

覆盖方式对旱地不同熟性马铃薯土壤 水热特征和产量的影响

马建涛¹, 陈玉章¹, 程宏波², 兰雪梅¹, 李亚伟¹,
李瑞¹, 柴雨葳¹, 常磊¹, 柴守玺^{1*}

(1.甘肃省干旱生境作物学重点实验室/甘肃农业大学 农学院, 兰州 730070;
2.甘肃农业大学 生命科学与技术学院, 兰州 730070)

摘 要:【目的】提高马铃薯产量和水分利用效率。【方法】通过大田试验研究了覆盖方式(玉米整秆带状覆盖平作(SM)、黑膜双垄沟覆盖(PM)、露地平作(CK))对当地典型早熟“LK99”、中熟“克新 1 号”和晚熟“青薯 9 号”马铃薯土壤水热状况、产量及水分利用效率的影响。【结果】与 CK 相比, 覆盖(SM、PM 处理)可显著降低各品种马铃薯全生育期耗水量(11.0%~19.0%), 分别提高早、中、晚熟马铃薯出苗至成熟期 0~200 cm 土壤贮水量 24.6、29.5 和 48.9 mm, 且 SM 和 PM 处理土壤贮水量在同一品种上无显著差异。PM 处理早、中、晚熟马铃薯全生育期 5~25 cm 土壤平均温度较 CK 分别提高 1.6、1.6 和 1.4 °C, 而 SM 处理在各品种上均低于 CK。与 CK 相比, 覆盖可显著提高马铃薯各品种单薯鲜质量和商品薯率; 马铃薯干薯产量和水分利用效率分别比 CK 提高 21.6%~51.4%和 44.2%~77.1%。SM 处理在早、晚熟品种上取得与 PM 处理相近的产量和水分利用效率, 但在中熟品种上, SM 处理的产量和水分利用效率均显著低于 PM 处理。【结论】综合马铃薯品种熟性、水热利用状况和产量等因素, SM 处理是一种高产高效的种植方式, 能显著提高马铃薯产量和水分利用效率。但在旱作区, 若要获得更高的产量和水分利用效率, 应注意马铃薯品种熟性与覆盖方式的科学搭配。

关键词: 玉米整秆带状覆盖; 地膜覆盖; 马铃薯; 土壤水热; 产量

中图分类号: S513

文献标志码: A

doi: 10.13522/j.cnki.gggs.2019452

马建涛, 陈玉章, 程宏波, 等. 覆盖方式对旱地不同熟性马铃薯土壤水热特征和产量的影响[J]. 灌溉排水学报, 2020, 39(7): 7-16.

MA Jiantao, CHEN Yuzhang, CHENG Hongbo, et al. Effects of Different Mulching Methods on Soil Moisture-temperature and Tuber Yield of Potato Cultivars with Different Maturities[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2020, 39(7): 7-16.

0 引言

【研究意义】陇中半干旱区年降水量 300~500 mm, 仅为全国平均降水的 55%^[1], 该区气候干燥, 土壤蒸发强烈, 水分不足是该区作物产量低而不稳的主要限制因子^[2-3]。因此, 研发抑制土壤蒸发、增加降水保贮、提高有限降水利用效率为核心的旱地农业技术, 是实现该区作物稳产、增产的关键^[4]。【研究进展】地膜覆盖因其显著的抗旱保墒增产效果在陇中

半干旱区农业生产中已被广泛使用。地膜覆盖显著的增温保墒效果能使玉米、向日葵等喜温作物较传统露地平作增产 20%以上^[5-8]。对马铃薯等喜凉作物而言, 地膜覆盖在低温生长阶段的增温效应虽有利于前期出苗和培养壮苗^[9], 但在夏季高温生长季, 地膜覆盖耕作层较高的土壤温度明显抑制块茎生长而降低商品薯率^[3]。地膜覆盖虽增产效果显著, 但难以回收的残膜对农田土壤环境造成了持久性污染, 已不符合当前粮食“清洁生产”要求^[10-11]。秸秆覆盖具有显著的抗旱保墒增产效果^[12-15]。在美国半干旱区, 秸秆覆盖下冬季土壤热量显著降低 40.1%, 大幅增加土壤贮水, 使作物增产 26.0%^[16]。在陇中半干旱区种植冬小麦, 秸秆覆盖低温生长阶段具有提高地温的作用, 高温生长阶段则相反^[17]。种植马铃薯, 秸秆覆盖的降温作用

收稿日期: 2019-12-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(31760373); 甘肃省农牧厅科研专项(072-034035)

作者简介: 马建涛(1994-), 男。硕士研究生, 主要从事作物栽培与耕作研究。E-mail: 494660844@qq.com

通信作者: 柴守玺(1963-), 男。教授, 博士生导师, 主要从事作物栽培及生态生理研究。E-mail: sxchai@126.com

能为马铃薯块茎生长创造凉爽湿润的土壤环境,进而使块茎增产 74.8%^[4],但秸秆覆盖有时也表现为减产效应^[18-19]。可见秸秆覆盖对作物产量的影响有一定的时空条件限制,若覆盖后积温严重不足不但不增产,反而会大幅减产。在陇中旱地马铃薯生产中,秸秆覆盖应用尚处于探索阶段。秸秆带状覆盖技术是甘肃农业大学柴守玺教授团队提出的一种利用玉米整秸秆进行局部覆盖的旱地作物种植新技术^[20]。该技术能显著提高旱地马铃薯和冬小麦产量^[3-4,21-23]。【切入点】目前,对秸秆带状覆盖下旱地马铃薯增产效应的研究多基于单一品种试验,单一研究土壤水分或温度对马铃薯产量的影响,而不同马铃薯品种差异较大,不同品种的栽培措施亦有不同。【拟解决的关键问题】为探索秸秆带状覆盖栽培技术在不同熟性马铃薯品种上的适用性,本研究在陇中旱作区,以当地典型早熟、中熟和晚熟马铃薯品种为供试材料,以传统露地平作为对照,研究玉米整秆带状覆盖和地膜覆盖对不同熟性马铃薯产量和土壤水热的影响,旨在进一步明确和完善玉米整秆带状覆盖技术增产机理,为旱地马铃薯秸秆带状覆盖高产栽培提供一定理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验于2018年4—9月在甘肃省通渭县甘肃农业大学试验基地进行。年均气温 7.2℃,平均海拔 1 750 m,无霜期 156 d,属中温带半干旱气候。该区作物为 1 年 1 熟。多年平均降水量为 390.7 mm。试验地土壤类型为黄绵土,0~200 cm 土壤平均体积质量为 1.25 g/cm³,每 20 cm 土层及播种期至成熟期土壤体积分质量变率为±0.04 g/cm³;0~20 cm 土壤有机质量为 10.5 g/kg,速效氮量为 5.5 g/kg,速效磷量为 10.6 mg/kg,速效钾为 107.6 mg/kg。

