

施肥与保水剂对半干旱区马铃薯增产效应的研究

张朝巍^{1,2}, 董 博^{1,3*}, 郭天文¹, 张东伟¹

(1. 甘肃省农业科学院旱地农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 农业部西北作物抗旱栽培与耕作重点实验室, 甘肃 兰州 730070; 3. 甘肃省旱作区水资源高效利用重点实验室, 甘肃 兰州 730070)

摘 要: 在陇中半干旱区, 探讨施肥和施加保水剂对马铃薯增产效应的影响。结果表明: 保水剂、施肥都可以增加马铃薯产量, 而保水剂与施肥结合对马铃薯的增产效果更加显著, 体现了保水剂和施肥结合的交互作用。施用保水剂增加了冠幅(17.5%~52.7%), 增加了马铃薯植株有效光合面积; 在盛花期及块茎膨大期, 保水剂结合施肥提高了马铃薯叶片光合速率, 延长了马铃薯茎叶生育期 8~12 d, 延长了光合时间, 产量得到相应增长。其中以处理 B(普通施肥+保水剂)效果最佳, 比对照增产 27.8%。

关键词: 保水剂; 施肥; 产量; 马铃薯

中图分类号: S152.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)06-0152-05

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)是旱作区主要种植作物之一, 成为陇中半干旱区农业发展支柱产业。定西地区是典型的半干旱雨养农业区, 由于土地贫瘠、气候干旱、降雨季节分配不均匀^[1], 如何充分利用有限的降水资源, 提高水分利用效率(WUE), 成为提高该地区马铃薯产量的重要途径。已有研究证明, 通过合理的水肥管理和覆膜等技术可提高该地区马铃薯产量和水分利用效率(WUE)^[2,3]。

保水剂是土壤的良好胶结剂, 既能改善土壤结构, 促进团粒的形成, 还能蓄水保墒^[4,5], 且土水势越高, 水分有效性越高^[6]。保水剂还能提高降雨的入渗率^[7], 防止土壤表面结皮, 减少地表径流防止水土流失。因为它具有较好的抑制土壤水分蒸发能力, 所以可调节降水的季节分配, 改善干旱半干旱地区作物生长的土壤水分环境, 提高水分利用效率(WUE)和作物产量^[8~10], 且对作物无毒、无害、无副作用^[11]。

本研究设在甘肃省定西市安定区, 开展大田小区实验研究, 分析施肥与保水剂施用对该区域马铃薯生长、土壤水分环境的调控作用, 揭示保水剂施用技术的作用机理, 从而为应用保水剂提高该地区雨水资源利用效率、提高马铃薯产量提供技术依据。

1 试验材料和方法

1.1 试验材料与试验区概况

试验所用的马铃薯品种为陇薯 3 号, 由甘肃省农业科学院马铃薯研究所育成。该品种适应性广,

淀粉含量高, 淀粉颗粒大, 白度高, 粘度强, 糊化温度低。比普通品种出粉率高 17.1%~33.3%, 属中晚熟品种, 生育期 110 d 左右。试验地前茬为豌豆。

试区土壤为黄绵土, 耕层基础养分如表 1 所示。试验区年平均降水量 430 mm, 年平均气温 6.2℃, 海拔 1 950 m, 年辐射总量 5 898 MJ/m², 年日照时数 2 500 h, ≥10℃积温 2 075.1℃, 试区为典型的半干旱生态类型。

1.2 试验方法

试验设 5 个处理: 普通施肥[施肥种类为尿素(含 N 46%)和过磷酸钙(含 P₂O₅ 14%)], 施肥量见表 2, 播前作为基肥一次性施入(A); 普通施肥+保水剂处理(B); 普通施肥+1N+保水剂处理(C); 普通施肥+1P+保水剂(D); 不施肥(CK)。以马铃薯陇薯 3 号为供试作物, 采用株间打孔的方法施加保水剂。试验采取随机区组设计, 每处理重复 3 次, 小区面积为 35 m², 行距 60 cm, 株距 28 cm, 播深 18 cm, 种植密度为 60 000 株/hm²。2007 年 4 月 25 日人工等距点播, 5 月 30 日出苗, 10 月 10 日收获, 生育期间管理同一般大田, 播前施有机肥 30 000 kg/hm², 均以基肥形式施入。

