

平衡施肥与常规施肥对冬作马铃薯
肥效的比较

张新明¹, 伍尤国², 徐鹏举², 官利兰¹, 陈洪³, 曹先维²

(1 华南农业大学 资源环境学院, 广东 广州 510642; 2 华南农业大学 园艺学院, 广东 广州 510642; 3 惠东县生产力促进中心, 广东 惠东 516300)

摘要:通过田间试验, 设置了平衡施肥和常规施肥及相应的缺肥试验、氯化钾替代硫酸钾处理, 研究了不同施肥处理对冬作马铃薯的肥效. 结果表明: 平衡施肥处理对冬作马铃薯的综合效应优于常规施肥处理, 主要表现为商品薯产量、经济效益、磷素表观利用率和维生素的质量分数等参数分别比常规处理高 4 451 kg/hm²、8 984 元/hm²、33.1% 和 42.8 mg/kg. 用氯化钾替代硫酸钾, 产量、经济效益和氮素表观利用率会降低, 特别是商品薯产量和氮素表观利用率显著下降 ($P < 0.05$). 建议在供试条件下选用硫酸钾作为冬作马铃薯的主要钾源效果更好.

关键词:冬作马铃薯; 平衡施肥; 肥效; 经济效益; 钾肥种类
中图分类号:S151.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-411X(2013)04-0475-05

A Comparison of Fertilizer Effects Between Balanced and Conventional
Fertilization on Winter Potato

ZHANG Xinming¹, WU Youguo², XU Pengju², GUAN Lilan¹, CHEN Hong³, CAO Xianwei²

(1 College of Natural Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;
2 College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;
3 Huidong Productivity Promotion Center, Huidong 516300, China)

Abstract: Field experiments of treatments concerning balanced and conventional fertilization, including lack of N or P or K fertilizer, using potassium chloride to replace potassium sulphate were set up. The results showed that the comprehensive effects of balanced fertilization were better than those of conventional fertilization; balanced fertilization had a significantly higher marketable potato yield, 4 454 kg/hm², economic profit, 8 984 RMB Yuan/hm², apparent phosphorus element use efficiency reaching 33.1% and Vc content, 42.8 mg/kg. When using potassium chloride to replace potassium sulphate, the yield, economic profit and apparent nitrogen-element use efficiency (ANEUE) would be lower, in particular marketable potato yield and ANEUE decreased significantly at 0.05 level. It was suggested that under the conditions tested, potassium sulphate should be selected as the main potassium source.

Key words: winter potato; balanced fertilization; fertilizer effect; economic profit; types of potassium fertilizer

收稿日期: 2012-12-13 网络出版时间: 2013-09-09
网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20130909.1903.022.html>
作者简介: 张新明 (1965—), 男, 副教授, 博士; 通信作者: 曹先维 (1962—), 男, 研究员, E-mail: caoxw@scau.edu.cn
基金项目: 现代农业产业技术体系专项资金资助 (CARS-10-ES14); 广东省科技计划项目 (2009B020409003, 2010B020315022); 国家科技支撑计划 (2007BAD89B14); 惠东县委托科技项目

马铃薯 *Solanum tuberosum* L. 是世界第四大粮食作物. 我国马铃薯种植面积稳定在 530 万 hm^2 左右, 但在南方稻区和干旱半干旱地区, 种植面积都有增加的潜力^[1]. 南方稻区适宜种植冬作马铃薯的耕地面积在 400 万 hm^2 以上, 在广东省有 120 多万 hm^2 的耕地适宜冬种生产, 发展马铃薯生产具有时间差的优势^[2]. 据报道, 惠东县的冬作马铃薯面积约占广东省的 1/5 左右, 是广东省冬种马铃薯的主产区^[3]. 目前, 惠东县冬作马铃薯化肥氮(N)、磷(P_2O_5)、钾(K_2O)施用量分别为 245.0、284.1、304.8 kg/hm^2 , 化肥施用量 N: P_2O_5 : K_2O 质量比为 1.00:1.16:1.24^[4], 存在磷肥用量偏高和钾肥略显不足的问题, 氮肥平均施肥量较合理, 但种植户之间的差异很大, 化肥氮、磷、钾的变异系数分别为 36.96%、44.17% 和 49.18%. 本文比较了冬作马铃薯平衡施肥与常规施肥(惠东典型农户平均施肥量)的肥效差异, 以提出基于目标产量和地力水平的合理氮、磷、钾施肥量, 以指导当地马铃薯种植户的科学施肥水平, 为相似生态区冬作马铃薯生产中制定平衡施肥方案提供参考.