早熟(LK99)、中熟(克新1号)和晚熟(青薯9号)品种全生育期多年平均降水量分别为 201.9、242.4 和 272.0 mm。2018 年早、中、晚熟马铃薯全生育期有效降水量分别为 303.6、343.9 和 348.1 mm,分别较多年平均降水量增加 50.4%、41.9%和 28.0%,试验年内降水充沛,见表 1。

1.2 试验设计

试验采取随机区组排列,采用当地主栽早熟(LK99)、中熟(克新1号)和晚熟(青薯9号)品种为供试材料,各品种均设 3 个栽培处理,分别为玉米整秆带状覆盖平作(SM)、黑膜双垄沟覆盖(PM)和露地平作(CK),小区规格为 10 m×6 m,各处理均重复 3 次。

玉米整秆带状覆盖平作(SM):在马铃薯播种前于小区内分为秸秆覆盖带和种植带各 0.6 m,2 带相间排列,在覆盖带区域铺入玉米整秸秆。秸秆覆盖量约 5.5×10⁴ 株/hm²,折合秸秆风干质量 9×10³ kg/hm²;各小区种植带 2 行间呈正三角形分布,穴播,行距 0.6 m,株距 0.3 m。黑膜双垄沟覆盖(PM):在播种前使用聚乙烯黑色塑料地膜(幅宽 1.2 m,厚度 0.01 mm)进行双沟垄覆盖。大垄宽 0.8 m,高 0.15 m,小垄宽 0.4 m,高 0.1 m,在大垄中间预留 0.1 m 渗水带,膜间用土压实。在大垄二侧 0.1 m 位置穴播 2 行马铃薯,相邻 2 行植株间呈正三角形分布,行距 0.6 m,株距 0.3 m。露地平作(CK):传统不覆盖露地平作,相邻 2 行呈正三角形分布,穴播,行距 0.6 m,株距 0.3 m。各处理播种密度均为 5.55×10⁴ 株/hm²。试验地前茬种植冬小麦,播前 7 d 试验地进行深翻 1 次(耕深 0.3 m),旋耕 1 次(耕深 0.2 m),后覆膜、覆秆。各小区施尿素(含 N 量 46.4%) 261 kg/hm²、磷酸二铵(P₂O₅,N 质量分数分别为 46%、18%) 326 kg/hm²,全部作为基肥在旋耕整地前一次性施入,各马铃薯品种各生育时期均不再追肥。各品种马铃薯植株大部分转黄并逐渐枯萎,块茎停止生长,即可收获。

表 1 2018 年试验区降水量

Table 1 Precipitation in test areas at 2018

生育阶段 Growth stage	有效降水量/mm Effective precipitation		
	早熟 EMC	中熟 MMC	晚熟 MC
SW—SD	47.1	47.1	47.1
SD—TI	23.1	23.1	23.1
TI—SA	190.0	190.0	190.0
SA—MT	43.4	83.7	87.9
总计 Total	303.6	343.9	348.1
2014—2017 年平均 Average from 2014 to 2017	201.9	242.4	272.0

注 SW: 播种期; SD: 出苗期; TI: 块茎形成期; SA: 淀粉积累期; MT: 成熟期。

Note SW: Sowing; SD: Seedling stage; TI: Tuber initiation; SA: Starch accumulation; MT: Maturity.

1.3 测定项目与方法

1.3.1 土壤含水率测定

为统一比较早、中、晚熟马铃薯土壤水分,分别在马铃薯播种前 1 d(4 月 18 日)、出苗期(5 月 25 日,SD: 出苗期)、块茎形成期(6 月 10 日,TI: 块茎形成期)、淀粉积累期(7 月 14 日,SA: 淀粉积累期)和早、中、晚熟马铃薯收获期(8 月 5 日、25 日、9 月 1 日,MT: 成熟期),用直径为 5 cm 的土钻分别在种植带中间分 8 个土层(0~20、20~40、40~60、

60~90、90~120、120~150、150~180 cm 和 180~200 cm) 取土样, 在 105 ± 0.5 °C 的恒温下烘干后计算土壤质量含水率。

1.3.2 土壤贮水量 (W , mm) 计算

$$W = h \times \rho \times \omega \times 0.1 / v, \quad (1)$$

式中: h 为土层深度 (cm); ρ 为体积质量 (g/cm^3); ω 为土壤质量含水率 (%); v 为水的密度 (g/cm^3); 0.1 为换算系数。

各品种全生育期土壤平均贮水量为各生育时期土壤贮水量的算术平均值。

1.3.3 土壤温度测定

采用 5 支一组直角地温计于马铃薯播种后各小区按 5、10、15、20、25 cm 土层将温度计依次埋入种植带 2 株马铃薯中间, 并分别在各品种马铃薯出苗期、块茎形成期、淀粉积累期和收获期选择无风、干燥的晴天分别读取早晨 (07:00)、中午 (13:00) 和傍晚 (19:00) 的土壤温度, 全生育期均在固定地方读取土壤温度。日均温取早晨、中午和傍晚 3 次测定的平均值。各品种全生育期土壤平均温度为各生育时期日均温度的算术平均值。

1.3.4 产量测定

待早、中、晚熟马铃薯完全成熟后, 各处理均随机挖取 15 株马铃薯进行考种, 并将单个鲜薯依据质量分为 3 个等级: 大型薯 (>150 g)、中型薯 (75~150 g) 和小型薯 (<75 g), 分别调查每个品种等级薯的个数并称质量, 分析各品种马铃薯产量构成, 并计算各品种商品薯率。马铃薯收获时按小区测实产, 取 3 次重复的平均值折算单位面积产量。将各处理考种后的 15 株马铃薯块茎鲜薯在 105 °C 下烘干, 折算各处理块茎含水量和干薯产量。

商品薯率 (%) = (单薯鲜质量 75 g 以上的产量 / 马铃薯总产量) $\times 100\%$ (2)

块茎含水率 (%) = $1 - (15 \text{ 株马铃薯块茎干质量} / 15 \text{ 株马铃薯块茎鲜质量}) \times 100\%$ (3)

干薯产量 = 小区实测鲜薯产量 $\times (1 - \text{块茎含水率})$ (4)

