

膜草覆盖对玉米生长发育及地膜残留的影响

唐文雪¹, 马忠明²

(1. 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; 2. 甘肃省农业科学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 在张掖干旱绿洲灌溉区进行了膜草覆盖玉米栽培试验, 探讨膜草覆盖对土壤水热效应、玉米生长发育及地膜残留的影响。结果表明, 与全膜覆盖相比, 地膜与小麦秸秆覆盖具有较好的保墒效果, 生育期耗水量仅增加 1.99%, 玉米产量及水分利用效率分别仅降低 4.05%、5.92%。膜草覆盖地膜投入量比全膜覆盖减少 40.94~41.55 kg/hm², 地膜残留量减少 11.01~11.54 kg/hm²。综合分析, 认为地膜与小麦秸秆覆盖栽培可有效提高水资源利用效率、玉米产量, 降低环境污染。

关键词: 膜草覆盖; 水分利用效率; 地膜残留; 玉米

中图分类号: S513 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2019)07-0004-06

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2019.07.002

Effects of Film-grass Mulching on Corn Growth and Plastic Film Residues

TANG Wenxue¹, MA Zhongming²

(1. Institute of Soil, Fertilizer and Water-saving Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: The cultivation experiment of corn covered with film-grass was carried out in Hexi Oasis Irrigation Area to explore the effects of film-grass mulching on soil hydrothermal effect, corn growth and development, and film residue. The results showed that compared with full film mulching, plastic film mulching and wheat straw mulching had better effect on soil moisture conservation, water consumption increased by only 1.99% during growth period, and corn yield and water use efficiency decreased by 4.05% and 5.92%, respectively. The input amount of plastic film mulched with film grass decreased by 40.94~41.55 kg/hm² and the residual amount of plastic film decreased by 11.01~11.54 kg/hm². In conclusion, plastic film mulching and wheat straw mulching can effectively improve water use efficiency, corn yield, reduce environmental pollution and promote the sustainable development of agricultural production.

Key words: Film-grass mulching; Water use efficiency; Plastic film residue; Corn

地膜覆盖技术在水资源匮乏的干旱半干旱地区具有显著的保温保墒效果, 发挥了显

收稿日期: 2019-03-28

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD0800806); 甘肃省农业科学院科技创新专项(2017GAAS25)。

作者简介: 唐文雪(1967—), 女, 甘肃临夏人, 副研究员, 主要从事作物栽培与农业面源污染研究工作。Email: gstwx@163.com。

通信作者: 马忠明(1964—), 男, 甘肃民勤人, 研究员, 主要从事节水农业工作。Email: mazhming@163.com。

(5): 64-66.

[5] 刘效华, 虎梦霞, 王世红. 甘肃小麦生产中存在的问题及解决途径[J]. 甘肃农业科技, 2010(7): 48-49.

[6] 马小乐, 李葆春, 孟亚雄, 等. 春小麦新品种甘春 26 号选育报告[J]. 甘肃农业科技, 2019(2): 1-3.

(本文责编: 杨 杰)

著的增产作用^[1-3]。河西绿洲灌区受水资源缺乏和积温不足的影响,玉米生产中普遍采用地膜覆盖栽培技术,但大面积高强度使用地膜,使土壤中地膜残留问题日益凸现,对农业可持续发展构成严重威胁^[4-5]。目前,在没有良好的替代产品的情况下,普通聚乙烯地膜覆盖栽培还将长期存在^[6],为减轻残留地膜污染,科研工作者在地膜减量化技术方面进行了大量研究^[7-9]。冯利平等^[10]研究指出,地膜及秸秆覆盖栽培结合可使土壤含水量比地膜覆盖平均增加3.2%,比秸秆覆盖平均增加12.1%,土壤日温差为16.4℃,比地膜覆盖处理的降低6.1℃,比对照降低1.4℃。马忠明等^[11]在河西灌区研究提出,膜草间隔覆盖将玉米宽窄行种植形式下窄行覆膜的增温效应和宽行覆草的节水作用结合于一体,不仅可降低玉米的棵间蒸发,还可改善土壤温度,节水增产效果。现有地膜秸秆覆盖栽培的研究主要集中在土壤水热效应、产量方面,对覆盖秸秆种类、地膜投入量及残留量影响的研究还鲜见报道。我们通过大田试验对玉米膜草间隔覆盖栽培在玉米生长发育、地膜投入量、地膜残留量等方面进行研究,以期为干旱绿洲灌区推广玉米膜草双相覆盖技术、防控地膜污染提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验于2015年4月至10月在甘肃省农业科学院张掖节水农业试验站进行。试验站位于38°56'N、100°26'E,海拔1570m,年平均降水量129mm,平均年蒸发量2075mm。年平均气温为7.38℃,降水主要集中在7、8、9月,干旱指数达16.09。年平均日照时数3085h,≥10℃的积温为2896℃。土壤属轻壤土,0~200cm土层平均土

