

# 滴灌条件下不同覆盖材料对玉米产量 效益及土壤水分的影响

崔云玲, 张立勤, 唐文雪, 杨蕊菊, 汤莹

(甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 为探明不同覆盖材料对滴灌水肥一体化条件下玉米产量和土壤水分分布的影响, 以普通 PE 地膜和裸地为对照, 分析全生物降解膜、加厚 PE 地膜、玉米秸秆等 3 种材料覆盖下对玉米产量和水分的影响。结果表明, 玉米秸秆、加厚 PE 地膜和生物降解膜覆盖后玉米产量为 13 114.5~13 708.5 kg/hm<sup>2</sup>, 较普通 PE 地膜增产 1.4%~6.0%; 水分利用效率为 24.17~25.11 kg/(mm·hm<sup>2</sup>), 较普通 PE 地膜提高 2.3%~3.8%。产值与效益均高于普通 PE 地膜, 均以玉米秸秆处理最高, 分别为 38 383.8、24 283.8 元/hm<sup>2</sup>; 生物降解膜次之, 分别为 37 674.0、21 624.0 元/hm<sup>2</sup>; 加厚 PE 地膜排第 3, 分别为 36 720.6、21 570.6 元/hm<sup>2</sup>。收获后覆盖处理土壤水分均呈典型的“双峰”曲线, 上层含水量高于下层, 对深层土壤水分影响较大。在降水量低、蒸发量高的沿黄灌区, 覆膜的主要作用是减蒸保水, 用可生物降解的环保型降解地膜、易回收型的加厚 PE 地膜或固炭培肥型的秸秆替代普通 PE 膜可行。

**关键词:** 滴灌; 覆盖材料; 玉米; 产量效益; 水分利用效率; 土壤水分分布

中图分类号: S513

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2024)01-0057-06

doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2024.01.010

## Effects of Mulching Materials on Maize Yields, Economic Benefits and Soil Moisture Distribution under Drip Irrigation

CUI Yunling, ZHANG Liqin, TANG Wenxue, YANG Ruiju, TANG Ying

(Institute of Soil, Fertilizer and Water-saving Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** In order to explore the effects of mulching materials on maize growth, yield, economic benefits and soil moisture distribution under the integrated condition of drip irrigation, fully biodegradable film, thickened plastic film, and straw were used as the research objects and traditional bare land planting and ordinary PE film were used as a control to study the effects of different mulching materials on maize yield and soil moisture distribution. The results showed that yield and water use efficiency (WUE) of maize covered with straw, thickened PE film, and biodegradable film were 13 114.5 to 13 708.5 kg/ha and 24.17 to 25.11 kg/(mm·ha), respectively which were 1.4 to 6.0% and 2.3% to 3.8% higher than that of PE film, respectively. The output value and economic benefits of straw, thickened PE film, and biodegradable film covering were higher than those of PE film and bare land and peaked under straw cover (38 382.0 and 24 282.0 Yuan/ha, respectively), and followed by biodegradable film (37 674.0 and 21 624.0 Yuan/ha, respectively) and thickened PE film (36 718.5 and 21 568.5 Yuan/ha, respectively). The soil moisture in the ground mulching treatment showed a typical 'bimodal' curve, and the deep soil moisture was lower than that bare land after harvesting. In irrigation areas along the Yellow River with low rainfall and high evaporation, the main function of mulching is to reduce evaporation and retain soil moisture. It is completely feasible to replace ordinary PE film with biodegradable and environmentally friendly degradable film, easily recyclable thickened PE film, or straw for carbon fixation and fertilization.

**Key words:** Drip irrigation; Mulching material; Maize; Yield and Economic benefit; Water use efficiency; Soil moisture distribution

