

高钾肥力土壤增施钾肥对马铃薯的生物效应

侯叔音^{1,2}, 张春红^{1,2,3}, 邱慧珍^{1,2,3}, 王蒂^{1,3,4}, 卢建武^{1,2},
孙小龙^{1,4}, 张俊莲^{1,3,4}, 张文明^{1,2,3}

(1. 甘肃省干旱生境作物学重点实验室, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃农业大学资源与环境学院, 甘肃 兰州 730070;
3. 甘肃省作物遗传改良与种质创新重点实验室, 甘肃 兰州 730070; 4. 甘肃农业大学农学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 为了优化马铃薯生产过程中肥料养分管理和高效利用, 于 2011 年在甘肃省定西市选择高钾肥力土壤布置大田试验, 在等氮磷用量基础上, 研究了施钾水平(0, 120, 240, 360, 480 K_2O $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)对马铃薯产量和品质及经济效益的影响。结果表明, 马铃薯商品率、产量和产值随施钾水平的提高而呈先增高后下降的趋势, 商品率、产量以 K120 和 K240 较高, 但纯收入以 K120 最高; 马铃薯块茎淀粉、总糖、还原糖、Vc、蛋白质和干物质含量随施钾水平的提高而呈先增高后下降的趋势, 淀粉和总糖含量以 K240 最高, 而还原糖、Vc、蛋白质和干物质含量以 K120 最高, 说明在高钾肥力土壤上适量增施钾肥可以提高马铃薯的产量和改善其品质。本试验条件下, 马铃薯最高产量施钾量与经济效益最佳施钾量分别为 162.06 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 126.44 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

关键词: 马铃薯; 高钾肥力土壤; 钾肥; 产量; 品质; 经济效益

中图分类号: S532.062 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)04-0172-05

Biological effects of potassium fertilizer application on potato in high potash soil

HOU Shu-yin^{1,2}, ZHANG Chun-hong^{1,2,3}, QIU Hui-zhen^{1,2,3}, WANG Di^{1,3,4}, LU Jian-wu^{1,2}
SUN Xiao-long^{1,4}, ZHANG Jun-lian^{1,3,4}, ZHANG Wen-ming^{1,2,3}

(1. Gansu Key Laboratory of Aridland Crop Science, Lanzhou, Gansu 730070, China;
2. College of Resources and Environmental Sciences, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China;
3. Gansu Key Laboratory of Crop Genetic & Germplasm Enhancement, Lanzhou, Gansu 730070, China;
4. College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: In order to optimize nutrient management and to raise use efficiency of fertilizer in the process of potato production, a field experiment was conducted in high potash soil in Dingxi, Gansu Province in 2011. Based on equivalent dosage of nitrogen and phosphorus, the influences of potassium rates (K0, K120, K240, K360 and K480 representing 0, 120, 240, 360 and 480 $\text{kg K}_2\text{O}\cdot\text{hm}^{-2}$, respectively) on yield, quality and economic benefit of potato were studied. The results showed that the commodity ratio, yield and output value increased at first and then decreased with the increasing of potassium rate. Under the potassium rates of K120 and K240, the commodity ratio and yield were relatively high, and the net income was the highest under K120. The contents of starch, total sugar, reducing sugar, Vc, protein and dry matter increased at first and then dropped with the increasing of potassium rate. The contents of starch and total sugar were the highest under K240, while the contents of reducing sugar, Vc, protein and dry matter were the highest under K120. It was indicated that the proper application of potassium fertilizer could increase the yield and improve the quality of potato in high potash soil. Under the experimental condition, the optimal potassium rates for the highest yield and largest economic benefit were 162.06 $\text{kg K}_2\text{O}\cdot\text{hm}^{-2}$ and 126.44 $\text{kg K}_2\text{O}\cdot\text{hm}^{-2}$, respectively.

