

不同覆盖种植模式对马铃薯土壤 温度、水分及产量的影响

王友生¹,王多尧²

(1.甘肃省定西市农业技术推广站,甘肃 定西 743000; 2.甘肃省交通科学研究院有限公司,甘肃 兰州 730050)

摘要:以陇薯 6 号为试验材料,研究了不同覆盖种植模式对甘肃定西马铃薯田土壤温度、水分和产量的影响,并对其经济效益进行分析比较。结果表明,全地面覆盖双垄垄作侧播和全地面覆盖垄上微沟穴播处理在马铃薯整个生育期 0~30 cm 平均土壤温度较 CK 增加 2.2℃ 和 2.5℃,秸秆带状覆盖处理平均土壤温度较 CK 降低了 1.0℃。覆膜垄沟集雨和秸秆带状覆盖技术都能明显改善土壤水分状况,在马铃薯生长前期集雨保墒效果尤为明显,出苗期全地面覆盖双垄垄作侧播、全地面覆盖垄上微沟穴播、秸秆带状覆盖在 0~100 cm 平均土壤含水量分别较 CK 提高 2.6% 和 2.2% 和 1.6%。各处理马铃薯土壤温度和含水量垂直变化随着土壤深度的增加而减弱。全地面覆盖双垄垄作侧播、全地面覆盖垄上微沟穴播和秸秆带状覆盖增产效果明显,产量分别较 CK 增加 33.6%、28.6% 和 23.2%。全地面覆盖双垄垄作侧播纯收益最高,秸秆带状覆盖次之,纯收益较 CK 分别增加 7 201.56 元·hm⁻²和 5 996.04 元·hm⁻²。因此,黑膜全覆盖双垄垄作侧播技术在改善土壤水温效应的同时能显著增产增收,是定西地区马铃薯种植的高效栽培模式。

关键词: 马铃薯;覆盖;种植模式;土壤温度;土壤水分;产量

中图分类号: S318; S532 **文献标志码:** A

Effects of mulching patterns on soil temperature, soil moisture and yield of potato

WANG You-sheng¹, WANG Duo-yao²

(1. Gansu Province Dingxi Agricultural Technology Extensional Station, Dingxi, Gansu 743000, China;
2. Gansu Provincial Transportation Research Institute Co., Ltd., Lanzhou, Gansu 730050, China)

Abstract: The paper studied the effects of mulching patterns on soil moisture, soil temperature, yield, and economic returns of potato cultivation in Gansu Dingxi, using Longshu6 as test material. The results showed that the average temperature in 0~30 cm soil layer under whole plastic-film mulching on double ridges and ridge side planting and whole plastic film mulching on big ridge and ridge furrow side planting were 2.2℃ and 2.5℃ higher than that of the control, respectively. In contrast, the temperature in 0~30 cm soil layer under bundled straw covering was 1.0℃ lower than that of the control. Besides, the plastic film mulching and bundled straw covering treatments improved soil moisture in the potato growing period, especially early growth of potato. The average soil moisture content in 0~100 cm soil layer under whole plastic-film mulching on double ridges and ridge side planting, whole plastic film mulching on big ridge and ridge furrow side planting and bundled straw covering were 2.6%, 2.2% and 1.6% higher than that of the control at emergence stage, respectively. The vertical variation of soil temperature and moisture content in each treatment decreased with the increase of soil depth. Compared with the control, potato yield with whole plastic-film mulching on double ridges and ridge side planting, whole plastic film mulching on big ridge and ridge furrow side planting and bundled straw covering significantly increased by 33.6%, 28.6% and 23.2% respectively. The total net income with whole plastic-film mulching on double ridges and ridge side planting was the highest, followed by the bundled straw covering technique, and the total net income increased by 7 201.56 yuan·hm⁻² and 5 996.04 yuan·hm⁻² respectively compared to the con-

收稿日期:2016-06-27 修回日期:2017-11-07
基金项目:陇原青年创新创业人才项目;甘肃省自然基金项目(145RJZA088)
作者简介:王友生(1981—),女,甘肃定西人,高级农艺师,主要从事农业技术推广、生态水文和水土保持工作。E-mail: wangyush2000_1@163.com。
通信作者:王多尧(1975—),男,甘肃武威人,高级工程师,主要从事生态水文和水土保持工作。E-mail:33053018@qq.com。

trol. Therefore, whole plastic-film mulching on double ridges and ridge side planting can not only effectively increase soil temperature but also improve soil water content, thus considered to be efficient planting pattern for potato production in Gansu Dingxi.

