

中图分类号: S532 文献标识码: B 文章编号: 1672-3635(2017)04-0216-05

不同生育期的外源水分补给对旱作马铃薯 水分利用效率及产量的影响

宋 怡, 裴国平*

(天水市农业科学研究所, 甘肃 天水 741001)

摘 要: 在大田条件下研究了定量灌水对马铃薯产量及水分特性的影响。以水分和品种为影响因素, 水分5水平, 品种2水平, 采用裂区设计, 重复3次, 以外源水分补给为主区, 品种为副区, 在马铃薯不同生长期测定其水分利用效率, 并对各小区进行测产。结果表明, 外源水分补给能提高旱作马铃薯产量, ‘庄薯3号’产量增幅在6.2%~18.6%, 苗期外源水分补给产量高于薯块膨大期, 苗期外源水分补给50 mm具有超补偿效应, 外源水分补给100 mm具有高补偿效应, 低量定额外源水分补给有利于水分利用效率的提高, 且苗期外源水分补给高于薯块膨大期。‘大西洋’对水分利用效率较高, 在薯块膨大期由于降水影响, 烂薯的比率增加。马铃薯在苗期灌水, 水分利用效率较高, 而薯块膨大期水分的需求较敏感, 水分过多会造成减产。

关键词: 外源水分补给; 马铃薯; 产量; 水分利用效率

Effects on Water Use Efficiency and Yield of Water Supply at Different Growth Stages of Potato in Dry Land

SONG Yi, PEI Guoping*

(Tianshui Institute of Agricultural Sciences, Tianshui, Gansu 741001, China)

Abstract: The effects of irrigation on yield and water use characteristics of potato under field conditions were investigated. The experiment was conducted in a split-plot design with water irrigation in main plot and variety in sub-plot and replications were three. The water use efficiency of potato was measured at different growth stages, and the yield of each plot was also recorded. Water supply increased the yield of dry land potato, and ‘Zhuangshu 3’ increased by 6.2%-18.6% when compared the control. The yield of water supply at seedling stage was higher than that at tuber bulking stage. Water supply of 50 mm at seedling stage had super compensation effect, and 100 mm had high compensation effect. The low amount of water supply was conducive to the improvement of the water use efficiency, and the water supply at seedling stage was better than that at tuber bulking stage. ‘Atlantic’ had a high water use efficiency. Due to the influence of precipitation during the tuber bulking stage, the ratio of rotten potato increased. Water use efficiency was high at potato seedling irrigation, but the needs of water at tuber bulking stage of potato was more sensitive, and too much water caused a reduction in tuber yield.

Key Words: water supply; potato; yield; water use efficiency

收稿日期: 2015-12-28

作者简介: 宋怡(1981-), 女, 助理研究员, 主要从事科研管理工作。

*通信作者(Corresponding author): 裴国平, 研究员, 主要从事作物栽培工作, E-mail: peigp2008@163.com。

在田间生产中, 农作物的补水方法很多, 滴灌、喷灌、大水漫灌等都是较为常用的灌溉方式。一般认为, 滴灌与喷灌的水资源利用率较高, 是解决旱作农业的重要途径^[1], 但二者过高的灌水频率延缓了根系的伸长与生长, 影响了作物对土壤水分的吸收利用, 从而降低了作物总水分利用效率, 同时, 过高的成本制约了滴灌的推广与普及。经查文献, 有关水分胁迫对马铃薯生长及生理变化的影响研究还处于小范围的盆栽水平和试管阶段, 不能代表大田实际情况, 而限量外源水分补给对马铃薯的补偿效应研究尚未有相关报道^[2,3]。为此, 本研究对马铃薯水分临界期和需水关键期进行外源水分补给, 研究限量外源水分补给条件下对旱作马铃薯产量形成及用水效率的影响。

1 材料与方法

1.1 试验材料及试验地

供试材料选用‘庄薯3号’, 对照品种为‘大西洋’。试验于2014年种植于天水市农业科学研究所中梁试验站(E 105°69', N 34°61', 海拔1 650 m), 属半干旱雨养农业区, 年均降雨量470~610 mm, 土壤类型主要为黄绵土。

