文章编号:1000-7601(2019)04-0200-08　　doi:10.7606/j.issn.1000-7601.2019.04.27

旧膜及秸秆覆盖对西北旱地马铃薯产量及土壤水热的影响

李　辉[1,2],常　磊[2],韩凡香[1],程宏波[3],柴守玺[2],李博文[4],兰雪梅[2]

(1.兰州城市学院,甘肃 兰州 730070;2.甘肃农业大学农学院/甘肃省干旱生境作物学重点实验室,甘肃 兰州 730070;
3.甘肃农业大学生命科学技术学院,甘肃 兰州 730070;4.甘肃省农业技术推广总站,甘肃 兰州 730020)

摘　要:为了探究旧膜二茬及秸秆带状覆盖条件下,马铃薯田的土壤水热特征及增产机制,设置旧膜直播(T1)、秸秆带状覆盖种植带不旋耕(T2)、秸秆带状覆盖种植带旋耕(T3)、新覆膜(T4)和露地平作(CK)5 个处理进行田间试验。结果表明:各覆盖处理较 CK 提高产量 14.24%~56.33%、商品薯率 1.21%~22.60%及水分利用效率 8.28%~55.39%(P<0.05);产量与块茎形成期的单株薯干重正相关(r=0.744),覆盖处理在块茎形成期较 CK 提高单株薯干重 118.0%~720.0%(P<0.05),以 T4 最高;覆盖处理对马铃薯水热特征有显著影响(P<0.05),T1、T2 的降温效应显著小于 T3,T3 的蓄水保墒效应与 T4 差异不显著,但显著大于 T1、T2 及 CK。可见,在本试验条件下,秸秆带状覆盖种植带旋耕的产量高于旧膜直播、略低于新覆膜,但蓄水保墒效应与新覆膜相近,同时秸秆带状覆盖种植带旋耕较其余覆盖处理具有较明显的降温增墒效应,有利于促进马铃薯块茎的形成及膨大。

关键词:马铃薯;西北旱地;旧膜覆盖;秸秆覆盖;土壤水热特征;产量

中图分类号:S152.7;S152.8;S532　　**文献标志码**:A

Effects of residual film and straw mulching on potato yield and soil moisture and temperature in northwest arid land of China

LI Hui[1,2],CHANG Lei[2],HAN Fan-xiang[1],CHENG Hong-bo[3],CHAI Shou-xi[2],LI Bo-wen[4],LAN Xue-mei[2]

(1.*Lanzhou City College*,*Lanzhou*, *Gansu* 730070,*China*; 2. *College of Agronomy*,*Gansu Agricultural University*, *Gansu Provincial Key Laboratory of Aridland Crop Science*,*Lanzhou*, *Gansu* 730070,*China*;
3.*College of Life Science and Technology*,*Gansu Agricultural University*,*Lanzhou*, *Gansu* 730070,*China*;
4.*General Station for Agriculture Technology Extension of Gansu Province*,*Lanzhou*, *Gansu* 730020,*China*)

Abstract: In order to explore the characteristics of soil temperature and moistureof potato field and yield increasing mechanism under residual film and straw mulching, an experiment was carried out from April to October in 2015. Five treatments were triplicated including residual film direct seeding (T1), small ridge mulching straw and big ridge removed film of no rotary tillage planting (T2), small ridge mulching straw and big ridge removed film of rotary tillage planting(T3), new film mulching planting (T4), and flat planting no mulch(CK). The results showed that the mulching methods could improve yield, commodity potato rate, and WUE. Compared with CK, the yield increased by 14.24%~56.33%, the commodity potato rate increased by 1.21%~22.60%, the WUE increased by 8.28%~55.39%. The yield and dry weight per potato plant in tuber initiation stage were significantly positively correlated(r=0.744), covering planting significantly increased the dry weight per potato plant in tuber initiation stage by 118.0%~720.0% (P<0.05), and the T4 was the best. The effect of mulching treatment on the characteristics of soil temperature and water for potato field was significant (P<0.05). Compared with CK, the cooling effect of T1 and T2 was significantly smaller than that of T3, and there was no significant difference between T3 and T4 in water storage and moisture conservation, but significantly better than T1, T2, and CK.It can be seen that under the

收稿日期:2018-03-02　　**修回日期**:2018-11-30

基金项目:兰州城市学院青年教师科研资助项目(LZCU-QN2016-02);国家自然科学基金(51665002,31760373)

作者简介:李辉(1982-),男,甘肃武山人,高级工程师,博士生,主要从事马铃薯栽培技术及收获机具研究。E-mail:112551866@ qq.com

通信作者:柴守玺(1962-),男,甘肃会宁人,教授,博士生导师,主要从事作物生态生理研究。E-mail:sxchai@ 126.com

experimental condition, the yield of small ridge mulching straw and big ridge removed film of rotary tillage planting-were better than that of direct seeding with the old film, and slightly lower than that of the new mulching, but the effect on water storage and soil moisture conservation was similar to that of the new film mulching. At thesame time, small ridge mulchingstraw and big ridge removed film of rotary tillage planting had better effect in decreasing temperature and increasing soil moisture than other mulching treatments, which was beneficial to the formation and expansion of potato tuber.

