

营养型土壤改良剂对酸性土壤中磷的活化及玉米吸磷的影响

郭和蓉¹, 陈琼贤², 郑少玲¹, 毛 勇¹, 严小龙¹

(1 华南农业大学资源环境学院, 广东 广州 510642; 2 广东省农业科学院蔬菜研究所, 广东 广州 510640)

摘要:将营养型土壤改良剂施入 3 种不同理化性状酸性土壤进行恒温培养试验和盆栽试验. 结果表明, 土样 1(高肥力粘壤土)施入改良剂 $0 \sim 8.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, 有效磷含量有增加的趋势, 以施入改良剂 $8.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理的土壤有效磷含量最高; 但施入 $12.0 \sim 20.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, 有效磷含量又开始下降. 土样 2(中等肥力粉壤土)和土样 3(低肥力粘壤土)在改良剂施入量 $0 \sim 12.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, 土壤有效磷含量增加量随改良剂施入量的增加而增加. 盆栽试验结果显示, 改良剂施入不同理化性状的土壤后, 活化了土壤中的磷, 促进了玉米对磷的吸收, 提高了磷肥的利用.

关键词:营养型土壤改良剂; 酸性土壤; 有效磷

中图分类号: S156.6

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2004)01-0029-04

Effects of nutritive soil modifier activation and uptake on soil phosphorus by corn plants on acid soils

GUO He-rong¹, CHEN Qiong-xian², ZHENG Shao-ling¹, MAO Yong¹, YAN Xiao-long¹

(1 College of Resources and Environment, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China;

2 Institute of Vegetables, Guangdong Academy of Agric. Sci. Guangzhou 510640, China)

Abstract: Nutritive soil modifier (hereinafter abbreviated as NSM) was applied to three kinds of acid soils with different characteristics. An indoor soil incubation experiment and a greenhouse soil pot experiment was conducted with corn plants (*Zea mays* L.). The major results of the indoor soil incubation experiment showed that the available content of phosphorus increased with addition of NSM. The lower the background nutrient content in the soil, the larger the effects of improvement. The results of the greenhouse soil pot experiment with maize showed that NSM could improve the nutrient status of the soil and activate phosphorus in the soil leading to a higher phosphorus uptake efficiency hence better growth of the maize plants.

Key words: nutritive soil modifier(NSM); acid soil; available phosphorus; nutrient efficiency

热带、亚热带地区的土壤含有大量的氧化铁和氧化铝等化合物, 铁铝物质的积聚, 对土壤中的磷有很强的固定作用. Van 和 Yuan 等^[1,2]的研究表明, 酸性土壤的磷吸附与无定型铁和铝含量之和呈线性相关. Borggard 和 Laganathan 等^[3,4]也报道了酸性土壤磷吸附与无定型铁铝呈正相关. 磷的吸附大大降低了磷酸养分的有效性, 我国约有 78% 的土壤缺磷^[5]. 因此, 缺磷是酸性土壤作物生长的障碍因子. 酸性土

壤磷的固定导致磷的累积, 磷的长期积累使土壤成为磷素资源的贮存库. 如何利用土壤中丰富的磷源, 提高作物对磷肥的利用效率, 一直是土壤学和植物营养学家关注的问题. 陈琼贤等研制出一种营养型土壤改良剂(专利号: 99116057.6). 本研究试图通过土壤恒温培养和玉米盆栽试验, 研究营养型土壤改良剂对酸性土壤磷的活化作用以及玉米对磷吸收利用的影响.

1 材料与方法

1.1 材料

供试土样分别采自华南地区具有代表性的3种不同母质发育的土壤,其基本理化性状见表1.供试改良剂为广东省农业科学院蔬菜研究所提供的营养型土壤改良剂.该改良剂以沸石和蒙脱石粉作为原

粉和锌矿粉等,经脱氟处理,然后混合磨碎过0.154 mm筛.其矿质成分为:碱解氮2.83 mg/kg、速效磷痕量、 $w(K_2O)$ 为0.42%、 $w(CaO)$ 为25%、 $w(MgO)$ 为15%、 $w(SO_3)$ 5%、 $w(SiO_2)$ 17%,pH值为8.5.以华南农业大学实验农场培育的超甜玉米“9702”作为盆栽材料.盆栽实验所用肥料分别为尿素[$w(N)$ 46.6%]、氯化钾[$w(K_2O)$ 58.34%]、过磷酸钙[$w(P_2O_5)$ 12%].

