

渗水地膜对玉米水分利用效率的影响

单智超¹, 冯良山², 田建全³, 徐明阳³, 董振起³, 冯定超³, 俞广江³

(1. 丹东市农业科学院, 辽宁 凤城 118109; 2. 辽宁省农业科学院, 沈阳 110161; 3. 宁河区农业技术推广中心, 天津 宁河 301500)

摘要:为了研究不同覆盖材料对土壤水热和作物水分利用效率的影响,对覆盖渗水地膜、普通地膜和秸秆相对于裸地不覆盖的效果进行了研究。研究发现覆盖渗水地膜在作物生育期具有明显的增温和保水作用,耕层土壤平均温度较裸地和覆盖秸秆提高 1.09℃和 2.59℃,但较覆盖普通地膜降低 1.55℃。覆盖渗水地膜耗水量较覆盖普通地膜低 26.7 mm,并在后期干旱季节使土壤水分分布均匀。覆盖渗水地膜作物水分利用效率较不覆盖、覆盖秸秆和覆盖普通地膜分别提高 8.17 kg/(hm²·mm), 4.50 kg/(hm²·mm), 3.71 kg/(hm²·mm)。

关键词:渗水地膜; 水分利用效率; 玉米; 土壤水热

中图分类号: S318

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2017)03-0194-04

Effect of Soil Surface Covered by Water-Permeability Film on Water Use Efficiency of Corn

SHAN Zhichao¹, FENG Liangshan², TIAN Jianquan³, XU Mingyang³,
DONG Zhenqi³, FENG Dingchao³, YU Guangjiang³

(1. Dandong Academy of Agricultural Sciences, Fengcheng, Liaoning 118109, China; 2. Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161, China; 3. Ninghe Dissemination Centre for Agricultural Techniques, Ninghe, Tianjin 301500, China)

Abstract: The film covering the soil surface increases the soil water content, but sometimes it also hinders the runoff into soil. We have carried out this research in order to study the effect on distribution of soil water and heat for different materials. Results show that water-permeability film has the efficient to increase the soil moisture and temperature during the corn growth period, but that was less than the ordinary film, the soil temperature were 1.09℃ and 2.59℃ more than that of bare land and straw mulch, respectively, but it was 1.55℃ less than ordinary film mulch. The water consumption of water-permeability film mulch was 26.7 mm less than ordinary film mulch. And the moisture of soil covered with water-permeability film was uniformly distributed during the dry season. Corn water use efficiency of the soil covered water-permeability film increased by 8.17 kg/(hm²·mm), 4.50 kg/(hm²·mm), and 3.71 kg/(hm²·mm) than those of the bare land, straw mulch, and ordinary film mulch, respectively.

Keywords: water-permeability film; water use efficiency; corn, soil moisture and temperature.

干旱地区占世界陆地面积的 45%,使旱作农业成为了世界最大的农业生态系统,并成为世界粮食的重要来源^[1-2]。旱作农业生产一直受到水资源短缺的限制,尤其是在播种阶段作物生长受到干旱和低温的双重影响^[3]。覆盖保墒是干旱半干旱地区农业生产中提高降水利用效率、增加作物产量的有效措施^[4]。自 20 世纪 60 年代地膜引入中国以来,已在干旱半干旱地区农田覆盖保墒中得到广泛应用,目前中国是世

界地膜覆盖面积最大的国家^[5]。有研究发现,覆膜较裸地栽培可增加土壤贮水量 30%、降低蒸散量 50%、减少水分亏缺 15%以上,尤其在春旱时保墒作用明显^[6]。也有研究表明地膜覆盖会影响土壤入渗,造成土壤深层干燥^[7],作物生育后期温度过高,加剧土壤水分和养分耗竭,不但后期容易出现脱水脱肥而导致减产,也不利于下茬作物的持续生产^[8]。针对地膜覆盖中存在的问题,山西省农业科学院研发出了渗水地

收稿日期: 2016-06-02

修回日期: 2016-06-16

资助项目: 辽宁省百千万人才资助项目(2013921058); 辽宁省农业领域青年创新人才项目(2014017); 中央财政农业科技推广示范项目(GC-NT-LN-15-2016)

