

# 覆膜和密度对宁南旱地马铃薯产量及水分利用效率的影响

梁锦秀<sup>1</sup>, 郭鑫年<sup>1</sup>, 张国辉<sup>1</sup>, 陈刚<sup>1</sup>, 王西娜<sup>2</sup>, 周涛<sup>1</sup>

(1. 宁夏农林科学院, 银川 750002; 2. 宁夏大学, 银川 750021)

**摘要:**以庄薯3号为供试材料,采用大田试验,研究覆膜对不同栽培密度条件下土壤储水量、马铃薯产量构成、产量以及水分利用效率的影响。结果表明:地膜覆盖可明显提高0—40,40—100 cm土壤储水量,提高了马铃薯块茎产量(25.2%)和水分利用效率(28.0%);不论覆膜与否,适宜的马铃薯密度可提高马铃薯产量和水分利用效率,趋势为 $6.0 \text{ 万株/hm}^2 > 7.5 \text{ 万株/hm}^2 > 4.5 \text{ 万株/hm}^2$ ,但地膜覆盖优于裸地。因此,在宁南旱地马铃薯覆膜栽培条件下密度为 $6.0 \text{ 万株/hm}^2$ 时,能有效减少土壤水分消耗,同时实现马铃薯高产。

**关键词:**覆膜; 密度; 马铃薯; 产量; 水分利用效率

中图分类号:S532

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2015)05-0266-05

## Effects of Plastic Mulch and Different Densities on Potato Yield and Water Use Efficiency on Dry land of South Ningxia

LIANG Jinxiu<sup>1</sup>, GUO Xinnian<sup>1</sup>, ZHANG Guohui<sup>1</sup>, CHEN Gang<sup>1</sup>, WANG Xi'na<sup>2</sup>, ZHOU Tao<sup>1</sup>

(1. Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Science, Yinchuan 750002, China;

2. Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

**Abstract:** The experiments were designed and implemented to investigate soil water storage under different planting densities, potato (ZHUANG3 type) yield components, yield and water use efficiency under plastic mulch on dry land of south Ningxia. The result showed that mulching could significantly improve soil water storage in the depths of 0—40 cm and 40—100 cm, potato tuber yield (25.2%) and water use efficiency (28.0%). Whether or not the mulch was used, potato production and water use efficiency increased with the increase of the density. The trend followed the density order  $6.0 \times 10^4 \text{ plants/hm}^2 > 7.5 \times 10^4 \text{ plants/hm}^2 > 4.5 \times 10^4 \text{ plants/hm}^2$ . And the indicators of the mulching were better than no mulching. The conclusion of the experiment is that the optimal potato planting practice is mulching and density of  $6.0 \times 10^4 \text{ plants/hm}^2$ , which can achieve high yield and soil water use efficiency in dry land.

**Keywords:** mulch; density; potato; yield; water use efficiency

马铃薯是宁夏第一大作物,近年来栽培面积稳定在 $26.7 \text{ 万 hm}^2$ <sup>[1]</sup>,是宁南山区的主要经济作物,自然降水是该地区马铃薯需水的主要来源,据统计,宁南山区年均降雨量450 mm左右,主要集中在7—9月份,有年内分布不均,年际间变化大的显著特点<sup>[2]</sup>。如何减少土壤水分蒸发,提高土壤水分保蓄能力一直是降水高效利用的主要课题。研究表明,地膜覆盖可以改善土壤环境,提高土壤温度,促使作物早生快发,发挥土壤水库的调配作用,有效减少土壤水分蒸发,

促进产量的提高<sup>[3-8]</sup>。燕晓娟等<sup>[9]</sup>认为在旱地上不同品种冬小麦种植密度对小麦根系生长、水分利用效率及其产量均有不同程度的影响。

一些研究也表明,马铃薯产量与栽培密度存在着一定的依存关系<sup>[10-12]</sup>,合理的栽培密度有利于马铃薯光合产物的累积,促进根系对水分养分的吸收,提高单株产量。密度过低、单位面积内株数不足将造成减产,而过高则影响马铃薯的光合作用,降低个体经济产量,致使产量下降。在有限降水的前提下,选择适

