

河西绿洲灌区玉米产量对生物可降解地膜 保水增温作用的响应

李 强¹, 王 琦¹, 张恩和², 刘青林²

(1. 甘肃农业大学草业学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃农业大学农学院, 甘肃 兰州 730070)

摘 要: 通过连续 2 a 田间定位试验, 研究不同覆盖处理(普通地膜覆盖、生物可降解地膜覆盖、秸秆覆盖和无覆盖)对玉米种植增温、保湿作用和产量的影响。结果表明: 不同覆盖处理增温次序为普通地膜覆盖 > 生物可降解地膜覆盖 > 无覆盖 > 秸秆覆盖; 普通地膜覆盖、生物可降解地膜覆盖和秸秆覆盖的 2 a 玉米各生育时期土壤贮水量平均比无覆盖高 24.7 mm、19.9 mm 和 13.1 mm; 与无覆盖相比, 普通地膜覆盖、生物可降解地膜覆盖和秸秆覆盖的 2 a 平均玉米籽粒产量分别提高 11.55%、9.53% 和 4.70%, WUE 分别提高 17.35%、14.11% 和 8.22%, 经济效益分别提高 11.81%、8.60% 和 5.05%。综合考虑产量和水分利用, 生物可降解地膜的增温保湿和增产效果低于普通地膜, 但是生物可降解地膜有利于农业生态系统的可持续发展, 从长远生态效益考虑, 今后应推广使用。

关键词: 生物可降解地膜; 玉米; 增温保水; 产量; 经济效益; 生态效益; 河西绿洲灌区

中图分类号: S318; S152.7 **文献标志码:** A

Response of biodegradable film water retention and warming to the maize grain yields in Hexi irrigation area

LI Qiang¹, WANG Qi¹, ZHANG En-he², LIU Qing-lin²

(1. College of Grassland Science, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China;

2. Agronomy College, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: Through 2 years of field experiment, aimed at studying the effects of mulching materials (common plastic film mulching, biodegradable film mulching, straw film mulching and no mulching) on adjusting temperature moisture and maize grain yields. The results showed that the order of increasing soil temperature was common plastic film mulching > biodegradable film mulching > no mulching > straw film mulching. Compared to no mulching, the hight of 2 years water storage for common plastic film mulching, biodegradable film mulching and straw film mulching were 24.7 mm, 19.9 mm and 13.1 mm respectively. Compared with no mulching, the increases of 2 years maize grain yield for common plastic film mulching, biodegradable film mulching and straw film mulching were 11.55%, 9.53% and 4.70%, respectively, while increases of WUE were 17.35%, 14.11% and 8.22%, respectively, while increases of economic benefit were 11.81%, 8.60% and 5.05%. In conclusions, combining yields and water use, common plastic film was better than biodegradable film at increasing soil temperature and saving water. The biodegradable film was good for agro-ecosystems sustainable development and it should be extend in the future.

Keywords: biodegradable plastic film; maize; water retention and warming; yield; economic sbenifits; ecological benefits; Hexi irrigation area

河西绿洲灌区位于我国西北部, 是全国重要玉米制种区, 属于典型的大陆干旱型季风气候, 年降雨量稀少, 潜在年蒸发量大, 主要依靠石羊河流域的地下水灌溉。近年来, 随着自然因素的变迁和区域经济的快速发展, 区域的地下水位下降, 使灌溉水资源成为限制该区域经济和农业发展的主要因子之一^[1]。

覆盖是保护性耕作的重要措施, 即将作物残茬、秸秆、木屑、普通地膜、生物可降解地膜、液膜等覆盖于土壤表面的一种栽培技术, 可以起到蓄水、保水、

收稿日期: 2016-01-11

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2014BAD14B10); 国家牧草产业技术体系项目(CARS-35)

作者简介: 李 强(1990—), 男, 硕士研究生, 研究方向为干旱区农作物耕作与栽培。E-mail: 992956250@qq.com。

通信作者: 刘青林(1979—), 女, 讲师, 主要从事旱地与绿洲农作制、作物生理生态研究。

保土、培肥、抑草和调温等多种功效,改善作物生长微环境,从而提高作物产量和 WUE,是实现农业可持续发展的一项重要措施^[2-5]。前人研究^[6-12]表明,地膜和秸秆覆盖在平作和垄覆膜沟播种等种植方式均能明显地改善农田土壤水温生态条件,促进作物生长发育,提高作物产量和抗旱能力。但覆盖材料普遍使用普通地膜,普通地膜覆盖造成大量地膜残留,不易降解,破坏土壤结构,阻碍土壤水分和养分转送,从而破坏农业环境,引起作物减产^[13]。