1.3.5 农田耗水量计算

由于试验小区平整、土层深厚、土壤质地均一、地下水位较深, 在试验区未产生深层渗漏和地下水补给。马铃薯全生育期农田耗水量 (ET , mm)。计算式为:

$$ET = (W_1 - W_2) + P, \quad (5)$$

式中: P 为马铃薯生育期 ≥ 5 mm 有效降水量; W_1 、 W_2 分别为播种前和成熟时的土壤贮水量 (mm)。

1.3.6 水分利用效率 (WUE , $\text{kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$) 计算

$$WUE = TY / ET, \quad (6)$$

式中: TY 为马铃薯干薯产量 (kg/hm^2); ET 为全生育期农田耗水量 (mm)。

1.3.7 经济效益的计算

成熟期按小区收获计产, 按当地市场价, 马铃薯商品薯 3 元/kg, 非商品薯 0.6 元/kg, 总经济收益为商品薯与非商品薯的经济收益之和。

1.4 统计分析

采用 Microsoft Excel 2016 软件处理数据及作图, 采用 SPSS 20.0 进行方差分析和相关性分析; 采用最小显著极差法 (Least Significant Different, LSD) 进行显著性检验。各品种产量及产量要素与土壤贮水量及温度的相关性分析分别采用各品种 5 个生育时期土壤水分、温度的平均值作为全生育期土壤水分、温度的数据样本, 各品种的产量、产量要素、土壤贮水量及土壤温度指标均代入 3 次重复, 每指标共 9 组数据进行 Pearson 相关系数计算, 显著性检验选用双侧检验 (T)。

2 结果与分析

2.1 覆盖方式对 5~25 cm 土层平均温度的影响

与 CK 相比, 早、中、晚熟马铃薯播种至成熟期, 5~25 cm 平均土壤温度, PM 处理分别增温 1.6、1.6 和 1.4 °C, 而 SM 处理在各品种上均低于 CK ($P > 0.05$) (图 1)。但在各品种不同生育时期, 覆盖对土壤温度的影响不同。在 SM 处理下, 早、中熟品种各生育时期土壤温度分别较 CK 降低 $0.3 \sim 1.3$ °C 和 $0 \sim 1.6$ °C, 依次在薯块形成期和淀粉积累期降幅最大; 但在晚熟品种上, SM 处理各生育时期土壤温度与 CK 的降幅均较小且无显著差异。在 PM 处理下, 早、中、晚熟马铃薯各生育时期土壤温度分别较 CK 增加 $0.8 \sim 2.0$ 、 $1.1 \sim 2.1$ 、 $1.2 \sim 1.7$ °C, 依次以成熟期、成熟期和出苗期增幅最大。因此, SM 处理在早、中熟品种各生育时期土壤温度均低于 CK, 但在晚熟品种上各生育时期土壤温度较 CK 的降幅较小。PM 处理在各品种马铃薯各生育时期均较 CK 具有普遍的增温效应。

比较各处理早、中、晚熟品种土壤温度在生育期间的变异系数, 早熟品种为 CK > SM 处理 > PM 处理, 中熟品种为 CK > PM 处理 > SM 处理, 晚熟品种为 CK > SM 处理 > PM 处理。覆盖在早、中、晚熟品种上均平抑了土壤温度在各生育期间的波动, SM 处理在中熟品种上土壤温度的稳定性高于 PM 处理, 而在早、晚熟品种上则低于 PM 处理。

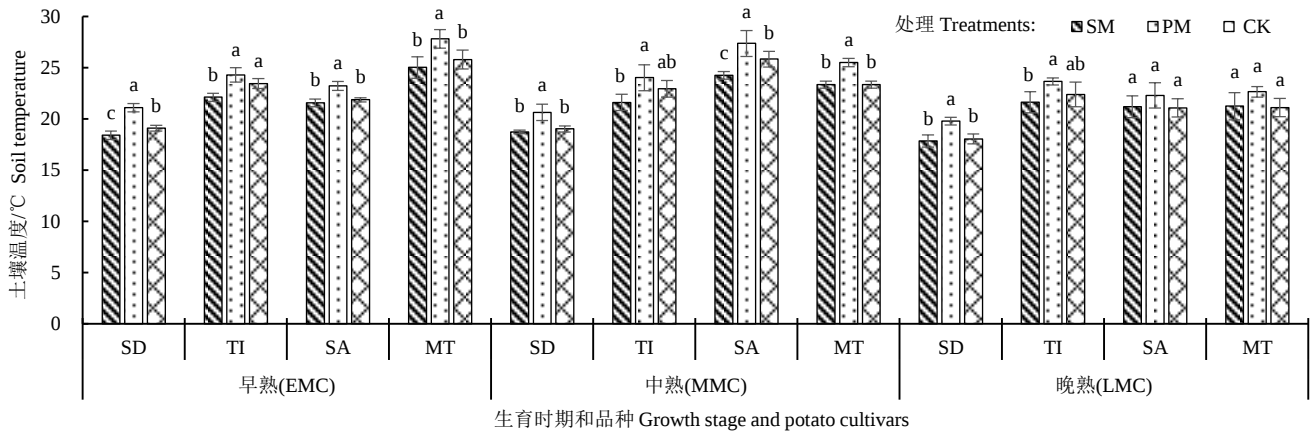


图1 不同处理各生育时期5~25 cm 土壤平均温度

Fig. 1 Mean soil temperature in 5~25 cm layer of soil at different growth stages in different treatments

2.2 覆盖方式对0~200 cm 土壤贮水量的影响

由图2可知,除播种期各处理土壤贮水量无显著差异外,从出苗至成熟期,覆盖处理各品种马铃薯土壤水分状况均高于露地。在早、中、晚熟马铃薯出苗至成熟期,0~200 cm 平均贮水量,覆盖处理平均分别比CK多贮水24.6、29.5和48.9 mm,2个覆盖处理(SM、PM处理)无显著差异。但各处理对各品种马铃薯不同生育时期土壤贮水量的影响受阶段降水量的影响存在显著差异。从出苗期—成熟期,各处理各品种土壤贮水量均在淀粉积累期达最大值,主要原因是各品种马铃薯块茎形成至淀粉积累阶段有较大降水补充。在出苗期,2个覆盖处理0~200 cm 土层

土壤贮水量除在中熟品种上与CK无显著差异外,在早、晚熟品种上平均分别比CK高19.3和54.2 mm。在块茎形成期、淀粉积累期和成熟期,2个覆盖处理0~200 cm 土层土壤贮水量在各品种上平均较CK高18.7~43.1、23.2~49.4和37.3~49.0 mm,同时SM与PM处理土壤贮水量较CK的增幅在同一品种上普遍无显著差异。在不同品种上,全生育期土壤贮水量表现为晚熟>中熟>早熟。因此,SM处理在各品种马铃薯出苗至成熟期均较PM处理具有相似的蓄水保墒效果,但2种覆盖处理土壤贮水量较CK的增幅在同一品种上无显著差异,不同品种上以晚熟最大,早熟最小。

