区传统栽培技术不足,所研究的一项集覆盖抑蒸、膜面集雨、沟垄种植为一体的旱作农业新技术^[1]。我国内陆地区如甘肃、青海、内蒙等省份地形复杂,灌溉困难,因此采用全膜双垄沟播技术可以富集利用农田表面雨水,最大限度地解决土壤水分无效蒸发的问题^[2]。但随着该技术的大面积推广应用、连年种植,耕地有机质投入不足,影响后期产量增长潜力。如何增加土壤有机质、补充土壤养分,已经是完善旱地全膜双垄沟技术体系亟待解决的难题之一。将全膜双垄沟播技术与秸秆还田相结合是解决土壤有机质减少问题的努力方向之一。秸秆还田可以改善土壤物理性质,降低土壤容重,并且增加土壤微生物数量,增加土壤有机质和养分含量^[3]。研究表明,在长期秸秆与化肥配合施用下,土壤全 N、全 P、速效 P 和速效 K 含量显著提高^[4]。秸秆还田与覆膜结合后,土壤含水量显著增长,同时,还田量的不同也显著影响土壤水分的贮藏^[5]。在秸秆还田结合全膜双垄沟播技术中,经秸秆还田后全膜双垄沟播耕层土壤养分含量显著高于不还田的土壤^[6]。前人对全膜双垄沟播技术与秸秆还田相结合已有所研究,但在不同秸秆还田用量下对土壤水分及玉米生长的影响研究还有空缺。本研究设置不同秸秆还田量处理,通过研究玉米秸秆还田后对土壤水分、玉米生长的影响,旨在为玉米全膜双垄沟播秸秆还田实际生产上制定适宜的还田量方案提供一定的参考依据。

1 材料与方法

1.1 试区基本概况

试验 2011 年 10 月至 2012 年 10 月在通渭县平襄镇孙庄村梯田地实施。试区海拔 1 897 m。当地正常年份降雨量 420 mm,玉米生育期降雨量约 330 mm,有效积温 2 580℃,无霜期 135 d。土壤为山地黄麻土,肥力中等,前茬作物为玉米。pH 值为 8.36,有机质含量 12.17 g·kg⁻¹,全氮 0.64 g·kg⁻¹,碱解氮 43 mg·kg⁻¹,速效磷 8.0 mg·kg⁻¹,速效钾 111 mg·kg⁻¹。

1.2 试验设计

试验共设 4 个处理,秸秆还田量分别为处理 A:还田量 12 000 kg·hm⁻²(高量还田处理);处理 B:还田量 9 000 kg·hm⁻²(中量还田处理);处理 C:还田量 6 000 kg·hm⁻²(低量还田处理);处理 D:不还田(CK),3 次重复。种植方式均采用全膜双垄沟播技术。各处理小区面积均为(5.5 m×8 m)44 m²,平均行距 55 cm,株距 36 cm,小区间距 50 cm。采用随机

区组排列。

供试品种为中玉 9 号,4 月 15 日播种,播种密度 50 000 株·hm⁻²,前茬为全膜双垄沟播玉米,收后耕耧,11 月中上旬起垄铺膜,将玉米秸秆整秆埋入大垄内,小垄 40 cm,垄高 15 cm,大垄 70 cm,垄高 10 cm,全膜覆盖;翌年垄沟内穴播点种。全部肥料在起垄时一次性施在大垄垄底,每公顷施尿素 525 kg,过磷酸钙 750 kg,硫酸钾 225 kg。

1.3 试验测定项目与方法

秸秆残留量的测定:在苗期、拔节期、抽雄期、灌浆期、成熟期用根钻对各处理取土样,深度 0~20 cm,烘干后用 5 mm 孔目的筛过筛,取出土壤中残留的秸秆,测定土壤秸秆残留量,取三个重复,取其平均值。计算方法如下:

秸秆残留量(%) =

$$\frac{\text{单位土壤残留秸秆烘干重量}}{\text{单位土体烘干重量} + \text{单位土壤残留秸秆烘干重量}} \times 100\%$$

