

不同地膜覆盖对夏玉米产量及水分利用效率的影响

宗睿, 马玉诏, 高超, 任玉洁, 李全起

(山东农业大学水利土木工程学院, 山东泰安271018)

摘要:为探求玉米地膜覆盖栽培技术中可降解地膜代替普通农用地膜的可行性,解决白色污染问题,本试验通过设置普通白色地膜(M1)、可降解白色地膜(M2)、可降解黑色地膜(M3)以及不覆盖地膜(CK)4种处理,分析比较不同地膜覆盖对夏玉米土壤体积含水率、贮水量、产量、耗水量及水分利用效率(WUE)的影响。结果表明,与不覆盖地膜相比,覆盖地膜能提高夏玉米0~30 cm土层土壤体积含水率和贮水量,2种可降解地膜的保水性无显著差异,但都低于普通白色地膜;覆盖可降解黑色地膜、可降解白色地膜和普通白色地膜后,夏玉米的耗水量分别减少了3.7%、1.0%和1.5%;覆盖可降解黑色地膜使夏玉米籽粒产量显著提高了14.8%,WUE显著提高了15.4%,而覆盖可降解白色地膜与普通白色地膜使夏玉米籽粒产量分别下降了9.5%和19.7%,WUE分别下降了11.5%和19.2%。虽然3种地膜都使0~30 cm土层土壤含水率上升,但是只有覆盖可降解黑色地膜起到增产的作用,因此在地膜覆盖栽培技术中选用地膜时一定要根据具体条件合理的选择和应用。

关键词:可降解地膜;土壤水分;水分利用效率;产量;玉米

中图分类号: S513

文献标志码: A

doi:10.13522/j.cnki.ggps.2017.12.006

宗睿,马玉诏,高超,等. 不同地膜覆盖对夏玉米产量及水分利用效率的影响[J]. 灌溉排水学报,2017,36(12):31-35.

0 引言

受气候变化影响,干旱灾害加剧,我国的农业生产受到严重损失^[1]。玉米地膜覆盖技术是玉米种植中的一项重大改革,通过地膜覆盖,能够提高土壤温度,保持土壤水分,维护土壤结构,具有良好的增产效应^[2]。自1978年引入地膜覆盖技术后,在我国得到大面积的推广和使用,极大的促进了我国农业的生产发展。目前,我国地膜年产量达60万t左右,累计推广面积达5 000万hm²^[3],成为世界上农膜生产和使用最多的国家^[4]。普通塑料膜的主要成分为聚乙烯(PE),其结构非常稳定,自然条件下很难被分解,雇佣劳动力清理残膜不仅会增加成本,而且费时费力。土壤中的残膜危害极大:影响土壤水分运动,减弱土壤保水能力^[5];使土壤理化性质恶化,有毒物质堆积,影响作物健康;土壤微生物及其多样性急剧下降^[6];造成土壤的次生盐碱化;耕地时缠绕犁齿,降低耕地质量。在各种作物中,种植玉米的地膜使用量最大,受到污染最严重^[7]。不但如此,白色地膜的使用在半干旱地区造成了许多负面效应^[8]。黑色地膜不仅具有白色地膜的增温保墒效果,而且透光率低,相对于白色地膜在夏季可以降低土温,并能抑制杂草生长。因此,使用新型可降解地膜代替普通地膜是一项必要措施。然而,对黑色地膜的研究多以普通地膜为主^[9],针对可降解黑色地膜的研究较少。探究不同地膜覆盖对夏玉米产量及水分利用效率的影响,对可降解地膜的推广提供理论依据,旨在更好的发展地膜玉米覆盖栽培技术,降低污染,提高产量。

1 材料与方法

1.1 试验地点

试验于2016年夏季在山东农业大学农学试验站(36°10'19"N,117°09'03"E)的水分池内进行,土壤质地为壤质黏土,田间持水率为32.4%(体积含水率)。水分池面积为3 m×3 m,四周砖砌,水泥抹面,不封底,中

