

菜园土壤速效钾丰缺指标及合理施钾量研究

赫新洲¹, 吕业成², 万云巧², 陈琼贤¹, 曹健¹, 张白鸽¹, 杨秋¹, 李妙汉¹, 高惠楠¹
(1 广东省农业科学院 蔬菜研究所, 广东 广州 510640; 2 南海农业推广中心, 广东 南海 528200)

摘要: 在广东赤红壤地区含钾量不同的菜园土上选择了20个试验点进行菜心钾肥田间试验, 根据试验结果建立菜心相对产量与土壤速效钾含量的回归方程。结果表明: 菜心相对产量与土壤速效钾含量呈抛物线相关。施钾肥后增产的菜田占90%, 增产率为0.89%~47.2%; 土壤速效钾(K)的适宜含量为144.5~225.4 mg/kg; 菜心产量与施钾肥量呈抛物线相关, 在低、中、高肥力的菜田上种植菜心, 要求菜心达到6 501~6 626、6 755~6 985、6 869~6 993 kg/hm²的最高产量水平, 推荐的钾肥(K₂O)用量分别为67.5~78.6、67.5~75.9、67.5~70.5 kg/hm²。

关键词: 菜园土; 菜心; 速效钾; 施钾量

中图分类号: S143.32

文献标志码: A

文章编号: 1001-411X(2011)04-0014-04

Research on Abundant and Scarce Indices of Available K in *Brassica parachinensis* Soils and Reasonable Amount of K Fertilizer

HE Xin-zhou¹, LÜ Ye-cheng², WAN Yun-qiao², CHEN Qiong-xian¹, CAO Jian¹,
ZHANG Bai-ge¹, YANG Qiu¹, Li Miao-han¹, GAO Hui-nan¹

(1 Vegetable Research Institute of Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China;
2 Nanhai Agricultural Extension Centre, Nanhai 528200, China)

Abstract: Field trials were carried out to study the effects of K fertilizer on *Brassica parachinensis* Bailey in the soils with different indigenous K contents in Guangdong latosolic red soil areas. According to the experimental results from 20 trial sites, a regression equation between relative yield of *B. parachinensis* and soil available K content was established. The results indicated that their relationship was a parabola. The relative yield of 90% of the fields applied with K fertilizer increased and the growth rate reached 0.89%–47.2%. The suitable contents of available K in soil were 144.5–225.4 mg/kg, under which, K fertilizer should be added, but should be controlled if over it. The trial of different amounts of K fertilizer indicated that the relationship between the yield and the amount of K fertilizer was a parabola. According to the results, in order to gain 6 501–6 626, 6 755–6 985, 6 869–6 993 kg/hm² of yield, 67.5–78.6, 67.5–75.9, 67.5–70.5 kg/hm² of K fertilizer (K₂O) are highly suggested to the fields with low, medium and high fertility, respectively.

Key words: vegetable soil; *Brassica parachinensis*; available K; K fertilizer amount

蔬菜生产对菜园土肥力有较大的影响, 菜田的土壤管理及农业技术措施能影响土壤熟化过程, 其影响程度与长期种植大田作物的土壤有一定的差别。虽然人们对大田作物的营养诊断技术具有比较深入的研究^[1], 但是研究结果不能完全应用在蔬菜

上, 原因在于它们对养分的需求量和需求强度都有比较大的差别。钾素是农作物主要营养元素, 山西等地对蔬菜作物的钾营养诊断与施肥已有报道^[2-4], 南方对蔬菜作物的土壤钾素诊断技术还缺少系统的研究报道^[5], 蔬菜生产中仍应用大田作物的营养诊断

收稿日期: 2010-10-12

作者简介: 赫新洲(1966—), 男, 副研究员, 硕士; 通信作者: 陈琼贤(1960—), 女, 研究员, E-mail: cqx0118@sina.com

基金项目: 广东省现代农业产业技术体系建设专项(粤农[2009]380号); 广东省科技计划项目(2009B020202003, 2009B020304002); 广州市番禺农业攻关项目(2010-Z-82-1)

