

不同覆盖种植方式与平衡施肥对马铃薯产量及水分利用效率的影响

张平良^{1,2}, 郭天文^{1,2}, 李书田³, 刘晓伟^{1,2}, 曾 骏^{1,2}

(1. 甘肃省农业科学院旱地农业研究所, 甘肃 兰州 730070;
2. 甘肃省旱作区水资源高效利用重点实验室, 甘肃 兰州 730070;
3. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

摘 要: 采用田间试验方法, 研究了不同覆盖种植方式与平衡施肥对旱地马铃薯产量及水分利用效率的影响。结果表明, 三种覆盖种植方式中, 全膜覆盖垄播种植方式有利于马铃薯碳水化合物的合成, 增加马铃薯干物质积累量, N、P、K 平衡施肥干物质积累量增加效果显著; 与裸地平作相比, 全膜覆盖垄播和全膜覆盖平作马铃薯块茎产量分别增加 43.4% ~ 60.7% 和 18.8% ~ 32.5%, 水分利用效率分别提高 59.4% ~ 79.6% 和 38.3% ~ 50.3%; N、P₂O₅ 和 K₂O 的用量分别为 210、105、90 kg·hm⁻² 时, 全膜覆盖垄播处理马铃薯产量和水分利用效率最高。研究表明, 马铃薯在全膜覆盖垄播栽培条件下, 平衡施肥可显著提高马铃薯块茎产量和水分利用效率。

关键词: 全膜覆盖垄播; 平衡施肥; 马铃薯; 产量; 水分利用效率
中图分类号: S532 **文献标志码:** A

Effects of different coverage cultivation and balanced fertilization on yield and water use efficiency of potato in the dry-land

ZHANG Ping-liang^{1,2}, GUO Tian-wen^{1,2}, LI Shu-tian³, LIU Xiao-wei^{1,2}, ZENG Jun^{1,2}

(1. Gansu Academy of Agricultural Sciences, Dryland Agriculture Institute, Lanzhou, Gansu 730070, China;
2. Key laboratory of High Efficiency Water Utilization in Dry Farming Region, Lanzhou, Gansu 730070, China;
3. Chinese Academy of Agricultural Sciences, Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Beijing 100081, China)

Abstract: Field trials were conducted to study the effects of different coverage cultivation and balanced fertilization on yield and water use efficiency of dryland potato. The results showed that all-film covering ridge sowing cultivation was favourable for the synthesis of carbohydrates of potato, resulting in increase in dry matter accumulation of potato. And marked effect was detected for balanced fertilization of the N, P and K. Compared with exposed land cultivation, potato yields of all-film covering ridge sowing cultivation and all-film covering sowing cultivation were increased by 43.4% ~ 60.7% and 18.8% ~ 32.5%, and water use efficiency by 59.4% ~ 79.6% and 38.3% ~ 50.3%, respectively. In the nutrient consumption of 210, 105, 90 kg·hm⁻² of N, P₂O₅ and K₂O case, potato yield and water use efficiency of all-film covering ridge sowing treatment were the highest. Collectively, balanced fertilization can significantly increase yield and water use efficiency of potato in all-film covering ridge sowing cultivation.

Keywords: all-film covering ridge sowing cultivation; balanced fertilization; potato; yield; water use efficiency

干旱缺水和春季低温是导致甘肃省中东部雨养农业区作物低产的两个主要原因, 因此提高降水利用效率是本地区农田管理的关键环节, 合理耕作、增加地面覆盖、降低无效蒸发、合理施肥等措施是提高农田降水利用效率的基本途径, 发展抗旱节水农业成为甘肃省农业发展的必然选择和大前提。长期大量的实践证明, 地膜覆盖能充分接纳雨水, 强化雨水的田间保蓄, 发挥土壤水库的调配作用, 有效减少土壤水分蒸发, 并能收集无效降雨化为有效应用^[1-6]。马铃薯地膜覆盖栽培具有增温、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^[7-8]。我国旱地马铃薯地膜覆盖栽培

收稿日期: 2016-01-22
基金项目: 国家科技支撑计划专题(2012BAD05B03); 国际植物营养研究所(IPNI)项目(Gansu-2015)
作者简介: 张平良(1981—), 男, 甘肃靖远人, 硕士, 副研究员, 主要从事旱作栽培及土壤肥料的研究。E-mail: zhangpl2007@163.com。
通信作者: 郭天文(1963—), 男, 研究员, 主要从事旱作农业、植物营养与土壤肥料的研究。E-mail: guotw101@163.com。