沿黄干旱灌区年降水量约 180 mm, 而蒸发量在 2 500 mm 以上, 蒸发量是降水量的 10 倍以上。降水量低且降水时空分布与玉米需水期严重错位,

70%的降水集中在 7—9 月份。灌水和保持土壤水分是保证作物产量的重要措施。秸秆或地膜覆盖地表是旱作农业生产中普遍应用的保墒措施。秸

收稿日期: 2023-11-23

基金项目: “十四五”国家重点研发计划(2022YFD1900204); 甘肃省农业科学院区域创新项目(2023GAAS07)。

作者简介: 崔云玲(1972—), 女, 甘肃永靖人, 副研究员, 主要从事植物营养与土壤肥料方面的研究工作。Email: tfs-cyl@163.com。

通信作者: 汤莹(1974—), 男, 甘肃临夏人, 副研究员, 主要从事耕作栽培与养分资源利用方面的研究工作。Email: 344413975@qq.com。

秆覆盖能够增加土壤有机质和养分含量、降低土壤容重、调节地表温度、抑制杂草生长,覆盖秸秆后减少土壤水分散失,显著提高作物水分利用效率<sup>[1-2]</sup>。鲁向晖等<sup>[2]</sup>的研究表明,与不覆盖相比,秸秆覆盖可提高春玉米产量 3.5%,水分利用效率 16.5%。刘超等<sup>[3]</sup>的研究表明,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。

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<sup>[4-8]</sup>。但也有学者发现,地膜覆盖并不一定会提高作物产量,如薛少平等<sup>[9]</sup>的研究表明,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<sup>[10]</sup>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。张永涛等<sup>[11]</sup>的研究表明,地膜覆盖显著增加土壤贮水量 30%,土壤蒸散量减少 50%,降低水分亏缺 15%以上,并能加快作物生育进程,作物产量平均提高 42.3%。但随着地膜栽培的大面积使用,普通地膜覆盖导致的环境污染问题日趋加重,可降解膜、加厚地膜和秸秆等新型覆盖材料的开发与利用倍受广大学者关注。可降解地膜由于其基本构成成分、试验地气候条件以及覆盖方式的差异,其应用效果不尽相同<sup>[12-13]</sup>。我们选用加厚 PE 地膜、全生物可降解膜、玉米秸秆 3 种覆盖材料,结合前人的研究基础,研究了秸秆、全生物可降解地膜和加厚 PE 地膜覆盖对春玉米产量及水分利用的影响,以探讨 3 种覆盖材料替代普通地膜的可行性,以期解决该区域玉米田残膜污染问题。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验于 2022 年 4—10 月在景泰条山农场(103° 33' ~ 104° 43' E, 36° 43' ~ 37° 38' N, 海拔 1 610 m)实施。试验区域年均降水量 185.6 mm,蒸发量 2 860 mm, ≥10 °C 的有效积温 3 038 °C。通过黄河水提灌实施灌溉,作物需水高峰期轮灌周期长,不能保证正常供水,滴灌是缓解供水矛盾、确保作物需水的重要措施。供试土壤为灌淤土,质地砂壤。播前耕层土壤含有机质 12.8 g/kg、全氮 0.97 g/kg、碱解氮 65.3 mg/kg、有效磷 30.5 mg/kg、

速效钾 183.0 mg/kg,全盐 0.36 g/kg, pH 8.5。

### 1.2 试验材料

普通 PE 地膜,白色,幅宽 70 cm,厚 0.010 mm(甘肃济洋塑料有限公司生产);生物降解膜,黑色,幅宽 70 cm,厚 0.010 mm(兰州鑫银环橡胶制品有限公司生产);加厚 PE 地膜,白色,膜宽 70cm,厚 0.015 mm(兰州鑫银环橡胶制品有限公司生产)。覆盖用秸秆为上年收获的玉米秸秆。指示玉米品种为皆丰 1159。

### 1.3 试验方法

试验共设 5 个处理:(1)不覆膜(CK1);(2)普通 PE 地膜(CK2);(3)生物降解膜;(4)加厚 PE 地膜;(5)玉米秸秆,拔节期行间覆盖。覆膜时间为播种前 7 d(4月 10 日),膜下中间铺 1 条滴灌带。试验随机区组设计,3 次重复,小区面积 55 m<sup>2</sup>。采用滴灌水肥一体化栽培方式,宽窄行平作种植,带幅 100 cm(40 cm+60 cm),滴灌带均在窄行铺设(一膜一带),行距 50 cm、株距 20 cm,密度 10 万株/hm<sup>2</sup>。4 月 16 日播种,播种后滴水灌溉 450 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。玉米生育期灌水量 3 450 ~ 7 650 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,自拔节期(6 月初)开始滴灌,收获前 20 d(9 月下旬)停止滴灌,滴灌频率 8 ~ 12 d/次,单次滴水量 375 ~ 600 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。通过滴灌系统施入 N 300 kg/hm<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 120 kg/hm<sup>2</sup>。10 月 15 日收获。

