

旱作区环保型材料覆盖对马铃薯生长的影响及其降解特性

王兴文,侯贤清,李文芸,虎孝海,李向贵,杨 喆,李 荣

(宁夏大学农学院,宁夏 银川 750021)

摘 要: 2015年在宁夏南部旱作区进行了垄上覆盖普通地膜结合内覆盖不同材料(普通地膜、玉米秸秆、生物降解膜、麻地膜及液体地膜)的降解特性及其土壤水温效应对马铃薯生长的影响研究。结果表明,不同覆盖材料对马铃薯生育期土壤水温状况的调节作用表现为:生物降解膜覆盖处理0~25 cm土层平均土壤温度较不覆盖处理(对照)提高1.4℃,而秸秆和液态地膜覆盖处理在整个生育期分别低于对照1.5℃和0.7℃;地膜和秸秆覆盖处理在马铃薯生育期具有较强保墒作用,地膜、秸秆、生物降解膜、麻地膜覆盖处理下0~200 cm土层平均土壤贮水量较对照分别增加5.1%、6.2%、3.7%、3.1%;在生育前期,地膜、生物降解膜和秸秆覆盖处理植株株高及茎粗显著高于对照,而生育中后期麻地膜和秸秆覆盖处理显著高于对照,在整个生育期液体地膜覆盖处理马铃薯生长与不覆盖无差异。地膜、秸秆和麻地膜覆盖处理下马铃薯增产显著,分别较对照增产34.3%、56.1%、11.3%;秸秆、地膜和液态膜覆盖处理商品薯率分别较对照提高4.7%、3.4%、3.0%,以秸秆覆盖处理的纯收益最高(19 676.1元·hm⁻²)。在马铃薯收获期液态地膜可完全降解,70%以上麻地膜发生降解,生物降解膜次之。覆盖秸秆措施通过调节土壤水温状况可实现增产增收,是宁南旱区马铃薯覆盖栽培的有效措施。

关键词: 环保型覆盖材料;降解特性;马铃薯生长;土壤温度;土壤水分

中图分类号: S532.048 **文献标志码:** A

Effect of environmental-friendly materials mulch on potato growth and their degradation properties in dry-farming areas

WANG Xing-wen, HOU Xian-qing, LI Wen-yun, HU Xiao-hai, LI Xiang-gui, YANG Zhe, LI Rong

(School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: A field experiment was conducted in dry-farming areas of southern Ningxia in 2015 to determine the effect of different mulching material on degradation characteristics, soil water-temperature, growth, yield and economic benefit of potato. In the experiments, the ridges were covered with plastic film in all ridges and furrow rain-fall harvesting system treatments, while different furrow treatments were mulched with plastic film, maize straw, biodegradable film, bast fiber film, liquid film. The ridges were covered with plastic films and without mulching in furrow was used as the control. Our results showed that different mulching materials had the effect of adjusting soil water and temperature. The average temperature in 0~25 cm soil layer under biodegradable film mulch was 1.4℃ higher than that of the control. In contrast, the temperature under corn straw and liquid film covering was 1.5℃ and 0.7℃ lower than that of the control. The plastic film and maize straw mulch have great function of conserving soil moisture, followed by the biodegradable film, bast fiber film mulch treatment. The soil water storage (0~200 cm) for the plastic film, maize straw, biodegradable film, and bast fiber film covering treatments were 5.1%, 6.2%, 3.7%, and 3.1% higher than that of the control, respectively. The plant height and stem diameter of plastic film, biodegradable film, and maize straw mulch treatments were significantly higher than that of control in the early stage of potato, while those of bast fiber film and maize straw mulch treatments were significantly higher than that of con-

收稿日期:2017-02-17

修回日期:2018-01-20

基金项目:宁夏回族自治区大学生创新创业训练计划项目(20150126);国家自然科学基金项目(31760370)

作者简介:王兴文(1994—),男,宁夏海原人,研究方向为旱作节水技术。E-mail: 1356975828@qq.com。

通信作者:李 荣(1984—),女,甘肃甘谷人,副教授,主要从事节水农业方面研究。E-mail: lirong_mail@126.com。

control in the middle and later stage of potato. There was no difference in crop growth between liquid film and the control during the whole growth stage of potato. Higher potato yields were found in treatments with plastic film, maize straw, bast fiber film mulch and the yields significantly increased by 34.3%, 56.1%, and 11.3% compared to the control, respectively. The commodity rates with maize straw, plastic film, and liquid film mulch treatment were the highest, and significantly increased by 4.7%, 3.4%, and 3.0% compare to the control, respectively. The net income with maize straw mulch treatment was the highest ($19\ 676.1\ \text{yuan} \cdot \text{hm}^{-2}$). The liquid film was completely decomposed, and 70% of bast fiber film were already degraded at crop harvest time. The straw mulch not only improved the soil water and temperature conditions, but also increased the potato yield and net income as well. Therefore, the treatment is considered as efficient for potato production in the arid area of southern Ningxia.

