

doi:10.7668/hbxb.2014.S1.068

钾肥不同施用期对食用甘薯产量和品质的影响

后 猛,张允刚,刘亚菊,王 欣,唐 维,闫 会,马代夫,李 强

(江苏徐州甘薯研究中心,江苏徐淮地区徐州农业科学研究所,中国农业科学院甘薯遗传改良重点开放实验室,江苏 徐州 221131)

摘要:为了探明适宜的钾肥施用量与施肥时期在提高甘薯产量和品质的同时,实现钾肥的高效利用和优化管理。以优质食用型甘薯徐薯32为试验材料,研究3个钾肥用量(0,150,300 kg/hm²)和3个施肥时期(生长早期即栽插后2周内、封垄期和块根膨大初期)处理对甘薯产量及营养成分的影响。结果表明:生长早期施用钾肥300 kg/hm²时,块根鲜薯和薯干产量获得最高值,分别为36 495.0,12 175.5 kg/hm²。钾肥不同施用期和施用水平对所测甘薯品质性状影响较大,甘薯生长早期追施钾肥有利于淀粉、麦芽糖和蔗糖的积累;低钾处理有利于淀粉及糖类物质的积累,而高钾处理则有利于蛋白质的积累。

关键词:甘薯;钾肥;施用量;施肥期;产量;品质

中图分类号:S143.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-7091(2014)增刊-0368-05

Effects of Applying Potassium at Different Stages on Yield and Quality of Edible Sweetpotato

KOU Meng,ZHANG Yun-gang,LIU Ya-ju,WANG Xin,TANG Wei,YAN Hui,MA Dai-fu,LI Qiang

(Jiangsu Xuzhou Sweetpotato Research Center,Jiangsu Xuhuai Area of Xuzhou Institute of Agricultural Sciences,
Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Sweetpotato,Ministry of Agriculture,Xuzhou 221131,China)

Abstract: In order to ascertain the appropriate potassium fertilization level and fertilization period, the field experiments were done to improve the yield and quality of sweetpotato, and its efficient utilization and optimization management at the same time. The effects of three K levels (0,150,300 kg/ha) and three fertilization periods (the early stage of growth period within 2 weeks after planting, sealing ridge stage and the early stage of storage root enlargement) treatment on sweetpotato yield and nutritional composition application on yield and nutritional compositions were studied using edible sweetpotato variety Xushu 32 as experimental material. The results showed that the maximum fresh (36 495.0 kg/ha) and dry (12 175.5 kg/ha) yield were observed under early application of K 300 kg/ha. The impact of K fertilization level and fertilization period on measured quality traits was obvious. Fertilizer application at early stage of growth period was beneficial to starch, maltose and sucrose accumulation. Low potassium level treatment contributed to starch and carbohydrate accumulation, high potassium level treatment contributed to protein accumulation.

Key words: Sweetpotato; Potassium fertilizer; Fertilization level; Fertilization period; Yield; Quality

钾是植物生长发育所需三大营养元素之一,也是甘薯块根重要的品质成分。钾元素在植物生长过程中起着非常重要的作用,它参与植物生长发育的许多重要的生理生化过程^[1]。我国约有三分之一的耕地缺钾或严重缺钾,南方地区缺钾尤为严

重^[2]。因此,缺钾问题已成为限制我国农业生产发展的重要影响因子。

甘薯(*Ipomoea batatas* (L.) Lam.)是需钾量较高的块根类作物,对钾营养反应较为敏感。适量施钾可以促进光合产物向块根运输,增加干物质在块

收稿日期:2014-10-24

基金项目:江苏省科技支撑计划项目(BE2012336);现代农业产业技术体系建设专项资金项目(CARS-11);江苏省农业科技自主创新资金项目(CX(13)2032);江苏省支撑计划项目(BE2013437)