国内外对覆盖材料的研究主要集中在普通地膜和秸秆^[7,13],同时主要针对旱作雨养农业区^[14],而对生物可降解地膜在旱作灌溉区的研究相对较少。研究不同覆盖处理(普通地膜覆盖、生物可降解地膜覆盖、秸秆覆盖和无覆盖)对玉米种植增温保湿作用和产量的影响,旨在确定不同覆盖材料的调温保湿效应,为区域农业覆盖材料的选择提供基本理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2013 和 2014 年 3—10 月在甘肃省武威市黄羊镇甘肃农业大学试验站(37°96'N, 102°64'E)进行,海拔 1 531 m,依赖石羊河水和地下水灌溉,降水少,蒸发强烈,气候干燥。多年平均降水量 160 mm,年潜在蒸发量 2 400 mm,干燥度 5.85,年平均气温 7.7℃,≥0℃年积温 3 513.4℃,≥10℃年积温 2 985.4℃。全年无霜期 156 d,绝对无霜期 118 d,年日照时数 2 945 h。土壤以荒漠灌淤土为主,粉沙壤质,土层深厚,田间持水量为 21.5%。试验区 0~20 cm 土层土壤全氮、全磷、全钾和有机质平均含量为 0.95、0.48、7.70 g·kg⁻¹和 14.29 g·kg⁻¹,速效磷和速效钾平均含量为 33.80 mg·kg⁻¹和 253.95 mg·kg⁻¹,pH 为 8.76。2013 和 2014 年玉米生育期降雨量分别为 188.6 mm 和 261.3 mm。

1.2 试验设计

试验采用完全随机区组设计,4 个覆盖处理分别为普通地膜覆盖、生物可降解地膜覆盖、秸秆覆盖和无覆盖,其中无覆盖为对照,重复 3 次,共有 12 个小区。小区面积为 40 m²(8 m×5 m)。以玉米(先玉 335)为供试作物,株距 30 cm,行距 40 cm。

1.3 种植管理

玉米播种时间分别为 2013 年 4 月 17 日和 2014 年 4 月 16 日,穴播,播种密度为 82 500 株·hm⁻²,在播种前划分小区,播种前磷肥和钾肥作为基肥 1 次性施入,基肥用量分别为纯 P 150 kg·hm⁻²(过磷酸钙,含 P₂O₅ 16%)和纯 K 40 kg·hm⁻²(硫酸钾,含 K₂O

30%)。玉米整个生育期氮肥用量为纯 N 430 kg·hm⁻²(普通尿素,含纯氮 46.4%),其中基肥、玉米拔节期、大喇叭口期和抽雄~吐丝期追肥用量分别占总施氮量的 30%、21%、42%和 7%,每小区灌水时间和灌水量相同,在灌溉前进行追肥。利用滴灌灌溉系统于 2013 和 2014 年玉米苗期、拔节期、大喇叭口期、抽雄吐丝期和灌浆期对玉米种植带进行等时和等量灌溉,灌水量分别为 80、110、110、110 mm 和 110 mm;分别于 2013 年 9 月 29 日和 2014 年 10 月 1 日测产收获。

1.4 样品采集及测定

土壤温度的测定:用曲管地温表测定土壤 5、10、15、20 cm 和 25 cm 深度处温度,观测时间分别为 8:00、14:00 和 18:00,每隔 5 d 测定一次,同时,标注天气状况。

玉米产量的测定:在玉米收获期,按小区单收测定玉米产量。

土壤含水量的测定:在玉米播前 1 d、每次灌水前、灌水后和玉米收后 1 d,采用烘干法测定 0~120 cm 土层含水量,分 6 层,每层 20 cm。每个小区取 3 钻土样,将 3 钻土按层次混合均匀,测定土壤质量含水量。玉米生育期耗水量和水分利用效率根据以下公式计算。

$$ET = I + P + (W_1 - W_2) - R - D_w \quad (1)$$

式中,ET 为作物生育期耗水量(mm);I 为作物灌水量(mm);P 为作物生育期降水量(mm);W₁ 和 W₂ 是播种前和收获后 0~120 cm 土壤贮水量(mm);R 和 D_w 分别指地表径流和入渗量(mm),本试验中忽略不计^[15]。

