

## 不同灌水量和施肥水平对马铃薯产量及其构成因素的影响

方玉川<sup>1,2</sup>, 陈占飞<sup>1,2</sup>, 刘肖<sup>3</sup>, 王小英<sup>1,2</sup>, 张芮银<sup>3</sup> (1. 榆林市农业科学研究院, 陕西榆林 719000; 2. 陕西省马铃薯工程技术研究中心, 陕西榆林 719000; 3. 榆林市农业技术服务中心, 陕西榆林 719000)

**摘要** 在陕西榆林设置 3 种灌水量:  $W_1$  (1 650 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)、 $W_2$  (1 950 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)、 $W_3$  (2 250 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>), 4 个施肥水平:  $F_1$  (90-60-135 kg/hm<sup>2</sup>)、 $F_2$  (135-82.5-180 kg/hm<sup>2</sup>)、 $F_3$  (180-105-225 kg/hm<sup>2</sup>)、 $F_4$  (225-127.5-270 kg/hm<sup>2</sup>), 研究不同水分和氮磷钾用量对马铃薯产量及其构成因素的影响, 以明确毛乌素沙地滴灌条件下马铃薯氮磷钾与水分的合理指标。结果表明, 灌水和施用氮磷钾均能影响马铃薯的单株块茎数、单株块茎重和商品率, 最终影响马铃薯的产量。单株块茎数、单株块茎重以及产量最高的是高水较高肥处理 ( $W_3F_3$ ), 其次是中水较高肥处理 ( $W_2F_3$ ); 商品率最高的是  $W_2F_3$ , 其次是  $W_1F_3$  处理。因此, 在增加产量和节水节肥的目标条件下,  $W_2F_3$  处理 (灌水量 1 950 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, N-P-K 施用量 180-105-225 kg/hm<sup>2</sup>) 可作为该试验条件下较合理的水肥组合。

**关键词** 马铃薯; 灌水量; 施肥水平; 产量因素; 产量

中图分类号 S532 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)07-0062-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.07.020



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Effects of Different Irrigation and Fertilization Levels on Potato Yield and Its Component Factors

FANG Yu-chuan<sup>1,2</sup>, CHEN Zhan-fei<sup>1,2</sup>, LIU Xiao<sup>3</sup> et al (1. Yulin Academy of Agricultural Sciences, Yulin, Shaanxi 719000; 2. Shaanxi Potato Engineering & Technology Research Center, Yulin, Shaanxi 719000; 3. Yulin Agricultural Technology Service Center, Yulin, Shaanxi 719000)

**Abstract** Three types of irrigation were set up in Yulin, Shaanxi:  $W_1$  (1 650 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>),  $W_2$  (1 950 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>),  $W_3$  (2 250 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>), and 4 fertilization levels:  $F_1$  (90-60-135 kg/hm<sup>2</sup>),  $F_2$  (135-82.5-180 kg/hm<sup>2</sup>),  $F_3$  (180-105-225 kg/hm<sup>2</sup>),  $F_4$  (225-127.5-270 kg/hm<sup>2</sup>), the different water and nitrogen, phosphorus and potassium dosages for potato yield and the influence of its constituent factors were studied to clarify the reasonable indicators of nitrogen, phosphorus, potassium and water of potato under drip irrigation conditions in Maowusu sandy land. The results showed that irrigation water and NPK application could affect tuber number per plant, tuber yield per plant and commodity rate of potato, and finally affect the yield of potato. The highest tuber number per plant, tuber weight per plant and yield were high water and high fertilizer treatment ( $W_1F_3$ ), followed by high water and high fertilizer treatment ( $W_2F_3$ ); the highest commodity rate was  $W_2F_3$ , followed by  $W_3F_3$  treatment. Therefore, under the target conditions of increasing yield and saving water and fertilizer,  $W_2F_3$  treatment (irrigation amount 1 950 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, N-P-K application amount 180-105-225 kg/hm<sup>2</sup>) can be used as a reasonable combination of water and fertilizer under the experimental conditions.

