

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2018)01-0035-06

滴灌条件下高产马铃薯植株—土壤系统钾素平衡的研究

贾立国¹, 康文钦², 苏亚拉其其格³, 樊明寿^{1*}

(1. 内蒙古农业大学农学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 内蒙古农牧业科学院农牧业经济与信息研究所, 内蒙古 呼和浩特 010031;
3. 内蒙古农业大学草原与资源环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010019)

摘要: 钾肥的合理施用是马铃薯获得高产的重要举措。该研究从植株—土壤系统的角度出发, 探索能够表征滴灌条件下高产马铃薯(>45 t/hm²)的钾素营养指标。结果表明, 钾表观盈亏量和钾素平衡系数是2个衡量高产马铃薯钾素平衡的重要参考指标。钾表观盈亏量越趋近于0, 钾素平衡系数越趋近于1, 即施钾量与整株钾素积累量趋于相等时, 生产马铃薯块茎(1 000 kg)需要的钾肥越少, 越利于马铃薯获得高产。因此, 钾表观盈亏量和钾素平衡系数可以作为马铃薯优化施钾的参数。

关键词: 高产马铃薯; 钾; 滴灌; 表观盈亏量; 平衡系数

Potassium Balance of High-yielding Potato in Plant-soil System Under Drip Irrigation

JIA Ligu¹, KANG Wenqin², SUYALA Qiqige³, FAN Mingshou^{1*}

(1. College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China;
2. Agricultural and Animal Husbandry Economy and Information Institute, Inner Mongolia Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Hohhot, Inner Mongolia 010031, China; 3. College of Grassland, Resources and Environment, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China)

Abstract: Optimizing potash fertilizer management is an important way to obtain high yield in potato production. Potassium nutrition parameters of high-yielding potato (>45 t/ha) under drip irrigation conditions was investigated based on plant-soil system in this study. The results showed that apparent budget of soil potassium (ABP) and K balance coefficient (KBC) are two important indices for judging potassium level of high-yielding potato. While ABP tend to be zero or KBC tend to be one, it is more beneficial for obtaining high yield of drip-irrigated potato, when less potassium is required for producing 1 000 kg fresh tuber. Thus, KBC and ABP, as important parameters, could be used for potash fertilizer recommendation.

Key Words: high-yield potato; potassium; drip irrigation; apparent budget of soil potassium; balance coefficient

钾素是马铃薯重要的必需元素之一, 关于钾素的吸收、运输、分配等营养规律方面已有大量研究^[1,2]。施用钾肥能增加马铃薯产量也已被许多研究和生产

实践所证实^[3,4]。随着农业生产的发展, 马铃薯种植模式和种植制度发生了巨大的变化, 滴灌条件下高产马铃薯(>45 t/hm²)已经可以在生产上大面积实

收稿日期: 2017-12-17

基金项目: 国家自然科学基金(31760356); 内蒙古高校创新团队(NMGIRT-A1602)。

作者简介: 贾立国(1982-), 男, 讲师, 主要从事马铃薯水分及营养生理研究。

*通信作者(Corresponding author): 樊明寿, 教授, 博士生导师, 主要从事植物营养生理教学和研究, E-mail: fmswh@126.com。

现,但是专门针对高产条件下马铃薯钾素营养规律的研究甚少^[9]。

另外,近十几年来农业上化肥的大量施用,在增加产量的同时也造成了农产品品质下降和环境恶化。合理的化肥投入是目前农业科学的研究热点,对此国家提出了“减肥减药”的战略部署。一些研究表明,马铃薯生产上普遍存在钾肥供应不足的现象,而局部地区钾肥供应过量的问题有逐渐加重的趋势^[6,7]。如何合理的施用钾肥是马铃薯生产上重要的科学和技术问题。内蒙古马铃薯高产高效创新团队前期的研究表明,马铃薯具有奢侈吸钾的营养特点^[8]。关于氮素营养诊断施肥技术已有深入研究,但是对钾素推荐施肥的技术指标及方法的研究还较少^[9]。鉴于此,从马铃薯植株—土壤系统钾素平衡的角度出发,探索能够表征高产马铃薯钾素施用的技术指标,以期对高产马铃薯钾肥合理施用就显得尤为必要。