土壤水分测定:于春播前至收获后的各个生育时期测定不同处理 0~200 cm 土层含水量,以 20 cm 为一土层单位,进行土壤水分动态监测。在垄沟作物生长区取样,采用烘干法测定。

土壤耗水量 $ET(\text{mm}) = \text{播种时土壤 } 0 \sim 200 \text{ cm 贮水量} - \text{收获期土壤 } 0 \sim 200 \text{ cm 贮水量} + \text{玉米全生育期降雨量}$ 。

水分利用效率(WUE) = 单位面积产量/全生育期耗水量[kg/(mm·hm²)]。

株高、茎粗、叶面积:每小区选取 5 株有代表性的植株进行标记定点,在玉米苗期开始在各生育期测单株株高、茎粗和叶面积,叶面积测定采用系数法,即单位面积 = 叶片中脉长度(cm)×叶片最在宽度(cm)×系数(0.75)。

产量及经济性性状测定:每小区随机选取 15 株,进行考种,全区收获进行测产,折算实际产量。测定项目为收获后玉米产量及穗部性状。

2 结果与分析

2.1 不同秸秆还田量对秸秆残留量的影响

如图 1 所示,在相同生育时期内,3 种不同还田量的处理均呈现出还田量越高残留量也越高的趋势,残留量始终表现为高量还田处理 > 中量还田处理 > 低量还田处理。在苗期、拔节期和抽雄期这 3 种处理之间差异显著($P < 0.05$),在灌浆期时,高量还田处理和中量还田处理差异不显著。到成熟期时,秸秆残留量的差距进一步缩小,高量还田处理和

中量还田处理以及中量还田处理和低量还田处理间差异不显著;从整个生育期来看,前期秸秆腐解速度较低,后期秸秆腐解速度加快。从苗期到拔节期腐解进程缓慢,到抽雄期开始,秸秆迅速分解,且还田量越高分解速度越快,到成熟期后,还田的秸秆已大部分腐解,腐解速度趋于平缓。秸秆腐解需要水分和热量,在 6—8 月降雨量多、气温高,有利于秸秆的腐解,全膜双垄沟播技术极大地积蓄水分,最小程度地降低土壤水分无效蒸发^[7],增加土壤温度^[8],所以 6—8 月是主要的腐解阶段。

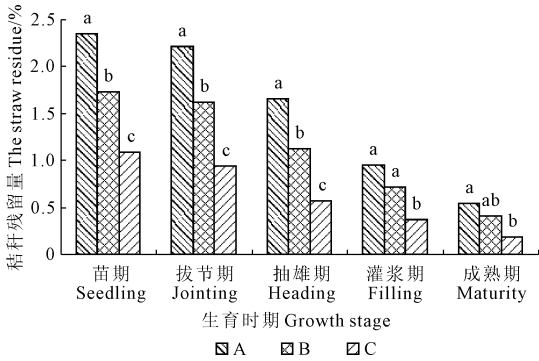


图 1 不同处理秸秆残留量变化图

Fig.1 Amount of straw residue for different treatments

2.2 土壤含水量的变化

图 2 为不同秸秆还田量下对 0~200 cm 平均土壤含水量的影响,可以看出在出苗期和拔节期,土壤水分呈现出还田量越高土壤含水量越高的趋势,在出苗期,高、中、低还田量处理较对照土壤 0~200 cm

含水量分别高出 6.07%、1.24%、0.31%,在拔节期时分别高出 4.35%、3.37%、0.77%,说明秸秆还田能显著提高土壤的储水能力。这种现象在出苗期最明显,高量还田处理显著高于其他处理($P < 0.05$);而在抽雄期到灌浆期时,表现出低量还田处理 > 中量还田处理 > 不还田处理 > 高量还田处理的趋势,低还田处理较其他处理在抽雄期高出 2.71%、2.93%、3.55%,灌浆期时高出 3.55%、4.57%、6.52%,高中低各处理间差异显著。说明随着秸秆的腐解,高还田量处理对土壤水分的消耗加剧,可能是由于前期秸秆还田土壤水分的优势使得植株营养生长旺盛,与此同时作物的蒸腾耗水也就相应地增大造成的。

