

中图分类号: S532 文献标识码: B 文章编号: 1672-3635(2014)06-0335-05

黄土高原半干旱区马铃薯保护性耕作技术的筛选

牟丽明¹, 谢军红^{2,3*}, 杨习清⁴

(1. 定西市农业科学研究院, 甘肃 定西 743000; 2. 甘肃省干旱生境作物学重点实验室, 甘肃 兰州 730070;
3. 甘肃农业大学农学院, 甘肃 兰州 730070; 4. 甘肃农业大学理学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 针对黄土高原半干旱水资源短缺, 水土流失严重, 马铃薯播种面积大, 但生产技术落后, 缺乏对以收获地下块茎为主的具有良好水保功能保护性耕作技术的理论研究。本文通过大田试验, 以传统耕种为对照比较研究了6种保护性耕作措施对马铃薯产量和水分利用效率的影响, 结果表明, 在黄土高原半干旱区, 对于收获地下块茎的马铃薯, 垄上覆膜沟内草膜双覆盖摆种、垄上覆膜沟内覆草浅播摆种和垄上覆膜沟内覆草摆种三种保护性耕作技术是可行的, 三种技术的采用使各自的产量和水分利用效率较传统耕种分别提高30.0%、22.0%、17.2%和44.2%、27.4%、22.1%, 且不降低马铃薯商品品质。

关键词: 马铃薯; 保护性耕作; 筛选; 黄土高原

Screening for Potato Conservation Tillage Technology in Semi-arid Region of Loess Plateau

MU Liming¹, XIE Junhong^{2,3*}, YANG Xiqing⁴

(1. Dingxi Academy of Agricultural Sciences, Dingxi, Gansu 743000, China; 2. Gansu Provincial Key Laboratory of Arid Land Crop Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China; 3. Faculty of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China;
4. Faculty of Science, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: Water resource shortage and serious soil erosion are the main problems in the semi-arid region of the Loess Plateau in China, where potato is one of the dominant crops in the area. However, the potato cultivation technology is backward and the research and successful conservation tillage practices for tuber crops like potato is sparse. Therefore, it is of great importance to develop suitable conservation practices for potato production in the semi-arid areas on the Loess Plateau. In this research, the tuber yield and water use efficiency of six conservation tillage treatments were compared to conventional cultivation. Surface seeding in the stubble and the whole mulched with plastic film in furrow and ridge, shallow seeding in the stubble of furrow and mulched ditch with plastic film mulched ridge, and surface seeding in the stubble of furrow and mulched with plastic film on the ridge were the suitable conservation tillage cultivation technologies for potato. These practices could be adopted, and the tuber yield and water use efficiency were increased by 30.0%, 22.0% and 17.2%, and 44.2%, 27.4% and 22.1%, respectively, compared with conventional tillage cultivation, meanwhile the quality of potatoes was not reduced.

Key Words: potato; conservation tillage; screening; Loess Plateau

黄土高原丘陵沟壑区, 受资源型缺水, 水土流失、农业生产方式落后的影响, 土地瘠薄, 生态脆弱。本试验研究筛选出的适宜于不同地类、不同作物且具有节本增效的保护性耕作技术对农

收稿日期: 2014-09-29

基金项目: 农业部公益性行业计划项目(201103001); 甘肃农业大学盛彤笙创新基金项目(GSAU-ST5-1226, GSAU-ST5-1240)。

作者简介: 牟丽明(1975-), 女, 副研究员, 主要从事农作物新品种选育及产业化开发工作。

*通信作者(Corresponding author): 谢军红, 助理研究员, 从事保护性农业、旱地农业技术推广工作, E-mail: xiejh@gsau.edu.cn。

业增产、农民增收和生态保护具有重大意义。马铃薯作为黄土高原半干旱地区的特色和主栽作物之一, 目前种植大多采用传统的平作坑种培土耕作技术, 受水资源短缺和栽培技术落后的影响, 马铃薯产量徘徊不前, 水分利用效率较低。因此, 如何有效提高降水利用效率和提高其产量是发展试区马铃薯产业的重点问题^[1]。近年来, 免耕结合秸秆覆盖作为低耗可持续农业和保护性耕作的一种重要手段, 在生产实践中得到了推广应用。研究发现, 除改善作物的种植结构、作物水分利用状况能提高作物的水分利用效率外, 通过农艺措施调控降水的入渗、分配与利用, 进而提高其有效性成为当前旱作农业作物栽培领域研究的热点问题^[2,3], 就覆盖方式而言, 有秸秆^[4,5]、地膜覆盖^[6,7]、秸秆+地膜覆盖^[8,9]、秸秆+地膜覆盖结合沟垄种植^[10,11]等不同形式, 均能不同程度的增加降雨入渗, 防止土壤侵蚀, 提高水分有效性, 具有明显的增温、保墒、增产和提高水分利用效率的作用, 但这些研究多围绕收获地上部分的作物展开, 对以收获地下器官为目的薯类作物研究与应用较少^[12]。