Keywords: environmental-friendly mulching material; degradation properties; potato growth; soil temperature; soil water

马铃薯粮、菜、饲兼用,抗逆性强而高产,使得马铃薯产业成为宁夏乃至西北干旱地区农民收入的主要来源^[1]。近年来,宁夏马铃薯种植面积以年均 26.4% 的速度递增,种植总面积达 27.4 万 hm^2 ,已经成为宁夏第一大农作物,马铃薯的生产对稳定宁夏粮食安全起到了极其重要的作用^[2]。宁夏南部山区土地肥力瘠薄,气候干旱少雨,年降雨量为 450 mm 左右,水分和温度不足严重限制了作物生长^[3],加之马铃薯对水分亏缺非常敏感^[4],导致该地区马铃薯单产水平很低。因此,农田覆盖已成为提高宁夏马铃薯产量和发展马铃薯产业的重要技术措施。

覆盖技术具有显著的增温保墒、增产增收的作用^[5],在中国北方干旱半干旱地区广泛应用^[6]。研究表明,地膜覆盖可增加土壤贮水量 30%、降低蒸散量 50%、减少水分亏缺 15% 以上^[7]。目前应用于农业生产的环保型覆盖材料主要有生物降解膜、液体地膜和麻地膜等,在一定程度上可降低塑料地膜的用量,减小塑料地膜带来的污染,自然降解的同时还具有保湿、保温、增加产量的效应,经济效益可观。与覆盖普通膜相比,使用降解膜作物或者减产^[8],或者与之相差不大^[9],或者增产^[10]。液态地膜是采用一种可成膜的特制溶液,通过稀释后直接喷洒于地表,能形成一层液膜的新型材料,可广泛应用于干旱、寒冷、丘陵地区农作物的早期覆盖^[11]。中国农业科学院麻类研究所麻类纤维为主要材料研制出的新型可降解麻地膜,具有可降解、保温、增产等多方面优点^[12-13]。关于各种降解地膜的降解情况,主要和降解膜的主要成份有关,同时其降解快慢也与周围的生态环境关系密切。作物秸秆作为传统的覆盖材料,可抑制土壤蒸发,低温时有“增温效应”,高温时有“降温效应”的双重效应对作物生长十分有利^[14],且其成本较低,一直在覆盖材

料中占有特殊重要的地位。本研究选用 5 种不同覆盖材料(普通地膜、生物降解膜、液体地膜、麻地膜及作物秸秆),在宁夏南部山区进行沟垄覆盖模式下不同覆盖材料对比试验,研究不同覆盖材料的降解特性及其土壤水温效应对马铃薯生长的影响,期为环保型覆盖材料的选择提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2015 年 4—10 月在宁夏彭阳县城阳乡长城村旱农试验站进行。试验区位于宁夏回族自治区南部边缘、六盘山东麓,介于东经 $106^{\circ}32' \sim 106^{\circ}58'$ 、北纬 $35^{\circ}41' \sim 36^{\circ}17'$ 之间,海拔 1 800 m 左右,年蒸发量达 1 000~1 100 mm,多年平均降水量 450 mm,年均气温 6.8°C ,年日照时数 2 518 h, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 $2\ 690.4^{\circ}\text{C}$,全年无霜期 145 d,60% 以上的降雨主要集中在 7—9 月,同时,降雨的年际变化很大。试验期间马铃薯生育期降雨量为 331.7 mm。试验地土壤类型为黄绵土,供试耕层(0~40 cm)土壤有机质含量 $12.8\ \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$,土壤速效氮、速效磷和速效钾含量分别为 $58.3\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $7.5\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $99.5\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,pH 值 8.4。

1.2 试验设计

A.田间覆盖试验:试验采用沟垄种植方式(沟宽 60 cm,垄宽 40 cm,垄高 20 cm),垄上覆盖普通地膜,设沟内覆盖普通地膜(DD)、生物降解膜(DS),麻地膜(DM)、液体地膜(DY)、玉米秸秆(DJ)5 种不同材料,以沟不覆盖为对照(CK),共设 6 个处理。每处理 3 次重复,小区长 8 m,宽 4 m,随机排列。

B.填埋试验:将普通地膜、生物降解膜和麻地膜剪成 $100\ \text{cm} \times 80\ \text{cm}$ 的片状,称重后展平埋入农田土壤中,埋土深度 10 cm,埋土后 30、60、90、120、150、

180 d 分别取样,观察其表面降解情况,然后利用超声波洗净,真空干燥,利用万分之一天平称重计算其失重率。每个处理各设置 3 个重复,随机排列。

播种前 30 天,在试验地修筑沟垄,沟宽 60 cm,垄宽 40 cm,垄高 20 cm,马铃薯种于沟内膜垄两侧,起垄时要求垄面细绵平整、覆膜垄面呈拱型。沟垄覆盖与平作处理均按处理区总面积将农家肥(牛粪) $30 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,化肥纯 N $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, P_2O_5 $90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, K_2O $90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 整地后一次性施入,沟垄覆盖处理的肥料集中施入到种植沟中,翻入土壤,然后进行覆盖。垄上均覆盖塑料地膜(PE 地膜 80 cm 宽,0.008 mm 厚),沟内分别覆盖不同材料,其中麻地膜 80 cm 宽,0.22~0.31 mm 厚,液体地膜按产品:水为 1:5 稀释,以公司推荐的 $450 \text{ L} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的总量,用手动喷雾器喷施于沟内土壤表面;玉米秸秆被切成 15 cm 长,以 $9\,000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的覆盖量,覆盖厚度为 5~8 cm,均匀覆于沟内。