### 1.4 测试项目及方法

1.4.1 土壤水分 分别在覆盖前、收获后采用烘干法测定 0 ~ 100 cm 土层土壤含水量。每小区沿斜线确定 3 个采样点,在膜面正中取土样,测定层次分别为 0 ~ 10、10 ~ 20、20 ~ 40、40 ~ 60、60 ~ 80、80 ~ 100 cm,测定值加权平均。

土壤贮水量=土壤含水量×土壤容重×土层深度

土壤含水量=[(湿土质量-烘干土质量)/烘干土质量]×100%

1.4.2 农艺性状、产量及水分利用效率 玉米成熟后按小区测产,并随机取 10 株调查农艺性状。采用水分平衡方程计算耗水量,并计算水分利用效率。

水分利用效率(WUE)=籽粒产量/耗水量

### 1.5 数据处理

采用 Excel 2007 和 SPSS17 等统计分析软件进

行数据分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同覆盖材料对玉米农艺性状的影响

在种植密度相同时, 穗粒数和百粒重是影响玉米产量的主要因素。从表 1 可以看出, 各覆盖处理对玉米各农艺性状均有一定的影响。与 CK1 相比, 在地膜覆盖(加厚 PE 地膜、生物降解地膜)条件下, 玉米的株高、穗位高均有所降低; 穗长、穗粒数和百粒重均有所增加, 其中穗长增加 3.6%~5.4%, 穗粒数增加 8.1%~10.9%, 百粒重增加 0~9.0%, 差异均不显著; 玉米秸秆条件下, 玉米株高、穗位高、穗长、穗粒数、百粒重分别增加 14.8%、19.0%、5.4%、14.5%、9.0%, 玉米秸秆处理的株高、穗位高、穗粒数均与 CK1 差异显著。与 CK2 相比, 加厚 PE 膜、生物降解膜各农艺性状变化不大; 玉米秸秆处理的株高、穗位高、穗长、穗粒数、百粒重分别增加 22.8%、23.3%、1.7%、5.9%、5.1%, 其中穗位高与 CK2 差异显著, 其余性状与 CK2 差异不显著。不同覆盖材料处理下玉米综合效应表现为玉米秸秆>普通 PE 地膜(CK2)>加厚 PE 地膜>生物降解膜>不覆膜(CK1)。覆膜后玉米株高、穗位高较不覆膜和玉米秸秆处理降低的主要原因可能是覆膜加快了玉米前期的生长发育进程所致, 而后期的花粒期正值 8 月份高温期, 地膜的降温作用反而不如露地和玉米秸秆, 对玉米的后期生长发育产生不利影响。

### 2.2 不同覆盖材料对玉米产量和水分利用效率的影响

从表 2 可知, 覆盖栽培对玉米产量和水分利用效率均有影响。在地膜和玉米秸秆条件下, 玉米产量为 12 931.5~13 708.5 kg/hm<sup>2</sup>, 较 CK1 增产 1 572.5~2 349.0 kg/hm<sup>2</sup>, 增幅 13.8%~20.7%; 水分利用效率为 24.17~25.11 kg/(mm·hm<sup>2</sup>), 较 CK1 提高 7.7%~11.9%。与 CK2 相比, 加厚 PE 地膜、生物降解地膜和玉米秸秆增产 1.4%~6.0%, 水分利用效率提高 2.3%~3.8%。对产量进行方差分析表明, 加厚 PE 地膜、生物降解膜与 CK1 和 CK2 差异不显著; 玉米秸秆与 CK2 差异不显著, 与 CK1 差异达显著水平。说明在降水量低, 蒸发量高的沿黄灌区, 覆盖能够起到增加产量、提升水分利用效率的作用。从产量和水分利用效率综合考虑, 不同覆盖材料处理下玉米产量和水分利用效率均表现为玉米秸秆>生物降解膜>加厚 PE 地膜>普通 PE 地膜(CK2)>不覆膜(CK1), 但各覆盖处理间差异均不显著。可见, 用可降解型的环保生物降解膜、易回收型的加厚 PE 膜或固炭培肥型的秸秆进行覆盖替代普通 PE 膜可行。