本试验研究了包括传统耕种在内的7种植植模式对马铃薯土壤贮水量、产量与水分利用效率的影响, 以期为黄土高原半干旱区马铃薯保护性耕作技术体系提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

中早熟马铃薯品种‘费乌瑞它’脱毒一级原种, 适合黄土高原半干旱区种植。

播前选择无病虫害、冻害, 表皮光滑新鲜, 单个在30 g以上的块茎做种薯, 对于薯块大的将其切成30~40 g大小即可。覆盖物为5 cm长小麦秸秆, 覆盖量为34 462 kg/hm², 覆好秸秆并在上面撒上湿土, 防大风将秸秆吹走。地膜为0.008 mm厚的黑色低压膜。

1.2 试区概况

试验于2012年在甘肃农业大学定西旱农综合试验站实施。该区属中温带偏旱区, 平均海拔2 000 m, 年平均太阳辐射在141.6 kcal/cm², 年日照时数在2 476.6 h, 年均温6.4℃, ≥10℃积温2 239.1℃, 年降雨量390.9 mm, 年蒸发量1 531 mm, 干燥度2.53, 80%保证率的降水量为365 mm, 变异系数为24.3%, 为黄土高原西部典型的半干旱雨养农业区。当年降雨量为486.7 mm, 马铃薯生育期降雨量410.7 mm, 具体分布见图1。土壤为典型的黄绵土, 土质绵软, 土层深厚, 质地均匀, 贮水性能良好。0~200 cm土壤容重平均为1.17 g/cm³。试验前茬为豌豆。

1.3 试验设计

试验采用随机区组设计, 设7个处理(表1), 以传统平作坑种培土耕种为统一对照。各处理3次重复, 小区面积为27 m²。4月11日进行了试验各处理的布置。5月1日完成马铃薯播种, 播种密度: 52 500 株/hm²; 施肥量: 纯N 200 kg/hm², 纯P₂O₅ 150 kg/hm², K₂O 240 kg/hm²在距种薯6 cm处作为种肥穴施。各处理生育期间均不中耕追肥, 勤除草。

处理1(对照): 前作收获后至冻结前三耕两

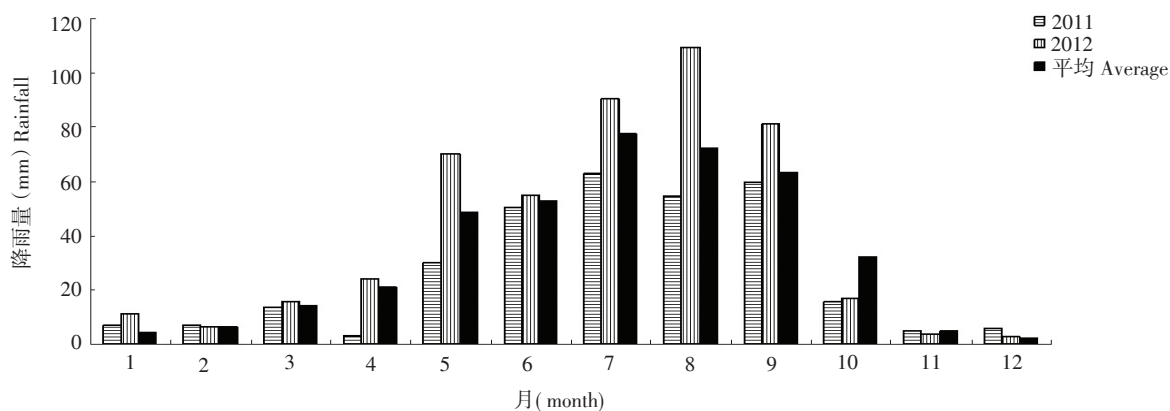


图1 降雨量分布

Figure 1 Distribution of rainfall

表1 各处理种植方式
Table 1 Various treatments of cultivation methods

处理 Treatment	种植方式 Planting Method
1	传统平作坑种(对照)
2	垄上覆膜沟内覆草摆种
3	垄上覆膜沟内覆草浅播摆种
4	垄上覆草摆种
5	平作覆草摆种
6	垄上不覆膜沟内覆草摆种
7	垄上覆膜沟内草膜双覆盖摆种