供试马铃薯品种为陇薯 3 号,按照沟垄宽度宽窄行种植,宽行距 60 cm,窄行距 40 cm,株距 40 cm,种植密度为 5 万株 $\cdot \text{hm}^{-2}$,播种深度 10 cm,种薯点播后立即覆土。马铃薯分别于 2015 年 5 月 2 日播种,2015 年 10 月 3 日进行收获。试验期间无灌水,定期进行人工除草。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 土壤水温指标 土壤水分:在马铃薯播种后,每隔 20 天采用烘干法分别测定 0~200 cm 土壤质量含水量,用土钻(直径 0.08 m)每 20 cm 取 1 个土样,3 次重复。土壤贮水量(W): $W = h \times a \times b \times 10$,其中 W 为土壤贮水量(mm), h 为土层深度(cm), a 是土壤容重($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$), b 是土壤质量含水量(%),10 为 cm 转化为 mm 的换算系数。

土壤温度:马铃薯苗期、现蕾期、块茎形成期、块茎膨大期、成熟期在作物种植沟内利用曲管水银温度计分别测定 08:00、14:00 和 20:00 土壤 5、10、15、20 cm 和 25 cm 处的温度,3 次读数的平均值作为土壤日均温,每次连续测定 5d。

1.3.2 马铃薯生长指标 在马铃薯不同生育时期,每重复区随机选取 10 株测定株高、茎粗及地上部生物量。株高采用生理株高衡量,为地上茎基部到生长点的距离;主茎粗为近基部最粗处的直径。

1.3.3 马铃薯产量 在马铃薯收获期,每重复区以实产进行测产,分别记录大(单薯质量 > 150 g)、中(单薯质量 150~75 g)、小薯(单薯质量 < 75 g)个数

及重量,并计算马铃薯商品薯率。商品薯率(%) = 单薯 75 g 以上的产量/马铃薯总产 $\times 100\%$ 。并结合投入与产出,分析不同覆盖材料下的经济效益。

1.3.4 降解膜降解强度 通过田间覆盖试验和土壤填埋试验来对降解地膜降解性能进行评价。田间覆盖试验评价采用目测法,将地膜降解过程分为 4 个阶段:第一阶段:开始覆膜到出现小裂缝的时间阶段为诱导期阶段;第二阶段:肉眼清楚看到大裂缝的时间为破裂期;第三阶段:地膜已经裂解成大碎块,没有完整的膜面,出现膜崩裂的时间,即为崩裂期;第四阶段:地面无大块残膜存在,虽仍有微小的碎片的时间阶段,但对土壤和作物已无影响,即为完全降解阶段。通过定期的人为肉眼观测,记录地膜颜色、形态以及表面完整情况的变化情况。填埋试验采用计算膜失重率法来评价:在试验布设覆膜前分别量取可降解地膜、普通地膜和麻地膜各 1 m 长、0.8 m 宽称重,在马铃薯收获期收集地膜,洗净、晾干后称重,计算地膜质量损失率。失重率(%) = (填埋前膜重 - 填埋后膜重)/填埋前膜重 $\times 100\%$ 。

1.4 数据处理

Excel 2003 作图,采用 SAS 8.0 分析软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同覆盖材料对土壤温度的影响

图 1 表明,随马铃薯生育期的推进,各处理不同土层土壤温度呈降低的趋势;因受气温及太阳辐射等状况的影响,不同处理下土壤温度随土层的加深而降低。在同一土层地膜覆盖处理的土壤温度最高;随土层深度的增加,秸秆覆盖处理下土壤温度变化较小。在马铃薯生育前期(苗期~现蕾期),由于马铃薯植株较小,太阳辐射使沟内不同覆盖的土壤温度差异较大。5~10 cm 土层,DD 和 DS 处理的平均土壤温度较 CK 分别高 2.8℃ 和 0.7℃,DJ、DM 和 DY 处理平均土壤温度较 CK 处理分别低 1.9℃、0.3℃ 和 1.2℃;15~20 cm 土层,DD 和 DS 处理的平均土壤温度较 CK 分别高 1.1℃ 和 0.2℃,DJ、DM 和 DY 处理平均土壤温度较 CK 处理分别低 1.4℃、0.5℃ 和 0.6℃;25 cm 土层,覆盖处理的土壤温度均低于 CK,DD、DJ、DS、DM 和 DY 处理的平均土壤温度较 CK 处理分别低 3.5℃、3.5℃、3.7℃、1.0℃ 和 1.2℃。

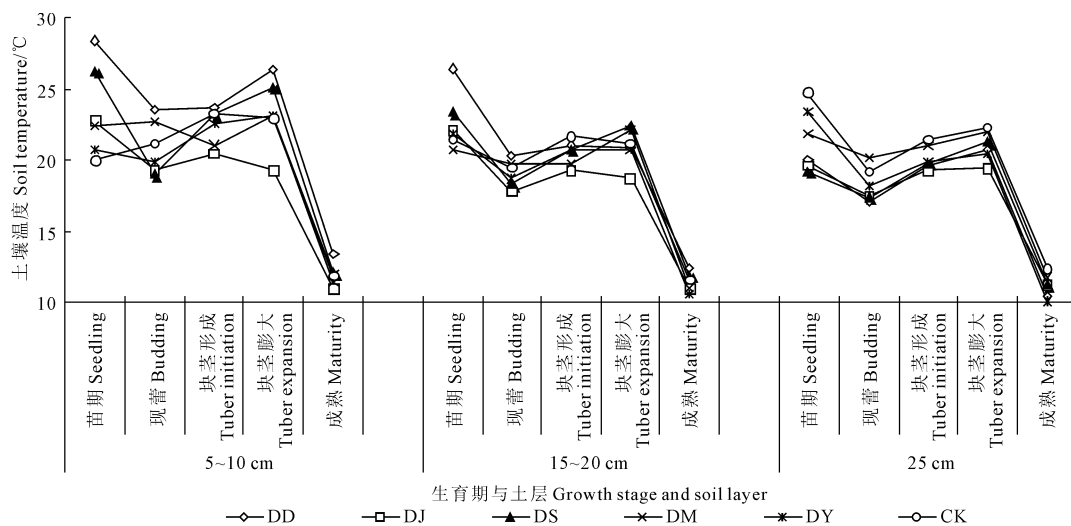


图 1 不同覆盖材料下马铃薯生育期 0~25 cm 土层土壤温度

Fig.1 Soil temperature (0~25 cm) under different mulch material during the growing season of potato