1 材料与方 法

1.1 试验区概况

试验于2012年在内蒙古乌兰察布市察右中旗(N 41°30', E 112°64', 海拔1 780 m)进行,该区属于典型的半干旱农业区,年均无霜期约100 d。2012年马铃薯生育期总降水量为232.3 mm,月平均气温16.6 ℃。供试土壤为栗钙土,土质为沙壤,pH 8.1,试验地耕层(0~20 cm)土壤有机质13.1 g/kg,全氮1.4 g/kg,速效磷10.4 mg/kg,速效钾108.1 mg/kg,容重1.3 g/cm³。

1.2 试验设计

供试马铃薯品种为‘克新1号’脱毒原种,试验采用滴灌栽培模式,种植密度均为61 500株/hm²,5月15日播种,9月13日收获。肥料用量为N 211 kg/hm²(氮源为尿素,含N 46%),P₂O₅ 193 kg/hm²(磷源为过磷酸钙,含P₂O₅ 16%),其中氮肥全部追施(随滴灌分5次等量进行追施,从出苗后15 d开始第1次追施,以后每隔10 d追施1次),磷肥20%作为底肥一次施入,80%追肥的方式进行施用,具体方法及追施时间同氮肥。

试验共设6个钾肥用量梯度,不施钾(K0)处理作为对照,各处理具体见表1,钾肥(硫酸钾,含

K₂O 50%)全部采用追肥的方式进行施用,具体方法及追施时间同氮肥。小区面积72 m²(6 m×12 m),小区间设2 m隔离行,各处理随机排列,3次重复。

表1 钾肥试验处理

Table 1 Treatment of potassium fertilizer application rate in potato

处理 Treatment	K ₂ O(kg/hm ²)
K0	0
K1	120
K2	242
K3	362
K4	483
K5	725

1.3 测定项目与方法

土壤采样及理化指标测定:播种前随机选5点取土样,采集0~20 cm土层样品混合,用于土壤基本理化性状的测定,其中土壤速效钾采用1 mol/L NH₄OAc 浸提—火焰光度计法进行测定^[10]。分别于马铃薯出苗后15, 30, 62, 77和90 d取无肥区0~20 cm土壤进行钾素测定,测定方法同上。

钾素平衡系数=钾肥(K₂O)年投入量/作物年带走钾素量(K₂O)

生物量:分别于马铃薯出苗后15, 30, 62, 77和90 d,在各处理的每个小区随机取3株,分成根、茎、叶、块茎4部分,置于烘箱中105 ℃杀青30 min,然后于80 ℃下烘干至恒重后称重。

植株钾浓度测定:H₂SO₄-H₂O₂消煮,火焰光度计法测定。

测产:收获时,每小区随机抽取2 m²进行块茎产量测定。

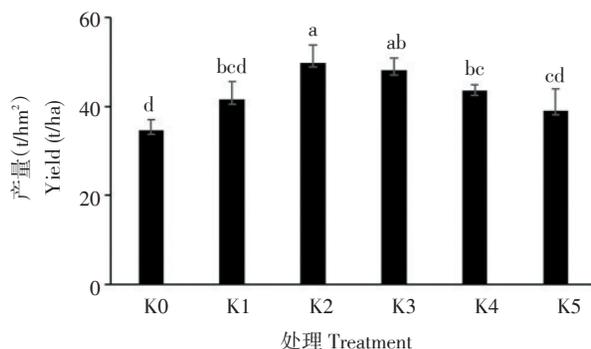
1.4 数据统计与方法

试验数据采用SPSS 18.0软件进行统计分析,LSD法用于平均数间多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同供钾水平下马铃薯产量

一定范围的施钾量可显著提高马铃薯产量,该试验条件下增产幅度为19.9%~43.8%;在K2(49.9 t



误差线表示标准误, 具有不同字母的处理表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

Error bar is standard error. Treatments with different letters mean significant difference at 0.05 level ($P < 0.05$). The same below.