### 2.3 不同覆盖材料对经济效益的影响

由表 3 可知, 各处理在种子、化肥、农药、灌水、机耕等方面的投入相同, 但总投入存在较大差异。各处理的总投入为生物降解膜>加厚 PE 地膜>普通 PE 地膜(CK2)>玉米秸秆>不覆膜

表 1 不同覆盖材料处理下的玉米农艺性状

处理	株高 /cm	穗位高 /cm	穗长 /cm	秃顶长 /cm	穗粒数 /粒	百粒重 /g
不覆膜(CK1)	201.2 b	85.7 b	16.8 a	0.73 a	505 b	32.2 ab
普通 PE 地膜(CK2)	188.1 ab	82.7 bc	17.4 a	0.72 a	546 ab	33.4 a
玉米秸秆	231.0 a	102.0 a	17.7 a	0.73 a	578 a	35.1 a
加厚 PE 地膜	187.7 ab	80.2 bc	17.4 a	0.71 a	560 ab	33.1 a
生物降解地膜	197.0 ab	84.0 b	17.4 a	0.70	557 ab	32.2 ab

表 2 不同覆盖材料处理下的玉米产量和水分利用效率

处理	产量 /(kg/hm <sup>2</sup> )	增产率/%		水分利用效率 /[kg/(mm·hm <sup>2</sup> )]	增加率/%	
		CK1	CK2		CK1	CK2
不覆膜(CK1)	11 359.5 b		-12.2	22.44		-7.2
普通 PE 地膜(CK2)	12 931.5 ab	13.8		24.18	7.7	
玉米秸秆	13 708.5 a	20.7	6.0	25.11	11.9	3.8
加厚 PE 地膜	13 114.5 ab	15.4	1.4	24.73	10.2	2.3
生物降解地膜	13 455.0 ab	18.4	4.0	24.74	10.2	2.3

(CK1)。生物降解膜处理的投入最高，为 16 050.0 元 /hm<sup>2</sup>；加厚 PE 地膜处理次之，为 15 150.0 元 /hm<sup>2</sup>；普通 PE 地膜处理居第 3，为 14 850.0 元 /hm<sup>2</sup>；玉米秸秆和不覆膜(CK1)处理较低，分别为 14 100.0 元 /hm<sup>2</sup> 和 12 450.0 元 /hm<sup>2</sup>。生物降解地膜和加厚 PE 地膜的投入相对较高。

从表 3 还可以看出，各处理总产值、投入、纯收入、产投比存在较大差异。产值、纯收益由大到小依次为玉米秸秆、生物降解膜、加厚 PE 地膜、普通 PE 地膜(CK2)、不覆膜(CK1)。产值以玉米秸秆处理最高，为 38 383.8 元 /hm<sup>2</sup>，较 CK1 增收 6 577.2 元 /hm<sup>2</sup>，较 CK2 增收 2 175.6 元 /hm<sup>2</sup>；生物降解膜和加厚 PE 地膜较好，产值分别为 37 674.0、36 720.6 元 /hm<sup>2</sup>。纯收益以玉米秸秆处理最高，为 24 283.8 元 /hm<sup>2</sup>；生物降解膜和加厚 PE 地膜较好，分别为 21 624.0、21 570.6 元 /hm<sup>2</sup>。产投比表现为玉米秸秆 > 不覆膜(CK1) > 普通 PE 地膜(CK2) > 加厚 PE 地膜 > 生物降解膜。在产量水平相当的情况下，纯收益和产投比的高低与投入呈显著负相关。综合考虑不同处理的经济效益，以玉米秸秆处理最好，其次是加厚 PE 地膜处理，普通 PE 地膜(CK2)排第 3，生物降解膜处理为第 4。