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

式中,WUE 为玉米生育期水分利用效率(kg/mm·hm⁻²),Y 为玉米籽粒产量(kg·hm⁻²),ET 为玉米生育期耗水量(mm)。

1.5 统计分析

将 3 次重复收集的参数采用 SPSS17.0 与 Excel 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 覆盖对土壤温度的影响

表层土壤温度随覆盖处理的不同而变化,将 5、10、15、20 cm 和 25 cm 处土壤温度求平均值,见图 1。在玉米生长前期(4—6 月)不同覆盖处理的表层土壤温度差异显著,玉米生长后期(7—9 月)不同覆盖处理的表层土壤温度差异不显著,这是由于随着生育期的推移,玉米地上部分的生长削弱了太阳辐射,

使覆盖对表层土壤温度影响效果逐渐减弱。在同一时期,普通地膜覆盖和生物可降解地膜覆盖的表层土壤温度显著高于无覆盖,秸秆覆盖的表层土壤温度微低于无覆盖。就玉米全生育期表层土壤温度平均值而言,2013 年普通地膜覆盖和生物可降解地膜覆盖的表层土壤温度与无覆盖相比分别提高 1.5℃、0.9℃,秸秆覆盖的表层土壤温度降低 0.2℃;2014 年普通地膜覆盖和生物可降解地膜覆盖的表层土壤温度与无覆盖相比分别提高 1.5℃、0.7℃,秸秆覆盖的表层土壤温度降低 0.4℃。

2.2 覆盖对土壤贮水量的影响

土壤贮水量是衡量土壤水分收支平衡的重要指标。在玉米每个生育时期灌溉前(1~2 d),将同一处理 3 个重复的土壤贮水量求平均值。由图 2 可以得出,2013—2014 年 4—6 月,玉米前期生长缓慢,根系分布较浅,各处理的土壤贮水量处于全生育期最高。7—9 月,随着玉米迅速的营养生长和生殖生长,根系迅速下扎,这时玉米对水分的需求迅速增大,同时,较高的气温加快了土壤无效蒸发,使得不同覆盖处理土壤贮水量逐渐降低。除玉米播种期(4 月),不同覆盖处理土壤贮水量的排列次序为普通地膜覆盖 > 生物可降解地膜覆盖 > 秸秆覆盖 > 无覆盖,由于覆盖能有效减少土壤水分蒸发,从而使普通

地膜覆盖、生物可降解地膜覆盖和秸秆覆盖的土壤贮水量显著高于无覆盖。就玉米不同生育时期的平均值而言,2013 年普通地膜覆盖、生物可降解地膜覆盖和秸秆覆盖的土壤贮水量与无覆盖相比分别高 22.5 mm、18.7 mm 和 12.3 mm;2014 年普通地膜覆盖、生物可降解地膜覆盖和秸秆覆盖的土壤贮水量与无覆盖相比分别高 27.0 mm、21.0 mm 和 14.0 mm。

2.3 覆盖对玉米籽粒产量的影响

不同覆盖处理能够充分利用当季降雨和灌溉,减少土壤无效蒸发,提高作物产量(表 1)。2 a 玉米籽粒产量均表现为普通地膜覆盖和生物可降解地膜覆盖处理产量最高,秸秆覆盖次之,无覆盖最低。在 2013 年,普通地膜覆盖和生物可降解地膜覆盖的玉米籽粒产量显著高于秸秆覆盖和无覆盖,普通地膜覆盖与生物可降解地膜覆盖、秸秆覆盖与无覆盖之间相差不显著,与无覆盖相比,普通地膜覆盖、生物可降解地膜覆盖和秸秆覆盖的玉米籽粒产量分别增加 8.25%、5.36% 和 1.06%;在 2014 年,普通地膜覆盖和生物可降解地膜覆盖的玉米籽粒产量显著高于秸秆覆盖,秸秆覆盖的玉米籽粒产量显著高于无覆盖,普通地膜覆盖与生物可降解地膜覆盖之间相差不显著,与无覆盖相比,普通地膜覆盖、生物可降解