**Key words** Potato; Irrigation amount; Fertilization level; Yield component; Yield

马铃薯原产于南美洲的安第斯山脉, 是世界上仅次于玉米、水稻、小麦的第四大粮食作物<sup>[1]</sup>。榆林地处黄土高原与毛乌素沙地过渡地带, 年降雨量为 400 mm 左右, 因气候冷凉和土壤含钾丰富盛产马铃薯, 大力发展马铃薯产业对当地促进农民增收和脱贫攻坚意义重大<sup>[2]</sup>。近年来, 当地马铃薯规模化农场发展迅速, 生产中“大水大肥”的种植模式较为普遍, 存在盲目过量灌溉施肥的问题, 造成了水资源和肥料的严重浪费, 还对作物的养分吸收、产量和品质等产生了不良影响, 甚至导致土壤肥力退化和环境污染<sup>[3-4]</sup>。

近年来, 有关马铃薯产量和品质提高的灌溉、施肥技术研究较多, 何建勋等<sup>[5]</sup>通过马铃薯盆栽试验, 开展水肥耦合研究, 建立了马铃薯生长量与产量的关系方程。李勇等<sup>[6]</sup>研究发现, 合理施用氮磷钾肥, 有增加马铃薯茎粗和分枝数、提高产量的效果。袁安明等<sup>[7]</sup>研究得出, 氮磷钾施用不合理, 导致地上植株徒长, 地下块茎生长受阻, 产量和品质下降, 生产成本增加。为此, 笔者以毛乌素沙地马铃薯为研究对象, 研究水分和氮磷钾施用量对马铃薯产量及其构成因素的影

响, 以为马铃薯合理灌水和施肥以及优质、高效栽培提供理论依据和技术参考。

### 1 材料与方法

**1.1 试验地点与材料** 试验设在陕西省榆林市榆阳区牛家梁镇现代农业园区, 海拔 1 091 m, 109°45'37"E, 38°22'35"N。土壤类型新积土(改良风沙土), 其基本理化性状为全氮 0.051%、全磷 0.022%、全钾 1.109%、碱解氮 16.67 mg/kg、有效磷 14.8 mg/kg、速效钾 84 mg/kg、有机质 5.56%、pH 8.3, 前茬作物为山药, 灌溉为滴灌, 供试肥料尿素(N 46%)、磷酸一铵(N:P=12:61)、硝酸钾(N:K=13.5:46); 供试马铃薯品种为冀张薯 8 号, 种薯级别为脱毒原种。

**1.2 试验设计** 试验设 3 个灌水水平和 4 个施肥水平。当地大水漫灌用水量 6 000~7 500 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 喷灌用水量 4 500~6 000 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 滴灌用水量 1 800~2 400 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。采用滴灌, 试验设 3 个灌水水平:  $W_1$  (1 650 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)、 $W_2$  (1 950 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)、 $W_3$  (2 250 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>), 灌水量通过水表控制, 每个小区装有独立的水表和阀门。当地传统种植方式下马铃薯氮、磷、钾施肥量为 240-135-300 kg/hm<sup>2</sup>, 施肥量较大且利用效率低。试验设 4 个施肥量水平:  $F_1$  (90-60-135 kg/hm<sup>2</sup>)、 $F_2$  (135-82.5-180 kg/hm<sup>2</sup>)、 $F_3$  (180-105-225 kg/hm<sup>2</sup>) 和  $F_4$  (225-127.5-270 kg/hm<sup>2</sup>)。施肥时先将肥料溶于水, 然后通过施肥罐进行滴灌施肥。试验共 12 个处理, 每个处理 3 次重复,

**基金项目** 陕西省农业协同创新与推广联盟重大科技项目(LMZD201705); 陕西省农业科技创新转化项目合同(NYKJ-2018-YL02)。

**作者简介** 方玉川(1976—), 男, 陕西榆林人, 高级农艺师, 从事马铃薯育种、栽培及推广工作。

**收稿日期** 2019-08-23

共 36 个小区。小区长 10 m, 宽 5 m, 面积 50 m<sup>2</sup>。为了避免不同处理间的相互影响, 相邻处理均间隔 1 m, 试验地两端设置保护行。

试验种植方式为机械起垄, 垄宽 90 cm, 株距 22 cm, 种植密度 50 505 株/hm<sup>2</sup>, 滴灌施肥系统中的管道、施肥罐 (容积 15 L)、水表和滴灌管 (管径 16 mm, 滴头间距 30 cm) 等均为市售材料。马铃薯于 2017 年 5 月 12 日播种, 播种深度 8~10 cm, 于 10 月 9 日收获。马铃薯全生育期内灌水 10 次, 施肥 8 次, 灌水和施肥频率均为 7 d。W<sub>1</sub>、W<sub>2</sub> 和 W<sub>3</sub> 灌水总量分别为 1 650、1 950、2 250 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 生育期总降水量为 383.1 mm。滴灌施肥从第 2 次灌水开始, 每次等量施加 F<sub>1</sub> (11.25-7.5-16.875 kg/hm<sup>2</sup>)、F<sub>2</sub> (16.875-10.3125-22.5 kg/hm<sup>2</sup>)、F<sub>3</sub> (22.5-13.125-28.125 kg/hm<sup>2</sup>)、F<sub>4</sub> (28.125-15.9375-33.75 kg/hm<sup>2</sup>)。滴灌施肥采用肥料利用率高的 1/4-1/2-1/4 模式, 即前 1/4 时间灌清水, 中间 1/2 时间打开施肥罐施肥, 后 1/4 时间再灌清水冲洗, 灌溉水利用系数为 0.95<sup>[8]</sup>。

