

中图分类号: S532; S147.2; S143.3 文献标识码: A 文章编号: 1672-3636(2006)06-0332-04

马铃薯平衡施肥及钾肥效应研究

崔云玲, 郭天文, 王成宝

(甘肃省农业科学院土壤肥料研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 在甘肃高海拔干旱区采用马铃薯高产栽培技术和平衡施肥技术, 马铃薯产量为 35 350 kg·hm², 超过当地平均产量 1.2 倍, 配施钾肥马铃薯可增产 16.7~2 916.7 kg·hm², 增幅 0.1%~9.0%, 每千克 K₂O 可增收马铃薯 0.2~19.4 kg, 增产增收效益好。施钾后马铃薯薯块数增加 29.3%, 薯块重增加 7.7%, 增产以增加穴薯为主, 其次是增加薯块重, 同时马铃薯品质也有较大改善。试验表明, 在施入适量有机肥和氮磷基础上, 高产高效的 K₂O 用量为 150 kg·hm²。

关键词: 高海拔干旱区; 马铃薯; 平衡施肥; 钾肥效应

马铃薯是喜钾作物, 对钾的需求量大, 在半

干旱地区马铃薯增施钾肥有明显的增产效果^[1]。研究表明, 马铃薯对 N、P₂O₅、K₂O 的吸收利用比例为 1 0.5 2.12^[2-3]。肥料充足、养分配比合理时, 不仅植株可达最大生物产量, 块茎产量也相应达到最高, 同时可以提高马铃薯品质^[4]。但由于多年

收稿日期: 2006-04-12

基金项目: PPI/PPIC 资助 (GanSu200202)。

作者简介: 崔云玲 (1972-), 女, 助理研究员, 主要从事植物营养与土壤肥料方面的研究。

Effect of Inoculation of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Yield of Micro Propagated Potato

Bai Dengsha¹, Sun Liangbin¹, Wang Hao¹, Shao Ling¹, Feng Gu²

(1. Institute of Nuclear Technology and Biotechnology, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830000, China;

2. College of Resource and Environmental Science, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: The effect of inoculation of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi on colonization and yield of micro propagated potato seedlings were investigated under conditions of seedling plate and field. AM fungi of *Glomus mosseae* (BEG167) and *Glomus versiform* (G.v) were inoculated in seedling plate. The mycorrhizal colonization of micro propagated potato inoculated with BEG167 and G.v were 27% and 32%, respectively, under sterilized soil conditions; comparing to uninoculated controls, microtuber yield of transplants inoculated with BEG167 was increased by 54.2 % under sterilized soil condition. In unsterilized soil, mycorrhizal colonization were 44% and 27%, respectively, when BEG 167 and G.v were inoculated, while it was 22% for uninoculated control under seedling plate conditions. The yield of micro propagated potato inoculated with BEG167 was 25.2% higher than that of controls on unsterilized soil conditions. However, inoculation with G.v reduced the yield of microtuber in both sterilized and unsterilized soil. When mixed inoculums of BEG167 and G.v (V/V=1:1) were applied under field conditions, the yield of microtuber was increased by 21%. It is concluded that inoculating with AM fungal inoculum in both seedling plate and field culture condition improved the yield of micro propagated potato.

Key Words: Arbuscular mycorrhizal fungi; micro propagated potato; microtuber; colonization; yield

来偏施、重施氮磷肥, 致使土壤中N、P、K比例失调, 钾相对亏缺。导致马铃薯生产中投肥成本高, 鲜薯产量不高, 烂薯多, 品质低劣。本文通过对马铃薯进行平衡施肥及钾肥用量试验, 以期找到平衡施肥及钾肥的施用对马铃薯产量、淀粉及维生素C含量的影响, 为科学合理施肥提供依据。

1 材料与方 法

1.1 供试土壤

供试土壤为黄绵土, 土壤养分含量为: 有机质 14.4 g·kg⁻¹, 碱解氮 69.2 mg·kg⁻¹, 速效磷 5.5 mg·kg⁻¹, 速效钾 170 mg·kg⁻¹。有机肥中全 N 1.04 g·kg⁻¹, 全 P 0.73 g·kg⁻¹, 全 K 23.1 g·kg⁻¹, pH=7.83。