图1 不同施钾量下马铃薯产量

Figure 1 Potato tuber yield under different potassium rates

hm²)、K3(48.2 t/hm²)施钾水平下产量最高, 均超过了45 t/hm²的高产水平, 继续增加钾肥施用量(K4处理)产量不会进一步增加, 甚至有所下降(图1)。钾供应不足(K0, K1)或过量(K4, K5)的4个处理马铃薯块茎产量均低于45 t/hm²。

2.2 不同供钾水平下马铃薯各器官钾素浓度

收获时各器官中钾素浓度表现为茎中最高, 块茎次之, 根中最低。各器官中钾素浓度均随着外源供钾量的增加呈现逐渐升高的趋势, 茎中的增加幅度最为明显(表2)。

表2 马铃薯收获时不同器官的钾素浓度(g/kg DW)

Table 2 Potassium concentration in different organs of potato at harvest

处理 Treatment	器官 Organ			
	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	块茎 Tuber
K0	16.0 c	30.3 d	22.1 c	27.3 d
K1	16.1 c	33.5 c	22.8 c	28.7 c
K2	17.0 b	34.1 b	25.0 b	29.3 b
K3	17.3 b	34.6 b	28.7 a	29.4 b
K4	18.8 a	38.0 a	27.2 a	30.2 a
K5	20.0 a	39.8 a	28.7 a	30.4 a

注: 同列不同小写字母表示0.05显著水平。下同。

Note: Letters in column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

2.3 不同供钾水平下马铃薯整株钾素积累量

随着生育时期的推进, 马铃薯整株(包括叶片、茎、根、匍匐茎和块茎)钾素积累量逐渐增加, 收获时(出苗后90 d)略有下降。随着施钾量的增加, 马铃薯整株钾素积累量均呈现增加趋势, 块茎形成期(出苗后30 d)到块茎膨大期(出苗后62 d)的增幅最大, 淀粉积累期(出苗后77 d)钾素积累量达到最大(表3)。在本试验供钾水平范围内, 产量最高的处理(K2和K3)钾素积累量并不是最多。

2.4 不同供钾水平下马铃薯块茎钾素分配

马铃薯块茎的钾素分配比例呈现增加的趋势, 成熟收获时(出苗后90 d), 高产马铃薯(K2和K3处理)钾素在块茎中的分配比例处于居中水平, 高于对照而低于高钾处理(图2)。

2.5 不同供钾水平下块茎需钾量

鲜块茎(1 000 kg)钾素需钾量因供钾水平不同而有明显差异。随着供钾量的增加, 鲜块茎(1 000 kg)需钾量呈现先降低后增加的变化规律。高产马铃薯

表3 不同处理下马铃薯整株钾素积累量(g/plant)

Table 3 Potassium accumulations of potato plant after emergence under different treatments

处理 Treatment	出苗后天数(d) Days after emergence				
	15	30	62	77	90
K0	0.4 d	1.0 c	4.4 c	5.2 d	5.0 e
K1	0.5 c	1.0 c	4.6 b	5.3 c	5.1 d
K2	0.6 b	1.1 b	4.7 a	5.3 c	5.2 c
K3	0.6 b	1.1 b	4.7 a	5.4 b	5.3 b
K4	0.6 b	1.1 b	4.7 a	5.4 b	5.3 b
K5	0.7 a	1.2 a	4.8 a	5.5 a	5.4 a

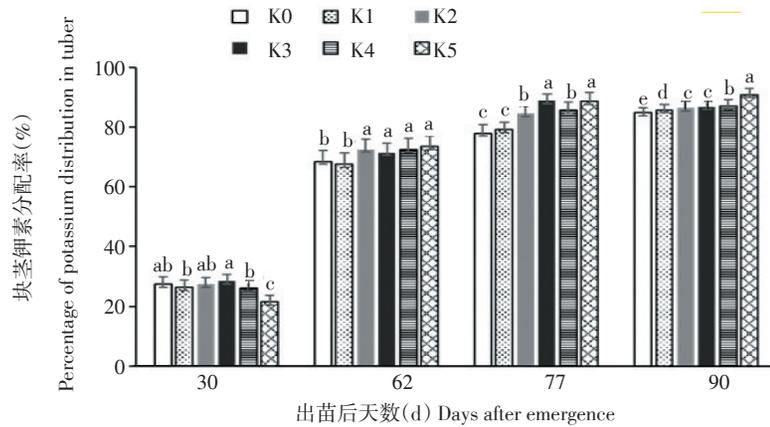


图2 不同处理下马铃薯块茎钾素分配比例(%)

