

中图分类号: S532 文献标识码: B 文章编号: 1672-3635(2021)03-0244-06

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2021.03.007

土壤肥料

鲁西南地区减少化肥用量对马铃薯块茎产量、商品薯率和干物质含量的影响

吴 静, 杨小华, 徐宝连*, 乔冰洁

(济宁市农业科学研究院, 山东 济宁 272131)

摘要: 以‘荷兰15’为供试马铃薯品种, 试验采用 $L_9(3^4)$ 正交设计, 设氮肥(N)、磷肥(P_2O_5)、钾肥(K_2O)3个因素, 每个因素设3个水平, 以常规施肥为对照, 通过对产量、商品薯率和干物质含量的分析, 得出马铃薯获得目标产量时的最少肥料用量。结果表明, 马铃薯产量最高的处理为减肥处理7, 具体施肥量为尿素21 kg/667m², 重过磷酸钙22 kg/667m², 硫酸钾98 kg/667m², 该组合处理下马铃薯产量是3 490 kg/667m², 比对照减产1.22%, 但化肥用量比对照减少34.7%, 商品薯率达到96.7%, 高于对照处理, 达到提质增效的目的。处理7的马铃薯干物质含量最高, 达到17.23%。通过 $L_9(3^4)$ 正交试验分析得出, 马铃薯获得目标产量时施肥水平的最优组合为尿素56 kg/667m², 重过磷酸钙22 kg/667m², 硫酸钾98 kg/667m²。

关键词: 马铃薯; 化肥; 块茎产量; 商品薯率; 干物质含量

Effect of Chemical Fertilizer Reduction on Potato Tuber Yield, Marketable Tuber Percentage and Dry Matter Content in Southwest Shandong Province

WU Jing, YANG Xiaohua, XU Baolian*, QIAO Bingjie

(Jining Institute of Agricultural Sciences, Jining, Shandong 272131, China)

Abstract: The conventional fertilization rate was used as the control, and yield, marketable potato percentage and dry matter content were analyzed in order to get the minimal fertilization rate for potato to achieve the target yield in a $L_9(3^4)$ orthogonal design, in which the three factors of nitrogen fertilizer (N), phosphorus fertilizer (P_2O_5) and potassium fertilizer (K_2O) were set, and three levels set for each factor using the variety 'Helan 15' as an experiment material. The treatment with the highest potato yield was treatment 7. The specific fertilization rate was 21 kg/667m² of urea, 22 kg/667m² of superphosphate, and 98 kg/667m² of potassium sulfate. The yield of potato under this combination was 3 490 kg/667m², which was lower than that of the control by 1.22%, but fertilization rate was reduced by 34.7%, and the marketable potato percentage reached 96.7%, which was higher than the control, achieving the purpose of improving quality and efficiency. Based on the $L_9(3^4)$ orthogonal test analysis, the optimal combination of fertilization rate when the potato achieves the target yield is 56 kg/667m² of urea, 22 kg/667m² of superphosphate, and 98 kg/667m² of potassium sulfate.

Key Words: potato; fertilizer; tuber yield; marketable tuber percentage; dry matter content

收稿日期: 2020-12-07

基金项目: 山东省现代农业产业技术体系薯类创新团队项目(SDAIT-16-15)。

作者简介: 吴静(1981-), 女, 硕士, 农艺师, 从事蔬菜育种与栽培技术研究。

*通信作者(Corresponding author): 徐宝连, 研究员, 从事蔬菜育种与栽培技术研究, E-mail: xubaolian000@163.com。

马铃薯作为山东省主要作物之一, 在省内大部分地区均有种植, 且山东省马铃薯单产和总产量处在全国前列。目前, 山东省马铃薯生产属于高投入高成本生产方式, 施肥量大, 而且肥料基本是作为基肥一次性施足^[1]。施肥环节中存在盲目施肥、过量施肥的现象, 特别是氮、磷过度施用, 增加了生产成本, 降低了肥料利用率, 造成土地板结、土壤酸化、土壤有益微生物减少等农业环境污染问题^[2-3], 这会影响到产品品质, 加重马铃薯病虫害, 增加农药用量, 相应增加产品和环境污染。马铃薯生长离不开肥料, 只有氮磷钾养分充足且配比合理时, 才会有效促进植株地上部生长和块茎产量的形成^[4-6]。过量施用化肥, 不仅造成肥料养分浪费, 降低肥料利用率, 而且影响产品品质^[7]。