从 20 世纪 90 年代中期迅速掀起,历经了 20 多年的半覆盖栽培阶段。近几年甘肃省提出了马铃薯全膜覆盖垄播技术,并在干旱半干旱地区大面积推广应用^[9-12],推动了马铃薯地膜覆盖栽培进入全覆盖时代。本试验主要研究几种覆盖种植模式及施肥对马铃薯生长、产量及水分利用效率的影响,以期研究该地区马铃薯高产、集水高效利用的最佳覆盖栽培模式及其配套施肥水平,为旱作覆盖农业作物高产、集水高效利用提供技术支撑和理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验设在定西市安定区团结镇唐家堡村(地理位置:E104°35',N35°36'),于 2014 年 4 月布置。研究区境内属典型的黄土高原干旱半干旱雨养农业区,土壤类型为黄绵土,质地为壤土,肥力中等^[13],海拔约 1 932 ~ 2 520 m,近几年年均降雨量 415 mm 左右,季节分布不均,多集中在 7—9 三个月,年蒸发量 1 531 mm,0 ~ 200 cm 土层土壤容重平均为 1.26 g·cm⁻³。

1.2 试验材料

试验地耕层(0 ~ 20 cm)土壤养分状况见表 1,

表 1 供试土壤养分状况

Table 1 Soil nutrient status

pH	OM /(g·kg ⁻¹)	NH ₄ -N /(mg·kg ⁻¹)	NO ₃ ⁻ -N /(mg·kg ⁻¹)	P /(mg·kg ⁻¹)	K /(mg·kg ⁻¹)	Ca /(mg·kg ⁻¹)	Mg /(mg·kg ⁻¹)	S /(mg·kg ⁻¹)	Fe /(mg·kg ⁻¹)	Cu /(mg·kg ⁻¹)	Zn /(mg·kg ⁻¹)	B /(mg·kg ⁻¹)
8.12	8.5	20	14.3	28.4	138	2012.7	131.7	20.5	10.7	1.6	1.5	1.14

表 2 2014 年 1—12 月份降水量/mm

Table 2 Precipitation from January to December in 2014

1 月 January	2 月 February	3 月 March	4 月 April	5 月 May	6 月 June	7 月 July	8 月 August	9 月 September	10 月 October	11 月 November	12 月 December	合计 Total
0	12.2	6.6	76.3	17.2	81.9	34.1	73.0	124.6	56.3	7.5	0	489.7

1.4 测定项目及方法

测定试验地耕层(0 ~ 20 cm)基础土样理化性质,测定马铃薯各生育期地上部分干物质量,收获期马铃薯块茎产量;测定马铃薯主要生育期各处理 0 ~ 200 cm 土层的土壤含水量,计算水分利用效率。

干物质量的测定,即在马铃薯苗期各处理取 10 株,其它生育期各处理取 3 株植株样带回室内,在 105℃温度下杀青 30 min 后,在 70℃恒温下烘至恒重,以获取地上部分生物量干重。

马铃薯各生育期 0 ~ 200 cm 土层土壤水分的测定:土钻法,在马铃薯各生育期,沿马铃薯种植行任意两株间 0 ~ 200 cm 土层(每 20 cm 为一个层次)取

2014 年 1—12 月份降水资料见表 2,马铃薯品种为陇薯 10 号,肥料品种为尿素(N46%)、过磷酸钙(P₂O₅ 12% ~ 16%)、氯化钾(K₂O 60%)。

1.3 试验设计与方法

试验设覆盖种植方式和施肥水平两个因子,覆盖种植设全膜覆盖垄播(F₁)、全膜覆盖平作(F₂)、裸地平作(F₃)3 个方式。全膜覆盖垄播种植是用起垄覆膜机进行起垄,形成垄高 15 ~ 20 cm,大垄宽 70 cm、小垄宽 40 cm 的双垄,再用 120 cm 地膜全地面、全生育期覆盖,铺膜时地膜紧贴地面,同时在膜上隔 5 m 打一土带,采用马铃薯点播器在大垄上按“品”字形播种 2 行,株距约为 33 cm,小垄上不种植,播种密度为 49 500 株·hm⁻²;全膜覆盖平作种植是用 120 cm 地膜紧贴地面覆盖,马铃薯在膜面上播种 2 行,形成马铃薯宽、窄行分别为 70 cm、40 cm,播种量同上。裸地平作是整地后不覆膜,玉米宽、窄行为 70 cm、40 cm,同上述种植方式,同时播种,播种量同上。每个覆盖种植方式下配方施肥(N₁)—N₂₁₀P₁₀₅K₉₀、农民习惯施肥(N₂)—N₁₅₀P₉₀K₀、不施肥(N₃)—N₀P₀K₀ 3 个施肥水平,共组成 9 个处理(见表 3),随机区组排列,试验小区面积 63 m²。所用肥料全部作为基肥一次性施入。