糖，播种时将马铃薯播种于10~15 cm深的土壤中；处理2：前作收获后免耕，翌年4月11日开沟起垄，垄底宽30 cm，沟宽70 cm，垄高15 cm，垄上覆盖地膜，沟内覆盖秸秆，播种时将种薯在沟内秸秆下贴地表“品”字形摆种；处理3：前期土壤处理同处理2，播种时将马铃薯浅播5 cm土层；处理4：前作收获后免耕，翌年4月11日开沟起垄，垄面宽70 cm，沟宽30 cm，垄高15 cm，垄上覆盖秸秆，播种时在垄上秸秆下贴地表“品”字形摆种；处理5：前作收获后免耕，翌年4月11日直接覆盖秸秆，播种时将马铃薯在秸秆下贴地表“品”字形摆种；处理6：所有操作同处理2，但垄上不覆盖地膜；处理7：土壤前期处理同处理2，待沟内覆盖完秸秆后垄上、垄沟全地面地膜覆盖，沟内留适度的渗水孔，播种时在沟内地膜、秸秆低下贴地表“品”字形摆种马铃薯。

1.4 土壤水分的测定

采用烘干称重法和中子仪法测定。土壤水分测定深度为200 cm，共9个层次。其中0~10 cm用烘干法，10~200 cm用中子仪测定，测定层次为0~5 cm，5~10 cm，10~30 cm，30~50 cm，50~80 cm，80~110 cm，110~140 cm，140~170 cm，170~200 cm。

1.5 产量的测定

收获前，随机取样15株，室内考种数其单株结薯总数及绿薯数，收获时各个小区单独收获计产，并按大薯(250 g以上)、中薯(50~250 g)和小薯(50 g以下)标准分类称重，计算大薯率、中薯率和小薯率，以各小区实际收获产量折算公顷产量。

1.6 作物耗水量的计算

作物耗水量用农田水分平衡法计算。简化的农田水分平衡方程式为：

ET = P - ΔW

式中：ET为作物耗水量；P为降水量；ΔW为收获后与播种前土壤贮水量之差。式中均以mm为单位。

1.7 水分利用效率的计算

水分利用效率的计算公式为：

WUE = Y/ET

式中，Y为块茎产量(kg/hm²)；ET为作物一生的耗水量(mm)。

1.8 数据分析

应用SPSS16.0软件，采用单因素方差分析(One-way ANOVA)，用LSD法进行平均数间差异显著性测验。

2 结果与分析

2.1 不同覆膜种植方式对马铃薯的产量及商品品质的影响

不同覆膜种植方式对马铃薯产量和商品品质有显著影响(表2)。其中处理7、3、2，较处理1具有显著的增产作用，产量分别较处理1显著增产30.0%、22.0%和17.2%(P < 0.05)；处理6的产量较处理1增产10.8%，但不显著(P > 0.05)；处理4和5产量较处理1分别减产11.5%和2.4%，但不显著(P > 0.05)。不同覆膜种植方式显著影响马铃薯的绿薯率，其中处理6、5和4的绿薯率较处理1分别提高24%、40%和61%(P < 0.05)；其余3个处理与处理1无显著差异。覆膜种植方式对马铃薯块茎大小无显著影响。

综合以上结果表明，处理7、3和2这3种保护性马铃薯耕作技术较处理1，具有显著的增产作用，且不影响马铃薯的商品品质。

2.2 不同覆膜种植方式对马铃薯的水分利用效率的影响

覆膜种植方式显著影响马铃薯的耗水量和水分利用效率(表3)。

其中处理7的耗水量最低，较处理1显著降低9.7%，处理4耗水量最高，虽然和处理1无显著差异，但是较处理2、3耗水量分别显著增加6.5%和6.7%(P < 0.05)，其余3个处理和处理1耗水量无显著差异。

另外，水分利用效率，处理7、3和2，较处理1马铃薯土壤的水分利用效率分别显著提高

表2 不同处理对马铃薯产量和商品薯性状的影响
Table 2 Effects of various treatments on potato yield and tuber commodity