Figure 2 Potassium distribution in tuber of potato under different treatments

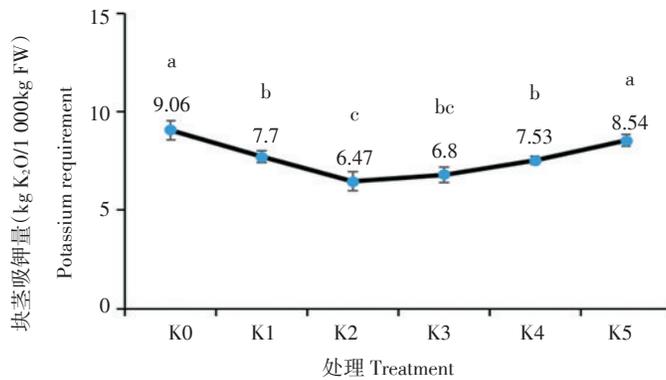


图3 不同钾肥处理下块茎需钾量(kg K₂O/1000kg FW)

Figure 3 Potassium requirements under different K treatments

(K2和K3处理)生产鲜块茎(1000kg)需钾量最少(图3)。

2.6 土壤速效钾含量的动态变化

从图4可以看出,无钾区0~20cm土壤速效钾含量随着马铃薯生育期的推进逐渐降低,马铃薯块

茎膨大期至淀粉积累期(出苗后62~77d)供试土壤速效钾供应量下降明显,下降幅度达31.8mg/kg。

2.7 不同供钾水平下马铃薯田钾素平衡

对不同施钾水平下马铃薯植株—土壤系统钾素表观盈亏进行了评估,结果表明马铃薯钾素总吸收

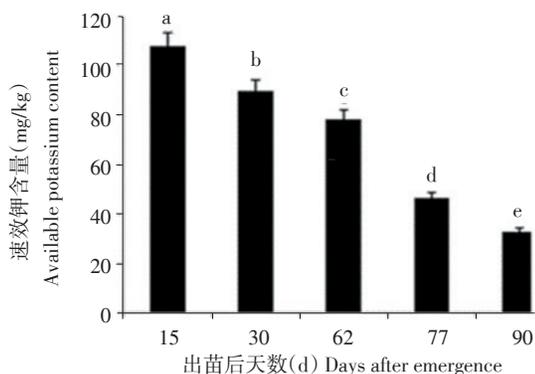


图4 无钾区0~20 cm土壤速效钾含量的动态变化

Figure 4 Changes in available potassium content in 0~20 cm soil of plot without potassium fertilizer application

表4 不同钾肥施用量下马铃薯田钾素平衡

Table 4 Potassium balance in potato field under different K applications

处理 Treatment	总施钾量(kg/hm ²) Total K application (kg/ha)	总吸钾量(kg/hm ²) Total K absorption (kg/ha)	钾表观盈亏量(kg/hm ²) Apparent budget of soil potassium (kg/ha)	钾素平衡系数 Balance coefficient of potassium
K0	0	274	-274	0
K1	120	274	-154	0.44
K2	242	275	-33	0.88
K3	362	280	82	1.29
K4	483	280	203	1.72
K5	725	285	440	2.54

量随着钾肥施用量增加而增加,即施钾量越高,作物从土壤中带走的钾越多。钾表观盈亏量表现为严重亏缺(K0和K1处理)和严重盈余(K4和K5处理)时产量均会显著降低。从钾素平衡系数来看,数值接近1的处理(K2和K3处理)产量最高(表4)。

3 讨论

课题组前期的研究明确了滴灌条件下高产马铃薯(>45 t/hm²)的群体特征,包括产量形成、物质积累和磷素营养特点,但是钾素营养特点还不清楚,更缺少表征高产马铃薯钾素营养技术指标的研究^[1]。长期以来,人们普遍认为阴山丘陵马铃薯主产区土壤不缺钾,水分是马铃薯产量提升的主要限制因子^[2]。本研究的结果表明,即便在水充分供应的条件下,不施钾肥或者施用量不足均不会获得高产(图1),不施钾的马铃薯田速效钾素水平

