

不同覆盖方式对旱地马铃薯产量和水分利用效率的影响

纪晓玲¹, 张 静¹, 乔文远², 刘建华², 雷锦银², 张 雄¹

(1. 榆林学院生命科学学院, 陕西 榆林 719000;
2. 榆林市横山县农技服务中心, 陕西 横山 719100)

摘 要: 为研究秸秆和地膜覆盖栽培对马铃薯产量和水分利用效率的影响, 旨在筛选出陕北黄土丘陵旱作区的最佳覆盖方式。通过 2 年(2012—2013)的田间定位试验, 采用垄膜覆盖(LM)、双沟覆膜(GM)、全膜覆盖(QM)、秸秆覆盖(JG)和露地(CK)5 种覆盖栽培方式, 分析马铃薯生长、产量、土壤温度、土壤含水量变化。结果表明: (1) JG 处理的马铃薯植株生长发育状况, 其株高、SPAD 值均优于其它处理, 表现为株高 JG > CK > GM > LM > QM, 茎粗 LM > GM > CK > JG > QM, SPAD 值 JG > LM > GM > CK > QM。 (2) 在整个生育期, 地温均值表现为 JG < CK < LM < GM < QM, JG、LM、GM 及 QM 分别较 CK 提高 -0.18℃、0.76℃、1.21℃及 1.65℃。 (3) 全生育期, 不同覆盖有增加土壤含水量的作用, 均值表现为 JG > QM > GM > LM > CK, JG、LM、GM 及 QM 分别较 CK 提高 17.18%、11.92%、5.65% 和 16.93%。 (4) JG、QM、LM 及 GM 分别比露地栽培平均增产 19.75%、8.95%、7.00% 及 -0.25%, 水分利用效率提高 16.4%、7.4%、9.15% 及 1.65%。 秸秆覆盖栽培方式是陕北旱作区马铃薯抗旱栽培推荐的栽培方式。

关键词: 覆盖方式; 马铃薯; 土壤温度; 土壤含水量; 水分利用效率; 产量
中图分类号: S532; S318 **文献标志码:** A

Effects of different mulching methods on yield and water use efficiency of potato

Ji Xiao-ling¹, ZHANG Jing¹, QIAO Wen-yuan², LIU Jian-hua², LEI Jing-yin², ZHANG Xiong¹

(1. College of Life Science, Yulin University, Yulin, Shaanxi 719000, China;
2. Hengshan County Agro - Tech Extension and Service Center, Hengshan, Shaanxi 719100, China)

Abstract: In order to select the optimal mulching method in the dryland farming of northern Shaanxi Loess Hilly Region, we studied the effects of straw mulching and plastic film mulching on yield and water use efficiency (WUE) of Potato. Through 2 years of fixed field experiment (from 2012 to 2013), we adopted five mulching methods which included ridge mulching(LM), double channels mulching(GM), double ridge mulching(QM), straw mulching(JG) and bare land (CK), and analysed the changes of the growth, yield, soil temperature and moisture of potato. The results showed that: (1) Under the treatment of JG, growth and development status, plant height and the SPAD value of potato were superior to others which showed JG > CK > GM > LM > QM for plant height, LM > GM > CK > JG > QM for stem thickness and JG > LM > GM > CK > QM for SPAD value; (2) In the whole growth period, soil temperature showed JG < CK < LM < GM < QM, the soil temperature in the treatment of JG, LM, GM and QM were -0.18℃, 0.76℃, 1.21℃ and 1.65℃ higher than that in the CK, respectively; (3) In the whole growth stage, different mulching methods could increase soil moisture showed JG > QM > GM > LM > CK, the soil moisture in the treatment of JG, LM, GM and QM were 17.18%, 11.92%, 5.65% and 16.93% higher than that in the CK, respectively; (4) The yield in the treatment of JG, QM, LM and GM were 19.75%, 8.95%, 7.00% and -0.25% higher than that in the CK, respectively, and the WUE were 16.4%, 7.4%, 9.15% and 1.65% higher than that in the CK, respectively. Straw mulching was selected as the best dryland farming cultivation method in the dryland farming of northern Shaanxi loess hilly region.