第一作者: 单智超(1979—),男,辽宁凌海人,助理研究员,硕士,主要从事玉米高产栽培技术与推广工作。E-mail: shanzhichao@163.com

通信作者: 冯良山(1980—),男,辽宁庄河人,副研究员,博士,主要从事旱地作物高效栽培技术研究。E-mail: fenglish@163.com

膜^[9],并经 10 余年的完善,形成了相对完善的技术和制备工艺,本项研究便是在此基础上,研究覆盖渗水地膜材料对玉米田土壤水热变化的影响,为该种覆盖材料的大面积应用和推广提供更多技术参考。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验于 2012 年在辽宁省阜新蒙古族自治县阜新镇

进行,供试玉米品种为“丹玉 39”。试验采用的渗水地膜覆盖材料是制造过程中在低密度聚乙烯材料中加入了一定比例的渗水助剂,吹制出了具有单向渗水特性的渗水地膜产品,孔径大小为 5~10 μm,渗水速率≥12 mm/(cm²·5 cm·23℃·h·101.3 kPa),覆盖自由水面的保水量≥40%(100℃·30 min·101.3 kPa)。普通地膜(普通聚乙烯膜)与渗水地膜厚度均为 0.08 mm,宽度均为 1 200 mm。试验区的气象指标见表 1。

表 1 试验区气象指标数据

指标	时期(月-日)						
	04-15—04-30	05-01—05-31	06-01—06-30	07-01—07-31	08-01—08-31	09-01—09-28	04-15—09-28
降雨量/mm	20.40	30.20	51.60	144.40	32.80	7.40	286.80
气温/℃	11.06	18.70	20.49	23.19	23.06	17.57	—
活动积温/℃	165.9	579.7	614.8	718.9	714.9	491.9	3286.10
露点温度/℃	0.53	5.78	12.43	18.03	16.21	8.02	—
日照时数/h	106.33	341.08	297.7	307.4	296.4	226	1574.91
风速/(m·s ⁻¹)	3.07	3.04	2.28	1.92	1.67	2.34	—
太阳辐射/(MJ·m ⁻²)	44.73	139.84	111.05	92.22	106.68	104.31	598.83
ET ₀ /(mm·d ⁻¹)	2.98	5.33	3.69	2.97	3.44	3.73	—

1.2 试验设计

试验采用随机区组设计,设 4 个处理,分别为:裸地不覆盖、覆盖普通地膜、覆盖渗水地膜、覆盖秸秆,每个处理重复 3 次。小区面积 48 m²。每小区种植 8 行,行距 50 cm,株距 30 cm。各处理播种之前翻耕整地,底肥施入磷酸二铵(含 N18%,P₂O₅46%)和硫酸钾(含 K₂O46%)各 225 kg/hm²。4 月 29 日播种,播种后覆盖地膜或覆盖秸秆,地膜覆盖处理玉米出苗后人工放苗。6 月 13 日,追施尿素(含 N46%)450 kg/hm²。

1.3 调查内容与方 法

(1) 土壤温度。从苗期开始采用 HC-06 微型温度记录仪监测各处理地温,监测深度为土壤层 10 cm 和 20 cm。

(2) 土壤含水量。在播种后每 15 d 采用烘干法测定 0—100 cm 土层土壤含水量,每 10 cm 为一层,3 次重复取平均值。降雨后加测。

(3) 土壤耗水量。本项研究中我们采用传统的土壤水分平衡法进行计算,计算公式为:

$$ET_a = I + P - RO - DP + CR \pm \Delta SF \pm \Delta SW \quad (1)$$

式中:ET_a 为农田实际蒸散量(mm);I 和 P 分别为该时段内的灌水量和降雨量(mm);RO 为降雨和灌溉时土壤的表面径流量(mm)(本试验由于田间设有田埂,因此忽略);DP 为深层土壤渗漏量(mm);CR 为地下水由毛管上升到根区的水量(mm)(由于试验田地下水位较低,因此忽略);ΔSF 为土壤水侧向渗漏量(mm),包括侧向流入量 SF_{in} 和侧向留出量 SF_{out} 两项(本试验忽略);ΔSW 为土壤含水量变化量(mm)。

(4) 水分利用效率。水分利用效率(WUE)指单

位体积水(包括灌溉水和有效降雨量)生产的作物产量,公式为:

$$WUE = Y / ET_a \quad (2)$$

式中:WUE 为水分利用效率[kg/(hm²·mm)];Y 为作物单位面积产量(kg/hm²);ET_a 农田实际蒸散量(mm)。

2 结果与分析

2.1 覆盖渗水地膜材料对土壤温度的影响

在玉米整个生育期内,不同覆盖材料土壤温度见表 2,相对于裸地不覆盖,覆盖普通地膜和渗水地膜能够明显增加土壤温度,尤其 5 月相对气温较低的情况下,能够使耕层(0—20 cm)土壤温度增加 3.66℃和 2.10℃,能够在抵御区域春寒方面具有一定作用。而覆盖秸秆则会降低土壤温度,5 月耕层土壤温度降低 1.29℃,会在一定程度上影响玉米幼苗生长。全生育期覆盖渗水地膜耕层土壤平均温度较覆盖普通地膜降低 1.55℃,较裸地和覆盖秸秆提高 1.09℃和 2.59℃。