宜的种植密度对提高马铃薯产量及水分利用效率具有促进作用、对研究马铃薯密度与产量、水分利用效率之间的关系、对指导农户栽培具有实际意义。鉴于此,我们在宁南山区西吉县将台镇马莲村,开展地膜覆盖对不同栽培密度土壤储水变化、马铃薯产量及水分利用效率的影响研究,以期为宁南旱地覆膜条件下马铃薯栽培合理密度提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

本试验于 2013 年设在宁夏南部典型雨养农业区西吉县马莲村(东经 106°44′,北纬 36°10′),海拔 1 350 m,该区域是宁夏南部山区典型旱区,同样是宁夏马铃薯主要产区,多年平均降水量为 410 mm,年均蒸发量 1 800 mm 左右,平均气温 8.3℃,无霜期 145 d,属半干旱半湿润地区。土壤类型为黄绵土,耕层土壤 pH 值 8.6、有机质 14.2 g/kg、全氮 0.85 g/kg、碱解氮 45.3 mg/kg、速效磷 15.7 mg/kg、速效钾 142.5 mg/kg。试验地播种前土壤 0—200 cm 土层储水量为 361.6 mm。

1.2 试验设计

采用裂区设计,栽培方式为主区,设覆膜(F)和裸地(CK)两种方式,马铃薯不同种植密度为副区,设地马铃薯密度为 4.5、6.0、7.5 万株/hm<sup>2</sup>,3 个水平,分别用 CK4.5、CK6.0、CK7.5、F4.5、F6.0、F7.5 表示。地膜规格为 0.008 mm,覆膜方式为半覆膜,种植方式为人工穴播平作,覆膜前基施纯氮 150 kg/hm<sup>2</sup>,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150 kg/hm<sup>2</sup> 和 K<sub>2</sub>O 75 kg/hm<sup>2</sup>,生育期不追肥,5 月 4 日播种,10 月 1 日收获,生育期 150 d,供试品种为:庄薯 3 号,小区面积 50 m<sup>2</sup>(10 m×5 m),重复 3 次。

1.3 取样及测定方法

分别于 2013 年 4 月 29 日马铃薯播前、2013 年 10 月 5 日马铃薯收获后采用土钻法以 20 cm 为一层采集 0—200 cm 剖面同层土壤混合样品,于马铃薯关键苗期(5 月 25 日)、盛花期(7 月 15 日)、淀粉积累期(9 月 2 日)和成熟期(10 月 1 日)取 0—100 cm 剖面土壤样品,田间取样时每小区随机选取 3 个采样点进行

采样,同层混合样带回实验室采用烘干法测定土壤水分含量;在马铃薯播种前和收获后采用根钻(直径为 10 cm,高 15 cm)以 20 cm 为一层,采集 0—200 cm 土壤样品计算各层次土壤容重。于马铃薯成熟期每小区取 10 株马铃薯进行考种,指标包括小薯(<50 g)个数和重量、中薯(50~150 g)个数和重量、大薯(>150 g)个数和重量以及单株结薯数、单薯种等产量构成,同时计算经济产量。

1.4 数据处理及计算

$$\rho_b = m_s / v_t \tag{1}$$

式中: $\rho_b$ ——土壤容重(g/cm<sup>3</sup>); $m_s$ ——土壤鲜重(g); $v_t$ ——根钻容积(cm<sup>3</sup>)。

$$w = 10 \rho_b h c \tag{2}$$

式中: $w$ ——土壤储水量(mm); $\rho_b$ ——土层容重(g/cm<sup>3</sup>); $h$ ——土层厚度(cm); $c$ ——土壤水分重量百分数(%)。

$$a = b + r - d \tag{3}$$

式中: $a$ ——马铃薯生育期耗水量(mm); $b$ ——播前 2 m 土壤储水量(mm); $r$ ——生育期降水量(mm); $d$ ——马铃薯收获后 2 m 土壤储水量(mm)。

$$WUE = t / a \tag{4}$$

式中:WUE——马铃薯水分利用效率[kg/(hm<sup>2</sup>·mm)]; $t$ ——马铃薯块茎产量(kg/hm<sup>2</sup>); $a$ ——马铃薯生育期耗水量(mm)。

