

宁南山区施肥对马铃薯生长发育、产量及品质的影响

廖佳丽¹, 徐福利^{2*}, 赵世伟²

(1. 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100; 2. 中科院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 为探讨在宁南山区不同施肥处理下马铃薯生长发育和产量最佳施肥方式, 采取随机区组设计进行田间试验, 开展对马铃薯产量和品质影响的研究。结果表明, 在当地条件下, 处理 10 收获期干物质积累总量平均比对照增加 30.97%, 各施肥处理收获期的干物质累积量比对照增加 7.35%~73.31%。马铃薯生长发育最佳施肥方式是 N 300 kg/hm²、P₂O₅ 200 kg/hm²、K₂O 200 kg/hm²、M 17.5 t/hm², (氮肥基施和追肥各一半, 磷肥和钾肥以及有机肥全部基施), 能增加马铃薯产量并能增加淀粉含量, 从而提高马铃薯产品品质。在宁南山区马铃薯生产中可以推广应用这种肥料组配方案。

关键词: 马铃薯; 生长发育; 产量; 品质

中图分类号: S143; S141; S532

文献标识码: A

文章编号: 1673-6257(2009)04-0048-05

宁夏南部属半干旱区, 具有春迟、夏短、秋早、冬长的特点, 光照充足, 日照时间长, 昼夜温差大。土层疏松深厚, 通透性良好, 土壤富含钾素, 降水集中于 7、8、9 月, 十分有利于干物质的制造和积累, 这些有利的自然条件为马铃薯的大面积种植提供了一个良好的平台。马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 是我国半干旱地区农业生产的主要农作物, 也是宁南山区种植广泛的四大作物之一。马铃薯作为当地农业发展的支柱产业, 对促进地方经济起了十分重要的作用, 但是马铃薯栽培技术一直沿袭传统的方式, 产量潜力未能挖掘, 其马铃薯单产水平很低, 平均产量仅为全国的 1/2。氮、磷、钾化肥在马铃薯生产上的应用对解决马铃薯的单产不高、总产不稳有重要作用^[1-3], 如何根据宁南山区马铃薯生长发育特点, 合理运筹肥料, 适时施用, 是提高肥料利用效率和产量的关键。为此, 通过田间试验, 研究采用不同施肥处理对马铃薯的生长发育和产量及品质的影响, 揭示了马铃薯植株营养需求规律, 以期制定合理的栽培措施提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地区

试验地设在宁夏回族自治区南部山区的固原县河川乡明川村, 试点地处宁南泾河、清水分水岭, 为温凉半干旱区, 海拔 1 534.3~1 822 m, 年均气温 6.9, 年降水量 420 mm, 年均蒸发量 1 369 mm, 干燥系数 1.7, 年均气温 6.8, 日照时数 2 518 h, 10 积温 2 690.4, 平均无霜期 145 d。其地理位置东经 106°26′~106°30′, 北纬 35°59′~36°02′。试验地土壤为淡黑垆土, 肥力中等, 容重 1.17 g/cm³, 有机质 9.43 g/kg, 全氮 0.68 g/kg, 碱解氮 56.9 mg/kg, 全磷 (P) 0.12 g/kg, 速效磷 (P) 6.6 mg/kg, 全钾 (K) 18.9 g/kg, 速效钾 (K) 131.5 mg/kg。

1.2 试验材料

供试品种宁薯 4 号。氮肥为尿素 (N 46%), 磷肥为过磷酸钙 (P₂O₅ 12%), 钾肥为氯化钾 (K₂O 60%), 有机肥 (M) 为羊粪, 含有机质 245 g/kg, 氮 (N) 6.5 g/kg, 磷 (P₂O₅) 4.7 g/kg, 钾 (K₂O) 3.3 g/kg。氮肥基施和追肥 (开花期) 各一半, 磷肥、钾肥和有机肥全部基施。