1.2 试验设计

试验为水分和品种二因素试验, 其中水分设5个水平, 分别为G1: CK(不灌水), G2: 苗期灌水50 mm, G3: 苗期灌水100 mm, G4: 薯块膨大期灌水50 mm, G5: 薯块膨大期灌水100 mm; 品种2个, ‘庄薯3号’和‘大西洋’。采用裂区试验设计, 以水分为主区, 品种为副区; 先对主区随机排列, 再对副区进行排列, 重复3次。小区长宽为6.9 m × 7.1 m, 株行距分别为30和70 cm, 每小区共留230株。各小区直接留80 cm走廊, 小区周边播种2 m宽保护区。采用平畦栽培, 薯块膨大期补水前起垄, 垄高约10 cm。播前施专用肥(N:P:K = 15:12:13)800 kg/hm², 生长期同施专用肥800 kg/hm²。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 产量及产量构成

成熟后, 按小区单收计产, 产量标记为Y, 每小区取10株考种, 分析产量构成因素。

增产率为经济产量的增产百分率, 计算公式为: $(G2\backslash G3\backslash G4\backslash G5 - G1)/G1 \times 100\%$ 。

单个块茎重大于50 g的薯块为商品薯, 经济产量是指商品薯的产量。

1.3.2 水分指标测定

补水利用效率(IWUE) = (Y 外源水分补给处理 - Y 对照)/外源水分补给量; 土壤水分蒸散量(EG) = 播前土壤贮水量 + 降雨量 + 外源水分补给量 - 收后土壤贮水量。水分利用效率 = Y/EG, Y为产量, EG为土壤水分蒸散量。土壤贮水量 = 土壤容重 × 重量含水量 × 土壤层厚度。土壤水分含量用烘干法测定, 每15 d测定1次, 测深为1.5 m, 其中0~30 cm, 每10 cm测定1层, 30 cm以下时每20 cm测定1层。

1.3.3 土壤容重测定

在试验保护区挖深为1.8 m的土壤剖面, 再用200 cm³的环刀每10 cm为1层取样, 测至1.5 m, 重复3次, 计算各层的土壤容重(g/cm³)。

1.4 数据处理

数据处理采用Excel 2003和SPSS 16.0, 产量多重比较分析采用LSD方法。

2 结果与分析

2.1 不同外源水分补给条件下马铃薯产量表现

从表1可以看出, 对于‘庄薯3号’来说, 各个外源水分补给处理与对照相比产量都得到了提高, 特别是苗期外源水分补给产量增幅高于薯块膨大期, 苗期外源水分补给100 mm的经济产量增幅最大。外源水分补给后的增产率为6.2%~18.6%, 其中薯块膨大期外源水分补给50 mm的增产率为8.4%, 苗期外源水分补给100 mm增产率最大为18.6%。G2、G3与G1、G4、G5间的经济产量差异均达到了显著水平, 而G2与G3间及G1与G4、G5间的差异均不显著; 其生物产量亦表现出相似的趋势, 且G2、G3与G1间差异达显著水平。对于‘大西洋’来说, 苗期外源水分补给产量提高, 且外源水分补给100 mm增幅最大, 最高达52.1%, 而薯块膨大期外源水分补给减产, 减产幅度为17.7%(50 mm)和37.6%(100 mm)。生物产量的变化趋势

表1 不同外源水分补给条件下马铃薯产量表现
Table 1 Yield of potato under different supplied water

品种 Variety	处理 Treatment	生物产量(kg/hm ²) Biological yield (kg/ha)	经济产量(kg/hm ²) Economic yield (kg/ha)	增产率(%) Increase percentage	经济系数 Economic coefficient
庄薯3号 Zhuangshu 3	G1(CK)	52 480 b	43 339 b	—	0.79
	G2	67 091 a	49 749 a	14.8	0.83
	G3	61 231 a	51 420 a	18.6	0.84
	G4	54 403 ab	46 995 b	8.4	0.78
	G5	55 752 ab	46 029 b	6.2	0.79
大西洋 Atlantic	G1(CK)	24 817 b	20 463 b	—	0.76
	G2	31 907 a	26 598 a	30.0	0.81
	G3	38 307 a	31 131 a	52.1	0.83
	G4	24 285 b	16 834 bc	-17.7	0.69
	G5	19 539 b	12 768 c	-37.6	0.67

注: 不同小写字母表示在0.05水平差异显著。

Note: Means followed by different small letters indicate 0.05 level of difference.