通过试验发现,秸秆还田主要影响浅层土壤水分分布,表 1 列出的是秸秆还田对 0~60 cm 土层土壤水分动态变化,出苗期时,土壤水分由土层从浅到深均表现出从高到低的趋势,并表现出随着秸秆还田量的增大,各土层间土壤水分也增大。可以看出,秸秆还田对 0~40 cm 土层土壤水分影响较大,在出苗期,高量还田处理能储备更多土壤水分,有利于玉米苗期的生长;在拔节期,作物生长旺盛,对表层土壤水分吸收加强,土壤水分由土层从浅到深表现出从低到高的趋势;随着作物的生长及秸秆的腐解,在抽雄期和灌浆期时,0~60 cm 各层次表现出低量还田处理 > 中量还田处理 > 不还田处理 > 高量还田处理的趋势。

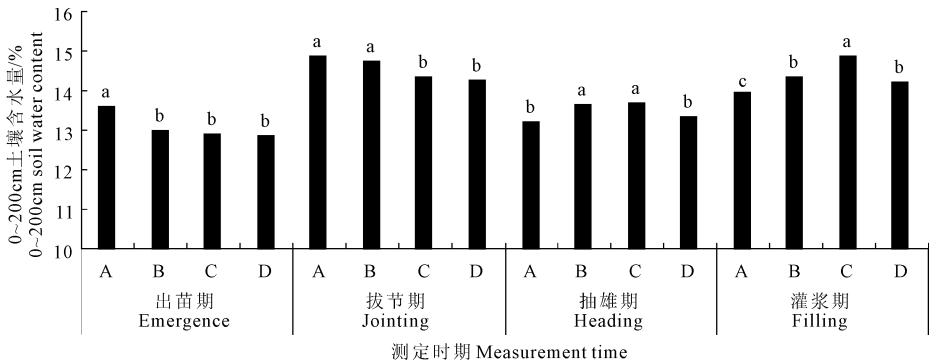


图 2 不同处理玉米主要生育期 0~200 cm 土壤含水量变化图

Fig.2 Soil water content in the depth of 0~200cm under different treatments

2.3 不同秸秆还田量对玉米植株农艺性状的影响

表 2 为不同还田量对玉米在不同生育时期农艺性状影响的情况。从株高和茎粗来看,秸秆还田量的不同对株高和茎粗的影响不大,在所有时期各处理株高和茎粗的差异都不显著。从叶面积的变化可以看出:在拔节期时,叶面积大小表现为高量还田处

理 > 中量还田处理 > 低量还田处理 > 不还田处理,高量还田处理较不还田、低、中还田量处理的叶面积分别高出 12.6%、6.81%、2.01%,不还田处理和低量还田处理以及中量还田处理和低量还田处理间差异显著。在大喇叭口期和灌浆期时,各处理间差异缩小,叶面积分别高出 9.71%、7.81%、5.73% 和

7.06%、7.43%、6.72%,高还田处理的叶面积显著高于其它处理,而后者之间差异不显著。到成熟期时,差异进一步减小,各处理间差异不显著。

表 1 不同处理玉米主要生育期 0~60 cm 各层土壤含水量
Table 1 Soil water content in the depth of 0~60 cm for different treatments/%

处理 Treatment	层次/cm Soil layer	出苗期 Emergence	拔节期 Jointing	抽雄期 Heading	灌浆期 Filling
A	0~20	14.21	15.54	12.49	12.16
	20~40	13.65	16.27	13.18	13.45
	40~60	13.11	16.56	13.76	14.47
B	0~20	13.67	15.81	12.67	12.38
	20~40	13.04	15.77	13.56	13.82
	40~60	12.76	16.56	13.88	14.35
C	0~20	13.47	14.44	12.99	12.86
	20~40	12.89	15.31	13.83	14.31
	40~60	12.66	16.88	13.99	14.27
D	0~20	13.58	15.39	12.37	12.25
	20~40	12.72	15.61	13.29	13.21
	40~60	12.79	16.17	13.63	14.17