保水剂成分: 50%硫酸钾 8 kg, 52%磷酸二氢钾 6 kg, 46.4%尿素 16.4 kg, 分析纯硫酸镁 1 kg, 分析纯硫酸锌 1 kg, 共聚物(聚氯乙酸钾、聚氯乙酸钠) 0.7 kg, 水 2 000 kg。保水剂待搅拌均匀后, 于马铃薯盛花期采用 10~15 cm 穴施的方法一次性施入, 每穴 500 g 湿基。

收稿日期: 2011-05-05
基金项目: 中加合作 IPNI 资助项目“甘肃省主要农业土壤养分管理与平衡施肥”(NMBF-Gansu-2008)
作者简介: 张朝巍(1976—), 男, 甘肃白银人, 硕士, 助理研究员, 主要从事旱作农业和土壤肥料方面的研究。E-mail: zcy768@163.com。
* 通讯作者: 董 博(1981—), 男, 山东聊城人, 主要从事旱地农业与农业资源利用等方面研究。E-mail: dongbobby@163.com。
(C)1994-2025 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1 试区土壤基础养分(0~30 cm)

Table 1 Chemical characteristics of of 0~30 cm soil profiles

有机质 Organic matter (%)	全氮 Total N (g/kg)	全磷 Total P (g/kg)	全钾 Total K (g/kg)	碱解氮 Available N (mg/kg)	有效磷 Available P (mg/kg)	速效钾 Available K (mg/kg)
1.35	0.9	0.82	21.45	67.2	13.4	238

表 2 试验处理

Table 2 Experiment treatment methods

代号 Code	处理 Treatment	施肥量 Fertilizer (kg/hm ²)		有机肥(kg/hm ²) Organic fertilizer
		N	P ₂ O ₅	
A	普通施肥 Common fertilization	127	90	30000
B	普通施肥+保水剂 Common fertilization + Water retaining agent	127	90	30000
C	普通施肥-N+保水剂 Common fertilization -N + Water retaining agent	0	90	30000
D	普通施肥-P+保水剂 Common fertilization -P + Water retaining agent	127	0	30000
CK	不施肥 No fertilizer	0	0	30000

1.3 测 定

形态指标:用直尺测量株高、冠幅(南北、东西距离),每小区 5 株,定株测量。

降水量测定:根据当地的气象资料得知,马铃薯的生育期总降水量为 390 mm。4~10 月的降雨量分别为 1.5、76.4、37.4、104.9、93.2、63.5、13.1 mm。

土壤水分测定:用土钻每间隔 20 cm 土层采样 1 次,用烘干法测定马铃薯株间距植株(种植穴中部) 15 cm 处 0~60 cm 土层土壤含水率,每个小区测定 3 处,所列含水量均为 3 个重复的平均值。

光合测定:测定时间选择在天气晴朗的早晨 10:00~12:00,采用美国 LI-COR 公司生产的 LI-6400 便携式光合测定系统,分别于马铃薯盛花期、块茎膨大期测定每个小区 3 片顶小叶,以 3 片叶光合速率 P_n 的平均值作为该处理的 P_n 值,单位为 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。

马铃薯光合时间统计:统计从出苗开始到 4/5 的植株地上部分茎叶枯萎,丧失光合作用能力为止的时间。

产量测定:称量各小区产量,然后折合成每 hm^2 的产量。

2 结果与分析

2.1 降水条件分析

降水不足和分布不均是农业生产的重大限制因素,试区为典型的半干旱农业区,降水多集中于 7、

8、9 月。尽管试验年份马铃薯生育期降水量为 394.9 mm,较 10 年平均值(322.8 mm)多 72.1 mm,但生育期降水的变率很大(图 1),变异系数为 58.0%,较 10 年平均降水的变异(32.4%)高约 25%,尤其是 4~6 月份,变异系数高达 94.7%,而 10 年平均仅为 29.6%,前者是后者的 3 倍多。因此,试验年份马铃薯受到了高变异降水的影响。