壤容重1.376g/cm³。试验前采集0~20cm耕层土壤测定土壤理化性质,含有机质7.9g/kg、碱解氮为70.9mg/kg、速效磷24.7mg/kg、速效钾82mg/kg。该区为典型干旱绿洲灌溉区。

1.2 试验材料

指试玉米品种为豫玉22号。供试地膜为普通聚乙烯地膜,厚度0.008mm、幅宽140、70cm。供试氮肥为尿素(含N46.4%),磷肥为普通过磷酸钙(含P₂O₅12%)。

1.3 试验方法

试验采用随机区组设计,3次重复。设置3种覆盖方式:地膜全地面覆盖(CK)、地膜与小麦秸秆覆盖(A)、地膜与玉米秸秆覆盖(B)。小区面积为46.2m²(7.7m×6.0m)。所有处理施N300kg/hm²,40%的氮肥及全部P₂O₅225kg/hm²作基肥结合整地施入,剩余氮肥在玉米大喇叭口及吐丝期随灌水各追施30%。生育期灌水量4500m³/hm²,拔节期、大喇叭口期、吐丝期和灌浆中期各灌水1次,采用水表计量灌溉,灌水量分别占总量的20%、30%、30%、20%。

玉米采用宽窄行模式种植,带幅120cm,宽行80cm,窄行40cm。4月12日覆膜,CK覆盖宽140cm地膜,沿地埂顺播种方向覆第1幅膜,第2幅膜与第1幅膜内侧重叠10cm,边覆边用土压重叠膜边,依次类推。膜草覆盖方式:窄行覆盖幅宽70cm地膜,播种当天宽行覆盖长度为5~7cm小麦或玉米秸秆,秸秆厚度1.5~2.0cm。4月20日播种,10月3日收获。

1.4 观测项目与方法

1.4.1 土壤水分及水分利用效率测定 土壤水分采用烘干法测定。玉米播前和收获后测定0~120cm土层水分,每20cm为1层,每小区分别在宽行和窄行中间各测定1个

点,取相同土层 2 个点平均值为相应土层土壤含水量,并分层计算各土层土壤贮水量。

土壤贮水量计算公式: $W = \sum w_i r_i h_i / 10^{[12]}$ 。

式中, W 为 0~120 cm 土层土壤水分总贮量(mm); w_i 为各土层土壤质量含水量(%); r_i 为各土层土壤容重(g/cm^3); h_i 为分层厚度(20 cm)。

采用水分平衡法计算作物田间耗水量。

水分平衡方程为: $ET = P + I + \Delta W^{[12]}$ 。

式中, ET 为生育期耗水量 (mm); P 为降水量(mm); I 为灌溉水量(mm); ΔW 为计算时段内土壤贮水变化量(mm)。

水分利用效率: $WUE = Y/ET$

式中, WUE 为水分利用效率 [$kg/(hm^2 \cdot mm)$]; Y 为经济产量 (kg/hm^2); ET 为作物耗水量(mm)。

1.4.2 土壤温度测定 采用曲管地温计(型号 WQG-16)测定。分 5、10、15 cm 3 个土壤层次将地温计埋设。玉米播种至拔节期每隔 2 d 在 8:00、14:00、18:00 时测定土壤各土层温度,各层次土壤温度平均值即为 0~15 cm 土壤温度。

1.4.3 地膜残留量及残留系数 地膜投入量测定:覆膜前将地膜卷称重,覆完后再称重,二者差值为试验小区地膜投入量^[13]。

地膜残留量测定:覆膜前用蛇形线方法在试验小区选择 5 个采样样方,样方规格为 2.0 m × 1.0 m,采样深度为 30 cm,采集土样中残膜,并将收集的残膜样品装袋带回实验室分拣、清洗、凉干称重,计算残膜背景值^[6]。玉米收获后,先采用传统方法捡拾残

留地膜带出试验小区,然后每小区确定 3 个采样样方,测定地膜残留量。

地膜残留系数=[(收获后地膜残留总量-覆膜前地膜残留量)/地膜投入量] × 100%^[6]