表 2 不同时期玉米生长发育状况
Table 2 Growth parameters of maize for different periods

处理 Treatment	拔节期 Jointing stage			大喇叭口期 Huge bellbottom period			灌浆期 Filling stage			成熟期 Ripening stage		
	株高 Plant height /cm	茎粗 Stem diameter /cm	叶面积 Leaf area /cm ²	株高 Plant height /cm	茎粗 Stem diameter /cm	叶面积 Leaf area /cm ²	株高 Plant height /cm	茎粗 Stem diameter /cm	叶面积 Leaf area /cm ²	株高 Plant height /cm	茎粗 Stem diameter /cm	叶面积 Leaf area /cm ²
A	113.5a	2.35a	251a	268a	3.33a	3121a	265.8a	3.35a	4830a	268.8a	3.35a	4212a
B	110.1a	2.37a	246a	264.5a	3.34a	2953b	266.4a	3.36a	4526b	265.4a	3.36a	4195a
C	108.4a	2.36a	235b	262.9a	3.35a	2895b	263.6a	3.38a	4496b	263.6a	3.38a	4124a
D	107a	2.38a	223b	261.4a	3.33a	2845b	258.2a	3.35a	4521b	262.2a	3.35a	4175a

2.4 不同秸秆还田量处理的产量分析

不同秸秆还田量对玉米产量的影响如表 3 所示,可以看出秸秆还田能提高玉米产量,产量表现为低量还田处理>中量还田处理>高量还田处理>不还田处理,低量还田处理、中量还田处理、高量还田处理分别较 CK 提高产量 2.65%、2.49%、0.97%。低量还田处理和中量还田处理产量显著高于高量还田处理和不还田处理,还田量在低量时产量最高,并不是还田量越多产量越高。

2.5 不同秸秆还田量处理对耗水量和水分利用效率的影响

表 4 为不同秸秆还田量对玉米耗水量的影响,表现为低量还田处理<中量还田处理<不还田处理<高量还田处理,低还田量处理耗水量最小,高还田量、中还田量、不还田处理分别较低还田量处理耗水量高 3.61%、1.64、2.52%,并且低、中、高三个还田量处理间差异显著,不还田处理与中、高还田量处理

间差异不显著。

表 3 产量结果分析表
Table 3 The yield for the three treatments

处理 Treatment	产量 Yield /(kg·hm ⁻²)	对比 CK 增长 Increasing /(kg·hm ⁻²)	增长百分率 Percentage of increase/%
A	9379.9ab	90.1	0.97
B	9520.9a	231.1	2.49
C	9536.1a	246.3	2.65
D(CK)	9289.8b	—	—

如图 3 所示,秸秆还田可以提高水分利用效率,高、中、低秸秆还田量处理较不还田处理水分利用效率分别提高了 1.42%、3.40%、3.89%。其中低还田量处理、中还田量处理的水分利用效率显著高于高还田量处理和不还田处理,说明适量还田有提高 WUE 的作用,但过多的还田则会降低这种作用。

表 4 不同处理玉米的耗水量

Table 4 Water consumption for different treatments/mm				
处理 Treatment	0~2m 播前 土壤贮水量 Soil moisture storage before sowing	0~2 m 收后 土壤贮水量 Soil moisture storage after harvesting	生育期内 降水量 Rainfall in crops growth period	耗水量 Water consumption
A	231.1	247.6	312	295.5a
B	226.3	248.4	312	289.9b
C	223.1	249.9	312	285.2c
D(CK)	221.6	241.2	312	292.4ab

