

中图分类号: S532 文献标识码: B 文章编号: 1672-3635 (2013) 05-0298-04

钾肥对加工型马铃薯增产效果和适宜用量的研究

闫芳^{1,2}, 张春梅^{2*}, 秦嘉海², 王爱勤³

(1. 河西学院生态与绿洲农业研究院, 甘肃 张掖 734000; 2. 河西学院农业与生物技术学院, 甘肃 张掖 734000;
3. 中国科学院兰州化学物理研究所, 甘肃 兰州 731000)

摘要: 马铃薯属喜高钾作物之一。为了确定钾肥在加工型马铃薯生产中施用的可行性以及合适的用量范围, 以‘大西洋’为试验品种, 研究了钾肥与氮磷肥配合施用以及不同施用量硫酸钾对‘大西洋’马铃薯的增产效果, 以期指导马铃薯钾肥的施用。结果表明, 钾肥与氮磷肥配合施用具有明显的增产效果, N + P + K 配合施用增产效果 > N + P 施用增产效果 > 不施肥; 不同钾肥施用量的增产效果各不相同, 钾肥施肥量为 255 kg/hm² 时, 马铃薯增产效应和经济效益最好。

关键词: 钾肥; 马铃薯; 增产效应

Yield Increase and Optimal Rate for a Processing Potato Variety by Applying Potassium Fertilizer

YAN Fang^{1,2}, ZHANG Chunmei^{2*}, QIN Jiahai², WANG Aiqin³

(1. Hexi Ecological and Oasis Agricultural Research Institute, Hexi University, Zhangye, Gansu 734000, China;
2. College of Agriculture and Biology Technology, Hexi University, Zhangye, Gansu 734000, China;
3. Lanzhou Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, Gansu 731000, China)

Abstract: Potato is one of the crops favoring potassium. In order to understand the feasibility of potassium fertilizer application on processing potato variety and optimal rate, the experiment was conducted to study the effects of potassium fertilizer and NPK combinations on yield increase of potatoes as well as the effects of different application rates of potassium sulfate on potato yield in order to guide the application of potassium fertilizer on potato using 'Atlantic' as experimental material. The results showed that potassium fertilizer and NPK combinations had significantly yield increasing effect on potato, with NPK combinations, NP combinations and no application in a decreasing order. In addition, the effects of different potassium application rates was different from each other. When 255 kg/ha (K₂SO₄) was used, potato yield and economic benefit were the best.

Key Words: potassium fertilizer; potato; yield increase

马铃薯是我国北方冷凉灌区栽培的主要作物之一。近年来, 随着复种指数的提高和 N、P 化肥的施用, 河西走廊的耕种风沙土的耕作层速效 K 平均含量由 20 世纪 80 年代的 146.45 mg/kg, 降低到现在的 126.57 mg/kg^[1], 按照土壤养分分级指标为缺钾的土壤^[2], 农户在耕种风沙土上种植的加工型马铃薯在

块茎膨大期, 叶缘焦枯, 叶脉间为黄色, 叶脉为绿色, 究其原因是缺 K 引起的生理性病害^[2,3]。据资料报道, 每生产 1 t 马铃薯块茎, 马铃薯从土壤中吸收 N 4.70 kg, P₂O₅ 1.20 kg, K₂O 7.20 kg^[4]。河西走廊栽培的马铃薯平均产量为 37.50 t/hm², 对 K₂O 吸收总量为 270 kg/hm², 而目前土壤供 K 量为 207.89 kg/hm²,

收稿日期: 2013-06-26

基金项目: 甘肃科技支甘项目 (项目号 1011JKCF180); 甘肃省高等学校 2010 年研究生导师科研项目 (项目号 1009B-03); 甘肃省高校河西走廊特色资源利用省级重点实验室项目 (项目号 XZ100)。

作者简介: 闫芳 (1980-), 女, 硕士, 讲师, 主要从事植物营养生理研究。

* 通信作者 (Corresponding author): 张春梅, 博士, 副教授, 主要从事土壤培肥与改良研究, E-mail: zazcm197828@163.com。

