

覆盖方式对玉米农田土壤水分、作物产量及水分利用效率的影响

宋淑亚¹, 刘文兆^{1,2}, 王 俊^{2,3}, 官 情³, 张燕青¹

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100; 3. 西北大学 城市与环境学院, 西安 710127)

摘 要:为了加深对地面覆盖措施保墒增产机理的认识,通过大田试验,对黄土高原南部旱塬区秸秆和地膜两种覆盖方式下玉米农田土壤水分动态、作物产量形成和水分利用效率进行了分析。结果表明:在试验年份,与不覆盖相比,秸秆覆盖后玉米生育期内土壤储水量提高了 5.2%~8.4% ($P<0.05$),籽粒产量和水分利用效率分别降低了 7.8% 和 3.5%;而地膜覆盖下土壤储水量的差异不显著,但显著提高了产量构成指标,其籽粒产量和水分利用效率分别较对照提高了 14.1% 和 10.6% ($P<0.05$),显示后者抑制土表蒸发所增加的土壤水分更多地、更有效地被作物根系吸收了。从产量形成和水分利用效率角度分析,本地区旱作玉米农田使用地膜覆盖有较好的保墒增产效果。

关键词:秸秆覆盖; 地膜覆盖; 土壤水分; 春玉米; 产量; 水分利用效率

中图分类号:S152.7

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)02-0210-03

Effects of Different Mulching Modes on Soil Moisture, Grain Yield and Water Use Efficiency in a Corn Field

SONG Shu-ya¹, LIU Wen-zhao^{1,2}, WANG Jun^{2,3}, GUAN Qing³, ZHANG Yan-qing¹

(1. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, CAS & MWR, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. College of Urban and Environmental Science, Northwest University, Xi'an 710127, China)

Abstract: To understand the mechanisms of soil moisture conservation and crop yield increasing by soil surface mulching deeply, soil water dynamic, crop yield formation and water use efficiency in a corn field under straw mulching and plastic film mulching were studied by a field experiment conducted in the dryland of the southern Loess Plateau. In the years of the experiment, compared with the contrast without mulching, soil water storage under straw mulching treatment in corn growth stage increased by 5.2%~8.4% ($P<0.05$) and grain yield and water use efficiency under straw mulching treatment decreased by 7.8% and 3.5%, respectively. The difference of soil water storage induced by plastic film mulching was not significant, but plastic film mulching remarkably raised yield formation index and increased grain yield and water use efficiency by 14.1% and 10.6% over the contrast ($P<0.05$), respectively. This suggests that the soil moisture increment by the inhibition of plastic film mulching on soil surface evaporation was absorbed by crop roots, more largely and more effectively. In terms of yield formation and water use efficiency, the adoption of plastic film mulching in dry-farming corn fields of the region may induce better effects of soil moisture conservation and crop yield increasing

Key words: straw mulching; plastic film mulching; soil moisture; spring corn; yield; water use efficiency

用作物秸秆或者塑料地膜进行地表覆盖是旱作农业中一种常用的保墒耕作方式。研究表明,秸秆覆

盖能够降低土壤容重,增加土壤养分含量,调节地温,抑制杂草生长。秸秆覆盖后土壤蒸发失水减少,作物

收稿日期:2011-02-25

修回日期:2012-02-28

资助项目:国家自然科学基金项目(41171033)

作者简介:宋淑亚(1985—),女,在读硕士研究生,主要从事农业生态学方面研究。Email:bird590@126.com

通信作者:刘文兆(1960—),男,研究员,主要从事农业生态学方面研究。Email:wzliu@ms.iswc.ac.cn

水分利用效率显著提高^[1-3]。Tebrugge 等在西班牙进行的试验表明,秸秆覆盖后 0—30 cm 土层含水率比常规耕作提高了 1%~5%^[4]。鲁向晖等^[5]在宁南山区进行的研究表明,与不覆盖处理相比,秸秆覆盖可使春玉米产量和水分利用效率分别提高 3.5% 和 16.5%。而刘超等^[6]在渭河平原地区的实验结果也表明秸秆覆盖夏玉米增产潜力大,是一种值得推广的玉米增产措施。对于地膜覆盖的使用效果,不少研究表明地膜覆盖能够改善土壤微环境,贮水保墒,提高作物产量及水分、养分利用效率^[7-11]。但也有学者发现地膜覆盖并不一定会提高作物产量,例如薛少平等^[12]发现地膜覆盖当年具有明显的增产效果,但次年作物产量即开始下降。李凤民等^[13]的研究也表明地膜覆盖后由于土壤水分和肥力消耗过大,在严重干旱年份会导致产量显著下降。