作者简介:后 猛(1981-),男,山东曹人,助理研究员,硕士,主要从事甘薯遗传育种研究。

通讯作者:李 强(1971-),男,江苏铜山人,研究员,博士,主要从事甘薯遗传育种研究。

张允刚(1968-),男,江苏邳州人,研究员,硕士,主要从事甘薯遗传育种研究。

根中的积累量,从而提高甘薯产量^[3-4]。甘薯生长中后期易出现缺肥现象,加强甘薯钾营养和施用时期的研究,实现钾肥优化管理,提高钾肥利用率,防止甘薯后期缺钾而早衰减产,是甘薯生产中亟待解决的问题^[5-6]。因此,采用分期施用钾肥既可满足甘薯各个生育阶段对养分的需求,又可减少养分的挥发和淋溶损失,节约肥料资源^[6]。本试验研究了不同施钾量和施用期下食用甘薯块根产量及主要营养成分含量的差异,旨在为食用甘薯优质高产提供科学理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验地状况

试验于2012年6月16日在江苏徐淮地区徐州农业科学研究所甘薯育种试验田进行。试验地经纬度分别为117.18°E,34.26°N,土质为沙壤土,0~20 cm土层碱解氮176.19 mg/kg,有效磷19.50 mg/kg,速效钾95.40 mg/kg,有机质2.32 g/kg。

1.2 试验材料

1.2.1 甘薯品种 优质食用型甘薯品种徐薯32(红皮黄肉,原名食5),由江苏徐州甘薯研究中心选育和提供,前茬作物为小麦。

1.2.2 肥料 钾肥为市售硫酸钾($K_2O \geq 50\%$),四川友禾肥业有限公司生产。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计 试验采用随机区组设计,钾肥设

0,150,300 kg/hm² 3个处理,3次重复,分别于6月29日、7月27日和8月24日分3次划沟施入垄底。垄距0.85 m,株距0.235 m,小区面积为12 m²,走道0.5 m,密度为50 062株/hm²。田间管理措施按一般高产田进行。

1.3.2 测定项目 收获时每小区各取5株分别调查单株结薯数、大中薯率、单株鲜薯重和烘干率。甘薯块根干样中淀粉、葡萄糖、果糖、麦芽糖、蔗糖和蛋白质含量,于收获后一个月内利用近红外反射光谱仪进行测定。

1.4 数据统计

试验数据采用Excel 2007和SPSS软件分析。

2 结果与分析

2.1 分期施钾对食用甘薯块根产量的影响

2.1.1 不同施钾时期食用甘薯产量性状的变异来源 甘薯产量性状在不同施用期、不同施用量以及施用期与施用量互作上的差异均未达到显著水平(表1)。从F值大小可以看出,结薯数表现为钾肥施用量效应大于施用期效应和施用期×施用量效应,大中薯率的施用期效应和施用量效应大于施用期×施用量效应,而块根鲜质量和干质量均表现为施用期效应和施用期×施用量效应大于施用量效应,表明食用甘薯结薯数主要受钾肥施用量影响,大中薯率受施用期和施用量共同影响,而施用期和施用期×施用量互作则是决定块根鲜质量和干质量的关键。

表1 甘薯不同施用期下主要产量性状方差分析(F值)

Tab.1 Variance analysis of yield traits for sweetpotato at different fertilization periods(F values)

产量性状 Yield traits	施用期 Fertilization period	施用量 Fertilization level	施用期×施用量 Fertilization period×Fertilization level
结薯数 NSR	0.513	2.585	0.721
大中薯率 RLMSSR	2.115	1.325	0.677
块根鲜质量/(kg/hm ²) FWSR	1.868	0.794	1.855
块根干质量/(kg/hm ²) DWSR	2.488	0.384	2.531

注: *、**的F值表明其显著性分别达到95%或99%置信区间;NSR. 结薯数;RLMSSR. 大中薯率;FWSR. 块根鲜质量;DWSR. 块根干质量。表2~3同。

Note: * and ** F values are significant at the 95% or 99% confidence interval, respectively; NSR. Numbers of storage root per plant; RLMSSR. Rate of large and medium-sized storage root; FWSR. Fresh weight of storage root per plant; DWSR. Dry weight of storage root per plant. The same as Tab.2-3.