#### 2.4 不同覆盖材料收获后土壤水分分布的影响

土壤含水量直接反映出土壤水分的丰缺程度。

有研究表明，膜下滴灌条件下 0~40 cm 土层玉米根质量占总根质量的 80% 以上 [14]。从表 4 可知，与播种前相比，收获后 0~100 cm 土层土壤贮水量表现为不覆盖(CK1)处理增加 12.9%，覆盖各处理均表现为降低趋势，降幅 2.9%~13.1%。种植一茬作物后，不覆盖处理更有利用土壤水分保蓄，较覆盖处理土壤贮水量增加 24.1~39.7 mm，提高 16.3%~30.0%。耗水量表现为玉米秸秆 > 生物降解膜 > 普通 PE 地膜 > 加厚 PE 地膜 > 不覆膜，与水分利用效率表现完全一致。

从图 1 可看出，不覆盖(CK1)处理随着土层深度的增加土壤水分呈持续增加的趋势，其余处理均表现为先增加后降低再增加的趋势。与不覆膜(CK1)相比，覆盖后 0~40 cm 土层的土壤含水量增加 0.57~1.53 个百分点，增幅 7.5%~16.3%，表现为与玉米主根系分布高度吻合。0~40 cm 土层土壤平均含水量玉米秸秆 > 普通 PE 地膜 > 加厚 PE 地膜 > 生物降解膜 > 不覆膜；40~100 cm 土层的土壤含水量均降低，其中 40~80 m 土层的土壤含水量下降明显，同层次含水量下降 2.02~6.26 个百分点，降幅 17.4%~45.6%，该土层土壤平均含水量表现为玉米秸秆 < 降解膜 < 普通 PE 地膜(CK2) < 加厚 PE 地膜 < 不覆膜(CK1)，与耗水量和产量成反比，说明不同覆盖措施主要通过提升

表 3 不同覆盖材料处理下的经济效益分析<sup>①</sup>

处理	产值 / (元/hm <sup>2</sup> )	投入 / (元/hm <sup>2</sup> )						纯收益 / (元/hm <sup>2</sup> )	产投比
		地膜	覆膜/草	回收	肥料	其他	小计		
不覆膜(CK1)	31 806.6	0	0	0	3 900.0	8 550.0	12 450.0	19 356.6	2.55
普通PE地膜(CK2)	36 208.2	900.0	900.0	600.0	3 900.0	8 550.0	14 850.0	21 358.2	2.44
玉米秸秆	38 383.8	750.0	900.0	0	3 900.0	8 550.0	14 100.0	24 283.8	2.72
加厚 PE 地膜	36 720.6	1 350.0	900.0	450.0	3 900.0	8 550.0	15 150.0	21 570.6	2.42
生物降解膜	37 674.0	2 700.0	900.0	0	3 900.0	8 550.0	16 050.0	21 624.0	2.35

<sup>①</sup>玉米销售价 2.8 元/kg，其他包括灌水 3 450 元/hm<sup>2</sup>、人工 1 500 元/hm<sup>2</sup>、种子 600 元/hm<sup>2</sup>、农药 225 元/hm<sup>2</sup>、机耕费 975 元/hm<sup>2</sup>、滴灌材料费 1800 元/hm<sup>2</sup>。

表 4 不同处理土壤贮水量及玉米耗水量

处理	mm				
	0~100 cm 土层贮水量		降水量	灌水量	耗水量
	播种前	收获后			
不覆膜(CK1)	152.4	172.1 a	181.0	345.0	506.2 b
普通 PE 地膜 (CK2)	152.4	143.5 b	181.0	345.0	534.9 a
玉米秸秆	152.4	132.4 b	181.0	345.0	546.0 a
加厚 PE 地膜	152.4	148.0 b	181.0	345.0	530.3 a
生物降解膜	152.4	134.5 b	181.0	345.0	543.9 a



该层次土壤水分至根层确保玉米对水分的利用, 覆盖各处理与 CK1 间差异均达显著水平, 但两两间差异均不显著。与普通 PE 地膜(CK2)相比, 玉米秸秆、加厚 PE 地膜和生物降解膜 0~40 cm 土层土壤含水量变化甚小, 40~100 cm 土层的土壤含水量差异较大, 但各处理变化不尽一致, 其中 40~80 cm 土层土壤含水量玉米秸秆和生物降解膜处理有所降低, 印证了玉米秸秆、生物降解膜产量和水分利用效率提高的原因。