收稿日期:2017-03-29

基金项目:国家重点研发计划课题(2016YFB0302402);山东省科技发展计划项目(2014GNC111002);“双一流”奖补资金资助项目(SYL2017YSTD02)

作者简介:宗睿(1994-),男,硕士研究生,主要从事农业水土工程研究。E-mail: shanguanyunlin@126.com

通信作者:李全起(1976-),男,教授,博士,主要从事农业水土工程研究。E-mail: quanqili@sdau.edu.cn

央埋有中子管。池内为原状土,0~20 cm 土层碱解氮、速效钾、速效磷量分别为108.1、92.4和161.1 mg/kg。夏玉米生育期内降水总量为495.2 mm,6、7、8、9月分别占全生育期降水量的26.1%、41.7%、31.0%和1.2%。

1.2 试验设计

试验品种为郑单958,共设4个处理,分别为覆盖普通白色地膜(M1)、可降解白色地膜(M2)、可降解黑色地膜(M3)以及不覆盖地膜(CK)。其中普通白色地膜为标准规格,厚度为6 μm,2种可降解地膜厚度为6 μm,由山东清田塑工有限公司生产。每个处理重复3次,共12个小区,随机区组排列。播种前浇0.5 m³底墒水,此外在夏玉米生育期内无灌溉、遮雨措施。尿素、磷酸二胺、氯化钾基施量分别为22.5、22.5、16.9 g/m²,其中N、P₂O₅、K₂O的有效量分别为46.6%、52.7%、62.0%。等行距播种,行距60 cm,株距21 cm,每小区共计70株,手工覆膜。于2016年6月13日播种,6月15日覆膜,10月1日收获。

1.3 测指定标

1)土壤体积含水率。采用北京超能科技有限公司生产的CNC503B型智能中子水分仪测定,夏玉米生育期内每隔10~15 d测定1次,测深为100 cm。0~20 cm 土壤体积含水率用TDR进行校正。

2)贮水量采用以下公式^[10]计算:

$$E=M \times H, \quad (1)$$

式中: E 为贮水量(mm); M 为土壤体积含水率(%); H 为土层厚度(mm)。

3)产量及产量构成因素。收获时,调查每小区有效穗数。每小区连续选取除去边行优势后具有代表性的植株6株,室外风干后于室内考察其穗行数、行粒数,然后把所测6穗玉米脱粒,称穗粒质量,再测定千粒质量。

4)耗水量及水分利用效率。水分利用效率用以下公式^[11]计算:

$$WUE_v=Y/ET, \quad (2)$$

式中: WUE_v 为夏玉米水分利用效率; Y 为夏玉米籽粒产量(g/m²); ET 为整个生育期内的耗水量(mm)。按照农田水量平衡方程,因生育期内没有灌溉处理,且水池周围高出地面15 cm,无地表径流,又试验地点地下水埋深大于5.0 m^[12],地下水补给可忽略不计,故其计算公式为:

$$ET=P+\Delta S, \quad (3)$$

式中: P 为夏玉米生育期内有效降水(mm),由距试验站50 m的气象站提供; ΔS 为土壤蓄存水变化量(mm),用水层厚度 Δh 表示,其计算公式为:

$$\Delta h=10 \sum(\Delta \theta_i \times Z_i), \quad (4)$$

式中: $\Delta \theta_i$ 为土壤某一层在某一时段内体积含水率的变化; Z_i 为土壤层次厚度(cm); i 为土壤层次。

1.4 统计分析

采用Microsoft Excel 2007和DPS进行数据处理和统计分析,采用Origin 8.0作图,采用LSD法进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同处理对土壤体积含水率的影响