1.3 试验设计

田间试验采用随机区组设计, 不同配方施肥设 10 个处理, 3 次重复, 共 30 个小区, 各小区面积 4 m × 3 m = 12 m²。小区随机排列, 每小区种植 56 株。2007 年 5 月 15 日播种, 10 月 20 日采收。各处理管理同大田。

收稿日期: 2008-09-17

基金项目: 国家十一五科技支撑计划重大项目 (2006BCA01A07) 资助。

作者简介: 廖佳丽 (1982-), 女, 四川绵阳人, 硕士, 主要从事土壤肥力和植物营养研究。徐福利为通讯作者。

表 1 试验区组设计

处理	施肥量			
	N (kg/hm ²)	P ₂ O ₅ (kg/hm ²)	K ₂ O (kg/hm ²)	M (t/hm ²)
1 (CK)	0	0	0	0
2 (N ₁)	300	0	0	0
3 (N ₂)	600	0	0	0
4 (P)	0	200	0	0
5 (K)	0	0	200	0
6 (M)	0	0	0	17.5
7 (N ₁ P)	300	200	0	0
8 (N ₁ K)	300	0	200	0
9 (N ₁ PK)	300	200	200	0
10 (N ₁ PKM)	300	200	200	17.5

1.4 测定项目与方法

1.4.1 土壤养分 有机质、全氮、全磷、全钾、速效磷的含量采用常规分析方法^[4]。

1.4.2 生育期植株生长状况 从 2007年 7月 10日到 10月 10日每 20 d取样一次, 每个小区随机抽取 3株, 用直尺测量株高和根长, 游标卡尺测量根的最大直径, 所取样品分成根和茎叶 2部分, 测定鲜物质重, 105 杀青 15 min, 70 烘干至恒重, 并称重。

1.4.3 小区产量 收获时每小区收获测定地上部分及根系鲜重、干重及产量。

1.4.4 品质 试验收获时各处理取马铃薯混合样, 用碘比色法测定淀粉含量; 酚试剂法测蛋白质含量; 用比色法测定还原糖含量^[5]。

1.4.5 数据处理 采用 Excel, DPS^[6]软件进行数

据处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对马铃薯生长发育的影响

由表 2可知, 施肥有利于马铃薯地上部分的生长, 不同的施肥处理对马铃薯株高的影响程度不同, 处理间的差异在生育后期最明显, 处理 4达显著水平, 处理 5、9、10的株高较高, 处理 3、6作用不明显, 对照最低, 这表明氮、磷、钾是马铃薯地上部分生长及马铃薯旺盛生长时期的最主要的营养元素。马铃薯的茎粗各处理间在生育前期无显著差异, 但是在生育后期处理 10达极显著水平, 对照最小。氮、磷、钾、有机肥配合施用效果最好。

分析此试验马铃薯不同时期的根冠比可以得出, 生育前期马铃薯根冠比偏低, 生育后期则相反, 这说明马铃薯生育前期主要以地上部分的生长为主, 生育后期以根的生长为主。不同施肥处理对马铃薯根冠比的影响不同, 生育前期处理 4的根冠比最小, 其次是处理 9和处理 7根冠比也较小, 生育后期则相反, 处理 4根冠比最大且达极显著水平。这说明施磷可以促进光合产物由地上部分向根系的运输, 有利于马铃薯根系生长, 提高了马铃薯的根冠比; 单施氮虽然可以促进地上部分器官的生长, 却降低了光合产物向根系转移的比例, 降低了马铃薯的根冠比。