Keywords: mulching method; potato; soil temperature; soil moisture; water use efficiency; yield

收稿日期: 2016-01-04
基金项目: 陕西省科技计划项目“特色杂粮杂豆高效安全生产技术与开发”(2012K01-09); 榆林市科技计划项目(2013zx19); 陕西省教育厅专项科研计划项目“绿豆集雨补灌水分高效利用生理机制研究”(15JK1848)
作者简介: 纪晓玲(1969—), 女, 陕西定边人, 副教授, 硕士, 主要从事农业节水技术研究。E-mail: yljxiaoling@126.com。
通信作者: 张 雄(1970—), 男, 陕西榆林人, 教授, 博士, 主要从事农业节水研究工作。E-mail: yulingzhang2007@126.com。

陕西省榆林市横山县横山镇地处黄土丘陵干旱半干旱农业区,属大陆季风气候,降水少,且降水集中,蒸发强烈,干旱和水土流失是马铃薯生产的主要限制因素。提高降水水分利用效率,保证马铃薯稳产增产,增加土壤蓄水保墒能力的农艺节水技术是未来该地区旱作农业的发展方向。研究证明覆盖栽培是应对干旱缺水、提高马铃薯产量的主要措施^[1-3],目前,该地区应用的主要覆盖材料有地膜和秸秆。一方面,地膜覆盖具有明显的增温保墒^[4]的作用。研究表明,地膜覆盖可以提高玉米的水分利用效率,增加干物质积累和产量^[5];另一方面,秸秆覆盖起到保水增产的作用。纪晓玲等^[6]研究显示,秸秆覆盖较无覆盖的绿豆地温低 2.8℃,而且,秸秆覆盖在一定程度上减少了土壤空气与大气的交换,增加土壤含水量^[7]。在玉米和小麦栽培上,秸秆覆盖可显著提高玉米和小麦的水分利用效率和产量^[8-9]。因此,在陕北旱作区马铃薯抗旱栽培技术的研究中,应注重地膜覆盖和秸秆覆盖对马铃薯土壤温度、水分利用效率和产量的影响,以进一步提高地膜覆盖和秸秆覆盖的保墒和增产效果。截至目前,有关不同覆盖方式对马铃薯产量及水分利用效率的系统研究较为少见。因此,本研究开展不同覆盖栽培方式对马铃薯产量和水分利用效率的影响研究,旨在筛选出马铃薯高产的覆盖栽培保墒方式,为旱地马铃薯高产优质栽培提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2012—2013 年在黄土高原丘陵区的横山县横山镇石窑沟村旱地进行。试验区位于北纬 37°56'28.46",东经 109°21'46.81",海拔 1 232 m,平均气温 9.2℃,≥10℃积温 3 260℃,无霜期 146 d,年降水量 446.8 mm,主要集中在 7—9 月,占总量的 60% 以上,年蒸发量 1 211 mm,年日照时数 2 644 h,年无效降水 44 次,有效降水 20 次,降水年际变化大,变异系数为 0.15,月际变化更大,变异系数最小的 9 月也高达 0.38。供试土壤为黄绵土,试验地耕层土壤有机质含量 3.2 g·kg⁻¹,全氮 0.3 g·kg⁻¹,碱解氮 18.9 mg·kg⁻¹,速效磷 6.2 mg·kg⁻¹,速效钾 66.0 mg·kg⁻¹,前茬绿豆,基施尿素 150 kg·hm⁻²、磷酸二铵 150 kg·hm⁻²。供试品种为紫花白,于 2012 年 5 月 23 日和 2013 年 6 月 9 日播种,平均行距 50 cm,株距 35 cm,密度 55 555 株·hm⁻²。

1.2 试验设计

试验共设置 5 个处理,分别是:(1) 全膜覆盖(QM):双垄面全膜覆盖集雨沟播,垄高 10 cm,穴播

马铃薯。(2) 垄膜覆盖(LM):垄高 15 cm,仅垄上覆盖地膜,膜侧沟播马铃薯。(3) 双沟覆膜(GM):垄高 10 cm,垄上“W”型双沟覆膜,“W”沟播马铃薯。(4) 秸秆覆盖(JG):覆盖玉米秸秆,秸秆覆盖量 10 000 kg·hm⁻²,秸秆长度 8 cm,于每年的 6 月 30 日人工均匀,放置在该处理的小区内。(5) 露地(CK):无覆盖,直接将马铃薯穴播于 15 cm 土壤中。各处理设三次重复,采用随机区组排列,小区面积 21 m² (7.0 m×3.0 m),6 行区,田间管理一致。