马铃薯生育中期(块茎形成~膨大期),马铃薯植株较大,同时受不同覆盖材料的影响,不同处理下土壤温度均较苗期降低。5~10 cm 土层,DD 和 DS 处理的平均土壤温度分别较 CK 处理高 1.9℃、1.1℃,DJ、DM 和 DY 处理平均土壤温度分别较 CK 处理低 3.3℃、1.1℃、0.3℃;15~20 cm 土层,DD、DJ、DM 和 DY 处理的平均土壤温度分别较 CK 处理低 0.5℃、2.5℃、0.5℃、0.7℃,DS 处理平均土壤温度较 CK 处理高 0.1℃;25 cm 土层,DD、DJ、DS、DM 和 DY 处理的平均土壤温度分别较 CK 处理低 1.7℃、2.6℃、1.4℃、0.4℃、0.7℃。

在马铃薯成熟期,气温较低,受气温的影响,不同处理下土壤温度降至最低。5~10 cm 土层,DD、DS 和 DY 处理的平均土壤温度分别较 CK 处理高 1.5℃、0.2℃、0.1℃,DJ 和 DM 处理平均土壤温度分别较 CK 处理低 1.0℃、0.4℃;15~20 cm 土层,DD 和 DS 处理平均土壤温度分别较 CK 处理高 0.8℃、0.3℃,DJ、DM 和 DY 处理平均土壤温度分别较 CK 处理低 0.6℃、0.6℃、1.2℃;25 cm 土层,沟垄覆盖处理土壤温度均低于对照,DD、DJ、DS、DM 和 DY 处理的平均土壤温度分别较 CK 处理低 1.9℃、1.1℃、1.1℃、0.6℃、2.3℃。

可见,不同覆盖材料对马铃薯生长期土壤水温状况具有调节作用,地膜、生物降解膜覆盖处理 0~25 cm 土层平均土壤温度较对照明显提高 1.4℃和 0.2℃,而在整个生育期秸秆和液态地膜覆盖处理低于对照 1.5℃和 0.7℃,覆盖麻地膜的土壤温度与对照相比无明显变化。

2.2 不同覆盖材料对土壤水分的影响

表 1 为不同处理下马铃薯生长期土壤水分的动态变化特征,在马铃薯生长前期(苗期~现蕾期),不同覆盖材料下土壤贮水量与对照相比均明显增加,且 DD 土壤贮水量相对较高,DJ 处理下土壤贮水量次之。DD、DJ、DS、DM 和 DY 处理 0~200 cm 土层平均土壤贮水量分别较 CK 处理提高 5.4%、5.2%、2.4%、2.6%、1.7%。在马铃薯生长中期(块茎形成~块茎膨大期),作物需水量较大,生长速度较快,由于气温升高,土壤水分蒸发强烈,降水偏少,各处理土壤贮水量均明显下降,不同覆盖材料下土壤贮水量降幅存在差异,其中 DD 处理降幅最大,其次为 CK 处理,DY 处理下土壤贮水量降低幅度最小。DD、DJ、DS、DM 和 DY 处理下平均土壤贮水量分别较 CK 处理分别增加 4.6%、6.2%、3.6%、3.1%、4.2%。马铃薯进入生育后期(成熟期),降雨量增加,补充了土壤水分使土壤贮水量明显增加。其中,DJ 和 DS 处理土壤贮水量最高。DD、DJ、DS、DM 和 DY 处理下的平均土壤贮水量分别较 CK 处理增加 5.0%、8.4%、7.2%、4.2%、2.2%。可见,秸秆覆盖在马铃薯整个生长期 0~200 cm 土层土壤贮水量较高,其次为地膜覆盖处理,这有利于促进马铃薯的生长发育和产量的形成。

2.3 不同覆盖材料对马铃薯生育期生长指标的影响

在马铃薯关键生育期,不同覆盖材料能显著改善土壤的水温状况,从而促进马铃薯的生长发育。如图 2,在马铃薯生长前期(苗期~现蕾期),DJ 和

DS 处理下马铃薯株高均高于 CK 处理 1.3%、1.2%，其它覆盖处理与对照无明显差异；在马铃薯生长中期（块茎形成期到膨大期），以 DJ 处理最高，DD、DS 和 DM 处理次之，DY 处理最低。DJ 与 DS 处理分别显著较 CK 处理高 11.0%、6.2%；在成熟期，不同覆盖模式下植株株高与对照处理存在差异，DJ 处理显著高于 CK 处理 13.7%，而其它处理与对照无差异。随生育期的推移马铃薯的生长发育从营养生长转化为生殖生长，不同处理下植株茎粗呈先升高后下降的趋势（图 2）。在苗期，DD 处理植株茎粗明显高