处理 Treatment	产量(kg/hm ²) Yield	大薯率(%) Big tuber rate	中薯率(%) Middle tuber rate	小薯率(%) Small tuber rate	绿薯率(%) Green tuber rate
1	12667 cd	21.14 a	22.60 a	56.26 a	6.29 d
2	14840 ab	16.90 a	39.57 a	43.52 a	22.06 cd
3	15457 ab	31.20 a	21.01 a	47.78 a	13.00 cd
4	11210 d	25.36 a	37.91 a	36.73 a	67.36 a
5	12358 cd	26.88 a	35.23 a	37.89 a	46.75 ab
6	14037 bc	28.39 a	22.27 a	49.34 a	30.59 bc
7	16463 a	27.44 a	23.53 a	49.03 a	3.78 d

注：大薯 250 g 以上，中薯 50~250 g，小薯 50 g 以下；不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)，下同。

Note: big tuber—more than 250 g, middle tuber— 50 ~ 250 g, and small tuber—less than 50 g. Different small letters mean significant difference at $P<0.05$. The same below.

表3 不同处理的水分利用效率
Table 3 Water use efficiency of various treatments

处理 Treatment	降雨量 (mm) Rainfall	土壤贮水量 (mm) Soil water storage		耗水量 (mm) Water consumption	水分利用效率 (kg/hm ² ·mm) Water use efficiency
		播前 (Sowing stage)	收后 (Harvesting stage)		
1	410.7	385.6 ab	393.2 b	403.1 ab	31.4 cd
2	410.7	367.7 c	391.2 b	386.9 b	38.4 b
3	410.7	363.7 c	388.2 bc	386.3 b	40.0 b
4	410.7	371.2 bc	369.8 d	412.2 a	27.3 d
5	410.7	362.8 c	375.5 cd	398.0 ab	31.1 cd
6	410.7	377.0 bc	391.9 b	395.7 ab	35.5 bc
7	410.7	392.9 a	439.7 a	363.9 c	45.3 a

44.2%、27.4%和 22.1% ($P<0.05$)，其余 3 个处理和处理 1 无显著差异。马铃薯播前、收获后贮水量常用来辨别水分利用效率的高低，本试验中 4 月 11 日进行了各处理的布置，5 月 1 日完成马铃薯播种，期间总降水 26.5 mm，研究发现经过前期处理，各处理播种期土壤贮水量已发生明显变化，具体由高到低的排序为处理 7>处理 1>处理 6>处理 4>处理 2>处理 3>处理 5，处理 7 的土壤贮水量虽与处理 1 无显著差异，但显著高于处理 2、3 和 5。收获期的土壤贮水量，处理 7 最高，处理 5、4 最低，3 个处理和处理 1 差异显著。

以上结果说明，黄土高原半干旱区采用覆膜沟内草膜双覆盖摆种、垄上覆膜沟内覆草浅播和垄上覆膜沟内覆草摆种技术较传统耕种能显著提高马铃薯水分利用效率。

2.3 不同覆膜种植方式下马铃薯土壤贮水量的动态变化

马铃薯地的土壤贮水量受降雨量的影响较大，各处理全生育期的土壤贮水量大体呈抛物线形变化，随生育期的推移，处理间土壤贮水量间的差异呈逐渐增大趋势(图 2)。处理 7 由于采用了全地表覆盖垄沟种植技术，能有效蓄积雨水并降低土壤蒸发，使得各测定时期土壤贮水量均高于其它处理。处理 1 由于具体操作中土壤较沟垄种植扰动较小，使得从播种到生长 90 d 较除处理 7 之外的处理均保持有较高的土壤贮水量。90~105 d 受降雨量较低和马铃薯后期生长的影响传统耕种的贮水量下降明显，除处理 7 外各处理间土壤贮水量差异变小。130~160 d，处理 3、4、5 的土壤贮水量呈降低趋势；处理 1、2 和 6 基本持平。