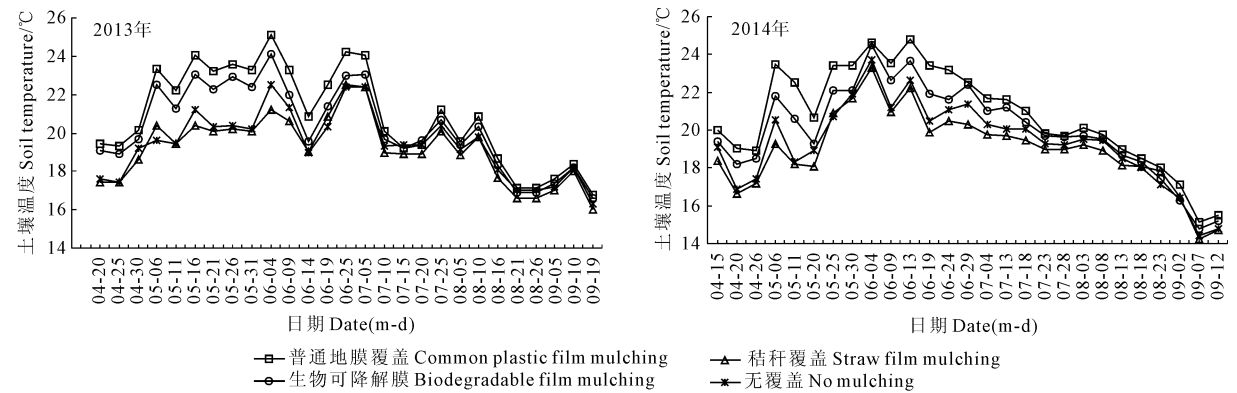


图 1 2013—2014 年玉米生育期土壤温度的变化
Fig.1 The soil temperature variations during maize growing seasons in 2013 and 2014

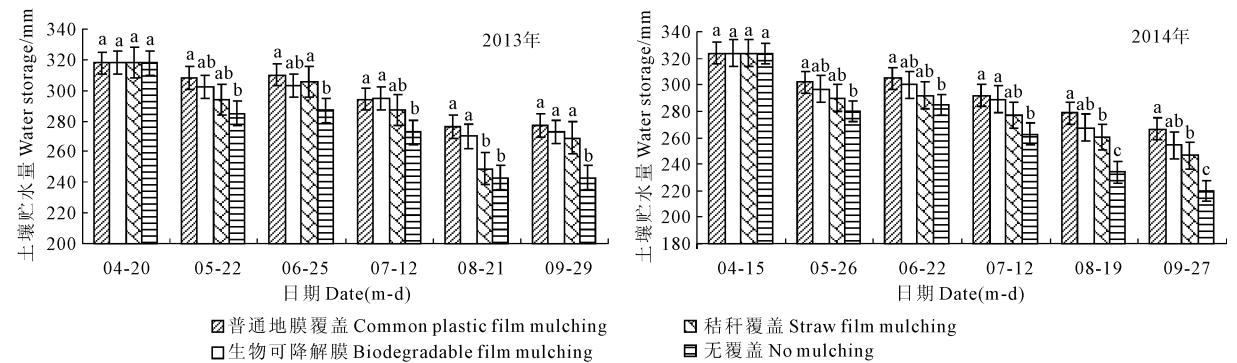


图 2 2013—2014 年玉米不同生育时期土壤贮水量的变化

Fig.2 The changes soil water storage capacity during maize growing seasons in 2013 and 2014

表 1 覆盖对玉米籽粒产量和水分利用效率的影响
Table 1 Effects of mulching on grain yield and water use efficiency (WUE) of maize

年份 Year	覆盖材料 Mulching material	玉米籽粒产量 Maize grain yield /(kg·hm ⁻²)	ET /mm	WUE /(kg·hm ⁻² ·mm ⁻¹)
2013	普通地膜覆盖 Common plastic film mulching	10195a	730	13.97a
	生物可降解地膜 Biodegradable film mulching	9924a	733	13.54a
	秸秆覆盖 Straw film mulching	9518b	738	12.90b
	无覆盖 No mulching	9418b	764	12.33b
2014	普通地膜覆盖 Common plastic film mulching	10050a	818	12.28a
	生物可降解地膜 Biodegradable film mulching	9950a	830	11.98ab
	秸秆覆盖 Straw film mulching	9482b	838	11.31b
	无覆盖 No mulching	8751c	865	10.11c

注:根据 Duncan 多重比较,同一年份同列数据后不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。
Note: Different letters in same year each column mean significantly difference at $P < 0.05$ according to Duncan's multiple comparison test.