在生育期地面覆盖后加大了对深层水分的利用, 玉米产量与耗水量成正比, 与土壤贮水量成反比。说明在玉米需水的高峰期外界供水不足或不能及时补充水分时, 覆盖可通过有效提升 40~80 cm 土层土壤水分向上层移动来确保作物对水分的需求。因此覆盖各处理收获后土壤水分均呈现典型的“双峰”曲线, 对地下水补充量相对减少, 是覆盖种植技术的不利因素, 应采取措施进行水分补充, 以确保土壤水库有一定的贮蓄量。这与匡恩俊等<sup>[21]</sup>研究结果有所不同。

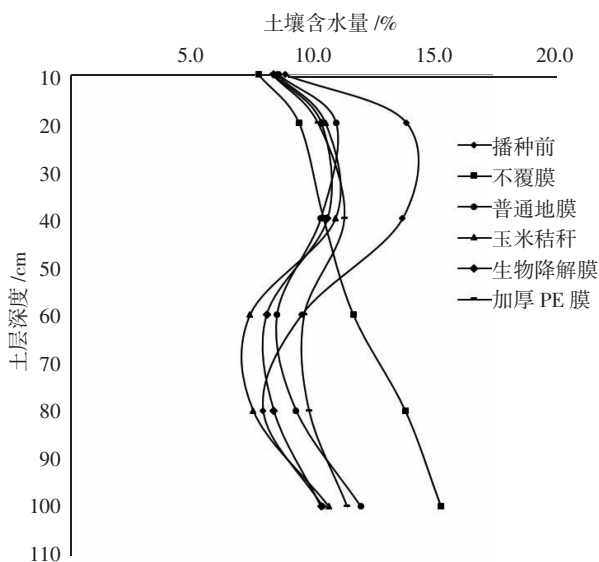


图 1 不同覆盖材料收获后 0~100 cm 土层土壤水分分布

### 3 讨论与结论

地面覆盖栽培通过改变农田微环境进而改善土壤水热状况, 促进协调作物生长来提高产量。因增温保水和增产增收效果显著, 普通 PE 地膜已在干旱区农业生产中普遍应用, 但其长期使用所带来的土壤地膜残留污染已引起广泛关注。近年来, 地膜减量或替代技术成为缓解“白色污染”

的研究热点, 玉米秸秆、生物降解膜和加厚地膜是有望替代普通 PE 地膜的覆盖材料。覆膜通过改善土壤水分、温度、微生物活性等条件而影响作物生长, 进而影响作物生育进程和产量<sup>[15-17]</sup>; 玉米秸秆能促进土壤养分和水分的提高, 调节土壤温度, 提高玉米产量和水分利用效率<sup>[18-20]</sup>; 与普通膜覆盖相比, 降解膜能够提高玉米产量和水分利用效率<sup>[21-22]</sup>。与不覆膜相比, 生物降解膜能够显著提高玉米产量<sup>[23-25]</sup>。在本研究中, 生物降解膜、加厚 PE 地膜、玉米秸秆的效应与普通地膜相当, 能加快玉米生育进程、提高玉米产量, 这与申丽霞等<sup>[26]</sup>研究一致。

沿黄灌区光温资源丰富, 在不影响玉米成熟的前提下, 覆膜处理在中后期的主要作用是防止棵间蒸发, 保持土壤水分。而秸秆覆盖在有效解决土壤水分问题的同时保持了较低的土壤温度, 更有利于玉米的生长发育。在中部沿黄灌区滴灌水肥一体化栽培条件下, 覆盖处理的玉米产量和水分利用效率均高于不覆膜的对照, 与普通 PE 地膜相比, 玉米秸秆、加厚 PE 地膜和生物降解膜覆盖后玉米产量为 13 114.5~13 708.5 kg/hm<sup>2</sup>, 增产 1.4%~6.0%; 水分利用效率为 24.17~25.11 kg/(mm·hm<sup>2</sup>), 提升 2.3%~3.8%。产值与效益均高于普通 PE 地膜和裸地, 均以玉米秸秆处理最高, 分别为 38 382.0、24 282.0 元/hm<sup>2</sup>; 生物降解膜次之, 分别为 37 674.0、21 624.0 元/hm<sup>2</sup>; 加厚 PE 地膜排第 3, 分别为 36 718.5、21 568.5 元/hm<sup>2</sup>。玉米产量和水分利用效率由高到低依次均为玉米秸秆、生物降解膜、加厚 PE 地膜, 产值与纯收表现相同。地面覆盖处理收获后土壤水分均呈现典型的“双峰”曲线, 0~60 cm 土层的水分含量高于不覆盖处理, 而 60~100 cm 土层的水分含量低于不覆盖处理。在降水量低、蒸发量高的沿黄灌区, 地面覆盖的主要作用是减蒸保水, 用可生物降解的环保型降解膜、易回收型的加厚 PE 地膜或固炭培肥型的秸秆进行覆盖来替代普通 PE 地膜是可行的。如果不考虑生产成本, 这 3 种覆盖材料均可在一定程度上替代普通 PE 地膜, 但从增碳增肥和环保角度考虑, 在玉米拔节期行间进行秸秆覆盖, 无论是保墒还是后期降低土温均优于覆膜处理, 可以在该区域应用。