1.3 测定方法

(1) 土壤水分测定采用烘干称重法,在马铃薯播种前和收获后对各小区 0~100 cm 土层进行土壤水分测定,以 20 cm 为一个土层单位取样。

(2) 水分利用效率 WUE = 产量/(播前 100 cm 土层土壤贮水量 - 收获后 100 cm 土层土壤贮水量 + 生育期降水量)。

(3) 于马铃薯生长的开花期(7 月 30 日)用直尺测定株高,用游标卡尺测定茎粗,用 SPAD-502 叶绿素仪测定叶绿素含量。产量测定是在马铃薯成熟后,按小区收获,称取鲜薯重量。

试验数据用 Excel 计算分析,SPSS13.0 进行 T 检验,各图表中的数据为平均值。

2 结果与分析

2.1 不同覆盖方式对马铃薯生长的影响

在盛花期不同覆盖栽培条件下,马铃薯主要生长指标变化表明(表 1),秸秆覆盖处理的马铃薯生长发育性状(2 a 均值),如株高和 SPAD 值均优于其它处理,秸秆覆盖处理茎粗只是高于全膜覆盖处理,而低于垄膜覆盖、双沟覆膜和对照处理。全膜覆盖处理株高、茎粗及 SPAD 值均最低,垄膜覆盖处理和双沟覆盖处理株高低于对照,但茎粗和 SPAD 值高于对照。许多研究表明,相比地膜覆盖技术,秸秆覆盖技术具有明显优势。一方面秸秆覆盖可显著降低夏玉米不同生育时期棵间蒸发量,增加土壤含水量^[10],显著增加 0~10 cm 土层有机碳含量^[11],另一方面具有调温作用,在低温时具有“增温效益”,而高温时则有“低温效应”。两种效益在作物不同生育时期,对其生长均十分有利,可有效地缓解地温剧变对作物造成的伤害^[12]。因而,秸秆覆盖可提供马铃薯根系生长的水、肥、气、热环境,从而促进马铃薯地上部分的生长。

2.2 不同覆盖方式对土壤温度的影响

马铃薯是喜冷凉作物,在其生长发育的不同阶段对地温的要求不同。不同覆盖处理对土壤温度(5、10、15、20、25 cm 平均值)的影响见表 2。2 a 马铃

薯全生育期各处理地温均值大小为:JG(21.28℃) < CK(21.46℃) < LM(22.22℃) < GM(22.67℃) < QM(23.11℃), 秸秆覆盖、全膜覆盖、垄膜覆盖、双沟覆膜分别比露地栽培高 - 0.18℃、1.65℃、0.76℃、1.21℃。秸秆覆盖可降低地温,而地膜覆盖有提升地温的作用。马铃薯不同生育阶段对地温的要求不同,马铃薯苗期最适生长温度为 17℃ ~ 21℃,2012 年 JG(23.3℃)处理分别低于 CK、LM、GM 和 QM 0.2℃、2.66℃、3.88℃和 4.42℃,2013 年 JG 处理地

温(23.2℃)最低,分别低于 CK、LM、GM 和 QM 0.3℃、0.7℃、1.6℃和 1.8℃。JG 处理最接近最适生长温度,有利于茎叶生长。块茎形成期,地温对块茎形成有很大影响,以 16℃ ~ 18℃对块茎的形成和增长最为有利。2 年内,JG 处理最接近适宜生长温度,有利于块茎的形成。块茎膨大期和淀粉积累期,日均温以 17℃ ~ 18℃为宜,超过 20℃,块茎生长渐慢。JG 处理也比较接近最适生长温度,相对于其它处理,其呼吸作用最低,有利于养分的积累。

