

菜心土壤速效磷丰缺指标及合理施磷量研究

陈琼贤¹, 吕业成², 万云巧², 赫新洲¹, 曹健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:在广东赤红壤地区不同土壤磷含量的菜园土进行菜心磷肥田间试验. 根据 18 个试点的试验结果, 提出了质地为中壤土的菜园种植菜心的土壤速效磷丰缺指标, 菜心产量与土壤速效磷含量呈抛物线相关. 施磷肥增产显著的菜田占 68%, 增产率为 28% ~ 51%; 适宜的土壤速效磷(P)为 54.6 ~ 87.8 mg · kg⁻¹; 低于此范围应补充磷肥, 超过此范围应控制施磷肥. 不同磷肥施用量试验结果表明, 菜心产量与施磷肥量呈抛物线相关, 在低、中、高肥力水平的菜园土种植菜心, 要求菜心产量达到 6 441 ~ 6 515、6 542 ~ 6 693 和 6 880 ~ 7 189 kg · hm⁻²时, 推荐磷肥(P₂O₅)用量分别为 50.0 ~ 76.5、50.0 ~ 72.6 和 50.0 ~ 64.1 kg · hm⁻².

关键词:赤红壤; 营养诊断; 磷肥; 菜心

中图分类号: S606

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2010)02-0005-04

Study on Nutrient Diagnosis of Soil Phosphorus and Recommended Fertilization of *Brassica parachinensis*

CHEN Qiong-xian¹, LÜ Ye-cheng², WAN Yun-qiao², HE Xin-zhou¹, CAO Jian¹

(1 Vegetable Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China;

2 Nanhai Agricultural Extension Center, Nanhai 528200, China)

Abstract: The field trials of phosphate fertilizer on *Brassica parachinensis* were carried out in latosolic red soils with different available phosphorus in Guangdong. The results from 18 trial sites indicated that there was parabolic relationship between the yield of *B. parachinensis* and soil available phosphorus(P). Application of phosphate fertilizer in 68% of total field increased significantly average yield of *B. parachinensis* by 28% - 51%. The reasonable content of P was 54.6 - 87.8 mg · kg⁻¹, the soil below this range need phosphate fertilizer, while over this range, no phosphate fertilizer. The results of different phosphate fertilizer rates indicated that there was also parabolic relationship between the yield of *B. parachinensis* and application rates of phosphate fertilizer. To obtain the yields of 6 441 - 6 515, 6 542 - 6 693 and 6 880 - 7 189 kg · hm⁻² in the soils with the low, middle and high levels of soil available phosphorus, the recommended application rates of P₂O₅ was 50.0 - 76.5, 50.0 - 72.6 and 50.0 - 64.1 kg · hm⁻², respectively.

Key words: latosolic red soil; nutrient diagnosis; phosphate fertilizer; *Brassica parachinensis*

广东菜园土由于长期集约化种植蔬菜, 加速了土壤的熟化过程, 因此, 菜田的土壤肥力状况与大田作物对比有很大差别. 植物营养诊断已成为指导施

肥的重要技术手段, 目前对大田作物的营养诊断技术已具有比较深入的研究^[1], 但是其研究结果不完全适宜应用在蔬菜上, 原因在于它们对养分的需求

收稿日期: 2009-03-24

作者简介: 陈琼贤(1960—), 女, 研究员; E-mail: cqx0118@sina.com

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费项目(nyhyzx07-007); 广东省科技计划项目(2006B60501006, 2008B021000045); 广东省科技推广项目(2008B071103008); 国家科技支撑计划(2007BAD89B14)

量和需求强度都有巨大差别. 北方(如山西等地)对蔬菜作物的营养诊断与施肥已有报道^[2,4],但是针对广东省的气候特点及菜田土壤的营养特性,对蔬菜作物的土壤磷素诊断技术还没有系统的研究报告,在蔬菜生产中仍应用大田作物的营养诊断标准^[2]. 把大田作物的磷肥施用技术应用到蔬菜作物,无疑会导致滥施磷肥引起环境污染问题^[5]. 本研究采用土壤养分诊断法^[6-7],通过对不同地方菜园的土壤营养元素进行分析测试,结合菜心田间肥料试验结果制定菜园土壤的磷养分丰缺指标,探讨菜园土壤施用磷肥的效应,提出适宜的磷肥施用量,为蔬菜高产优质生产提供科学施肥依据.