Keywords: potato; high potash soil; potassium fertilizer; yield; quality; economic benefit

收稿日期: 2012-10-09

基金项目: 甘肃省科技支撑计划项目(1011NKCA070); 甘肃省科技重大专项(1102NKDA025); 国家科技支撑计划(2012BAD06B03)

作者简介: 侯叔音(1987—), 女, 甘肃金昌人, 在读硕士, 主要从事植物营养与营养生态方面的研究。E-mail: 515653159@qq.com。

通讯作者: 邱慧珍(1961—), 女, 上海人, 教授, 博士生导师, 主要从事植物营养与营养生态的教学与科研工作。E-mail: hzqiu@gsau.edu.cn。

王蒂(1955—), 男, 陕西人, 教授, 博士生导师, 主要从事作物遗传育种和栽培生理的教学与科研工作。E-mail: wangd@gsau.edu.cn。

甘肃省是我国重要的马铃薯 (*Solanum tuberosum*) 种薯和商品薯基地以及淀粉加工基地,近三年马铃薯种植面积稳定在 64 万 hm^2 以上,连续十年种植面积稳居全国第二,总产居全国第一^[1-5]。位于甘肃省中部的定西市,是典型的半干旱雨养农业区,马铃薯种植历史悠久,是全国、乃至全世界马铃薯的最佳适种区之一,是甘肃最大的马铃薯主产区^[6],2011 年马铃薯种植面积和总产量在 20 万 hm^2 和 500 万 t 以上,分别占全省种植面积和总产量的 37.0% 和 28.4%,马铃薯产业总产值达 17.6 亿元,占定西市生产总值的 16.7%,农民人均从该产业获得收入占其总收入的 26.9%。马铃薯产业已成为该市粮食安全的重要保证和农民增收的重要渠道,其主产区—安定区于 2001 年被农业部和中国经济特产委员会命名为“中国马铃薯之乡”^[4]。

近几年随着马铃薯测土配方施肥工作的进行,马铃薯种植区土壤养分丰缺指标已逐步建立^[7],然而在实际生产应用中,养分丰缺指标指导施肥存在着局限性,土壤中氮、磷、钾测定值高于丰缺指标^[8-11],那么施肥与不施肥是面临的一个重要问题。在玉米生产中提出了启动肥的方案,启动肥

(Starter fertilizer)是播种同时施下或与种子拌混的肥料,能够供给作物苗期营养^[12]。马铃薯是喜钾作物,势必导致土壤钾素下降,应该增加肥料钾素的施用量;钾素又是品质元素^[6],钾是植物生长的必需营养元素,也是所有有机体必需的一价阳离子,钾的某些生理功能和其他一价阳离子无法代替的^[13],为此本文选择在高钾土壤上研究钾对马铃薯的产量、品质及经济效益的影响,旨在探明马铃薯最佳钾肥用量,同时为马铃薯种植中合理施肥提供一定的依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2011 年在甘肃省定西市旱作农业科研推广中心进行。本试验区海拔 2 200 m,年均温度 6.2℃,年降雨量 415.2 mm,无霜期 140 d。80% 保证率 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温为 2 075.1℃,蒸发量高达 1 400 mm 以上,属中温带半干旱气候。降水主要集中在 7~9 月,与马铃薯的需水规律基本同步^[4]。农业土壤以黄绵土为主,土质绵软,土层深厚,质地均匀,贮水性能良好,基本理化性状见表 1。

表 1 供试土壤的基本理化性状
Table 1 Basic physicochemical properties of tested soil

pH 值 pH value	有机质 Organic matter /($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	全氮 Total N /($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	碱解氮 Available N /($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	速效磷 Available P /($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	速效钾 Available K /($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
8.12	12.1	1.2	101.6	45.4	302.0

1.2 试验设计与方法

试验在施用氮肥(N)189 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、磷肥(P_2O_5)135 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的基础上设 5 个施钾(K_2O)水平,即 0, 120,240,360,480 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,分别用 K0, K120, K240, K360 和 K480 表示。试验采用随机区组设计,3 次重复。小区面积 25.5 m^2 (6.3 m $\times$ 4.05 m),种植密度为 63 540 株 $\cdot\text{hm}^{-2}$,每小区种植 9 行,行距 45 cm,株距 35 cm,开沟 20 cm,施肥,覆土 5 cm,将薯块播于 15 cm 处。氮肥用尿素(N,46%),磷肥用磷酸二铵(16-46-0),氮、磷肥播种时一次基施;钾肥用硫酸钾(K_2O ,52%),钾肥基追比例为 7:3。基肥于播种时施入,块茎形成期追施。于 2011 年 5 月 8 日播种,2011 年 10 月 5 日收获。8 月 10 日至 9 月 10 日灌水 4 次(滴灌)。田间其它管理同当地大田。

