

不同类型地膜覆盖对土壤水热及春玉米产量的影响^①

胡敏¹, 苗庆丰^{2*}, 史海滨², 于庆峰¹

(1 内蒙古农业大学职业技术学院, 内蒙古包头 014109; 2 内蒙古农业大学水利与土木建筑工程学院, 呼和浩特 010018)

摘要: 由于传统普通农用地膜覆盖造成的农田残留污染问题日益加重, 因此发展使用可降解新型地膜势在必行。为进一步验证和筛选出适宜河套灌区玉米种植的地膜覆盖类型, 试验设置普通地膜、生物地膜、液态地膜和不覆膜 4 个处理, 对比研究了不同地膜覆盖类型对土壤水热状况以及春玉米产量和水分利用效率的影响。结果表明: 春玉米生育前期, 生物地膜与普通地膜覆盖处理的土壤温度无显著性差异, 但 5~15 cm 深度土壤温度显著高于液态地膜和不覆膜处理, 起到了良好的增温、保温效果。生育中后期, 生物地膜出现破损, 保温效果减弱, 但一定的降温效应避免了春玉米遭受高温的危害。整个生育期内, 生物地膜与普通地膜覆盖处理的土壤水分含量无显著性差异, 但 0~40 cm 土层土壤水分含量显著高于液态地膜和不覆膜处理, 为春玉米的生长提供了良好的水分条件。生物地膜和普通地膜覆盖处理显著提高了春玉米的产量和水分利用效率, 且两者差异性不显著, 但均显著高于液态地膜和不覆膜处理。综合分析, 在河套灌区玉米种植过程中较适宜采用生物地膜来逐步替代普通地膜覆盖。

关键词: 地膜覆盖; 土壤温度; 土壤水分; 产量; 水分利用效率; 春玉米

中图分类号: S513; S152.8 文献标识码: A

内蒙古河套灌区属于干旱半干旱地区, 春季干旱寒冷, 夏季高温少雨, 这样特殊的气候条件也影响了当地农业的发展。因此, 改变传统的种植管理模式已然迫在眉睫。适宜的土壤状况是决定作物生长和产量的关键因素, 有研究表明, 地膜覆盖后能够很好地起到增温、保墒和控盐的作用^[1-3], 作物增产显著^[4-5], 且在农业生产中得到了很好的验证。然而, 由于普通农用地膜主要是聚乙烯材料, 在自然条件下难以分解, 长期应用使其在农田大量残留积累, 造成白色污染问题严重, 影响了农业的健康发展。

近些年, 随着生物地膜和液态地膜等新型地膜的出现, 学者们开始不断尝试在农业生产中进行应用研究, 并且取得了较好的成效。研究发现, 与传统普通农用地膜相比, 生物地膜覆盖在作物生育后期降解消失, 避免了白色污染, 同时改善了土壤结构, 且保温、保墒效果相当, 加快了作物的生长进程, 增产效果显著^[6-8]。喷施液膜后, 抑制了土壤的蒸发, 且与普通地膜覆盖相比, 改善了土壤肥力, 提升了作物的出苗率和生长发育, 有效提高了作物产量和水分利用效率^[9-12]。

可见, 对于生物地膜和液态地膜在农业生产中的应用效果, 大量学者已经进行了一定的探索和研究, 并且得到了较好的效果, 但缺乏两者之间应用效果的对比研究, 因此不足以说明两者的优劣, 在一定程度上不具有指导意义。同时, 针对河套灌区在春玉米种植过程中的应用还鲜有报道, 而春玉米又是灌区主要的经济作物, 面临传统的裸地种植作物产量过低, 普通地膜覆盖造成的农膜残留问题日益严重的现状, 鉴于前人的研究成果, 有望通过采用生物地膜和液态地膜覆盖解决上述问题。本研究通过设置普通地膜、生物地膜、液态地膜和不覆膜处理, 并对不同处理条件下的土壤水热状况、春玉米产量及水分利用效率进行对比研究, 以期筛选出更适宜于灌区玉米种植的地膜覆盖类型, 对灌区绿色节水农业的发展具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2015 年 4 月至 10 月在内蒙古河套灌区磴口县补隆淖镇夹道村进行, 该地区多年平均降雨量

基金项目: 国家自然科学基金项目(51209114)、内蒙古农业大学青年骨干人才项目(2017XQG-4)、内蒙古农业大学高层次人才引进项目(NDYB2016-23)、内蒙古自治区自然科学基金项目(2012MS0303)、内蒙古自治区高等学校科学研究项目(NJZY12088)和“十三五”国家重点研发计划项目(2016YFC0400205)资助。