标准^[6],钾肥施用中存在盲目性。

土壤营养诊断方法针对性较强,可以提前预测植物营养状况^[1,7-8],而且具有诊断速度快,费用低,适用范围广等优点^[1,10-12]。按照农业部《测土配方施肥技术规范》的“3414”试验方案,廖新荣等^[13]对菜心和小白菜为代表的叶菜进行了测土配方施肥综合研究,初步建立广东叶菜土壤速效钾养分丰缺指标和不同钾素肥力土壤的推荐施钾量指标。但是,其试验涉及叶菜种类、土壤速效钾含量、氮磷肥习惯施用水平等多个因子,推荐的施钾肥指标有待在菜田生产过程中进行年度重复验证。本研究在对不同含钾水平的菜园土钾素供应状况进行调查研究的基础上,设计钾营养诊断指标的单因素多地点和3年度的小区试验以及不同肥力水平条件下单因素五水平钾肥施用量的大田试验,根据菜心(又称菜薹)*Brassica parachinensis* Bailey的田间试验结果对菜园土壤的钾养分状况进行分级,制定菜园土壤钾养分丰缺指标,明

确施用钾肥的效果并给出钾肥施用量的建议,对于蔬菜合理施用钾肥并提高钾肥利用率,提高菜园土壤肥力水平,以及蔬菜高产、高效、优质生产具有十分重要的意义。

1 材料与方法

1.1 试验地的基本情况

在广东省不同赤红壤地区具有代表性的蔬菜产区采集了20个属于中壤土的土壤样本,按常规的土壤样本采集方法^[14],在每个蔬菜产区中选择1个代表性的田块,通过多点采样采集0~20 cm的土壤耕作层的代表性混合样品,风干、过筛后进行养分分析。土壤样品用还原碱解扩散法测定有效氮含量;用0.5 mol/L NaHCO₃ (pH 8.5)浸提钼锑抗比色法测定速效磷含量;用1 mol/L NH₄Ac (pH 7.0)浸提火焰光度计法测定速效钾含量;用NH₄Ac (pH 7.0)浸提、EDTA测定土壤阳离子交换量^[14]。测定结果见表1。

表1 田间肥料试验地点及土壤养分含量¹⁾

Tab.1 Fertilizer field trial sites and soil nutrient content

编号	采样地点	w/(mg·kg ⁻¹)			b/(cmol·kg ⁻¹)		pH	钾养分水平
		碱解氮	速效磷	速效钾	Ca	Mg		
1	东莞南栅	46.3	25.80	49.0	0.15	ND	5.6	缺
2	虎门沙角	46.0	20.10	49.8	0.15	ND	5.6	缺
3	横沥前进村	99.8	26.20	46.5	14.70	ND	5.6	缺
4	河源华丰源公司	56.8	0.64	37.3	0.18	0.070	7.2	缺
5	惠州潼湖	81.9	35.90	96.3	6.32	0.408	5.3	中等
6	从化左村	157.0	6.85	37.3	1.68	0.165	5.0	缺
7	茂明荷木岭村	43.3	20.20	14.1	0.17	0.061	4.8	极缺
8	高明石洲村	65.3	11.40	29.5	2.87	0.152	5.1	缺
9	番禺沙湾南村	56.5	62.00	47.5	7.19	0.961	5.0	缺
10	番禺庙贝农场	102.9	77.30	70.0	7.33	1.510	4.7	缺
11	番禺大石韭	336.5	82.10	420.0	12.00	1.390	4.9	过高
12	广州钟落潭	47.7	9.13	109.0	2.32	ND	5.3	中等
13	中山东升观栏	45.5	2.27	62.2	17.93	1.220	7.0	缺
14	中山沙溪象角	152.1	21.80	314.0	17.71	1.290	6.5	过高
15	中山沙溪平村	101.2	60.30	127.0	10.54	ND	5.8	中等
16	新会嘉琛公司	55.7	20.40	46.7	1.90	ND	4.9	缺
17	开平沙岗	65.5	45.70	156.0	10.83	0.910	6.3	高
18	惠州英歌农场	23.5	5.41	44.1	9.00	0.450	7.8	缺
19	高明西安农场	93.6	12.80	75.2	6.95	0.140	5.2	缺
20	南海大沥	246.0	122.00	145.0	8.70	1.890	4.3	高