地膜覆盖和秸秆覆盖的玉米籽粒产量分别增加 14.84%、13.70% 和 8.35%。作物产量形成是光合产物积累和分配的过程,该过程受作物本身遗传特性和环境条件共同制约,普通地膜覆盖和生物可降解地膜覆盖在增加土壤含水量、土壤温度和土壤矿化速率等方面显著高于秸秆覆盖和无覆盖,从而加快了植株生长,提高玉米籽粒产量。

2.4 覆盖对玉米水分利用效率的影响

由表 1 可知,在 2013 年,普通地膜覆盖和生物可降解地膜覆盖的玉米 WUE 显著高于秸秆覆盖和无覆盖,普通地膜覆盖与生物可降解地膜覆盖、秸秆覆盖与无覆盖之间差异不显著。与无覆盖相比,普通地膜覆盖、生物可降解地膜覆盖和秸秆覆盖的玉米 WUE 分别增加 13.30%、9.77% 和 4.62%;在 2014 年,普通地膜覆盖的玉米 WUE 显著高于秸秆覆盖,秸秆覆盖的玉米 WUE 显著高于无覆盖,普通地膜覆盖与生物可降解地膜覆盖、生物可降解地膜覆盖与秸秆覆盖之间相差不显著,与无覆盖相比,普通地膜覆盖、生物可降解地膜覆盖和秸秆覆盖玉米的 WUE 分别增加 21.41%、18.44% 和 11.82%。地膜覆盖和秸秆覆盖不同程度的减少了土壤水分蒸发,调节土壤温度,改善玉米生长的微环境,促进玉米快速生长,提高了玉米籽粒产量,同时减少了玉米生育期耗水量,两者共同提高了玉米 WUE。

2.5 覆盖对玉米经济效益的影响

经济效益指去除农业生产成本的净产出。成本即种子、地膜、肥料和灌溉等材料投入,除草和收获等人工投入。产出为收获玉米籽粒和秸秆。根据当地农贸市场价格,玉米种子、尿素、过磷酸钙、普通地膜、生物可降解地膜、小麦秸秆、玉米籽粒、玉米秸秆价格分别为 5.00、2.15、0.67、12.00、20.00、0.15、2.40、0.15 元·kg⁻¹,灌溉为 30 元·hm⁻²·次⁻¹。在不考虑人工投入情况下,各处理经济投入、经济产出

和经济效益如表 2 数据。2013 年普通地膜覆盖、生物可降解地膜覆盖和秸秆覆盖玉米经济收入分别为 24 216、22 675 元·hm⁻²和 21 818 元·hm⁻²,与无覆盖(21 353 元·hm⁻²)相比,普通地膜覆盖、生物可降解地膜覆盖和秸秆覆盖玉米的经济效益分别提高 13.41%、6.19% 和 2.18%;2014 年普通地膜覆盖、生物可降解地膜覆盖和秸秆覆盖玉米经济收入分别为 23 718、23 038 元·hm⁻²和 22 283 元·hm⁻²,与无覆盖(21 213 元·hm⁻²)相比,普通地膜覆盖、生物可降解地膜覆盖和秸秆覆盖玉米的经济效益分别提高 11.81%、8.60% 和 5.05%。

3 讨 论

水分亏缺是限制干旱地区作物增产的主要因子^[16]。覆盖能减少土壤水分蒸发,调节土壤温度,从而改善了作物生长环境。李荣^[17]研究表明,普通地膜和生物降解膜覆盖 5~25 cm 耕层 2 a 平均温度较无覆盖分别提高 2.51℃~3.77℃和 1.30℃~2.19℃,秸秆覆盖较无覆盖降低 1.25℃~2.19℃。本研究发现,在河西绿洲灌区,普通地膜覆盖和生物可降解地膜覆盖 2 a 平均表层土壤温度比无覆盖提高 1.5℃和 0.8℃,秸秆覆盖降低 0.3℃,这与贺欢等^[18]研究结论类似。覆盖使大气与地表形成隔离层,不同的是地膜覆盖能使太阳辐射直接到达地表,而秸秆覆盖阻碍太阳辐射直接到达地面,因此,地膜覆盖表层土壤温度升高,秸秆覆盖则不明显^[19]。同时本研究表明,普通地膜覆盖、生物可降解地膜覆盖和秸秆覆盖的 2 a 玉米各生育时期土壤贮水量平均比无覆盖高 24.7 mm、19.9 mm 和 13.1 mm;由于普通地膜覆盖、生物可降解地膜覆盖和秸秆覆盖均不同程度地阻碍了土壤水分的无效蒸发,而秸秆覆盖的保水能力弱于地膜覆盖,使地膜覆盖土壤贮水量最高,秸秆覆盖土壤贮水量次之,无覆盖土壤贮水量最低。