表 2 不同配方施肥对马铃薯株高、茎粗、根冠比的影响

处理	株高		茎粗		根冠比	
	生育前期	生育后期	生育前期	生育后期	生育前期	生育后期
1	31.97 ±1.67h	62.73 ±2.24i	3.57 ±0.18a	9.00 ±0.29f	0.22 ±0.01a	0.88 ±0.02hH
2	36.37 ±2.07f	68.50 ±1.51f	3.63 ±0.20a	9.07 ±0.35f	0.20 ±0.01bc	1.07 ±0.01fG
3	38.87 ±1.77d	66.03 ±1.39h	3.67 ±0.22a	9.23 ±0.18ef	0.19 ±0.01bcd	1.03 ±0.02gG
4	42.03 ±1.31a	86.43 ±1.24b	4.17 ±0.35a	10.67 ±0.29ab	0.15 ±0.01g	2.02 ±0.02aA
5	39.17 ±1.42cd	83.07 ±1.37d	3.73 ±0.18a	9.90 ±0.32cde	0.18 ±0.02de	1.42 ±0.02dD
6	35.50 ±1.80gh	67.37 ±2.26g	4.00 ±0.40a	10.03 ±0.40bcd	0.19 ±0.01cd	1.31 ±0.02eE
7	40.53 ±1.42c	74.83 ±1.08e	4.13 ±0.35a	10.67 ±0.14ab	0.16 ±0.01fg	1.72 ±0.02bB
8	35.87 ±1.37g	68.17 ±1.23fg	3.73 ±0.27a	9.30 ±0.23def	0.21 ±0.01ab	1.13 ±0.02fF
9	37.93 ±2.33e	85.40 ±1.15c	3.80 ±0.21a	10.30 ±0.15bc	0.16 ±0.02fg	1.54 ±0.02cC
10	41.71 ±1.50ab	89.33 ±2.20a	4.30 ±0.38a	11.20 ±0.34a	0.17 ±0.02ef	1.76 ±0.02bB

注:小写字母表示差异显著水平 (p < 0.05),大写字母表示差异极显著水平 (p < 0.01)。

2.2 不同施肥处理对马铃薯产量的影响

在宁南山区施用不同肥料马铃薯差异较显著。试验结果表明, 单施氮 N₁处理和单施钾 K处理增产不显著, 甚至单施氮 N₂处理有减产的结果, P、

M、N₁P、N₁PK、N₁PKM处理与CK差异较显著, N₁、N₂、K、N₁K处理与CK无显著差异; 在单施与混合施肥中, 单施P处理和混施N₁P、N₁PK、N₁PKM处理无显著差异, 而单施N₂和K处理与混

施 N_1P 、 N_1PK 、 N_1PKM 处理有显著差异。氮 (N_1)、磷、钾、有机肥料配施可显著提高产量，马铃薯增产 $5\,407.7\text{ kg/hm}^2$ ，比单施 N_1 和 K 处理分别增加 38% 和 42%。单施磷肥的效果高于单施有机肥、钾和氮肥，但低于氮磷 (N_1P) 配施。在混施处理中，氮、磷、钾、有机肥配合增幅最大，增产 51.11%；其次是氮、磷、钾配合，增产 46.12%；最后是氮、磷配合增产 41.09%。在单施有机肥、磷、钾、氮的处理中，单施磷增产幅度最大，增产 38.73%，单施有机肥仅次于单施磷处理。这说明在该供试土壤条件下，氮、磷、钾、有机肥配合是提高马铃薯产量的最佳施肥结构，而在单一施肥中，磷肥是马铃薯产量形成的最主要元素，而单施氮肥 N_2 处理反而降低了马铃薯的产量。