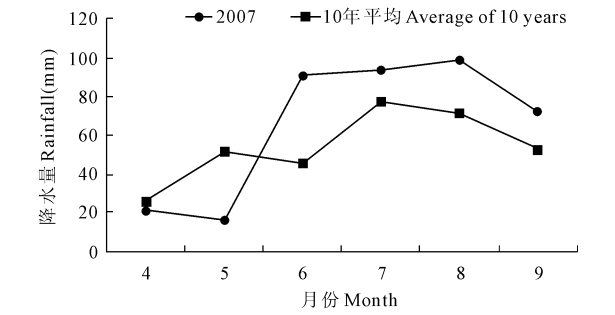


图 1 2007 年生育期月降水量与 10 年平均降水量比较

Fig.1 Monthly average rainfall in 2007 compared to ten-year average

2.2 保水剂与施肥对马铃薯生长的影响

由表 3 知,在处理中,以处理 C(普通施肥-N+保水剂)的效果最佳,冠幅增加量为 52.7%,显著高于其他处理,其次是 B(普通施肥+保水剂)、A(普通施肥)、D(普通施肥-P+保水剂),对照处理(CK)冠幅增加幅度最小,只有 6.4%。说明保水剂和肥料的应用可以促进冠层分枝,增加茎粗,从而实现壮苗,增加了植株冠幅面积,增大了有效光合面积。

表 3 保水剂对马铃薯生长的影响

Table 3 The effect of water-retaining agent on potato growth

处理 Treatment	施用保水剂前(7月1号) Before application (07—01)				施用保水剂后(7月20号) After application (07—20)				冠幅增加量 Increasing amount (%)
	株高 Plant height (cm)	冠幅 Crown width(cm)		冠幅面积 Crown width area (cm ²)	株高 Plant height (cm)	冠幅 Crown width(cm)		冠幅面积 Crown width area (cm ²)	
		南北 North-south	东西 East-west			南北 North-south	东西 East-west		
A	25.7	33.3	36.7	1222.2dC	31.0	37.3	40.3	1505.8cC	23.2
B	26.3	36.0	36.0	1296.0bB	35.3	41.7	43.3	1805.6bB	39.3
C	29.0	31.3	41.0	1284.7cB	35.7	42.3	46.3	1961.4aA	52.7
D	27.0	30.3	36.7	1112.2eD	32.0	35.0	37.3	1306.7eE	17.5
CK	25.7	35.7	37.0	1319.7aA	28.7	36.0	39.0	1404.0dD	6.4

注:表中大小写字母分别表示 $P=0.01$ 、 $P=0.05$ 显著水平,下同。
Note: Different capital and small letters within a column mean significant difference at $P=0.01$ and $P=0.05$ levels by LSD test, and they are the same in the follows.

2.3 保水剂与施肥对土壤水分的影响

在马铃薯施用保水剂后(7月3日施入),由于7月份降水较多,保水剂处理发挥了自身吸水、增加土壤持水的能力,60 cm 以内土壤层中含水量的提高,满足了马铃薯块茎形成及迅速膨大期对水分的需求。

由表4可以看出,在8月8日测得的土壤含水量,同等施肥条件下,保水剂处理(B)高于无保水剂的处理(A),而且施肥处理的土壤含水量均高于对

照(CK),8月25日测得的土壤含水量也有此结果。到马铃薯成熟期(9月15日)后,块茎增加量减少,植株地上部分开始干枯死亡,土壤耗水由植株冠层蒸腾失水转向地表蒸发为主,但由于该期气温,特别是地温仍然较高,土壤水分消耗依然较大。由于在块茎膨大期的大量耗水,使土壤水分减少,此阶段降水少,保水剂处理与无保水剂处理土壤水分含量相差不大。