表 1 不同覆盖栽培对马铃薯株高、茎粗及 SPAD 值影响

处理 Treatment	2012 年盛花期 Full flowering stage in 2012			2013 年盛花期 Full flowering stage in 2013			2012—2013 年平均值 Average between 2012 and 2013		
	株高 Plant height	茎粗 Stem diameter	SPAD 值 SPAD value	株高 Plant height	茎粗 Stem diameter	SPAD 值 SPAD value	株高 Plant height	茎粗 Stem diameter	SPAD 值 SPAD value
	/cm	/mm		/cm	/mm		/cm	/mm	
LM	39.73	13.14	41.96	50.30	11.91	23.63	45.02	12.53	32.78
JG	42.53	11.58	42.61	52.10	11.25	23.71	47.32	11.42	33.16
QM	38.13	11.46	41.79	45.10	9.97	21.79	41.62	10.72	31.79
GM	43.13	11.58	42.22	47.20	12.68	23.33	45.17	12.13	32.78
CK	38.73	11.26	41.76	54.20	12.50	23.27	46.47	11.88	32.52

表 2 不同覆盖栽培下对土壤温度的影响

生长时期 Growth period	2012 年土壤温度 Soil temperature in 2012					2013 年土壤温度 Soil temperature in 2013				
	GM	LM	CK	JG	QM	GM	LM	CK	JG	QM
苗期 Seedling stage	27.18	25.96	23.50	23.30	27.72	24.80	23.90	23.50	23.20	25.00
形成期 Initiation stage	22.44	20.92	19.94	20.10	22.28	26.48	25.96	25.46	24.22	26.86
膨大期 Expansion stage	20.94	21.08	21.22	21.22	21.56	24.70	25.00	24.12	24.12	26.22
积累期 Accumulation stage	16.80	16.90	16.86	16.60	17.30	17.96	17.98	17.05	17.46	17.86

2.3 不同覆盖方式对土壤水分的影响

马铃薯根系主要分布在 0 ~ 40 cm 内,不同覆盖方式对马铃薯 0 ~ 40 cm 土壤含水量的影响如图 1 所示。图 1 表明,在马铃薯全生育期 0 ~ 40 cm 土壤平均含水量表现为:秸秆覆盖 > 全膜覆盖 > 双沟覆膜 > 垄膜覆盖 > 露地栽培。秸秆覆盖、全膜覆盖、双沟覆膜、垄膜覆盖,各处理的土壤含水量均高于露地栽培处理,分别较露地栽培高出 17.18%、16.93%、11.92%和 5.65%。各覆盖方式比露地耕层含水量高的主要原因是由于覆盖物形成了一层保护隔离层,减少了太阳辐射,从而减少了田间的棵间蒸发,起到提高土壤含水量的作用。但不同覆盖方式对土壤含水量的影响是不同的,秸秆覆盖一方面减少田间的棵间蒸发,另一方面有利于雨水的蓄积入渗,使得秸秆覆盖处理土壤水分状况的改善效果最明显,而全膜覆盖、双沟覆膜、垄膜覆盖各处理虽然能减少土壤田间的棵间蒸发,但不利于雨水的入渗,因此

QM、GM、LM 处理土壤含水量低于 JG 处理而高于露地栽培处理。不同覆盖方式下土壤含水量整体均呈“S”型变化,土壤水分的变化趋势表现为播种时雨少、风大、蒸发量大,土壤水分最低。由于 2012 年苗期降水在各生育期中最多,各覆盖方式下的 0 ~ 40 cm 土壤平均含水量较高;2013 年苗期降水较少,各覆盖方式的 0 ~ 40 cm 土壤平均含水量变化不明显,块茎形成期各覆盖方式均可提高 0 ~ 40 cm 土壤平均含水量,由于块茎膨大期降水相对减少,且马铃薯处于生长旺盛时期,蒸腾作用较强,导致这一时期 0 ~ 40 cm 土壤平均含水量相对其它时期最少,在淀粉积累期,随着降水量增加,0 ~ 40 cm 土壤平均含水量逐渐增高。上述分析表明:不同覆盖栽培方式都有一定的蓄雨保墒的作用,由于对降雨、蒸发面大小、作物自身发育阶段所需水量等因素影响,不同覆盖方式下土壤含水量随时间推移出现一定的变化。