近年来随着保护性耕作技术的推广实施,秸秆覆盖和地膜覆盖在黄土高原南部旱塬区得到大面积的应用。本文以春玉米为供试作物,在黄土旱塬地区,针对两种覆盖方式下土壤水分保蓄效果、作物产量以及水分利用状况进行对比研究,旨在进一步加深对地面覆盖措施保墒增产机理的认识。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验布设于黄土高原中南部的陕西省长武县十里铺旱塬上,塬面平坦宽阔,黄土堆积深厚,海拔 1 200 m,年均降水量 580 mm,>10℃ 积温 3 029℃,年均气温 9.1℃,无霜期 171 d,属温带半湿润大陆型季风气候,是典型的雨养农业区,玉米生育期降水分布见图 1。土壤类型为黄盖黏黑垆土,田间持水量为 20.8%~22.4%,土壤容重 1.3 g/cm³。供试土壤肥力中等,其中耕层有机质含量 11.5 g/kg,全氮 0.80 g/kg,碱解氮 46.67 mg/kg,有效磷 5.34 mg/kg,速效钾 187.8 mg/kg。

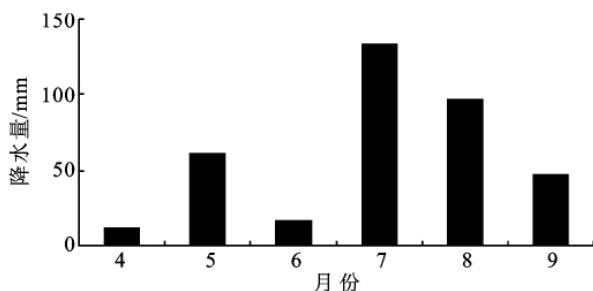


图 1 2009 年玉米生育期内月降水量分布

1.2 试验设计

供试春玉米品种为金穗 9 号,于 2009 年 4 月 18 日人工开沟播种,9 月 23 日收获,作物生长完全依赖

于自然降水,无灌溉。试验包括 3 个处理:秸秆覆盖(SM)、地膜覆盖(FM)和无覆盖对照(CK)处理,其中 SM 处理使用收获后的玉米整株,于春玉米播种后均匀覆盖于行间,覆盖量为 9 000 kg/hm²。每个处理有 3 次重复,共 9 个小区,区组采用随机排列,小区面积 66.7 m²,区间距 0.5 m,区组距 1 m,四周保护带宽 1 m。

1.3 测定指标与方法

(1)土壤水分。自玉米播种之日起每月用中子仪测定 0—200 cm 土壤含水量,其中 0—100 cm 深度每 10 cm 为 1 层,100—200 cm 每 20 cm 为 1 层。土壤储水量计算公式为:

$$SWS = \sum (\theta_i \times Z_i) \quad (1)$$

式中:SWS——土壤储水量(mm); θ_i ——土壤第 i 层次体积含水量(%); Z_i ——第 i 层土层厚度(mm); i ——土壤层次。

(2)产量及其构成。玉米收获后测定籽粒产量,并考种测定穗长、穗粗、穗粒数、百粒重等产量构成指标。

(3)作物水分利用。作物蒸散量(ET)和水分利用效率(WUE)的计算公式分别为:

$$ET = P + \Delta SWS \quad (2)$$

$$WUE = Y / ET \quad (3)$$

式中: P ——作物生长期降水; ΔSWS ——作物生育期内土壤储水量变化; Y ——作物产量。

1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2003 软件处理数据,处理间差异使用 SAS 软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 土壤水分时空动态

玉米不同生育期土壤水分剖面分布情况如图 2 所示,基本呈倒“L”型分布,除大喇叭口期外其他生育期拐点均出现在 40 cm 土层深度,平均含水量在 17% 左右。40—100 cm 层次在不同生育期有一定波动,100 cm 以下层次则无明显变化,平均含水量稳定在 16% 左右。