2.1.2 不同施钾期和施钾水平下甘薯产量性状的差异 由表2可知,钾肥不同施用期和施用水平对甘薯块根鲜质量和干质量的影响较大,而对结薯数和大中薯率影响不明显。从不同施肥时期所获得的平均值上来说,块根鲜质量和干质量均在第一次施肥(6月29日,生长早期)时获得最大值,分别为33 499.5,11 070.0 kg/hm²;从不同施钾水平所获得的平均值上来说,块根鲜质量和干质量均在高钾(300 kg/hm²)处理下获得最大值,分别为32 548.5,

10 377.0 kg/hm²;块根鲜质量和干质量在生长早期施用钾肥300 kg/hm²时,分别达到最高值36 495.0,12 175.5 kg/hm²。

2.2 分期施钾对食用甘薯块根品质的影响

2.2.1 不同施钾时期食用甘薯品质性状的变异来源 食用甘薯块根淀粉、麦芽糖和蔗糖含量在施用期与施用量互作上的差异均达显著或极显著水平,葡萄糖含量的施用期效应和施用量效应分别达极显著与显著水平,果糖和蛋白质含量受施用期和施用

量的影响较小(表3)。结果表明,淀粉、麦芽糖和蔗糖含量受施用期和施用量共同影响。糖含量主要受施用期×施用量互作影响,而葡萄糖

表2 分期施钾对块根产量性状的影响

Tab. 2 Effect of applying potassium (K) at different stages on the yield-components of storage root

施用期(月-日)	施钾量/(kg/hm ²)	结薯数	大中薯率/%	块根鲜质量/(kg/hm ²)	块根干质量/(kg/hm ²)
Fertilization period	K treatment	NSR	RLMSSR	FWSR	DWSR
06-29	0	3.8±0.2a	88.8±4.2a	29 700.0±2 641.5abc	9 570.0±939.0bc
	150	4.0±0.4a	87.9±2.4a	34 305.0±337.5ab	11 466.0±195.0ab
	300	4.4±0.3a	91.0±2.4a	36 495.0±738.0a	12 175.5±462.0a
07-27	0	5.1±1.2a	79.4±5.4a	27 936.0±2 167.5bc	9 282.0±720.0bc
	150	3.9±0.9a	86.6±7.3a	30 828.0±556.5abc	9 837.0±177.0bc
	300	4.4±0.1a	84.7±5.3a	30 633.0±2 413.5abc	9 412.5±741.0bc
08-24	0	5.2±0.5a	84.3±1.2a	31 717.5±4 074.0abc	10 057.5±1 291.5bc
	150	3.5±0.4a	91.4±2.8a	26 857.5±1 750.5c	8 382.0±546.0c
	300	4.6±0.6a	82.7±3.1a	30 517.5±3 217.5abc	9 546.0±1 006.5bc
06-29		4.1±0.5a	89.2±4.9a	33 499.5±3 840.0a	11 070.0±1 486.5a
07-27		4.5±1.4a	83.6±9.6a	29 799.0±3 175.5b	9 510.0±942.0b
08-24		4.4±1.1a	86.2±5.5a	29 697.0±5 227.5b	9 328.5±1 669.5b
	0	4.7±1.3a	84.2±7.3a	29 784.0±4 888.5a	9 636.0±1 554.0a
	150	3.8±1.0a	88.7±7.4a	30 663.0±3 610.5a	9 895.5±1 435.5a
	300	4.5±0.6a	86.1±6.8a	32 548.5±4 615.5a	10 377.0±1 776.0a

注:同列中不同字母表示差异达到5%显著水平。表4同。

Note: Different small letters within a line indicate a significant difference at 5% probability level. The same as Tab. 4.