**1.3 数据分析** 文中数据为 3 次重复测定结果的平均值, 利用 DPS<sup>[A]</sup> 数据处理软件的二因素方差分析对试验数据进行处理。

## 2 结果与分析

**2.1 不同灌水、施肥处理对马铃薯单株块茎数的影响** 表 1 表明, 不同灌水量和施肥水平对马铃薯的单株块茎数有不同程度的影响。施肥水平相同时, 单株块茎数随着灌水量的增加而增加; 灌水量相同时, 随着施肥水平的提高, 马铃薯单株块茎数先增加后减少 (图 1)。经方差分析, 灌水处理中, W<sub>3</sub> 的单株块茎数最多, 平均值为 10.45 个, 与 W<sub>1</sub> 差异显著, 与 W<sub>2</sub> 差异不显著; 施肥处理中, F<sub>3</sub> 的单株块茎数最多, 平均值为 11.13 个, 与其他 3 个处理均达到显著差异 (表 2)。

表 1 不同处理下马铃薯产量构成因素及产量

Table 1 Potato yield components and yield under different treatments

灌水量 Irrigation amount	施肥处理 Fertilizer treatment	单株块茎数 Tuber number per plant 个	单株块茎重 Tuber yield per plant kg	商品率 Commodity rate %	平均产量 Average yield kg/hm <sup>2</sup>
W <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	9.1	0.85	59.8	37 935
	F <sub>2</sub>	9.3	0.95	63.4	42 390
	F <sub>3</sub>	10.5	1.19	72.3	53 100
	F <sub>4</sub>	8.4	1.03	65.6	45 960
W <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	9.8	1.01	62.4	45 075
	F <sub>2</sub>	10.2	1.16	67.2	48 195
	F <sub>3</sub>	11.4	1.35	78.5	60 240
	F <sub>4</sub>	10.3	1.27	67.8	54 885
W <sub>3</sub>	F <sub>1</sub>	9.6	0.97	61.8	43 290
	F <sub>2</sub>	10.2	1.07	63.2	47 730
	F <sub>3</sub>	11.5	1.36	72.0	60 675
	F <sub>4</sub>	10.5	1.32	66.5	58 890

**2.2 不同灌水、施肥处理对马铃薯单株块茎重的影响** 由图 2 可见, 不同灌水量和施肥水平对马铃薯的单株块茎重有

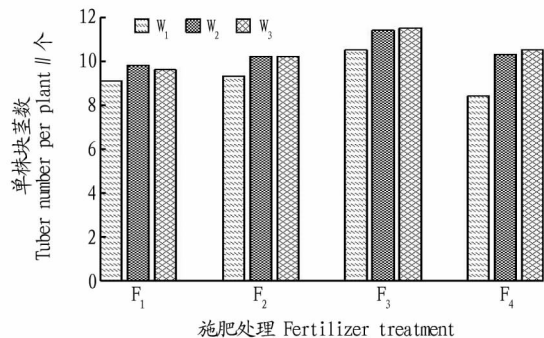


图 1 不同水肥处理对马铃薯单株块茎数的影响

Fig. 1 Effects of different water and fertilizer treatments on potato tuber number per plant

不同程度的影响, 低肥水平下随着灌水量增加而先增加后降低, 高肥水平下则随着灌水量增加而增加。方差分析表明, 灌水处理中, W<sub>2</sub> 的单株块茎重最高, 平均值为 1.198 kg, 与 W<sub>1</sub> 处理间差异显著, 与 W<sub>3</sub> 处理间差异不显著; 施肥处理中, F<sub>3</sub> 处理的单株块茎重最高, 平均值为 1.30 kg, 与 F<sub>1</sub> 和 F<sub>2</sub> 处理间差异显著, 与 F<sub>4</sub> 处理间差异不显著 (表 2)。

表 2 不同灌水量、施肥水平马铃薯产量构成因素的方差显著水平

Table 2 The significant level of potato yield components under different irrigation and fertilization levels