1.2 试验处理

试验设在甘肃省积石山县郭干乡大杨家坪村, 海拔 2 171 m, 前茬作物为小麦, 试验设 8 个处理(表 1), 每处理 3 次重复, 小区面积 4 m×5 m=20 m², 随机区组排列。试验选用脱毒品种陇薯 3 号, 株行距 30 cm×30 cm, 密度 6 万株·hm⁻², 田间管理同大田。2004 年 3 月 30 日播种, 5 月 12 出苗, 9 月 22 日收获, 全生育期 130 d。

表 1 试验处理及施肥量

处 理	纯养分量 kg·hm ⁻²				M (t·hm ⁻²)
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	
OPT(低 K)	120	120	90	45	15
-N	0	120	90	45	15
-P	120	0	90	45	15
-K(不施 K)	120	120	0	45	15
-M	120	120	90	45	0
+2/3K(中 K)	120	120	150	45	15
+4/3K(高 K)	120	120	210	45	15
习惯施肥	60	30	30	0	15

1.3 供试肥料

试验中施用的有机肥为人粪尿, 化肥为尿素(含 N 46%)、重过磷酸钙(含 P₂O₅ 46%)、氯化钾(含 K₂O 60%)、硫酸亚铁(含 S 11.3%), 试验中所有肥料均作基肥一次施用。

1.4 调查项目

具体调查项目为株高、分枝数、穴结薯数、穴

薯鲜重、商品率。每小区选择长势基本一致且有代表性的植株 10 株调查。

株高: 以植株的自然高度为准。

分枝数: 植物地上部分基部分枝数。

结薯数: 地下块茎大薯(100 g 以上)、中薯(50~100 g)、小薯(50 g 以下)个数的总和。

地下部鲜重: 地下薯块称取鲜重。

$$\text{商品率}(\%) = \frac{\text{大中薯鲜重}}{\text{总重}}$$

1.5 测定项目与方法

土壤及肥料测定^[5]: 有机质(重铬酸钾容量法)、全 N(凯氏法)、全 P(酸溶-钼锑抗比色法)、全 K(氢氟酸-高氯酸消煮法)、碱解 N(扩散吸收法)、速效 P(碳酸氢钠浸提钼锑抗比色法)、速效 K(醋酸铵浸提火焰光度计法测定)。

薯块品质分析方法^[6]: 块茎淀粉含量用淀粉糖化酶-酸水解法, 维生素 C 含量用 2, 4-二硝基苯肼比色法, 数据分析采用 SPSS 软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 对马铃薯产量的影响

根据各小区实际测产数据, 对产量的统计分析(表 2)表明, 中钾与 OPT(低钾)、不施钾处理之间差异极显著, 高钾与中钾处理之间达差异显著水平, 其它施钾处理间差异不显著。每千克 K 可增收马铃薯 0.2~19.4 kg。统计分析表明, 在施有机肥 15 t·hm⁻² 的基础上, 施钾以 150 kg 为宜, 马铃薯可增产 16.7~2 916.7 kg·hm⁻², 增幅 0.1%~9.0%。OPT 与 -N 也有极显著差异, 马铃薯施氮比不施氮平均增产 5 983.3 kg·hm⁻², 每千克 N 可增收马铃薯 49.9 kg, 但 OPT 与 -P 差异不显著, 施磷比不施磷仅增产马铃薯 350 kg·hm⁻², 每千克 P 增收马铃薯 2.9 kg, 这与土壤磷含量不高、容易固定有关。试验中除 -N 处理外其它施肥处理与习惯施肥间均达极差异显著, 较习惯施肥增收马铃薯 3 083.3~6 333.3 kg·hm⁻², 增幅 10.6%~21.8%。由此可见, 土壤中极缺氮, 其次为钾, OPT 中氮量合适, P 量有可能偏低, K 量偏低, 有机肥的质量不高, 适宜钾用量为 150 kg·hm⁻², 至于土壤有效磷含量低而施磷增产甚微, 有待于进一步研究。