各处理不同时期土壤剖面体积含水率如图1所示。由图1可知,同一时期内土壤体积含水率随土壤深度的增加而增加,从开花期到成熟期,各土层的体积含水率整体上呈下降趋势。在开花期,0~30 cm 土层中,土壤体积含水率均值表现为M1处理>M3处理>M2处理>CK,M3处理的土壤体积含水率略高于M2,但二者均低于M1。在40~90 cm 土层中,受降雨影响,各土层的土壤体积含水率均较高,4种处理之间差异不明显,且各处理土壤体积含水率随土壤深度的增加无明显增加。从开花期至灌浆期,各土层土壤体积含水率明显下降,最大下降幅度为62%,最小下降幅度为1.5%。在灌浆期,0~30 cm 土层内,不同处理土壤体积含水率均值依然表现为M1处理>M3处理>M2处理>CK,可降解黑色地膜的保水性高于可降解白色地膜,但2种可降解地膜的保水性均低于普通PE膜。在40~100 cm 土层中,M1处理的土壤体积含水率与CK相近,M3处理的土壤体积含水率略高于M2处理,但低于M1处理和CK。在成熟期,0~30 cm 土层中,土壤体积含水率均值表现为M3处理>M1处理>M2处理>CK,在40~100 cm 土层中,土壤体积含水率表现为M3处理>CK>M1处理>M2处理。地膜覆盖提高了0~30 cm 土层体积含水率,而对30 cm 以下土层保墒

效果不显著。

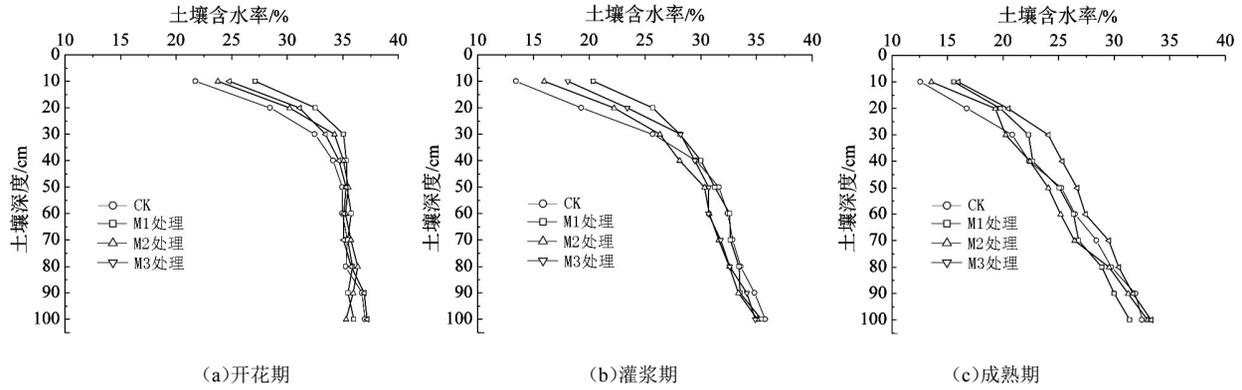


图1 各处理不同时期土壤剖面体积含水率

2.2 不同处理对土壤贮水量的影响

各处理不同时期0~100 cm土层贮水量如表1所示。由表1可知,覆盖不同地膜对0~30 cm土层贮水量影响显著,对30~100 cm土层贮水量并无显著影响。由于降雨集中在夏玉米生育期前中期,从播种期到抽丝期,M1、M2、M3处理的0~30 cm土层贮水量不断上升,而CK则呈现先减后增的趋势,4种处理30~100 cm土层贮水量均不断增加。从抽丝期到成熟期,降雨量减少,4种处理的0~100 cm土层贮水量均呈下降趋势。从拔节期至成熟期,CK的0~30 cm土层贮水量始终低于其余3种覆盖地膜处理,说明覆盖地膜能有效减少水分散失,提高0~30 cm土层贮水量。覆盖不同地膜对0~30 cm土层贮水量产生不同影响,从播种期到灌浆期,M2、M3处理在该土层贮水量始终小于M1处理,在拔节期和开花期差异达到显著水平,而M2处理和M3处理间差异并不显著。