($126.57 \times 2.25 \times \text{土壤钾利用系数 } 0.7$) , 根据土壤养分平衡理论, 尚缺 K 62.11 kg/hm^2 ^[5,6]。为了对 K 肥的合理施用做出科学评价, 我们于 2012 年进行了 K 肥对马铃薯的肥效研究, 以期对马铃薯种植农户合理施肥提供一定的科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

参试土壤类型为耕种风沙土, 采自甘肃省张掖市甘州区沙井镇坝庙村一社, 0~20 cm 土层含有机质 13.45 g/kg , 碱解 N 34.27 mg/kg , 速效 P 6.14 mg/kg , 速效 K 126.57 mg/kg , pH 值 8.43。参试肥料为 $\text{CO}(\text{NH})_2$, 含 N 46% ; $(\text{NH})_2\text{HPO}_4$, 含 N 18% , P_2O_5 46% ; K_2SO_4 , 含 K_2O 50%。试验在河西学院农业与生物技术学院试验地进行。参试作物为马铃薯, 品种为‘大西洋’。于 2012 年 4 月 20 日种植于盛放好耕种风沙土的胶木桶中, 口径 30 cm, 底径 28 cm, 高 35 cm, 收获期为 9 月 11 日。

1.2 试验处理

试验一: 试验设计 3 个处理。

处理 1 为不施肥为 CK (对照)。

处理 2 为 N+P 配施 (尿素 900 kg/hm^2 + 磷酸二铵 600 kg/hm^2 , 折尿素 4 g/10 kg 土 + 磷酸二铵 2.67 g/10 kg 土)。

处理 3 为 N+P+K 配施 (尿素 900 kg/hm^2 + 磷酸二铵 600 kg/hm^2 + 硫酸钾 255 kg/hm^2 ; 折尿素 4 g/10 kg 土 + 磷酸二铵 2.67 g/10 kg 土 + 硫酸钾 1.14 g/10 kg 土)。

试验二: 每个处理在施用尿素 800 kg/hm^2 , 磷酸二铵 600 kg/hm^2 (折尿素 4 g/10 kg 土 , 磷酸二铵 2.67 g/10 kg 土) 的基础上, 硫酸钾施用量设计为 0, 85, 170, 255, 340 kg/hm^2 (折 0, 0.38, 0.76, 1.14, 1.52 g/10 kg 土) 5 个处理, 以处理 1 为 CK (对照), 每个处理重复 3 次, 随机区组排列。

1.3 试验方法

称取过 10 mm 筛的风干土 10 kg 加入盆钵内, 每盆浇水 5 000 mL, 使土壤自然含水量达到 50%, 将盆钵置于室外, 浇水第 5 d 后将盆钵内土壤进行浅耕后播种, 播种深度 5 cm, 每盆播种 3 株, 在盆上覆盖 1 层地膜, 出苗后去掉地膜, 出苗 7 d 后间苗, 每盆留 2 株, 每隔 5 d 每盆定量浇水 3 000 mL, 使土壤自然含水量达到 30%。不同处理的肥料折算

成盆栽试验的施用量, 磷酸二铵、硫酸钾播种前与土壤混合均匀后做肥底^[7-9], 1/3 尿素在马铃薯现蕾期结合灌水追施, 剩余 2/3 尿素在马铃薯盛花期结合灌水追施^[10,11]。

1.4 测定项目与方法

马铃薯收获时测定经济性状, 每个盆钵单独收获, 将盆钵产量折合成公顷产量进行统计分析, 马铃薯茎粗采用游标卡尺法测定, 地上部分干重采用 105°C 烘箱杀青 30 min, 80°C 烘干至恒重。