2.2 覆盖渗水地膜材料对土壤水分的影响

覆盖渗水地膜和其他材料土壤水分的变化情况见图 1,整体上覆盖渗水地膜和秸秆的土壤含水量大于覆盖普通地膜,裸地种植土壤含水量最低。由于降水、温度、蒸散作用的影响,各处理土壤水分变化又有其各自的特点。在播种后 0~60 d,不同处理土壤含水量均呈上少下多的趋势,覆盖渗水地膜和秸秆的土壤含水量大于覆盖普通地膜,裸地种植土壤含水量最低。播种后 70~100 d 处于雨季,各处理呈现上多下少趋势,其中渗水地膜 0—60 cm 土壤含水量要高于

其他处理。播种 100 d 之后,区域遇到旱季,覆盖普通地膜由于地膜具有提墒作用,土壤含水量呈现上多

下少现象,裸地和覆盖秸秆土壤则依然为上少下多,渗水地膜土壤中水分分布较为均匀。

表 2 不同覆盖材料对土壤温度的影响

处理	土壤温度					
	5月	6月	7月	8月	9月	平均
覆盖渗水地膜	21.83bB	22.15bB	21.80bB	21.48bB	19.19bB	21.29bB
覆盖普通地膜	23.39aA	23.96aA	23.53aA	23.25aA	20.07aA	22.84aA
覆盖秸秆	18.44dD	19.27dD	19.40dD	19.20dD	17.19dD	18.70dD
不覆盖	19.73cC	21.54cC	20.74cC	21.30cC	17.70cC	20.20cC