与经济产量一致。苗期高额外源水分补给产量增幅大于低额外源水分补给, 而薯块膨大期高额外源水分补给产量降低幅度高于低额外源水分补给。

对于‘庄薯3号’和‘大西洋’2个品种, 限量外源水分补给对薯块膨大期的增产不同, ‘庄薯3号’在外源水分补给后增产, ‘大西洋’在薯块膨大期减

产, 苗期‘大西洋’产量大幅度提高。

2.2 不同外源水分补给条件下马铃薯产量构成因素比较

由表2可知, ‘庄薯3号’在苗期外源水分补给后的单株薯重增幅较大, 大薯增加, 中薯和小薯减少, 在薯块膨大期, 中薯、烂薯和绿薯的增加较为

表2 不同外源水分补给条件下马铃薯产量构成因素比较
Table 2 Comparison of potato yield components under different supplied water

品种 Variety	处理 Treatment	大薯率(%) Rate of big tuber	中薯率(%) Rate of medium tuber	小薯率(%) Rate of small tuber	绿薯率(%) Rate of greening tuber	烂薯率(%) Rate of rotten tuber	单株结薯数(个) Number of tuber per plant (No.)	单株薯重(kg) Tuber yield per plant
庄薯3号 Zhuangshu 3	G1(CK)	57.0	20.0	22.9	0.6	2.2	3.5	0.1
	G2	77.1	12.8	10.0	0.0	2.2	3.0	1.0
	G3	70.3	22.4	7.2	1.1	3.3	3.4	1.0
	G4	43.4	41.6	14.8	1.6	6.8	4.4	0.9
	G5	55.0	37.0	7.9	2.2	6.9	3.6	0.9
大西洋 Atlantic	G1(CK)	10.5	80.2	8.5	0.0	0.0	2.8	0.3
	G2	16.0	72.8	11.1	0.6	0.0	5.2	0.5
	G3	26.5	53.0	20.3	0.0	0.0	5.7	0.6
	G4	18.8	67.7	13.3	0.0	2.1	2.4	0.3
	G5	10.0	78.1	11.8	0.0	2.2	2.5	0.2

注: 大薯指单个薯块重大于150 g; 中薯指单个薯块重介于50~150 g; 小薯指单个薯块重小于50 g。

Note: big tuber > 150 g; medium tuber 50~150 g; small tuber < 50 g.

明显。且苗期外源水分补给 100 mm 较外源水分补给 50 mm 的单株结薯数多 0.4 个, 单株薯重相同。在薯块膨大期, 外源水分补给 50 mm 较外源水分补给 100 mm 的单株结薯数增多, 单株薯重相同。

对于‘大西洋’来说, 苗期外源水分补给后单株结薯数和单株薯重均增长 1 倍左右, 苗期外源水分补给 100 mm 更为明显, 大中小薯比例基本没有发生变化, 而且没有出现烂薯, 在薯块膨大期, 外源水分补给 50 和 100 mm 却造成‘大西洋’的减产。

2.3 不同外源水分补给条件下马铃薯的水分利用效率、补水利用效率

表 3 表明, 对于‘庄薯 3 号’来说, 低定额外源水分补给有利于水分利用效率(Water use efficiency, WUE)的提高, 且苗期外源水分补给高于薯块膨大

期。而补水利用效率(Irrigation water use efficiency, IWUE)表现为苗期外源水分补给优于薯块膨大期, 尤其在薯块膨大期低定额外源水分补给优于高定额外源水分补给。苗期外源水分补给 50 和 100 mm 的水分利用效率和补水利用效率较高, 薯块膨大期外源水分补给 50 mm 较外源水分补给 100 mm 的补水利用效率和水分利用效率高。

对于‘大西洋’来说, 苗期外源水分补给 100 mm 明显具有很高的水分利用效率(WUE)和补水利用效率(IWUE), 苗期的外源水分补给高于薯块膨大期, 苗期外源水分补给 50 和 100 mm 对‘大西洋’的补水利用效率和水分利用效率极高, 苗期外源水分补给 100 mm 具有高补偿效应, 苗期外源水分补给 50 mm 具有超补偿效应, 而其他处理具有低补偿效应。

表 3 不同外源水分补给条件下马铃薯的水分利用效率、补水利用效率
Table 3 Water use efficiency and irrigation water use efficiency of potato under different supplied water

品种	处理	播前土壤贮水量 (mm)	收后土壤贮水量 (mm)	外源水分补给量 (mm)	生育期蒸散量(mm) Evapotranspiration in growing period	水分利用效率 (kg/hm ² ·mm) Water use efficiency (kg/ha·mm)	补水利用效率 (kg/hm ² ·mm) Irrigation water use efficiency (kg/ha·mm)
Variety	Treatment	Soil water storage before sowing	Soil water storage after harvest	Water supply			
庄薯 3 号 Zhuangshu 3	G1(CK)	221.2	269.5	0	279.3	151.5	—
	G2	221.2	269.1	50	324.7	153.4	1 107.7
	G3	221.2	297.8	100	341.0	150.4	570.2
	G4	221.2	308.6	50	285.3	153.0	977.6
	G5	221.2	302.2	100	336.7	130.7	489.2
大西洋 Atlantic	G1(CK)	221.2	299.5	0	249.3	74.0	—
	G2	221.2	301.6	50	292.2	87.5	25 187.0
	G3	221.2	324.24	100	314.7	102.4	32 026.1
	G4	221.2	315.9	50	278.0	56.9	15 423.7
	G5	221.2	314.2	100	324.6	39.5	12 624.7