1.3 供试品种

本试验以当地主栽品种新大坪为试验材料,由甘肃省定西市旱作农业科研推广中心提供。

1.4 样品采集与分析

收获时按小区分别计产,并取代表性的薯块供分析测定。

$$\text{商品率}(\%) = \frac{\text{小区内大于 } 50 \text{ g 薯块产量}}{\text{小区内薯块总产量}} \times 100$$

淀粉含量用 HCl 水解-3,5-二硝基水杨酸比色法测定;还原糖用乙醇提取-3,5-二硝基水杨酸比色法测定;水溶性总糖用乙醇提取,蒽酮比色法测定;维生素 C 用 2,6-二氯酚酚滴定法测定;游离氨基酸用茚三酮比色法测定^[14-15]。

1.5 数据处理

数据处理及图表绘制在 Excel 2003 和 DPS 7.05 上进行,多重比较采用 Duncan 新复极差法。

2 结果与分析

2.1 施钾水平对马铃薯产量及经济效益的影响

试验结果表明,马铃薯产量及商品率,在一定范围内随施钾水平的提高而增加,但随着施钾水平的

进一步提高而呈下降趋势(表 2)。

表 2 施钾水平对马铃薯产量及经济效益的影响
Table 2 Effect of potassium rates on yield and economic benefit of potato

处理 Treatment	产量 Yield /(kg·hm ⁻²)	商品率 Commodity rate/%	产值 Output			肥料成本 /(元·hm ⁻²) Fertilizer cost /(yuan·hm ⁻²)	增加的纯收入 /(元·hm ⁻²) Net income /(yuan·hm ⁻²)
			产值/(元·hm ⁻²) Output value /(yuan·hm ⁻²)	增产值/(元·hm ⁻²) Increment /(yuan·hm ⁻²)	增加的百分比 Increase percentage/%		
K0	14168 ± 253b	74 ± 3a	17002 ± 304b	—	—	1311	—
K120	15961 ± 86a	82 ± 3a	19154 ± 104a	2151.92	12.66	1981	1483
K240	16095 ± 101a	84 ± 3a	19314 ± 122a	2312.46	13.60	2650	974
K360	12801 ± 109c	67 ± 2bc	15361 ± 131c	-1640.76	-9.65	3319	-3648
K480	8411 ± 239d	66 ± 6c	10093 ± 286d	-6909.07	-40.64	3988	-9586

注:(1)同列小写字母表示处理间差异达 5% 显著水平。下同。(2)供试肥料价格:尿素,0.92 元·kg⁻¹;磷酸二铵,3.5 元·kg⁻¹;硫酸钾,2.9 元·kg⁻¹。马铃薯均价,1.2 元·kg⁻¹。
Note: (1) The different small letters in the same columns mean significant difference at $P < 5\%$ levels. The same as below. (2) Price of fertilizers and product: urea, 0.92 yuan·kg⁻¹; diammonium phosphate, 3.5 yuan·kg⁻¹; potassium sulphate, 2.9 yuan·kg⁻¹; potato: 1.2 yuan·kg⁻¹.