1 材料与方法

1.1 材料与试验地状况

供试种薯为费乌瑞它原种; 供试肥料为商品有机

肥(N、 P_2O_5 、 K_2O 的质量分数分别为 18.8、23.5、5.2 g/kg)、尿素[$w(\text{N})46\%$]、过磷酸钙[$w(\text{P}_2\text{O}_5)12\%$]、硫酸钾[$w(\text{K}_2\text{O})50\%$]和氯化钾[$w(\text{K}_2\text{O})60\%$].

试验在惠东县平海镇经口村进行, 前作为水稻. 土壤为轻壤土, 土壤 pH 5.93、有机质 23.35 g/kg、碱解氮(N) 73.8 mg/kg、有效磷(P) 94.4 mg/kg、速效钾(K) 45.8 mg/kg.

1.2 试验设计与田间管理

1.2.1 试验设计 处理设置见表 1. 平衡施肥处理是根据陈洪等^[5]和张洪秀^[6]的田间肥效试验确定的目标产量 52 500 kg/hm^2 , 利用养分平衡法^[7]确定氮肥用量, 根据张洪秀^[6]在 2010—2011 年度开展的田间肥效试验确定的氮、磷、钾之比计算相应的磷、钾肥施用量. 常规施肥处理为张洪秀等^[4]的典型调查确定的平均氮、磷、钾施用量. 缺素处理的设置主要是为了计算肥料利用率. 为明确在供试条件下利用氯化钾的可行性设置了氯化钾替代硫酸钾的处理.

化肥氮肥(纯氮)基、追肥分配比例如下: 30% (基肥)、25% (追 1)、20% (追 2)、15% (追 3)、10% (追 4); 化肥磷肥(纯磷): 60% (基肥)、5% (追 1)、10% (追 2)、10% (追 3)、15% (追 4); 化肥钾肥(纯钾): 30% (基肥)、5% (追 1)、20% (追 2)、25% (追 3)、20% (追 4).

表 1 不同试验处理的施肥量¹⁾
Tab.1 The fertilizing amount of different experiment treatments $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$

处理	尿素(N)	过磷酸钙(P_2O_5)	硫酸钾(K_2O)	氯化钾(K_2O)
BF	591.15(271.95)	566.25(67.95)	701.70(350.85)	0
BFN0	0	566.25(67.95)	701.70(350.85)	0
BFPO	591.15(271.95)	0	701.70(350.85)	0
BFK0	591.15(271.95)	566.25(67.95)	0	0
CF	532.50(244.95)	2 367.45(284.10)	609.60(304.80)	0
CFN0	0	2 367.45(284.10)	609.60(304.80)	0
CFPO	532.50(244.95)	0	609.60(304.80)	0
CFK0	532.50(244.95)	2 367.45(284.10)	0	0
BFKCL	591.15(271.95)	566.25(67.95)	0	584.70(350.85)

1) BF: 平衡施肥处理, BFN0: 平衡施肥无氮肥, BFPO: 平衡施肥无磷肥, BFK0: 平衡施肥无钾肥处理, CF: 常规施肥处理, CFN0: 常规施肥无氮肥, CFPO: 常规施肥无磷肥, CFK0: 常规施肥无钾肥处理, BFKCL: 平衡施肥中以氯化钾替代硫酸钾处理; 括号内为纯养分.

每个处理设 3 次重复, 随机排列, 共 27 个小区. 每个小区宽 3.30 m、长 5.80 m, 每小区 3 垄, 每垄双行种植.

1.2.2 田间管理 2011 年 11 月 27 日播种, 每垄播 2 行, 株距 23.2 cm(密度约 78 375 个/ hm^2), 每小区

播 150 个种薯切块. 所有处理种后均覆盖 6 000 kg/hm^2 的稻草. 追肥时间: 2011 年 12 月 23 日追 1; 2012 年 1 月 1 日追 2; 2012 年 1 月 9 日追 3; 2012 年 1 月 19 日追 4. 2012 年 1 月 5 日培土, 培土厚度约 8 cm. 其他管理同大田.

病虫害防治分7次实施,2012年1月1日喷4.5%高效氯氰菊酯+10.5%阿维哒螨灵;2012年1月10日喷金雷多米尔+高效氰菊酯+农用链霉素+叶面肥;2012年1月17日喷农用链霉素+克露;2012年1月28日喷克露;2012年2月12日喷金雷多米尔+卉友+叶面肥;2012年2月26日喷克露+吡虫·灭多威+卉友;2012年3月3日喷金雷多米尔.