1)ND:未检出;钾养分水平是根据土样的速效钾含量按照本文表4的标准来确定的。

1.2 营养诊断指标的小区试验

在土壤养分含量调查分析的基础上,分别于2002年10月、2003年10月和2004年10月在20个不同地点上进行菜心田间试验。试验设不施钾和施钾处理,随机区组排列,小区面积9 m²,重复3次。施

钾处理每小区施KCl 0.13 kg,肥料用量为每小区尿素0.17 kg,过磷酸钙0.33 kg,生石灰0.04 kg,硫酸镁0.06 kg。磷、钾、钙、镁肥全部作底肥,氮肥1/3作基肥,其余在三叶期和五叶期各追施1/3。基肥全层施,追肥随水追施。

供试蔬菜品种为广东农业科学院蔬菜研究所提供的优良品种“美青1号”菜心.收获期按小区计产.

1.3 钾肥施用量的大田试验

2004年10月,分别在新会的低肥力土壤、惠州的中肥力土壤和南海的高肥力土壤(3个土壤的速效钾分别是46.7、96.3和145.0 mg/kg),进行大田试验,设钾肥(纯K₂O)施用量分别为0、22.5、45.0、67.5、90.0 kg/hm²的5个处理,按完全随机区组设计,3次重复.氮、磷、钙、镁施用量和施肥方法均与小区试验相同,收获期按小区测产.

2 结果与分析

2.1 土壤速效钾营养诊断指标

通过20个不同地点不同土壤肥力水平的田间试验得到小区的菜心产量,以不施钾肥小区菜心产量占施钾肥小区菜心产量的百分数求出各试验点的菜心相对产量.结果如表2,在施肥量为纯N 90 kg/hm²、纯P₂O₅ 45 kg/hm²、纯Ca 35 kg/hm²、纯Mg 15 kg/hm²的条件下,施钾肥(纯K₂O 90 kg/hm²)增产的菜田占90%,增产率为0.89%~47.2%.

表2 不同肥力水平的土壤施钾肥对菜心产量的影响¹⁾

Tab.2 Effect on the yield of *Brassica parachinensis* when applied K fertilizer in different levels of soil fertility

编号	菜心产量 ¹⁾ /(kg·hm ⁻²)		相对产量/%	增产率/%
	不施钾区	施钾区		
7	2 711.1	3 892.6	69.65	43.6
8	3 022.2	3 544.4	85.27	17.3
4	3 655.6	5 085.2	71.89	39.1
6	3 385.2	4 548.1	74.43	34.4
18	3 800.0	4 825.9	78.74	27.0
3	5 318.5	6 644.4	80.04	24.9
16	3 496.3	5 048.1	69.26	44.4
9	3 496.3	5 148.1	67.91	47.2
1	3 496.3	4 977.8	70.24	42.4
2	3 485.2	4 859.3	71.72	39.4
13	3 833.3	5 240.7	73.14	36.7
10	4 333.3	5 785.2	74.90	33.5
19	4 544.4	6 048.1	75.14	33.1
5	4 948.1	6 414.8	77.14	29.6
12	5 444.4	6 677.8	81.53	22.7
15	5 633.3	6 470.4	87.06	14.9
20	6 174.1	6 507.4	94.88	5.4
17	6 655.6	6 714.8	99.12	0.89
14	7 203.7	6 859.3	105.0	-4.8
11	7 318.5	6 748.1	108.5	-7.8
均值	4 597.78	5 602.04		

1)各编号的土壤钾养分水平见表1;经t检验,不施钾处理与施钾处理总体方差相等,两处理平均产量均值差异达显著水平(t=2.582 2,P=0.013 8).

将表1对应土壤编号的土壤速效钾含量与表2

的相对产量进行相关分析,分别配置出直线方程、抛物线方程、对数方程、幂函数方程、指数方程(表3).

由表3可见,5种函数式变量相关性均达到极显著水平,但它们的优势顺序却不一样,以一元二次方程为最优,幂函数方程表现最差.故选用一元二次方程 $y = -0.000 2 x^2 + 0.197 6 x + 65.618$ 来制定土壤养分丰缺指标.