Keywords: potato; mulching; cultivation pattern; soil temperature; soil moisture; yield

我国提出力推马铃薯主粮化战略,马铃薯也将成为稻米、小麦、玉米之外的第四大主粮作物,预计到 2020 年,50% 以上的马铃薯将作为主粮消费,马铃薯产业将成为推动区域发展的脱贫致富产业。甘肃中部作为我国马铃薯的主产区,种植面积已达 67 万 hm^2 以上,总产量超过 1 100 万 t,占全国总产量的 14%,居全国之首^[1]。素有“中国马铃薯之乡”的甘肃省定西市既是马铃薯优质主产区,又是全国马铃薯三大生产基地之一,通过当地政府和群众的十多年努力,定西市马铃薯播种面积已多年稳定在 20 万 hm^2 以上,总产达 500 万 t 左右;但定西市年降水量仅 300 ~ 500 mm,且多集中于 7—9 月,而年蒸发量高达 1 500 ~ 1 800 mm^[2],导致自然降水的利用效率较低,严重限制了马铃薯产量的进一步提高。如何高效利用降雨资源,成为定西市马铃薯生产的重要课题。近年来在政府引导下,定西市马铃薯种植的科技投入力度也逐年加大,通过积极推广马铃薯地膜覆盖集雨技术,为农民增产增收又开辟了新的致富路。地膜覆盖能充分接纳雨水,强化雨水的田间保蓄,减少土壤水分蒸发^[3-4];发挥土壤水库的调配作用,将无效降雨化为有效降雨^[5];而马铃薯地膜覆盖栽培更具有增温、集雨、保墒的效果,显著地改善了土壤的水热状况和田间小气候,促进了产量的提高^[6-8]。但在当地马铃薯大田栽培应用中,覆盖材料、覆膜方式和垄型等方面的突出问题亟待解决。本研究根据当前的生产实际,对目前旱作区马铃薯不同种植模式进行对比试验,从各处理生育期的土壤含水量和温度、产量及经济效益等方面进行研究分析,以期筛选出最适合甘肃中部旱作区马铃薯高产栽培模式,为该技术在马铃薯栽培中的应用推广提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验设在甘肃省定西市安定区内官镇董家湾村旱作梯田($\text{N}35^{\circ}27' \sim 35^{\circ}40'$; $\text{E}103^{\circ}23' \sim 106^{\circ}40'$), 平均海拔 2 328.2 m。该区域属典型的半干旱雨养农业区,年平均降水量 400 ~ 500 mm,且年分布不均,年平均气温 5.2°C ,无霜期 135 d,农作物属于一年一熟。试验地土壤类型为黄绵土,前茬作物玉米,土壤质地疏松、肥力中等。0 ~ 20 cm 耕层有机质

10.44 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,全氮 0.76 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,全磷 0.53 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,全钾 7.8 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效氮 68 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效磷 22.1 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效钾 189 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,pH7.8。

1.2 供试材料

马铃薯指示品种为甘肃农业科学院粮食作物研究所选育的陇薯 6 号,陇薯 6 号原种由定西市爱兰薯业有限公司提供;供试地膜为天水天宝塑业有限公司生产的“天宝牌”厚 0.013 mm,宽度 120 cm 和宽度 80 cm 的黑色地膜;尿素(含 N46%,甘肃刘化集团有限责任公司生产),磷酸氢二铵(含 P_2O_5 46%,含 N18%,云南三环中化美盛化肥有限公司生产),硫酸钾镁肥(含 K_2O 24%,安徽辉隆农资集团股份有限公司生产)。