样。

水分利用率[kg·mm⁻¹·hm⁻²] = 马铃薯块茎产量(kg·hm⁻²)/[播前土壤储水量(mm) + 生育期总降水量(mm) - 收获期土壤储水量(mm)]

基础土样理化性质由中国农业科学院中一加合作土壤植株测试实验室采用 ASI 分析法^[14]测定,气象资料是由甘肃省农业科学院定西综合试验站气象观测站观测。

1.5 数据分析

实验数据采用 DPS9.50 专业版软件进行统计分析。

表 3 试验处理
Table 3 Experimental treatments

处理 Treatments	覆盖模式 Coverage model	养分用量/(kg·hm ⁻²) Nutrient fertilizer		
		N	P ₂ O ₅	K
F ₁ N ₁	全膜覆盖垄播 All-film covering ridge sowing(F ₁)	210	105	90
F ₁ N ₂		150	90	0
F ₁ N ₃		0	0	0
F ₂ N ₁	全膜覆盖平作 All-film covering sowing(F ₂)	210	105	90
F ₂ N ₂		150	90	0
F ₂ N ₃		0	0	0
F ₃ N ₁	裸地平作 Exposed land sowing(F ₃)	210	105	90
F ₃ N ₂		150	90	0
F ₃ N ₃		0	0	0

2 结果与分析

2.1 不同覆盖种植方式及施肥对马铃薯地上部分干物质积累量的影响

由表 4 可知,不同处理对马铃薯各生育期地上部分干物质积累量的影响表现为:F₁N₁ 处理马铃薯苗期至收获期干物质积累量最高,显著高于其它处理,F₃N₃ 处理最低。在相同施肥水平下,不同覆盖种植方式对马铃薯各生育期干物质积累量的影响均表现为:全膜覆盖垄播(F₁) > 全膜覆盖平作(F₂) > 裸地平作(F₃),其中全膜覆盖垄播马铃薯收获期地上部分干物质积累量较全膜覆盖平作和裸地种植分别增加 9.6% ~ 11.9% 和 16.2% ~ 63.7%。在相同覆盖种植方式下,不同施肥水平对马铃薯地上部分干物质积累量的影响均表现为:N₂₁₀P₁₀₅K₉₀(N₁) > N₁₅₀P₉₀K₀(N₂) > N₀P₀K₀(N₃),全膜覆盖垄播种植条件下的施肥效果更加突出,其中在全膜覆盖垄播种植方式下,F₁N₁ 施肥处理马铃薯收获期地上部分干物质积累量较 F₁N₂ 和 F₁N₃ 分别增加 25.4% 和 50.5%;在全膜覆盖平作种植方式下,F₂N₁ 处理较 F₂N₂ 和 F₂N₃ 分别增加 25.5% 和 47.6%;在裸地种植方式下,F₃N₁ 施肥处理马铃薯地上干物质积累量较 F₃N₃ 增加 6.8%。上述结果表明:全膜覆盖垄播种植方式有利于马铃薯的生长,可显著增加马铃薯地上部分干物质积累量,N₂₁₀P₁₀₅K₉₀施肥效果尤为明显,原因是一方面由于全地面地膜覆盖能有效增加春季地表温度,可促进植株根系生长,促进作物地上部分生长,有利于马铃薯早期生长;另一方面全膜覆盖垄播种植由于形成大小双垄膜面既能够有效蓄集自然降水、抑制土壤水分蒸发,保蓄土壤水分,有效供给了马铃薯生长水分需求,同时垄上种植有利于

马铃薯根系生长和块茎膨大;此外,以水促肥、提高肥效的水肥协同效应尤为明显,促进了马铃薯地上部分干物质的积累。

表 4 不同处理对马铃薯地上部分干物质积累的影响/(kg·hm⁻²)