目前, 马铃薯生产中肥料用量普遍较高, 不但造成肥料浪费, 而且污染环境。因此, 本研究设计

了三因素三因子的施肥处理, 测定并分析不同处理下马铃薯块茎产量和商品薯率, 旨在得出马铃薯获得目标产量时的最少肥料用量。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验在济宁市农业科学研究院马铃薯试验基地进行, 供试马铃薯品种为‘荷兰15’, 一级种薯。

试验肥料: 尿素(N 46.6%), 磷肥(重过磷酸钙 P₂O₅ 45%), 硫酸钾(K₂O 51%)。

供试土壤 pH 6.98, 有机质 13.1 g/kg, 碱解氮 58.6 mg/kg, 速效磷 48.3 mg/kg, 速效钾 128.5 mg/kg。

1.2 试验方法

试验采用 L₉(3⁴) 正交设计, 设氮肥(N)、磷肥(P₂O₅)、钾肥(K₂O) 3个因素, 每个因素设置3个水平(表1), 试验设计见表2。以常规施肥为对照, 常规施

表1 马铃薯减肥试验因素和水平

Table 1 Factor and level in potato chemical fertilizer reduction experiment

水平 Level	因素 Factor		
	N(kg/667m ²)	P ₂ O ₅ (kg/667m ²)	K ₂ O(kg/667m ²)
1	18	10	20
2	26	7	35
3	10	13	50

表2 马铃薯减肥正交试验方案

Table 2 Orthogonal test design in potato chemical fertilizer reduction experiment

处理 Treatment	因素 Factor			施肥量(kg/667m ²) Fertilizer application rate		
	A(N)	B(P ₂ O ₅)	C(K ₂ O)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	1	1	1	18	10	20
2	1	2	2	18	7	35
3	1	3	3	18	13	50
4	2	1	2	26	10	35
5	2	2	3	26	7	50
6	2	3	1	26	13	20
7	3	1	3	10	10	50
8	3	2	1	10	7	20
9	3	3	2	10	13	35
对照 CK				33	33	37.4

肥量为尿素 71 kg/667m², 磷酸二铵 72 kg/667m², 硫酸钾 73 kg/667m²。小区面积 63 m², 马铃薯种植株行距为 25 cm × 70 cm。试验播种薯块为单芽, 平均重 30~50 g, 芽长 1~2 cm。马铃薯于 2019 年 2 月 28 日种植, 6 月 11 日收获。马铃薯生长期, 按照当地大田马铃薯生产管理。

氮肥分三次施用, 具体施肥时期和用量为基肥 40%, 出苗期施 30%, 现蕾期施 30%。磷肥和钾肥作为基肥一次性施入。

1.3 测定指标及方法

产量: 收获期每个处理测定商品薯产量和小区产量, 并折算为 667 m²产量。

商品薯率: 小区收获的薯块中商品薯产量(M1)占本小区马铃薯总产量(M2)的百分数, 商品薯率(%) = M1/M2 × 100。商品薯标准: 单薯重 ≥ 50 g, 性状为椭圆形, 表皮光滑, 无病斑, 无伤口。

干物质含量: 马铃薯收获后, 采用烘干法测定干物质含量^[8]。

1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2003 进行数据处理, 利用 DPS 17.10 进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对马铃薯产量和商品薯率的影响