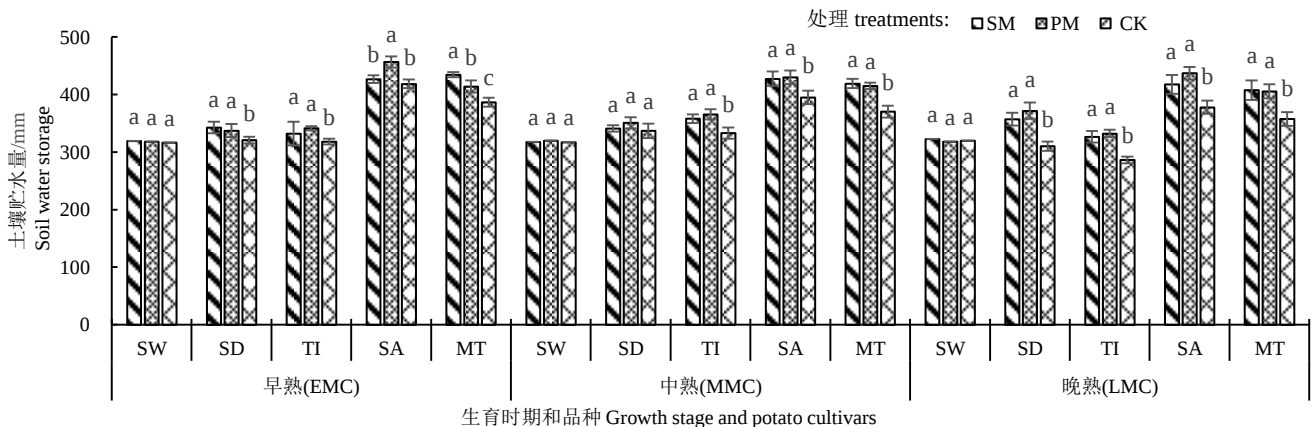


图2 不同处理下马铃薯各生育时期0~200 cm 土壤贮水量

Fig. 2 Mean soil water storage in 0~200 cm soil layers at different growth stages in different treatments

2.3 覆盖方式对马铃薯产量的影响

由表2可知,SM和PM处理均能显著提高各品种马铃薯干薯产量,且2个覆盖处理在早、晚熟品种上无显著差异,而在中熟品种上以PM处理增幅最大。与CK相比,在早、晚熟品种上,覆盖处理马铃薯干薯产量分别平均增产32.6%和22.9%,但在中熟品种上,PM处理的产量显著大于SM处理。对品种和覆盖材料的交互效应分析可知,品种和覆盖材料均能显著影响单株结薯数和单薯鲜质量,进而显著影响干薯

产量,但覆盖材料对单株结薯数的影响明显小于品种引起的差异。此外,SM和PM处理均能显著提高各品种马铃薯单薯鲜质量及商品薯率,且2个覆盖处理马铃薯单薯鲜质量和商品薯率较CK的增幅在同一品种上均无显著差异,但在不同品种上,覆盖处理马铃薯单薯鲜质量平均增幅质量率表现为晚熟>中熟>早熟,商品薯平均增加率表现为早熟>晚熟>中熟。因此,采用适当的覆盖材料与品种搭配能在不同熟性马铃薯品种上实现高产。

由处理间变异系数可知，覆盖主要影响早熟、中熟和晚熟品种的单薯鲜质量进而影响产量，CV值分别为10.5%、10.6%和15.8%。相关分析表明，各品种马铃薯干薯产量与单株结薯数相关不显著（ $r=0.584$ ），与单薯鲜质量（ $r=0.927^{**}$ ）呈极显著正相关，表明覆盖处理各品种马铃薯增产主要通过显著增加单薯鲜质量来实现，而单株结薯数不是引起产量变化的主要原因。

表 2 不同处理下马铃薯产量及产量构成因素

Table 2 Tuber yield of all potato and its components in different treatments

品种 Potato cultivars	覆盖 Mulch treatments	单株结薯数 Tuber number per plant	单薯鲜质量/g Potato weight per tuber	干薯产量/(kg hm ⁻²) Dry tuber yield	商品薯率/% Commodity rate
早熟 Early maturing cultivar	SM	3.1±0.1ab	65.4±0.8a	2 480.0±44.1a	60.9±0.9a
	PM	3.3±0.2a	71.5±2.9a	2 490.6±29.7a	62.1±2.0a
	CK	2.8±0.1b	57.9±1.2b	1 873.8±132.0b	49.9±1.8b
	CV/%	8.2	10.5	15.5	11.7
中熟 Medium maturing cultivar	SM	3.4±0.1b	114.8±1.0a	3 697.3±181.5b	82.1±0.9a
	PM	3.7±0.1a	118.2±0.8a	4 600.9±112.5a	80.9±1.5a
	CK	3.2±0.2b	96.6±2.1b	3 039.5±86.7c	76.5±0.7b
	CV/%	7.3	10.6	20.7	3.7
晚熟 Late maturing cultivar	SM	4.1±0.1b	104.3±0.3a	5 108.3±73.1a	82.1±0.3a
	PM	4.3±0.1b	105.9±1.5a	4 975.2±100.8a	83.6±1.0a
	CK	4.6±0.2a	78.7±1.4b	4 103.8±166.7b	72.3±3.2b
	CV/%	7.0	15.8	11.5	7.7
PC	-	**	**	**	**
MC	-	*	**	**	**
PC×MC	-	**	**	**	NS

注 PC：品种；MC：覆盖；CV：变异系数；同一品种下，同列数据后不同字母表示差异达0.05显著水平。*和**分别表示 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 显著相关；NS代表无显著差异。下同。

Note PC: Potato cultivars; MC: Mulch treatments; CV: Variable coefficient. Average values columns with each potato cultivar followed by different lowercase letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$. * and ** represent significance at $P<0.05$ and $P<0.01$, respectively; NS represents non-significance The same as below.

表 3 不同处理下马铃薯耗水量和水分利用效率

Table 3 Evapotranspiration and water use efficiency of potato in different treatments

品种 Potato cultivars	覆盖 Mulch treatments	耗水量/mm Water consumption amount	耗水组成 Water resource composition				WUE _D
			降水量		土壤贮水消耗量		
			Precipitation amount		Soil water consumption amount		
			总量/mm Sum	比例/% Ratio	总量/mm Sum	比例/% Ratio	
早熟 Early maturing cultivar	SM	188.8±2.3c	303.6	100	-114.8±2.3a	0	13.1±0.3a
	PM	207.8±5.2b	303.6	100	-95.8±5.2b	0	12.0±0.2b
	CK	233.5±3.5a	303.6	100	-70.1±3.9c	0	8.0±0.7c
中熟 Medium maturing cultivar	SM	242.3±3.9b	343.9	100	-101.6±3.9a	0	15.3±0.7b
	PM	248.5±2.8b	343.9	100	-95.4±2.8a	0	18.5±0.6a
	CK	290.8±5.1a	343.9	100	-53.1±5.1b	0	10.5±0.1c
晚熟 Late maturing cultivar	SM	262.9±8.4b	348.1	100	-85.2±8.4a	0	19.4±0.6a
	PM	260.9±6.1b	348.1	100	-87.2±6.1a	0	19.1±0.5a
	CK	310.3±6.0a	348.1	100	-37.8±5.8b	0	13.2±0.3b
PC	-	**	-	-	-	-	**
MC	-	**	-	-	-	-	**
PC×MC	-	*	-	-	-	-	**

注 WUE_D：干薯产量水分利用效率。 Note WUE_D: Water use efficiency based on drying tuber yield of potato.