随施钾水平提高,马铃薯产量也随之增加,说明钾素可增强马铃薯对营养物质的吸收,同时促进生物量增加及干物质积累,但随施钾水平的进一步提高,马铃薯产量开始下降,因此,适量增施钾肥可提高马铃薯产量。各处理马铃薯产量以 K240 最高,与 K0 相比,K120 和 K240 处理的产量分别增加了 12.66% 和 13.60%,K120 和 K240 之间差异不显著,K360 和 K480 处理的产量分别减少了 9.65% 和 43.93%,K0 与 K360 和 K480 之间差异显著;与 K240 相比,K360 和 K480 处理的减产率分别达 20.12% 和 40.64%(表 2)。出现这一结果的原因之一是供试土壤的速效钾含量为 302 mg·kg⁻¹,这一水平在我国马铃薯种植土壤钾素分级指标中属于高钾水平^[7],说明施钾过高会影响马铃薯产量,施钾水平和产量之间关系的分析结果(图 1)也说明了这一点。

K120 水平。
随着施钾水平提高,马铃薯的商品率和产值呈单峰曲线变化,以 K240 水平最高。与 K0 相比,K120 和 K240 处理的商品率分别提高了 10.81% 和 13.51%,K360 和 K480 处理的商品率显著低于 K0,分别降低了 9.46% 和 10.81%;与 K0 相比,K120 和 K240 处理的产值分别增加了 2 151.92 元·hm⁻² 和 2 312.46 元·hm⁻²,K360 和 K480 处理的产值显著低于 K0,分别减少了 1 460.76 元·hm⁻² 和 6 909.07 元·hm⁻²(表 2),说明在高钾土壤上适量施钾可以提高商品率和产值,钾肥过量会导致商品率和产值大幅度下降。当施钾量为 240 kg·hm⁻² 时产量最高,N:P:K₂O = 1:0.7:1.3 为产量最高的氮磷钾比,在氮肥和磷肥施用量固定的条件下,施钾量继续增加导致养分平衡失调,产量达到最高后呈下降趋势。

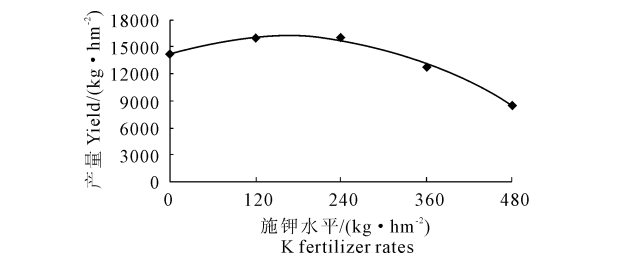


图 1 施钾水平对马铃薯产量的增产效应
Fig.1 Effect of potassium rates on yield of potato

在本试验条件下,可以用经典的一元二次肥料效应模型拟合施钾水平与产量之间的关系(图 1),其方程为: $y = -0.074683x^2 + 25.378x + 14166$, $R^2 = 0.9931$ 。通过方程计算可得相应的施肥参数,最高产量施钾量与经济最佳施钾量分别为 162.06 kg·hm⁻² 和 126.44 kg·hm⁻²,经济最佳施钾量接近

虽然商品率和产值在 K120 和 K240 水平间差异不显著,但综合肥料成本的经济效益分析结果表明,单位面积的纯收入 K120、K240 水平分别比 K0 增加了 1483 元·hm⁻² 和 974 元·hm⁻²,K120 比 K240 增加了 509 元·hm⁻²(表 2),由此可见在高钾肥力土壤上适量增施钾肥可以提高马铃薯产量,从而对提高单位面积的产值有重要的意义。
2.2 施钾水平对马铃薯品质的影响
试验结果表明,马铃薯品质除氨基酸外,其余品质指标随施钾水平的提高而呈先增高后下降的趋势变化(表 3)。
马铃薯块茎淀粉和总糖含量呈单峰曲线变化,以 K240 最高,淀粉含量分别比 K0 和 K120 显著增加了 8.99% 和 4.63%,K360 和 K480 显著低于 K0;K240 的总糖含量显著高于 K0,提高了 81.53%,