表3 菜园土壤速效钾含量与菜心相对产量的回归关系¹⁾

Tab.3 Regression equations between relative yield of *Brassica parachinensis* and soil available K content

函数式	R ²	R ² 位次
$y = 0.105 9 x + 70.32$	0.768 5**	2
$y = -0.000 2 x^2 + 0.197 6 x + 65.618$	0.810 5**	1
$y = 12.6 \ln x + 27.218$	0.693 7**	4
$y = 43.119 x^{0.145 3}$	0.680 2**	5
$y = 71.036 e^{0.001 2 x}$	0.727 6**	3

1)y:菜心的相对产量,x:土壤速效钾含量;**表示两变量相关性极显著水平(R_(0.01,18)=0.561).

根据Cate等^[15]提出的确定土壤养分的临界值法,划分土壤养分等级的标准是蔬菜的相对产量,通过求解一元二次方程获得中壤土的菜田种植菜心的土壤速效钾丰缺指标(表4).由表4可见,菜园土壤的速效钾丰缺指标分别为:速效钾含量小于22.7 mg/kg为极缺乏,不施钾肥小区的产量为施钾肥小区产量的70%以下,施钾肥的增产效果非常明显;速效钾含量在22.7~79.0 mg/kg为低钾菜园土,不施钾肥小区的产量为施钾肥小区产量的70%~79%,施钾肥的增产效果明显;速效钾含量在79.1~144.4 mg/kg为中钾菜园土,不施钾肥小区的产量为施钾肥小区产量的80%~89%,施钾肥有一定的增产效果;速效钾含量在144.5~225.4 mg/kg为高钾菜园土,不施钾肥小区的产量为施钾肥小区产量的90%~100%,施钾肥的增产效果低,甚至无效.速效钾含量大于225.4 mg/kg为钾含量过高的菜园土,不施钾肥小区的产量为施钾肥小区产量100%以上,出现钾中毒现象.

表4 菜园土壤速效钾的丰缺指标

Tab.4 Abundant and scarce index of available K in *Brassica parachinensis* soils

土壤养分等级	相对产量/%	w(速效钾)/(mg·kg ⁻¹)	对钾肥的反应
极缺	<70	<22.7	施钾肥效果极明显
缺	70~79	22.7~79.0	施钾肥效果明显
中等	80~89	79.1~144.4	施钾肥有效果
高	90~100	144.5~225.4	施钾肥效果低,甚至无效
过高	>100	>225.4	中毒,施钾肥无效

2.2 钾肥的产量效应及合理施肥量研究

在新会的低肥力土壤、惠州的中肥力土壤和南海的高肥力土壤上,施 N 90 kg/hm²、P₂O₅ 45 kg/hm² 时,施 K₂O 在 0~90 kg/hm² 的范围内,低钾菜园土施钾肥比不施钾肥增产 24.5%~45.4%;中钾菜园土施钾肥比不施钾肥增产 19.7%~40.6%;高钾菜园土施钾肥比不施钾肥增产 17.4%~31.1% (表 5)。在低、中、高肥力的菜田上菜心产量与施钾肥量均呈抛物线相关。其决定系数分别为 0.961 1、0.941 5 和 0.966 0;相关方程分别为 $y = -0.309 4 x^2 + 48.649 x + 4 589$ 、 $y = -0.310 9 x^2 + 47.193 x + 4 963.7$ 和 $y = -0.304 7 x^2 + 42.975 x + 5 353.8$ 。通过解上述方程式求得最高产量的施钾肥量,并结合试验结果认为,在低、中、高肥力的菜田上,要求菜心达到 6 501~6 626、6 755~6 985、6 869~6 993 kg/hm² 的最高产量水平,推荐的 K 肥用量分别为 67.5~78.6、67.5~75.9、67.5~70.5 kg/hm²。

表 5 低、中、高钾菜园土施钾肥对菜心产量的影响¹⁾

Tab.5 Effect on the yield of *Brassica parachinensis* when applied K fertilizer in low, medium and high level soils