1 材料与方法

1.1 样品的采集及处理

在广东选择不同地方的多个菜园采集 18 个菜园土壤样本,每个采样菜园多点采集有代表性耕作层(0~20 cm)的混合土壤样品,风干后过筛进行养分分析. 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;用 1 mol/L NH₄Ac (pH 7.0) 浸提火焰光度计法测定速效钾;用 NH₄Ac (中性) 浸提,EDTA 测定土壤交换性阳离子^[8]. 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 Field fertilizer experimental sites and the soil nutrient contents

土样编号	采样地点	w (速效养分)/(mg·kg ⁻¹)			b (交换阳离子)/(cmol·kg ⁻¹)		pH	磷养分水平
		碱解氮	速效磷	有效钾	钙	镁		
59	东莞南栅	46.3	25.80	59.0	0.15	-	5.6	低
89	虎门沙角	46.0	20.10	60.0	0.15	-	5.6	低
93	横沥前进村	99.8	26.20	56.0	14.70	-	5.6	低
106	惠州潼湖	81.9	35.90	116.0	6.32	0.41	5.3	中等
111	从化左村	157.0	6.85	45.0	1.68	0.16	5.0	极缺
116	茂明荷木岭村	43.3	20.20	17.0	0.18	0.06	4.8	低
152	番禺沙湾南村	56.5	62.00	57.2	7.19	0.96	5.0	高
155	番禺庙贝农场	102.9	77.30	84.3	7.33	1.51	4.7	高
162	番禺大石韭	336.5	82.10	506.0	12.00	1.39	4.9	高
187	广州钟落潭	47.7	9.13	131.3	2.32	-	5.3	极缺
188	中山东升观栏	45.5	2.27	75.0	17.93	1.22	7.0	极缺
190	中山沙溪象角	152.1	21.80	378.1	17.71	1.29	6.5	低
191	中山沙溪平村	101.2	60.30	153.1	10.54	-	5.8	高
215	新会嘉琛公司	55.7	20.40	56.3	1.90	-	4.9	低
221	开平沙岗	65.5	45.70	187.5	10.83	0.91	6.3	中等
226	惠州英歌农场	23.5	5.41	53.1	9.00	0.45	7.8	极缺
235	高明西安	93.6	12.80	90.6	6.95	0.14	5.2	低
283	南海大沥	246.0	122.00	175.0	8.70	1.89	4.3	过高

1)“-”:未检出;磷养分水平是根据土样的速效磷含量按照本文表 3 的标准来确定的.

1.2 田间试验

1.2.1 土壤速效磷诊断指标研究试验 在菜园土壤养分含量分析的基础上,从不同地方选择不同肥力水平的 18 个土壤质地属于中壤土的地块(试验土壤编号及地点见表 1),在 2002 年 10 月、2003 年 10 月和 2004 年 10 月分别用菜心布置土壤速效磷诊断指标的田间试验. 不施农家肥的前提下,设不施磷及施磷处理,随机区组排列,小区面积 9 m²,重复 3 次. 化肥用量为每小区尿素的氮 0.08 kg(纯氮 90 kg/hm²),过磷酸钙的磷(P₂O₅)0.04 kg(纯 P₂O₅45 kg/hm²),KCl 的钾

(K₂O)0.08 kg(纯 K₂O 90 kg/hm²). 生石灰的钙(Ca)0.03 kg(纯 Ca 35 kg/hm²),硫酸镁的镁(Mg)0.012 kg(纯 Mg 15 kg/hm²). 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 *Brassica parachinensis*. 收获期按小区计产.

1.2.2 磷肥施用量试验 2004 年 10 月分别在高明西安的低肥力土壤、惠州潼湖的中肥力土壤和南海大沥的高肥力土壤设置不同施磷量的效应试验,在

氮、钾、钙、镁基肥施用量相同的条件下,设施磷量分别为0、16.7、33.3、50.0、66.7 kg/hm²的5个处理,其余同1.2.1.