3 讨 论

在水分严重匮乏的干旱地区, 以大量外源补水来获取高产是不实际的, 因此在水分利用与调控方面要寻求产量、效益与水分利用效率(WUE)的最佳结合点^[4]。本试验表明, 限量外源水分补给能提高旱作马铃薯的产量水平及用水效率, 但这在品种间、外源水分补给时期和外源水分补给量方面均

存在差异。与 CK 相比, ‘庄薯 3 号’所有外源水分补给处理均不同程度增产; 其中, 苗期外源水分补给效果优于薯块膨大期, 具有超补偿效应和高补偿效应。‘大西洋’苗期外源水分补给增产幅度高于‘庄薯 3 号’, 后期外源水分补给造成减产, 这与该品种的早熟性有关^[2]。因此, 苗期外源水分补给 50 mm 和苗期外源水分补给 100 mm 是旱作马铃薯最优外源水分补给方案。

查阅气象资料得知2014年是一个相对丰水年,降雨量高于多年平均值,且前期降雨少,后期降雨多,这可能也是马铃薯在薯块膨大期外源水分补给时减产的原因^[5]。由于块茎生长在地下,过多的雨水和人工外源补给加速了田间病害的发生和传播,增加了块茎的腐烂率,二者的共同累加作用造成了一定的减产,这一点也可以从薯块膨大期外源水分补给烂薯率比较高看出。所以,天水市在大田种植马铃薯时,应考虑对马铃薯薯块膨大期的外源水分补给或减少外源水分补给的措施,提高产量,达到最大效益^[6]。

[参 考 文 献]

[1] 马力, 马达, 张峰. 不同灌溉方式在马铃薯生产上的应用效果 [J].

中国马铃薯, 2011, 25(2): 89-91.

[2] 李玲玲, 秦舒浩. 陇中半干旱区集雨外源水分补给小麦玉米复合群体产量及水分效应 [J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(6): 38-41.

[3] 张步翀, 刘玉春, 李凤民, 等. 集雨外源水分补给条件下旱塬小麦玉米带田节水灌溉试验研究 [J]. 灌溉排水学报, 2004, 23(5): 56-58.

[4] 周娜娜, 王刚. 水肥耦合条件下马铃薯产量和 NO_3^- -N动态变化研究 [J]. 琼州大学学报, 2005, 12(5): 49-51.

[5] Eldred E P, Holmes Z A, Mosley A R, *et al.* The effects of transitory water stress on potato tuber stem-end reducing sugar and fry color [J]. American Potato Journal, 1996, 73(11): 517-530.

[6] 田园, 李凤民, 刘效兰. 半干旱区不同垄沟集雨种植马铃薯模式对土壤蒸发的影响 [J]. 应用生态学报, 2007, 18(4): 795-800.

公 示

2017年中国马铃薯大会期间,中国作物学会马铃薯专业委员会决议通过新增补委员17人,新团体会员单位4个,现将名单公布如下:

新委员17人:程玉堂(岚县农业委员会)、张斌(岚县农业委员会)、宋景荣(呼伦贝尔市农业科学研究院)、李闯(吉林省农业科学院经济植物研究所)、王永志(吉林省农业科学院经济植物研究所)、卞晓波(金华市农业科学研究院)、徐洪岩(黑龙江省农业科学院克山分院)、李志新(黑龙江省农业科学院克山分院)、娄树宝(黑龙江省农业科学院克山分院)、邱广伟(黑龙江省农业科学院克山分院)、宋继玲(黑龙江省农业科学院克山分院)、孙继英(黑龙江省农业科学院克山分院)、高剑华(恩施土家族苗族自治州农业科学院)、冯耀斌(山西省农业种子总站)、刘柏林(西北农林科技大学农学院)、杨星星(湖南省农作物种质资源保护与良种繁育中心)、杜鹃(华中农业大学)。

新团体会员单位4个:比利时杨森制药公司(世纪五洲(北京)国际商贸有限公司)、辽宁津大肥业有限公司、岚县马铃薯主粮化研发推广中心、吉林省晰晰农业有限公司。

中国作物学会马铃薯专业委员会
2017年6月20日于贵州毕节