2.2 植株性状和产量构成因素分析

平衡施肥后马铃薯的株高、分枝、穴薯重较习

表2 马铃薯产量统计分析

处 理	小区产量 kg				折合产量 (kg·hm ²)	较 OPT 增产 (%)	显著水平	
				平 均			0.05	0.01
OPT(低 K)	65.0	62.7	67.0	64.90	32 450.0	—	b	B
- N	48.5	54.8	55.5	52.93	26 466.7	- 18.4	d	C
- P	61.0	68.1	63.5	64.20	32 100.0	- 1.1	b	B
- K	62.0	68.1	64.5	64.87	32 433.3	- 0.1	b	B
- M	66.7	64.1	68.5	66.43	33 216.7	2.4	b	AB
+2/3K(中)	70.0	72.1	70.0	70.70	35 350.0	8.9	a	A
+4/3K(高)	66.0	66.7	65.8	66.17	33 083.3	2.0	b	AB
习惯施肥	56.4	60.1	57.6	58.03	29 016.7	- 10.6	c	C

习惯施肥都有所增加(表3), 分别增加 6.8~10.8 cm、0.1~0.8 个、51.8~99.1 g, 增幅分别为 12.6%~20.0%、5.6%~23.6%、13.6%~22.3%, 增产以增加薯块重为主, 其次是增加分枝。施钾肥后, 株高、分枝、个重均有所增加。施钾比不施钾增加穴薯数最高可达 29.3%, 株高增加 5.7%, 分枝数增加 18.7%, 薯块重增加 7.7%。因此, 增产以增加穴薯为主, 其次是增加分枝和薯块重。

表3 植株性状和产量构成因素

处 理	株高 (cm)	分枝数 (个·株 ⁻¹)	穴薯数 (块)	穴薯重 (g)	商品率 (%)
OPT(低 K)	61.6	3.0	3.4	504.5	88.0
- N	46.1	1.6	3.8	407.7	76.7
- P	58.1	2.6	3.7	452.5	90.8
- K	61.2	2.5	3.3	504.2	92.2
- M	61.2	2.4	3.4	511.5	92.1
+2/3K(中)	64.7	2.7	4.1	542.8	89.6
+4/3K(高)	60.7	2.6	4.3	495.5	85.6
习惯施肥	53.9	2.4	3.4	443.7	88.7

2.3 品质分析

施钾肥后马铃薯淀粉含量增加 7.8%~10.2% (表4), 维生素 C 含量提高 3.8%~22.6%。因此, 施钾提高了马铃薯营养质量, 使其食用价值和饲用价值提高。由于供试土壤缺肥, 施氮和有机肥均可提高马铃薯淀粉和维生素 C 含量 (分别为 4.7%、9.5%和 2.2%、10.0%), 但都不如施钾的效果明显, 施磷对淀粉和维生素 C 含量影响不大。

表4 马铃薯试验品质分析

处 理	粗淀粉 (g·kg ⁻¹)	维生素 C (mg·100 g ⁻¹)
OPT(低 K)	185.7	23.0
- N	177.4	21.0
- P	188.7	24.5
- K	172.2	21.2
- M	181.7	20.9
+2/3K(中)	186.6	22.0
+4/3K(高)	189.8	26.0
习惯施肥	173.0	24.9

2.4 经济效益分析

马铃薯价格低, 影响到总的产投比值不高, 各处理间差异不大(表5), 由于实施了平衡施肥, 肥料成本大幅度提高, 虽然产量增加显著, 但产投比并不比习惯施肥高, 产投比依次为习惯施肥 > - M > - P > +2/3K > - K > OPT > +4/3K > - N, 在施钾处理中高钾处理产投比最高为 5.22。新增纯收益以高钾 (+2/3K) 处理为最好, 达 1 941.8 元·hm², 施钾肥增加的收入是钾肥投入的 5.9 倍, 其次为 - M 处理, 效益为 1 259.1 kg·hm², 施用钾肥经济效益很好。