$w(K_2O)/$ (kg·hm ⁻²)	低钾菜园土		中钾菜园土		高钾菜园土	
	产量/ (kg·hm ⁻²)	增产 /%	产量/ (kg·hm ⁻²)	增产 /%	产量/ (kg·hm ⁻²)	增产 /%
0	4 555.6e		4 966.7e		5 333.3e	
22.5	5 670.4d	24.5	5 944.4d	19.7	6 263.0d	17.4
45.0	5 922.2c	30.0	6 211.1c	25.1	6 503.7c	21.9
67.5	6 625.9a	45.4	6 985.2a	40.6	6 992.6a	31.1
90.00	6 418.5b	40.9	6 607.4b	33.0	6 718.5b	26.0

1) 低、中、高钾菜园土分别为编号 16、5、20 的菜园土;同列数据后凡有一个相同字母者,表示差异不显著 ($P > 0.05$, Duncan's 法)。

3 结论

在质地为中壤的菜园土上种植菜心,当土壤速效钾含量在 225.4 mg/kg 以下范围内,菜心相对产量(y)与土壤速效钾含量(x)呈 $y = -0.000 2 x^2 + 0.197 6 x + 65.618$, $R^2 = 0.810 5$ 的极显著水平抛物线相关关系。土壤速效钾的适宜含量为 144.5~225.4 mg/kg,在此范围的下限可补施钾肥,超此范围高限应控制钾肥施用;在参试的 20 个菜田中,施钾肥(纯 K₂O) 90 kg/hm² 增产的菜田占 90%,增产率为 0.89%~47.2%。

菜心产量与施钾肥量呈抛物线相关,在低、中、高肥力的菜田上,要求菜心达到 6 501~6 626、6 755~6 985、6 869~6 993 kg/hm² 的最高产量水平,推荐的

钾肥用量分别为 67.5~78.6、67.5~75.9、67.5~70.5 kg/hm²。

致谢:本文撰写得到华南农业大学农学院郭和蓉教授指导,特此致谢!

参考文献:

- [1] 唐菁,杨承栋,康红梅. 植物营养诊断方法研究进展[J]. 世界林业研究,2005,18(6):45-48.
- [2] 潘大丰,程季珍,李群,等. 山西省主要蔬菜施肥智能信息技术研究[J]. 农业工程学报,2000,16(1):109-112.
- [3] 程季珍,亢青选,张春霞,等. 山西省菜田土壤养分状况及主要蔬菜的平衡施肥[J]. 植物营养与肥料学报,2003,9(1):117~122.
- [4] 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.
- [5] 吕业成,李淑仪,蔡绵聪,等. 小白菜氮磷钾施肥效应研究[J]. 广东农业科学,2009(6):61-63.
- [6] 广东省土壤肥料总站. 珠江三角洲耕地质量评价与利用[M]. 北京:中国农业出版社,2007:52-57.
- [7] 沈隽. 果树矿质营养与施肥[J]. 园艺学报,1980,7(2):47-55.
- [8] 仝月澳,周厚基. 果树营养诊断法[M]. 北京:农业出版社,1982:158-155.
- [9] 徐润生,郑少玲,吕业成,等. 菜薹(菜心)土壤氮营养诊断指标及合理施氮量[J]. 中国蔬菜,2006(11):15-17.
- [10] MELSTED S W, PECK T R. The Principles of Soil Testing [M] // WALSH L M, BEATON J D. Soil Testing and Plant Analysis. [S. l.]: Soil Science Society of America, 1973:13-21.
- [11] 蒋代华,顾明华,黎晓峰,等. 银杏钾素营养诊断技术的研究[J]. 广西农学报,2002(增刊):110-114.
- [12] 唐拴虎,徐培智,陈建生,等. 华南坡岗地甘蔗和木薯主产区土壤有效磷、钾丰缺指标研究[J]. 广东农业科学,2010(8):106-108.
- [13] 廖新荣,李淑仪,张育灿,等. 广东叶菜测土施肥技术指标体系钾素指标初步研究[J]. 广东农业科学,2009(4):33-36.
- [14] 南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:科技出版社,1978:73-81.
- [15] CATE R B J, NELSON L A. A rapid method for correlation of soil test analysis with plant response data[J]. International Soil Testing Series Tech Bull,1965(1):10-25.

【责任编辑 周志红】