

不同栽培方式与施肥对马铃薯产量及其水分利用效率的影响

张平良¹ 郭天文² 李书田³ 刘晓伟¹ 曾骏¹

(1 甘肃省农业科学院旱地农业研究所, 甘肃 兰州, 730070; 2 甘肃省农业科学院, 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, 研究了不同地膜覆盖种植方式与平衡施肥对旱地马铃薯产量及其水分利用效率的影响。结果表明, 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; 与裸地相比, 全膜覆盖平作和全膜覆盖垄播马铃薯块茎产量分别显著增加 43.4%–60.7% 和 18.8%–32.5%, 水分利用效率分别显著提高 59.4%–79.6% 和 38.3%–50.3%; N、P₂O₅ 和 K₂O 的用量分别为 14、7、6 公斤/亩时, 马铃薯产量和水分利用效率最高。因此, 在年均降雨量 415 毫米旱作区, 全膜覆盖垄播栽培与平衡施肥匹配可显著提高马铃薯块茎产量及其水分利用效率。

关键词: 全膜覆盖垄播; 平衡施肥; 马铃薯; 产量; 水分利用效率

自然降水是黄土高原半干旱地区旱地作物所需水分的唯一来源, 如何通过耕作与覆盖等措施蓄水保墒、提高水分利用效率一直是该区作物生产面临的主要问题^[1-3]。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旱地农业发展的必然选择和大前提^[4]。肥和水是旱地农业生产的两大限制因子, 根据土壤水分合理施肥, 以肥调水, 以水促肥, 促进作物生长发育和提高作物产量成为农业综合发展的关键技术^[5-7]。水肥之间存在着耦合效应, 尤其在旱地农业研究中, 水肥耦合效应尤为明显, 如何在旱地水分限制的条件下, 通过合理施肥提高作物产量和水分利用效率一直是国内外研究的热点^[8]。我国旱地马铃薯地膜覆盖栽培从上世纪九十年代中期迅速掀起, 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], 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其施肥对马铃薯生长、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, 为旱作农业生产提供技术理论支撑, 对区域经济发展起到积极作用。

1 材料与方方法

1.1 试验地概况

试验设在定西市安定区团结镇唐家堡村 (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, 海拔约 1932–2520 米, 近几年年均降雨量 415 毫米左右, 季节分布不均, 多集中在 7、8、9 三个月, 年蒸发量 1531 毫米, 0–200 厘米土壤容重平均为 1.26 克/立方厘米。

表 1 供试土壤养分状况

pH	OM (克/公斤)	(毫克/公斤)										
		NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Zn	B
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

年份	降水量 (毫米)												
	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	合计
2014	0	12.2	6.6	76.3	17.2	81.9	34.1	73.0	124.6	56.3	7.5	0	489.7

1.2 试验材料

试验地耕层(0-20厘米)土壤养分状况见表1, 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

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; 每个覆盖种植方式下配方施肥(N₁)-N₁₄P₇K₆、农民习惯施肥(N₂)-N₁₀P₆K₀、不施肥(N₃)-N₀P₀K₀3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平方米。所用肥料全部作为基肥一次性施入。

全膜覆盖平作种植是用120厘米地膜紧贴地面覆盖, 马铃薯在膜面上播种2行, 形成马铃薯宽、窄行分别为70厘米、40厘米, 播种量同上。

处理	覆盖模式	施肥水平	养分用量(公斤/亩)		
			N	P ₂ O ₅	K
F1N1	全膜覆盖垄播(F1)	N1	14	7	6
F1N2		N2	10	6	0
F1N3		N3	0	0	0
F2N1	全膜覆盖平作(F2)	N1	14	7	6
F2N2		N2	10	6	0
F2N3		N3	0	0	0
F3N1	裸地平作(F3)	N1	14	7	6
F3N2		N2	10	6	0
F3N3		N3	0	0	0

注: 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厘米, 大垄宽70厘米、小垄宽40厘米的双垄, 再用120厘米地膜全地面、全生育期覆盖, 铺膜时地膜紧贴地面, 同时在膜上隔5米打一土带, 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厘米, 小垄上不种植, 播种密度为3300株/亩。

裸地平作是整地后不覆膜, 玉米宽、窄行为70厘米、40厘米, 同上述种植方式同时播种, 播种量同上。

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, 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表现为: N₁₄P₇K₆(N1) > N₁₀P₆K₀(N2) > N₀P₀K₀(N3), 其中在全膜覆盖垄播种植方式下, F1N1较F1N2和F1N3分别增加25.4%和50.5%。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, N₁₄P₇K₆施肥效果尤为明显。

2.2 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5可知, F1N1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表现为: 全膜覆盖垄播(F1) > 全膜覆盖平作(F2) > 裸地平作(F3), 与裸地相比, 全膜覆盖平作和全膜覆盖垄播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: N₁₄P₇K₆(N1) > N₁₀P₆K₀

处理	覆盖模式	施肥水平	干物质积累量(公斤/亩)			
			苗期	花期	块茎膨大期	收获期
F1N1	全膜覆盖垄播(F1)	N ₁₄ P ₇ K ₆	45a	136a	185a	326a
F1N2		N ₁₄ P ₇ K ₀	32b	94bc	123bc	260b
F1N3		N ₀ P ₀ K ₀	18cd	55d	74d	216bcd
F2N1	全膜覆盖平作(F2)	N ₁₄ P ₇ K ₆	42ab	119ab	130ab	291ab
F2N2		N ₁₄ P ₇ K ₀	25bc	119ab	127ab	232bc
F2N3		N ₀ P ₀ K ₀	12d	111b	120bc	197cd
F3N1	裸地平作(F3)	N ₁₄ P ₇ K ₆	9cde	83c	100bcd	199cd
F3N2		N ₁₄ P ₇ K ₀	9de	73cd	96bcd	195cd
F3N3		N ₀ P ₀ K ₀	5e	58cd	90cd	186d