从表 3 中看出, 马铃薯减肥各个处理的商品薯产量均达到 3 000 kg/667m², 达到目标产量。在各个处理减少肥料用量的条件下, 对照的产量仍然是最高的, 达到 3 533 kg/667m²。处理 7 的马铃薯产量是减肥处理中最高的, 具体施肥量为尿素 21 kg/667m², 重过磷酸钙 22 kg/667m², 硫酸钾 98 kg/667m²(化肥用量比对照减少 34.7%), 达到 3 490 kg/667m², 比对照减产 1.22%, 商品薯率达到 96.7%, 比对照提高 3.75%。其次是处理 6, 产量达到 3 438 kg/667m², 比对照减产 2.69%, 商品薯率为 93.9%, 比对照略有提高。处理 8 的商品薯率最高, 为 96.8%, 比对照提高 3.86%。

表 3 马铃薯减肥试验各处理产量比较

Table 3 Yield comparisons of different treatments in potato chemical fertilizer reduction experiment

处理 Treatment	商品薯率(%) Marketable tuber percentage	小区产量(kg/63m ²) Plot yield	折合产量(kg/667m ²) Equivalent yield	较对照±(%) Compared to control
1	92.6	311.1	3 292	-6.82
2	93.3	303.9	3 217	-8.94
3	91.5	317.2	3 357	-4.98
4	92.2	316.0	3 345	-5.32
5	90.9	318.5	3 371	-4.59
6	93.9	324.8	3 438	-2.69
7	96.7	329.8	3 490	-1.22
8	96.8	312.2	3 304	-6.48
9	94.1	309.2	3 273	-7.36
对照 CK	93.2	333.8	3 533	-

2.2 不同处理对马铃薯干物质含量的影响

从表 4 中看出, 各处理间马铃薯干物质含量有一定差异, 处理 7 的马铃薯干物质含量最高, 为 17.23%, 较对照提高 4.49%。对照处理的干物质含量最低。从各个处理施肥总量来分析, 随着肥料用量的减少, 马铃薯的干物质含量增加, 处理 7 干物

质含量最高, 随后马铃薯干物质含量减少。从处理平均值多重比较结果来看, 处理 7 与处理 8、处理 1、处理 5、对照之间差异显著。

2.3 正交试验方差分析

2.3.1 正交试验结果

从表 5 中可以看出 3 个因素同一水平的试验结果

表4 不同处理下马铃薯干物质含量
Table 4 Dry matter content of potato tubers under different treatments

处理 Treatment	干物质含量(%) Dry matter content
1	16.73 b
2	17.07 ab
3	16.82 ab
4	17.12 ab
5	16.78 b
6	17.02 ab
7	17.23 a
8	16.67 b
9	16.83 ab
对照CK	16.49 b

注: 数据后不同小写字母表示在0.05水平差异显著。采用Duncan's新复极差法。

Note: Means with different small letters are significant difference at 0.05 level using Duncan's multiple range test.

表5 正交试验结果
Table 5 Results of orthogonal test

处理 Treatment	因素 Factor			小区产量(kg/63m ²) Plot yield
	A(N)	B(P ₂ O ₅)	C(K ₂ O)	
1	1	1	1	311.1
2	1	2	2	303.9
3	1	3	3	317.2
4	2	1	2	316.0
5	2	2	3	318.5
6	2	3	1	324.8
7	3	1	3	329.8
8	3	2	1	312.2
9	3	3	2	309.2

T ₁	932.3	956.9	948.1	2 842.9(T)
T ₂	959.4	934.6	929.2	
T ₃	951.2	951.3	965.5	

\bar{X}_1	310.76	318.97	316.04	
\bar{X}_2	319.79	311.54	309.74	
\bar{X}_3	317.07	317.10	321.84	

R	9.03	7.43	12.10	

之和, 以及3个因素同一水平试验结果的平均值。 R 值指的是极差, 反映了3个试验因素的水平变化对试验指标的影响, R 值越大, 说明试验指标的反应

越敏感, 因素的作用越大。比较 R 值可以得出, 对马铃薯产量来说, 三个因素A(N), B(P₂O₅), C(K₂O)作用大小排列为: C(K₂O) > A(N) > B