2 结果与分析

2.1 土壤速效磷诊断指标

通过田间试验得到不施磷区和施磷区的菜心产量,从而求得不同肥力水平各试验点的菜心相对产

量(不施磷区菜心产量占施磷区菜心产量的百分数).结果(表2)表明,在施N、K₂O均为90 kg/hm²的基础上,施磷肥(45 kg/hm²)的增产效果达到显著水平的菜田占68%,增产率为28%~51%.在一定的范围内,菜心相对产量与土壤速效磷含量呈抛物线相关,复相关系数为0.878,达到极显著水平($\nu = 17$, $R_{0.01} = 0.576$);相关方程为 $y = -0.0021x^2 + 0.601x + 63.431$.

表2 不同磷水平的土壤施磷肥对菜心产量的影响

Tab.2 Effect of phosphate fertilizer on yield of *Brassica parachinensis* in soils of different available phosphorus levels

土样编号	w (土壤速效磷)/ (mg·kg ⁻¹)	磷养分水平	菜心产量 ¹⁾ /(kg·hm ⁻²)		相对产量/%	增产/%
			无磷区	施磷区		
188	2.27	极缺	2 571b	3 893a	66.0	51.4
226	5.41	极缺	3 078b	4 363a	70.5	41.8
111	6.85	极缺	3 170b	4 489a	70.6	41.6
187	9.13	极缺	3 326b	4 656a	71.4	40.0
235	12.80	低	3 500b	4 941a	70.8	41.2
89	20.10	低	4 104b	5 463a	75.1	33.0
116	20.20	低	3 922b	5 400a	72.6	37.7
215	20.40	低	3 867b	5 233a	73.9	35.3
190	21.80	低	3 978b	5 322a	74.7	33.8
59	25.80	低	4 281b	5 615a	76.2	31.2
93	26.20	低	3 359b	4 763a	70.5	41.8
106	35.90	中等	4 408b	5 867a	75.1	33.1
221	45.70	中等	4 644b	5 944a	78.1	28.0
191	60.30	高	6 237a	6 237a	100.0	0
152	62.00	高	6 589a	6 615a	99.6	0.4
155	77.30	高	6 667a	6 693a	99.6	0.4
162	82.10	高	6 722a	6 707a	100.0	-0.2
283	122.00	过高	6 911a	6 793a	102.0	-1.7

1) 同列数据后凡是有一个小写字母相同者,表示在5%水平上差异不显著(Duncan's法).

根据Cate等^[9]提出的确定土壤养分的临界值法,结合本试验实际结果,通过求解一元二次方程获得质地为中壤土的菜园种植菜心的土壤速效磷丰缺指标(表3).由表3可见,菜心土壤的磷营养丰缺指标分别为:土壤速效磷(P)小于11.4 mg/kg为极缺乏,无磷区的菜心产量为施磷区的70%以下,施磷肥的增产效果非常明显;土壤速效磷在11.5~30.9 mg/kg范围内为低磷菜园土,无磷区的菜心产量为施磷区的70.1%~80.0%,施磷肥的增产效果明显;土壤速效磷在31.0~54.6 mg/kg范围内为中磷菜园土,无磷区的菜心产量为施磷区的80.1%~90.0%,施磷肥有一定的增产效果;土壤速效磷在54.7~87.8 mg/kg范围内为高磷菜园土,无磷区的菜心产量为施磷区的90.1%~100.0%,施磷肥的增产效果低,甚至无效.土壤速效磷大于87.8 mg/kg为磷含量过高的菜园土,无磷区的菜

心产量为施磷区100%以上,出现磷中毒现象,施磷无效.广东赤红壤地区同等肥力的菜田,冬季的土壤速效磷养分测定值比夏季测定值低得多(低22 mg/kg以上),而且季节性差别对菜心生长和产量水平有较大影响,所以土壤速效磷适宜含量的范围比较大.

表3 菜心土壤速效磷的丰缺指标

Tab.3 Assessing index of soil available phosphorus for *Brassica parachinensis*

土壤养分等级	相对产量/%	w (速效磷)/ (mg·kg ⁻¹)	对磷肥的反应
极缺	<70	<11.4	施磷肥效果极明显
低	70~80	11.5~30.9	施磷肥效果明显
中等	80~90	31.0~54.6	施磷肥有效果
高	90~100	54.7~87.8	施磷肥效果低,甚至无效
过高	>100	>87.8	中毒.施磷肥无效