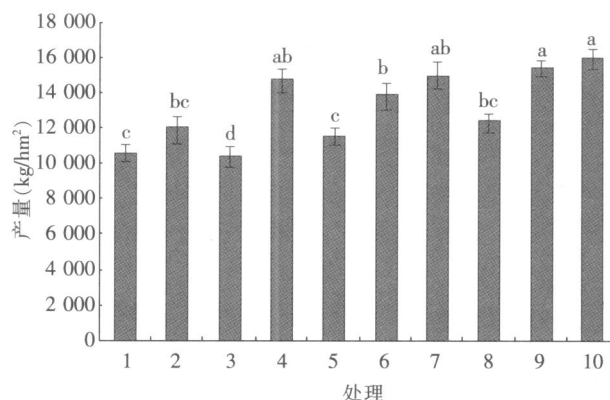


图 1 不同施肥处理对马铃薯产量的影响

2.3 不同施肥处理对马铃薯干物质积累和分配的影响

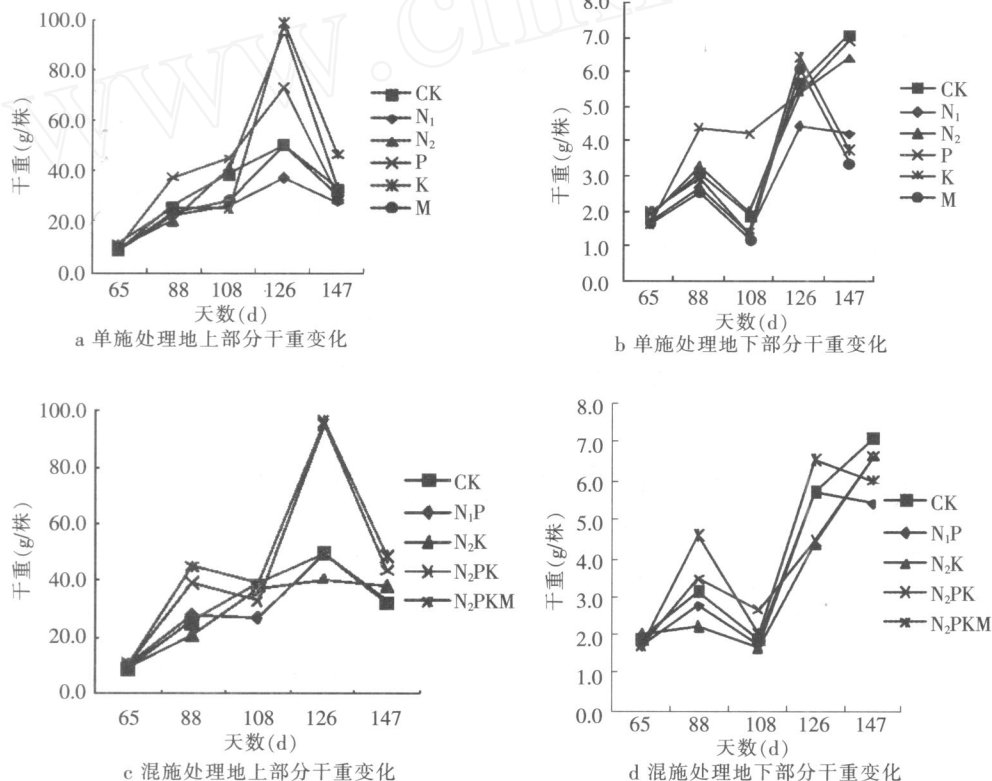


图 2 不同施肥处理不同生长时期地上、地下部分干重的变化

不同时期干物质的分配表明了作物根、茎、叶等不同功能部位的重要性^[7]。对于干旱、半干旱地区，作物干物质的分配主要受到其根土水肥环境的影响。由图 2 可知，马铃薯干物质积累从出苗到出苗后 126 d 为持续增长期，出苗后 126 d 干物质积累达到高峰，此后茎叶干物质所占比例逐渐下降，

而根干物质所占比例相对增长，说明这时茎叶和根中的干物质也转移到马铃薯块茎中去，保证了马铃薯器官的充分发育。在不同施肥处理下，马铃薯总物质积累除处理 2 以外普遍增加，各施肥处理收获期干物质积累量比对照增加 7.35% ~ 73.31%，处理 2 干物质积累量比对照减少 0.63%，各施肥处理