表3 甘薯不同施用期下主要品质性状方差分析(F值)

Tab. 3 Variance analysis of quality traits for sweetpotato at different fertilization periods (F values)

品质性状	施用期	施用量	施用期×施用量
Quality traits	Fertilization period	Fertilization level	Fertilization period×Fertilization level
淀粉含量(干样) STCDSR	1.080	1.353	5.452 **
葡萄糖含量(干样) GCDSR	18.664 **	7.713 *	0.526
果糖含量(干样) FCDSR	2.122	1.494	1.482
麦芽糖含量(干样) MCDSR	5.485	1.314	3.863 **
蔗糖含量(干样) SUCDSR	4.269	1.234	10.451 **
蛋白质含量(干样) PCDSR	1.873	1.034	2.230

注:STCDSR. 淀粉含量;GCDSR. 葡萄糖含量;FCDSR. 果糖含量;MCDSR. 麦芽糖含量;SUCDSR. 蔗糖含量;PCDSR. 蛋白质含量。* 和 ** 分别表示 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 显著水平。表4同。

Note: STCDSR. Starch content in dry storage root; GCDSR. Glucose content in dry storage root; FCDSR. Fructose content in dry storage root; MCDSR. Maltose content in dry storage root; SUCDSR. Sucrose content in dry storage root; PCDSR. Protein content in dry storage root. * and ** express $P<0.05$ and $P<0.01$ indicate significance respectively. The same as Tab. 4.

2.2.2 不同施钾期和施钾水平下甘薯品质性状的差异 品质分析结果(表4)显示,钾肥不同施用期和施用水平对所测甘薯块根营养成分的影响较大。就不同施用期而言,封垄期(7月27日)追施钾肥淀粉含量最高,块根开始膨大期(8月24日)追施钾肥葡萄糖、果糖和蛋白质含量最高,生长前期(6月29日)追施钾肥麦芽糖和蔗糖含量最高,说明在甘薯生长早期追施钾肥有利于淀粉、麦芽糖和蔗糖的积累。对于不同施钾量的平均值来说,不施钾处理下淀粉、葡萄糖、果糖、麦芽糖含量最高,中钾(150 kg/hm²)处理下蔗糖含量最高,高钾(300 kg/hm²)处理下蛋白质含量最高,表明低钾处理有利于淀粉及糖类物质的积累,而高钾处理则有利于蛋白质的积累。

3 讨论

甘薯的产量和品质受品种^[7-9]、生态因子^[10-16](如气候、温度、土壤)、栽培调控等多种因素的影响,其中栽培措施,尤其是施肥管理是提高甘薯产量和改善甘薯品质的主要方式。甘薯属于喜钾作物,施用适量钾肥可以提高干物质积累能力和鲜薯产量^[17-20]。研究表明,基施或封垄期追施钾肥有助于基部分枝发育,提高中前期叶面积系数和光合势,从而增加单株薯重和大薯率^[21]。陈晓光等^[22]发现,分期施钾能够提高甘薯叶片的光合效率,增强块根淀粉合成酶活性,提高淀粉积累速率,进而增加块根产量。本试验与前人研究结论相似,食用甘薯徐薯32在生长早期追施钾肥,其鲜产和干产均获得最高值。

表 4 分期施钾对块根品质性状的影响

Tab. 4 Effect of applying potassium (K) at different stages on the quality-components of storage root