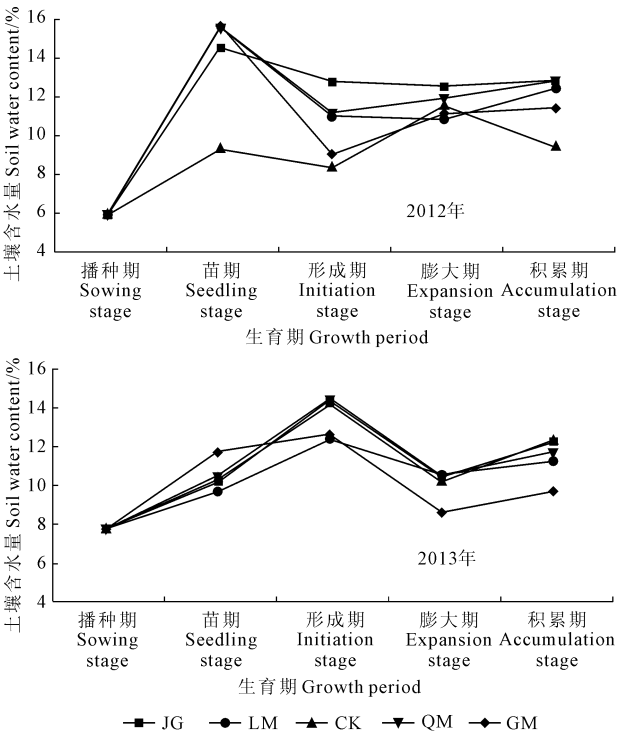


图 1 不同覆盖栽培下土壤含水量的变化
Fig.1 Variations of soil water content under different mulching methods

2.4 不同覆盖方式对产量与水分利用效率的影响
不同覆盖方式的马铃薯产量与水分利用效率见表 3。由表 3 知秸秆覆盖、全膜覆盖、垄膜覆盖及双沟覆膜分别比露地栽培平均增产 19.75%、8.95%、7.00% 及 -0.25%。结合表 1、表 2 及图 1 综合分析,秸秆覆盖株高、SPAD 值及土壤含水量均最优,土壤温度最低,低于对照 0.18℃,有利于马铃薯块茎的膨大及淀粉的积累,其产量和水分利用效率达到最大;全膜覆盖使 SPAD 值及株高降低,土壤温度高于对照1.65℃,不利于马铃薯产量的提高,但其可提高土壤含水量 16.93%,垄膜覆盖增加土壤含水量

11.92%,土壤温度较对照增加 0.76℃,使 SPAD 值升高,植株降低,旱作区土壤水分的增加,抵消 SPAD 值、株高降低、土壤温度升高的不利因素,使其增产并提高水分利用效率;双沟覆膜处理是因为在 2013 年比对照减产 2.3%,究其原因,植株比对照降低 10.44%、温度升高 0.96℃的不利因素导致其减产。

3 讨 论

地膜覆盖后,苗期温度增加最明显,块茎形成期至淀粉积累期增温不明显^[13-15]。蔡太义等^[12]在渭北旱塬试验结果表明,不同量秸秆覆盖玉米处理 0 ~ 25 cm 土层均能起到降温效果,表现为前期大、后期小的变化趋势。秸秆覆盖马铃薯后,可显著调节土壤温度,与对照相比苗期地温降低 2.8℃ ~ 3.9℃,而其它生育期土壤温度提高 0.4℃ ~ 1.8℃^[16],有利于马铃薯幼苗生长。本试验条件下,秸秆覆盖后总体地温呈降低的趋势,平均降温 0.18℃,其原因是马铃薯是喜冷凉作物,降温使马铃薯植株生长旺盛,地上冠层最大(JG 1600 cm²、LM 1576 cm²、GM 1414 cm²、QM 1245 cm²、CK 1446 cm²),地上群体较为合理;另一方面,秸秆覆盖有稳定地温的作用,其地温在全生育期的变率为 6.73℃,较 CK (7.5℃)、GM(9.41℃)、LM(8.49℃)、QM(9.71℃)均小,对马铃薯块茎膨大创造了适宜的条件,对提高马铃薯产量奠定了基础。