处理 Treatment		单株块茎数 Average tuber number per plant/个	单株块茎重 Average tuber yield per plant/kg	商品率 Average commodity rate/%
灌水量 Irrigation amount	W <sub>1</sub>	9.33 b	1.005 b	60.80 c
	W <sub>2</sub>	10.43 a	1.198 a	68.98 a
	W <sub>3</sub>	10.45 a	1.180 a	65.28 b
施肥 Fertilizer	F <sub>1</sub>	9.50 b	0.943 c	59.30 c
	F <sub>2</sub>	9.90 b	1.060 b	64.13 b
	F <sub>3</sub>	11.13 a	1.300 a	73.20 a
	F <sub>4</sub>	9.73 b	1.207 a	63.43 b

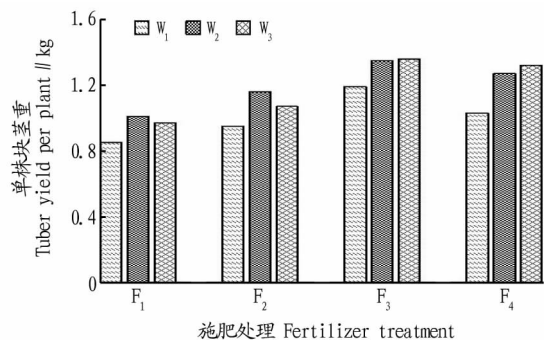


图 2 不同水肥处理对马铃薯单株块茎重的影响

Fig. 2 Effects of different water and fertilizer treatments on potato tuber yield per plant

**2.3 不同灌水、施肥处理对马铃薯块茎商品率的影响** 由图 3 可见, 不同灌水量和施肥处理对马铃薯块茎商品率的影响较大, 均为先增加后降低, 并在处理 W<sub>2</sub>F<sub>3</sub> 时达到最大值, 为 78.5%。方差分析结果表明, 在不同灌水量处理中, 处理 W<sub>2</sub> 商品率最高, 平均值为 68.98%, 并与其他 2 个处理达到

显著差异;在不同施肥水平处理中,处理  $F_3$  商品率最高,平均值为 73.20%,并与其他 3 个处理达到显著差异(表 2)。

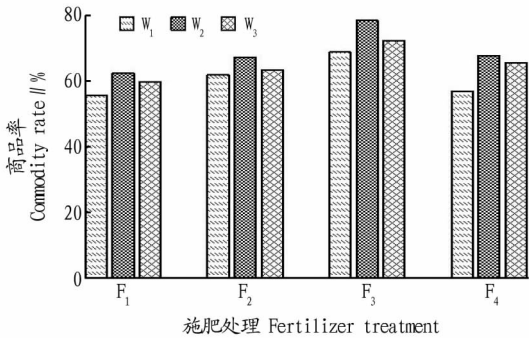


图3 不同水肥处理对马铃薯商品率的影响

Fig. 3 Effects of different water and fertilizer treatments on potato marketable tuber percentage

**2.4 不同灌水、施肥处理对马铃薯产量的影响** 产量构成因素直接影响马铃薯的产量。由图 4 可见,在低肥水平处理中,马铃薯产量随着灌水量增加先增加后降低;高肥水平处理中,马铃薯产量随着灌水量增加而增加。方差分析结果表明(表 3),各小区平均产量在处理  $W_3F_3$  时最高(60 675 kg/hm<sup>2</sup>),其次为  $W_2F_3$  处理(60 240 kg/hm<sup>2</sup>)和  $W_3F_4$  处理(58 890 kg/hm<sup>2</sup>),这 3 个处理间差异不显著,但与其他处理均达到显著差异。

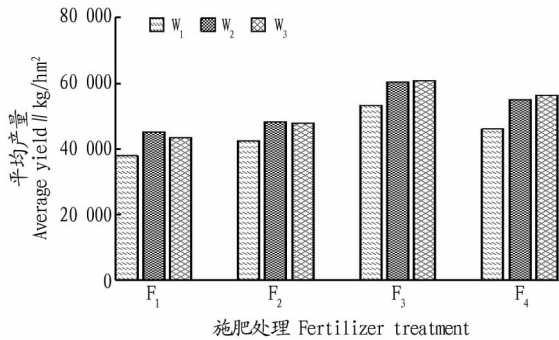


图4 不同水肥处理对马铃薯产量的影响

Fig. 4 Effects of different water and fertilizer treatments on potato average yield