与 CK 相比,SM 处理在拔节期(100 cm 以下土层)、大喇叭口期(30—70 cm 土层)、抽雄—灌浆期(40—160 cm 土层)以及收获期(100 cm 以下土层)均有显著提高($P < 0.05$)。FM 处理只在拔节期(40—80 cm 土层)有较高的土壤含水量,在玉米其它生育期内均与 CK 差异不显著。

表 1 列出了春玉米不同生育期土壤储水量的变化情况。在玉米播种期,各处理间水分储量无显著差

异,而在拔节期以后,SM 处理土壤储水量高于 CK,提高了 5.2%~8.4%。而 FM 处理对土壤水分储量无显著影响。与 CK 相比,FM 处理在玉米抽雄以后

土壤水分储量出现低于 CK 的现象。这表明,在 FM 条件下,通过抑制土表蒸发所增加的土壤水分,更多地被作物根系吸收利用了,变成了有效支出。

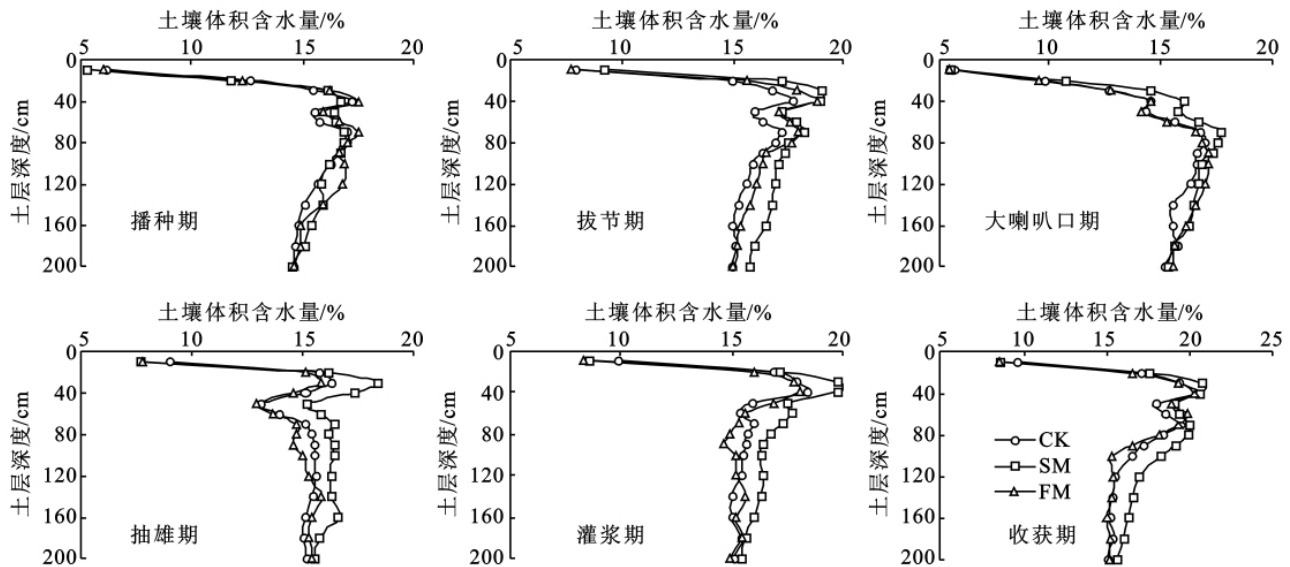


图 2 春玉米不同生育时期土壤水分的剖面分布

表 1 不同覆盖处理对 0—200 cm 土壤水分储存量的影响 mm

处理	播种期	拔节期	大喇叭口期	抽雄期	灌浆期	收获期
CK	299a	309b	291b	295b	311b	328b
SM	302a	335a	306a	316a	330a	346a
FM	307a	321ab	295b	289b	306b	325b

注:同时期处理间字母不同表示差异显著($P<0.05$),下表同。

2.2 产量及其构成

表 2 显示了不同处理玉米产量及其构成情况。与 CK 相比,SM 处理产量下降了 7.8% ($P<0.05$)。从产量构成指标来看,秸秆覆盖与否对穗长、穗粗、穗粒数和百粒重影响不大。FM 处理的产量提高了 14.1% ($P<0.05$)。

表 2 不同覆盖处理玉米产量与穗部性状构成

处理	穗长/ cm	穗粗/ cm	穗粒数	百粒重/ g	籽粒产量/ ($t \cdot hm^{-2}$)
CK	19.6a	15.7a	684a	24.3b	5.75b
SM	19.2a	15.6a	686a	23.0b	5.30c
FM	18.8a	16.1a	693a	27.0a	6.56a

