

钾肥品种和用量对甘蓝产量、重金属和硝酸盐含量的影响

金珂旭¹ 王正银¹ 王菲¹ 张晓玲¹ 唐静¹ 刘辉² 何德清²

(1. 西南大学资源环境学院, 重庆 400716; 2. 重庆市沙坪坝区农业委员会, 重庆 400030)



摘要: 采用田间小区试验研究了不同钾肥品种和用量对喜硫作物甘蓝产量、重金属和硝酸盐含量的影响。结果表明, 不同施钾处理能显著提高甘蓝生物产量和商品产量, 各处理以中量硫酸钾与泥炭组合处理(K₂(S)+M)的增幅最大; 两种钾肥均以中量水平(15公斤/亩)的增产作用最大。各施肥处理均降低了甘蓝可食部分的硝酸盐含量, 以高量硫酸钾的降低作用最大(11.8%)。施用氯化钾大幅度(14.3%–60.0%)降低甘蓝的砷、镉、铬和汞含量, 以对汞和镉的降低幅度最大; 施用硫酸钾对甘蓝的镉、铬和汞含量均有降低作用, 以对镉的降低作用最大。从总体上看, 氯化钾降低甘蓝重金属含量的效果优于硫酸钾。

关键词: 甘蓝; 氯化钾; 硫酸钾; 重金属; 硝酸盐

蔬菜是人们日常生活中必不可少的食物之一, 也是十分重要的经济作物。蔬菜食用安全是当前人们普遍关注的问题, 而重金属污染又是影响蔬菜食用安全的重要因素之一。施肥作为农业生产中重要的增产措施, 在促进植物生长的同时, 也会带入一些重金属, 造成其在土壤中的积累^[1]。迄今国内外对肥料不同形态以及肥料中阴阳离子对土壤重金属影响的研究表明, 钾肥对土壤中重金属的影响主要表现在钾肥伴随阴离子影响重金属形态、吸附解吸过程及其生物有效性方面^[2]。蔬菜的高钾需求特性及土壤钾素供应不足, 使很多种类的蔬菜对施用钾肥具有良好的效果^[3,4], 然而不同钾肥品种、用量对蔬菜产量和品质的影响有差异^[5]。国内也有一些研究表明, 硫酸钾提高产量和品质的效果优于氯化钾^[6,7]。尽管如此, 不同钾肥品种对蔬菜产量与品质影响之间的差异研究资料仍不多, 特别是钾肥对蔬菜重金属影响的研究结果甚少。为了合理施用钾肥, 针对性选择和使用适宜的钾肥品种与用量, 提高钾肥在安全农产品生产中的施用效益, 本试验研究了不同钾肥种类和用量对甘蓝产量、重金属和硝酸盐含量的影响, 旨在为无公害甘蓝生产确定合理的施钾技术提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

供试土壤为三叠纪石灰岩黄壤, pH 为 6.38, 有机质、碱解氮、有效磷、速效钾含量分别为 2.50 克/公斤、156 毫克/公斤、20.3 毫克/公斤、138 毫克/公斤。供试蔬菜

品种为甘蓝“西园 818”。供试肥料为尿素(N, 46%)、过磷酸钙(P₂O₅, 12%)、氯化钾(K₂O, 60%)、硫酸钾(K₂O, 50%)和泥炭。

1.2 试验方法

田间小区试验于 2010 年 9 月 1 日~12 月 23 日在重庆市沙坪坝区中梁镇龙泉村蔬菜基地进行。小区面积 6.8×1.1=7.48 平方米, 试验施用 2 种钾肥(KCl 和 K₂SO₄)各 3 个水平共 8 个处理(表 1), 3 次重复, 随机排列。甘蓝于 2010 年 6 月 18 日育苗, 9 月 1 日移栽, 每小区 2 行(行距 55 厘米), 每行 11 株(窝)(株距 62 厘米), 每小区共栽 22 株。氯化钾、硫酸钾、泥炭、磷肥一次性施入, 尿素在移栽后分 3 次按 30%–30%–40%(分别为苗期 9 月 15 日、开盘期 9 月 30 日和结球期 10 月 15 日)施用。12 月 9 日收获后取样测定甘蓝的生物量、商品产量、硝酸盐、重金属含量(砷、铬、镉、铅、汞)。

表 1 试验处理和施肥量 (公斤/亩)

代号	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	M
K0	20	10	0	0
K1 (Cl)	20	10	5	0
K2 (Cl)	20	10	15	0
K3 (Cl)	20	10	30	0
K1 (S)	20	10	5	0
K2 (S)	20	10	15	0
K3 (S)	20	10	30	0
K2 (S)+M	20	10	15	150