试验数据采用 DPS 7.05 软件处理,LSD 法进行显著性检验( $p < 0.05$ )。

2 结果与分析

2.1 研究区域降水特征分析

如表 1 所示,宁夏雨养农田近 5 年平均降雨量为 417.7 mm,试验年份降雨量为 636.2 mm,比平均降雨量高 52.3%,为典型丰水年。马铃薯生育期内降雨量占总降水量的 91.9%,高于多年平均值。试验年份播种期降雨量高于均值,为马铃薯出苗提供了保障,生育期降水量主要集中在苗期—盛花期(6 月中旬—7 月下旬),块茎膨大期马铃薯需水量较高,而试验年份仅为 31.4 mm,低于 5 a 平均值。

表 1 试验区近 5 年降水特征

项目	全年/ mm	休闲期/ mm	生育期/ mm	生育期占全年 降水量比例/%	播期/ mm	苗期/ mm	盛花期/ mm	块茎膨 大期/mm	淀粉累 积期/mm
2013 年	636.2	51.3	584.9	91.9	71.5	167.5	243.6	31.4	70.9
近 5 年均值	417.7	70.3	347.4	81.2	42.5	66.4	106.5	68.0	64.0

2.2 不同密度条件下覆膜对土壤储水量的影响

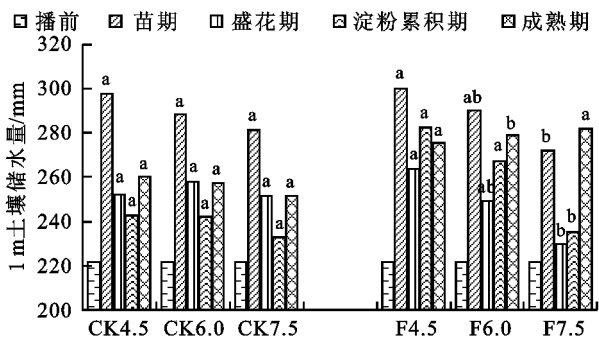
由图 1 可看出,随生育进程的推移,不同处理下 100 cm 土体储水量呈先升高后降低再升高的变化趋

势,且在苗期达到峰值;在相同密度条件下,不同密度处理各生育期储水量均表现为地膜覆盖>裸地,且在苗期到淀粉累积期,处理间差异较大,生育后期差异

减小。无论覆膜与否,0—100 cm 土壤储水量均为  $4.5 \text{ 万株/hm}^2 > 6.0 \text{ 万株/hm}^2 > 7.5 \text{ 万株/hm}^2$ , 地膜覆盖条件下苗期—淀粉累积期不同密度处理间差异较大。说明随着马铃薯栽培密度的增加土壤水分消耗随之增加。

覆膜增加了 0—200 cm 土壤储水量(图 2),且在 40—100 cm 土层增加较多。同时覆膜可增加深层土壤储水量。0—40 cm 土层裸地处理  $4.5 \text{ 万株/hm}^2$  储水量最高,且随着密度增加储水量减少,而地膜覆盖则增加了  $7.5 \text{ 万株/hm}^2$  处理的土壤储水量。在 40—100 cm 土体,地膜覆盖储水优势增加,在相同密