Table 4 Effect of different treatments on above-ground dry matter accumulation of potato				
处理 Treatments	苗期 Seedling	花期 Florescence	块茎膨大期 Expansion period	收获期 Harvest
F ₁ N ₁	681a	2040a	2782a	4884a
F ₁ N ₂	487b	1414bc	1851bc	3896b
F ₁ N ₃	266cd	818 d	1104d	3245bcd
F ₂ N ₁	624ab	1784ab	1950ab	4370ab
F ₂ N ₂	379bc	1779ab	1911ab	3482bc
F ₂ N ₃	184d	1669b	1797bc	2961cd
F ₃ N ₁	136cde	1252c	1495bcd	2984cd
F ₃ N ₂	128de	1091cd	1445bcd	2921cd
F ₃ N ₃	80e	864cd	1351cd	2792d

2.2 不同覆盖种植方式及施肥对马铃薯农艺性状的影响

由表 5 可知,不同处理对马铃薯农艺性状的影响表现为:F₁N₁ 处理马铃薯每穴薯块重、商品薯重、商品薯率最高,明显高于其它处理。在相同施肥水平条件下,不同覆盖种植方式对马铃薯每穴薯块重和商品薯重的影响均表现为:全膜覆盖垄播(F₁) > 全膜覆盖平作(F₂) > 裸地(F₃),其中全膜覆盖垄播(F₁)马铃薯的每穴薯块重量和商品薯重较裸地(F₃)分别增加 23.6% ~ 65.4% 和 23.7% ~ 96.3%。在相同覆盖种植方式下,不同施肥处理对马铃薯每穴薯块重量和商品薯重的影响表现为:N₂₁₀P₁₀₅K₉₀(N₁) >

表 5 马铃薯农艺性状分析
Table 5 Agronomic characters analysis of potato

处理 Treatments	块茎数 Tubers /(个·穴 ⁻¹)	薯块重 Tuber weight /(g·穴 ⁻¹)	商品薯重 Goods potato weight /(g·穴 ⁻¹)	商品薯率 Goods potato rate/%
F ₁ N ₁	4.8	691	408	59.0
F ₁ N ₂	4.6	665	345	51.9
F ₁ N ₃	3.4	592	320	54.1
F ₂ N ₁	4.6	678	375	55.3
F ₂ N ₂	4.5	580	325	56.0
F ₂ N ₃	4.2	570	285	50.0
F ₃ N ₁	3.2	559	309	55.3
F ₃ N ₂	3.1	428	230	53.7
F ₃ N ₃	3.0	358	163	45.5

注:商品薯重是指每穴马铃薯中 > 150 g 的薯块重量。
Note: Goods potato weight refers to that more than 150 g.

$N_{150}P_{90}K_0(N_2) > N_0P_0K_0(N_3)$, 其中, 在全膜覆盖垄播 (F_1) 条件下, F_1N_1 处理较 F_1N_2 和 F_1N_3 处理马铃薯每穴薯块重量分别增加 3.9% 和 16.7%, 商品薯重分别增加 18.3% 和 27.5%。结果表明, 全膜覆盖垄播种植有利于增加马铃薯每穴薯块重量和商品薯重量, 从而有利于提高马铃薯块茎产量和商品性, 并且 $N_{210}P_{105}K_{90}$ 施肥水平效果最佳。

2.3 不同覆盖种植方式及施肥对马铃薯产量及经济效益的影响

由表 6 可知, F_1N_1 处理马铃薯块茎产量和纯收益最高, 显著 ($P < 0.05$) 高于其它处理。在相同施肥水平下, 不同覆盖种植方式对马铃薯块茎产量和纯收益的影响均表现为: 全膜覆盖垄播 (F_1) > 全膜覆盖平作 (F_2) > 裸地平作 (F_3), 与裸地相比, 全膜覆

表 6 马铃薯产量及经济效益分析
Table 6 Yield and benefit analysis of potato

处理 Treatments	产量 Yield		纯收益 Net income	
	/(kg·hm ⁻²)	较 F ₃ 增产 Increase compared to F ₃ /%	/(元·hm ⁻²) /(Yuan·hm ⁻²)	较 F ₃ 增收 Increase compared to F ₃ /%
F ₁ N ₁	27354a	43.4	19980a	49.6
F ₁ N ₂	25779ab	60.7	19435ab	66.9
F ₁ N ₃	19599bcd	52.7	15679bcd	52.7
F ₂ N ₁	25010abc	31.1	18105abc	35.5
F ₂ N ₂	21257bc	32.5	15818bc	35.9
F ₂ N ₃	15244de	18.8	12195cde	19.0
F ₃ N ₁	19075cd	—	13357cd	—
F ₃ N ₂	16039cde	—	11643de	—
F ₃ N ₃	12834e	—	10267e	—