## 参考文献:

- [1] 杨荣光, 毕建杰, 王升国. 秸秆覆盖对麦田土壤含水量及麦生长状况的影响[J]. 山东农业科学, 2009(2): 43-44.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 张永涛, 汤天明, 李增印, 等. 地膜覆盖的水分生理生态效应[J]. 水土保持学报, 2001, 8(3): 45-47.
- [12] 王 鑫, 胥国宾, 任志刚, 等. 无公害可降解地膜对玉米生长及土壤环境的影响[J]. 中国农业生态学报, 2007, 15(1): 78-81.
- [13] 乔海军, 黄高宝, 冯福学, 等. 生物全降解地膜的降解过程及其对玉米生长的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2008, 10(5): 71-75.
- [14] 王文婷, 贾丽炯, 王多平. 水肥耦合对膜下滴灌玉米各生育期根系生长指标的影响[J]. 南方农业, 2022, 16(20): 13-16.
- [15] 阎晓光, 李 洪, 董红芬, 等. 可降解地膜覆盖对土壤水热及春玉米产量的影响[J]. 中国农学通报, 2018, 34(33): 32-37.
- [16] 于庆峰, 苗庆丰, 史海滨, 等. 秸秆覆盖量对土壤温度和春玉米耗水规律及产量的影响[J]. 水土保持研究, 2018, 25(3): 111-116.
- [17] 匡思俊, 宿庆瑞, 迟凤琴, 等. 不同材料覆盖对玉米生长及水分利用效率影响[J]. 土壤与作物 2017, 6(2): 96-103.
- [18] 梅四卫, 朱涵珍, 王 术, 等. 不同覆盖方式对土壤水肥热状况以及玉米产量影响[J]. 灌溉排水学报, 2020, 39(4): 68-73.
- [19] 王文达, 霍扶珍, 韩翠莲. 不同覆盖方式对土壤水肥热状况及玉米产量的影响[J]. 节水灌溉, 2017(7): 38-41.
- [20] 唐文雪, 马忠明. 膜草覆盖对玉米生长发育及地膜残留的影响[J]. 甘肃农业科技, 2019(8): 4-9.
- [21] 梁美英, 卜玉山, 李 伟, 等. 不同覆盖材料土壤水湿效应与作物增产效应分析[J]. 中国农学通报, 2011, 27(9): 328-335.
- [22] 王 磊, 樊廷录, 赵 刚, 等. 生物降解膜对黄土旱塬玉米产量及水分利用效率的影响[J]. 寒旱农业科学, 2022, 1(1): 62-65.
- [23] 李斌杰, 杨永春, 李中勤, 等. 降解地膜在旱塬地玉米上的应用效果初报[J]. 甘肃农业科技, 2017(8): 57-58.
- [24] 白 雪, 周怀平, 解文艳, 等. 不同类型地膜覆盖对玉米农田水热状况及产量的影响[J]. 土壤, 2018, 50(2): 414-420.
- [25] 杜 健, 王托和, 邹 悦, 等. 全生物降解地膜对饲用玉米的影响及降解效果研究[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(7): 639-644.
- [26] 申丽霞, 王 璞, 张丽丽. 可降解地膜对土壤、温度水分及玉米生长发育的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(6): 25-30.