度条件下地膜覆盖提高了土壤储水量。



注:不同小写字母表示 0.05 水平差异显著,下同。

图 1 生育期内 1 m 土体蓄水量变化特征

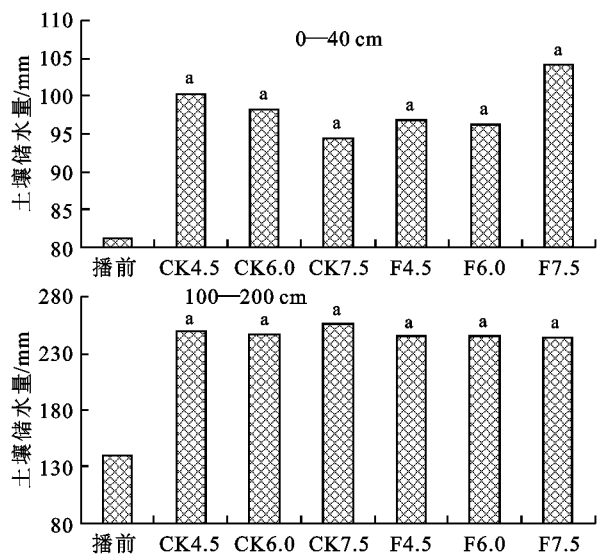


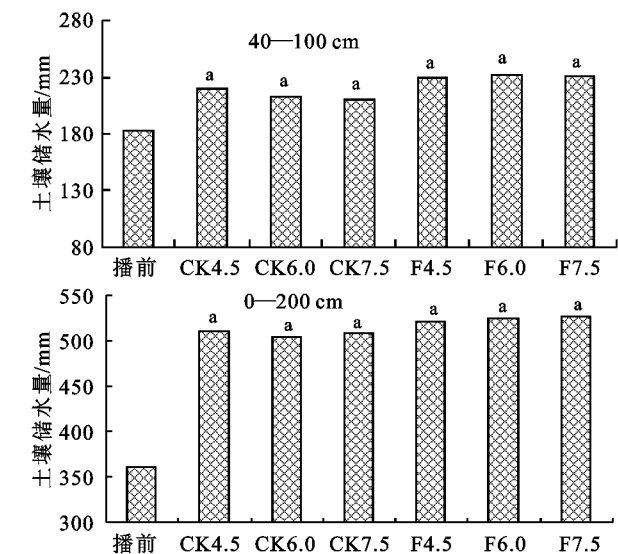
图 2 不同处理土壤层次储水特征

如图 3 所示,随马铃薯生育进程的推进,不同处理土壤水分垂直方向变异较大,土壤剖面储水量 60 cm 土层为拐点,表现为先升高后降低的趋势,整个生育期内 0—40 cm 土壤储水量苗期最高,其次为成熟期,淀粉累积期最低。

苗期地膜覆盖对增加土壤储水量无明显作用,盛花期各处理垂直剖面土壤储水量无显著差异,主要是由于此时期降雨量增加从而提高了土壤各层次的储水量,地膜覆盖并无优势。淀粉累积期,不同处理各土层的土壤储水量在各层次之间有较为明显的变化,虽然马铃薯对土壤水分消耗较大,但覆膜处理减少了马铃薯对各土层土壤水分的消耗,整个剖面地膜覆盖土壤储水量高于裸地对照,且  $4.5 \text{ 万株/hm}^2$  处理最高。成熟期各处理间土壤储水量垂直分布差异降低,0—60 cm 土层各处理无显著差异,地膜覆盖提高了 60 cm 以下土层储水量,且  $4.5 \text{ 万株/hm}^2$  处理略高于其他处理。

### 2.3 不同密度条件下覆膜对产量及其构成的影响

由表 2 可以看出,覆膜增加马铃薯块茎产量,差异



显著,与裸地相比增产 25.2%,无论覆膜与否,马铃薯块茎产量随着栽培密度的增加而增加,均表现为  $6.0 \text{ 万株/hm}^2 > 7.5 \text{ 万株/hm}^2 > 4.5 \text{ 万株/hm}^2$ ,裸地处理间差异显著。与  $4.5 \text{ 万株/hm}^2$  处理相比,裸地处理增产 64.7%~30.4%,覆膜增产 20.4%~3.0%。在不同密度条件下覆膜增加大薯块个数和产量,同时增加单薯重量,差异显著,其他指标无显著差异。在地膜覆盖条件下增加密度提高了小、中薯块个数和重量,降低大薯块个数和重量,且降低了单薯重,从而降低产量。裸地处理不同密度处理之间各指标无显著差异。