表 2 覆盖对玉米经济效益的影响
Table 2 Effects of mulching on economic benefit of maize

年份 Year	覆盖材料 Mulching material	经济投入/(元·hm ⁻²) Economic cost				经济产出/(元·hm ⁻²) Economic output				经济效益 Economic benefit /(元·hm ⁻²)
		种子 Seed	肥料 Fertilizer	地膜 Mulching	灌溉 Irrigation	总投入 Total	籽粒 Grain	秸秆 Straw	总产出 Total	
2013	普通地膜覆盖 Common plastic film mulching	1688	1025	653	2250	5616	24469	5364	29833	24216
	生物可降解地膜 Biodegradable film mulching	1688	1025	1088	2250	6051	23817	4908	28725	22675
	秸秆覆盖 Straw film mulching	1688	1025	430	2250	5426	22844	4401	27245	21818
	无覆盖 No mulching	1688	1025	0	2250	4963	22604	3713	26317	21353
2014	普通地膜覆盖 Common plastic film mulching	1688	1025	653	1800	5166	24120	4764	28884	23718
	生物可降解地膜 Biodegradable film mulching	1688	1025	1088	1800	5601	23880	4759	28639	23038
	秸秆覆盖 Straw film mulching	1688	1025	430	1800	4976	22756	4503	27259	22283
	无覆盖 No mulching	1688	1025	0	1800	4513	21003	4723	25726	21213

覆盖通过改善土壤水热、促进作物生长、增加作物产量来提高农田水肥利用效率^[20]。张惠等^[14]研究发现,与无覆盖相比,普通地膜和生物降解膜覆盖的玉米籽粒产量分别提高 19.23%和 17.82%,WUE 分别提高 21.49%和 20.25%;本研究结果表明,与无覆盖相比,普通地膜覆盖、生物可降解地膜覆盖和秸秆覆盖的 2a 玉米平均籽粒产量分别提高 11.55%、9.53%和 4.70%,WUE 分别提高 17.35%、14.11%和 8.22%,经济效益分别提高 12.61%、7.40%和 3.61%,与李建奇等^[21]经过 2 a 定位试验表明,地膜覆盖能改善玉米生长的微生态环境,提高玉米的产量和 WUE 的结论一致。因此,地膜覆盖是该区域农业增产的重要措施。但是普通地膜不易降解,造成环境污染,而生物可降解地膜绿色环保,有利于区域农业可持续发展,所以在今后的农业生产中应推广生物可降解地膜。本文仅针对生物可降解地膜覆盖后土壤水温和玉米产量的变化进行研究,对生物可降解地膜降解速率和覆盖后土壤理化性质的变化有待进一步研究。

4 结 论

研究表明,普通地膜覆盖和生物可降解地膜覆盖较无覆盖均显著提高了 2 a 表层土壤温度,秸秆覆盖微降低了表层土壤温度;不同覆盖处理的土壤贮水量均高于无覆盖,地膜覆盖最为显著;普通地膜覆盖、生物可降解地膜覆盖和秸秆覆盖 2 a 平均玉米籽粒产量较无覆盖分别提高 11.55%、9.53%和 4.70%,WUE 分别提高 17.35%、14.11%和 8.22;普通地膜覆盖、生物可降解地膜覆盖、秸秆覆盖和无覆

盖的 2 a 平均经济效益分别为 23 967、22 448、22 051 元·hm⁻²和 21 283 元·hm⁻²。综上所述,普通地膜对河西绿洲灌区玉米增产和增温保湿最优,生物可降解地膜次之,但从生态和环保等方面考虑,由于生物可降解地膜绿色无污染,在今后应推广生物可降解地膜,有利于农业生态系统的可持续发展。

参 考 文 献:

[1] 陈俭煌,魏晓妹,马 岚.石羊河流域绿洲农业发展对水资源转化影响研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2007,35(4):229-234.