2.4 覆盖方式对马铃薯耗水量及水分利用效率的影响

试验年度马铃薯生育期内降水较多 (303.6~348.1 mm), 各品种马铃薯全生育期对土壤贮水的消耗比例均为 0% (表 3), 表明试验年度降水能完全满足各品种马铃薯生长消耗而有结余, 因而各处理土壤贮水消耗量均为负值, 各处理下各品种马铃薯土壤贮水在成熟期均有不同程度增加。与 CK 相比, 覆盖能显著降低马铃薯全生育期耗水量, 平均降低 15.4%。在 SM 处理下, 不同品种马铃薯农田耗水量较 CK 的降幅表现为早熟 (19.1%) > 中熟 (16.7%) > 晚熟 (15.3%), 而 PM 处理则表现为晚熟 (15.9%) > 中熟 (14.5%) > 早熟 (11.0%)。此外, 与 PM 处理相比, SM 处理在早熟品种上显著减少耗水 9.2%, 而在中、晚熟品种上无显著差异。

表 4 不同处理下马铃薯全生育土壤水分、
温度与产量及产量要素的相关性

Table 4 Person's correlation coefficients between soil moisture, soil temperature and dry tuber yield and yield components of potato during the whole growth stage in different treatments

品种 Potato cultivars	性状指标 Trait index	土壤水分 Soil water storage	土壤温度 Soil temperature
早熟 Early maturing cultivar	单株结薯数	0.630	0.343
	单薯鲜质量	0.849**	0.507
	干薯产量	0.879**	0.206
中熟 Medium maturing cultivar	单株结薯数	0.634	-0.439
	单薯鲜质量	0.890**	-0.856**
	干薯产量	0.781*	-0.556
晚熟 Late maturing cultivar	单株结薯数	-0.621	0.475
	单薯鲜质量	0.962**	-0.781*
	干薯产量	0.841**	-0.816**

SM 和 PM 处理均能显著提高马铃薯干薯水分生产效率 (WUE_D)。覆盖在早、中、晚熟品种上的 WUE_D 较 CK 依次提高 49.3%~63.7%、46.0%~77.1% 和 44.2%~46.9%。进一步分析品种和覆盖材料的交互效应, 品种熟性和覆盖材料均对 WUE_D 有极显著影响。具体表现为: 在 SM 处理下, 不同品种的 WUE_D 较 CK 的增幅表现为早熟最大 (63.7%), 中、晚熟相近 (46.0%, 46.9%); 在 PM 处理下则表现为中熟 (77.1%) > 早熟 (49.3%) > 晚熟 (44.2%)。可见, SM 处理在早熟马铃薯上的 WUE_D 显著高于 PM 处理, 但在中熟品种上显著低于 PM 处理, 晚熟品种上则与 PM 处理相近。相关分析表明, 马铃薯产量与耗水量

高度负相关 ($r=-0.755^*$), 与 WUE_D 高度正相关 ($r=0.959^{**}$), 表明 SM、PM 处理通过显著降低农田耗水量来为各品种马铃薯生长提供更多可利用土壤水, 进而显著提高了水分生产效率。

2.5 土壤水热与马铃薯产量的关系

全生育期土壤贮水量与各品种马铃薯干薯产量高度正相关, 而全生育期平均温度仅与晚熟品种干薯产量呈极显著负相关, 与早熟、中熟品种干薯产量无显著相关关系 (表 4)。表明在早、中熟品种上, 覆盖后土壤水分的增加对马铃薯产量的提升效果显著高于温度变化引起的差异; 但在晚熟品种上, 覆盖后土壤水温的变化对产量的影响相近。

进一步分析土壤水热与单株结薯数和单薯鲜质量的关系可见, 各品种马铃薯单株结薯数与全生育期土壤水分和土壤温度均无显著相关关系。各品种马铃薯单薯鲜质量均与土壤水分呈极显著正相关, 与土壤温度的相关性在早熟品种上呈正相关, 在中、晚熟品种上呈极显著或显著负相关。综上, 各品种马铃薯单株结薯数主要由品种自身遗传因素决定, 受外界水温环境的影响较小, 而单薯鲜质量受土壤水分和土壤温度的影响较大, 特别是玉米整秆带状覆盖的降温保墒效应, 为马铃薯块茎生长提供了凉爽湿润的土壤微环境, 这也是陇中半干旱区玉米整秆带状覆盖条件下各品种马铃薯显著较露地平作增产的重要机制。

2.6 覆盖种植对马铃薯经济效益的影响

本研究中, 玉米整秆带状覆盖是将废弃、堆放闲置量较大的玉米秸秆就地利用, 故将秸秆投入成本按 0 元/hm² 计算。同时考虑到在马铃薯收获后, 地膜覆盖存在残膜清除会额外增加劳动力成本的事实, 覆膜的人工成本远高于覆秆。由表 5 可知, 玉米整秆带状覆盖均能明显提高各品种马铃薯纯经济收益和产投比; 地膜覆盖虽能明显增加各品种马铃薯纯经济收益, 但其产投比普遍不如露地平作和玉米整秆带状覆盖。具体表现为: 与 CK 相比, SM 处理早、中、晚熟品种纯收入分别增加了 140.9%、36.7% 和 31.1%; PM 处理则分别提高 58.5%、35.8% 和 28.4%。SM 处理在早、中、晚熟品种上的产投比分别较 CK 高 31.6%、19.1% 和 16.7%; 而 PM 处理的产投比仅在早熟品种上与 CK 相近, 而在中、晚熟品种上则分别较 CK 低 14.8% 和 18.7%。可见, 与地膜覆盖相比, 玉米整秆带状覆盖在各品种马铃薯上均是节本、高效的种植技术。

表 5 不同处理下马铃薯的经济效益分析

Table 5 Analyses on economic benefits of potato under different treatments

品种 Potato cultivars	覆盖 Mulch treatments	地膜/玉米秸秆 Plastic/maize straw/ (元 hm ⁻²)	人工/ Labor (元 hm ⁻²)	总投入 Input costs/ (元 hm ⁻²)	总收入 Output revenue/ (元 hm ⁻²)	纯经济收益 Economic benefits/ (元 hm ⁻²)	产投比 Output/input
早熟 Early maturing cultivar	SM	0	3 600	12 270	21 705.8	9 435.8	1.8
	PM	1 800	9 000	19 470	25 678.2	6 208.2	1.3
	CK	0	2 700	11 370	15 286.8	3 916.8	1.3
中熟 Medium maturing cultivar	SM	0	3 600	12 270	51 383.8	39 113.8	4.2
	PM	1 800	9 000	19 470	58 327.1	38 857.1	3.0
	CK	0	2 700	11 370	39 982.6	28 612.6	3.5
晚熟 Late maturing cultivar	SM	0	3 600	12 270	56 396.4	44 126.4	4.6
	PM	1 800	9 000	19 470	62 682.2	43 212.2	3.2
	CK	0	2 700	11 370	45 019.0	33 649.0	4.0

注 除地膜、人工外，各处理总投入中的种薯 5 700 元/hm²、肥料 1 800 元/hm²、农药 120 元/hm²、机械 1 050 元/hm²等均相同。

Note In addition to plastic film and labor costs, the total input costs for each treatments include seed potato 5 700 Yuan/hm², fertilizer 1 800 Yuan/hm², pesticide 120Yuan/hm² and mechanization 1 050 Yuan/hm².