* 通讯作者(15049121836@126.com)

作者简介: 胡敏(1977—), 女, 内蒙古呼和浩特人, 博士, 副教授, 主要从事农业水土工程的研究工作。E-mail: 66970501@qq.com

139.8 mm, 蒸发量 2 374.6 mm; 多年平均气温为 7.6℃, 平均日照时数 3 183 h, 平均无霜期 130 d 左右。试验区 0~20 cm 为粉砂壤土, 20~100 cm 为粉砂质黏壤土, 土壤平均容重为 1.47 g/cm³; 耕作层凋萎系数 9.3%, 田间持水量 21.2%。该地区农业灌溉水源为黄河水, 水质平均矿化度为 0.32 g/L, 平均 pH 8.1。试验区玉米全生育期降雨量为 40.8 mm, 地下水埋深平均为 1.48 m。

1.2 试验设计

试验所选用普通地膜为 0.008 mm 厚聚乙烯农用地膜, 膜宽 70 cm; 生物地膜为 0.008 mm 厚可降解生物地膜, 膜宽 90 cm; 液态地膜为浙江博龙生态科技有限公司生产。设置普通地膜、生物地膜、液态地膜和不覆膜 4 个处理, 3 次重复, 小区面积 50 m²(5 m × 10 m), 各处理随机排列组合。地膜均在整地后进行机械铺设, 液态地膜于春玉米播种后进行喷施。春玉米品种选用豫奥 6 号, 人工点播, 种植行距 50 cm, 株距 28 cm。参照当地田间管理方法, 春玉米播种时施入磷酸二铵 450 kg/hm²。春玉米灌第一水时灌溉定额为 975 m³/hm², 施尿素 450 kg/hm²; 灌第二水时灌溉定额为 975 m³/hm², 施尿素 300 kg/hm²; 灌第三水时灌溉定额为 975 m³/hm², 不施肥。

1.3 测定项目及方法

利用田间微气象站采集全生育期内气象数据; 每隔 5 d 对试验区地下水位观测井进行观测记录, 灌水和降雨前后加测; 春玉米播种期开始, 每隔 7 d 在各处理玉米行间取土, 取样深度为 0~100 cm, 每 20 cm 为一层, 3 次重复, 采用烘干称重法测定土壤含水率; 采用直角地温计监测土壤温度, 埋设深度为 5、10、15、20 和 25 cm, 每日自 8:00 至 20:00, 每隔 2 h 读取一次, 各生育期内连续 3 d 进行监测, 求取其平均值; 分别于各处理玉米行间土壤垂向深度 80 cm 和 120 cm 处埋设两根负压计, 选定距地表为 100 cm 处为作物根系层下边界, 测定土壤负压值; 玉米成熟期, 各处理选取具有代表性的 10 株测定其产量指标。

1.4 水分利用效率计算

$$WUE = Y_a / ET_a \quad (1)$$

$$ET_a = \Delta W + P + I + G - D \quad (2)$$

式中: Y_a 为产量(kg/hm²); ET_a 为耗水量(mm); ΔW 为 0~100 cm 土层土壤贮水量变化(mm); P 为有效降雨量(mm); I 为灌溉量(mm); G 为地下水补给量(mm); D 为深层渗漏量(mm)。其中 G 、 D 根据负压值和作物根系层水力学参数, 采用达西定律进行计算。