[2] 王 星,吕家珑,孙本华.覆盖可降解地膜对玉米生长和土壤环境的影响[J].农业环境科学学报,2003,22(4):397-401.

[3] 卜玉山,王建程,邵海林,等.不同覆盖材料土壤生态效应与玉米增产效应研究[J].中国生态农业学报,2005,13(2):138-141.

[4] Atreya K, Sharma S, Bajracharya R M, et al. Developing a sustainable agro-system for central Nepal using reduced tillage and straw mulching[J]. Journal of Environmental Management, 2008, 88: 547-555.

[5] 官 情,王 俊,宋淑亚,等.黄土旱塬不同覆盖措施对冬小麦农田土壤呼吸的影响[J].应用生态学报,2011,22(6):1471-1476.

[6] Mahajan G, Sharda R, Kumar A, et al. Effect of plastic mulch on economizing irrigation water and weed control in baby corn sown by different methods[J]. African Journal of Agricultural Research, 2007,2(1):19-26.

[7] 李尚中,王 勇,樊廷录,等.旱地玉米不同覆膜方式的水温及增产效应[J].中国农业科学,2010,43(5):922-931.

[8] Marakagh A M A. Effect of tillage time and plastic mulch on growth and yield of okra (*Abelmos chusculentus*) grown under rainfed conditions[J]. International Journal of Agriculture Biology, 2009,11(4):453-457.

自动出苗率平均提高 146.93%,膜下茎密度降低 98.74%以上,杂草鲜重降低 99.90%以上,全生育期增加土壤积温 52.0℃,水分利用效率提高 10.75%,增产 8.68%,节本 4 020 元·hm⁻²,增加纯收益 5 422 元·hm⁻²。其具有增温、集雨、保墒、免放苗、少除草、残膜易清除等效果,实现了小麦全膜穴播的简约高效栽培。两个垄作模式中,通用垄沟半微垄模式具有宽窄行距的特点,且适宜机械化作业,较微垄模式水分利用效率略提高 4.44%,增产 3.89%,增收 11.33%,并可广泛适用于密植半密植作物。

参 考 文 献:

[1] 侯慧芝,吕军峰,郭天文,等.全膜覆土栽培对作物的水温效应[J].麦类作物学报,2012,32(6):1111-1117.

[2] 李来祥,刘广才,杨祁峰,等.甘肃省旱地全膜双垄沟播技术研究与进展[J].干旱地区农业研究,2009,27(1):114-118.

[3] 李尚中,王 勇,樊廷录.旱地玉米不同覆膜方式的水温及增产效应[J].中国农业科学,2010,43(5):922-931.

[4] 蒲金涌,邓振镛,姚小英,等.甘肃省冬小麦生态气候分析及适生种植区划[J].干旱地区农业研究,2005,23(1):179-185,196.

[5] 王虎全,韩思明,唐拴虎,等.渭北旱原冬小麦全程地膜覆盖超高产栽培技术研究[J].干旱地区农业研究,1998,16(1):24-30.

[6] 韩思明.黄土高原旱作农田降水资源高效利用的技术途径[J].干旱地区农业研究,2002,20(1):1-9.

[7] 樊廷录,王 勇,崔明九.旱地地膜小麦研究成效和加快发展的必要性及建议[J].干旱地区农业研究,1997,15(1):27-32.

[8] 李 儒,崔荣美,贾志宽,等.不同沟垄覆盖方式对冬小麦土壤水分及水分利用效率的影响[J].中国农业科学,2011,44(16):3312-3322.

[9] 岳维云,宋建荣,赵尚文,等.不同覆膜方式对地温及冬小麦地上干物质累积规律的影响[J].干旱地区农业研究,2014,32(7):133-139.

[10] 高成芳,田晓峰,张二喜,等.旱地小麦覆膜沟穴播集雨增产技

术多点试验研究及生产示范[J].干旱地区农业研究,1999,17(2):14-19.

[11] 莫 非,周 宏,王建永,等.田间微集雨技术研究及应用[J].农业工程学报,2013,29(8):1-17.

[12] 张保军,郭立宏.浅谈我国地膜小麦的理论研究与实践应用[J].水土保持研究,2000,7(1):54-58,84.

[13] 樊廷录,王 勇,王立明,等.旱地冬小麦周年地膜覆盖栽培的增产机理及关键技术研究[J].干旱地区农业研究,1999,17(2):1-7.