3 讨论

水分是制约陇中旱地马铃薯发展的关键，围绕如何最大限度地保蓄降水，提高土壤蓄水保墒能力是该区覆盖栽培研究的热点^[24]。玉米整秆带状覆盖作物种植技术是甘肃农业大学研发的一种实现作物高效用水的农业生产技术，也是近年来甘肃省重点发展的绿色增产技术^[20,25]。前期研究证实，该技术在马铃薯生育期内具有显著的蓄水保墒效果^[21,26]。杨长刚等^[22]通过定位试验研究表明，玉米整秆带状覆盖的蓄水保墒效应不仅存在于冬小麦生育期，而且全年均表现为良好的蓄水保墒作用。国内外大量研究表明，秸秆和地膜覆盖均能有效抑制土壤水分自由蒸发，保蓄更多的土壤水分供作物生长，进而协调了作物生长耗水与土壤供水不足之间的矛盾^[12,14,27-28]。本研究中，2种覆盖方式均能显著改善各品种马铃薯出苗至成熟期0~200 cm土壤墒情，这与Hou等^[29]的研究结果一致。本研究还发现，秸秆覆盖与地膜覆盖在各品种马铃薯各生育时期均具有相似的增墒效果，在不同品种上的增墒效果表现为晚熟>中熟>早熟，这与陈玉章等^[3]在干旱年研究得出秸秆覆盖土壤墒情不如地膜覆盖的结果不一致，分析原因：一是试验年度降水充沛，各处理各品种全生育期对土壤贮水的消耗均为负值（表3），这意味着生育期降水能满足各品种马铃薯生长消耗而有剩余，因此收获后各处理土壤贮水均有不同程度的增加；二是PM处理土壤基本处于全封闭状态，自由蒸发损失土壤水虽较少，但聚乙烯不透水地膜覆盖降水入渗不如SM处理^[15]；三是PM处理土壤温度明显高于SM处理，PM处理将加剧植株蒸腾，导致耗水加快和土壤水分下降。此外，晚熟品种

的生育期明显长于中熟和早熟，在后期降水较多的情况下，SM和PM处理在晚熟品种上土壤贮水较CK的增幅明显高于早熟和中熟。因此，玉米整秆带状覆盖是旱作农区蓄水保墒的有效技术，在不同品种熟性的马铃薯栽培上均可使用。对于土壤温度，地膜覆盖在各品种马铃薯各生育时期均具有普遍的增温效应，这与人研究结果相似^[4,9,29-30]。本研究中，SM处理不同于传统秸秆粉碎全地面覆盖模式，属于秸秆局部覆盖，能在一定程度上削弱土壤温度的下降幅度^[22]，因而在各品种马铃薯全生育期5~25 cm土层，土壤温度均低于CK。这一降温效应较好地克服了传统秸秆粉碎全地面覆盖后降温幅度过大而造成作物出苗不齐、苗弱，最终减产的不足^[18]。需要强调的是，玉米整秆带状覆盖这一微弱的降温效应有利于减轻夏季高温胁迫和促进马铃薯块茎生长，是马铃薯等喜凉作物生长发育的有利土壤温度环境^[31-32]。

相关分析则表明，全生育期土壤温度与中、晚熟马铃薯单薯鲜质量呈极显著负相关，与早熟马铃薯单薯鲜质量呈正相关趋势。因此，SM处理对中、晚熟马铃薯品种的产量影响较大，而对早熟品种的产量影响较小，造成这一差异的最可能原因是：早熟马铃薯由于其生育期较短，生长速度较快，在进入夏季伏旱高温阶段时，块茎已基本完成生长，因而土壤温度对早熟马铃薯单薯鲜质量影响较小；但对中、晚熟马铃薯而言，在夏季伏旱高温阶段，正值中、晚熟马铃薯块茎快速增长期，SM处理土壤温度的适度下降，是中、晚熟品种马铃薯块茎快速生长的有利条件，因而土壤温度对中、晚熟马铃薯单薯鲜质量有显著影响。这与李辉等^[23]在干旱年的研究结果相似。地膜和秸秆

覆盖均能改善土壤水分、调节土壤温度,促进作物生长发育,提高作物产量,进而提高水分利用效率^[4,33-35]。本研究得到相似结论,即玉米整秆带状覆盖和地膜覆盖均显著增加了早、中、晚熟品种产量和水分利用效率。本研究还表明,玉米整秆带状覆盖下马铃薯产量较CK的增幅在早、晚熟品种上均与地膜覆盖相似,在中熟品种上则不如地膜覆盖;但对水分利用效率而言,SM处理在早熟品种上显著高于PM处理,中熟显著低于PM处理,晚熟则与PM处理相近,这表明在陇中旱地,玉米整秆带状覆盖和地膜覆盖均能显著提高不同熟性马铃薯品种的产量和水分利用效率,具有广泛的适用性,但要最大限度提高产量及水分利用效率,需根据品种熟性及覆盖方式进行科学搭配。从生产实际来讲,与地膜覆盖相比,玉米整秆带状覆盖种植技术可大幅降低地膜使用量,同时也可将闲置废弃的秸秆进行资源化利用,也能避免秸秆焚烧而污染环境,是一项绿色、清洁、可持续的生产技术,与国家绿色生态农业发展要求一致^[36]。

4 结 论

1) 覆盖种植马铃薯能改善土壤温度,其中地膜覆盖处理明显较CK增加了各品种马铃薯全生育期5~25 cm平均地温。玉米整秆带状覆盖的土壤温度则略低于CK。

2) 覆盖种植有利于提高土壤对降水的保蓄能力,显著较露地平作增加了各品种马铃薯出苗至成熟期0~200 cm土壤贮水量。2个覆盖处理的蓄水保墒效果在同一品种上相近,不同品种上随着生育期延长和降水的大幅增加,保墒效果得到加强。

3) 覆盖种植均能促进各品种马铃薯增产,提高水分利用效率。覆盖处理的单薯鲜质量较CK分别增加18.2%~33.6%,从而显著提高了马铃薯干薯产量21.6%~51.4%,水分利用效率44.2%~77.1%。但由于马铃薯品种差异较大,玉米整秆带状覆盖的增产作用在早、晚熟品种上与黑膜覆盖相近,但在中熟品种上则不如黑膜覆盖。

参考文献:

- [1] 马忠明,白玉龙,薛亮,等.不同覆膜栽培方式对旱地土壤水热效应及西瓜产量的影响[J].中国农业科学,2015,48(3):514-522.
MA Zhongming, BAI Yulong, XUE Liang, et al. Effects of different plastic film mulching methods on soil water and temperature as well as watermelon yield in loess dryland[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2015, 48(3): 514-522.
- [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.

