

河西走廊盐化潮土钾肥对马铃薯增产效应的研究

陈修斌¹ 秦嘉海² 陈广泉² 肖占文²

(1 甘肃河西学院园艺系 甘肃张掖 734000; 2 甘肃河西学院农业资源与环境系 甘肃张掖 734000)

摘 要 在河西走廊盐化潮土上,连续 3 年的研究表明:增施 K 肥可以显著提高马铃薯的产量,马铃薯的产量随 K 肥用量的增加而增加,而增产效果则随 K 肥用量的增加而递减。经回归统计分析,K 肥经济效益最佳施肥量为 239.70 kg/hm²,理论产量为 63.45 t/hm²;K 肥成本 599.25 元/hm²,收益 3.75 万元/hm²;不同处理间差异显著性经 LSR 检验达到显著和极显著水平。K 肥对马铃薯的增产效果与土壤速效 K 含量呈负相关。

关键词 盐化潮土;钾肥;马铃薯;增产效应

中图分类号 S532

马铃薯是我国北方地区栽培的主要蔬菜之一。随着我国西部大开发战略的实施和农业结构的调整,马铃薯在河西走廊的种植面积达 2.13 万 hm²。武威、张掖、酒泉等地马铃薯加工企业,年产淀粉 68 万 t;市场对马铃薯的需求量日益增大,马铃薯已成为农民增收和农业增效的支柱产业。近年来,随着复种指数的提高和 N、P 化肥的大量施用,农田耕层速效 K 含量由 20 世纪 80 年代的 186.00 mg/kg,降低到现在的 152.58 mg/kg^[1],按照章永松^[2]菜园土壤有效养分丰缺状况分级指标为缺 K 的土壤。大田栽培的马铃薯在块茎膨大期,叶缘焦枯,叶脉间为黄色,叶脉为绿色,缺 K 明显,已制约马铃薯产量的提高,经济效益下降^[3]。据资料报道,马铃薯每生产 1 t 产品吸收 N 4.70 kg, P₂O₅ 1.20 kg, K₂O 7.20 kg^[4]。河西走廊栽培的马铃薯产量一般为 60.00~67.50 t/hm²。对 K₂O 吸收总量应为 402.00~452.25 kg/hm²,而土壤供 K 量为 171.02 kg/hm²,根据土壤养分平衡理论,尚缺 K 231~281.25 kg/hm²,

施 K 的增产效果愈来愈显著^[5, 6]。为了对 K 肥合理施用做出科学的评价,我们于 2001~2003 年进行了 K 肥对马铃薯的肥效研究,现将研究结果分述如下。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于 2001~2003 年在甘肃省张掖市甘州区乌江乡进行。试验区的基本概况为:海拔高度 1475 m,年均温度 7.6℃,≥10℃积温 3050℃,年均降水量 116 mm,年均蒸发量 2025 mm,无霜期 150~160 天。供试土类:耕种风砂土、盐化潮土、灌漠土。0~20 cm 耕层理化性质见表 1。供试肥料:K₂SO₄ (含 K₂O 500 g/kg);CO (NH₂)₂ (含 N 460 g/kg);NH₄H₂PO₄ (含 N 180 g/kg, P₂O₅ 460 g/kg)。参试马铃薯品种:陇薯 3 号。

1.2 方法

1.2.1 试验处理 试验 A:K 与 N、P 配合施用,在盐化潮土上共设 3 个处理:处理①不施肥对照

表 1 供试土类耕层理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of the soil in the plow layer

供试土类	有机质 (g/kg)	碱解 N (mg/kg)	速效 P (mg/kg)	速效 K (mg/kg)	pH	全盐 (g/kg)	CEC (cmol/kg)	体积质量 (g/cm ³)	总孔隙度 (%)	质地
耕种风砂土	10.69	36.83	7.12	120.45	7.93	2.21	7.48	1.21	44.18	砂壤
盐化潮土	13.32	74.57	11.38	146.50	8.02	3.52	17.69	1.16	52.32	轻壤
灌漠土	16.48	79.65	12.56	152.30	7.86	2.61	18.36	1.23	52.68	轻壤

①河西学院重点科研项目 (02-A2) 资助。

(CK); 处理 ② N + P (N 180 kg/hm² + P₂O₅ 65 kg/hm²); 处理 ③ N + P + K (N 180 kg/hm² + P₂O₅ 65 kg/hm² + K₂O 240 kg/hm²)。

试验 B: K 肥不同施用量, 在盐化潮土上共设 5 个处理: 处理 ① 不施 K 对照 (CK); 处理 ② K₂O 80 kg/hm²; 处理 ③ K₂O 160 kg/hm²; 处理 ④ K₂O 240 kg/hm²; 处理 ⑤ K₂O 320 kg/hm²。每个处理施用 N 340 kg/hm²、P₂O₅ 90 kg/hm² 作底肥。