分析钾肥的产投比: 随着钾肥施用量的增加, 钾肥回报率有所变化, 与不施钾相比, 低钾时钾肥效益为 4.91 倍, 中钾时效益为 5.22 倍, 高钾时效益为 4.76 倍。试验认为, 高产高效的钾肥用量以 150 kg·hm² 为宜。试验中氮肥投入的收益率为 5.75 倍, 经济效益可观。关于磷肥的最佳用量尚待进一步的试验研究。综合产量和效益因素, 最佳施钾量为 150 kg·hm²。

表5 马铃薯试验经济效益分析

处 理	块茎产量 (kg·hm ²)	肥料成本 (元·hm ²)	总投入 (元·hm ²)	产值 (元·hm ²)	纯收入 (元·hm ²)	新增纯收益 (元·hm ²)	产投比
OPT(低K)	32450.0	1753.9	3303.9	16225.0	12921.2	575.8	4.91
-N	26466.7	1310.4	2860.5	13233.3	10372.9	-1972.4	4.63
-P	32100.0	1388.7	2938.7	16050.0	13111.3	766.0	5.46
-K	32433.3	1627.9	3177.9	16216.7	13038.7	693.5	5.10
-M	33216.7	1453.9	3003.9	16608.3	13604.4	1259.1	5.53
+2/3K(中)	35350.0	1837.9	3387.9	17675.0	14287.1	1941.8	5.22
+4/3K(高)	33083.3	1921.9	3471.9	16541.7	13069.7	724.5	4.76
习惯施肥	29016.7	613.0	2163.0	14508.3	12345.3	—	6.71

3 结 论

在高海拔的干旱半干旱区进行平衡施肥及配套的综合高产栽培措施, 增产增效显著, 试验中马铃薯的最高产量 35 350 kg·hm⁻², 是当地平均产量的 1.2 倍, 起到了一定的示范作用。

钾肥有显著的增产增收效益, 施用钾肥, 马铃薯增产 16.7~2 916.7 kg·hm⁻², 增幅 0.1%~9.0%, 每千克 K 可增收马铃薯 0.2~19.4 kg。在施入一定量有机肥和氮磷钾硫的基础上, 高产高效的 K 用量为 150 kg·hm⁻²。

供试土壤虽然含磷量较低(速效磷仅 5.5 mg·kg⁻¹), 但在试验中未表现出显著增产效果, 有待于进一步研究。

马铃薯高产栽培技术和平衡施肥技术的应用, 不但可提高养分的利用率, 而且增产增收效益显著, 可进行大面积的示范推广。

[参 考 文 献]

- [1] 刘效瑞, 郭擎东, 刘树雄. 半干旱地区马铃薯施用钾肥的应用效果试验 [J]. 中国马铃薯, 2001, 15(5): 286-287.
- [2] 马绍利, 黄冲平. 马铃薯设施栽培技术的初步研究 [J]. 中国马铃薯, 2001, 15(1): 14-16.
- [3] 程天庆. 马铃薯栽培技术 [M]. 北京: 金盾出版社, 1996.
- [4] 孔令郁, 彭启双, 熊艳, 等. 平衡施肥对马铃薯产量及品质的影响 [J]. 土壤肥料, 2004, 18(3): 17-19.
- [5] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978.
- [6] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.

Balanced Fertilization and K Effect on Potato

Cui Yunling, Guo Tianwen, Wang Chengbao

(Institute of Soil and Fertilizer, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: By using potato high yield cultivation and balanced fertilization techniques in the arid region of high altitude in Gansu, potato yield could reach up to 35 350.0 kg·hm⁻², 1.2 times more than that of local average. With addition of K fertilizer, the potato yield increased by 16.7~2 916.7 kg·hm⁻², increasing by 0.1%~9.0%. One kilogram K₂O could increase the potato yield by 0.2~19.4 kg. With application of K fertilizer, the number of potato tuber per hill increased by 29.3%, and tuber weight by 7.7%. The increased yield was due to increase in the number of potato tuber per hill, and then to increase in tuber weight. The potato quality, starch and vitamin C, was also improved. The experiment suggested that when manure N and P fertilizers were appropriate, the optimum rate of K₂O was 150 kg·hm⁻².

Key Words: high-altitude arid region; potato; balanced fertilization; potassium