1.5 数据统计方法

边际产量 = 后一个处理产量 - 前一个处理产量; 边际产值 = 边际产量 $\times$ 产品价格; 边际施肥量 = 后一个处理施肥量 - 前一个处理施肥量; 边际成本 = 边际施肥量 $\times$ 肥料价格; 边际利润 = 边际产值 - 边际成本。硫酸钾不同施用量与马铃薯产量两者间的关系用 SAS 软件统计分析, 用一元二次肥料效应数学模型拟合。采用经济学原理^[12], 经济效益最佳施用量 $X_0 = [(P_x/P_y) - b]/2c$, 硫酸钾经济效益最佳施用量时的马铃薯理论产量 $y = a + bx - cx^2$ 。生物学性状、经济性状采用直线回归分析方法, 差异显著性采用多重比较, 新复极差 (LSR) 检验。

2 结果与分析

2.1 钾与氮磷配合施用对马铃薯的增产效果

由表 1 可知, N+P+K 配合施用与 N+P 配施相比较, 马铃薯株高、茎粗、地上部干重、块茎重、单株块茎重和产量分别增加 10.85 cm, 4.38 mm, 96.22 g/株, 36.66 g, 0.11 kg/株, 6.75 t/hm²; 与不施肥 CK (对照) 比较, 分别增加 24.76 cm, 7.55 mm, 165.83 g/株, 123.33 g, 0.37 kg/株, 22.75 t/hm²。N+P+K 配合施用与 N+P 配施比较, 增产 17.09%; N+P+K 配合施用与不施肥 CK (对照) 比较, 增产 57.59%; N+P+K 配合施用与 N+P 配施比较, 差异达极显著水平; N+P 配施与 CK (对照) 比较, 差异达极显著水平。说明 N+P+K 配合施用具有明显的增产作用 (表 1)。

2.2 钾肥对马铃薯植物学性状及经济性状和增产效果的影响

2.2.1 钾肥对马铃薯植物学性状的影响

马铃薯收获后测定结果可以看出, 钾肥施肥量与马铃薯株高、茎粗呈正相关关系, 相关系数 (r) 分别为 0.5092 和 0.9245*。钾肥施肥量 255 kg/hm^2

表 1 N + P + K 配施对马铃薯增产效果的影响

Table 1 Effects of applying NPK on yield increase of potato

试 验 处 理 Treatment	株高 (cm) Plant height	茎粗 (mm) Stem diameter	地上部干重 (g/株) Shootdry weight (g/plant)	块茎重 (g) Tuber weight	单株块茎重 (kg) Tuber weight per plant	产量 (t/hm) Yield	增产量 (t/hm) Yield gain	增产率 (%) Increasing rate
CK	48.82 cC	11.21 cB	320.82 cC	213.33 cC	0.64 cC	39.50 cC	/	/
N+P	62.73 bB	14.38 bcA	370.43 bcB	300.00 bB	0.90 bB	55.50 bB	16.00	40.50
N+P+K	73.58 aA	18.76 abA	466.65 aA	336.66 aA	1.01 abAB	62.25 aA	22.75	57.59

表 2 钾肥不同用量对马铃薯经济性状的影响

Table 2 Influence of different application rates of potassium fertilizer on potato economic characters

施用量 (kg/hm) Application rate	株高 (cm) Plant height	茎粗 (mm) Stem diameter	地上部干重 (g/株) Shootdry weight (g/plant)	块茎重 (g) Tuber weight	单株块茎重 (kg) Tuber weight per plant	产量 (t/hm) Yield	增产量 (t/hm) Yield gain	增产率 (%) Increasing rate
0 (CK)	54.36	0.43	56	161.28	0.55	19.25	/	/
85	57.21	0.51	67	230.40	0.62	22.85	3.60	18.70
170	85.14	0.53	76	247.74	0.70	25.33	6.08	31.58
255	88.36	0.56	81	275.27	0.78	26.63	7.38	38.33
340	64.33	0.74	85	299.21	0.80	26.75	7.50	38.96

时,与对照(CK)比较,马铃薯株高、茎粗分别增加 34 cm 和 0.13 mm,处理间的差异显著性经 *LSR* 检验达到极显著水平(表 2)。

2.2.2 钾肥对马铃薯经济性状的影响

据表 2 测定结果可知,钾肥施肥量与马铃薯块茎重、单株块茎重呈正相关关系,相关系数 r 分别为 0.9644** 和 0.9860**。钾肥施肥量 255 kg/hm² 时,与对照(CK)比较,马铃薯块茎重、单株块茎重分别增加 113.99 g 和 0.23 kg/株,处理间的差异显著性经 *LSR* 检验达到极显著水平(表 2)。