有研究表明,秸秆覆盖马铃薯后,0 ~ 200 cm 土壤含水率有所增加^[18]。本研究中,不同覆盖方式均能提高 0 ~ 40 cm 土壤含水量,秸秆覆盖处理较其它处理能改善土壤水分状况,减少无效消耗,尤其能提高马铃薯中、后期的土壤含水量。

据研究,地膜覆盖在提高玉米^[19]、小麦^[20]等耗水量、产量和水分利用效率方面效果显著,秸秆覆盖也可提高马铃薯产量和水分利用效率^[21]。

表 3 不同覆盖方式产量与水分利用效率
Table 3 Yield and water use efficiency under different mulching methods

处理 Treatment	2012						2013					
	有效降雨 Effective rain fall /mm	生育期耗水 Water consumption in growth period /(m ³ ·hm ⁻²)	WUE /(kg·mm ⁻¹ · hm ⁻²)	WUE 较 CK ± % WUE compared CK ± %	折合 产量 Yield per hectare /(kg·hm ⁻²)	产量较 CK ± % Yield compared CK ± %	有效降雨 Effective rain fall /mm	生育期耗水 Water consumption in growth period /(m ³ ·hm ⁻²)	WUE /(kg·mm ⁻¹ · hm ⁻²)	WUE 较 CK ± % WUE compared CK ± %	折合 产量 Yield per hectare /(kg·hm ⁻²)	产量较 CK ± % Yield compared CK ± %
LM	379.6	425.49	41.80	9.00	17785.71	7.5	353.2	417.6	34.45	9.3	14385.71	6.5
JG	379.6	434.30	44.66	16.50	19395.24	17.2	353.2	446.74	36.69	16.3	16390.48	21.3
QM	379.6	426.77	39.77	3.70	16971.43	2.6	353.2	444.65	35.03	11.1	15576.19	15.3
GM	379.6	431.93	39.02	1.70	16852.38	1.8	353.2	412.13	32.04	1.6	13204.76	-2.3
CK	379.6	431.44	38.35	—	16547.62	—	353.2	428.39	31.54	—	13509.52	—

本研究中, JG、LM、QM、GM 较 CK, 产量和水分利用效率增幅分别为 $-0.25\% \sim 19.75\%$ 和 $1.65\% \sim 16.4\%$ 。主要原因是秸秆覆盖有抑蒸保墒、降低地温、协调马铃薯耗水和土壤水分分配, 在高效用水的同时最大限度保蓄土壤水分, 促进马铃薯根系对土壤水分的吸收, 促进马铃薯的地上部分和地下部分的生长, 延缓马铃薯植株的衰老, 而提高水分利用效率。垄膜覆盖和全膜覆盖的土壤含水量均低于秸秆覆盖, 且在生育后期, 垄膜覆盖和全膜覆盖下, 土壤温度均高于秸秆覆盖和露地栽培。本研究显示, 地膜覆盖在马铃薯生育后期, 土壤温度较高, 不利于马铃薯块茎淀粉积累^[17]和产量增加。此外, 本研究中, 双沟覆膜产量低于对照, 这是由于马铃薯块茎膨大期和淀粉积累期土壤水分含量均最低, 不利于马铃薯块茎膨大及淀粉积累, 对产量造成负面影响。

4 结 论

(1) 不同覆盖处理马铃薯生长发育状况, 表现为株高 $JG > CK > GM > LM > QM$, 茎粗 $LM > GM > CK > JG > QM$, SPAD 值 $JG > LM > GM > CK > QM$ 。

(2) 不同覆盖处理对土壤温度的影响不同, 全生育期, 秸秆覆盖、垄膜覆盖、双沟覆膜及全膜覆盖分别比露地栽培平均提高 -0.18°C 、 0.76°C 、 1.21°C 及 1.65°C , 秸秆覆盖处理有降低地温作用, 地膜覆盖可有效提高地温。

(3) 不同覆盖方式具有保墒蓄水的能力。土壤含水量 JG、LM、GM 及 QM 分别较 CK 提高 17.18% 、 11.92% 、 5.65% 和 16.93% 。