1.4.4 玉米农艺性状及产量测定 在玉米苗期、拔节期、抽雄期、灌浆期、成熟期等生育进程中,各小区选取有代表性的 10 株植株测量株高和叶面积(单片叶面积=叶最长处长度 × 叶最宽处宽度 × 0.75),并将地上部全部带回实验室烘干测定生物量。同时在苗期、拔节期地上部取样后,同步采集植株周围长 30 cm、宽 30 cm,深 40 cm 土壤范围内根系样品,观测节根层数、条数,并清洗干净烘干称质量。成熟期每小区收获中间 2 带测产,根据重量均值法取有代表性的样穗 15 穗进行室内考种,考察穗行数、行粒数、千粒重等指标。按小区收获,自然风干后计产。

1.5 数据分析

采用 Excel 2007 和 SPSS 11.0 软件对数据进行相关分析。

2 结果与分析

2.1 膜草覆盖对土壤温度的影响

表 1 为玉米播种至抽雄吐丝期不同处理 0~15 cm 土层温度动态变化。可以看出,从播种至玉米拔节期(6 月上旬),随着气温的逐渐升高各处理土壤温度均逐渐升高。与 CK 相比,处理 A、处理 B 表现出明显的降温效应,较 CK 土壤温度分别降低 4.06、4.34 °C,且处理 B 降温效应更明显。玉米拔节期后,随生育进程的推进,田间郁闭度逐

表 1 不同处理 0~15 cm 土层的土壤温度

处理	5月			6月			7月		
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
CK	23.37	26.32	28.64	23.02	22.35	21.89	21.12	19.02	19.99
A	19.65	20.27	23.84	21.34	20.81	20.32	19.85	19.42	19.80
B	19.37	19.60	23.77	21.26	21.11	20.66	20.23	19.66	20.06

渐增大，覆盖的增温效应弱化，不同覆盖方式处理间温度差异变小，7月中旬后差异基本消失。

2.2 膜草覆盖对玉米生长发育的影响

2.2.1 苗期、拔节期玉米根系 节根是玉米的主要根系，节根的生长、代谢和活力变化可直接影响到地上部的生长发育。从表 2 可以看出，秸秆覆盖处理显著影响玉米节根层数、数量及根干物重，在苗期处理 B 比处理 A 影响更显著。与 CK 相比，苗期节根层数、玉米节根数量及根干物重处理 A 分别降低 3.23%、27.10%、43.64%，处理 B 分别降低 25.81%、30.63%、50.91%；拔节期处理 A 分别降低 12.07%、27.01%、37.11%，处理 B 分别降低 8.62%、25.56%、44.33%。

2.2.2 玉米株高、叶面积、地上部干物质重

从表 3 可知，在苗期、拔节期，处理 A、处

理 B 株高、叶面积、地上部干物重均显著低于 CK；抽雄期后处理 A、处理 B 玉米生长加快，株高及叶面积与 CK 差异不显著，且处理 A 地上部干物重与 CK 相近，而处理 B 抽雄期、灌浆期仍显著低于 CK，灌浆中期后干物重急剧增加，成熟期差异不显著。

2.2.3 玉米产量构成因素及产量

从表 4 可知，不同覆盖方式对玉米穗长、穗粗、穗行数、行粒数影响不明显，而对百粒重影响显著。其中处理 A、处理 B 百粒重分别为 35.93、35.77 g，比 CK 分别显著降低 6.55%、6.97%。处理 A、处理 B 折合产量均较 CK 有所减少，其中处理 A 为 14 995.0 kg/hm²，较 CK 减产 632.2 kg/hm²，减产率 4.05%；处理 B 为 14 114.8 kg/hm²，较 CK 显著减产 1 512.4 kg/hm²，减产率 9.68%。方差分析表明，CK 与处理 A 差异不显著，与处

表 2 不同处理玉米的根系变化

处理	苗期			拔节期		
	节根层数 /层	节根条数 / (条/株)	根干重 / (g/株)	节根层数 /层	节根条数 / (条/株)	根干重 / (g/株)
CK	3.10 a	14.17 a	0.55 a	5.80 a	28.80 a	3.88 a
A	3.00 a	10.33 b	0.31 b	5.10 b	21.02 b	2.44 b
B	2.30 b	9.83 b	0.27 b	5.30 b	21.44 b	2.16 b