表 4 马铃薯全生育期 0~60 cm 土层平均土壤含水量(%)

Table 4 Average soil water of 0~60 cm layer in the whole growth period of potato

处理 Treatment	时间(月-日) Date (m-d)					
	04-20	06-28	08-08	08-25	09-15	10-10
A	15.72a	9.9a	11.34bc	11.80a	14.19a	12.81c
B	15.72a	9.9a	13.36a	12.36a	14.32a	13.93a
C	15.72a	9.9a	11.53b	10.81b	13.80c	13.60b
D	15.72a	9.9a	11.10c	10.81b	14.22a	12.81c
CK	15.72a	9.9a	10.50d	10.02c	13.95b	13.01c

注:4月20日测得的是播前水分,6月28日测得的是施用保水剂前的水分,8月8日测得的是施用保水剂后第一次测得的水分,10月10日测得的是收获后的水分。
Note: Water before planting(04-20), Water before application (06-28), Water after application(08-08), Water after harvest (10-10).

保水剂的应用在一定范围内可以增加土壤水分含量,但保水剂不是造水剂,只有在作物生长过程中,适时增加水分的补给(降水或灌溉),才能发挥一定的功效,减小干旱胁迫,为作物生长提供适宜生长的土壤水分条件。但无水分的供给,随高温持续(地表温度 $>40^{\circ}\text{C}$),土壤、作物蒸发蒸腾的加剧,保水剂的功效便会逐渐降低,直至完全丧失。

2.4 保水剂与施肥对马铃薯光合时间的延长作用

灌溉不足和缺肥都易造成作物茎叶枯黄,促使植株早衰,缩短地上部分的光合作用时间,导致作物

减产。结果表明,单施普通肥(A)可以延长马铃薯生育期 6d,保水剂结合施肥(C、D、B)可以延长马铃薯生育期达 8~12 d,大大延长了马铃薯植株的光合作用时间。

2.5 保水剂与施肥对马铃薯光合速率的影响

光合作用是作物最基本的生理过程之一,作物产量的提高都是通过各种农事活动直接或间接地改善作物的光合能力来实现的。作物产量取决于光合作用的大小和效率,而叶片的光合效率与作物产量显著相关^[13]

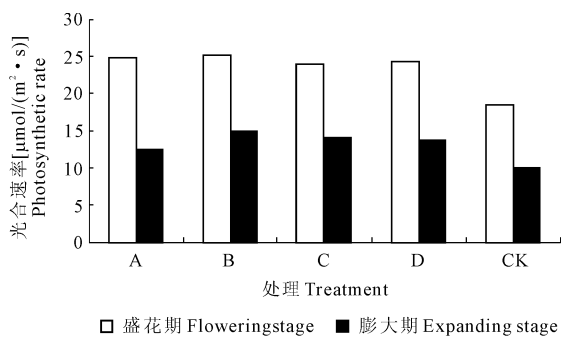


图 2 不同处理马铃薯光合速率比较

Fig.2 The leaf photosynthesis rate in different treatments

图 2 表明,马铃薯在盛花期的光合速率明显高于块茎膨大期的光合速率。而在这两个时期,保水剂和施肥都可以明显提高叶片光合速率,保水剂+肥料处理(B、C、D)与单独使用肥料(A)对叶片的光合作用的影响不大,但都远高于对照,在花期比块茎膨大期表现得更为突出。

2.6 保水剂与施肥对马铃薯产量及产量构成因素的影响

由表 5 可以看出,处理 D(普通施肥+P+保水剂)的穴薯数最多(6.0 个),处理 B(普通施肥+保水剂)的穴薯重最大(445 g),CK 的穴薯数和穴薯重皆最小,分别为 4.0 个、288 g;商品薯率以处理 B 和 C 最高,达到 50.0%;产量以处理 B(普通施肥+保水剂)最高(24 223.8 kg/hm²),CK 最小,仅 18 961.0 kg/hm²。