2.2 磷肥对菜心的增产效应及合理施磷量

试验结果(表4)表明,在低、中、高肥力的菜田上,施磷肥(P_2O_5)量为0~66.7 kg/hm²的范围内,低肥力菜田施磷肥比不施磷肥增产19.7%~53.4%;中肥力菜田施磷肥比不施磷肥增产18.0%~45.5%;高肥力菜田施磷肥比不施磷肥增产11.5%~43.2%。在低、中、高肥力的菜田上,菜心产量与施磷肥量的相关系数分别为0.939 8、0.919 6和0.908 1($v=4, R_{0.05}=0.811, R_{0.01}=0.917$),相关方程分别为

$y = -0.3817x^2 + 58.392x + 4208.2$ 、 $y = -0.3726x^2 + 54.136x + 4575.8$ 和 $y = -0.4839x^2 + 61.999x + 4894$ 。通过上述方程求得最高产量的施磷肥量,并结合试验结果认为,在低、中、高肥力的菜田上,要求菜心产量达到6441~6515、6542~6693、6880~7189 kg/hm²的水平,推荐的磷肥用量分别为50.0~76.5、50.0~72.6和50.0~64.1 kg/hm²。由于南方土壤对磷的固定能力强,磷肥利用率很低,所以磷肥用量比较大。

表4 低、中、高磷菜园土施磷肥对菜心产量的影响¹⁾

Tab.4 Effect of phosphate fertilizer on yield of *Brassica parachinensis* in soils of low, middle and high available phosphorus levels

施肥量/(kg·hm ⁻²)			低磷菜园土			中磷菜园土			高磷菜园土		
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	产量/ (kg·hm ⁻²)	增产/ (kg·hm ⁻²)	增产率/ %	产量/ (kg·hm ⁻²)	增产/ (kg·hm ⁻²)	增产率/ %	产量/ (kg·hm ⁻²)	增产/ (kg·hm ⁻²)	增产率/ %
90	0	90	4248d			4600e			5019e		
90	16.7	90	5085c	837	19.7	5426d	826	18.0	5596d	577	11.5
90	33.3	90	5467b	1219	28.7	5671c	1071	23.3	6267c	1248	24.9
90	50.0	90	6515a	2267	53.4	6693a	2393	45.5	7189a	2170	43.2
90	66.7	90	6278a	2030	47.8	6407b	1807	39.3	6700b	1681	33.5

1) 同列数据后凡是有一个小写字母相同者,表示在5%水平上无显著差异(Duncan's法)。

3 结论

广东赤红壤地区同等肥力的菜田,在冬季的土壤速效磷养分测定值比夏季测定值低得多,而且季节性差别对菜心生长和产量水平有很大影响,所以土壤速效磷适宜含量的范围比较大。针对广东地区气候条件,土壤对磷的固定能力强,磷肥利用率较北方低以及土壤酸性大等特点,提出以下结论:1)在土壤质地为中壤土上种植菜心,当土壤速效磷在87.8 mg/kg以下,菜心相对产量(y)与土壤速效磷含量(x)呈抛物线相关, $y = -0.0021x^2 + 0.601x + 63.431, R=0.878^{**}$;土壤速效磷的适宜范围为54.6~87.8 mg/kg,在此范围的下限应补施磷肥,超此范围高限应控制磷肥施用;在参试的18个菜田中,施磷肥增产显著的菜田占68%,施磷肥增产率为28%~51%;2)菜心产量与施磷肥量呈抛物线相关,在低、中、高肥力水平的菜园土上种植菜心,要求菜心产量达到6441~6515、6542~6693和6880~7189 kg/hm²的水平,推荐的磷肥用量分别为50.0~76.5、50.0~72.6和50.0~64.1 kg/hm²。

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] 孟兆芳.高产优质蔬菜的营养与施肥[J].中国蔬菜,1999,5(2):33-36.
- [5] 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,2007:109-123.
- [6] HINSINGER P. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: A review[J]. Plant and Soil, 2001, 237(2): 173-195.
- [7] 史瑞和.土壤养分供应和作物施肥[J].土壤,1979(5):165-169.
- [8] 南京土壤所.土壤理化分析[M].上海:上海科技出版社,1978:73-81.
- [9] CATE R B J, NELSON L A. A rapid method for correlation of soil test analysis with plant response data[J]. North Carolina Agric Exp Stn, International Soil Testing Series Tech Bull, 1965(1):10-25.

【责任编辑 周志红】