试验 C: 土壤供 K 水平对马铃薯的施 K 效果, 分别在耕种风砂土、盐化潮土、灌漠土上设计 3 组试验, 2 个处理: 处理 ① N + P (N 180 kg/hm² + P₂O₅ 65 kg/hm²) 为对照 (CK); 处理 ② N + P + K (N 180 kg/hm² + P₂O₅ 65 kg/hm² + K₂O 240 kg/hm²)。

1.2.2 试验方法 试验小区面积 32 m² (8 m × 4 m), 3 次重复, 随机区组排列。播种时间为 2001 年 4 月 12 日, 株距 25 cm, 行距 65 cm, 保苗数 6.15 万株/hm²。NH₄H₂PO₄、K₂SO₄ 播种前全部作底肥施入耕作层, CO(NH₂)₂ 分别在马铃薯现蕾期、盛花期结合灌水追施。

测定项目及方法^[7]: 每处理随机选 10 株测定, 在盛花期测定马铃薯株高、茎粗、地上部干重。按小区收获, 统计块茎重、单株块茎重和产量。

2 结果与分析

2.1 K 与 N、P 配施对马铃薯的肥效

由表 2 可以看出, N、P、K 配合施用, 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为 73.58 cm、18.76 mm、486.65 g/株、336.66 g、1.01 kg/株、62.25 t/hm²; 与 N、P 配施比较, 分别增加 10.85 cm、4.38 mm、116.22 g/株、36.66 g、0.11 kg/株、6.75 t/hm²; 与不施肥对照 (CK) 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。说明 N、P、K 配合施用具有明显的增产作用, 其中 N、P、K 配合施用与 N、P 配施比较, 增产 17.09%; N、P、K 配合施用与不施肥对照 (CK) 比较, 增产 57.59%, 不同处理间的增产效果经 LSR 检验达到显著和极显著水平 (表 2)。

表 2 N、P、K 配施对马铃薯的肥效

Table 2 Crop response of potato to combined application of N, P and K

试验处理	株高 (cm)	茎粗 (mm)	地上部干重 (g/株)	块茎重 (g)	单株块茎重 (kg)	产量 (t/hm ²)	增产量 (t/hm ²)	增产率 (%)
(1) CK	48.82cC	11.21cB	320.82cC	213.33cC	0.64cC	39.50cC	—	—
(2) N + P	62.73bB	14.38bcA	370.43bcB	300.00bB	0.90bB	55.50bB	16.00	40.50
(3) N + P + K	73.58aA	18.76abA	486.65aA	336.66aA	1.01abAB	62.25aA	22.75	57.59

2.2 K 肥不同用量对马铃薯的增产效益

2.2.1 K 肥对马铃薯经济性状的影响 由表 3 可以看出, 随着 K 肥用量的增加, 马铃薯株高、茎粗、地上部干重, 具有显著的正相关, 其相关系数分别为 0.9598、0.9420、0.9188。但马铃薯块茎重、单株

块茎重与 K 肥用量相关关系不太显著。试验 B 处理 ④中, 当 K 肥施用量 240 kg/hm² 时, 马铃薯块茎重、单株块茎重分别为 368.52 g 和 1.13 kg/株, 与处理 ① (CK) 比较分别增加 159.69 g 和 0.54kg/株; 而 K 肥施用量 320 kg/hm² 处理 ⑤, 马铃薯块茎重、单株

表 3 K 肥对马铃薯经济性状和产量的影响

Table 3 Effect of Potash fertilizer on practical characters and yield of potato

钾肥用量 (kg/hm ²)	株高 (cm)	茎粗 (cm)	地上部干重 (g/株)	块茎重 (g)	单株块茎重 (kg)	产量 (t/hm ²)	增产量 (t/hm ²)	增产率 (%)
(1) 0	46.53dC	1.13 c C	308.25e	208.83d D	0.59d D	41.25d E	—	—
(2) 80	54.83cBC	1.26 c BC	330.63d	287.61 c CD	0.72 dc DC	51.62c D	10.37bB	25.14
(3) 160	63.62bB	1.67 b B	390.84c	311.74 b C	0.96 b B	60.93 b C	19.68abAB	38.12
(4) 240	74.56aA	1.94 a A	487.65a	368.52 a A	1.13 a bAB	63.40a B	22.15aA	42.91
(5) 320	75.47aA	1.98a A	482.31ab	340.65 a b B	0.86 c C	60.24a b AB	8.62cC	20.89