Keywords: potato; northwest arid land of China, residual film mulching, straw mulching, characteristics of soil temperature and soil water, yield

干旱缺水是西北雨养农业区作物产量低而不稳的主要原因。为了提高该区域有限降水资源的利用效率和作物产量,广大科研工作者提出了地膜覆盖及秸秆覆盖等旱作栽培技术[1-3],大大提高了农田作物产量。地膜覆盖因其抗旱保墒及增产效果显著,在干旱半干旱地区被大面积应用。有研究表明地膜覆盖在提高作物产量的同时产生了大量的农田地膜残留[4],地膜残留严重影响农田土壤环境及农业可持续发展[5-6]。因此如何减少地膜应用被广大科研工作者关注。闫雅非等[7]在内蒙古临河地区利用旧膜二茬种植向日葵的研究表明,旧膜直播较露地常规种植提高全生育期 5 cm 土层>10℃的有效积温 176.08℃,提高水分利用效率 14.57%~20.21%;吴兵等[8]在甘肃定西利用旧膜二茬种植胡麻的研究表明,旧膜直播较露地常规种植提高产量 88.84%,同时水分利用效率是露地常规种植的 1.97 倍;鲁清林等[9]在甘肃天水冬小麦上的研究表明,旧膜直播较露地常规种植显著提高产量,提高水分利用效率 1.6 个百分点。秸秆覆盖因其具有抗旱保墒、提高土壤有机质及作物产量而在旱作区应用,但其秸秆全覆盖在部分寒旱区应用时具有积温不足导致作物减产的现象[10-11],目前在甘肃省还处于应用探索阶段。为了缓解秸秆全覆盖种植积温不足对作物造成的影响,甘肃农业大学柴守玺教授团队创建了玉米秸秆带状覆盖栽培技术[3],于 2014 年在马铃薯[12-13]上应用,发现能够提高马铃薯产量及水分利用效率 10.5% ~ 34.2% 及 8.9% ~ 29.8%。

马铃薯是甘肃省的三大作物之一,目前种植面积约 68 万 hm^2[14],但单产低于世界平均水平,主要是干旱缺水及高温胁迫造成产量低而不稳[15]。如何提高有限降水资源的高效利用、改善土壤结构、降低伏旱阶段的高温干旱胁迫,是该区域提高马铃薯产量亟待解决的关键科学问题。

本文结合甘肃省地膜使用量逐年增加(2013 年全省地膜使用总量 152 025 t[16])、残膜污染越来越严重(年残留总量 44 574 t[16])、全膜双垄沟播玉米种植面积大(目前种植面积约 67 万 hm^2)的现状。针对地膜二茬利用的增温保墒及秸秆带状覆盖种植的优缺点,以地膜减量化利用和促进农业可持续发展为目的,在甘肃省通渭县甘肃农业大学试验基地进行马铃薯大田试验,探究旧膜直播、秸秆带状覆盖及不同耕作方式对马铃薯土壤水热特征的影响及增产机制,为完善该区域马铃薯种植技术提供理论支持。

1　材料与方法

1.1　试验地概况

试验于 2015 年 4—10 月在甘肃省通渭县平襄镇甘肃农业大学试验基地进行。该区地处北纬 35°11′,东经 105°19′,海拔高度 1 760 m,属中温带半干旱气候,作物一年 1 熟,为典型半干旱雨养农业区,2015 年日照时数 2 230 h,全年无霜期 158 d,年蒸发量 1 500 mm,年均气温 8.0℃,年降水量为377.7 mm,降雨季节分布不均,主要集中在 5-9 月。试验区土壤为黄绵土,0 ~ 30 cm 土层土壤平均容重为 1.25 g · cm^{-3},前茬为全膜双垄沟播玉米种植地。试验期间月降雨量及月平均气温如图 1 所示。降雨量及气温数据由通渭县气象站提供。

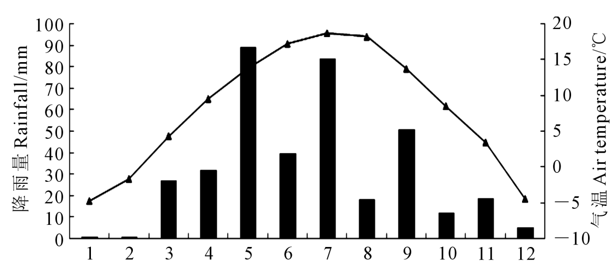


图 1　2015 年研究区降水分布及平均气温变化

Fig.1　Distribution of rainfall and average air temperature in study areas in 2015

1.2 试验设计

供试品种为陇薯 7 号,由甘肃一航薯业科技有限责任公司提供。新覆膜采用当地常用的普通地膜,宽 120 cm,厚 0.01 mm。

试验设旧膜直播(T1)、秸秆带状覆盖种植带不旋耕(T2)、秸秆带状覆盖种植带旋耕(T3)、新覆膜(T4)和露地平作(对照,CK)5 个处理,各处理重复 3 次,共 15 个小区,每小区面积 72 m^2(10 m×7.2 m),小区随机区组排列。T1:双垄沟旧膜接茬种马铃薯,旧膜为白膜,大垄上种两行;T2:揭去双垄沟旧膜,大、小垄不旋耕,小垄上利用根茬镶嵌秸秆,大垄上种两行;T3:揭去双垄沟旧膜,用旋耕机将大垄旋耕,小垄揭膜不旋耕,小垄上利用根茬镶嵌秸秆,大垄上种两行;T4:垄宽 70 cm,高 15 cm,垄沟宽 40 cm,用地膜覆盖垄面,垄沟内留 5 cm 膜间隙做渗水带;每垄播种 2 行。T2、T3 处理均采用玉米整秆带状覆盖,每公顷的覆盖量约为 1 hm^2 旱地玉米秸秆量,马铃薯收获后将经过分解腐化的秸秆采用旋耕机打碎还田。CK:平作不覆盖,等行距种植,行距 60 cm。各处理播种时株距 29 cm,行距 60 cm,按“品”字型人工穴播种植。