于 CK 处理，而在现蕾期 DJ 和 DM 处理茎粗均高于 CK，DJ 与 DM 处理分别较 CK 处理高 8.5%、7.6%。在马铃薯生长中期（块茎形成期到膨大期），以 DJ 处理最高，其次是 DD 和 DS，而其它覆盖处理与对照无明显差异；DJ 与 DD 处理分别显著高于 CK 处理 26.8%和 23.1%。在成熟期，DJ 和 DS 处理明显高于 CK 处理，其它覆盖处理植株茎粗与对照差异不大。DJ 与 DS 处理分别显著较 CK 处理高15.7%、12.7%。

表 1 不同覆盖材料下马铃薯生育期 0~200 cm 土层土壤贮水量/mm
Table 1 Soil water storage (0~200 cm) under different mulch material during the growing season of potato

处理 Treatment	苗期 Seedling	现蕾 Budding	块茎形成 Tuber initiation	块茎膨大 Tuber expansion	成熟 Maturity
DD	430.61a	464.11a	335.77b	310.53a	353.25b
DJ	428.65a	464.79a	346.11a	309.63a	364.56a
DS	419.02b	450.37b	336.72b	303.40b	360.45ab
DM	423.50ab	447.75b	334.61b	302.17b	350.44b
DY	414.65b	449.00b	338.20b	305.40ab	343.67c
CK	408.29b	440.64c	318.62c	299.00b	336.30d

注：同列不同小写字母表示不同处理下差异达显著水平（ $P<0.05$ ）。下同。
Note: Different letters indicate significant differences ($P<0.05$) in same line. The same as below.

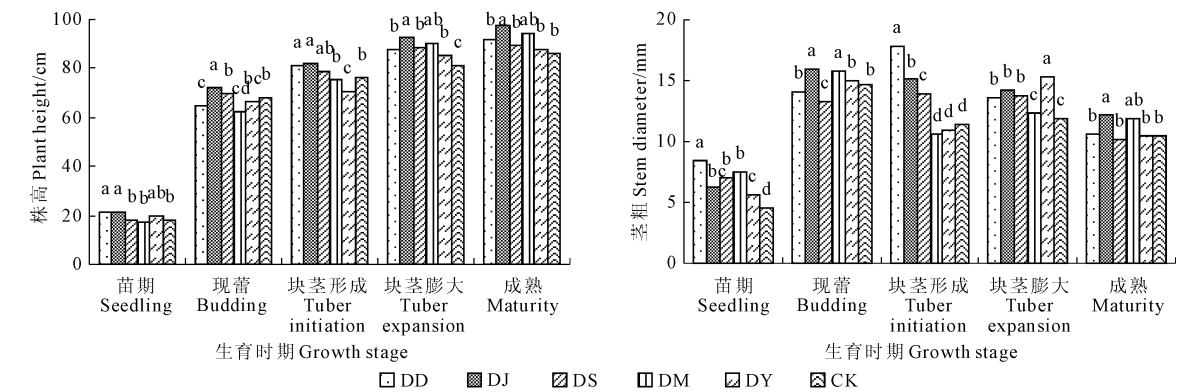


图 2 不同覆盖材料对马铃薯生长的影响

Fig.2 Effect of different mulch material on potato growth

2.4 不同覆盖材料对马铃薯产量及经济效益的影响

不同覆盖材料均能不同程度地提高马铃薯产量和商品薯率（表 2）。除液态地膜覆盖外，不同覆盖材料下马铃薯产量均显著高于对照，而马铃薯商品薯率不同处理间无显著差异。马铃薯增产效果以 DD、DJ、DS 和 DM 处理最为显著，分别较 CK 处理增产 34.3%、56.1%、8.6%、11.3%。马铃薯商品薯率 DJ、DD 和 DY 处理较 CK 处理分别提高 4.7%、3.4%、3.0%。可见，地膜和秸秆覆盖下马铃薯增产效果较好，商品薯率较高。各处理下马铃薯纯收益

高低顺序依次为 DJ>DD>DM>CK>DY（表 3）。由于 DJ 处理秸秆减少了地膜的使用量，使其投入低于 DD、DM 和 DS 处理；DS 与 DM 处理在马铃薯收获后无需人工捡拾残膜，与 DD 处理相比减少了劳动力投入；各处理总投入成本依次为 DS>DY>DM>DD>DJ=CK。DJ 处理的净收入最高（19 676.1 元·hm⁻²），DD 处理次之（14 820.5 元·hm⁻²）。

2.5 不同覆盖材料的降解性能

在填埋试验中，不同覆盖材料经过马铃薯整个生育时期后其降解强度有所不同（表 3）。液态地膜在马铃薯收获期已完全降解，秸秆覆盖处理有部分

茎叶发生腐解。生物降解地膜较原始质量减少19.9 g,质量损失率 35.6%;麻地膜较原始质量减少111.9 g,质量损失率 73.5%。可见,可降解地膜的降解速度与材料类型密切相关,其中,麻地膜的质量损失率最高,这与其降解速度表现较高有关。而普通地膜仅较原始质量减少 7.8 g,其质量损失率 11.9%。