块茎重分别为 340.65 g 和 0.86 kg/株,反比处理④减少 27.87 g、0.27 kg/株,说明马铃薯对 K 肥适宜用量为 240 kg/hm² (表 3)。

2.2.2 K 肥对马铃薯产量的影响 由表 3 可以看出,在河西走廊盐化潮土上,施用 K 肥对马铃薯有明显的增产效果,以处理④产量最高,比 CK 增产 22.15 t/hm²,增产率是 42.91%;其次是处理②和处理③,分别比 CK 增产 10.37 t/hm² 和 19.68 t/hm²,增产率分别是 25.14 %和 38.12%;处理⑤最低,增产率为 20.89 %。K 肥用量由 80 kg/hm² 增加到 160、240、320 kg/hm² 时,每增施 1 kg 的 K 肥,马铃薯增产量分别为 129.63、123.00、92.29、26.93 kg。说明马铃薯产量随 K 肥用量的增加而增加。但到一定量后,则随 K 肥用量增加而递减,这与李比希^[8]的报酬递减规律及稻麦施 K 后的增产效果相符合(表 3)。

2.2.3 K 肥最佳施用量 由表 4 可以看出,随着 K 肥用量增加,边际产量递减,由最初的 10.37 t/hm²

递减到-3.16 t/hm²。从经济效益变化来看^[10],边际利润随施肥量的增加而减少,由 8096 元/hm² 减少到-2728 元/hm²。K 肥施用量在 240 kg/hm² 的基础上,再增施 80 kg/hm² 的 K 肥,收益出现负值。从 K 肥的施肥利润分析,K 肥施用量由 80 kg/hm² 增加到 160、240、320 kg/hm²,施肥利润依次为 8096、15344、17120、6080 元/hm²;产投比依次为 1:40.5、1:38.4、1:28.5、1:7.6 (表 4)。将 K 肥不同用量与马铃薯产量两者间的关系用一元二次曲线拟合,得到的回归方程是 $y = 3611.04 + 81.60x - 2.68x^2$;对回归方程进行显著性测验, $F = 32.71^{**} > F_{0.01} = 28.72$,回归相关系数 $r = 0.8262^{**}$,说明回归方程拟合良好。K 肥价格为 2.50 元/kg、马铃薯销售价格为 0.60 元/kg,K 肥经济效益最佳施肥量为 239.70 kg/hm²,K 肥最佳施肥量时的马铃薯理论产量为 63.45 t/hm²,马铃薯收入为 3.81 万元/hm²,K 肥成本 599.25 元/hm²,收益 3.75 万元/hm²。由此可见马铃薯最佳产量时的 K 肥施肥量为 239.70 kg/hm²,此时获得的收益最大。

表 4 马铃薯 K 肥增产效应及经济分析

Table 4 Effect of potash fertilizer on production of potato and economic analysis

K 肥用量 (kg/hm ²)	产量 (t/hm ²)	增产量 (t/hm ²)	边际产量 (t/hm ²)	边际产值 (元/hm ²)	边际成本 (元/hm ²)	边际利润 (元/hm ²)	增产值 (元/hm ²)	施肥成本 (元/hm ²)	施肥利润 (元/hm ²)	产投比
0.00	41.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
80.00	51.62	10.37	10.37	8296.00	200.00	8096.00	8296.00	200.00	8096.00	40.5
160.00	60.93	19.68	9.31	7448.00	200.00	7248.00	15744.00	400.00	15344.00	38.4
240.00	63.40	22.15	2.47	1976.00	200.00	1776.00	17720.00	600.00	17120.00	28.5
320.00	60.24	8.62	-3.16	-2528.00	200.00	-2728.00	6880.00	800.00	6080.00	7.6

2.2.4 土壤供 K 水平与马铃薯的施 K 效果 从表 5 可以看出 K 肥对马铃薯的肥效与土壤速效 K 含量呈负相关,土壤速效 K 含量低的田块,施 K 增产效果好,在其他条件基本相同的情况下,耕种风砂土速效 K 含量为 120.45 mg/kg,增产率 34.25 %,每

千克 K₂O 增产马铃薯 56.04 kg;灌漠土速效 K 含量为 152.30 mg/kg,增产率 14.34 %,每千克 K₂O 增产马铃薯 32.42 kg。说明土壤供 K 能力不同,K 肥增产效果不同,这与 K 在植物体内的转运及 K 利用效率不同有关^[11, 12] (表 5)。

表 5 土壤供 K 能力对马铃薯施 K 效果的影响

Table 5 Crop response of potato to K application as a function of soil K supply capacity