播种前 7d 旋耕整地,将当地常用肥料磷酸二胺及尿素按纯氮(N)165 kg·hm^{-2}、纯磷(P_2O_5)120 kg·hm^{-2}整地前一次性均匀施入(后期不追肥)。各处理除 T1、T4 需及时放苗外,其他生产管理方式与当地农民生产习惯一致。试验田 4 月 23 日播种,10 月 2 日收获。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 土壤温度 采用武强县红星仪表厂生产的 HY-1 型地温计,出苗后各小区分 5、10、15、20、25 cm 5 个土层每隔 15 d 左右测定一次,地温计埋入各小区种植带中间,全生育期均在固定地方读取地温。每次测定时均选在干燥晴天进行,分别在早晨(5:50-6:50)、中午(12:30-13:30)和傍晚(17:30-18:30)分三次测定,日均温取早、中、晚三次测定的平均值。

1.3.2 土壤含水率 分别在播种前 1 d、苗期、块茎形成期、块茎膨大期、淀粉积累期和收获期,按 0~20、20~40、40~60、60~90、90~120、120~150、150~180、180~200 cm 共 8 个土层,从每小区马铃薯种植行间取样,采用烘干法测定土层土壤含水率。

土壤含水率(%)=(土壤鲜质量(g)-土壤干质量(g))/土壤干质量(g)×100%

1.3.3 土壤贮水量及农田耗水量 土壤贮水量计算公式为:

$$W = h \times \rho \times \omega \times 10$$

式中,W 为土壤贮水量(mm);h 为土层深度(cm);ρ 为土壤容重(g·cm^{-3});ω 为土壤含水率(%)。

生育期农田耗水量计算公式为:

$$ET = (W_1 - W_2) + P$$

式中,ET 为马铃薯生育期耗水量(mm),包括植株蒸腾量和植株间地表蒸发量;W_1 为播种前土壤贮水量(mm);W_2 为收获后土壤贮水量(mm);P 为作物生育期 ≥ 5 mm 的有效降雨量。

1.3.4 产量及水分利用效率 在收获期,每小区随机选取 15 株进行考种,依据重量分为 3 个等级[17]:大(>100 g)、中(50~100 g)和小(<50 g),分别调查每个等级的数量并称重,计算商品薯率。

商品薯率(%)=(单薯 50 g 以上的产量(kg)/马铃薯总产(kg))×100%

收获时按小区测实产,取 3 次重复的平均值折算每公顷产量。产量水分利用效率计算公式为:

$$WUE = Y/ET$$

式中,WUE 为水分利用效率(kg·mm^{-1}·hm^{-2});Y 为马铃薯产量(kg·hm^{-2})。

1.3.5 马铃薯生长指标 在马铃薯关键生育时期(块茎形成期、块茎膨大期、淀粉积累期、收获期),每重复随机选取 5 株测定作物单株结薯个数、单株产量及茎叶干重。茎叶干重为地上茎、叶的总和,称完鲜重后放进 105℃ 的烘箱中杀青 30 min,再经 85℃ 恒温烘干 24 h 后得到。

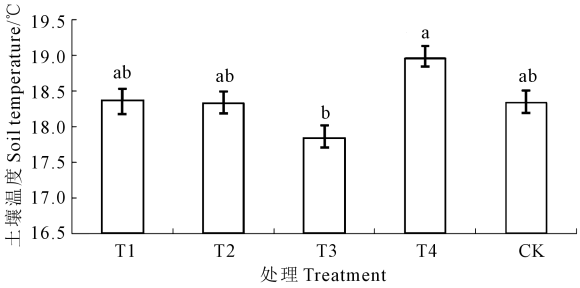
1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2007 和 SPSS 20.0 软件进行数据整理与统计分析,方差分析使用最小显著差异法(LSD)(P<0.05),用 Microsoft Excel 2007 作图。

2 结果与分析

2.1 不同覆盖及耕作方式对马铃薯生育期土壤温度的影响

2.1.1 不同处理对全生育期 0~25 cm 土层土壤平均温度的影响 不同处理全生育期 0~25 cm 土层平均土壤温度变化如图 2,由图 2 可知,0~25 cm 土层全生育期土壤平均温度处理间差异显著(P<0.05),表明覆盖及耕作对土壤温度有显著影响。与 CK 相比,地膜覆盖较 CK 提高了土壤温度,秸秆带状覆盖较 CK 降低了土壤温度,以新覆膜(T4)增温最显著,较 CK 高 0.62℃,秸秆带状覆盖种植带旋耕(T3)降温最显著,较 CK 低 0.50℃。秸秆覆盖条件下局部旋耕(T3)明显较不旋耕(T2)降低了全生育期土壤温度。新覆膜(T4)明显较旧膜直播(T1)提高了全生育期土壤温度。



注:不同字母表示在 $P<0.05$ 水平下差异显著,下同。

Note: Different letter represent significant difference at $P<0.05$. The same below.

图 2　不同处理全生育期 0~25 cm 土层平均土壤温度

Fig.2　Average soil temperature in 0~25 cm layer during whole growth period under different treatments

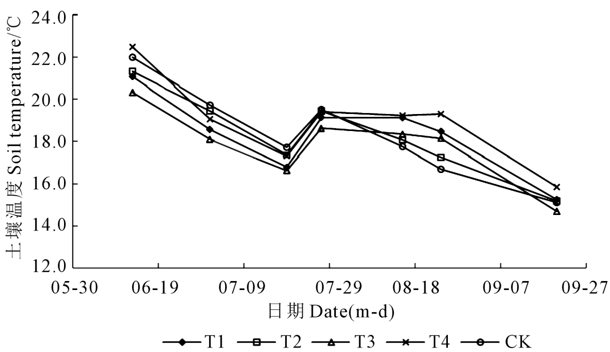


图 3　不同处理 0~25 cm 土层土壤平均温度随生育时期的变化

Fig.3　The change of average soil temperature in 0~25 cm layer with the growth periodunder different treatments