表 2 不同处理下马铃薯产量及经济效益分析

Table 2 Analysis of potato yield and economic benefit under different treatments

处理 Treatment	产量 Yield /(kg·hm ⁻²)	商品薯率 Commodity rate /%	投入 Input /(yuan·hm ⁻²)	产出 Output /(yuan·hm ⁻²)	纯收益 Income net /(yuan·hm ⁻²)
DD	32029.5b	84.60a	12405a	27225.5b	14820.5b
DJ	37213.5a	85.66a	11955a	31631.1a	19676.1a
DS	25902.0c	84.12a	13080a	22016.6c	8936.6c
DM	26541.0c	83.87a	12705a	22559.9c	9854.9c
DY	24093.0cd	84.27a	12855a	20478.8cd	7623.8c
CK	23844.0d	81.82a	11955a	20267.9d	8312.9c

注:投入包括种子、化肥、覆盖材料、耕作及人工费等;试验当年塑料地膜、生物降解膜、麻地膜及液态地膜的价格分别为 13、14、8、10 元·kg⁻¹,马铃薯市场价格为 0.85 元·kg⁻¹。

Note: Input includes the costs of seed, fertilizer, mulch material, tillage and labour, etc. The costs of plastic film, biodegradable film, bast fiber, and liquid film were 13, 14, 8, 10 yuan·kg⁻¹, and the potato price was 0.85 yuan·kg⁻¹ during the study.

表 3 不同地膜的降解强度

Table 3 Degradation strength under different film

处理 Treatment	播种前地膜质量/(g·m ⁻²) Film quality before sowing	收获后地膜质量/(g·m ⁻²) Film quality before harvest	地膜减少量/(g·m ⁻²) Film reduction	地膜质量损失率/% Loss rate of film quality
DD	65.8b	58.0a	7.6c	11.9c
DS	55.9b	36.0b	19.9b	35.6b
DM	152.3a	40.4b	111.8a	73.5a

3 讨 论

3.1 不同覆盖材料对土壤水温环境的影响

农田覆盖可有效阻止土壤水分的蒸发,有助于土壤蓄水保墒,从而改善土壤的水分状况,不同覆盖措施对土壤温度的影响效果随覆盖材料的不同而不同^[15]。王鑫等^[16]研究表明,可降解膜能显著提高土壤水分和温度,李荣等^[17]研究也表明,在玉米各生育期,普通地膜、生物降解膜和液态膜处理与不覆盖相比较能改善土壤的水温效应,以覆盖普通地膜和生物降解膜的效果尤为明显。张杰等^[18]在渭北旱塬区的研究发现,在玉米生育前期,覆盖普通地膜和生物降解膜能有效提高垄侧 0~25 cm 土壤温度。覆盖秸秆有利于充分利用天然降水增加水分的入渗,且秸秆覆盖后阻碍了光照直接到达地面,使覆盖后的土壤温度比不覆盖低^[19]。本研究结果表明,在马铃薯生育前期,普通地膜和生物降解膜处理土壤水分和温度均较对照有显著提高,而秸秆和麻地膜处理则略低于对照。液体地膜对农田土壤水温状况略有改善,但与对照无差异,这与乔海军^[20]研究结论一致,可能跟液体地膜喷施后成膜效果较差,且易受外界环境条件影响使其受损有关^[21]。

3.2 不同覆盖材料对马铃薯生长及产量的影响

不同覆盖材料引起土壤水温环境的变化必然会 影响作物的生长发育^[22]。有研究表明,地膜和生物降解膜覆盖的蓄水保墒效果使作物的干物质积累量和株高较对照均有很大提高^[23-24];生物降解膜覆盖下的玉米生物性状均高于对照,且与普通地膜没有显著差异^[18,24]。本研究也表明,在马铃薯生育前期,地膜、生物降解膜和秸秆覆盖处理植株株高及茎粗高于对照,生育中后期麻地膜和秸秆覆盖处理高于对照。垄覆地膜沟内覆盖不同材料的增温保墒效果不同,对作物产量的影响亦不同^[15,17]。相关研究^[25]表明,地膜具有显著的增温保水和增产作用,生物降解膜虽在早期有一定程度的降解但作物产量与普通地膜无差异,这与本研究结果相似。易永健等^[26]研究结果表明,麻地膜覆盖可改善土壤环境条件,提高作物的产量。本研究发现,麻地膜覆盖可不同程度提高马铃薯产量,但增产效果不及地膜覆盖。秸秆覆盖对作物产量的影响受不同气候条件的限制,覆盖过早使土壤温度低于作物生长最适温度,造成作物减产^[27],而本试验发现,秸秆覆盖下土壤温度较对照降低,但并未影响其产量的提高。其原因一方面,秸秆覆盖处理下土壤水分较好^[28];另一方面,作物种于垄两侧,垄上覆

盖地膜的增温效果可弥补低温效应对作物生长的影响^[15]。有研究^[29]表明,覆盖液体地膜比不覆盖显著增产。而在本研究中液体地膜覆盖处理下与不覆盖作物产量并未表现出明显差异。

3.3 不同覆盖材料降解情况

赵爱琴等^[30]研究表明,生物降解地膜在成熟期地面无明显膜片存在。战勇等^[31]研究表明,诱导期短的可降解地膜在覆膜至 60~70 d 达到 4 级;地膜质量损失率达 46.5%。胡宏亮等^[32]研究表明,可降解地膜可在覆膜后 20 d 开始出现裂缝,在覆膜 60~80 d 后开始达到 3 级降解程度,其完整性受到较大影响。本研究结果表明,经历马铃薯生长期后,生物降解地膜与麻地膜比原始质量均有不同程度的减少,麻地膜的质量损失率最高,普通地膜质量的减少仅属于正常损耗。申丽霞等^[33]研究表明,0.005 mm 厚可降解地膜的降解速度及强度均优于 0.008 mm 厚膜,二者在覆膜后 90 d 分别达降解 5 级、4 级水平,地膜质量损失率达 55.48%、39.99%。这与本研究结果相似,可降解地膜的降解速度和降解强度因原材料组成、生产厂家、诱导期设计等的差异而表现不同,各种可降解地膜的降解速度和降解强度有一定差异,但其降解过程基本相似^[32-33]。