表 3 不同处理玉米的株高、叶面积及地上部干物重

处理	株高/cm					叶面积/(cm ² /株)					地上部干物重/(kg/hm ²)				
	苗期	拔节期	抽雄期	灌浆中期	成熟期	苗期	拔节期	抽雄期	灌浆中期	苗期	拔节期	抽雄期	灌浆中期	成熟期	
CK	31.98a	122.0a	351.80a	352.8a	343.80a	895.93a	6 061.74a	11 418.36a	10 955.69a	13.77a	43.74a	233.97a	364.55a	434.36a	
A	22.45b	83.0b	359.86a	363.1a	361.67a	433.28b	4 127.70b	11 991.42a	11 366.55a	5.75b	28.98b	209.88ab	355.48a	466.65a	
B	23.55b	94.5b	356.60a	367.8a	357.20a	365.75b	3 332.72b	12 055.47a	11 046.68a	4.96b	24.247b	199.31b	338.0b	461.02a	

表 4 不同处理玉米的产量构成因子及产量

处理	穗长 /cm	穗粗 /cm	穗行数 /行	行粒数 /粒	百粒重 /g	产量 / (kg/hm ²)	较CK增产 / (kg/hm ²)	增产率 /%
CK	19.93 a	5.34 a	16.13 a	37.82 a	38.45 a	15 627.2 a		
A	20.27 a	5.45 a	17.21 a	37.67 a	35.93 b	14 995.0 ab	-632.2	-4.05
B	22.02 a	5.50 a	16.84 a	36.80 a	35.77 b	14 114.8 b	-1 512.4	-9.68

理 B 差异显著；处理 A 与处理 B 差异不显著。

2.3 膜草覆盖对土壤水分利用效率的影响

从表 5 可以看出，膜草覆盖具有良好的保墒作用。处理 A、B 的耗水量与全覆膜 CK 相近，仅较 CK 增加 1.99%、1.55%。处理 A 水分利用效率与 CK 差异不显著，比 CK 仅降低 5.92%；处理 B 显著低于 CK，较 CK 降低 11.06%。

表 5 不同处理玉米的水分利用效率

处 理	灌水量 /mm	耗水量 /mm	产量 /(kg/hm ²)	水分利用效率 /[kg/(hm ² ·mm)]
CK	450	680.76 a	15 627.2 a	22.96 a
A	450	694.29 a	14 995.0 ab	21.60 ab
B	450	691.29 a	14 114.8 b	20.42 b

2.4 膜草覆盖对地膜投入量及残留量的影响

地膜残留量和残留系数是衡量土壤污染程度的重要指标。从表 6 可以看出，膜草覆盖处理地膜覆盖地面比例为 50%，因此处理 A、处理 B 地膜投入量大幅降低，投入量仅为 CK 的 49.70%~50.44%，残留量为 CK 的 50.37%~52.64%，均显著低于 CK。残留系数是当年地膜残留量在地膜投入量中所占的比例，不同覆膜方式地膜残留系数相近，差异不显著。

表 6 不同覆盖方式对地膜残留量的影响

处 理	地膜覆 盖比率 /%	地膜 投入量 /(kg/hm ²)	地膜 残留量 /(kg/hm ²)	地膜 残留系数 /%
CK	100	82.61 a	23.25 a	28.14 a
A	50	41.67 b	12.24 b	29.37 a
B	50	41.06 b	11.71 b	28.52 a

3 结论与讨论

试验表明，膜草覆盖后玉米播种期、拔节期土壤温度降幅达 4.06、4.34 ℃，显著影

响玉米生长发育。在玉米拔节后，膜草覆盖增温效应减弱，玉米生长发育加快。膜草覆盖具有较好的保墒效果，与地膜全地面覆盖相比，地膜与小麦秸秆覆盖后玉米产量及水分利用效率分别降低 4.05%、5.92%，生育期耗水量增加 1.99%；地膜与玉米秸秆覆盖后玉米产量及水分利用效率分别显著降低 9.68%、11.07%，生育期耗水量增加 1.55%。

地膜用量是影响地膜残留量的重要因素。何文清^[14]的研究表明，如果残膜得不到有效回收，地膜用量越大，则地膜残留强度就越大。我们的研究得出，膜草覆盖地膜投入量比地膜全地面覆盖减少 40.94~41.55 kg/hm²，地膜残留量减少 11.01~11.54 kg/hm²。可见膜草覆盖显著降低了地膜投入成本，降低了残膜污染。

大量研究表明秸秆覆盖会推迟作物生育进程，减弱光对地面的照射强度，土壤吸热少升温慢，降低土壤温度，延缓作物生育进程^[15-19]。虽然膜草间隔覆盖窄行地膜可改善土壤温度，但由于秸秆覆盖层的隔离作用，在玉米苗期、拔节期膜草覆盖处理仍表现出明显的降温效应，导致玉米生长迟缓，玉米根系、株高、叶面积及地上部干物重显著低于地膜全覆盖处理。随生育进程的推进，膜草覆盖增温效应减弱，覆盖方式对玉米生长发育影响减缓。玉米拔节后膜草覆盖可快速生长弥补前期所受影响，抽雄吐丝期各处理玉米株高、叶面积趋于一致，但地膜与玉米秸秆覆盖处理地上部干物重仍显著低于地膜全覆盖处理，直到成熟期达到一致。从产量构成因子看，膜草覆盖对玉米穗长，穗粗、穗行数、行粒数均有影响，对百粒重影响显著。由于产量各因子的叠加效应，地膜与小麦秸秆覆盖的产量与地膜全地面覆盖