注:每列数值后小写字母不同表示 0.05 水平下 LSD 差异显著;每列数值后大写字母不同表示 0.01 水平下 LSD 差异显著,下表同。

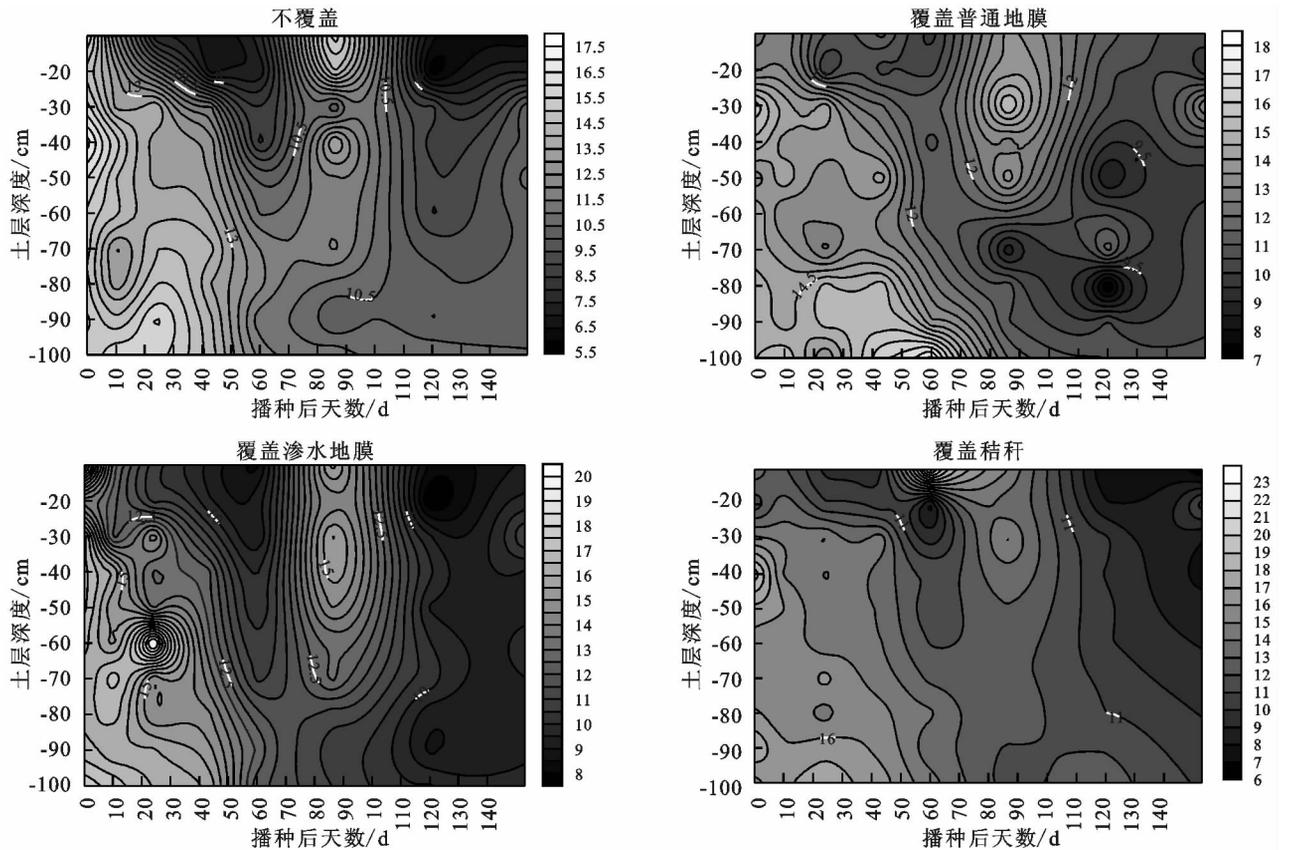


图 1 覆盖多孔渗水地膜及其他覆盖材料对土壤水分的影响

2.3 覆盖渗水地膜材料对作物水分利用效率的影响

不同覆盖处理玉米耗水量、产量和水分利用效率见表 3。覆盖渗水地膜和秸秆玉米耗水量最少,比覆盖普通地膜分别减少 26.7 mm 和 33.9 mm,比裸地分别减少 67.3 mm 和 74.5 mm。但是覆盖秸秆由于其前期地温较低,影响作物生长,所以产量不高,而渗水地膜由于其温度和水分条件均较好,所以产量增加明显,较不覆盖、覆盖秸秆和覆盖普通地膜分别提高 16.76%, 19.72% 和 6.64%。覆盖渗水地膜水分利用效率较不覆盖、覆盖秸秆和覆盖普通地膜分别提高 8.17, 4.50, 3.71 kg/(hm²·mm)。

3 讨论

在干旱半干旱地区降水较少,尤其在干旱季节一次

降水多小于 10 mm,很少能被作物利用^[9]。覆盖渗水地膜后水分可借助重力作用通过小孔穿过地膜进入膜下土壤中^[9-11],由于通道面积与非通道面积比值足够小,则土壤水分再从这个通道散发回大气中的机会非常少,水分的入参与散失具有明显的不平衡性^[9,12]。

表 3 不同覆盖处理对春玉米产量及水分利用效率的影响

处理	耗水量/ mm	产量/ (kg·hm ⁻²)	水分利用效率/ (kg·hm ⁻² ·mm ⁻¹)
覆盖渗水地膜	388.5cC	11750.2aA	30.25aA
覆盖普通地膜	415.2bB	11018.6bAB	26.54bB
覆盖秸秆	381.3cC	9815.1cB	25.74cB
不覆盖	455.8aA	10063.7cB	22.08dC

同时渗水地膜的主要原料为聚乙烯塑料,具有一定的弹性^[9,13],当狭窄的水分通道受到水的重力作用

时,通道变大,膜面雨水顺利入渗,当膜面雨水入渗完毕时,狭窄的水分通道受膜的弹力作用会闭合,能阻止膜下水分蒸发^[10]。由于弹力的可恢复特性,赋予了渗水地膜有单向渗水的自调节能力。因此,覆盖渗水地膜后土壤含水量较高^[11-12]。徐澜等^[14]研究了渗水地膜、普通地膜、秸秆和裸地对玉米生长发育的影响,研究发现覆盖渗水地膜玉米植株含水量、叶片叶绿素含量、光合速率、玉米产量和干物质积累量显著高于其他处理,但是作者没有对这种现象的原因进行解释。曹晋军等^[15]研究表明覆盖渗水地膜能够抑制土壤水分蒸发,减少农田水消耗,提高水分利用效率。但他的研究结果并没有说明土壤水分在农田中的分布和玉米生育期内土壤温度的变化情况。此外,地膜在防止农田杂草方面具有重要作用,而渗水地膜是否具有同样功效,还值得我们未来进行深入研究^[16-19]。