收获期干物质累积总量平均比对照增加 30.97%。其中处理 10 (氮、磷、钾、有机肥配合) 收获期干物质累积总量和茎叶干物质累积量、根干物质累积量均为最高。不同施肥处理对马铃薯茎叶、根干物质累积的影响程度不同, 在单施氮、磷、钾、有机肥的 5 个处理中, 马铃薯茎叶干物质累积量 $P > M > N_2 > K > N_1$, 马铃薯根干物质累积量 $P > K > N_2 > M > N_1$, 马铃薯干物质累积总量 $P > K > N_2 > M > N_1$; 采用氮、磷、钾、有机肥配合施用, 马铃薯茎叶干物质累积总量和根干物质累积量是 $N_1PKM > N_1PK > N_1P > N_1K$, 马铃薯干物质累积总量也是 $N_1PKM > N_1PK > N_1P > N_1K$ 。这说明磷、氮是马铃薯生长发育中最重要的营养元素, 合理的氮、磷、钾、有机肥配比施用可以促进马铃薯地上及地下部的生长。

2.4 不同施肥处理对马铃薯品质的影响

还原糖、粗淀粉和蛋白质是衡量马铃薯品质的几个重要指标。由表 3 可知, 各施肥处理粗淀粉、蛋白质均明显高于对照, 处理 10 对提高粗淀粉、蛋白质的效果较为显著。处理 10 粗淀粉、蛋白质含量分别高出对照 3.72 和 0.32 个百分点; 还原糖含量虽然处理 8 最高, 但单位面积薯块产量较低, 蛋白质总量也不高。因此, 综合考虑还原糖、粗淀粉和蛋白质三者因素, 以处理 10 品质较佳。

表 3 不同施肥处理马铃薯还原糖、粗淀粉、蛋白质含量比较 (%)

处理	粗淀粉	还原糖	蛋白质
1	12.29 ± 0.032i	0.26 ± 0.003gh	1.09 ± 0.017e
2	12.89 ± 0.035fg	0.25 ± 0.002h	1.14 ± 0.015de
3	12.82 ± 0.020gh	0.29 ± 0.003fh	1.12 ± 0.035de
4	12.79 ± 0.026h	0.23 ± 0.004i	1.16 ± 0.015d
5	14.30 ± 0.019d	0.32 ± 0.004ef	1.18 ± 0.010cd
6	13.81 ± 0.015e	0.30 ± 0.004cd	1.23 ± 0.015bc
7	12.94 ± 0.032f	0.27 ± 0.003de	1.18 ± 0.021cd
8	15.43 ± 0.032c	0.35 ± 0.003a	1.15 ± 0.015de
9	15.75 ± 0.026b	0.28 ± 0.003b	1.25 ± 0.027b
10	16.01 ± 0.012a	0.31 ± 0.005bc	1.41 ± 0.021a

注: 小写字母表示差异显著水平 ($p < 0.05$)。

不同施肥处理对马铃薯粗淀粉、蛋白质的影响程度不同, 在单施氮、磷、钾、有机肥的处理中对马铃薯粗淀粉影响程度大小依次为 $K > M > P > N_1 > N_2 > CK$; 对马铃薯蛋白质影响程度大小依次为 $M > K > P > N_1 > N_2 > CK$; 采用氮、磷、钾、有机肥配合施用, 对马铃薯粗淀粉影响程度大

小依次为 $N_1PKM > N_1PK > N_1K > N_1P > CK$; 对马铃薯蛋白质影响程度大小依次为 $N_1PKM > N_1PK > N_1P > N_1K > CK$ 。

氮、磷、钾、有机肥单独施用或两种元素肥料配合施用对马铃薯还原糖含量影响不明显, 除处理 8 马铃薯还原糖含量明显提高, 差异显著外, 其他处理均未达到显著性差异。