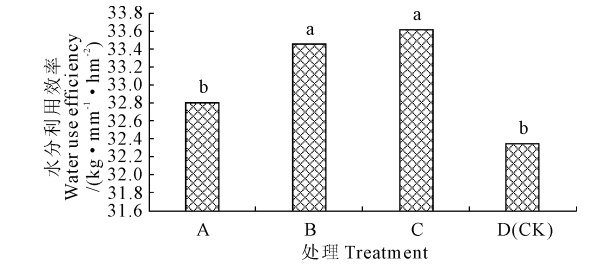


图 3 不同处理水分利用效率

Fig.3 Water use efficiency under different treatments

3 结论与讨论

通过秸秆还田,对土壤养分及微生物环境有改良作用^[9],秸秆还田能够降低耕层深层土壤容重,对土壤高 pH 值有一定改良降低作用,使 0~40 cm 土层细菌、真菌、放线菌群体数量明显增加,有效增加土壤微生物 C 源供给。土壤理化性状的改善使之能更好地协调水、肥、气、热,改善土壤的抗旱能力和保墒能力^[10]。通过本实验可以看出,秸秆还田可以提高土壤的保墒能力,表现为还田量越高保墒能力越强,在出苗期尤为明显,而随着秸秆的进一步腐解,保墒能力的差异逐步减小,这与张柏习等^[5]研究辽西地区玉米秸秆还田覆膜对土壤含水量的影响所得出的结论一致。

秸秆在腐解时会消耗一定的水分,并与作物产生一定的竞争关系,所以秸秆还田对土壤水分的影响具有双重性。本实验中,低秸秆还田量处理的耗水量最小,高秸秆还田量处理耗水量最大,过多的还田会增大植株的耗水量,因为前期秸秆还田土壤水

分的优势使得植株营养生长旺盛、叶面积提高,与此同时作物的蒸腾耗水也就相应地增大。与吴菲^[11]等在玉米秸秆连续多年还田对土壤理化性状和作物生长的影响的研究结论一致。

试验表明,并非还田量越高,玉米产量就越高,低还田量处理和中还田处理的产量较高还田量处理及不还田处理显著提高;并且低、中还田量处理的水分利用效率也显著高于高还田量处理及不还田处理。这可能是由于秸秆还田延长了玉米的叶片生长过程,同时增大了耗水量,影响了产量形成,对此还需要进一步的研究。

本试验结果表明,在降水量偏低的旱作区,双垄沟播玉米结合秸秆还田的还田量不应过高,还田量在 6 000~9 000 kg·hm⁻²时为宜,产量及水分利用效率较高。

参考文献:

[1] 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.

[2] 孙学保,杨祁峰,牛俊义,等.旱地全膜双垄沟播玉米增产效益研究[J].作物杂志,2009,(3):29-33.

[3] 江永红,宇振荣,马永良.秸秆还田对农田生态系统及作物生长的影响[J].土壤通报,2001,32(5):209-213.

[4] 孙 星,刘 勤,王德建,等.长期秸秆还田对土壤肥力质量的影响[J].土壤,2007,39(5):782-786.

[5] 张柏习,郝春英,董晓文,等.辽西地区玉米秸秆还田覆膜对土壤含水量的影响[J].防护林科技,2012,(5):21-23.

[6] 徐文强,杨祁峰,牛芬菊,等.秸秆还田与覆膜对土壤理化特性及玉米生长发育的影响[J].玉米科学,2013,21(3):87-93.

[7] 杨祁峰,刘广才,熊春蓉,等.旱地玉米全膜双垄沟播技术的水分高效利用机理研究[J].农业现代化研究,2010,31(1):113-117.

[8] 杨祁峰,岳 云,熊春蓉.不同覆膜方式对粮饲兼用玉米田土壤温度的影响[J].干旱地区农业研究,2009,27(5):71-75.

[9] 慕 平,张恩和,王汉宁,等.连续多年秸秆还田对玉米耕层土壤理化性状及微生物量的影响[J].水土保持学报,2011,25(5):81-85.

[10] 孙伟红.长期秸秆还田改土培肥综合效应的研究[D].泰安:山东农业大学,2004.

[11] 吴 菲.玉米秸秆连续多年还田对土壤理化性状和作物生长的影响[D].北京:中国农业大学,2005.