2.3 作物水分利用

表 3 列出了不同覆盖方式下作物水分利用情况。与 CK 相比,SM 处理作物生育期蒸散量较 CK 减少了 4.4%,而 FM 较 CK 提高了 3.3% ($P<0.05$)。与不覆盖相比,秸秆覆盖后玉米水分利用效率下降了 3.5%,但差异不显著。与之相反,地膜覆盖能显著提高玉米水分利用,与 CK 相比,FM 处理水分利用效率提高了 10.6% ($P<0.05$)。

表 3 不同覆盖方式对作物水分利用的影响

处理	降水量/ mm	土壤储水量 变化/mm	蒸散量/ mm	WUE/ ($kg \cdot hm^{-2} \cdot mm^{-1}$)
CK	367	-29ab	338ab	17.0b
SM	367	-44b	323a	16.4b
FM	367	-18a	349b	18.8a

3 讨论与结论

水分状况和覆盖方式对玉米生长发育和耗水规律的影响作用最终会反映在产量和水分利用效率上。翟治芬等^[14]比较分析了秸秆和地膜两种覆盖方式对甘肃河西地区春玉米农田蒸腾蒸发作用的影响,发现秸秆覆盖更有利于减少无效蒸发,但产量和水分利用效率较低,而地膜覆盖下的产量和水分利用效率高于秸秆覆盖。本研究显示在玉米生育期内,秸秆覆盖条件下有更多的土壤水分贮存,由于未进行棵间蒸发的观测,不能确定两种覆盖条件下无效蒸发的差别。但从产量而论,地膜覆盖的结果要高于对照与秸秆覆盖,因此可以说地膜覆盖下收获期土壤储水量低,应当是在地膜条件下有更多的土壤水分被作物根系吸收利用了。同时地膜覆盖下不仅产量较高,水分利用效率也较高。表明从产量形成和水分利用效率角度分析,黄土高原南部旱塬区种植春玉米更适宜采用地膜覆盖方式,这进一步论证了前期在该区域的研究结论^[11]。

(下转第 217 页)

身的抗旱调节机制以保证生长的需求。

研究表明,土壤水分含量 38.9%是最适宜芦竹茎秆萌发和幼苗生长的水分条件,其萌发率、幼苗的生长状况、生物量、叶绿素值达到最优。说明芦竹茎秆萌发及幼苗成长初期抗旱性较弱,在利用茎秆繁殖时必须保证土壤水分含量。本文仅初步探讨了茎秆萌发和幼苗初期生长状况、生理指标的抗旱性,对芦竹整体生长阶段的抗旱性还有待进一步的研究。

参考文献:

- [1] 宋松泉,王彦荣. 植物对干旱胁迫的分子反应[J]. 应用生态学报,2002,13(8):1037-1044.
- [2] 罗哲贤,屠其璞. 人类活动与气候变化[M]. 北京:气象出版社,1983.
- [3] 陈隆勋,周秀骥,李维亮. 中国近 80 年来气候变化特征及其形成机制[J]. 气象学报,2004,62(5):634-646.
- [4] Houghton J T, Ding Y H, Griggs D G, et al. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC[M]. Cambridge, US: Cambridge University Press, 2001.
- [5] 冯新灵,罗隆诚. 全球变化背景下中国未来汛期旱涝灰预测[J]. 资源学报,2006,28(5):81-87.
- [6] 韩志萍,胡正海. 芦竹对不同重金属耐性的研究[J]. 应用生态学报,2005,16(1):161-165.
- [7] 赵建松,白梅,程凤鸣,等. 两种人工湿地条件下芦苇与芦竹生理生态特性研究[J]. 湿地科学,2008(3):398-404.
- [8] 余醉,李建龙,李高扬. 芦竹作为清洁生物质能源牧草开发的潜力分析[J]. 草业科学,2009,26(6):62-69.