2012年3月25日按小区测产.商品薯的标准:单个薯质量大于等于75 g,无畸形、无病、无虫蛀、无裂口等;次品薯标准:单个薯质量小于75 g,无畸形、无病、无虫蛀、无裂口等块茎,或其他畸形非病烂薯.

1.3 取样与测定方法

分小区采集代表性的马铃薯块茎约2 kg带回室内,测定Vc和淀粉含量.Vc的测定方法采用国家标准GB/T 5009.159—2003“食品中还原型抗坏血酸的测定”^[8];淀粉的测定方法采用张永成等^[9]的方法.

1.4 数据分析与统计方法

养分表观利用率=(各施肥处理养分吸收量)/(化肥养分施用量+缺素处理的养分吸收量)×100%^[10].

各施肥处理养分吸收量=总产量×每吨块茎产量吸收养分量^[11].

总产量=商品薯产量+次品薯产量.

经济效益=(商品薯产量×商品薯价格+次品薯产量×次品薯价格)-(化肥成本+有机肥成本+农药成本+种薯成本).

采用DPS 8.01统计软件^[12]对试验数据进行方差分析和多重比较.

2 结果与分析

2.1 对马铃薯产量的影响

表2的结果表明,无论是商品薯产量还是总产,BF处理的数值最高,BF处理的商品薯产量显著高于BFKCL、CF处理的产量($P<0.05$),而总产之间没有

显著差异($P>0.05$).BF处理的商品薯产量和总产比CF分别提高4 451和3 869 kg/hm²,相对增加15.4%和12.2%;BF处理的商品薯产量和总产比BFKCL分别提高4 401和3 753 kg/hm²,相对增加15.2%和11.8%.此外,BF处理的产量显著高于BFN0,但与BFP0、BFK0处理的产量之间差异不显著,说明在供试条件下,相对于磷肥和钾肥而言,氮肥是限制冬作马铃薯产量的主要因子,这可能与土壤富磷、秸秆覆盖还田补充钾素有关.

表2 不同施肥处理对商品薯产量和总产的影响¹⁾
Tab.2 Effects of different fertilization treatments on marketable potato and total yield kg·hm⁻²

处理	商品薯产量	总产
BF	33 305 ± 1 113a	35 462 ± 1 139a
BFP0	31 059 ± 3 171ab	33 410 ± 3 020a
BFK0	29 073 ± 1 150bc	32 572 ± 798ab
BFKCL	28 904 ± 363bc	31 708 ± 236ab
CF	28 856 ± 651bc	31 593 ± 396ab
CFP0	25 661 ± 2 203cd	28 237 ± 2 120bc
BFN0	23 784 ± 964d	26 675 ± 1 144c
CFK0	22 451 ± 2 355d	26 229 ± 2 619c
CFN0	22 027 ± 1 734d	24 846 ± 1 655c

1) 表中数据为平均值±标准误,同列数据后凡是有一个相同小写字母者,表示差异不显著($P>0.05$,Duncan's法).

2.2 对氮、磷、钾素表观利用率的影响

表3的结果表明,BF的氮素表观利用率比CF高0.77%,相对增加了2.05%,但二者差异不显著($P>0.05$);比BFKCL高4.04%,相对增加了11.78%,二者差异达显著水平($P<0.05$).BF的磷素表观利用率显著高于CF和BFKCL处理($P<0.05$),比CF高33.10%,相对增加了139.23%;比BFKCL高5.88%,相对增加了11.54%.BF的钾素表观利用率与CF和BFKCL处理差异不显著($P>0.05$),比CF低3.14%,相对减少了6.05%;比BFKCL高5.14%,相对增加了11.78%.

表3 不同施肥处理对氮、磷和钾素表观利用率的影响¹⁾
Tab.3 Effects of different fertilization treatments on apparent N, P and K-element use efficiency %

处理	氮素	处理	磷素	处理	钾素
BF	38.39 ± 1.00a	BF	56.88 ± 1.09a	CF	51.89 ± 2.21a
CF	37.62 ± 0.27a	BFKCL	50.99 ± 2.29b	BF	48.75 ± 1.10ab
BFKCL	34.34 ± 0.57b	CF	23.78 ± 0.31c	BFKCL	43.61 ± 0.27b