2.1.2　不同处理 0~25 cm 土层土壤平均温度随生育时期的变化　0~25 cm 土层土壤平均温度随生育进程的变化见图 3。由图 3 可知,各处理 0~25 cm 土层土壤温度随生育进程的推进总体呈下降-上升-下降的趋势。处理间 0~25 cm 土层土壤平均温度新覆膜(T4)大多数时期高于旧膜直播(T1)、秸秆带状覆盖(T2、T3)及 CK;旧膜直播(T1)在块茎膨大期前明显高于秸秆带状覆盖种植带不旋耕(T2)、秸秆带状覆盖种植带旋耕(T3)及 CK,在块茎膨大期后明显低于两种秸秆覆盖方式(T2、T3)及 CK;两种秸秆覆盖方式(T2、T3)大多数生育时期均低于 CK,秸秆带状覆盖下种植带旋耕(T3)显著低于不旋耕(T2)。处理间差异,淀粉积累期(8 月 24 日)差异最大,相差 2.63℃(T4 与 CK)。各处理与 CK 的差异,T1、T4 在淀粉积累期(8 月 24 日)最大,分别较 CK 高 1.82℃、2.63℃,T2、T3 在苗期(6 月 13 日)最大,分别较 CK 低 0.64℃,1.67℃。

由统计分析可知,不同生育时期间 T1、T2、T3、T4、CK 的变异系数分别为 10.18%、10.81%、9.79%、10.81%、12.25%。表明各覆盖处理较 CK 能够平抑全生育期土壤温度变化;覆盖处理间,秸秆带状覆盖种植带旋耕(T3)较秸秆带状覆盖种植带不旋耕(T2)及新旧膜覆盖(T1、T4)能够平抑全生育期土壤温度变化,秸秆带状覆盖种植带不旋耕(T2)与新覆膜(T4)对全生育期土壤温度的抑制效应基本一致。

2.1.3　不同处理各生育期 0~25 cm 土层土壤温度的时空变化　不同生育时期 0~25 cm 土层土壤温度随土层深度的变化见图 4。由图 4 可知,不同处理各生育时期土层间温度有显著性差异($P<0.05$)。处理间差异,收获期 20 cm 土层差异最大,相差 2.68 ℃(T2 与 CK),淀粉积累期 20 cm 土层差异次之,相差 2.78 ℃(T2 与 CK);块茎形成期 5 cm 土层差异最小,相差 1.15 ℃(T3 与 T4)。土层间差异,T3 苗期差异最大,相差 4.27 ℃(5 cm 与 20 cm),T2 苗期次之,相差 4.73 ℃(5 cm 与 25 cm);T4 收获期差异最小,相差 0.7 ℃(20 cm 与 25 cm)。

整个观测期内,与 CK 相比,不同处理的增温点次比(各时期各土层总增温点次与总测定点次的比值)旧膜直播(T1)为 45.7%,秸秆带状覆盖种植带不旋耕(T2)为 40.0%,秸秆带状覆盖种植带旋耕(T3)为 25.71%,新覆膜(T4)为 62.86%。由此可见,各覆盖处理均具有增温降温的双重效应,其中新覆膜(T4)全生育期主要表现为增温效应,以淀粉积累期 5 cm 土层的增温幅度最大,达 4.38 ℃;T1、T2、T3 主要表现为降温效应,其中降温幅度旧膜直播(T1)以块茎形成期 10 cm 土层最大,达 2.19 ℃,秸秆带状覆盖种植带不旋耕(T2)以苗期 25 cm 土层最大,达 2.16℃,秸秆带状覆盖种植带旋耕(T3)以苗期 20 cm 土层最大,达 2.29℃。

2.2　不同覆盖及耕作方式对马铃薯生育期土壤水分的影响

2.2.1　不同处理对全生育期 0~200 cm 土层土壤平均含水率的影响　全生育期 0~200 cm 土层土壤平均含水率差异见图 5。由图 5 可知,各处理全生育期内 0~200 cm 土层土壤含水率差异显著($P<0.05$),全生育期内以新覆膜(T4)最高,较 CK 高 0.66个百分点,秸秆带状覆盖不旋耕(T2)最低,较 CK 低 0.38 个百分点。覆盖方式之间的差异,秸秆带状覆盖种植带旋耕(T3)显著大于秸秆带状覆盖种植带不旋耕(T2),新覆膜(T4)显著大于旧膜直播(T1),秸秆带状覆盖种植带旋耕(T3)与新覆膜(T4)之间差异不显著,但显著大于旧膜直播(T1)。表明秸秆带状覆盖种植带旋耕在马铃薯全生育期的蓄水保墒作用与新覆膜相近,明显大于旧膜覆盖及秸秆带状覆盖种植带不旋耕。