表1 不同时期0~100 cm土层贮水量

mm

土层深度/cm	处理	播种期	拔节期	大口期	开花期	抽丝期	灌浆期	成熟期
0~30	CK	82.34a	79.84c	77.82c	82.65c	96.69b	58.45b	50.14b
	M1	83.43a	96.37a	94.57a	94.74a	103.85a	74.19a	57.67ab
	M2	81.69a	88.69b	95.55a	88.21b	100.27ab	64.50ab	53.08ab
	M3	79.62a	89.1b	84.72b	89.30b	99.89ab	69.67a	60.49a
30~100	CK	138.33a	201.79b	248.73a	248.29a	272.45a	230.65a	196.69ab
	M1	137.10a	236.53a	252.60a	249.15a	263.78a	228.86a	192.19ab
	M2	133.59a	231.22a	264.92a	249.03a	271.21a	218.79a	185.86b
	M3	133.42a	220.61ab	252.84a	249.97a	267.36a	224.19a	204.31a

注 同列不同行字母表示各处理在 $P<0.05$ 水平下差异显著,下同。

2.3 不同处理对夏玉米产量及WUE的影响

不同处理间夏玉米产量及WUE如表2所示。由表2可知,与CK相比,M1、M2和M3处理的穗数分别提高了1.5%、9.0%和9.0%。穗行数均值表现为CK>M3处理>M2处理>M1处理,行粒数均值表现为M1处理>M3处理>M2处理>CK,但各处理间差异不显著。覆盖不同地膜对夏玉米的千粒质量产生显著影响,和CK相比,M3处理千粒质量显著增加了8.9%,而M1和M2处理千粒质量显著减少,其中M1处理减少9.7%,M2处理减少8.5%,M1与M2处理差异不显著,但M3处理千粒质量比M2处理显著增加了58.7 g,说明地膜的颜色对夏玉米千粒质量产生显著影响。不同处理间夏玉米籽粒产量存在显著差异,产量均值表现为M3处理>CK>M2处理>M1处理,与CK相比,M3处理显著增加14.8%,而M1和M2处理分别显著减少19.7%和9.5%,只有覆盖可降解黑色地膜使夏玉米产量显著增加,而2种白色地膜均使夏玉米产量降低。

覆盖3种地膜后,夏玉米耗水量均显著下降,耗水量均值表现为CK>M2处理>M1处理>M3处理。与CK相比,M1、M2、M3处理的耗水量分别下降了1.5%、1.0%和3.7%,M3处理的耗水量显著低于其余3种处理,M1和M2处理的耗水量并无显著差异。不同地膜覆盖对WUE_v产生显著影响。与CK相比,M3处理显著提高15.4%,但M1和M2处理显著降低了19.2%和11.5%。仅M3处理起到了提高WUE_v的作用,M1、M2

处理均使 WUE_V 下降。

表2 夏玉米产量及 WUE_V

处理	穗数/m ²	穗行数	行粒数	千粒质量/g	产量/(g·m ²)	耗水量/mm	WUE_V /(g·m ⁻² ·mm ⁻¹)
CK	6.7b	15.1a	35.2a	338.7b	1 210.2b	474.3a	2.6b
M1	6.8ab	14.3a	36.7a	305.8c	971.3d	467.1b	2.1d
M2	7.3a	14.5a	35.8a	310.0c	1095.7c	469.7ab	2.3c
M3	7.3a	14.6a	36.4a	368.7a	1 389.9a	456.6c	3.0a

3 讨论

作物根系对作物生长发育起到重要作用。有研究指出^[13],玉米根系在土壤中的垂直分布为:0~40 cm 耕层占总根量的50%~60%,40~70 cm 耕层占总根量的25%~30%,70 cm 以下深层相对较少,故0~70 cm 土层是夏玉米主要吸水层,在本试验中对100 cm 土体进行水分平衡分析,由此计算得出的耗水量在470 mm 左右,与张海林等^[14]试验结果相似。