%

施用期 (月-日) Fertilization period	施钾量 /(kg/hm ²) K treatment	淀粉含量 (干样) STCDSR	葡萄糖含量 (干样) GCDSR	果糖含量 (干样) FCDSR	麦芽糖含量 (干样) MCDSR	蔗糖含量 (干样) SUCDSR	蛋白质含量 (干样) PCDSR
06-29	0	72.24 ± 1.25bc	2.72 ± 0.29abcd	1.72 ± 0.22a	0.90 ± 0.06ab	7.35 ± 0.61bc	4.50 ± 0.86c
	150	71.86 ± 0.25bc	2.22 ± 0.24cd	1.04 ± 0.29b	0.93 ± 0.01a	9.10 ± 0.68a	4.74 ± 0.23bc
	300	70.74 ± 0.84c	2.07 ± 0.39d	1.04 ± 0.40b	0.79 ± 0.05bc	7.63 ± 0.49b	5.78 ± 0.26a
07-27	0	75.93 ± 0.07a	3.14 ± 0.04ab	1.34 ± 0.02ab	0.64 ± 0.01de	2.07 ± 0.06f	4.92 ± 0.01abc
	150	70.48 ± 1.15c	2.66 ± 0.34bcd	1.31 ± 0.12ab	0.70 ± 0.08cd	6.16 ± 0.77bcd	5.50 ± 0.01ab
	300	73.13 ± 0.06b	3.07 ± 0.04ab	1.48 ± 0.01ab	0.71 ± 0.01cd	5.42 ± 0.13d	5.22 ± 0.02abc
08-24	0	71.47 ± 0.31bc	3.46 ± 0.04a	1.73 ± 0.02a	0.80 ± 0.02abc	6.21 ± 0.51bcd	5.65 ± 0.02ab
	150	71.03 ± 0.20bc	2.92 ± 0.07abc	1.47 ± 0.02ab	0.69 ± 0.03cd	5.95 ± 0.23cd	5.79 ± 0.02a
	300	71.97 ± 0.19bc	3.00 ± 0.10ab	1.72 ± 0.04a	0.56 ± 0.02e	3.62 ± 0.32e	5.57 ± 0.02ab
06-29		71.61 ± 1.48b	2.34 ± 0.56b	1.27 ± 0.58b	0.87 ± 0.09a	8.03 ± 1.21a	5.01 ± 0.99b
07-27		73.18 ± 2.56a	2.96 ± 0.37a	1.38 ± 0.13ab	0.68 ± 0.08b	4.55 ± 2.01b	5.21 ± 0.25ab
08-24		71.49 ± 0.54b	3.12 ± 0.28a	1.64 ± 0.13a	0.68 ± 0.11b	5.26 ± 1.35b	5.67 ± 0.10a
	0	73.21 ± 2.35a	3.11 ± 0.41a	1.60 ± 0.27a	0.78 ± 0.12a	5.21 ± 2.51b	5.02 ± 0.90a
	150	71.12 ± 1.19b	2.60 ± 0.47b	1.28 ± 0.33a	0.77 ± 0.14a	7.07 ± 1.78a	5.34 ± 0.51a
	300	71.94 ± 1.28b	2.71 ± 0.60b	1.41 ± 0.46a	0.68 ± 0.11b	5.56 ± 1.81b	5.52 ± 0.33a

甘薯营养全面,除富含淀粉外,还含有维生素、蛋白质、微量元素和多糖等多种对人体有益的成分^[23]。钾是植物体内 60 余种酶的活化剂,对于促进光合产物向块根、块茎类作物可食部位转移,以及碳水化合物的合成和转化具有重要作用,因此被称为“品质元素”。大多数研究认为,增施钾肥有利于改善作物品质^[24-26]。而本试验研究发现,施用钾肥(150 kg/hm² 或 300 kg/hm²)可以提高部分营养成分(如蔗糖和蛋白质)的含量,却不利于其他成分(淀粉、葡萄糖、果糖和麦芽糖)的积累,具体原因需要进一步探索。前人研究报道,分期施肥能够明显提高甘薯 Vc 含量,降低块根淀粉和全钾含量,对可溶性糖、全磷和粗蛋白含量的影响因不同试验点而表现不一致^[6]。笔者研究表明,封垄期或块根膨大期前追施钾肥都可以有效改善甘薯品质性状。因此,为便于生产操作和田间施肥,钾肥以全部基肥或封垄期前追施为宜^[6,27]。

参考文献:

- [1] 王 毅,武维华. 植物钾营养高效分子遗传机制[J]. 植物学通报,2009,44(1):27-36.
- [2] 鲁如坤. 我国土壤氮、磷、钾的基本状况[J]. 土壤学报,1989,26(3):280-286.
- [3] 史春余,王振林,赵秉强,等. 钾营养对甘薯某些生理特性和产量形成的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2002,8(1):81-85.
- [4] 史春余,王振林,赵秉强,等. 钾营养对甘薯块根薄壁细胞微结构、14C 同化物分配和产量的影响[J]. 植物

营养与肥料学报,2002,8(3):335-339.