1.3 试验设计

试验采取随机区组设计排列,共设 6 个处理,3 个重复。6 个处理分别为:处理 1:全地面覆盖双垄垄作侧播(按株距 35 cm,行距 50 cm“品”字形垄侧穴播);处理 2:全地面覆盖垄上微沟穴播(大垄宽 75 cm,垄沟宽 45 cm,在大垄面中间再开一条 10 cm 深的集雨沟,使垄面成为“M”型,同时微沟内每隔 50 cm 打一渗水孔);处理 3:秸秆带状覆盖种植(分秸秆覆盖带和种植带,两带等宽、相间排列,两带宽度各 55 cm 左右,每种植带平作穴播 2 行);处理 4:半膜垄作(垄宽 60 cm,垄高 15 cm,选用 80 cm 宽黑色地膜覆盖垄面,按株距 35 cm,行距 50 cm“品”字形垄侧穴播);处理 5:露地平地穴播(对照 CK)(按株距 35 cm,行距 50 cm 左右“品”字形穴播)。小区面积 44 m^2 (5.5 m $\times$ 8 m),宽行距 70 cm,窄行距 40 cm,株距 35 cm,种植密度 51 974 株 $\cdot\text{hm}^{-2}$,小区间距 40 cm,设置保护行。试验于 2015 年 4 月 25 日播种,9 月 25 日收获。试验期间调查记载各处理马铃薯生育期的土壤温度和水分状况,成熟期每小区取样 20 株考种,并按小区单收实测产量。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 土壤温度 采用曲管地温计分别在幼苗期、块茎形成期、块茎增长期、淀粉积累期、成熟收获期测定马铃薯生长期的土壤温度。在 8:00, 14:00, 19:00 时测定各处理马铃薯种植行中间的 10、20、30 cm 土层地温,取平均值作为当天的土壤温度,每处理 3 个重复。

1.4.2 土壤水分 采用土钻烘干法在幼苗期、块茎

形成期、块茎增长期、淀粉积累期、成熟收获期测定马铃薯生长期的土壤水分。具体是在两株马铃薯中间按三点方法用土钻取地表下 100 cm 内的土壤,每 20 cm 为一层,共 5 层;取样后在室内采用烘干法,土样在 105℃~110℃烘箱中烘 7~8 h 至恒重后称重,每处理 3 个重复。

土壤含水量(%)=(湿土重-烘干土重)/烘干土重×100

1.4.3 产量及产量性状 产量按小区单收计产。每小区按照 5 点取样法取 20 株考种计算鲜薯产量。单位面积鲜薯产量(kg·hm⁻²)=小区鲜薯差量(kg)/小区面积(m²)×10 000,每处理测定 3 次重复;单位面积纯收益(元·hm⁻²)=单位面积产量收入(元·hm⁻²)-单位面积总投入(元·hm⁻²)。

1.5 统计分析

试验用 Microsoft Excel 进行数据处理,用 SPSS16.0 软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同种植模式对马铃薯不同生育期耕层土壤温度的影响

土壤温度是土壤热状况的综合表现,直接影响着土壤中生物活动过程,如种子发芽、幼苗出土及生长、根系发育以及微生物的活动等^[9]。不同处理马铃薯在不同生育期土壤温度随深度变化见表 1。马铃薯整个生育期各处理测定的 0~30 cm 土壤平均温度值高低顺序为处理 2>处理 1>处理 4>处理 5>处理 3,处理 2 和处理 1 增温效果最为明显,与 CK 相比较平均土壤温度增加 2.5℃和 2.2℃,其次是处理 4 与 CK 相比增温 0.9℃,而处理 3 使土壤温度降低,较 CK 降低 1.0℃,这是由于秸秆覆盖在土壤表面后形成一道物隔离层,能拦截和吸收太阳直射和地面有效辐射,阻碍了土壤与大气间的水热交换^[10]。