田间大部分的水分通过田面蒸发流失,地膜因其具有隔离性,能有效减少膜下土壤与膜外环境的水热交流,抑制土壤蒸发,改变土壤水分的运动方式,同时能更好的利用自然降水,起到节水保墒的作用。在试验中虽然覆盖2种白色地膜处理的耗水量都低于CK,但是由于M1和M2处理的产量显著下降,导致二者的 WUE_V 分别较CK分别降低了19.2%和11.5%。夏玉米覆盖地膜后减产的原因多种多样,在张冬梅等^[8]试验中,覆盖地膜后玉米生育期提前,抽雄期提早到旱季,影响了玉米的授粉,导致玉米减产。也有研究^[15]指出,在玉米覆盖地膜之后,作物加速消耗土壤肥力,使玉米在抽雄期就把底肥消耗殆尽,如果不及时追肥或追肥量少,就会造成养分的供求矛盾,影响籽粒发育,形成早衰,导致玉米减产。王秀康等^[16]试验结果表明,在不施肥的情况下,覆膜不仅不增产,还导致减产8%~10%,但是在施基肥和有追肥的处理下,覆膜会使显著产量增加。耿运江等^[17]通过设置6种全生物可降解地膜与普通PE膜进行对比,结果表明,只有2种可降解地膜在玉米产量方面与PE膜无差异,其他降解地膜均显著减产,且玉米产量与土壤温度密切相关。在本试验中,覆盖2种白色地膜后产量降低,但是覆盖黑色可降解地膜后产量较CK显著增加14.8%, WUE_V 显著提高15.4%。在岳德成等^[18]的试验中,与覆盖白色地膜相比,覆盖黑色地膜提高玉米产量4.19%。在郭强等^[19]试验中,覆盖黑色地膜的玉米产量和 WUE_V 显著高于覆盖白色地膜和露地。研究^[20]表明,覆盖黑色地膜后,玉米的籽粒灌浆期延长,且与白色地膜覆盖相比,覆盖黑色地膜可以有效降低0~15 cm 土壤白天温度, WUE_V 和产量都较覆盖白色地膜有显著提高。夏季天气高温炎热,作物水分、养分消耗量大,在本试验中,覆盖白色地膜的2种处理提高了土壤温度,加速了根系对土壤养分的吸收,试验中未对作物进行追肥处理,使夏玉米在生育中后期因养分不足而发生早衰导致减产。该试验中2种可降解地膜的保水性相近,水分不是导致地膜玉米减产的真正原因,真正原因是黑色地膜阻挡了太阳光的直接照射,较白色地膜具有降低土温的作用,减少了高温对玉米根系产生的不利影响,进而提高了产量。这一方面的研究,应是以后研究的重点。

4 结论

1)覆盖地膜能显著提高夏玉米0~30 cm 土层的土壤含水率,对30~100 cm 土层土壤含水率影响不显著。

2)3种地膜覆盖都显著减少了耗水量,但只有覆盖黑色可降解地膜提高了夏玉米的产量,使 WUE_V 显著提高,覆盖可降解白色地膜与普通白色地膜都降低了夏玉米的产量,使 WUE_V 下降。

参考文献:

- [1] 康蕾,张红旗.我国五大粮食主产区农业干旱态势综合研究[J].中国生态农业学报,2014,22(8):928-937.
- [2] BRAUNACK M V, JOHNSTON D B, PRICE J, et al. Soil temperature and soil water potential under thin oxodegradable plastic film impact on cotton crop establishment and yield[J]. Field Crops Research, 2015, 184: 91-103.
- [3] 周文春.环保型麻纤维纸地膜的研究开发分析[J].中国麻业,2002,24(2):22-25.
- [4] 许香春,王朝云.国内外地膜覆盖栽培及展望[J].中国麻业,2006,28(1):6-11.
- [5] 牛文权,邹小阳,刘晶晶,等.残膜对土壤水分入渗和蒸发的影响及不确定性分析[J].农业工程学报,2016,32(14):110-119.
- [6] WANG J, LV S, ZHANG M, et al. Effects of plastic film residues on occurrence of phthalates and microbial activity in soils[J]. Chemosphere, 2016, 151: 171-177.