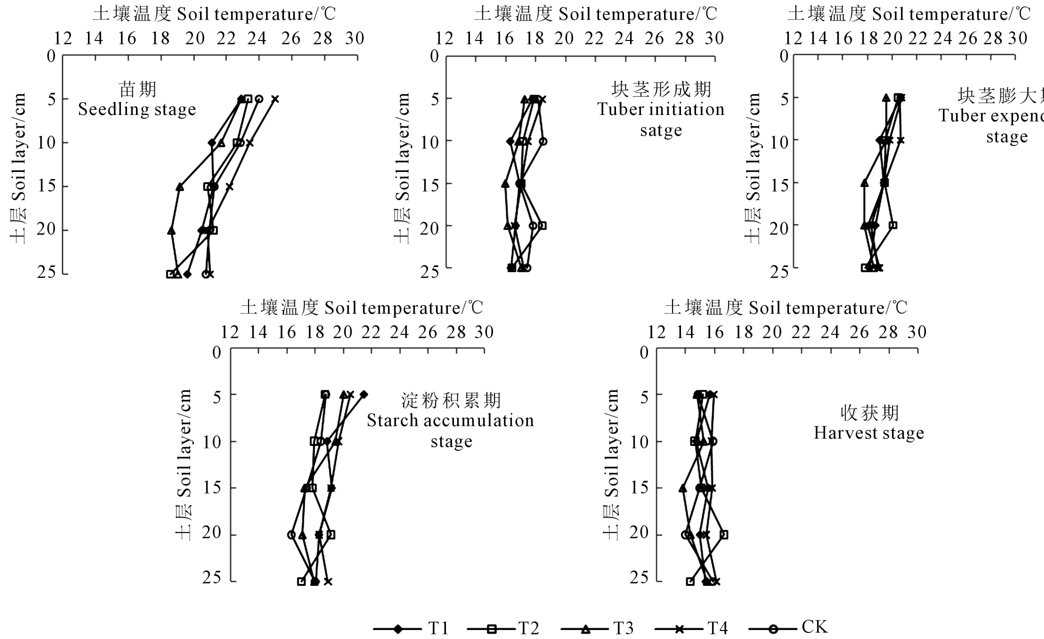


图 4　不同处理下 0~25 cm 土层土壤温度的动态变化

Fig.4　Dynamic changes of soil temperature in 0~25 cm soil layer under different treatments

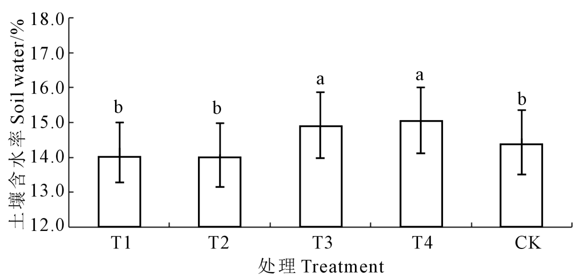


图 5　不同处理全生育期 0~200 cm 土层土壤平均含水率的变化

Fig.5　Mean soil water in 0~200 cm layer during whole growth period under different treatments

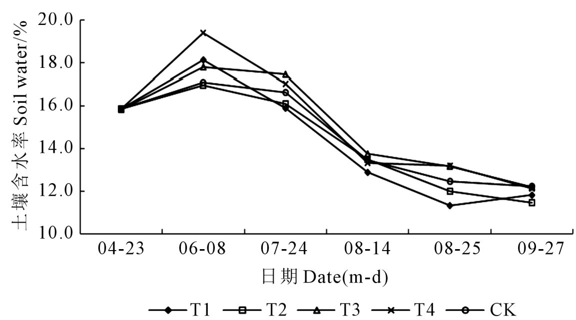


图 6　不同处理 0~200 cm 土层土壤平均含水率随生育时期的变化

Fig.6　The change of average soil water in 0~200 cm layer with the growth period under different treatments

2.2.2　不同处理 0~200 cm 土层土壤平均含水率随生育时期的变化　由图 6 可知，各处理 0~200 cm 土层土壤含水率随生育进程的推进总体均呈先升后降的趋势。处理间 0~200 cm 土层平均含水率 T3、T4 大多数时期高于 T1、T2 及 CK，T1、T2 大多数时期低于 CK。处理间差异，淀粉积累期（8 月 25 日）差异最大，相差 1.88 个百分点（T1 与 T4）；块茎膨大期（8 月 10 日）差异最小，相差 0.88 个百分点。各处理与 CK 的差异，T1 在淀粉积累期（8 月 25 日）最大，较 CK 低 1.14 个百分点，T2 在收获期（9 月 20 日）最大，较 CK 低 0.77 个百分点，T3 在块茎形成期（7 月 24 日）最大，较 CK 高 0.87 个百分点，T4 在苗期（6 月 8 日）最大，较 CK 高 2.31 个百分点。

由统计分析可知，T1、T2、T3、T4 及 CK 不同生育时期间的变异系数分别为 18.94%，16.12%，15.59%，18.22%，14.77%。表明各覆盖处理较 CK 加剧了生育时期间土壤水分变化，秸秆带状覆盖种植带不旋耕（T2）及秸秆带状覆盖种植带旋耕（T3）较旧膜直播（T1）及新覆膜（T4）缓和了不同生育时期间土壤水分变化。

2.2.3　不同处理下各生育期 0~200 cm 土层土壤含水率的时空变化　由图 7 可知，不同处理各生育时期不同土层间土壤含水率有显著性差异（$P<0.05$）。处理间差异，苗期 5 cm 土层差异最大，相差 7.33 个百分点（T3 与 T4），淀粉积累期 5 cm 土层差异次之，相差 4.36 个百分点（T2 与 T4）。土层间差异，以 T2 淀粉积累期差异最大，相差 11.16 个百分点（20 cm 与 200 cm），收获期次之，相差 8.66 个百分点（20 cm 与 200 cm）。

与 CK 相比，T1、T2、T3 及 T4 观测期内的增墒点次比（各时期各土层总增墒点次与总测定点次的

比值)分别为 32.5%、37.5%、67.5%、70.0%。由此可见,各覆盖处理均具有增墒降墒的双重效应,其中旧膜直播(T1)及秸秆带状覆盖种植带不旋耕(T2)主要表现为降墒效应,T1 以淀粉积累期 120 cm 土层的降墒幅度最大,达 2.65 个百分点,T2 以收获期 5 cm 土层的降墒幅度最大,达 3.64 个百分点;秸秆带状覆盖种植带旋耕(T3)及新覆膜(T4)主要表现为增墒效应,T3 以淀粉积累期 180 cm 土层的增墒幅度最大,达 3.0 个百分点,T4 以苗期 150 cm 土层的增墒幅度最大,达 3.87 个百分点。