随生育期推进显著降低,不足以支撑下一季作物对钾素的基本需求(图4)。但是,钾肥过量施用也会导致减产,而植株钾素的积累量却会随着施钾水平的提高而持续增加(表2),也就是说超过一定施钾量后,多吸收的钾素并没有对产量做贡献,进一步证实了马铃薯存在奢侈吸收的结论^[8]。随着外源钾素水平的提高,收获时分配到块茎中的比例也越高(图2),致使在高钾供应条件下生产块茎(1 000 kg)需钾量较高(图3)。

基于马铃薯钾素营养需求的特点,从植株—土壤系统的角度评估了马铃薯钾素营养平衡,提出了表征高产马铃薯钾素施用的技术指标。研究结果表明,钾表观盈亏量和钾素平衡系数均可以作为用于钾素推荐施肥很好的参数。植株钾素总吸钾量越接近总施钾量,产量效应越好,此时钾表观盈余量的值越趋近于0,钾素平衡系数越接近于1。而且,

在施钾量接近钾素吸钾量时, 生产块茎(1 000 kg)吸钾量最少, 意味着钾肥生产效率也最高。因此, 可以把钾表观盈亏量和钾素平衡系数作为马铃薯优化施钾的参考指标, 为马铃薯钾素高效利用提供技术支撑。

[参 考 文 献]

- [1] 段玉, 张君, 李焕春, 等. 马铃薯氮磷钾养分吸收规律及施肥肥效的研究 [J]. 土壤, 2014, 46(2): 212-217.
- [2] 张西露, 刘明月, 伍壮生, 等. 马铃薯对氮、磷、钾的吸收及分配规律研究进展 [J]. 中国马铃薯, 2010, 24(4): 237-241.
- [3] Karam F, Roupael Y, Lahoud R, *et al.* Influence of genotypes and potassium application rates on yield and potassium use efficiency of potato [J]. *Journal of Agronomy*, 2009, 8(1): 27-32.
- [4] 卢建武, 邱慧珍, 张文明, 等. 半干旱雨养农业区马铃薯干物质和钾素积累与分配特性 [J]. 应用生态学报, 2013, 24(2): 423-430.
- [5] 董文, 范祺祺, 胡新喜, 等. 马铃薯养分需求及养分管理技术研究进展 [J]. 中国蔬菜, 2017, 1(8): 21-25.
- [6] 张绪成, 于显枫, 王红丽, 等. 半干旱区减氮增钾、有机肥替代对全膜覆盖垄沟种植马铃薯水肥利用和生物量积累的调控 [J]. 中国农业科学, 2016, 49(5): 852-864.
- [7] 康文钦, 石晓华, 敖孟奇, 等. 马铃薯的钾素需求及营养诊断 [J]. 中国土壤与肥料, 2013(2): 1-4.
- [8] Kang W, Fan M, Ma Z, *et al.* Luxury absorption of potassium by potato plants [J]. *American Journal of Potato Research*, 2014, 91(5): 573-578.
- [9] 樊明寿, 聂向荣, 李秀华, 等. 基于叶绿素仪诊断的马铃薯氮肥管理 [J]. 中国马铃薯, 2014, 28(6): 348-353.
- [10] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 302-316.
- [11] 邢海峰, 秦永林, 樊明寿. 内蒙古阴山北麓高产马铃薯的群体特征 [J]. 中国土壤与肥料, 2016(6): 116-120, 151.
- [12] 贾立国, 石晓华, 秦永林, 等. 内蒙古阴山北麓地区马铃薯产量潜力的估算 [J]. 作物杂志, 2015(1): 109-113.

DEVO 德沃

400-004-6699

黑龙江德沃科技开发有限公司是一家专业打造高端农机装备的生产型现代科技企业。公司技术力量雄厚, 目前拥有“德沃长恒、德沃长丰、北谷农业、斯坦得认证”四家子公司。公司拥有众多长期从事农业机械及节水灌溉设备研究的国内知名专家, 在马铃薯全程机械化、蔬菜全程机械化、整地机械、植保机械、打捆机械、节水灌溉装备及智慧节水灌溉管理系统、有机肥抛撒装备、无人植保飞机和农业社会化服务体系等领域居国内领先水平。

德行天下, 沃野千里! 黑龙江德沃科技开发有限公司将与海内外朋友携手并进, 共创农机节水领域的辉煌未来!



地址: 黑龙江省哈尔滨市南岗区哈西大街 946 号
电话: 0451-86658631