1.5 数据处理

采用 Microsoft-Excel2003 进行数据的处理并进行

图表的绘制, 利用 SPSS17.0 进行试验数据的方差检验。

2 结果与分析

2.1 不同类型地膜覆盖对春玉米各生育期土壤温度的影响

由表 1 可知, 春玉米苗期至拔节期, 普通地膜和生物地膜处理保温效果相当, 各土壤深度温度差异性不显著, 但均明显高于液态地膜和不覆膜处理, 且 5~15 cm 深度土壤温度差异性显著, 说明与普通地膜相比, 春玉米生育前期生物地膜同样达到了增温保温效果, 为春玉米的蹲苗和前期生长提供了良好的土壤温度条件, 这一研究结论与张永明^[14]和杨玉姣等^[15]的研究结果相同。生物地膜具有降解性, 且有研究表明, 其诱导期通常为 1~2 个月^[8]。春玉米进入抽雄吐丝期以后, 在风力、光照以及杂草等的作用下生物地膜开始破裂, 保温效果减弱, 抽雄吐丝期和灌浆期生物地膜 5~25 cm 深度土壤温度分别较普通地膜处理低 0.09~1.19℃和 0.26~1.87℃, 且在 5~15 cm 深度差异达到了显著性水平。但对比 4 个处理发现, 此阶段普通地膜和生物地膜处理 5~25 cm 深度土壤温度明显低于液态地膜和不覆膜处理, 这主要是由于普通地膜和生物地膜覆盖更好地调节了春玉米生育前期土壤条件, 玉米生长茂盛, 遮阴效应增强; 该阶段气温达到全年峰值, 一定的降温效应可使玉米免遭高温的危害, 有利于作物根系的发育和对养分的吸收利用。玉米灌浆期, 普通地膜和生物地膜处理 5~25 cm 深度土壤温度略高于液态地膜和不覆膜处理, 但差异不显著, 这也说明, 普通地膜和生物地膜处理在玉米生育前期具有较好的增温保温效果, 而生育后期这种效应逐渐消失。

2.2 不同类型地膜覆盖对春玉米各生育期土壤水分的影响

地表覆盖后, 形成了“隔膜效应”, 不同程度阻断了土壤水分的蒸发途径, 有效保蓄了土壤水分。由表 2 可知, 春玉米苗期至拔节期, 普通地膜和生物地膜处理 0~100 cm 土层土壤水分含量差异性不显著, 但均明显高于液态地膜和不覆膜处理, 且 0~40 cm 土层差异性显著, 而液态地膜与不覆膜处理间差异性不显著。抽雄吐丝期以后, 土壤水分消耗强烈, 同时生物地膜开始破裂, 土壤保墒效果减弱。研究发现, 此阶段至灌浆期普通地膜处理 0~100 cm 土层土壤水分略高于生物地膜, 差异性不显著, 未对玉米生长正常的水分供应产生胁迫; 但两处理 0~40 cm 土层土壤含水率显著高于液态地膜和不覆膜处理, 这也说

表 1 不同类型地膜覆盖下玉米各生育期土壤温度对比(°C)

处理	土壤深度 (cm)	生育阶段				
		苗期	拔节期	抽雄吐丝期	灌浆期	成熟期
普通地膜	5	26.47 a	37.31 a	39.41 b	37.32 b	22.32 a
	10	23.12 a	29.23 a	30.38 b	28.01 b	19.47 a
	15	20.59 a	24.52 a	26.25 b	24.98 b	17.24 a
	20	17.98 a	22.01 a	24.55 a	22.35 a	15.57 a
	25	16.19 a	20.19 a	22.17 a	21.07 a	15.05 a
生物地膜	5	26.05 a	37.11 a	38.65 c	36.25 c	22.53 a
	10	22.67 a	29.02 a	29.19 c	27.07 c	19.27 a
	15	20.35 a	24.13 a	25.29 c	23.11 c	17.69 a
	20	17.59 a	21.85 a	24.32 a	22.09 a	15.32 a
	25	16.01 a	20.01 a	22.08 a	20.67 a	14.77 a
液态地膜	5	25.38 b	35.02 b	40.12 a	38.87 a	22.19 a
	10	20.35 b	26.01 b	32.67 a	29.19 a	18.95 a
	15	18.14 b	22.39 b	27.31 a	25.67 a	17.29 a
	20	17.32 a	21.73 a	25.02 a	23.21 a	15.19 a
	25	15.81 a	19.89 a	22.37 a	21.29 a	14.36 a
不覆膜	5	25.11 b	33.69 b	39.95 a	38.32 a	22.29 a
	10	20.02 b	25.28 b	31.17 a	28.85 a	18.67 a
	15	18.01 b	22.09 b	26.79 a	25.19 a	17.09 a
	20	17.12 a	21.65 a	24.71 a	22.79 a	14.99 a
	25	15.76 a	19.72 a	22.49 a	21.03 a	14.21 a

注：同列不同小写字母表示同一土壤深度不同处理间差异在 $P < 0.05$ 水平显著。

表 2 不同类型地膜覆盖下玉米各生育期土壤含水率对比(%)