2.2.3 钾肥对马铃薯增产效果的影响

据表 2 测定结果可看出,钾肥施肥量与产量呈正相关关系,相关系数 r 为 0.9116。与 CK(对照

比较,增产率分别为 18.70%, 31.58%, 38.33%, 38.96%;单位(1 kg)钾肥增产量分别为 84.70, 71.52, 57.80, 44.11 kg(表 2)。

2.3 钾肥不同用量对马铃薯增产效应和经济效益的分析

采用经济学原理分析可以看出,随着钾肥施肥量的增加,马铃薯边际产量由最初的 3.60 t/hm²,递减到了 0.12 t/hm²,符合报酬递减律。从经济效益的变化来看,边际利润由 2 591 元/hm²,递减到 -193 元/hm²,钾肥施肥量在 255 kg/hm² 的基础上,再增加 85.00 kg/hm²,收益出现负值,由此可见,钾肥施肥量 255 kg/hm² 时,马铃薯增产效应和经济效益较好(表 3)。

表 3 钾肥不同用量对马铃薯增产效应和经济效益的分析

Table 3 Analysis of different rates of potassium fertilizer on yield increase and economic benefit of potato

钾肥用量 (kg/hm ²) Applicatioon rate	产量 (t/hm) Yield	增产量 (t/hm) Yield gain	边际产量 (t/hm) Marginal yield	边际产值 (Yuan/hm) Marginal productive value	边际成本 (Yuan/hm) Marginal cost	边际利润 (Yuan/hm) Marginal profit	增产值 (Yuan/hm) Benifit gain	施肥成本 (Yuan/hm) Fertilizer cost	施肥利润 (Yuan/hm) Fertilizer profits
0 (CK)	19.25	/	/	/	/	/	/	/	/
85	22.85	3.60	3.60	2880	289	2591	2880	289	2591
170	25.33	6.08	2.48	1984	289	1695	4864	578	4286
255	26.63	7.38	1.13	904	289	615	5904	867	5037
340	26.75	7.50	0.12	96	289	-193	6000	1156	4844

2.4 钾肥经济效益最佳施肥量与马铃薯的理论产量

将钾肥不同施用量与马铃薯产量间的关系应用肥料效应回归方程 $y = a + bx - cx^2$ 拟合, 得到的回归方程是 $y = 19.25 + 2.822x - 0.0022x^2$, 对回归方程进行显著性测验, $F = 19.34^{**}$, $>F_{0.01} = 16.45$, $r = 0.9865^{**}$, 说明回归方程拟合良好。钾肥价格 (P_x) 为 3 400 元/t, 2012 年马铃薯市场平均价格 (P_y) 为 800 元/t, 将 P_x 、 P_y 、回归方程的 b 和 c , 代入经济效益最佳施肥量计算公式 $x_0 = [(P_x/P_y) - b]/2c$, 求得钾肥经济效益最佳施肥量 (x_0) 为 255 kg/hm², 将 x_0 代入回归方程 $y = 19.25 + 1.436x - 0.0055x^2$, 求得马铃薯的理论产量 (y_0) 为 26.68 kg/hm², 计算结果与试验处理 3 基本吻合, 说明肥料效应回归方程对指导农户施肥具有实践上的意义 (表 3)。

3 讨 论

化肥的施用可以显著改变土壤的化学性质。氮磷钾肥的长期使用提高了土壤有机质含量和全氮含量, 特别 N、P、K 配合施用和 N、P 处理的效果对水稻增产最显著^[13]。枣树不同时期合理的氮磷钾配施比例对枣树产量的提高起至关重要的作用^[14]。氮、磷、钾肥的合理施用能极大地改善小麦的经济性状, 显著提高小麦产量^[15]。近年来, 国内学者针对氮磷钾合理配施对马铃薯产量的影响开展了大量研究, 其中, 弓建国等^[16]的研究结果与本试验获得的结论不一致, 这是由于选择的品种不同及是否施用有机肥所致。