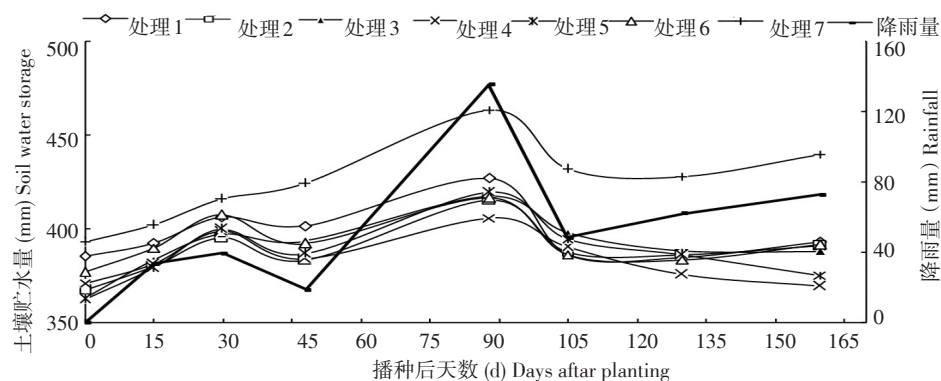


图2 土壤贮水量的动态变化

Figure 2 Dynamic changes of soil water storage

3 讨 论

垄上覆膜沟内草膜双覆盖摆种、垄上覆膜沟内覆草浅播摆种和垄上覆膜沟内覆草摆种3种马铃薯保护性耕作种植技术，均较传统耕种具有显著的增产和提高水分利用效率的作用，其产量和水分利用效率较传统耕种分别提高分别增加30.0%、22.0%、17.2%和44.2%、27.4%、22.1%，且对马铃薯商品品质无影响，是黄土高原半干旱区马铃薯现代保护性种植新技术。以上3种植植技术的共同点是都应用了沟垄系统，沟垄系统通过垄上地膜覆盖使有限降水(小于5 mm的为无效降水)在沟中叠加，改善了沟内水环境，增加了有限水资源的资源化利用程度，同时在马铃薯种植中配合秸秆覆盖、秸秆+地膜二元覆盖，形成的全地表覆盖环境，降低了土壤水分无效蒸发，创造了适宜于作物生长的微环境，有利于马铃薯产量和水分利用效率的提高^[13-15]。在一定的秸秆(秸秆+地膜)保证覆盖度的条件下，马铃薯摆种、浅播可以实现节本增效保土的功能，因此在黄土高原半干旱区对于以收获地下块茎为目标的作物，保护性耕作技术是可行的。

[参 考 文 献]

[1] 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土壤水分和产量的影响[J]. 水土保持学报, 2010, 24(1): 249-256.

[2] 薛少平, 朱琳, 姚万生, 等. 麦草覆盖与地膜覆盖对旱地可持续利用的影响[J]. 农业工程学报, 2002, 18(6): 71-73.

[3] 黄高宝, 张恩和. 甘肃黄土高原生态环境建设与农业可持续发展战略研究[J]. 水土保持学报, 2002(1): 16-19.

[4] Huang G B, Zhang R Z, Li G D, et al. Productivity and sustainability of a spring wheat-field pea rotation in a semi-arid

environment under conventional and conservation tillage systems [J]. Field Crops Research, 2008, 107: 43-55.

[5] 李玲玲, 黄高宝, 张仁陟, 等. 免耕秸秆覆盖对旱作农田土壤水分的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(5): 94-96.

[6] 黄高宝, 方彦杰, 李玲玲, 等. 旱地全膜双垄沟播玉米高效用水机制研究[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(6): 116-121.

[7] 李世清, 李东方, 李凤民, 等. 半干旱农田生态系统地膜覆盖的土壤生态效应[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2003, 31(5): 21-28.

[8] 韩思明. 黄土高原旱作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.

[9] 吴荣美, 王永鹏, 李凤民等. 秸秆还田与全膜双垄集雨沟播耦合对半干旱黄土高原玉米产量和土壤有机碳库的影响[J]. 生态学报, 2012, 32(9): 2855-2862.

[10] Zhou L M, Li F M, Jin S L. How two ridges and the furrow mulched with plastic film affects soil water temperature and yield of maize on the semiarid Loess Plateau of China [J]. Field Crops Research, 2009, 113(1): 41-47.

[11] Li X Y, Gong J D, Wei X H. In-situ rain water harvesting and gravel mulch combination for corn production in the dry semi-arid region of China [J]. Journal of Arid Environments, 2000, 46(4): 371-382.

[12] 赵天武, 黄高宝, 轩春香, 等. 黄土高原旱地不同保护性耕作措施对马铃薯田土壤水温效应及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(1): 101-106.

[13] 廖允成, 温晓霞, 韩思明. 黄土高原旱地小麦覆盖保水技术效果研究[J]. 中国农业科学, 2003, 36(5): 548-552.

[14] 李凤民, 王静, 赵松岭. 半干旱黄土高原集水高效旱地农业的发展[J]. 生态学报, 1999, 19(2): 260-264.

[15] 晋小军, 李国琴, 潘荣辉. 甘肃高寒阴湿地区地膜覆盖对马铃薯产量的影响[J]. 中国马铃薯, 2004, 18(4): 207-210.