[14] 高成芳,田晓峰,张二喜,等.山旱地冬小麦地膜覆盖沟穴播接纳雨水试验研究初报[J].干旱地区农业研究,1997,15(1):39-43.

[15] 张平良,郭天文,侯慧芝,等.不同穴播种植方式与平衡施肥对旱地春小麦产量及其水分利用效率的影响[J].干旱地区农业研究,2012,30(1):132-137,93.

[16] 陈玉章,柴守玺,范颖丹,等.覆盖模式对旱地冬小麦土壤温度和产量的影响[J].中国农业气象,2014,35(4):403-409.

[17] 张淑芳,柴守玺,蔺艳春,等.冬小麦地膜覆盖的水分效应[J].甘肃农业大学学报,2011,46(2):45-52.

[18] 张美英,吴美荣,晋宗道.小麦地膜覆盖栽培技术的研究与应用[J].西南农业学报,2001,14(3):33-38.

[19] 刘广才,刘生学,李城德,等.不同旱作区覆膜方式对小麦产量的影响[J].干旱地区农业研究,2015,33(4):34-29.

[20] 李 福,刘广才,李诚德,等.旱地小麦全膜覆土穴播技术的土壤水分效应[J].干旱地区农业研究,2013,31(4):73-78,98.

[21] 郭振斌,刘广才,李诚德,等.旱地小麦全膜覆土穴播技术肥料效应研究[J].干旱地区农业研究,2014,32(4):163-168.

[22] 赵广才.中国小麦种植区划研究(一)[J].麦类作物学报,2010,30(5):886-895.

[23] 张立功,刘五喜,马建辉,等.旱地冬小麦黑膜全覆盖穴播栽培4种方式比较[J].甘肃农业科技,2013,(9):15-19.

[24] 曹 寒,吴淑芳,冯 浩,等.不同颜色地膜对土壤水热和冬小麦生长的影响[J].灌溉排水学报,2015,34(4):5-9.

[25] 杨长刚,柴守玺,常 磊,等.不同覆膜方式对旱作冬小麦耗水特性及籽粒产量的影响[J].中国农业科学,2015,48(4):661-671.

(上接第 31 页)

[9] Ndubuisi M C. Physical properties of an ultisol under plastic film and no-mulches and their effect on the yield of maize[J]. Journal of American Science,2009,5(5):25-30.

[10] El-Nemr M A. Effect of mulch types on soil environmental conditions and their effect on the growth and yield of cucumber plants[J]. Journal of Applied Sciences Research,2006,2(2):67-73.

[11] 赵小蓉,蒲 波,李 浩,等.秸秆覆盖栽培对油菜土壤含水率和产量的影响[J].西南农业学报,2010,23(2):354-358.

[12] 海 龙.黄土高原地膜覆盖栽培玉米的产量与土壤生态效益[D].兰州:兰州大学,2011.

[13] 卜玉山,苗果园,王建程,等.对地膜和秸秆覆盖玉米生长发育与产量的分析[J].作物学报,2006,32(7):1090-1093.

[14] 张 惠,李 娟,贾志宽,等.渭北旱塬不同覆盖材料对旱作农田土壤水分及春玉米产量的影响[J].干旱地区农业研究,2012,30(2):93-100.

[15] 杨彩红,柴 强,黄高宝.荒漠绿洲区交替灌溉小麦/玉米间作水分利用特征研究[J].中国生态农业学报,2010,18(4):782-786.

[16] 于爱忠,柴 强.供水与地膜覆盖对于旱灌区玉米产量的影响[J].作物学报,2015,41(5):778-786.

[17] 李 荣,张 睿,贾志宽.不同覆盖材料对耕层土壤温度及玉米出苗的影响[J].干旱地区农业研究,2009,27(3):13-16.

[18] 贺 欢,田长彦,王林霞.不同覆盖方式对新疆棉田土壤温度和水分的影晌[J].干旱区研究,2009,26(6):826-831.

[19] 刘春生,杨吉华,马玉增,等.对板栗园树盘土壤双重覆盖的效应研究[J].农业工程学报,2004,20(1):69-71.

[20] 任小龙,贾志宽,陈小莉.不同模拟雨量下微集水种植对农田水肥利用效率的影响[J].农业工程学报,2010,26(3):75-81.

[21] 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.