对产量进行方差分析表明,处理 B(普通施肥+保水剂)和处理 C(普通施肥+P+保水剂)与处理 A(普通施肥)达到显著差异水平;施肥+保水剂(处理 B、C、D)与 CK 差异显著,普通施肥(处理 A)与 CK 差异不显著;单施肥(处理 A)仅比 CK 增产 8.1%,而施肥+保水剂(处理 B、C、D)使马铃薯产量分别增加 27.8%、26.2%、24.7%。说明保水剂和施肥结合有一定的交互作用。

表 5 马铃薯产量及产量构成因素

Table 5 Yield and yield constituents

处理 Treatment	穴薯数 Potato number per point (个)	穴薯重 Potato weight per point (g)	商品薯率* Commodity potato rate (%)	小区平均产量 Average yield (kg)	折合产量 Yield per ha (kg/hm ²)	较对照增产 more than control (%)
A	5.1	356	35.6	71.7	20487.6 ^{bc} AB	8.1
B	5.3	445	50.0	84.8	24223.8 ^a A	27.8
C	5.0	441	50.0	83.7	23922.9 ^a A	26.2
D	6.0	391	41.4	82.8	23651.4 ^{ab} AB	24.7
CK	4.0	288	38.9	66.4	18961.0 ^c B	—

注:商品薯率为≥50 g。
Note: The commodity potato rate (the ratio of potato weight) ≥50 g.

块茎的生长要求土壤微酸性,有丰富的有机质,特别是土壤有良好的通气状况^[14]。保水剂增加土壤团聚体结构,利于地下匍匐茎的生长发育,利于块茎的生长从细胞分裂为主转向细胞体积增大,减少了在块茎形成过程中由于水分、肥料的不足及土壤结构的不良对物质、能量向块茎运输的不利影响,从而提高马铃薯块茎产量,优化了产量结构。

3 讨论与结论

1) 马铃薯花期是决定马铃薯块茎产量和品质的关键时期,此时水分亏缺将严重影响马铃薯的产量和品质。有研究认为,马铃薯最佳补水时期为盛花期^[15],有关干旱胁迫的研究也不将苗期胁迫作为对象^[16,17]。而在陇中半干旱区全年 56%的降水集中在 7、8、9 月,这恰好与马铃薯的需水关键期相吻合。本研究发现,在底墒不足、苗期土壤严重缺水及

降水较少的情况下,马铃薯苗期由于幼苗较弱、吸收能力差,苗期补水可有效改变土壤水分储存量,抵御干旱胁迫,对确保苗齐、苗壮具有重要意义。

2) 保水剂、施肥都可以增加马铃薯产量,而保水剂与施肥结合对马铃薯的增产效果更加显著,体现了保水剂和施肥结合的交互作用。保水剂、施肥增加马铃薯的产量主要反映在以下几方面:(1) 施用保水剂增加了冠幅,增加了马铃薯植株有效光合面积;(2) 在盛花期及块茎膨大期保水剂结合施肥提高了马铃薯叶片光合速率;(3) 施肥和保水剂结合延长了光合时间,延长了马铃薯生育期。作物经济产量=(光合能力×光合面积×光合时间-消耗)×经济系数。光合能力、有效光合面积增加,光合时间增长,产量得到相应增长。其中以处理 B(普通施肥+保水剂)效果最佳,比对照增产 27.8%。由于试验开展年限较短,有关施加补水剂方式、补水时期

以及两者交互作用对旱地马铃薯不同层次水分利用效率等的影响有待进一步研究。

参 考 文 献:

[1] 王一帆. 甘肃省马铃薯产业发展的优势及必须重视解决的几个问题[J]. 甘肃农业科技, 2002, (4): 3—6.

[2] 李鼎新, 陈国良. 早熟马铃薯农田土壤水分动态和地膜水分效应[J]. 水土保持通报, 1996, 16(6): 36—42.