表 1 不同处理下马铃薯生育期不同土层平均土壤温度/℃																
Table 1 Soil temperature in different layers during potato growth stages under different treatments																
处理 Treatment	幼苗期 Seedling stage			块茎形成期 Tuber initiation stage			块茎增长期 Tuber swelling stage			淀粉积累期 Starch accumulation stage			成熟期 Mature stage			
	0~	10~	20~	0~	10~	20~	0~	10~	20~	0~	10~	20~	0~	10~	20~	
	10 cm	20 cm	30 cm	10 cm	20 cm	30 cm	10 cm	20 cm	30 cm	10 cm	20 cm	30 cm	10 cm	20 cm	30 cm	
1	14.7a	14.2a	13.8ab	23.1ab	21.5ab	20.1ab	28.6a	24.3a	23.6a	25.7a	21.7b	21.9a	13.2a	12.4a	11.7a	
2	14.8a	14.3a	14.2a	23.7a	22.7a	20.7a	28.1a	24.8a	22.7a	25.5a	23.8a	21.7a	12.3ab	12.1a	11.9a	
3	11.9c	12.6b	12.9bc	18.4d	17.5c	17.6c	21.5c	21.0b	21.1b	19.7d	19.2d	19.3b	9.9c	9.1b	9.7c	
4	13.3b	13.4b	12.3c	22.7bc	20.4b	19.9ab	25.8ab	23.9a	22.8a	22.7b	21.7b	19.7b	11.3b	10.4b	10.2b	
CK	10.8d	12.8b	13.1bc	21.2c	18.2c	19.1b	25.4b	23.1a	22.6a	21.9c	20.0c	19.2b	9.2c	9.6b	10.2b	

注:表中同一列不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平。下同。
Note: Different small letters in the same column mean significant difference at $P<0.05$. The same as below.

整个生育期,各处理对土壤温度的影响效果随土层的加深而逐渐减弱。在马铃薯幼苗期,不同处理对土壤温度的影响效果显著,处理 1 和处理 2 不同土层温度均显著高于 CK($P<0.05$),平均土壤温度分别较 CK 增高 2.0℃和 2.2℃;处理 4 在 0~10 cm 处土壤温度与 CK 差异显著($P<0.05$),在 10~30 cm 处土壤温度与 CK 无显著差异;处理 3 在 0~10 cm 处较 CK 增高 1.1℃,在 10~30 cm 处与 CK 无差异。随着生育期的推进,马铃薯叶面积指数逐渐增大致使到达地面的太阳辐射减少,各覆盖处理对土壤温度的影响效果逐渐减弱。生长中期(块茎膨大期~块茎增长期),处理 1 和处理 2 在 0~10 cm 处土壤温度与 CK 差异显著($P<0.05$),10~30 cm 处土壤温度与 CK 无显著差异,处理 4 不同土层温度与 CK 差异不显著($P>0.05$),处理 3 不同土层温度较 CK 降低 2.1℃。后期(淀粉积累期~成熟期),

处理 1 和处理 2 不同土层温度均显著高于 CK($P<0.05$),处理 4 在 0~10 cm 处土壤温度与 CK 差异显著($P<0.05$),在 10~30 cm 处土壤温度与 CK 差异不显著,在马铃薯生长后期处理 3 在 0~10 cm、10~20 cm、20~30 cm 处平均土壤温度较 CK 降低 0.7℃、0.6℃和 0.2℃。

2.2 不同种植模式对马铃薯不同生育期土壤水分的影响

对马铃薯各生育时期 0~100 cm 土壤含水量测定结果表明,地膜秸秆覆盖后,各处理在不同生育期平均土壤含水量均比露地有所提高,平均土壤含水量高低顺序依次为处理 1>处理 2>处理 3>处理 4>处理 5(图 1f)。黑膜全地面覆盖双垄垄作侧播(处理 1)和垄上微沟穴播(处理 2)地表 100%覆盖,阻断了土壤水分的无效蒸发,自然降水也通过集水面聚集在播种沟内,所以在各生育期土壤含水量最