表 5 马铃薯产量及经济效益分析

处理	覆盖模式	施肥水平	产量		纯收益	
			(公斤/亩)	较 F3 增产 (%)	(公斤/亩)	较 F3 增产 (%)
F1N1	全膜覆盖垄播 (F1)	N ₁₄ P ₇ K ₆	1824a	43.4	1332a	49.6
F1N2		N ₁₄ P ₇ K ₀	1719ab	60.7	1296ab	66.9
F1N3		N ₀ P ₀ K ₀	1307bcd	52.7	1045bcd	52.7
F2N1	全膜覆盖平作 (F2)	N ₁₄ P ₇ K ₆	1667abc	31.1	1207abc	35.5
F2N2		N ₁₄ P ₇ K ₀	1417bc	32.5	1055bc	35.9
F2N3		N ₀ P ₀ K ₀	1016de	18.8	813cde	19.0
F3N1	裸地平作 (F3)	N ₁₄ P ₇ K ₆	1272cd	--	890cd	--
F3N2		N ₁₄ P ₇ K ₀	1069cde	--	776de	--
F3N3		N ₀ P ₀ K ₀	856e	--	684e	--

(N₂)>N₀P₀K₀(N₃), 其中在全膜覆盖垄播 (F1) 方式下, F1N1 比 F1N2 和 F1N3 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, 有利于增加马铃薯产量和经济效益, N₁₄P₇K₆ 施肥量下效果明显。



2.3 不同覆盖种植方式及施肥对马铃薯耗水特性及其水分利用效率的影响

由表 6 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, F1N1 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 F1N1 和 F2N1 处理较 F3N1 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: N₁₄P₇K₆(N₁)>N₁₀P₆K₀(N₂)>N₀P₀K₀(N₃), 其中在全膜覆盖垄播 (F1) 方式下, F1N1 比 F1N2 和 F1N3 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 F1N1 处理效果明显。

表 6 马铃薯水分利用效率和耗水特性

处理	覆盖模式	耗水组成 (毫米)			耗水量	水分利用效率 (公斤/毫米/亩)
		播前土壤水	收获土壤水	降水		
F1N1	全膜覆盖垄播 (F1)	405	418	385	372	4.9a
F1N2		405	423	385	366	4.7ab
F1N3		405	447	385	342	3.8cd
F2N1	全膜覆盖平作 (F2)	405	404	385	385	4.3bc
F2N2		405	429	385	361	3.9bcd
F2N3		405	450	385	340	3.0de
F3N1	裸地平作 (F3)	405	376	385	414	3.1cde
F3N2		405	381	385	409	2.6de
F3N3		405	393	385	396	2.2e

3 讨论

全膜覆盖平作种植(传统地膜覆盖)由于地膜覆盖的增温抑蒸效果,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需作物生长,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的提高。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。因此,在年均降雨量 415 毫米的生态类型区,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,并配套响应施肥水平,可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。



参考文献

[1] 张树兰, Lovdahl L, 同延安, 等. 渭北旱塬不同田间管理措施下冬小麦产量及水分利用效率[J]. 农业工程学报, 2005, 21(4):20-24.

[2] 孟晓瑜, 王朝辉, 李富翠, 等. 底墒和施氮量对渭北旱塬冬小麦产量与水分利用的影响[J]. 应用生态学报, 2012, 23(2):369-375.

[3] 邓妍, 高志强, 孙敏, 等. 夏闲期深翻覆盖对旱地麦田土壤水分及产量的影响[J]. 应用生态学报, 2014, 25(1):132-138.

[4] 陈小莉, 李世清, 王瑞军, 等. 半干旱区施氮和灌溉条件下覆膜对春玉米产量及氮素平衡的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 13(4):652-658.

[5] Akinremi O O. Simulation of soil moisture and other components of the hydrological cycle using a water budget

4 小结

4.1. 在年均降雨量 415 毫米的旱作区, 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 平衡施肥增加效果显著。

4.2. 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, 较裸地马铃薯产量显著增加 43.4% - 60.7%, 水分利用效率显著提高 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。

4.3. 在全膜覆盖垄播种植方式下, N、P₂O₅ 和 K₂O 的用量分别为 14 公斤/亩、7 公斤/亩、6 公斤/亩(F1N1 处理), 马铃薯块茎产量和水分利用效率最高, 较 F1N3 处理分别显著提高 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。

approach[J]. Canadian Journal of Soil Science, 1996, 75: 133-142.

[6] Kessler J J. Usage of the human carrying capacity concept in assessing ecological sustainability of land-use in semi-arid region[J]. Agricultural Ecosystems and Environment, 1994, 48:273-284.

[7] 杨文, 周涛. 氮磷配施对旱地春小麦水分利用效率及水肥交互作用的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(5):13-16.

[8] 王兵, 刘文兆, 党廷辉, 等. 黄土塬区旱作农田长期定位施肥对冬小麦水分利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(5):829-834.

[9] 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.