(4) 不同覆盖方式可提高马铃薯产量(除 2013 年双沟覆膜减产外)和水分利用效率, 2 a 均值秸秆覆盖、全膜覆盖、垄膜覆盖及双沟覆膜分别比露地栽培平均增产 19.75% 、 8.95% 、 7.00% 及 -0.25% , 水分利用效率提高 16.4% 、 7.4% 、 9.15% 及 1.65% 。

两年的系统试验结果表明, 在陕北旱作区采用秸秆覆盖马铃薯是可行的。但试验中没有考虑秸秆覆盖土壤肥力和控制土壤侵蚀作用等的影响, 今后应对此进行深入试验研究。

参 考 文 献:

- [1] 段义忠, 亢福仁. 不同覆盖材料对旱地马铃薯土壤水热状况及其水分利用效率的影响[J]. 水土保持通报, 2014, 34(5): 56-66.
- [2] 侯贤清, 汤 京, 余龙龙, 等. 秋耕覆盖对马铃薯生长及水分利用效率的影响[J]. 排灌机械工程学报, 2016, 34(2): 166-172.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 孙 扬, 郭占全, 吴春胜. 地膜覆盖对玉米产量及干物质特性的影响[J]. 灌溉排水学报, 2016, 35(6): 72-74.
- [6] 纪晓玲, 岳鹏鹏, 张 静, 等. 不同覆盖方式对绿豆水分利用效率的影响[J]. 水土保持通报, 2011, 31(3): 168-179.
- [7] 蔡太义, 贾志宽, 黄耀威, 等. 不同秸秆覆盖量对春玉米田蓄水保墒及节水效益的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(增刊 1): 238-243.
- [8] 刘馨惠, 下城月, 马长健, 等. 玉米秸秆覆盖下宽幅精播冬小麦产量损失补偿效应及水分利用效率[J]. 排灌机械工程学报, 2015, 33(9): 811-817.
- [9] 张 哲, 孙占祥, 张燕卿, 等. 秸秆还田与氮肥配施对春玉米产量及水分利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2016, 34(3): 144-152.
- [10] 王同朝, 李小艳, 李 仟, 等. 秸秆覆盖和土壤水分互作对夏玉米水分利用效率及产量的影响[J]. 河南农业大学学报, 2014, 48(3): 280-286.
- [11] 张 赛, 王龙昌, 杜 娟, 等. 西南“旱三熟”区不同作物和秸秆覆盖对土壤团聚体及固碳潜力的影响[J]. 草业学报, 2016, 25(1): 98-107.
- [12] 蔡太义. 渭北旱塬不同秸秆覆盖量对农田环境和春玉米生理生态的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2011.
- [13] 范士杰, 王 蒂, 张俊莲, 等. 不同栽培方式对马铃薯田间土壤温湿度及产量的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(11): 216-221.
- [14] Zhao H, Xiong Y C, Li F M, et al. Plastic film mulch for half growingseason maximized WUE and yield of potato via moisturetemperature improvement in a semi-arid agroecosystem[J]. Agricultural Water Management, 2012, 104: 68-78.
- [15] Zhao H, Wang R Y, Ma B L, et al. Ridgefurrow 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: 137-148.
- [16] 时学双, 李法虎, 普布多吉, 等. 秸秆覆盖对高海拔寒区土壤温度和青稞生长的影响[J]. 农业机械学报, 2016, 47(2): 151-160.
- [17] 石有太, 陈玉梁, 刘世海, 等. 半干旱区不同覆膜方式对土壤水分温度及马铃薯产量的影响[J]. 中国马铃薯, 2013, 27(1): 19-24.
- [18] 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.
- [19] Zhang S L, Li P R, Yang X Y, et al. Effects of tillage and plastic mulch on soil water, growth and yield of springsown maize[J]. Soil and Tillage Research, 2011, 112(1): 92-97.
- [20] 李 儒, 崔荣美, 贾志宽, 等. 不同沟垄覆盖方式对冬小麦土壤水分及水分利用效率的影响[J]. 中国农业科学, 2011, 44(16): 3312-3322.
- [21] 张平良, 郭天文, 吕军峰, 等. 秸秆覆盖对全膜双垄沟留膜复种马铃薯产量、水分利用效率及氮肥效应的影响[J]. 西北农业学报, 2013, 22(3): 93-97.