K120 与 K240 水平间差异不显著,K360 和 K480 显著低于 K240(表 3),说明适量施钾可以提高马铃薯

块茎淀粉和总糖含量,低钾和高钾均不利于其含量的增加。

表 3 施钾水平对马铃薯品质的影响

Table 3 Effect of potassium rates on quality of potato

处理 Treatment	淀粉 Starch /%	还原糖 Reducing sugar /%	总糖 Total sugar /%	氨基酸 Amino acid /%	维生素 C Vc /(mg·kg ⁻¹)	蛋白质 Protein /%	干物质 Dry matter /%
K0	16.57 ± 0.38b	0.42 ± 0.03c	0.65 ± 0.04b	0.11a	87.53 ± 0.20b	2.57 ± 0.12b	22.69 ± 0.65b
K120	17.26 ± 0.46b	0.80 ± 0.07a	1.10 ± 0.07a	0.10ab	113.24 ± 4.67a	3.12 ± 0.04a	25.45 ± 0.69a
K240	18.06 ± 0.71a	0.59 ± 0.16b	1.18 ± 0.04a	0.10bc	111.14 ± 2.40a	3.10 ± 0.13a	24.04 ± 0.81ab
K360	15.16 ± 0.12c	0.38 ± 0.04c	0.66 ± 0.03b	0.09cd	91.41 ± 8.58b	2.36 ± 0.16c	22.99 ± 0.47b
K480	14.26 ± 0.02d	0.37 ± 0.02c	0.69 ± 0.02b	0.08d	89.75 ± 19.48b	2.16 ± 0.04d	22.43 ± 1.79b

马铃薯块茎还原糖、Vc、蛋白质和干物质含量,以 K120 最高,分别比 K0 增加了 90.48%、29.37%、21.40%和 12.16%,但随着施钾水平的进一步提高,还原糖、Vc、蛋白质和干物质含量呈下降趋势,以 K480 水平最低,分别比 K120 显著减少了 53.57%、20.74%、30.77%和 11.87%(表 3),由此可知,适量增施钾肥能提高马铃薯块茎还原糖、Vc、蛋白质和干物质含量,在本试验条件下,当施钾量为 K120 水平,即 120 kg·hm⁻²时,块茎还原糖、Vc、蛋白质和干物质含量的增幅最大。

马铃薯块茎氨基酸含量随施钾水平的提高而减少,以 K0 最高,K240、K360 和 K480 显著低于 K0,分别比 K0 下降了 9.09%、18.18%和 27.27%,K0 与 K120 间差异不显著(表 3)。在本试验条件下,增施钾肥不利于提高马铃薯块茎氨基酸的含量。

3 讨 论

马铃薯是高产喜肥作物^[16],也是喜钾作物^[17]。钾不仅影响马铃薯叶的伸展、叶片的叶绿素含量和光合效率以及叶片的兴衰,还可影响光合产物的运输、块茎中淀粉的积累以及产量的高低^[18]。增施钾肥能显著提高马铃薯商品率和产量^[19-21],但随着施钾量不断增加,马铃薯商品率、产量、产值等随之下降,因为施用过量的钾肥会引起养分失衡^[6]。

钾素供应状况是通过影响作物对氮素的吸收、积累、转运和同化而影响农作物体内蛋白质和氨基酸的组成及含量。钾素的适量供应能提高作物蛋白质的含量,在氮和钾量一定的条件下,随肥料中钾比例的增加和氮比例的减少,马铃薯块茎蛋白含量不断减小^[22]。钾肥用量过大时也会引起植株对其他养分吸收的不平衡,不利于植株吸收和同化氮素,也不利于增加蔬菜产品的蛋白质含量^[23]。研究表明,钾素的适量供应可促进蔬菜对氮素的吸收及同化,

减小蔬菜硝酸盐含量而增加其氨基酸含量。施钾可提高马铃薯块茎的氨基酸总量^[24],洋葱施钾肥也可明显增加球茎精氨酸、组氨酸、苏氨酸、丙氨酸和苯丙氨酸的含量^[25],本试验中马铃薯块茎氨基酸含量下降,可能是土壤速效钾含量高的原因。