4 结 论

不同覆盖材料对马铃薯生育期土壤水温状况的调节作用差异表现为:地膜和生物降解膜处理土壤温度较对照显著提高,而在整个生育期秸秆覆盖处理低于对照;地膜和秸秆覆盖处理在马铃薯生育期具有较强保墒作用,生物降解膜和麻地膜覆盖处理次之。在马铃薯生育前期,地膜、生物降解膜和秸秆覆盖处理植株株高及茎粗高于对照,生育中后期麻地膜和秸秆覆盖处理高于对照,而在整个生育期覆盖液体地膜处理与对照无差异。

不同覆盖材料均能不同程度地提高马铃薯的产量和商品薯率。地膜和秸秆覆盖处理下马铃薯增产效果较好,商品薯率较高,其中秸秆覆盖处理马铃薯纯收益最高。液态地膜可在马铃薯收获期完全降解,70%以上麻地膜可发生降解,生物降解膜次之。可见,覆盖秸秆能调节土壤水温状况,且可实现增产增收,是在宁南半干旱区马铃薯覆盖栽培的有效技术措施。

参 考 文 献:

[1] 苏小娟.施肥对不同品种马铃薯养分吸收及产量和品质的影响[D].兰州:甘肃农业大学,2010.

[2] 侯贤清,李 荣,何文寿,等.保水剂施用量对旱作土壤理化性质及马铃薯生长的影响[J].水土保持学报,2015,29(5):325-330.

[3] 侯贤清,李 荣,韩清芳,等.夏闲期不同耕作模式对土壤蓄水保墒效果及作物水分利用效率的影响[J].农业工程学报,2012,28(3):94-100.

[4] Wang X L, Li F M, Jia Y, et al. Increasing potato yields with additional water and increased soil temperature [J]. Agricultural Water Management, 2005,78:181-194.

[5] Cai T Y, Zhang C Z, Huang Y W, et al. Effects of different straw mulch modes on soil water storage and water use efficiency of spring maize (*Zea mays* L.) in the Loess Plateau of China [J]. Plant Soil & Environment, 2015,61(6):253-259.

[6] 李 荣,侯贤清.农业环保型材料覆盖技术研究进展[J].核农学报,2016,30(11):2282-2287.

[7] Ramakrishna A, Tamh H M, Wani S P, et al. Effect of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam[J]. Field Crops Research, 2006,95(2/3):115-125.

[8] 徐 刚,杜晓明,曹云者,等.典型地区农用地膜残留水平及其形态特征研究[J].农业环境科学学报,2005,24(1):79-83.

[9] 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.

[10] 杨海迪,海江波,贾志宽,等.不同地膜周年覆盖对冬小麦土壤水分及利用效率的影响[J].干旱地区农业研究,2011,29(2):27-34.

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

[12] 王朝云,吕江南,易永健,等.环保型麻地膜的研究进展与展望[J].中国麻业科学,2007,29(P2):380-384.

[13] 王朝云.环保型麻地膜研究新进展[J].中国麻业科学,2009,31(1):98-100.

[14] 蔡太义,贾志宽,孟 蕾,等.渭北旱塬不同秸秆覆盖量对土壤水分和春玉米产量的影响[J].农业工程学报,2011,27(3):43-48.

[15] 李 荣,侯贤清,贾志宽,等.沟垄全覆盖种植方式对旱地玉米生长及水分利用效率的影响[J].生态学报,2013,33(7):2282-2291.

[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].中国农业生态学报,2007,15(1):78-81.

[17] 李 荣,王 敏,贾志宽,等.渭北旱塬区不同沟垄覆盖模式对春玉米土壤温度、水分及产量的影响[J].农业工程学报,2012,28(2):106-113.

[18] 张 杰,贾志宽,李国领,等.不同材料地膜覆盖对玉米生物学性状的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(12):133-140,147.

[19] Ghosh P K, Dayal D, Bandyopadhyay K K, et al. Evaluation of straw and polythene mulch for enhancing productivity of irrigated summer groundnut[J]. Field Crops Research, 2006,99(2/3):76-86.

[10] 白岗栓,杜社妮,雒聪,等. 仁用杏早春遮阴对开花坐果的影响[J]. 园艺学报,2005,32(6): 985-989.

[11] Möller M, Tanny J, Cohen S, et al. Water consumption of pepper grown in an insect proof screenhouse [J]. Acta Horticulturae, 2004, 659:569-575.

[12] 刘玉梅,白龙强,慕英,等. 新型白色遮阳网对番茄育苗环境及幼苗生长的影响[J]. 中国蔬菜, 2016(10):44-51.

[13] Stagnari F, Galieni A, Pisante M. Shading and nitrogen management affect quality, safety and yield of greenhouse-grown leaf lettuce[J]. Scientia Horticulturae, 2015,192:70-79.