表 7 马铃薯水分利用效率和耗水特性

Table 7 Water use efficiency and water consumption of potato

处理 Treatment	播前土壤水 Soil water before sowing /mm	收获土壤水 Soil water harvesting /mm	降水 Precipitation /mm	耗水量 Water consumption /mm	水分利用效率 Water use efficiency /(kg·mm ⁻¹ ·hm ⁻²)
F ₁ N ₁	405	418	385	372	73.5a
F ₁ N ₂	405	423	385	366	70.4ab
F ₁ N ₃	405	447	385	342	57.3cd
F ₂ N ₁	405	404	385	385	65.0bc
F ₂ N ₂	405	429	385	361	58.9bcd
F ₂ N ₃	405	450	385	340	44.8de
F ₃ N ₁	405	376	385	414	46.1cde
F ₃ N ₂	405	381	385	409	39.2de
F ₃ N ₃	405	393	385	396	32.4e

3 讨 论

全膜覆盖平作种植(传统地膜覆盖)由于地膜覆

盖垄播和全膜覆盖平作马铃薯块茎产量分别增加 43.4% ~ 60.7% 和 18.8% ~ 32.5%, 纯收益分别提高 49.6% ~ 66.9% 和 19.0% ~ 35.9%。在相同覆盖种植方式下, 不同施肥处理对马铃薯块茎产量及经济效益的影响均表现为: $N_{210}P_{105}K_{90}(N_1) > N_{150}P_{90}K_0(N_2) > N_0P_0K_0(N_3)$, 其中在全膜覆盖垄播 (F_1) 方式下, F_1N_1 比 F_1N_2 和 F_1N_3 处理马铃薯块茎产量分别增加 6.1% 和 39.6%。上述结果表明, 全膜覆盖垄播种植方式由于覆膜和垄沟集雨模式具有显著的蓄水、抑蒸、增温效应, 改善了土壤水热条件, 水肥之间的协同效应比较突出, 肥料增产效果明显, 有利于增加马铃薯块茎产量, 提高经济效益, $N_{210}P_{105}K_{90}$ 施肥量下效果明显。

2.4 不同覆盖种植方式及施肥对马铃薯耗水特性及水分利用效率的影响

由表 7 可知, 全膜覆盖垄播和全膜覆盖平作种植马铃薯水分利用效率明显高于裸地平作, F_1N_1 处理最高。在相同施肥水平下, 与裸地相比, 全膜覆盖垄播和全膜覆盖平作种植马铃薯水分利用效率分别提高 59.4% ~ 79.6% 和 38.3% ~ 50.3%, 其中 F_1N_1 和 F_2N_1 处理较 F_3N_1 处理分别提高 59.4% 和 41.0%。在相同覆盖种植方式下, 不同施肥量对马铃薯水分利用效率的影响均表现为: $N_{210}P_{105}K_{90}(N_1) > N_{150}P_{90}K_0(N_2) > N_0P_0K_0(N_3)$, 其中在全膜覆盖垄播 (F_1) 方式下, F_1N_1 比 F_1N_2 和 F_1N_3 处理分别提高 4.4% 和 28.3%。上述结果表明, 全膜覆盖垄播种植能够有效提高马铃薯水分利用效率, 以 F_1N_1 处理效果明显。