### 2.4 不同密度条件下覆膜对水分利用率的影响

由表 3 可看出,与裸地相比,地膜覆盖提高了马铃薯水分利用效率,差异显著,增幅为 28.0%,无论覆膜与否,  $6.0 \text{ 万株/hm}^2$  处理马铃薯水分利用效率均为最高,其次为  $7.5 \text{ 万株/hm}^2$  处理,与  $4.5 \text{ 万株/hm}^2$  相比,裸地处理水分利用效率增幅为 31.5%~64.4%,差异显著,在覆膜条件下水分利用效率增幅为 3.4%~20.7%。

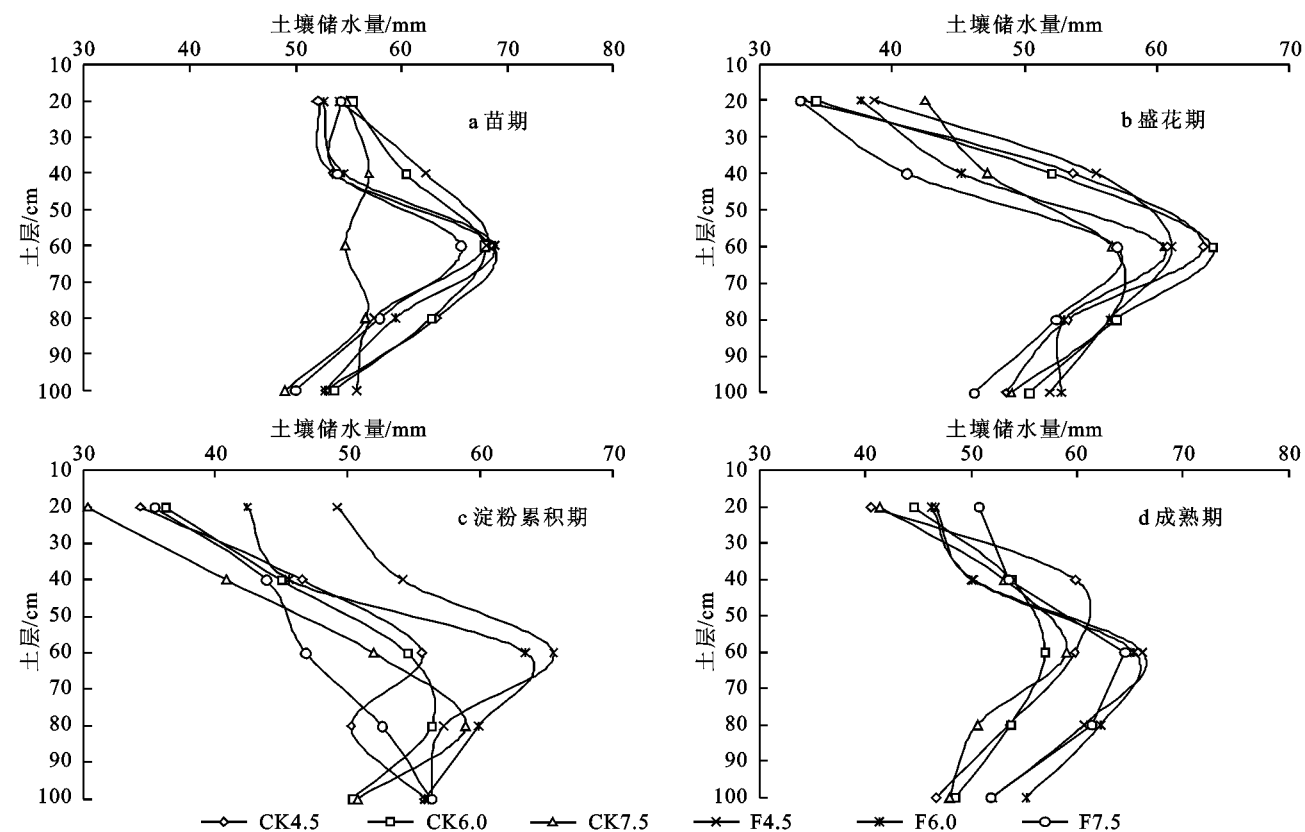


图 3 地膜覆盖和不同密度条件下马铃薯生育期 0—100 cm 土层土壤储水量的变化

表 2 覆膜和不同密度马铃薯产量及其构成因素

主区	密度	小薯个数	小薯重量	中薯个数	中薯重量	大薯个数	大薯重量	单株结薯	单薯重/g	块茎产量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	增产率/%
		百分率/%	百分率/%	百分率/%	百分率/%	百分率/%	百分率/%	个数/个			
裸地	CK3000	31.73a	31.73a	62.1a	68.2a	6.2a	18.4a	6.8ab	86.9a	26418.0b	—
	CK4000	26.47a	26.47a	64.9a	70.7a	8.6a	19.9a	7.6a	94.9a	43508.0a	64.7
	CK5000	26.93a	26.93a	65.5a	73.5a	7.5a	17.4a	5.5b	85.2a	34450.0ab	30.4
	均值	28.38a	10.6a	64.2a	70.8a	7.4b	18.6a	6.6a	88.9b	34792.0b	—
覆膜	F3000	25.93b	25.93b	60.9a	60.9ab	13.2a	30.7a	8.4a	107.5a	40422.0a	—
	F4000	25.97b	25.97b	58.9a	54.7b	15.1a	37.5a	6.9a	118.8a	48656.0a	20.4
	F5000	37.93a	37.93a	54.7a	66.2a	7.5b	17.8b	6.9a	81.0b	41642.5a	3.0
	均值	29.94a	10.7a	58.2a	60.6b	11.9a	28.6a	7.4a	102.5a	43573.5a	25.2

注:不同小写字母表示 0.05 水平差异显著,下表同。

表 3 不同密度条件下覆膜对马铃薯产量及水分利用效率的影响

主区	密度	块茎产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	生育期耗水量/mm	水分利用效率/(kg·hm <sup>-2</sup> ·mm <sup>-1</sup> )	WUE 增幅/%
裸地	CK3000	26418.0b	450.7a	58.7b	—