[14] 陈丽娜,陈石,龙卫平,等. 遮阳网覆盖对夏季屋顶菜心生长及栽培基质温湿度的影响[J]. 热带作物学报, 2016, 37(6):1098-1101.

[15] Jutamanee K, Onnom S. Improving photosynthetic performance and some fruit quality traits in mango trees by shading[J]. Photosynthetica, 2016,1(1):1-9.

[16] Dinis L T, Ferreira H, Pinto G, et al. Kaolin-based, foliar reflective film protects photosystem II structure and function in grapevine leaves exposed to heat and high solar radiation[J]. Photosynthetica, 2016, 54(1):47-55.

[17] Chang P T, Hsieh C C, Jiang Y L. Responses of ‘Shih Huo Chuan’ pitaya (*Hylocereus polyrhizus*, (Weber) Britt. & Rose) to different degrees of shading nets[J]. Scientia Horticulturae, 2016,198:154-162.

[18] 李佩华,彭徐. 马铃薯遮光处理的效应研究[J]. 中国农学通报, 2007, 23(4):220-227.

[19] 李彩斌,郭华春. 遮光处理对马铃薯生长的影响[J]. 西南农业学报, 2015, 28(5):1932-1935.

[4] 隋启君,包丽仙,白建明,等. 2012 年云南省马铃薯产业发展状况分析[C]// 屈冬玉,陈伊里. 2013 年中国马铃薯大会论文集.哈尔滨:哈尔滨地图出版社. 2013:96-101.

[20] 肖特,马艳红,于肖夏,等. 温光处理对不同马铃薯品种块茎形成发育影响的研究[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2011, 32(4):110-115.

[21] 杜彦修,季新,张静,等.弱光对水稻生长发育影响研究进展[J].中国生态农业学报,2013,21(11):1307-1317.

[22] 王丽娟,张平,顾青海,等.减光条件下番茄生态生理变化研究[J].天津农业科学,2002,8(1):18-22.

[23] 吴雪霞,查丁石.遮荫对茄子幼苗生长和光合特性的影响[J].华北农学报,2002,25(3):102-107.

[24] 陈青君,张福墁,王永健,等.黄瓜对低温弱光反应的生理特征研究[J].中国农业科学,2003,36(1):77-81.

[25] 鲁福成,王明启,张仲国,等.弱光对番茄苗期生长发育影响的研究[J].天津农学报,2001,8(3):24-27.

[26] 张吉旺,董树亭,王空军,等.大田遮阴对夏玉米淀粉合成关键酶活性的影响[J].作物学报,2008,34(8):1470-1474.

[27] Wang Qinmei, Hou Fuyun, Dong Shunxu, et al. Effects of shading on the photosynthetic capacity, endogenous hormones and root yield in purple-fleshed sweetpotato (*Ipomoea batatas*, (L.) Lam)[J]. Plant Growth Regulation, 2014, 72(2):113-122.

[28] 赵婷婷,郑顺林,万年鑫,等. 早期施氮对马铃薯苗期抗旱能力的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(5):185-190.

[29] 王燕,杨克俭,龚学臣,等. 全国主栽马铃薯品种的抗旱性评价[J]. 种子, 2016, 35(9):82-85.

[30] 孙秀丽,张玉霞,张凤丽. 遮阳网在蔬菜栽培上的应用效果分析[J]. 北方园艺,2003(3):22-23.

[31] 李式军,凌丽娟,姚禾芬,等. 遮阳网性能与夏白菜的覆盖栽培技术研究[J]. 农业工程学报, 1995, 11(4):111-116.

(上接第 92 页)

[20] 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.

[21] Mahmoudpour M, Stapleton J. Influence of sprayable mulch colour on yield of eggplant (*Solanum melongena* L. cv. Millionaire)[J]. Scientia Horticulturae, 1997,70(4):331-338.[22] 李荣,侯贤清,樊小勇,等.不同覆盖材料对土壤性状及玉米前期生长的影响[J].浙江大学学报(农业与生命科学版), 2015,41(3):331-339.

[23] 王敏,王海霞,韩清芳,等.不同材料覆盖的土壤水温效应及对玉米生长的影响[J].作物学报,2011,37(7):1249-1258.

[24] 白丽婷,海江波,韩清芳,等.不同地膜覆盖对渭北旱塬冬小麦生长及水分利用效率的影响[J].干旱地区农业研究, 2010,28(4):135-139,162.

[25] 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.

[26] 易永健,许香春,王朝云,等.麻地膜覆盖栽培对土壤生态环境的影响[J].中国麻业科学,2010,32(5):252-257.

[27] 高亚军,李生秀.旱地秸秆覆盖条件下作物减产的原因及作用机制分析[J].农业工程学报,2005,21(7):15-19.

[28] 高飞,贾志宽,韩清芳,等.秸秆覆盖量对土壤水分利用及春玉米产量的影响[J].干旱地区农业研究,2012,30(1):104-112.

[29] 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,2008,25(3):227-230.

[30] 赵爱琴,李子忠,龚元石.生物降解地膜对玉米生长的影响及其田间降解状况[J].中国农业大学学报,2005,10(2):74-78.

[31] 战勇,魏建军,杨相昆,等.可降解地膜的性能及在北疆棉田上的应用[J].西北农业学报,2010,19(7):202-206.

[32] 胡宏亮,韩之刚,张国平.生物降解地膜对玉米的生物学效应及其降解特性[J].浙江大学学报(农业与生命科学版), 2015,41(2):179-188.

[33] 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.