供试土类	速效 K 含量 (mg/kg)	马铃薯产量 (t/hm ²)		增产量 (t/hm ²)	增产率 (%)	单位 K ₂ O 的马铃薯 增量(kg/kg)
		CK	施 K			
耕种风砂土	120.45	39.27	52.72	13.45	34.25	56.04
盐化潮土	146.50	45.37	55.82	10.45	23.03	43.54
灌漠土	152.30	54.25	62.03	7.78	14.34	32.42

3 小结

(1) 在河西走廊盐化潮土上, 增施 K 肥可以显著提高马铃薯的产量, N、P、K 配合施用, 比 N、P 配合施用增产 17.09 %; 与不施肥对照 (CK) 比较, 增产 57.59 %, 马铃薯的产量随 K 肥用量的增加而增加, 但单位 K 肥的增产效果则随 K 肥用量的增加而递减; 经回归统计分析, K 肥经济效益最佳施肥量为 239.70 kg/hm^2 , K 肥最佳施肥量时的理论产量为 63.45 t/hm^2 。

(2) 马铃薯增产的效果因土壤供 K 水平不同而存在差异, 在速效 K 含量低的耕种风砂土上, 每增施 1 kg 的 K_2O , 马铃薯的增产量为 56.04 kg, 比盐化潮土、灌漠土分别增加 12.5 kg, 23.62 kg, 说明 K 肥对马铃薯的肥效与土壤速效 K 含量呈负相关。

参考文献

- 1 秦嘉海, 吕彪. 河西土壤与合理施肥. 兰州: 兰州大学出版社, 2001, 150 ~ 155
- 2 吕英华. 无公害蔬菜施肥技术. 北京: 中国农业出版社, 2003, 163 ~ 165
- 3 Li WQ, Zhang M, Van Der Zee S. Salt contents in soils under plastic greenhouse gardening in China. *Pedosphere*, 2001, 11 (4): 359 ~ 367
- 4 葛晓光. 菜田土壤与施肥. 北京: 中国农业出版社, 2002, 300 ~ 301
- 5 李录久, 郭熙盛, 高杰军, 张琳, 丁楠, 过鸣祥. 淮北砂姜黑土钾肥对生姜增产效应的研究. *土壤*, 2004, 36 (2): 187 ~ 191
- 6 戴志新, 殷光德. 增肥补钾提高棉花单产. *土壤*, 1996, 28 (3): 151 ~ 155
- 7 李昌纬. 农业化学研究法实习指导. 北京: 农业出版社, 1993, 68 ~ 75
- 8 李比希著 (刘更别译). 化学在农业及生理学上的应用. 北京: 农业出版社, 1983, 326 ~ 327
- 9 熊明彪, 舒芬, 宋光煜, 石孝均, 毛知耘. 施钾对紫色土稻麦产量及土壤钾素状况的影响. *土壤学报*, 2003, 40 (2): 274 ~ 279
- 10 陈伦寿, 李仁岗. 农田施肥原理与实践. 北京: 中国农业出版社, 1983, 185 ~ 186
- 11 林咸永, 孙曦. 不同水稻品种对钾的吸收及其对钾肥的反应. *土壤学报*, 1995, 32 (1): 77 ~ 83
- 12 Chen JJ, Gabelman WH. Potassium-transport rate from root to shoot unrelated to potassium-use efficiency in tomato grown under low-potassium stress. *Journal of Plant Nutrition*, 1999, 22 (4-5): 621 ~ 631

EFFECT OF K FERTILIZATION ON YIELD OF POTATO IN SALINIZED FLUVO-AQUIC SOIL IN THE HEXI CORRIDOR REGION

CHEN Xiu-bin¹ QIN Jia-hai² CHEN Guang-quan² XIAO zhan-wen²

(¹ Department of Horticulture of Hexi College, Zhangye, Gansu, 734000;

² Department of Agricultural Resource and Environment of Hexi College, Zhangye, Gansu 734000)

Abstract Results of a 3-year long experiment on salinized fluvo-aquic soil in the Hexi Corridor region indicate that K application significantly raised the yield of potato, which increased with the rate of K application. But the production-increasing effect of K application decreased with the increase in application rate. According to regression statistical analysis, the optimal economical K application rate is 239.70 kg/hm^2 . In this case the theoretical yield is 63.45 t/hm^2 , the cost of K fertilizer, 599.25 yuan/ hm^2 , and the profit of the crop, 37,500 yuan/ hm^2 . The difference between treatments was significant and extremely significant based on LSD analysis. The crop response of potato to K application was negatively correlated to concentration of soil readily available K.

Key words Salinized fluvo-aquic soil, Potash fertilizer; Potato, Production-increasing effect