2.3　不同覆盖和耕作方式对马铃薯产量及水分利用效率的影响

不同处理下马铃薯产量及水分利用效率差异见表 1。由表 1 可知,各处理间作物产量、商品薯率及水分利用效率存在显著性差异($P<0.05$),耗水量处理间无显著性差异。T1、T2、T3、T4 较 CK 显著提高产量(14.24% ~ 56.33%)、商品薯率(1.21% ~ 22.60%)及水分利用效率(8.28% ~ 55.39%)($P<0.05$),以 T4 最好,T3 次之。覆盖处理间,产量、商品薯率及水分利用效率新覆膜高于旧膜及秸秆带状覆盖,旧膜与秸秆带状覆盖间差异不显著。秸秆带状覆盖条件下,局部耕作与不耕作产量及水分利用效率无显著差异,但商品薯率有显著差异,局部耕作较不耕作显著提高了商品薯率。

2.4　不同覆盖和耕作方式对马铃薯生长指标的影响

不同处理下单株结薯数、单株薯干重及茎叶干重的变化如表 2。由表 2 可知,各处理对单株薯干重、单株结薯数及茎叶干重的影响差异显著($P<0.05$)。覆盖处理在块茎形成期至淀粉积累期较 CK 提高了单株结薯数 50.0% ~ 1500.0%、单株薯干重 118.0% ~ 720.0%($P<0.05$),以 T4 最好;在块茎膨大期较 CK 降低了茎叶干重 21.3% ~ 49.4%,以 T4 降幅最大;在收获期,较 CK 提高了单株薯干重 2.53% ~ 19.13%,以 T4 增幅最大,T3 次之。由变异系数可知,各处理对块茎形成期单株薯干重的影响最大,变异系数为 71.6%,对收获期单株结薯数的影响最小,变异系数为 6.9%。

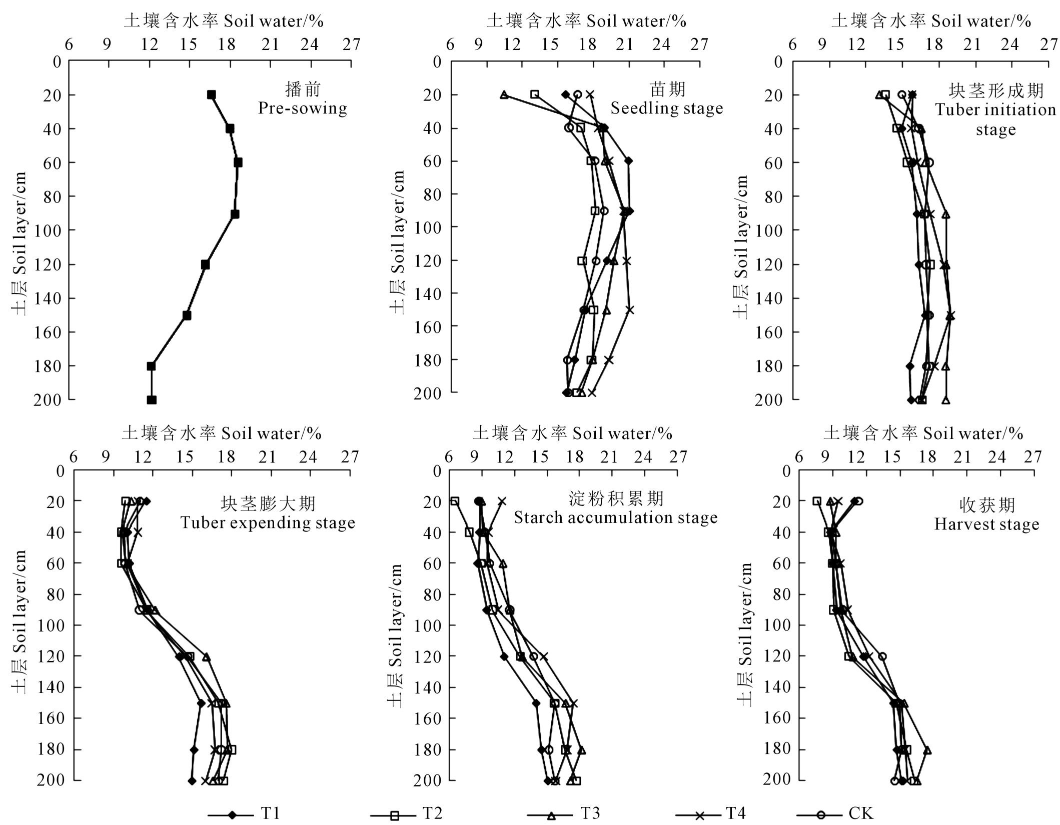


图 7　不同处理下 0~200 cm 土层土壤含水率的动态变化

Fig.7　Dynamic changes of soil water content in soil layer of 0~200 cm under different treatments

2.5　马铃薯产量及生长指标间的相关分析

不同处理下产量、生长指标及产量构成指标之间的相关分析如表 3。由表 3 可知,收获期实测产量与块茎形成期及收获期的单株薯干重高度正相关($r=0.744$ ~ 0.846),与块茎膨大期的单株茎叶干重高度负相关($r=-0.652$),块茎形成期的单株薯干