处理	土层深度 (cm)	生育阶段				
		苗期	拔节期	抽雄吐丝期	灌浆期	成熟期
普通地膜	0~20	195.2 a	156.9 a	174.5 a	153.2 a	141.6 a
	20~40	231.4 a	167.8 a	213.7 a	187.9 a	158.9 a
	40~60	286.9 a	236.6 a	270.4 a	253.7 a	193.2 a
	60~80	312.2 a	312.7 a	313.9 a	302.9 a	284.3 a
	80~100	314.9 a	313.5 a	312.1 a	308.1 a	290.2 a
生物地膜	0~20	194.1 a	155.2 a	167.1 a	146.7 a	136.1 a
	20~40	230.1 a	164.7 a	204.7 a	180.3 a	153.7 a
	40~60	285.8 a	232.9 a	265.9 a	250.8 a	187.9 a
	60~80	312.5 a	310.3 a	311.7 a	301.9 a	285.2 a
	80~100	311.3 a	312.7 a	310.9 a	307.7 a	291.2 a
液态地膜	0~20	182.9 b	131.9 b	147.6 b	135.7 b	138.8 a
	20~40	217.9 b	148.7 b	169.8 b	170.2 b	156.4 a
	40~60	282.7 a	228.8 a	259.9 a	245.8 a	187.7 a
	60~80	312.3 a	302.1 a	309.2 a	297.8 a	280.1 a
	80~100	310.2 a	305.1 a	310.2 a	302.1 a	289.2 a
不覆膜	0~20	182.7 b	122.9 b	145.7 b	130.1 b	135.9 a
	20~40	213.2 b	136.9 b	170.1 b	167.4 b	151.2 a
	40~60	280.5 a	230.1 a	259.3 a	243.2 a	184.2 a
	60~80	311.9 a	302.7 a	309.9 a	298.1 a	278.9 a
	80~100	313.2 a	310.5 a	311.1 a	300.2 a	290.7 a

注：同列不同小写字母表示同一土层深度不同处理间差异在 $P < 0.05$ 水平显著。

明不同覆盖材料主要影响表层 0~40 cm 的土壤水分状况,与兰印超等^[13]和王鑫等^[16]的研究结果相同。玉米成熟期以后,作物生长接近尾声,耗水量大幅减弱,此时各处理土壤水分状况相近。

2.3 不同类型地膜覆盖对春玉米产量及水分利用效率的影响

地表覆盖显著改善了春玉米各生育期土壤的水热条件,为春玉米的高产和水分利用效率的提高奠定了基础。由表 3 可知,不同覆盖材料条件下春玉米产量指标和水分利用效率均表现为普通地膜 > 生物地

膜 > 液态地膜 > 不覆膜处理。普通地膜与生物地膜处理间产量指标差异性不显著,但均显著高于液态地膜和不覆膜处理,说明与普通地膜覆盖处理相比,生物地膜覆盖处理同样具有较好的增产增收效果且与之效果相当,这一结果与康虎等^[17]和张杰等^[18]的研究结果相同。水分利用效率是综合反映作物水分利用程度的量化指标,研究发现,普通地膜处理平均较生物地膜、液态地膜和不覆膜处理高 1.52%、15.28% 和 22.31%,且生物地膜与普通地膜间差异性不显著,但两者均显著高于液态地膜和不覆膜处理。

表 3 不同类型地膜覆盖下春玉米产量及水分利用效率对比

处理	穗长 (cm)	穗粗 (cm)	穗粒数 (粒)	百粒重 (g)	产量 (kg/hm ²)	总耗水量 (mm)	水分利用效率 (kg/(mm·hm ²))
普通地膜	21.2 a	16.4 a	669 a	37.7 a	9768.3 a	472.56	20.67 a
生物地膜	20.9 a	16.1 a	661 a	37.8 a	9741.9 a	478.43	20.36 a
液态地膜	19.7 b	15.6 b	613 b	35.6 b	8649.7 b	482.32	17.93 b
不覆膜	19.5 b	15.3 b	597 c	35.1 b	8493.8 c	502.54	16.90 c

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异在 $P < 0.05$ 水平显著。

3 结论

1) 春玉米生育前期,生物地膜与普通地膜覆盖处理的土壤温度无显著性差异,但 5~15 cm 深度土壤温度显著高于液态地膜和不覆膜处理,起到了良好的增温、保温效果。生育中后期,生物地膜出现破损,保温效果减弱,但一定的降温效应避免了春玉米遭受高温的危害。

2) 整个生育期内,生物地膜与普通地膜覆盖处理的土壤水分含量无显著性差异,但 0~40 cm 土层土壤水分含量显著高于液态地膜和不覆膜处理,为春玉米的生长提供了良好的土壤水分条件。

3) 生物地膜和普通地膜覆盖处理显著提高了春玉米的产量和水分利用效率,且两者差异性不显著,但均显著高于液态地膜和不覆膜处理。综合考虑,河套灌区春玉米种植过程中采用生物地膜覆盖具有较好的应用效果和前景。

参考文献:

[1] 张德奇,廖允成,贾志宽.旱区地膜覆盖技术的研究进展及发展前景[J].干旱地区农业研究,2005,23(1):208-213

[2] 孟超然,颜林,张书捷,等.干旱区长期膜下滴灌农田耕层土壤盐分变化[J].土壤学报,2017,54(6):1386-1394

[3] 高利华,屈忠义.膜下滴灌条件下生物炭对土壤水热肥效应的影响[J].土壤,2017,49(3):614-620

[4] 康虎,敖李龙,秦丽珍,等.生物质可降解地膜的田间降解过程及其对玉米生长的影响[J].中国农学通报,2013,29(6):54-58

[5] Moreno M M, Moreno A. Effect of different biodegradable and polyethylene mulches on soil properties and production in a tomato crop[J]. Scientia Horticulturae, 2008, 116(3): 256-263

[6] Ammala A, Bateman S, Dean K, et al. An overview of degradable and biodegradable polyolefins[J]. Progress in Polymer Science, 2011, 36(8): 1015-1049

[7] 霍轶珍,郭彦芬,韩翠莲,等.不通覆膜处理对土壤水热效应及春玉米产量的影响[J].水土保持研究,2016,23(5):124-128

[8] 申丽霞,王璞,张丽丽.可降解地膜的降解性能及对土壤温度、水分和玉米生长的影响[J].农业工程学报,2012,28(4):111-116

[9] 张春艳,杨新民.液态地膜对玉米生长及产量的影响[J].青岛农业大学学报:自然科学版,2008,25(3):227-230

[10] 强小嫚,周新国,李彩霞,等.不同水分处理下液态地膜对夏玉米生长及产量的影响[J].农业工程学报,2010,26(1):54-60

[11] 谷健,尹光华,郝亮,等.液态地膜覆盖影响土表蒸发过程的机理研究[J].土壤,2016,48(3):574-580

[12] 李荣,侯贤清,贾志宽.沟垄二元覆盖对渭北旱塬区土壤肥力及玉米产量的影响[J].土壤学报,2017,54(5):1259-1268

[13] 兰印超,申丽霞,李若帆,等.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

[14] 张永明.可降解地膜覆盖玉米试验[J].甘肃农业,2006(1):207-208

- [15] 杨玉姣, 黄占斌, 闫玉敏, 等. 可降解地膜覆盖对土壤温度和玉米成苗的影响[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(增): 10-14
- [16] 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]. 中国生态农业学报, 2007, 15(1): 78-81
- [17] 康虎, 敖李龙, 秦丽珍, 等. 生物质可降解地膜的田间降解过程及其对玉米生长的影响[J]. 中国农学通报, 2013, 29(6): 54-58
- [18] 张杰, 任小龙, 罗诗峰, 等. 环保地膜覆盖对土壤水分及玉米产量的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(6): 14-19

Mulching Effects of Different Films on Soil Water, Heat and Yield of Spring Maize

HU Min¹, MIAO Qingfeng^{2*}, SHI Haibin², YU Qingfeng¹

(1 College of Vocational and Technical, Inner Mongolia Agricultural University, Baotou, Inner Mongolia 014109, China;
2 Water Conservancy and Civil Engineering College, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

Abstract: It is imperative to develop new degradable plastic film to prevent and reduce the pollution of farmland residual caused by traditional mulching films. In order to further validate and screen suitable mulch films for spring maize planting in Hetao Irrigation District of Inner Mongolia, four treatments including conventional film, biodegradable film, liquid film and non-film were designed to compare their effects on soil water and heat conditions, yields and water use efficiencies of spring maize. The results showed that no significant difference occurred in soil temperatures between biodegradable and conventional films in early growth stage of spring maize, but 5-15 cm soil temperatures under the two films were significantly higher than those under liquid film and non-film, indicating a good effect of warming and thermal insulation. The insulation effect was reduced due to the damage of biodegradable film in middle and late growth stages of spring maize, but it still kept cooling effect which reduced the harm of high temperature on spring maize. In the whole growth period of spring maize, there was no significant difference in soil moistures between biodegradable and conventional films, but 0-40 cm soil moistures under the two films were significantly higher than those under liquid film and non-film, providing good water conditions for the growth and development of spring maize. Biodegradable and conventional films significantly improved the yields and water use efficiencies of spring maize with no significant difference, but significantly higher than those under liquid film and non-film. In general, it is more appropriate to replace conventional film by biodegradable film in spring maize planting in Hetao irrigation area.

Key words: Film mulching; Soil temperature; Soil water content; Yield; Water use efficiency; Spring maize