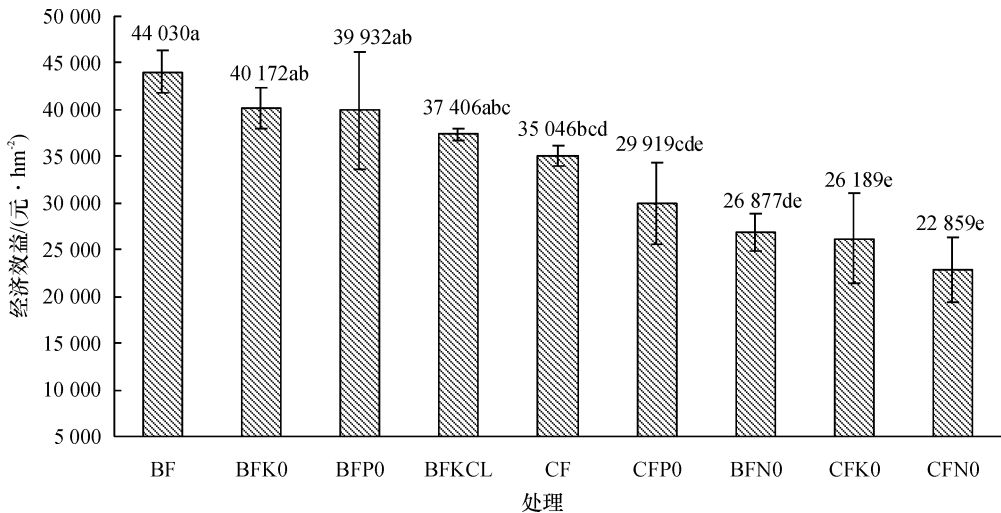
1) 表中数据为平均值±标准误,同列数据后凡是有一个相同小写字母者,表示差异不显著($P>0.05$,Duncan's法).

2.3 对冬作马铃薯淀粉和 Vc 的影响

如表 4 所示,BF 的马铃薯淀粉质量分数与 CF、BFKCL 处理之间均未没有显著差异;BF 的 Vc 质量分数显著高于 CF 处理,绝对值提高 42.8 mg/kg,相对提高 44.6%,但与 BFKCL 处理之间无显著差异.

2.4 对冬作马铃薯经济效益的影响

由图 1 可知,BF 处理的经济效益比 CF 和 BFKCL 处理的分别提高 8 984 和 6 624 元/hm²,方差分析与多重比较结果表明,BF 处理的经济效益显著高于 CF 处理,但与 BFKCL 处理之间差异不显著.



柱子上凡是标有一个相同小写字母者,表示处理间差异不显著 ($P>0.05$, Duncan's 法).

图 1 不同施肥处理对马铃薯经济效益的影响

Fig. 1 Effects of different fertilization treatments on economic profit of potato

3 讨论与结论

本文的平衡施肥处理是利用目标产量法制定的,但试验结果并未达到原来的目标产量,只达到 35 462 kg/hm²,远远低于设定的目标(52 500 kg/hm²),主要是因为天气(下雨)原因播期推迟,另外,在马铃薯生长后期连日阴雨影响了马铃薯的淀粉积累.可见目标产量法对于广东省冬作马铃薯平衡施肥的制定存在一些问题,可能会因施肥以外的原因造成减产,如何根据天气预测制定目标产量是该法合理利用的前提,根据往年的产量结果设定产量目标存在一定的风险.我国目前广泛应用的目标产量法确定施肥量的技术对于部分作物适用,而对于受气候因子影响较大的作物可能有一定的局限性.

邓兰生等^[13]利用滴灌盆栽试验结果表明,滴施氯化钾和硝酸钾处理的马铃薯块茎产量差异不显

表 4 不同施肥处理对马铃薯淀粉和 Vc 含量的影响¹⁾
Tab. 4 Effects of different fertilization treatments on starch and Vc contents of potato

处理	w(淀粉)/%	处理	w(Vc)/(mg·kg ⁻¹)
BFKCL	11.01 ± 0.50a	BFN0	171.0 ± 9.1a
BFK0	10.98 ± 1.84a	BFP0	147.7 ± 34.8ab
CFN0	10.69 ± 0.47a	BF	138.7 ± 10.2abc
CFP0	10.68 ± 0.67a	CFP0	133.5 ± 25.4abc
BF	10.46 ± 0.75a	BFK0	122.6 ± 9.9abc
BFP0	10.35 ± 1.42a	BFKCL	117.1 ± 19.6 bc
CFK0	10.09 ± 0.80a	CFN0	101.4 ± 4.8bc
CF	9.78 ± 0.86a	CFK0	96.3 ± 10.8c
BFN0	9.71 ± 1.21a	CF	95.9 ± 9.2 c

1) 表中数据为平均值 ± 标准误,同列数据后凡是有一个相同小写字母者,表示差异不显著 ($P>0.05$, Duncan's 法).