	CK4000	43508.0a	449.8a	96.6a	64.6
	CK5000	34450.0ab	447.1a	77.2ab	31.5
	均值	34792.0b	449.2a	77.5b	—
覆膜	F3000	40422.0a	439.8a	91.9a	—
	F4000	48656.0a	438.7a	110.9a	20.7
	F5000	41642.5a	438.2a	95.0a	3.4
	均值	43573.5a	438.9a	99.2a	28.0

3 讨论与结论

在黄土高原地区,自然降水的 60%~70%为无效

蒸发,仅有 20%~25%形成初级生产力<sup>[13]</sup>,而地膜覆盖能有效提高土壤蓄水保墒能力,同时能够提高地表温度,促进土壤有机质分解,提高马铃薯根区土壤速效

养分,从而提高产量。目前地膜作为一项成熟的技术在宁夏南部雨养区得到大面积应用和推广。研究结果表明,覆膜显著增加了马铃薯产量同时提高了水分利用效率。买自珍等<sup>[14]</sup>研究发现覆膜提高土壤水分含量,显著提高马铃薯产量(29.31%),提高降水利用效率(36.15%),表明地膜覆盖能实现增产增效。本研究结果与前人的研究结果相似。在本试验中马铃薯产量在不同密度条件下地膜覆盖处理高于裸地。作物生产是一个群体过程,种植密度和群体数量、光能利用等密切相关,是影响作物产量和水分利用效率的重要因子之一<sup>[15]</sup>。多数研究认为<sup>[16-18]</sup>马铃薯的产量与密度方程呈抛物线型,产量在一定范围内随着播种密度的增加而提高,马铃薯产量和个体经济性状最佳,在这基础上再增加则产量降低。随着马铃薯播种密度的增加亩产量也在逐渐增加,但单株产量则随着密度的增加而降低,本研究也有相似的研究结果。兰小龙<sup>[19]</sup>认为在宁南山区覆膜栽培条件下,密度在6.0万株/hm<sup>2</sup>时产量最高。何进勤<sup>[20]</sup>认为宁夏南部山区马铃薯适宜栽培的密度为5.25万株/hm<sup>2</sup>。本研究结果表明无论覆膜与否,马铃薯产量随着栽培密度增加而提高,但均表现为6.0万株/hm<sup>2</sup>>7.5万株/hm<sup>2</sup>>4.5万株/hm<sup>2</sup>。自然降水是旱地马铃薯水分的唯一来源,通过减少水分的无效损耗是提高水分利用效率途径之一,而适宜的马铃薯群体对于马铃薯产量的贡献不能忽视。本研究表明,覆盖能明显提高土壤蓄水能力,提高水分利用效率,覆膜马铃薯增产25.2%,水分利用效率提高28.0%,无论覆膜与否,栽培密度为6.0万株/hm<sup>2</sup>产量最高,再此基础上增加密度则造成减产。可见,覆膜是增加产量和提高降水利用率的有效措施,针对宁夏南部雨养农田马铃薯的生产实际,认为在覆膜条件下栽培密度为6.0万株/hm<sup>2</sup>可保证高产、稳产,在宁南旱地马铃薯生产上有一定的推广价值。