钾素是 ATP 合成必需的元素,可促进 ATP 生成,增强淀粉合成酶的活性,促进单糖向淀粉转化^[26],适量供应钾素可促进碳水化合物从营养器官向贮藏器官运输,增加贮藏器官淀粉含量^[27]。马铃薯块茎中淀粉的积累量受叶片同化产物合成及转运状况的影响。钾素的适量供应可促进作物光合产物的形成、光合产物向贮藏器官的转运及碳水化合物向淀粉的转化^[26],进而增加马铃薯块茎的淀粉含量^[20,28]。氮钾肥过量会减小马铃薯的淀粉含量^[20,29-30],主要原因是施钾肥过量减小了马铃薯叶片的叶绿素含量,影响光合作用和淀粉积累,同时增大了马铃薯块茎的含水量,使淀粉含量因“稀释”效应而减小。

适量施用钾肥能增加作物糖含量,在缺钾土壤上适量施钾肥可增加作物产品的糖含量,当钾肥用量超过一定范围后,作物糖含量则随施钾量的增加而减小。王凤婷等^[31]认为,施过多钾肥时减小了黄瓜果实糖含量,因为其减弱了蔗糖磷酸合成酶等有关糖合成酶的活性。钾素可影响马铃薯叶片的颜色及其还原糖含量,增加钾肥用量可促进马铃薯块茎中碳水化合物向淀粉转化,进而可减少薯块的还原糖含量^[22,26]。增施较多的钾肥时会明显减小马铃薯切片的褐变指数,改善其加工品质^[32]。

钾素能促进碳水化合物形成及向贮存器官的转运,为维生素 C 合成提供前提并促进植物体内 ATP 合成,使作物处于高能状态以利于维生素 C 的合成^[26]。适量施钾能提高作物维生素 C 的含量,尤其是在缺钾土壤上,但施钾过量会减小其维生素 C 含

量^[23,33]。施钾过量时作物维生素 C 含量降低的原因可能是,其维生素 C 被作为电子供体而消耗^[31],过量施钾引起作物缺镁,导致维生素 C 的合成受到不利的影响。

适量增施钾肥可增加马铃薯块茎干物质含量^[32]。研究表明,在其他肥料的用量相同时,马铃薯块茎干物质含量随窑灰钾肥用量的增加而增大^[34]。在氮肥和钾肥用量一定的条件下,马铃薯块茎干物质含量也随肥料中钾氮比的增加而增大^[22]。施钾肥过多和不足都会减小块茎干物质含量^[28],施钾过量会减小薯块干物质含量,这与其增加薯块含水量有关。

3 结 论

马铃薯商品率、产量和产值随施钾水平的提高而呈先增高后下降的趋势,其中以 K120 和 K240 较高,但纯收入以 K120 最高。

马铃薯块茎淀粉、总糖、还原糖、Vc、蛋白质和干物质含量随施钾水平的提高而呈先增高后下降的趋势,淀粉和总糖含量以 K240 最高,而还原糖、Vc、蛋白质和干物质含量以 K120 最高。块茎氨基酸含量随施钾水平的提高而呈下降趋势。

本试验条件下,马铃薯最高产量施钾量与经济最佳施钾量分别为 162. 06 kg · hm⁻² 和 126. 44 kg · hm⁻²。

参 考 文 献:

[1] 吴正强,岳 云,赵小文,等.甘肃省马铃薯产业发展研究[J]. 中国农业资源与区划,2008,32(6):67-72.

[2] 何三信,文国宏,王一航,等.甘肃省马铃薯产业现状及提升措施建议[J].中国马铃薯,2010,24(1):54-57.

[3] 李 福,岳 云.甘肃省马铃薯产业集群发展思路[J].作物杂志,2011,(4):11-15.

[4] 王一航.甘肃省马铃薯产业发展的优势及必须重视解决的几个问题[J].甘肃农业科技,2002,(4):3-6.

[5] 赵贵宾.甘肃省马铃薯生产现状及优势产业开发途径[J].中国马铃薯,2005,19(3):180-184.

[6] 陆景陵.植物营养学[M].第2版.北京:中国农业大学出版社,2003.

[7] 张福锁,陈新平,陈 清,等.中国主要作物施肥指南[M].北京:中国农业大学出版社,2009.

[8] 李 伟,李继明,赵丽娟.干旱区马铃薯测土配方施肥试验研究[J].中国马铃薯,2009,23(5):274-276.