著,但低于滴施硫酸钾处理;而滴施氯化钾和硫酸钾处理的马铃薯块茎中淀粉含量差异不显著.而刘汝亮等^[14]在宁夏的田间试验表明,氯化钾处理要优于硫酸钾处理,氯化钾处理马铃薯产量和淀粉含量均高于硫酸钾处理.本试验结果表明,在供试条件下,可以用氯化钾肥料替代硫酸钾,不会对马铃薯产生负面影响,但用量不宜超过 90 kg/hm². Panique 等^[15]在美国威斯康辛州开展了 11 年的钾肥肥效试验,结果表明硫酸钾和氯化钾处理的总产之间并没有显著差异,但低于 280 kg·hm⁻²时,硫酸钾比氯化钾增加的总产多,而高于 280 kg·hm⁻²时,硫酸钾处理的总产降低,氯化钾处理的产量保持稳定.本研究钾肥用量达到 350.85 kg/hm²的马铃薯产量分别是钾肥用量为 90 和 280 kg/hm²的 3.90 和 1.25 倍.那么,能否通过降低钾肥用量,既能达到一定的目标产量,又能利用氯化钾完全替代硫酸钾,值得在田间条件下

进一步验证,因为毕竟氯化钾的价格比硫酸钾的价格低得多且易于用在滴灌施肥系统中^[13]。

平衡施肥处理对冬作马铃薯的综合效应优于常规施肥处理,主要表现为商品薯产量、经济效益、磷素表观利用率和 Vc 含量等参数。用氯化钾替代硫酸钾,在供试条件下,产量、经济效益和氮素表观利用率会降低,所以建议还是选用硫酸钾作为冬作马铃薯的主要钾源。

参考文献:

[1] 屈冬玉,金黎平,谢开云. 中国马铃薯产业 10 年回顾(1998—2008)[M]//屈冬玉,金黎平,谢开云. 中国马铃薯产业 10 年回顾. 北京:中国农业科学技术出版社, 2010:5-8.

[2] 袁继平,胡成来,肖军委,等. 广东冬种马铃薯产业存在问题及发展建议[J]. 广东农业科学, 2009,36(8): 369-370.

[3] 曹先维. 广东省马铃薯产业 10 年回顾[M]//屈冬玉,金黎平,谢开云. 中国马铃薯产业 10 年回顾. 北京:中国农业科学技术出版社, 2010:66-69.

[4] 张洪秀,陈洪,曹先维,等. 惠东县冬作马铃薯施肥状况调查分析[J]. 广东农业科学,2011,38(22):53-55.

[5] 陈洪,张新明,全锋,等. 氮磷钾不同配比对冬作马铃薯产量、效益和肥料利用率的影响[J]. 中国马铃薯, 2010(4): 224-229.

[6] 张洪秀. 适于冬种马铃薯的氮钾调控研究[D]. 广州:

华南农业大学,2012.

[7] 鲁剑巍. 测土配方与作物配方施肥技术[M]. 北京:金盾出版社, 2006:108-118.

[8] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009. 159—2003 食品中还原型抗坏血酸的测定[S]. 北京:中国国家标准化管理委员会,2003.

[9] 张永成,田丰. 马铃薯试验研究方法[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2007:168-169.

[10] 沈善敏. 关于肥料利用率的猜想[J]. 应用生态学报, 2005,16(5):781-782.

[11] 汤丹峰. 追肥对冬种马铃薯营养特性及综合效益的影响[D]. 广州:华南农业大学, 2011.

[12] 唐启义,冯明光. DPS 数据处理系统软件(版本号: 8.01,著作权登记号:2003SR1788)[M]. 北京:科学出版社,2007.

[13] 邓兰生,林翠兰,龚林,等. 滴施不同钾肥对马铃薯生长及产量的影响[J]. 华南农业大学学报,2010,31(2): 12-14.

[14] 刘汝亮,李友宏,王芳,等. 两种钾源对马铃薯养分累积和产量的影响[J]. 西北农业学报,2009,18(1):143-146.

[15] PANIQUE E,KELLING K A,SEHULTE E E,et al. Potassium rate and source effects on potato yield, quality, and disease interaction[J]. Am J Potato Res, 1997, 74(6): 379-398.

【责任编辑 周志红】