相近,而地膜与玉米秸秆处理的产量显著低于地膜全地面覆盖。

综合分析膜草覆盖对土壤温度、玉米生长发育、产量、水分利用效率及地膜残留量的影响,地膜与小麦秸秆覆盖后可有效提高水资源利用效率、玉米产量,降低环境污染,具有推广应用前景。

参考文献:

- [1] GAO Y H, XIE Y P, LIANG H Y, et al. Soil water status and root distribution across the rooting zone in maize with plastic film mulching [J]. *Field Crops Research*, 2014, 156(2): 40-47.
- [2] 赵向田,李继强,程红玉,等.不同覆膜对制种油菜生长及土壤水热的影响[J].*灌溉排水学报*, 2017, 36(7): 28-32.
- [3] ZHAO H, WANG R Y, MA B L. Ridge-furrow with full plastic film mulching improves water use efficiency and tuber yields of potato in a semiarid rainfed ecosystem[J]. *Field Crops Research*, 2014, 161(1385): 137-148.
- [4] 严昌荣,刘恩科,舒帆.我国地膜覆盖和残留污染特点与防控技术[J].*农业资源与环境学报*, 2014, 31(2): 95-102.
- [5] 张丹,刘宏斌,马忠明,等.残膜对农田土壤养分含量及微生物特征的影响[J].*中国农业科学*, 2017, 50(2): 310-319.
- [6] 严昌荣,何文清,梅旭荣,等.农用地膜的应用与污染防治[M].北京:科学出版社, 2010: 76-86.
- [7] 赵财,陈桂平,柴强,等.不同灌水水平下少耕地膜覆盖对玉米农田土壤温度和水分利用效率的影响[J].*干旱地区农业研究*, 2017, 35(1): 152-157.
- [8] 吴兵,高玉红,赵利,等.旧膜再利用方式对旱地胡麻干物质生产及水分利用效率的影响[J].*中国生态农业学报*, 2012, 20(11): 1457-1463.
- [9] 史建国,刘景辉,闫雅非,等.旧膜再利用对土壤温度及向日葵生育进程和产量的影响[J].*作物杂志*, 2012(1): 130-134.
- [10] 冯利平,段桂荣.不同覆盖处理对旱作玉米生育与产量效应的研究[J].*干旱地区农业研究*, 1995, 13(1): 50-54.
- [11] 马忠明,徐生明.甘肃河西绿洲灌区玉米秸秆覆盖效应的研究[J].*甘肃农业科技*, 1998, 3: 14-16.
- [12] 唐文雪,马忠明.地膜降解特征对土壤水热效应和玉米产量的影响[J].*农业环境科学学报*, 2018, 37(1): 114-123.
- [13] 唐文雪,马忠明,魏焘.多年采用不同捡拾方式对地膜残留系数及玉米产量的影响[J].*农业资源与环境学报*, 2017, 34(2): 102-107.
- [14] 何文清,严昌荣,刘爽,等.典型棉区地膜应用及污染现状的研究[J].*农业环境科学学报*, 2009(8): 1618-1622.
- [15] 张黛静,马雪,王晓东,等.品种与密度对豫中地区小麦光合生理特性及光能利用率的影响[J].*麦类作物学报*, 2014, 34(3): 388-394.
- [16] 陈素英,张喜英,刘孟雨.玉米秸秆覆盖麦田下的土壤温度和土壤水分动态规律[J].*中国农业气象*, 2002, 23(4): 34-37.
- [17] 刘兴禄,尹晓宁,董铁,等.旱地苹果园不同秸秆覆盖的土壤水温效应及对树体生长发育的影响[J].*甘肃农业科技*, 2018(11): 56-61.
- [18] 张文伟,宋亚丽,耿智广,等.覆盖方式对土壤温度和春玉米产量的影响[J].*甘肃农业科技*, 2018(4): 41-44.
- [19] 陈伟,杨君林.补充灌水对旱地秸秆覆盖小麦产量和土壤水分的影响[J].*甘肃农业科技*, 2017(12): 70-72.

(本文责编:陈伟)