[9] 董学文.临洮县马铃薯测土配方施肥方案[J].甘肃农业科技,2008,(8):44-45.

[10] 赵振刚.庄浪县马铃薯测土配方施肥指标研究[J].甘肃农业科技,2009,(6):30-32.

[11] 殷登科,徐洪海,丁立孝,等.大西洋马铃薯 N、P、K 配方施肥

数学模型建立与最佳施肥量试验研究[J].青岛农业大学学报(自然科学版),2012,29(1):11-14.

[12] 中国农业大学吉林梨树实验站.玉米启动肥试验方案与安排[EB/OL]. [2011 - 11 - 29]. <http://xz3.2000y.net/315622/index.asp?xAction=xReadNews&NewsID=18>.

[13] 鲍根生,周青平,韩志林.氮、钾不同配比施肥对燕麦产量和品质的影响[J].草业科学,2008,25(10):48-53.

[14] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版,2007:56-57,81-83,106-107,264-271.

[15] 皱 琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2000.

[16] 山东农学院.作物栽培学(北方本·下册)[M].北京:农业出版社,1980:547.

[17] 秦 芳.钾肥在马铃薯上的肥效试验研究[J].中国马铃薯,2003,17(3):171-173.

[18] 孙 芳.马铃薯源、库关系的营养调控技术研究现状与展望[J].内蒙古农业科技,2009,(2):20-24.

[19] 李玉影.马铃薯需钾特性及钾肥效应[J].马铃薯杂志,1999,13(1):9-12.

[20] 李玉影.两种不同钾肥在马铃薯上应用效果的研究[J].马铃薯杂志,1997,11(4):209-212.

[21] 张国华,谭荷芳,徐国华,等.施钾对马铃薯产量的影响[J].江苏农业科学,2000,(1):54-60.

[22] 郑若良.氮钾肥比例对马铃薯生长发育、产量及品质的影响[J].江西农业科学,2004,16(4):39-42.

[23] 艾希珍,崔志峰,曲静然,等.施肥水平对生姜品质的影响[J].山东农业大学学报,1998,18(3):1-4.

[24] 李家康,徐美德,梁步印.我国北方施用硫酸钾对提高蔬菜和果树产量与品质的作用[J].土壤肥料,1996,(6):1-6.

[25] 倪吾钟,章永松,林咸永.不同钾肥对几种主要蔬菜作物产量和品质的影响[J].浙江农业学报,1997,9(3):143-481.

[26] Mengel K, Kirkby E A. Principles of plant Nutrition[M]. 4th Edition. Bern, Switzerland: International Potash Institute, 1987.

[27] Marschner H. Mineral nutrition of higher plants[M]. London: Academic Press,1995.

[28] 何天秀,吴德意,何成辉,等.营养平衡对马铃薯产量和品质的影响研究[C]//李晓林,张福锁,米国华.平衡施肥与可持续优质蔬菜生产.北京:中国农业大学出版社,1999:373-384.

[29] Martin-Prevel P J. Physiological processes related to handling and storage quality of crops[C]//Proceedings of the 21st IPI Colloquium on: Methods of K Research in Plants. Bern, Switzerland: International Potash Institute, 1989:219-248.

[30] Perrenoud S. Fertilizing for High Yield Potato[M]. IPI Bulletin 8. 2nd Edition. Basel, Switzerland: International Potash Institute, 1993.

[31] 王凤婷,艾希珍,刘金亮,等.钾对日光温室黄瓜糖、维生素 C、硝酸盐及其相关酶活性的影响[J].植物营养与肥料学报,2005,11(5):682-687.

[32] Bansal S K and Umar S. Effect of SOP on yield and quality of potato[J]. Fertiliser News,1998,43(11):43-46.

[33] 李竹英,毛绍春.氮钾配施对青花菜产量及品质的影响[J].云南农业科技,2005,(4):9-11.

[34] 王盼忠,王 雄,徐慧云.窑灰钾肥对马铃薯生产效应的影响[J].作物杂志,2002,(5):32-33.