*M 代表泥炭。



1.3 测定内容及方法

土壤 pH 值、有机质、碱解氮、速效磷和速效钾采用常规方法测定^[8]。甘蓝品质分析中，硝酸盐含量采用紫外分光光度法^[8]，蔬菜全量 Pb、Cd、Cr、Hg、As 按 GB/T5009 的规定执行^[8]。

试验数据采用新复极差法 (SSR 检验法) 进行统计分析^[9]。

2 结果与分析

2.1 钾肥对甘蓝产量的影响

2.1.1 生物产量

表 2 显示，与对照 (K0) 相比，不同施钾处理使甘蓝生物产量提高了 4.32%~14.6%，其增幅顺序为：K2(S)+M > K2(S) > K2(Cl) > K3(S) > K3(Cl) > K1(S) > K1(Cl)，

表 2 不同处理的甘蓝产量

处 理	甘蓝生物产量		甘蓝商品产量		
	产量 (公斤/亩)	增产率 (%)	产量 (公斤/亩)	增产率 (%)	商品率 (%)
K0	5499c	0	3405d	0	61.9
K1 (Cl)	5737bc	4.32	3610c	6.03	62.9
K2 (Cl)	6159a	12.0	3993a	17.3	64.8
K3 (Cl)	5927b	7.78	3770bc	10.7	63.6
K1 (S)	5788bc	5.24	3637c	6.81	62.8
K2 (S)	6195a	12.6	4038a	18.6	65.2
K3 (S)	6040b	9.83	3913b	14.9	64.8
K2 (S)+M	6305a	14.6	4091a	20.2	64.9

注：同一列中数据后不同字母表示 5% 差异显著，下同

K2(S)+M 处理的增幅最大。可见，在无机肥的基础上配施优质泥炭，能显著提高甘蓝的生物产量。这可能是因为有机肥的施用不仅均衡了各养分含量，且改善了土壤的物理和生物环境。两种钾肥不同施用水平对甘蓝生物产量的影响规律相似，均以中量水平增产作用最大，增幅分别为 12.0% 和 12.6%，表明甘蓝适宜的两种钾肥施用量均为 15 公斤/亩，过多施用增产作用降低。在相同施用量条件下两种钾肥对甘蓝的增产效果以硫酸钾优于氯化钾。

2.1.2 商品产量

表 2 显示，两种钾肥对甘蓝商品产量的影响与生物产量的影响相似，即各处理下的商品产量均有一定程度的增加，但其增产幅度大于生物产量，为 6.03%~20.2%。以 K2(S)+M 处理下的增幅最大，两种钾肥均以中量水平增产作用最大。同时，施用钾肥还明显改善甘蓝的商品率，增加量为 1.0~3.3 个百分点，以硫酸钾的作用优于氯化钾。

2.2 施用钾肥对甘蓝硝酸盐和重金属含量的影响

2.2.1 硝酸盐

表 3 显示，与对照 K0 相比，除低量氯化钾处理以外，各施钾肥处理均降低了甘蓝可食部分的硝酸盐含量，以高量硫酸钾的降低作用最大 (11.8%)，该处理达到了国家无公害叶菜的限量标准 ≤ 3000 毫克/公斤。

2.2.2 重金属

表 3 显示，各处理下甘蓝可食部分的重金属除铅含量几乎都超标外，其余重金属含量均大大低于国家的限量标准。两种钾肥中，施用氯化钾大幅度 (14.3%~60.0%) 降低了甘蓝的砷、镉、铬和汞含量，以对汞和镉的降低作用最大；硫酸钾处理下除了砷含量有所增加外，镉、铬和汞含量都有显著的降低 (7.20%~60.0%)；但是随着硫酸钾施用量的增加，甘蓝的砷和铅含量不断增加，在高量钾水平下增量达到 50% 以上。从总体上看，在降低甘蓝重金属含量方面氯化钾的效果优于硫酸钾。