(P_2O_5), 说明K肥对马铃薯的产量影响最大, 其次是N肥, P肥的影响最小。

根据表5中各个因素同一水平试验结果的平均值, 选出均值大的组合, 即最优水平组合为: $A_2B_1C_3$ (尿素 56 kg/667m², 重过磷酸钙 22 kg/667m², 硫酸钾 98 kg/667m²), 这个组合在原试验方案中没有做过, 但

利用正交试验能计算出来, 作为肥料配施选优的参考。

2.3.2 方差分析表

F检验结果表明(表6), 3个因素的F值 $< F_{0.05}$, 说明3个因素对产量的影响都不显著。究其原因可能是本试验误差大, 且误差自由度小, 检验的灵敏度降低, 掩盖了考察因素的显著性。

表6 不同处理产量的方差分析

Table 6 Analysis of variance for tuber yields of different treatments

变异来源 Source of variation	SS	df	MS	F	$F_{0.05}$
A	99.76	2	49.88	0.79	19
B	60.53	2	30.265	0.48	
C	190.48	2	95.24	1.52	
误差 Error	125.67	2	62.835		
总变异 Total variation	476.44	8			

3 讨论

马铃薯是一种需肥量高的高产作物, 合理使用肥料能增加马铃薯产量, 提高其品质, 但目前马铃薯种植中存在过量施肥的现象, 不仅影响马铃薯的产量和品质, 还对环境造成污染。梁玲玲等^[9]试验表明, 相比于习惯施肥(51%的复合肥施用 1 500 kg/hm²), 推荐施肥处理N、P、K养分总量减少20%, 马铃薯产量提高13.8%, 减少肥料用量的同时配施马铃薯专用肥能达到减肥稳产的目的。本研究结果显示, 减少肥料用量降低了马铃薯的产量, 处理7(氮肥 21 kg/667m², 重过磷酸钙 22 kg/667m², 硫酸钾 98 kg/667m²)的产量最高, 达到 3 490 kg/667m², 比对照减产 1.22%。这一研究结果与前人研究结果有差异, 究其原因, 可能是本研究在减少化学肥料的同时, 只注重了追肥, 没有增施有机肥或其他马铃薯专用肥。虽然减肥使马铃薯产量有所下降, 但处理7的肥料用量比对照减少 34.7%, 商品薯率达到 96.7%, 高于对照处理的 93.2%, 在经济效益上还是可观的。

马铃薯干物质中淀粉占 70%~80%, 蛋白质占 2%左右, 包括 18 种氨基酸, 还含有多种维生素和无机盐。因此干物质含量的多少是评价马铃薯品质的一个重要指标。化学肥料用量增加, 不仅造成了养

分流失, 降低肥料的利用率, 而且降低农产品的质量。氮肥施用量不利于果实的生长发育, 还会延长作物生育期。化肥施用量, 会减少土壤中的有益微生物, 而且导致农作物抗病虫害能力降低, 从而增加了农药用量, 影响作物的食品安全^[10,11]。本研究结果显示, 在一定范围内减少肥料用量, 马铃薯干物质含量增加, 当施肥量为处理7(氮肥 21 kg/667m², 重过磷酸钙 22 kg/667m², 硫酸钾 98 kg/667m²)时, 马铃薯干物质含量最高, 达到 17.23%, 比对照提高 4.49%。这说明在马铃薯生产中减少肥料用量可以提高马铃薯的品质。

马铃薯商品薯率直接影响马铃薯的外观质量, 从而影响经济效益。魏福龙等^[12]研究表明, 合理施肥, 适当追肥能通过增加马铃薯二级薯的量来提高马铃薯的商品薯率。本研究发现, 减少肥料用量, 生育期内合理追肥明显提高马铃薯的商品薯率, 9个减肥处理中, 有5个处理的马铃薯商品薯率比对照处理高。其中处理8, 即施肥方案为氮肥: 21 kg/667m², 重过磷酸钙: 16 kg/667m², 硫酸钾: 39 kg/667m², 此方案的马铃薯商品薯率最高, 达到 96.8%, 比对照提高 3.86%。