- [5] 周开芳,张书华,陈 敏,等. 氮磷钾不同肥料用量对不同甘薯品种产量的影响[J]. 贵州农业科学,2003,31(z1):56-57.
- [6] 王小晶,蔡国学,王 洋,等. 氮磷钾分期施用对甘薯产量和品质的影响[J]. 中国农学通报,2011,27(7):188-192.
- [7] 王庆南,沈稼青,戎新祥,等. 特高产优质甘薯新品种苏薯 8 号的选育及栽培要点[J]. 江苏农业科学,1998(3):26-28.
- [8] 唐忠厚,张爱君,史新敏,等. 高产淀粉型甘薯新品种徐薯 27 的选育及品质特性[J]. 植物遗传资源学报,2012,13(3):502-506.
- [9] 马代夫,谢逸萍,李洪民,等. 高淀粉甘薯新品种徐薯 22 的选育与栽培要点[J]. 江苏农业科学,2003(6):47-48.
- [10] 谢一芝,邱瑞镰,林长平,等. 环境条件对甘薯营养品质的影响[J]. 江苏农业科学,1991(6):22-23.
- [11] Ngeve J M. Regression analysis of genotype × environment interaction in sweet potato[J]. Euphytica,1993,71(3):231-238.
- [12] Caliskan M E, Ertürk E, Sogut T, et al. Genotype × environment interaction and stability analysis of sweetpotato (*Ipomoea batatas*) genotypes[J]. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 2007, 35(1):87-99.
- [13] 后 猛,李 强,唐忠厚,等. 不同生态环境对甘薯主要品质性状的影响[J]. 中国生态农业学报,2012,20(9):1180-1184.
- [14] 解晓红,解红娥,李江辉,等. 富钾土壤中氮、磷肥不

- 同水平对甘薯生长及产量的影响[J]. 山西农业科学, 2014, 42(6): 576-580.
- [15] 解虹娥, 武宗信, 负白茹. 甘薯高产施肥技术的研究[J]. 山西农业科学, 1996, 24(3): 36-39.
- [16] 后 猛, 王 欣, 张允刚, 等. 甘薯主要经济性状与气象因子的相关性分析[J]. 华北农学报, 2013, 28(增刊): 243-247.
- [17] 郑艳霞. 钾对甘薯同化物积累和分配的影响[J]. 土壤肥料, 2004(4): 14-16.
- [18] 王汝娟, 王振林, 梁太波, 等. 腐植酸钾对食用甘薯品种钾吸收、利用和块根产量的影响[J]. 腐植酸, 2011, 14(2): 44.
- [19] 唐忠厚, 李洪民, 张爱君, 等. 长期定位施肥对甘薯块根产量及其主要品质的影响[J]. 浙江农业学报, 2010, 22(1): 57-61.
- [20] 宁运旺, 曹炳阁, 朱绿丹, 等. 施钾水平对甘薯干物质积累与分配和钾效率的影响[J]. 江苏农业学报, 2012, 28(2): 320-325.
- [21] 姚海兰, 张立明, 史春余, 等. 施钾时期对甘薯植株性状及产量的影响[J]. 西北农业学报, 2010, 19(4): 82-85.
- [22] 陈晓光, 史春余, 李洪民, 等. 施钾时期对食用甘薯光合特性和块根淀粉积累的影响[J]. 应用生态学报, 2013, 24(3): 759-763.
- [23] 余 华, 宋永康, 姚清华, 等. 不同肉色甘薯营养成分分析[J]. 福建农业学报, 2010, 25(4): 482-485.
- [24] 林 琪, 石 岩, 位东斌, 等. 不同氮、钾比对夏甘薯生长发育及产量形成的影响[J]. 土壤肥料, 1996(5): 43-45.
- [25] 宋春风, 徐 坤. 氮钾配施对芋头产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(2): 167-170, 181.
- [26] 宋志荣. 不同氮钾比例对马铃薯产量和品质的影响[J]. 中国马铃薯, 2009, 23(3): 155-157.
- [27] 杨顺礼, 李 云, 石乔龙, 等. 泥质土壤氮钾不同施用时期及比例对红薯产量的影响[J]. 贵州农业科学, 2012, 40(7): 80-83.