重与块茎形成期的单株结薯数高度正相关(r = 0.748)。表明马铃薯产量的增加主要通过提高块茎形成期单株结薯数及单株薯干重来实现。

3 讨论与结论

大量研究表明,覆盖方式能够改善农田土壤水

表1 不同处理对马铃薯产量及水分利用效率的影响

Table 1 Effects of different treatments on potato yield and water use efficiency (WUE)

处理 Treatment	播前土壤贮水量 Water storage before sowing /mm	收获期土壤贮水量 Soil water storage after harvesting/mm	生育期降雨量 Precipitation during growth stage/mm	作物耗水量 Evapotranspiration /mm	产量 Yield /($kg \cdot hm^{-2}$)	商品薯率 Commodity rate/%	水分利用效率 *WUE* /($kg \cdot mm^{-1} \cdot hm^{-2}$)
T1	396.03	295.03	258.10	359.10a	28316.25b	89.49a	78.85b
T2	396.03	286.25	258.10	367.88a	27962.7b	75.99b	76.01b
T3	396.03	304.61	258.10	349.52a	28480.35b	90.03a	81.48b
T4	396.03	303.33	258.10	350.80a	38266.50a	92.04a	109.08a
CK	396.03	305.44	258.10	348.69a	24477.75c	75.08b	70.20c

注:不同字母表示在 P<0.05 水平下差异显著,下同。

Note: Different letter represent significant difference at P<0.05. The same blow.

表2 不同处理对马铃薯生长及产量构成指标的影响

Table 2 Effects of different treatments on growth indexes and yield components of potato

处理 Treatment	块茎形成期 Initiation stage			块茎膨大期 Expending stage			淀粉积累期 Starch accumulation stage			收获期 Harveststage	
	jss	sgz/g	jygz/g	jss	sgz/g	jygz/g	jss	sgz/g	jygz/g	jss	sgz/g
T1	1.75b	1.57c	26.92b	7.00a	20.44ab	79.16	8.17a	191.91a	82.93a	7.03a	236.07bc
T2	3.75a	2.95b	39.31a	7.25a	26.10a	103.87b	7.75a	204.44a	93.87a	8.20a	218.69bc
T3	3.50a	1.09cd	32.69ab	6.25ab	26.56a	98.24ab	7.00ab	188.09a	79.20a	7.11a	244.77b
T4	4.00a	4.10a	33.97ab	6.00ab	24.94a	66.71d	7.50a	209.59a	98.39a	6.97a	254.09a
CK	0.25c	0.50d	29.97b	4.00b	9.71b	131.94a	5.13b	72.35b	90.39a	7.40a	213.29c
平均 Mean	2.65	2.04	32.57	6.10	21.55	95.99	7.11	173.28	88.95	7.34	233.38
极差 Range	3.75	3.60	12.40	3.25	16.85	65.23	3.04	137.24	19.19	1.23	40.80
变异系数 *CV*/%	60.63	71.64	14.25	21.02	32.70	26.05	16.69	32.95	8.83	6.91	7.38

注:jss 为单株结薯数,sgz 为单株薯干重,jygz 为单株茎叶干重,下同。

Note: jss— potato number per plant, sgz— potato dry weight of per plant, jygz— stem and leaf dry weight of per plant. The same below.

表3 马铃薯产量、生长指标及产量构成指标之间的相关分析

Table 3 Correlation analysis of potato yield, growth indexes and yield components

		块茎形成期 Initiation stage			块茎膨大期 Expending stage			淀粉积累期 Starch accumulation stage			收获期 Harvest stage		
		jss	sgz	jygz	jss	sgz	jygz	jss	sgz	jygz	jss	sgz	产量 Yield
块茎形成期 Initiation stage	jss	1											
	sgz	0.748**	1										
	jygz	0.322	0.345	1									
块茎膨大期 Expending stage	jss	0.367	0.302	0.342	1								
	sgz	0.751**	0.410	0.149	0.650**	1							
	jygz	−0.678**	−0.699**	0.141	−0.378	−0.546*	1						
淀粉积累期 Starch accumulation stage	jss	0.394	0.448	−0.036	0.703**	0.444	−0.487	1					
	sgz	0.738**	0.683**	0.246	0.717**	0.646**	−0.693**	0.818**	1				
	jygz	0.198	0.495	−0.084	0.046	0.067	−0.121	0.350	0.359	1			
收获期 Harvest stage	jss	0.021	−0.090	0.404	0.041	0.162	0.301	−0.329	−0.252	−0.356	1		
	sgz	0.516*	0.509	0.135	0.080	0.403	−0.685**	0.039	0.380	−0.096	−0.207	1	
	产量 Yield	0.486	0.744**	0.147	−0.033	0.199	−0.652**	0.093	0.366	0.285	−0.287	0.846**	1

注:* 表示相关性达到5%水平;* * 表示相关性达到1%水平。

Note: *, * * represent significant correlation at 5% and 1% level respectively.

热环境,促进作物生长,提高产量。本试验研究表明,旧膜覆盖、秸秆带状覆盖局部耕作及不耕作、新覆膜均较 CK 提高产量、商品薯率及水分利用效率($P<0.05$),这与汤瑛芳等[1]、王红丽等[2]的研究结论基本一致。其中覆盖处理的产量及水分利用效率以新覆膜(T4)最高,秸秆带状覆盖局部耕作(T3)次之,均高于旧膜直播(T1),这与吴兵等[8]在胡麻上的研究结论一致。覆盖处理较 CK 增产主要原因是提高了块茎形成期至淀粉积累期的单株结薯数(50.0%~1500.0%)及单株薯干重(118.0%~720.0%),降低了块茎膨大期的茎叶干重(21.28%~49.44%)。