差距减小(图 1a)。由于马铃薯块茎形成期生长消耗了土壤水分,使土壤含水量有所下降,0~80 cm 各土层土壤含水量均低于播前。处理 1、处理 2 和处理 3、处理 4 在 0~80 cm 处土壤含水量较 CK 增幅在 1.5%~3.9%之间;在 80~100 cm 处各处理与 CK 无明显差异(图 1b)。在马铃薯块茎膨大期和淀粉积累期,由于全市气温持续偏高、干旱少雨,浅层墒情较前期更差;马铃薯块茎膨大期处理 1、处理 2 和处理 3 在 40~60 cm 处土壤含水量高于处理 4 和对照,0~20 cm 和 80~100 cm 处各处理土壤含水量差异不大(图 1c)。淀粉积累期 40 cm 处各处理土壤含水量略高于 CK,其它土层差异不明显(图 1d)。到成熟期各处理间土壤含水量变化趋势相同,表现为浅层墒情较差,各处理 0~40 cm 处土壤含水量低于 60~100 cm 处;这是由于 7—9 月份以来,持续高温干旱,加上作物生长过程需水量大,导致浅层土壤严重失墒。另外,各处理之间 0~100 cm 土层土壤含水量差异不明显(图 1e)。

2.3 不同种植模式对马铃薯产量及经济效益的影响

从表 2 可知,各覆盖处理的马铃薯鲜薯产量较对照显著增加,产量高低排列顺序为处理 1>处理 2>处理 3>处理 4>处理 5。处理 1 产量为 28 757.9 kg·hm⁻²,居第一位,与 CK 相比产量提高了 7 226.3 kg·hm⁻²,增产幅度达到 33.6%;处理 2 产量为 27 680.7 kg·hm⁻²,较 CK 提高了 6 149.1 kg·hm⁻²,增产幅度为 28.6%,居第二位;处理 3 产量仅次于地膜覆盖处理,为 26 528.3 kg·hm⁻²,较 CK 提高了 4 996.7 kg·hm⁻²,增产幅度为 23.2%。对产量进行方差分析可知,区组间未达到显著水平, $F_{\text{区组}}=1.063, P_{\text{区组}}=0.424(>0.05)$;处理间达到显著水

平, $F_{\text{处理}}=3.927, P_{\text{处理}}=0.036(<0.05)$ 。用 Duncan 法进行多重比较分析表明,地膜全覆盖(处理 1 和处理 2)鲜薯产量最高,处理 1 产量略高于处理 2,但差异不显著;两处理与 CK 之间差异显著;其次是秸秆覆盖(处理 3),与 CK 之间差异显著;地膜半覆盖(处理 4)与 CK 之间差异不显著。

按照市场价格计算投入产出,由于覆盖材料的不同各处理间投入成本存在差异,因定西市大面积推广全膜双垄沟播玉米导致秸秆剩余量大,所以本文中玉米秸秆也不记成本。由表 2 可知,各处理投入成本的依次为全膜(处理 1 和处理 2)>半膜(处理 4)>秸秆(处理 3)=露地(CK)。处理 1 纯收益为 24 730.98 元·hm⁻²,较 CK 提高了 7 201.56 元·hm⁻²,居第一位;处理 3 纯收益为 23 525.46 元·hm⁻²,较 CK 提高了 5 996.04 元·hm⁻²,因秸秆不计成本位居第二;处理 2 纯收益为 23 438.34 元·hm⁻²,较 CK 提高了 5 908.92 元·hm⁻²。处理 4 纯收益最低,较 CK 仅提高了 1 015.38 元·hm⁻²。

3 讨 论

在干旱半干旱地区,作物增产主要依赖于生育期的土壤温度、有效降水、土壤的蓄水和土壤蒸发^[11]。对“十年九旱”的定西地区来说,保持土壤水分、减少土壤无效蒸发显得尤为重要,这样可以为作物后期生长提供充足的水分。保护性耕作对土壤含水量影响很大,尤其是在干旱年份,由于气候干燥蒸发强烈,导致土壤含水率急剧下降,因此在干旱半干旱地区主要采用覆盖处理来贮存降雨,以供作物后期的生长需求^[12]。大量研究表明,地膜覆盖可以有效减少土壤水分蒸发、提高作物产量和水分^[3,13],黑