3 结论

本研究表明, 氮、磷、钾、有机肥合理配合施用明显促进了马铃薯植株的生长, 并对马铃薯产量和品质产生一定影响。

3.1 不同施肥处理能促使马铃薯幼苗生长, 从而为生育后期马铃薯产量形成及还原糖、粗淀粉和蛋白质的积累提供充足的营养基础。氮、磷、钾、有机肥配合施用最有利于马铃薯植株 (株高和茎粗) 生长, 施磷可以提高马铃薯的根冠比。

3.2 氮、磷、钾各元素对马铃薯地上、地下干物质积累有明显的影。施肥处理干物质累积总量比对照增加 7.35% ~ 73.31%, 平均比对照增加 30.97%。不同营养元素及其配比对马铃薯茎叶及根干物质积累的影响程度不同, 用氮、磷、钾、有机肥配合施用, 对马铃薯干物质累积总量的影响大小依次为氮、磷、钾、有机肥配合 > 氮、磷、钾配合 > 氮、磷配合; 对马铃薯茎叶干物质累积量和根干物质累积量的影响大小依次为氮、磷、钾、有机肥配合 > 氮、磷、钾配合 > 氮、磷配合 > 氮、钾配合。

3.3 施肥明显提高了马铃薯产量, 不同营养元素对马铃薯产量的影响大小依次为氮、磷、钾、有机肥配合 > 氮、磷、钾配合 > 单施磷 > 氮、磷配合 > 单施有机肥 > 单施氮 (300 kg/hm², 基施和追肥各一半) > 单施钾 > 氮、钾配合 > 对照 > 单施氮 (600 kg/hm², 基施和追肥各一半)。氮、磷、钾各元素及其配比使马铃薯粗淀粉、还原糖量明显增加。

3.4 本研究结果表明, 无论在产量还是品质上, 氮、磷、钾、有机肥配合施用对马铃薯的影响均大于其它施肥处理, 这可以说明宁南山区马铃薯的栽培过程中应该注重氮、磷的施用, 并注意氮、磷、钾、有机肥的配合施用。

参考文献:

[1] Belanger J R, Walsh J E. Tuber growth and biomass partitioning

- of two potato cultivars grown under different N fertilization rates with and without irrigation [J]. *Amer. J. of Potato Res.*, 2001, 78: 109 - 117.
- [2] Fulton J M. Relationship of root extension to the soil moisture level requires for maximum yield of potatoes, tomatoes, and corn [J]. *Can J Soil Sci.*, 1970, 50: 92 - 94.
- [3] George K J, Gordon M R, et al. Potato production³/4.5 irrigation [J]. *Crops and Plants*, 2001, 32: 127 - 129.
- [4] 南京农业大学. 土壤农化分析 [M]. 北京: 农业出版社, 1987.
- [5] 门福义, 刘梦云. 马铃薯栽培生理 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995. 317 - 331.
- [6] 唐启义, 冯明光. DPS数据处理系统 [M]. 北京: 科学出版社, 2006. 89 - 125.
- [7] 李凤民, 郭安红, 锥梅, 等. 土壤深层供水对冬小麦干物质生产的影响 [J]. *应用生态学报*, 1997, 8 (6): 275 - 579.

Effect of fertilizer application on yield and quality of potato in Ningnan mountain

LIAO Jia-li¹, XU Fu-li^{2*}, ZHAO Shi-wei² (1. Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100)

Abstract: For the best way that different fertilizer application on growth and yield of potato in Ningnan mountain area, this paper used the method of random sections in film experimentation to study. The result showed that treatment 10 the total of dry biomass increased 30.97% average in harvest season, and other treatments increased in 7.35% ~ 73.31% than CK. Using the combination of organic fertilizer, N, P, K, in which N was used as the basal fertilizer and repeat fertilizing once more in the burgeon time was the best way, which the yield and character of potato was the best and increased starch content and then improved the quality. It also showed that the combination of fertilizer could be extended in the yielding of potato in the Ningnan mountain area.

Key words: potato (*Solanum tuberosum* L.); growth; yield; quality