- [7] 马彦, 杨虎德. 甘肃省农田地膜污染及防控措施调查[J]. 生态与农村环境学报, 2015, 31(4):478-483.
- [8] 张冬梅, 池宝亮, 黄学芳, 等. 地膜覆盖导致旱地玉米减产的负面影响[J]. 农业工程学报, 2008, 24(4):99-102.
- [9] 王红丽, 张绪成, 于显枫, 等. 黑色地膜覆盖的土壤水热效应及其对马铃薯产量的影响[J]. 生态学报, 2016, 36(16):5 215-5 226.
- [10] 阿拉木萨, 蒋德明. 科尔沁沙地两种典型乔灌木耗水特点[J]. 生态学报, 2008, 28(5):1 981-1 990.
- [11] 李全起, 房全孝, 陈雨海, 等. 底墒差异对夏玉米耗水特性及产量的影响[J]. 农业工程学报, 2004, 20(20):93-96.
- [12] 宋云峰, 张芹, 张江波, 等. 泰安市地下水变化趋势及动态预测研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2013, 44(4):604-609.
- [13] 戚庭香, 梁文科, 阎素红, 等. 玉米不同品种根系分布和干物质积累的动态变化研究[J]. 玉米科学, 2003, 11(3):76-79.
- [14] 张海林, 高旺盛, 王广章, 等. 覆盖免耕夏玉米生长及水分利用的研究[J]. 作物杂志, 2000(4):7-9.
- [15] 张明峰. 地膜玉米早衰问题的探讨[J]. 玉米科学, 1993, 1(3):29-32.
- [16] 王秀康, 李占斌, 邢英英. 覆膜和施肥对玉米产量和土壤温度、硝态氮分布的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21(4):884-897.
- [17] 耿运江, 董合干, 周明冬, 等. 可降解地膜覆盖对巩留县玉米产量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2016(3):22-23.
- [18] 岳德成, 柳建伟, 姜延军, 等. 除草地膜对全膜双垄沟播玉米生长发育的影响[J]. 灌溉排水学报, 2016, 35(12):29-33.
- [19] 郭强, 于玲玲. 不同类型薄膜覆盖对冀东地区玉米产量和水分利用效率的影响[J]. 灌溉排水学报, 2016, 35(8):73-77.
- [20] 路海东, 薛吉全, 郝引川, 等. 黑色地膜覆盖对旱地玉米土壤环境和植株生长的影响[J]. 生态学报, 2016, 36(7):1 997-2 004.

Effect of Different Film Mulchings on Yield and Water Use Efficiency of Summer Maize

ZONG Rui, MA Yuzhao, GAO Chao, REN Yujie, LI Quanqi

(College of Water Conservancy and Civil Engineering, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

Abstract: This paper investigated the feasibility of replacing ordinary plastic film in summer maize cultivation by degradable films in attempts to resolved the “white pollution” often seen in agricultural production. We examined four mulchings: transparent plastic film (M1), transparent degradable film (M2), and black degradable film (M3), and the control was without mulching (CK). In each treatment, we measured soil moisture, soil water storage, grain yield, water consumption and water use efficiency (*WUE*). The results revealed that the soil moisture and the soil water storage in 0~30 cm of soil improved significantly under mulching, and that there was no significant difference in water retention in soils under mulching with the two degradable films. However, water retention in soil mulched with degradable films is lower than that mulched with the ordinary transparent film. Under mulching with ordinary plastic film and the black and the transparent degraded plastic films the water consumption was reduced by 1.5%, 3.7%, 1.0% respectively, compared with the CK. The grain yield under the black degradable film mulching significantly increased by 14.8% and the water use efficiency by 15.4%. However, the mulching with the transparent degradable film and transparent plastic film led to a decrease in yield by 9.5% and 19.7%, respectively, and the water use efficiency by 11.5% and 19.2%, respectively. This study indicated that all three film mulchings increased the soil moisture in 0~30 cm, but only did the black degradable film mulching increase yield. Thus, film selection in mulching should consider environment and cultivation technology.

Key words: degradable film; soil moisture; water use efficiency; yield; maize

责任编辑:陆红飞