- [9] 王庆海,武菊英,滕文军,等. 种植方式和越冬保护措施对芦竹成活率的影响[J]. 林业科学研究,2006,19(6):813-815.
- [10] 韩志萍,王趁义. 不同生态型芦竹对 Gd、Hg、Pb、Gu 的富集与分布[J]. 生态环境,2007,16(4):1092-1097.
- [11] 韩志萍,胡正海. 芦竹对不同重金属耐性的研究[J]. 应用生态学报,2005,16(1):161-165.
- [12] 马文奎. 芦竹的栽培和综合利用[J]. 中国野生植物资源,2006(2):64-65.
- [13] 张群,王海洋,崔心红. 花叶芦竹冬季浸水萌芽试验的初步研究[J]. 西南农业大学学报,2005,27(2):248-251.
- [14] 韩路,王海珍. 生态位理论的发展及其在农业生产中的应用[J]. 新疆环境保护,1999,21(4):10-15.
- [15] 曹昀,王国祥,张琳. 干旱对芦苇幼苗生长和叶绿素荧光的影响[J]. 干旱区地理,2008,11(6):862-868.
- [16] 王艳荣,赵利清,邵元虎. 温带半干旱地区草坪草与主要杂草抗旱性的比较研究[J]. 生态学杂志,2005,24(1):1-5.
- [17] 叶鹏武. 干旱胁迫下 CoCl_2 对玉米幼苗生长的影响研究[J]. 甘肃水利水电技术,2005,9(3):276-277.
- [18] 蒋高明. 植物生理生态学[M]. 北京:高等教育出版社,2004.
- [19] 任丽花,王义祥,翁伯琦,等. 土壤水分胁迫对圆叶决明叶片含水量和光合特性的影响[J]. 厦门大学学报,2005,6(44):28-31.
- [20] 李新荣,马凤云,龙立群,等. 沙坡头地区固沙植被土壤水分动态研究[J]. 中国沙漠,2010,21(3):217-222.
- [21] Grime J P. Plant Strategies and Vegetation Processes [M]. London: Willey, 1997.

(上接第 212 页)

参考文献:

- [1] 赵聚宝,梅旭荣,薛军红,等. 秸秆覆盖对旱地水分利用效率的影响[J]. 中国农业科学,1996,29(2):59-66.
- [2] Voss J G M, Submarine N. Integrate crop management of hot pepper under tropical low land conditions: effect of mulch on cropper for mince and production [J]. Journal Horticultural Science, 1997, 72(3):415-424.
- [3] 杨荣光,毕建杰,王升国. 秸秆覆盖对麦田土壤含水量及小麦生长状况的影响[J]. 山东农业科学,2009(2):43-44.
- [4] Tebrugge F, Bohrsen A. Farmers and experts opinion on no-tillage in West-Europe and Nebraska (USA) [C] // Garcia-Torres L. Conservation Agriculture. Kluwer Academic Publishers, 2003.
- [5] 鲁向晖,高鹏,王飞. 宁夏南部山区秸秆覆盖对春玉米水分利用及产量的影响[J]. 土壤通报,2008,39(6):1248-1251.
- [6] 刘超,汪有科,湛景武. 秸秆覆盖量对夏玉米产量影响的试验研究[J]. 灌溉排水学报,2008,27(4):64-66.

- [7] 王俊,李凤民,宋秋华,等. 地膜覆盖对土壤水温和春小麦产量形成的影响[J]. 应用生态学报,2003,14(2):205-210.
- [8] 李建奇. 地膜覆盖对春玉米产量、品质的影响机理研究[J]. 玉米科学,2008,16(5):87-92,97.
- [9] 王喜庆,李生秀,高亚军. 地膜覆盖对旱地春玉米生理生态和产量的影响[J]. 作物学报,1998,24(3):348-353.
- [10] 闫根海,杨晓军,王斌. 地膜覆盖对玉米产量及其土壤状况的影响[J]. 安徽农业学报,2010,38(12):6405-6406,6413.
- [11] 钟良平,邵明安,李玉山. 农田生态系统生产力演变及驱动力[J]. 中国农业科学,2004,37(4):510-515.
- [12] 薛少平,朱琳,姚万生. 麦草覆盖与地膜覆盖对旱地可持续利用的影响[J]. 农业工程学报,2002,18(6):71-73.
- [13] 李凤民,鄢珣,王俊. 地膜覆盖导致春小麦产量下降的机理[J]. 中国农业科学,2001,34(3):330-333.
- [14] 翟治芬,赵元忠,景明,等. 秸秆和地膜覆盖下春玉米农田腾发特征研究[J]. 中国生态农业学报,2010,18(1):62-66.