与 CK 相比,全生育期各覆盖处理均具有增温降温、增墒降墒的双重效应,这与纪晓玲等[18]在陕西横山县马铃薯上的研究结论一致。本试验研究表明全生育期旧膜直播(T1)、秸秆带状覆盖局部不耕作(T2)主要表现为降温、降墒效应,尤其是降低了块茎形成期 0~25 cm 土层土壤温度(图 3)及块茎形成期至收获期 0~200 cm 土层的土壤含水率(图 6),虽然降温有利于马铃薯块茎的形成,为块茎形成创造了条件,但因后期缺水,制约了马铃薯块茎膨大,影响产量;秸秆带状覆盖局部耕作(T3)主要表现为降温、增墒效应,同时还能较其余覆盖处理平抑生育时期间土壤温度及水分的变化,这与蔡太义等[19]、李博文等[20]研究结论一致;T3 的降温、增墒效应有利于马铃薯块茎的形成及膨大,提高单株结薯数及单株产量,这与韩凡香等[12]的研究结论一致。新覆膜(T4)主要表现为增温、增墒效应,尤其是增加了苗期 0~25 cm 土层土壤温度,降低块茎形成期 0~25 cm 土层土壤温度,有利于促进幼苗早期生长及马铃薯块茎的形成,提高产量。这可能是该试验条件下,引起处理间产量差异的原因。

结合本试验研究,从生产成本、生态环保及产量等方面考虑,虽然旧膜直播(T1)较 CK 提高了产量及水分利用效率,但明显低于秸秆带状覆盖处理(T2、T3)及新覆膜(T4)。秸秆带状覆盖种植带旋耕(T3)较旧膜直播(T1)及新覆膜(T4)能够减少地膜使用量,改善土壤结构、提高土壤有机质,增加马铃薯产量,有利于农业可持续发展;同时秸秆覆盖种植技术能够解决秸秆闲置堆放及焚烧带来的环境污染,有利于秸秆综合利用,与国家绿色生态农业发展的要求一致。虽然本试验中秸秆带状覆盖种植带旋耕(T3)的产量低于新覆膜(T4),但蓄水保墒效应二者基本一致,同时 T3 较其余覆盖处理具有较好的降温增墒效应,有利于促进马铃薯块茎的形成及膨大。

本研究是以陇薯 7 号为供试品种,在甘肃省中部雨养农业区进行了一年的田间试验,主要测定马铃薯生育期的土壤水分、温度、生长指标及产量,对试验数据进行整理分析得出上述结论,缺乏对多个品种以及不同覆盖处理对植株生理生态指标的相关研究,以后还需对其进行多年多品种的连续试验研究,进一步探明旧膜覆盖、新膜覆盖、秸秆带状覆盖局部耕作与不耕作的增产机制。

参 考 文 献:

[1] 汤瑛芳,高世铭,王亚红,等.旱地马铃薯不同覆盖种植方式的土壤水热效应及其对产量的影响[J].干旱地区农业研究,2013,31(1):1-7.

[2] 王红丽,张绪成,于显枫,等.黑色地膜覆盖的土壤水热效应及其对马铃薯产量的影响[J].生态学报,2016,36(16):5215-5226.

[3] 柴守玺.一种旱地秸秆带状覆盖作物种植新技术[J].甘肃农业大学学报,2014,49(5):42-42.

[4] 王志超,李仙岳,史海滨,等.覆膜年限及灌水方法对河套灌区农膜残留的影响[J].农业工程学报,2017,33(14):159-169.

[5] 毕继业,王秀芬,朱道林.地膜覆盖对农作物产量的影响[J].农业工程学报,2008,24(11):172-175.

[6] 赵岩,陈学庚,温浩军,等.农田残膜污染治理技术研究现状与展望[J].农业机械学报,2017,48(6):1-14.

[7] 闫雅非.地膜再利用免耕栽培向日葵的增产效应研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2013.

[8] 吴兵.旱地一膜两年用胡麻农田生态效应及增产机理研究[D].兰州:甘肃农业大学,2014.

[9] 鲁清林,柴守玺,张礼军,等.全膜覆土一茬和二茬小麦蓄水保墒效应研究[J].核农学报,2013,27(12):1903-1911.

[10] 程宏波,牛建彪,柴守玺,等.不同覆盖材料和方式对旱地春小麦产量及土壤水温环境的影响[J].草业学报,2016,25(2):47-57.

[11] 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.

[12] 韩凡香,常磊,柴守玺,等.半干旱雨养区秸秆带状覆盖种植对土壤水分及马铃薯产量的影响[J].中国生态农业学报,2016,24(7):874-882.

[13] 李辉,柴守玺,常磊,等.西北半干旱区秸秆带状覆盖对土壤水分及马铃薯产量的影响[J].水土保持学报,2017,31(6). 148-156.

[14] 达存莹,岳云,贾秀苹.甘肃省马铃薯产业发展现状及主粮化发展分析[J].中国农业资源与区划,2016,37(3):38-42.

[15] 李辉.覆盖对旱地马铃薯土壤水分和温度的影响[D].兰州:甘肃农业大学,2018.

[16] 马彦,杨虎德.甘肃省农田地膜污染及防控措施调查[J].生态与农村环境学报,2015,31(4):478-483.

[17] 蔺海明,周建军,王蒂,等.大整薯稀播对马铃薯农艺性状和产量的影响[J].草业学报,2011,20(3):304-308.

[18] 纪晓玲,张静,乔文远,等.不同覆盖方式对旱地马铃薯产量和水分利用效率的影响[J].干旱地区农业研究,2016,34(6):58-62.

[19] 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.

[20] 李博文,杨长刚,兰雪梅,等.秸秆带状覆盖对旱地冬小麦产量的影响[J].干旱地区农业研究,2017,35(2):14-20.