#### 参考文献:

- [1] 沈瑞清,郭成瑾,张丽荣,等.宁夏马铃薯病虫害研究现状及防治对策[J].宁夏农林科技,2014,55(6):25-28.
- [2] 肖国举,仇正跻,张峰举,等.增温对西北半干旱区马铃薯产量和品质的影响[J].生态学报,2015,35(3):830-836.
- [3] 王俊,李凤民,宋秋华,等.地膜覆盖对土壤水温和春小麦产量形成的影响[J].应用生态学报,2003,14(2):205-210.
- [4] 王红丽,宋尚有,张绪成,等.半干旱区旱地春小麦全膜覆土穴播对土壤水热效应及产量的影响[J].生态学报,2013,33(18):5580-5588.
- [5] 张德奇,廖允成,贾志宽,等.宁南旱区谷子地膜覆盖的土壤水温效应[J].中国农业科学,2005,38(10):2069-2075.
- [6] 夏芳琴,姜小凤,董博,等.不同覆盖时期和方式对旱地马铃薯土壤水热条件和产量的影响[J].核农学报,2014,28(7):1327-1333.
- [7] 张小红,张绪成.半干旱区旱地不同覆盖方式对糜子耗水和产量的影响[J].水土保持研究,2012,19(5):29-33.
- [8] 孙仕军,樊玉苗,许志浩,等.东北雨养区地膜覆盖条件下种植密度对玉米田间土壤水分和产量的影响[J].生态学杂志,2014,33(10):2650-2655.
- [9] 燕晓娟,张岁岐,王宗仁,等.半干旱地区不同年代冬小麦品种根系生长和水分利用效率对种植密度的响应[J].水土保持研究,2013,20(6):32-36.
- [10] 王克雄,王效瑜,吴林科,等.宁夏南部丘陵地区马铃薯密度,肥料丰产栽培试验[J].内蒙古农业科技,2009(2):39-40.
- [11] 陈荣华,苏培忠.马铃薯不同密植规格对产量的影响[J].江西农业学报,2009,21(9):38-39.
- [12] 张术.马铃薯种植密度及其产量控制技术[J].现代园艺,2014(12):27-30.
- [13] 亢秀丽,王娟玲,马爱平,等.冬小麦田间集雨模式对土壤水分动态和水分利用效率的影响[J].水土保持学报,2010(4):167-170.
- [14] 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.
- [15] 刘立生,张岁岐,王征宏.不同倍性小麦材料对水分和密度条件的响应[J].水土保持研究,2009,16(5):203-209.
- [16] 张延磊.不同种植密度对马铃薯产量形成的影响[J].新疆农垦科技,2012(2):7-10.
- [17] 刘红军.马铃薯栽培密度与产量关系试验研究[J].科技致富向导,2013(18):299-299.
- [18] 蒋富友.间作套种下脱毒马铃薯种植密度与产量的关系[J].中国马铃薯,2005,19(1):20-21.
- [19] 兰小龙.马铃薯全膜覆盖双垄沟播密度试验研究[J].现代农业科技,2014(4):72-72.
- [20] 何进勤,桂林国,马勤建.宁夏中南部地区马铃薯双垄全膜覆盖沟播栽培密度试验[J].中国马铃薯,2013(6):350-353.