随着马铃薯主食化深入人心, 马铃薯的需求也越来越大, 马铃薯高效节能生产也迫在眉睫, 减少肥料用量, 提高肥料利用率, 制定马铃薯专用肥对于目前马铃薯生产至关重要。有关研究中表明减少

肥料用量能提高马铃薯产量, 而本研究结果中减少肥料用量, 马铃薯产量减少, 这可能是因为别的研究中在减少肥料用量的同时, 增施了马铃薯专用肥或者增施有机肥, 因此提高了马铃薯的产量^[13,14]。因此下一步研究在减少化学肥料用量的同时, 要增施其他肥料, 既能保证马铃薯的产量, 又能减少化学肥料用量。

[参 考 文 献]

[1] 董道峰, 杨元军, 陈广侠, 等. 山东省马铃薯生产现状、存在问题及发展建议 [C]//屈冬玉, 陈伊里. 马铃薯产业与中国式主食. 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2016.

[2] 王德建, 林静慧, 孙瑞娟, 等. 太湖地区稻麦高产的氮肥适宜量及其对地下水的影响 [J]. 土壤学报, 2003, 40(3): 426-432.

[3] 黄国勤, 王兴祥, 钱海燕, 等. 施用化肥对农业生态环境的负面影响及对策 [J]. 生态环境, 2004, 13(4): 656-660.

[4] 阎献芳, 肖厚军, 曹文才, 等. 马铃薯肥效研究 [J]. 贵州农业科学, 2005, 33(2): 55-56.

[5] 张静, 蒙美莲, 王颖慧, 等. 氮磷钾施用量对马铃薯产量及品质的影响 [J]. 作物杂志, 2012(4): 124-127.

[6] 杨艳荣. 氮肥对马铃薯生长发育的影响 [J]. 吉林蔬菜, 2012(1):

31-33.

[7] 潘可可. 肥料减量施用对设施番茄产量、品质的影响 [D]. 南京: 南京农业大学, 2010.

[8] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.3-2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.

[9] 梁玲玲, 周霞, 李志强, 等. 不同减肥技术对马铃薯养分高效利用的影响 [J]. 中国马铃薯, 2020, 34(3): 150-157.

[10] 李银坤, 武雪萍, 武其甫, 等. 不同水氮处理对温室黄瓜产量、品质及水分利用效率的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2010(3): 21-24, 30.

[11] 陈小花, 李继明, 李丰先, 等. 不同“减肥减药”新型材料对马铃薯生长特性及产量的影响 [J]. 中国马铃薯, 2019, 33(4): 217-226.

[12] 魏福龙, 曾路生, 李俊良, 等. 膜下滴灌不同追肥处理对马铃薯商品薯率及微量元素吸收效率的影响 [J]. 中国农学通报, 2018, 34(10): 28-34.

[13] 张淑敏, 王婷婷, 杨恒, 等. 专用肥对马铃薯农艺性状和产量的影响 [J]. 中国马铃薯, 2020, 34(4): 224-228.

[14] 罗照霞, 窦俊煊, 吕汰, 等. 不同肥料对马铃薯产量、品质和经济效益的影响 [J]. 中国马铃薯, 2019, 33(3): 159-164.



现有《中国马铃薯》杂志 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 和 2020 年精装合订本, 中国马铃薯大会论文集 2011 年《马铃薯产业与科技扶贫》, 2012 年《马铃薯产业与水资源高效利用》, 2013 年《马铃薯产业与农村区域发展》, 2014 年《马铃薯产业与小康社会建设》, 2015 年《马铃薯产业与现代可持续农业》, 2016 年《马铃薯产业与中国式主食》, 2017 年《马铃薯产业与精准扶贫》, 2018 年《马铃薯产业与脱贫攻坚》, 2019 年《马铃薯产业与健康消费》和 2020 年《马铃薯产业与美丽乡村》, 每本定价 100 元。有需要的读者, 可与《中国马铃薯》编辑部联系。

联系电话: 0451-55190003