- WANG Hongli, ZHANG Xucheng, YU Xianfeng, et al. Effect of using black plastic film as mulch on soil temperature and moisture and potato yield[J]. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(16): 5215-5226.
- [3] 陈玉章,田慧慧,李亚伟,等.秸秆带状沟覆垄播对旱地马铃薯产量和水分利用效率的影响[J].作物学报,2019,45(5):714-727.
CHEN YuZhang, TIAN HuiHui, LI YaWei, et al. Effects of straw strip mulching on furrows and planting in ridges on water use efficiency and tuber yield in dryland potato[J]. Acta Agronomica Sinica, 2019, 45(5): 714-727.
- [4] CHEN Y Z, CHAI S X, TIAN H H, et al. Straw strips mulch on furrows improves water use efficiency and yield of potato in a rainfed semiarid area[J]. Agricultural Water Management, 2019, 211(1): 142-151.
- [5] 路海东,薛吉全,郝引川,等.黑色地膜覆盖对旱地玉米土壤环境和植株生长的影响[J].生态学报,2016,36(7):1997-2004.
LU Haidong, XUE Jiquan, HAO Yinchuan, et al. Effects of black film mulching on soil environment and maize growth in dry land[J]. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(7): 1997-2004.
- [6] 赵沛义,康暄,妥德宝,等.降解地膜覆盖对土壤环境和旱地向日葵生长发育的影响[J].中国农学通报,2012,28(6):84-89.
ZHAO Peiyi, KANG Xuan, TUO Debao, et al. Research of soil environment and sunflower growth in dry land mulching degradable plastic film[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2012, 28(6): 84-89.
- [7] 吴贤忠,赵锦梅,李毅,等.黄土高原半干旱区不同颜色地膜对土壤温度的影响[J].灌溉排水学报,2018,37(7):43-49.
WU Xianzhong, ZHAO Jinmei, LI Yi, et al. The change in soil temperature in response to different film mulches in semiarid region of the loess plateau[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2018, 37(7): 43-49.
- [8] 宗睿,马玉诏,高超,等.不同地膜覆盖对夏玉米产量及水分利用效率的影响[J].灌溉排水学报,2017,36(12):31-35.
ZONG Rui, MA Yuzhao, GAO Chao, et al. Effect of different film mulchings on yield and water use efficiency of summer maize[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2017, 36(12): 31-35.
- [9] ZHAO H, WANG R Y, MA B L, et al. Ridge-furrow 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(4): 137-148.
- [10] HE H J, WANG Z H, GUO L, et al. Distribution characteristics of residual film over a cotton field under long-term film mulching and drip irrigation in an oasis agroecosystem[J]. Soil & Tillage Research, 2018, 180(3): 194-203.
- [11] XIAO J J, LIU W J, WANG E H, et al. Residual plastic mulch fragments effects on soil physical properties and water flow behavior in the Minqin Oasis, northwestern China[J]. Soil and Tillage Research, 2017, 166(2): 100-107.

- [12] ZHAO H, LIU J, CHEN X, et al. Straw mulch as an alternative to plastic film mulch: Positive evidence from dryland wheat production on the Loess Plateau[J]. *Science of the Total Environment*, 2019, 676(2): 782-791.
- [13] ZHANG Y Q, WANG J D, GONG S H, et al. Straw mulching enhanced the photosynthetic capacity of field maize by increasing the leaf N use efficiency[J]. *Agricultural Water Management*, 2019, 218(1): 60-67.
- [14] XIAO L, ZHAO R, KUHN N J. Straw mulching is more important than no tillage in yield improvement on the Chinese Loess Plateau[J]. *Soil and Tillage Research*, 2019, 194(1): 104314.
- [15] WANG J, RAJAN G, FU X, et al. Straw mulching increases precipitation storage rather than water use efficiency and dryland winter wheat yield[J]. *Agricultural Water Management*, 2018, 206(2): 95-101.
- [16] VAN WIE J B, ADAM J C, ULLMAN J L. Conservation tillage in dryland agriculture impacts watershed hydrology[J]. *Journal of Hydrology*, 2013, 483(3): 26-38.
- [17] 常磊, 韩凡香, 柴雨葳, 等. 秸秆带状覆盖对半干旱雨养区冬小麦田地温和产量的影响[J]. *应用生态学报*, 2018, 29(9): 2 949-2 958.
CHANG Lei, HAN Fanxiang, CHAI Yuwei, et al. Effect of straw belt-mulching on soil temperature and yield of winter wheat in rain-fed semiarid region[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2018, 29(9): 2 949-2 958.
- [18] LU X J, LI Z Z, SUN Z H, et al. Straw mulching reduces maize yield, water, and nitrogen use in northeastern China[J]. *Agronomy Journal*, 2015, 107(1): 406-414.
- [19] 陈素英, 张喜英, 孙宏勇, 等. 华北平原秸秆覆盖冬小麦减产原因分析[J]. *中国生态农业学报*, 2013, 21(5): 519-525.
CHEN SuYing, ZHANG XiYing, SUN HongYong, et al. Cause and mechanism of winter wheat yield reduction under straw mulch in the North China Plain[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2013, 21(5): 519-525.
- [20] 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.
CHAI Shouxi. A new planting technology of straw strip mulching crops in dry land[J]. *Journal of Gansu Agricultural University*, 2014, 49(5): 42.
- [21] 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, 256.
LI Hui, CHAI Shouxi, CHANG Lei, et al. Effects of straw strip mulching on soil moisture and potato yield in northwest semi-arid region of China[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2017, 31(6): 148-156, 256.
- [22] 杨长刚, 柴守玺. 秸秆带状覆盖对旱地冬小麦产量及土壤水热利用的调控效应[J]. *应用生态学报*, 2018, 29(10): 3 245-3 255.
YANG Changgang, CHAI Shouxi. Regulatory effects of bundled straw covering on winter wheat yield and soil thermal-moisture utilization in dryland[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2018, 29(10): 3 245-3 255.
- [23] 李辉, 吴建民, 柴守玺, 等. 玉米秸秆带状覆盖对西北旱地土壤温度及马铃薯产量的影响[J]. *中国沙漠*, 2018, 38(3): 592-599.
LI Hui, WU Jianmin, CHAI Shouxi, et al. Effects of corn straw strip mulching on soil temperature and potato yield in northwest arid land of China[J]. *Journal of Desert Research*, 2018, 38(3): 592-599.
- [24] ZHAO H, XIONG Y C, LI F M, et al. Plastic film mulch for half growing-season maximized WUE and yield of potato via moisture-temperature improvement in a semi-arid agroecosystem[J]. *Agricultural Water Management*, 2012, 104(2): 68-78.
- [25] 甘肃省农业技术推广总站, 甘肃农业大学. 甘肃省粮油作物栽培增产五大潜力新技术[J]. *甘肃农业*, 2015(25): 47.
Gansu Agricultural Technology Extension Station, Gansu Agricultural University. Five potential techniques for increasing yield of grain and oil crops in Gansu Province[J]. *Gansu Agriculture*, 2015(25): 47.
- [26] 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.
HAN Fanxiang, CHANG Lei, CHAI Shouxi, et al. Effect of straw strip covering on ridges on soil water content and potato yield under rain-fed semiarid conditions[J]. *Chinese Journal of Eco-agriculture*, 2016, 24(7): 874-882.
- [27] RAHMA A E, WARRINGTON D N, LEI T. Efficiency of wheat straw mulching in reducing soil and water losses from three typical soils of the Loess Plateau, China[J]. *International Soil and Water Conservation Research*, 2019, 7(4): 335-345.
- [28] QIN S H, ZHANG J L, DAI H L, et al. Effect of ridge-furrow and plastic-mulching planting patterns on yield formation and water movement of potato in a semi-arid area[J]. *Agricultural Water Management*, 2014, 131(4): 87-94.
- [29] HOU X, LI R. Interactive effects of autumn tillage with mulching on soil temperature, productivity and water use efficiency of rainfed potato in loess plateau of China[J]. *Agricultural Water Management*, 2019, 224(3): 105747.
- [30] LIANG S M, CAI R, WANG P J, et al. Improvements of emergence and tuber yield of potato in a seasonal spring arid region using plastic film mulching only on the ridge[J]. *Field Crops Research*, 2018, 223(3): 57-65.
- [31] ZHANG Y L, WANG F X, CLEON S C, et al. Effects of plastic mulch on the radiative and thermal conditions and potato growth under drip irrigation in arid Northwest China[J]. *Soil & Tillage Research*, 2017, 172(4): 1-11.
- [32] 张小静, 李雄, 陈富, 等. 影响马铃薯块茎品质性状的环境因子分析[J]. *中国马铃薯*, 2010, 24(6): 366-369.
ZHANG Xiaojing, LI Xiong, CHEN Fu, et al. Environmental factors influencing quality traits of potato tubers[J]. *Chinese Potato Journal*, 2010, 24(6): 366-369.