表 2 不同处理间马铃薯产量及经济效益差异
Table 2 Yield and economic returns of different treatments

处理 Treatment	产量 Yield			经济效益 Economic benefit/(元·hm ⁻²)			
	小区产量 Plot yield (kg·44m ⁻²)	折合产量 Average yield /(kg·hm ⁻²)	较 CK 增产 Compared with CK of yield /(kg·hm ⁻²)	产值 Yield	成本 Cost	纯收益 Net income	较 CK 增加 纯收益 Compared with CK
1	126.5a	28757.9	7226.3	34509.48	9304.8	24754.68	7201.56
2	121.7ab	27680.7	6149.1	33216.84	9304.8	23462.04	5908.92
3	116.7abc	26528.3	4996.7	31833.96	7834.8	23549.16	5996.04
4	101.5bc	23078.0	1546.4	27693.6	8674.8	18568.8	1015.68
CK	94.7c	21531.6		25837.92	7834.8	17553.12	

注:投入包括种子、化肥、地膜(其中种子价格按 1.5 元·kg⁻¹,肥料价格磷酸氢二铵 2.6 元·kg⁻¹,尿素 1.5 元·kg⁻¹,硫酸钾镁 1.7 元·kg⁻¹;地膜价格按 14 元·kg⁻¹)。2015 年马铃薯售价为 1.2 元·kg⁻¹。

Note: Inputs include seeds, fertilizers, and mulching film(seed 1.5 yuan·kg⁻¹, ammonium phosphate 2.6 yuan·kg⁻¹, diaminomethanal 1.5 yuan·kg⁻¹, potassium magnesium sulfate 1.7 yuan·kg⁻¹, mulching film 14 yuan·kg⁻¹). Potato rice was 1.2 yuan·kg⁻¹ in 2015.

膜覆盖还可以有效抑制一年生杂草和减少青头薯发生^[14];也有研究证明,秸秆覆盖具有明显的纳雨保墒效果^[15-16]。本研究通过田间试验,观察记录了马铃薯生育期不同覆盖材料及方式对土壤含水量、土壤温度及产量的影响,结果表明黑膜全覆盖和秸秆覆盖能较好地保持土壤水分,降低农田蒸发,尤其在作物生长前期,覆盖处理含水量明显高于对照,在生育后期由于受马铃薯冠层覆盖的影响而导致差异减小,这与张立功^[3]、汤瑛芳^[13]等研究结论一致;覆盖措施对土壤温度的影响效果因覆盖材料的不同而不同^[17],本文得出地膜覆盖处理能有效提高耕层土壤温度,而秸秆覆盖阻碍了土壤与大气间的水热交换导致土壤温度降低,这与李荣等^[10]在不同沟垄覆盖模式在春玉米上得出的结论一致,但秸秆覆盖是否会延长马铃薯生育期有待于进一步研究;我们通过试验也得出在整个生育期各处理对土壤温度的影响效果随土层的加深而逐渐减弱^[8];全膜覆盖技术与对照相比有明显提高马铃薯产量和经济效益的作用,这与很多学者得出的结论一致^[18-20]。虽然本文得出结论秸秆覆盖马铃薯生产技术产量仅次于全膜覆盖技术,但本研究未做秸秆覆盖方式及覆盖量对马铃薯水文效应及产量的影响的研究,需要在以后的大田试验中做进一步探讨,这对提升旱作区土壤有机质、培肥地力、保护耕地质量有着非常重要的现实意义。

4 结 论

1) 马铃薯整个生育期土壤平均温度全地面覆盖双垄垄作侧播和垄上微沟穴播较 CK 增加 2.2℃ 和 2.5℃,半膜垄作较 CK 增温 0.9℃,而秸秆带状覆盖较 CK 降低了 1.0℃。不同覆盖对土壤温度的影响效果随土层的加深而逐渐减弱。