[3] 何 华, 陈国良, 赵世伟. 水肥配合对马铃薯水分利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 1999, 17(2): 59—66.

[4] 杨直毅, 汪有科, 赵颖娜, 等. 树枝覆盖与保水剂对土壤水分的影响[J]. 灌溉排水学报, 2010, 29(1): 97—99.

[5] 黄 震, 黄占斌, 李文颖, 等. 不同保水剂对土壤水分和氮素保持的比较研究[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(2): 245—249.

[6] 杨培岭, 刘洪禄, 李云开. 保水剂在京郊果园的应用试验研究[J]. 灌溉排水, 2002, 21(1): 15—17.

[7] Bowman D C. Evans R Y. Calcium inhibition of polyacrylamide gel hydration is partly reversible by potassium[J]. Hortscience, 1991, 26(8): 1063—1065.

[8] Johnson M S. The effects of gel-forming polyacrylamides on moisture storage in sandy soils[J]. Journal of the Science of Food and Agricul-

ture, 1984, 35: 1196—1200.

[9] 党秀丽, 张玉龙, 黄 毅. 保水剂在农业上的应用与研究进展[J]. 土壤通报, 2006, 37(2): 2352—2355.

[10] 刘殿红, 黄占斌, 董 莉. 保水剂施用方式对马铃薯产量和水分利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(4): 105—108.

[11] Aase J K, Bjorneberg D L, Sojka R E. Sprinkler irrigation runoff and erosion control with polyacrylamide[J]. Soil Science Society of America, 1998, 62: 1681—1687.

[12] 杨明君, 樊民夫. 早作马铃薯根系拉力与冠层覆盖度对块茎膨大及产量的影响[J]. 华北农学报, 1995, 10(1): 76—81.

[13] 上官周平. 干旱逆境对作物光合作用的影响[C]//山仑, 陈培元. 旱地农业的生理生态基础. 北京: 科学出版社, 1998: 68—77.

[14] 门福义, 刘梦芸. 马铃薯栽培生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.

[15] 王志奇. 旱地整薯窝种马铃薯补水补肥试验[J]. 中国马铃薯, 2004, 18(5): 276—277.

[16] 王延宇, 王 鑫, 赵淑梅, 等. 玉米各生育期土壤水分与产量关系的研究[J]. 干旱地区农业研究, 1998, 16(1): 100—105.

[17] 王惠群, 萧浪涛, 李合松, 等. 矮壮素对马铃薯磷素营养动态变化和产量的影响[J]. 核农学报, 2008, 22(2): 218—222.

Effects of fertilization and water retaining agent on yield of potato

ZHANG Chao-wei^{1,2}, DONG Bo^{1,3*}, GUO Tian-wen¹, ZHANG Dong-wei¹
(1. Institute of Dryland Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China;
2. Key Laboratory of Key Laboratory of Northwest Drought-resistant Crop Cultivation and Farming,
Ministry of Agriculture, Lanzhou, Gansu 730070, China;
3. Key Laboratory of High Efficiency Water Utilization in Dry Farming Region, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: Effects of mixed use of fertilizer and water retaining agent on potato yield were studied in semi-arid area of central Gansu. The results showed that the water retaining agent or fertilizer alone could increase potato yield, while the coordinate application of water retaining agent and fertilizer could improve the yield of vegetable remarkably, arisen from interaction effect of water retaining agent and fertilizer. Water retaining agent could improve crown and photosynthesis area of potato. Mixed use of fertilizer and water retaining agent could improve photosynthetic rate and extend growth stage by 8~12 d in the leaf and stem of potato in flowering and tuber expansion stage. To sum up, mixed use of fertilizer and water retaining agent could improve high photosynthesis, increase photosynthesis area and prolong photosynthetic period, resulting in an increase in yield. Compared with control, treatment B had significant effect on potato yield, increased by 27.8%.

Keywords: water retaining agent; fertilization; yield; potato