4 结论

在本研究中,玉米整个生育期覆盖渗水地膜 0—20 cm 土壤平均温度较覆盖普通地膜降低 1.55℃,较裸地和覆盖秸秆提高 1.09℃和 2.59℃。其原因主要是渗水地膜在气温较低时,孔径会缩小,会减少土壤热量散失,具有保温效果;当气温过高时,膜下形成较高的蒸汽压,加之孔径的变大,利于散热和内外气体交换,土壤中水分分布也较为均匀,不会像覆盖普通地膜在干旱季节产生土壤水分表聚现象^[9]。由此覆盖渗水地膜可为作物生长发育创造较好的条件,因此产量和水分利用效率均明显提高,覆盖渗水地膜水分利用效率较不覆盖、覆盖秸秆和覆盖普通地膜分别提高 8.17,4.50,3.71 kg/(hm²·mm)。因此,在干旱半干旱地区渗水地膜具有较好的应用前景。

参考文献:

- [1] Schimel D S. Drylands in the earth system[J]. *Science*, 2010,327(5964):418-419.
- [2] Rockström J, Lannerstad M, Falkenmark M. Assessing the water challenge of a new green revolution in developing countries[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2007,104(15):6253-6260.
- [3] 冯良山,孙占祥,曹敏建,等. 半干旱区坐水播种条件下玉米高产栽培措施研究[J]. *干旱地区农业研究*, 2009, 27(1):73-77.
- [4] 冯良山,孙占祥,肖继兵,等. 辽西地区微集水不同覆盖方式对玉米生长发育的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2011,29(3):118-121.
- [5] 兰印超,申丽霞,李若帆. 不同地膜覆盖对土壤温度及水分的影响[J]. *中国农学通报*, 2013,29(12):120-126.
- [6] 张淑芳,柴守玺,蔺艳春,等. 干旱年份地膜覆盖模式对春小麦土壤水分和产量的影响[J]. *中国农业气象*, 2011,32(3):368-374.
- [7] 王琪,马树庆,郭建平,等. 地膜覆盖下玉米田土壤水热生态效应试验研究[J]. *中国农业气象*, 2006,27(3):249-251.
- [8] 党廷辉,郝明德,郭胜利,蔡贵信. 黄土高原南部春玉米地膜栽培的水肥效应与氮肥去向[J]. *应用生态学报*, 2003,(11):1901-1905.
- [9] 姚建民. 渗水地膜研制及其应用[J]. *作物学报*, 2000,26(2):185-189.
- [10] 殷海善,姚建民. 渗水地膜覆盖玉米试验研究综述[J]. *水土保持研究*, 2000,7(4):47-49.
- [11] 李娜娜,郝建平,杨锦忠,等. 渗水地膜覆盖对旱地高粱生理特性的影响[J]. *山西农业大学学报:自然科学版*, 2007,27(2):146-148.
- [12] 崔福柱,郭秀卿,郝建平,等. 旱地谷子渗水地膜覆盖温度变化研究[J]. *山西农业大学学报:自然科学版*, 2008,28(2):172-175.
- [13] 徐澜,安伟,郝建平. 渗水地膜覆盖对玉米生长发育的影响[J]. *玉米科学*, 2007,15(4):119-122.
- [14] 徐澜,安伟,郝建平. 渗水地膜覆盖对旱作玉米生理特性、产量构成因素及产量的影响[J]. *干旱区资源与环境*, 2010,24(8):180-185.
- [15] 曹晋军,刘永忠,李万星,等. 不同覆盖方式对土壤水热状况和玉米水分利用效率的影响[J]. *中国农学通报*, 2013,29(33):107-111.
- [16] Yu J, McCullough P E, Czarnota M A. Seashore paspalum tolerance to amicarbazone at various seasonal application timings[J]. *Weed Technology*, 2015,29(1):42-47.
- [17] Haramoto E R, Gallandt E R. Brassica cover cropping: I. Effects on weed and crop establishment[J]. *Weed Science*, 2005,53(5):695-701.
- [18] Yu J, McCullough P E. Methiozolin efficacy, absorption, and fate in six cool-season grasses[J]. *Crop Science*, 2014, 54(3):1211-1219.
- [19] Yu J, McCullough P E, Vencill W K. Absorption, translocation, and metabolism of amicarbazone in annual bluegrass (*Poa annua*), creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera*), and tall fescue (*Festuca arundinacea*) [J]. *Weed science*, 2013,61(2):217-221.