盖的增温抑蒸效果, 对马铃薯的生长有一定的促进作用, 但由于该技术集雨效果较差, 雨水不能有效地蓄集利用, 导致在抗旱、蓄水集雨方面性能减弱, 不

能充分接纳利用自然降水供作物生长利用,从而影响了地膜马铃薯的产量,影响和制约着半干旱地区农业生产的进一步发展。

全膜覆盖垄播栽培是在起垄时形成两个大小弓形垄面,小垄宽 40 ~ 50 cm、大垄宽 70 ~ 80 cm、垄高 15 ~ 20 cm,起垄后全地面地膜覆盖,然后在大垄上种植马铃薯且操作简单易行的一项旱作农业栽培技术。其核心是通过大小双垄全地面地膜覆盖,可形成全方位、大面积的集雨面,并通过膜面汇集流入沟内渗水孔,充分接纳降水资源,使降水得到集中高效利用,同时最大限度地抑制了土壤水分的蒸发,保蓄了作物生育期间的自然降水,起到了抑蒸减耗、节水抗旱的作用,从而大大提高了雨水集流和保墒、增温效果。另外,马铃薯种植在大垄,有利于马铃薯块茎的膨大,双垄有利于缓解垄内土壤旱情,其集雨、增墒效果达到了最大化,满足了马铃薯适宜垄作的技术要求,其产量、薯块的商品性和水分利用效率均有较大程度提高。本研究结果显示,全膜覆盖垄播种植由于具有显著的增温、集水保墒作用,实施 N、P、K 平衡施肥,肥料增产效果明显,有利于提高马铃薯块茎产量和水分利用效率;其中,全膜覆盖垄播种植较全膜覆盖平作和裸地种植马铃薯块茎产量分别增加 9.4% ~ 28.6% 和 43.4% ~ 60.7%;水分利用效率分别提高 13.1% ~ 27.9% 和 59.4% ~ 79.6%,这与张立功等研究结果基本一致^[15],但在不同降雨年份表现效果不一,干旱年以低垄有利,丰水年则高垄为佳。因此,在年均降雨量 415 mm 的生态类型区,全膜覆盖垄播栽培实现了降雨的最大化叠加、集蓄、保墒和利用,尤其是有效利用了 < 10 mm 以下的小量降水,在生产上,为了应对气候的不确定性和节约生产成本,宜采用中垄栽培,应把垄高控制在 15 ~ 20 cm 以内,该技术显著提升了马铃薯的生产能力,是进一步挖掘自然降水潜力和马铃薯高产田创建的有效途径。

4 小 结

1) 在年均降雨量 415 mm 的旱作区,全膜覆盖垄播种植更有利于马铃薯碳水化合物的合成,增加马铃薯地上部分干物质积累量,实施 N、P、K 平衡施肥效果显著。

2) 在年均降雨量 415 mm 的旱作区,全膜覆盖垄播种植可显著提高马铃薯块茎产量和水分利用效率,较裸地马铃薯产量增加 43.4% ~ 60.7%,水分利用效率提高 59.4% ~ 79.6%,可见,全膜覆盖垄播栽培是旱作区马铃薯高产、水分高效利用的有效途径。

3) 在全膜覆盖垄播种植方式下,N、P₂O₅ 和 K₂O 的用量分别为 210、105、90 kg·hm⁻²时(F₁N₁ 处理),马铃薯块茎产量和水分利用效率最高,较 F₁N₃ 处理分别提高 39.6% 和 28.3%,可见,全膜覆盖垄播种植由于改善了土壤水热条件,水肥交互效应显著。

参 考 文 献:

- [1] 山 仑,陈培元.旱地农业生理生态基础[M].北京:科技出版社,1988:12-13.
- [2] 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.
- [3] 王旭清,王法宏,仁德昌,等.作物垄作栽培增产机理及技术研究进展[J].山东农业科学,2001,(3):37-42.
- [4] 赵松岭.集水农业引论[M].西安:陕西科技出版社,1996:15-16.
- [5] 韩思明.黄土高原旱作区农田降水资源高效利用的技术途径[J].干旱地区农业研究,2002,20(1):1-9.
- [6] 张仁陟,黄高宝,蔡立群,等.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.
- [7] 郑有才,杨祁峰.不同覆盖模式对旱作马铃薯生育期及土壤含水量的影响[J].安徽农业科技,2008,36(20):8462-8464.
- [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] 李海霞.旱地马铃薯地膜覆盖优化模式试验[J].中国园艺文摘,2013,(10):173-175.
- [10] 孙多鑫,李 福.甘肃省地膜覆盖栽培技术发展探讨[J].中国农技推广,2011,(7):19-21.
- [11] 高世铭,张绪成,王亚宏.旱地不同覆盖沟垄种植方式对马铃薯水分和产量的影响[J].水土保持学报,2010,24(1):249-251.
- [12] 李国斌,刘五喜.马铃薯全膜双垄垄播栽培技术[J].甘肃农业科技,2014,(1):63-64.
- [13] 高世铭,杨封科,苏永生,等.陇中黄土丘陵沟壑区生态环境建设与农业可持续发展研究[M].郑州:黄河水利出版社,2003:5-9.
- [14] Dowdle S, Portch S A. Systematic approach for determining soil nutrient constraints and establishing balanced fertilizer recommendations for sustained high yield[C]//Proceedings of the International Symposium on Balanced Fertilization. Beijing, China: CAAS, 1988: 243-251.
- [15] 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):84-91.