- 2010, 24(6): 366-369.
- [33] 柳玉凤, 谢英荷, 杨福田, 等. 夏闲覆盖和种植方式对黄土旱塬小麦产量及土壤水分的影响[J]. 灌溉排水学报, 2019, 38(4): 36-42.
- LIU Yufeng, XIE Yinghe, YANG Futian, et al. Effects of summer mulch and planting methods on soil water and winter wheat yield at dryland in loess plateau[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2019, 38(4): 36-42.
- [34] AKHTAR K, WANG W Y, AHMAD K, et al. Wheat straw mulching offset soil moisture deficient for improving physiological and growth performance of summer sown soybean[J]. Agricultural Water Management, 2019, 211(1): 16-25.
- [35] LI Q, LI H B, LI Z, et al. Mulching improves yield and water-use efficiency of potato cropping in China: A meta-analysis[J]. Field Crops Research, 2018, 221(4): 50-60.
- [36] 中华人民共和国农业部. 农业部关于印发《“十三五”农业科技发展规划》的通知[EB/OL]. 中华人民共和国农业部科技教育司, 2017. Ministry of Agricultural of the people's Republic (MOA). China's 13th five-year agricultural scientific and technological plan [EB/OL]. Department of science and technology education, ministry of agriculture, People's Republic of China, 2017.

Effects of Different Mulching Methods on Soil Moisture-temperature and Tuber Yield of Potato Cultivars with Different Maturities

MA Jiantao¹, CHEN Yuzhang¹, CHENG Hongbo², LAN Xuemei¹, LI Yawei¹,
LI Rui¹, CHAI Yuwei¹, CHANG Lei¹, CHAI Shouxi^{1*}

(1. Gansu Provincial Key Laboratory of Aridland Crop Science/Gansu Agricultural University College of Agronomy, Lanzhou 730070, China; 2. Gansu Agricultural University College of Bioscience and Technology, Lanzhou 730070, China)

Abstract: 【Objective】We aimed to deeply investigate the effects of mulching patterns on soil moisture-temperature and tuber yield of potato cultivars with different maturities under semiarid rain-fed ecosystem. 【Method】The effects of mulching practices (whole maize straw strips mulching-SM, plastic film mulching-PM, traditional flat-planting-CK) on the soil water and heat status, tuber yield and water use efficiency of potato in local typical cultivars of early maturing (EMC, LK99), medium maturing (MMC, Kexin 1) and late maturing (LMC, Qingshu 9) were studied by open field experiments. 【Result】Compared with CK, both SM and PM treatments significantly reduced the water consumption of all cultivars of potato during the whole growth stage by 11.0%~19.0%, and the soil water storage capacity of SM and PM increased on average by 24.6, 29.5 and 48.9 mm from the EMC, MMC and LMC, respectively, and there was no significant difference in soil water storage capacity between SM and PM in the same potato cultivar. Compared with CK, The average soil temperature with PM treatment of 5~25 cm soil layer during the whole growth stage of EMC, MMC and LMC was 1.6, 1.6 and 1.4 °C higher, while the average soil temperature with SM was slightly ($P>0.05$) lower than that of CK in all potato cultivars. SM and PM significantly increased the fresh weight of single tuber and commodity rate in all potato cultivars, and thus the drying tuber yield of all potato cultivars and water use efficiency (WUE_D) were 21.6%~51.4% and 44.2%~77.1% higher than that of CK, respectively. The tuber yield and WUE_D of SM were similar to those of PM in EMC and LMC, but in MMC, both tuber yield and WUE_D of SM were significantly lower than those of PM. 【Conclusion】Based on factors such as potato cultivar maturity, soil thermal-moisture utilization and tuber yield of potato, SM is a kind of clean production mode with high-yield and high-efficiency. It can significantly improve potato yield and water use efficiency. However, in order to obtain higher yield and water use efficiency in dryland area, a scientific combination of different potato cultivars maturities and mulching pattern is needed.

Key words: whole maize straw strips mulching; plastic film mulching; potato; soil moisture-temperature; tuber yield

责任编辑: 韩 洋