表3 不同处理甘蓝的硝酸盐和重金属含量

处 理	砷 (毫克/公斤) (±%)	比 CK (%)	镉 (毫克/公斤) (±%)	比 CK (%)	铬 (毫克/公斤) (±%)	比 CK (%)	汞 (毫克/公斤) (±%)	比 CK (%)	铅 (毫克/公斤) (±%)	比 CK (%)	硝酸盐 (毫克/公斤) (±%)	比 CK (%)
K0	0.0055	--	0.0061	--	0.14	--	0.0025	--	0.25	--	3.4×10^3	-
K1 (Cl)	0.0045	-18.2	0.0031	-48.5	0.11	-21.5	0.00091	-64.0	0.35	+40.0	3.6×10^3	+5.90
K2 (Cl)	0.0033	-39.9	0.0041	-32.6	0.10	-28.6	0.0015	-40.0	0.31	+24.0	3.1×10^3	-8.80
K3 (Cl)	0.0044	-20.7	0.0033	-46.6	0.12	-14.3	0.0010	-60.0	0.20	-20.0	3.3×10^3	-3.00
K1 (S)	0.0063	+14.0	0.0038	-37.5	0.13	-7.20	0.0023	-8.00	0.28	+12.0	3.4×10^3	0
K2 (S)	0.0075	+36.2	0.0036	-41.6	0.078	-44.3	0.0022	-12.0	0.34	+36.0	3.2×10^3	-5.90
K3 (S)	0.0083	+50.5	0.0040	-34.5	0.098	-30.0	0.0010	-60.0	0.46	+84.0	3.0×10^3	-11.8
K2 (S)+M	0.0045	-18.2	0.0049	-19.5	0.12	-14.3	0.0026	4.00	0.29	+16.0	3.4×10^3	0
GB18406.1-2001	≤ 0.5		≤ 0.05		≤ 0.5		≤ 0.01		≤ 0.2		≤ 3000	

3 结论与讨论

3.1 钾肥对甘蓝的增产作用

钾肥可显著提高甘蓝的生物产量和商品产量，产量效应大小与钾肥种类、用量以及土壤钾素含量关系密切。硫酸钾的增产效果优于氯化钾，这是因为甘蓝属于喜硫作物，甘蓝球中的S含量显著高于很多其他作物^[10]。同时，在无机肥基础上配施优质有机肥泥炭，能显著提高甘蓝产量。

3.2 钾肥对甘蓝硝酸盐含量的影响

在旱地生长的蔬菜吸收的氮素以硝态氮为主，蔬菜硝酸盐含量和作物产量品质之间的关系密切^[11]。施钾降低了甘蓝硝酸盐含量，这可能与施钾提高甘蓝产量有关。研究

表明，硝酸盐含量的差异主要是由于植株生物量及生长速率的差异造成的，这是增施钾肥能普遍降低蔬菜硝酸盐含量的一个重要原因^[12]。

3.3 钾肥对甘蓝重金属含量的影响

各钾肥处理下甘蓝可食部分的重金属除铅含量几乎都超标外，其余重金属含量均大大低于国家的限量标准。施用氯化钾对汞和镉的降低作用最大；施用硫酸钾对镉、铬和汞含量都有显著的降低。从总体上看，在降低甘蓝重金属含量方面的作用氯化钾的效果优于硫酸钾。这可能是由于作物本身营养特性、土壤中重金属含量、肥料伴随离子综合作用的结果。

参考文献

- 王正银. 蔬菜营养与品质 [M]. 北京: 科学出版社, 2009, 235.
- 刘平. 钾肥伴随阴离子对土壤铅和镉有效性的影响及其机制. 北京: 中国农业科学院博士学位论文, 2006.
- 李家康, 陈培森, 沈桂琴, 等. 几种蔬菜的养分需求与钾素增产效果 [J]. 土壤肥料, 1997, (3): 3-6.
- 刘双全. 钾对蔬菜产量和品质影响的研究 [J]. 黑龙江农业科学, 2000, (4): 25-26.
- 倪吾钟, 何念祖, 林荣新. 不同钾肥对大白菜氮营养状况的影响 [J]. 土壤学报, 1997, 34(5): 254-257.
- 范钦楨. 硫酸钾和氯化钾对蔬菜产量与品质的效应 [M]. 谢建昌, 陈际型等主编, 菜园土壤肥力与蔬菜合理施肥. 南京: 河海大学出版社, 1997, 233-236.
- 张簌茗, 江丽华, 闫华. 济南市售蔬菜的硝酸盐含量与施肥 [M]. 谢建昌, 陈际型等主编, 菜园土壤肥力与蔬菜合理施肥. 南京: 河海大学出版社, 1997, 207-210.
- 杨剑虹. 土壤农化分析与环境监测 [M]. 北京: 中国大地出版社, 2008, 26-75.
- 白厚义, 肖俊璋. 试验研究及统计分析 [M]. 西安: 世界图书出版社, 1998, 120-128.
- Duke SH, Reisenauer HM. Roles and requirements of sulfur in plant nutrition [J]. In Tabatabai MA (ed.) Sulfur in Agriculture. Agronomy, 1986, 27: 123-168.
- 叶勤. 几种叶类蔬菜硝酸盐与营养品质的关系 [J]. 西南农业大学学报, 2002, 24(2): 112-114.
- Terman G L, Allen S E. Crop yield-nitrate-N, total N and total K relationship: leafy vegetables [J]. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 1978, 9: 813-825.