2) 覆膜垄沟集雨和秸秆带状覆盖能明显改善土壤水分状况,在马铃薯生长前期集雨保墒效果尤为明显。马铃薯整个生育期 0~100 cm 土壤平均含水量全地面覆盖双垄垄作侧播和垄上微沟穴播较 CK 提高 1.7% 和 1.5%,半膜垄作较 CK 提高 0.87%,秸秆带状覆盖较 CK 提高了 1.0%。各处理马铃薯土壤含水量垂直变化随着土壤深度的增加而减弱。

3) 覆盖耕作有利于作物产量和纯收益提高,全地面覆盖双垄垄作侧播、全地面覆盖垄上微沟穴播、秸秆带状覆盖、半膜垄作马铃薯产量分别较 CK 增加 33.6%、28.6%、23.2% 和 7.2%。全地面覆盖双垄垄作侧播和秸秆带状覆盖马铃薯纯收益较 CK 分

别增加 7 201.56 元·hm⁻² 和 5 996.04 元·hm⁻²。

参 考 文 献:

- [1] 赵 鸿.黄土高原(定西)旱作农田垄沟覆膜对马铃薯产量和水分利用效率影响[D].兰州:兰州大学,2012.
- [2] 孙 润,尚军林.定西市近 47 年气温、降水变化特征分析[J].陕西气象,2015(1):11-14.
- [3] 张立功,马淑珍.黄土丘陵区(庄浪)旱作马铃薯全膜覆盖关键技术集成研究[J].干旱地区农业研究,2014,32(5):84-92.
- [4] 江 云,马友华,陈 伟,等.作物水分利用效率的影响因素及其提高途径探讨[J].中国农学通报,2007,23(9):268-273.
- [5] 张仁陟,黄高宝,蔡立群,等.几种保护性耕作措施在黄土高原旱作农田的实践[J].中国生态农业学报,2013,21(1):61-69.
- [6] 李继明.安定区地膜马铃薯不同覆盖方式集雨保墒增产试验[J].中国马铃薯,2011,25(5):275-278.
- [7] 杨 凯,冯永忠,李永平,等.黄土高原坡耕地不同耕作措施对土壤温度和水分的作效应[J].干旱地区农业研究,2009,27(4):190-195.
- [8] 王颖慧,蒙美莲,陈有君,等.覆膜方式对旱作马铃薯产量和土壤水分的影响[J].中国农学通报,2013,29(3):145-152.
- [9] 方彦杰.不同栽培模式对大麦生育期土壤温度及产量的影响[J].中国农学通报,2015,31(3):113-117.
- [10] 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.
- [11] 刘晓青,左亿球,冯 浩,等.砾石覆盖量对夏玉米作物系数及水分利用效率的影响[J].干旱地区农业研究,2016,34(2):15-23.
- [12] 曲 威,刘作新,张法升,等.水肥耦合对玉米籽粒全氮含量的影响[J].生态学杂志,2010,29(9):1749-1753.
- [13] 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.
- [14] 石玉章.黑色地膜覆盖方式对旱地马铃薯的影响[J].甘肃农业科技,2012,(7):41-42.
- [15] 张晓霞,成自勇,张 芮,等.不同覆盖方式对温室葡萄耗水规律和产量的影响[J].干旱地区农业研究,2016,34(2):62-68.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 秦舒浩,张俊莲,王 蒂,等.覆膜与沟垄种植模式对旱作马铃薯产量形成及水分运输的影响[J].应用生态学报,2011,22(2):389-394.
- [19] 买自珍,余 萍,买 娟,等.半干旱区不同覆膜时期、方式与膜色对土壤水分及马铃薯水分利用效率的影响[J].干旱地区农业研究,2014,32(1):1-10.
- [20] 田 媛,李凤民,刘效兰,等.半干旱区不同垄沟集雨种植马铃薯模式对土壤蒸发的影响[J].应用生态学报,2007,18(4):795-800.