在本试验当中, N + P + K 配合施用, 相对不施肥和只施用 N + P, 对马铃薯具的增产效果差异达到极显著水平, 即 N + P + K 配合施用增产效果 > N + P 施用增产效果 > 不施肥。本试验的结果与前人的研究

结果不完全一致, 这可能是由于土壤肥力不同和气候的差别造成的。这些研究结果表明, 今后马铃薯的施肥要因品种、土壤、气候和是否施用有机肥而异。

[参 考 文 献]

- [1] 秦嘉海, 吕彪. 河西土壤与合理施肥 [M]. 兰州: 兰州大学出版社, 2001.
- [2] 吕英华. 无公害蔬菜施肥技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [3] Li W Q, Zhang M, Van Der Zee S. Salt contents in soils under plastic greenhouse gardening in China [J]. Pedosphere, 2001, 11(4): 359–367.
- [4] 葛晓光. 菜田土壤与施肥 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [5] 李录久, 郭熙盛, 高杰军, 等. 淮北砂姜黑土钾肥对生姜增产效应研究 [J]. 土壤, 2004, 36(2): 187–191.
- [6] 戴志新, 殷光德. 增肥补钾提高棉花单产 [J]. 土壤, 1996, 28(3): 151–155.
- [7] 徐宁生, 杨琼芬, 隋后君. 马铃薯种植中钾肥的应用研究现状和展望 [J]. 中国马铃薯, 2011, (2): 119–121.
- [8] 张文斌, 张东昱, 贺泉兴. 张掖市加工型马铃薯优质丰产栽培技术 [J]. 中国蔬菜, 2006(9): 45–46.
- [9] 谭宗九. 马铃薯高效栽培技术 [M]. 北京: 金盾出版社, 2000.
- [10] 毛涛, 杨鹏. 张掖市加工型马铃薯高效栽培技术 [J]. 甘肃农业科技, 2008, 22(12): 48–49.
- [11] 秦芳. 钾肥在马铃薯上的肥效试验研究 [J]. 中国马铃薯, 2003, 17(3): 171–173.
- [12] 李文刚. 内蒙古马铃薯产业化发展战略研究 [J]. 内蒙古农业科技, 2005(1): 32–38.
- [13] 李成亮, 何园球, 王艳玲, 等. 氮磷钾肥对红壤区水稻增产效应的影响 [J]. 中国水稻科学, 2007, 21(2): 179–184.
- [14] 王泽, 盛建东, 陈破浪, 等. 氮磷钾配施对枣园肥力及红枣生长、产量的影响 [J]. 土壤通报, 2013, 44(3): 660–666.
- [15] 刘新伟, 王巧兰, 龚德平, 等. 江汉平原小麦氮磷钾肥配施效果及其适宜用量 [J]. 西南农业学报, 2013, 26(3): 1077–1082.
- [16] 弓建国, 穆俊祥, 曹新民. 氮磷钾有机肥配合施用对马铃薯产量和品质的影响 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37(17): 7935–7937.

欢迎订阅 2014 年《中国马铃薯》杂志

《中国马铃薯》杂志是由东北农业大学和中国作物学会马铃薯专业委员会主办的国内唯一的马铃薯专业科技期刊。它以繁荣我国马铃薯事业为办刊宗旨, 设有遗传育种、栽培生理、土壤肥料、病虫害防治、综述、简报、品种介绍等栏目。

本刊国内外公开发行人, 双月刊, 大 16 开本, 每期定价 12.00 元, 全年 72.00 元, 哈尔滨市邮局发行, 全国各地邮局订阅, 邮发代号: 14–167。读者也可直接汇款至编辑部订阅。

本刊承揽广告业务, 欢迎各界广为利用。

联系人: 陆忠诚

通讯地址: 哈尔滨市东北农业大学《中国马铃薯》编辑部 邮编: 150030 电话: 0451–55190003