### 3 讨论与结论

水和肥是农业生产中影响马铃薯生长的 2 个重要因素,只有灌水量和氮磷钾用量达到最优时,才能实现马铃薯高产增效的目标。笔者通过田间试验,采用滴灌条件下的水肥耦合模式,研究了不同灌水量和施肥水平对马铃薯产量及其构成因素的影响。结果表明,不同灌水量和氮磷钾施用量对马铃薯单株块茎数、单株块茎重、商品率等产量构成因素均有不同程度的影响。该试验中,不同灌水量对马铃薯单株块茎数、单株块茎重、平均产量均有显著影响,基本随灌水量的增加而增加,这与江俊燕等<sup>[9-10]</sup>的研究结果一致。在不同施肥水平下,马铃薯单株块茎数、单株块茎重、商品率、平均产量基本为先增加后降低,并在  $F_3$  (180-105-225 kg/hm<sup>2</sup>) 处理时

达到最大值,这与马铃薯最佳推荐施肥量一致,表明施肥过量反而对马铃薯的生长有抑制作用<sup>[11]</sup>。

表3 各处理间产量差异显著性

Table 3 Significance of yield among different treatments

处理 Treatment	产量均值 Average yield kg/hm <sup>2</sup>	位次 Rank	0.05 显著水平 0.05 significant level
$W_3F_3$	60 675	1	a
$W_2F_3$	60 240	2	a
$W_3F_4$	58 890	3	a
$W_2F_4$	54 885	4	b
$W_1F_3$	53 100	5	b
$W_2F_2$	48 195	6	c
$W_3F_2$	47 730	7	c
$W_1F_4$	45 960	8	cd
$W_2F_1$	45 075	9	de
$W_3F_1$	43 290	10	ef
$W_1F_2$	42 390	11	f
$W_1F_1$	37 935	12	g

不同的水肥组合对滴灌条件下大田马铃薯有显著影响,低肥处理下产量随着灌水量的增加先增加后降低,高肥处理下则随着灌水量的增加而增加,且最大产量在高水较高肥( $W_3F_3$ )处理获得,其次为中水较高肥( $W_2F_3$ )处理、高水高肥( $W_3F_4$ )处理,3 个处理间差异不显著。商品率以  $W_2F_3$  处理最高,达到 78.5%,较  $W_3F_3$  处理高 6.5 个百分点。因此,适宜的灌水量和氮磷钾施用量能有效提高马铃薯单株块茎数、块茎重、商品率等产量构成因素,从而获得较大的产量和经济效益。在增加产量和节水节肥的目标条件下, $W_2F_3$  处理(灌水量 1 950 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,N-P-K 施用量 180-105-225 kg/hm<sup>2</sup>)可作为该试验条件下较合理的水肥组合。

### 参考文献

- [1] 魏延安. 世界马铃薯产业发展现状及特点[J]. 世界农业, 2005(3): 29-32.
- [2] 李增伟, 刘天军, 雷斌. 榆林市马铃薯产业现状与农民增收[J]. 农业科技通讯, 2013(1): 8-11.
- [3] 高虹, 宋喜娥, 姚满生, 等. 不同施肥量对马铃薯产量的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2015, 35(1): 416-420.
- [4] 张西露, 汤小明, 刘明月, 等. NPK 对马铃薯生长发育·产量和品质的影响及营养动态[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(18): 9466-9469.
- [5] 何建勋, 王永哲, 邱小琼, 等. 水肥耦合条件下马铃薯生长量对产量的影响[J]. 湖北农业科学, 2016, 55(7): 1646-1648, 1652.
- [6] 李勇, 吕典秋, 胡林双, 等. 不同氮磷钾配比对马铃薯农艺性状、产量和干物质含量的影响[J]. 中国马铃薯, 2013, 27(3): 148-152.
- [7] 袁安明, 张小静. 氮磷钾配比对马铃薯脱毒微型薯生长和产量的影响[J]. 中国马铃薯, 2012, 26(4): 225-227.
- [8] 栗岩峰, 李久生, 饶敏杰. 滴灌系统运行方式施肥频率对番茄产量与根系分布的影响[J]. 中国农业科学, 2006, 39(7): 1419-1427.
- [9] 江俊燕, 汪有科. 不同灌水量和灌水周期对滴灌马铃薯生长及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(2): 121-125.
- [10] 宋娜, 王凤新, 杨晨飞, 等. 水氮耦合对膜下滴灌马铃薯产量、品质及水分利用的影响[J]. 农业工程学报, 2013, 29(13): 98-105.
- [11] 戴树荣. 应用“3414”试验设计建立二次肥料效应函数寻求马铃薯氮磷钾适宜施肥量的研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(12): 154-159.