表1 土壤基本理化性状
Tab. 1 The character of soil

供试土样 sample	采样地点 sampling site	植被 vegetation	采样部位 sampling section	$w(<0.002$ 粘粒 clay)/%	w (有机质 organic matter)/%	pH	w (土壤养分全量 nutrient amount) /%			w (有效态养分 effective nutrient) /(mg·kg ⁻¹)		
							N	P	K	N	P	K
1	番禺新造	香蕉	0~20 cm	40	3.19	3.58	0.173	0.109	2.39	133.5	248.3	349.2
2	从化佐村	荔枝	20 cm 以下	12	0.78	4.54	0.042	0.02	0.48	51.35	17.72	42.98
3	东莞篁村	龙眼	20 cm 以下	34	1.23	4.32	0.067	0.016	1.06	67.97	1.31	23.33

1.2 方法

1.2.1 恒温培养试验 选择3种不同发育母质、不同理化性状、不同肥力水平的土样:土样1、土样2、土样3(表1).土样1取18份(6个处理,3个重复),土样2和土样3分别取21份(7个处理,3个重复),每份500 g,按表2方案将土壤与改良剂充分混匀后装进底部连有一香烟滤嘴的塑料杯中,然后把塑料杯放在盛有蒸馏水的盆中,让塑料杯底部的滤嘴接触水面,使土壤保持湿润状态,在25℃室温下培养,于培养20 d后取土壤晾干,用盐酸-氟化铵法测定土壤有效磷含量.

1.2.2 盆栽试验 上述3种土样,设2个对照:CK₁(不加肥料也不加改良剂)和CK₂(不加肥料加改良剂),3个磷肥水平,每一肥料水平各设改良剂与不施改良剂2个处理:PONK、P1NK、P2NK和PONK+M、P1NK+M、P2NK+M;5个重复(表3).将肥料、改良

剂与500 g土混匀后装进底部连有一香烟滤嘴的塑料杯中,然后把塑料杯放在盛有蒸馏水的盆中,让塑料杯底部的滤嘴接触水面,使土壤保持湿润,在玻璃网室内进行培养.

表2 室内培养试验改良剂加入量
Tab. 2 The amount of modifier in indoor soil incubation experiment
g·kg⁻¹

土样 sample	1	2	3	4	5	6	7
1	0.0	4.0	8.0	12.0	16.0	20.0	
2	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	8.0	12.0
3	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	8.0	12.0

盆栽试验的土壤培养于2000年9月28日开始,土壤培养的同时,玉米种子浸种并保湿催芽.土壤培养2 d后播种,每盆播种2粒,播种深度为1 cm左右,3 d齐苗后,间苗至每盆1棵苗,进行常规管理.

表3 盆栽试验中各处理的肥料加入量和改良剂加入量
Tab. 3 The amount of modifier in a greenhouse soil pot experiment
g·kg⁻¹

处理 treatment	土样1 sample 1				土样2 sample 2				土样3 sample 3			
	尿素 CO(NH ₂) ₂	过磷酸钙 Ca(H ₂ PO ₄) ₂	氯化钾 KCl	改良剂 modifier	尿素 CO(NH ₂) ₂	过磷酸钙 Ca(H ₂ PO ₄) ₂	氯化钾 KCl	改良剂 modifier	尿素 CO(NH ₂) ₂	过磷酸钙 Ca(H ₂ PO ₄) ₂	氯化钾 KCl	改良剂 modifier
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PONK	0.108 6	0	0.05	0	0.434 8	0	0.334	0	0.434 8	0	0.334	0
P1NK	0.108 6	0.5	0.05	0	0.434 8	1	0.334	0	0.434 8	1	0.334	0
P2NK	0.108 6	1	0.05	0	0.434 8	2	0.334	0	0.434 8	2	0.334	0
CK+M	0	0	0	8	0	0	0	1	0	0	0	3
PONK+M	0.108 6	0	0.05	8	0.434 8	0	0.334	1	0.434 8	0	0.334	3
P1NK+M	0.108 6	0.5	0.05	8	0.434 8	1	0.334	1	0.434 8	1	0.334	3
P2NK+M	0.108 6	1	0.05	8	0.434 8	2	0.334	1	0.434 8	2	0.334	3

10月17日收获,生育期18 d,收获后测定玉米植株地上部和根部磷含量。

2 结果与分析

2.1 改良剂对酸性土壤有效磷含量的影响

表4结果显示:改良剂影响土壤磷有效性,不同的土壤,其影响程度不同。土样1是采自沉积母质发育的果园耕层土壤,质地粘重[$w(\text{粘粒})$ 为40%],土壤有效N、P、K较高。土壤施入改良剂培养后,土壤有效磷含量变化与施入改良剂的量有关。施入改良剂0~8.0 g/kg时,土壤有效磷含量有增加的趋势,以施入改良剂8.0 g/kg土的处理效果最明显;施入改良剂12.0~20.0 g/kg时,有效磷含量又开始下降。

土样2为花岗岩母质果园底层土壤,质地较砂[$w(\text{粘粒})$ 为12%],有机质含量极低[$w(\text{有机质})$ 为0.78%],有效态养分含量不高。施入改良剂后,有效磷含量增加,有效磷含量增加量随着改良剂的施入量的增加而增加。土样3为砂页岩母质发育的果园底层土壤,有机质含量较低(w 为1.233%),有效磷含量极端缺乏(w 为1.31 mg·kg⁻¹)。施入改良剂后有效磷含量显著增加,效果非常明显。改良剂的施入导致土壤pH值提高。当铁、铝磷化合物的沉淀和溶解是控制水溶态磷含量的主要因素时,随着土壤pH值的增加,铁、铝化合物的溶解性增强,磷的有效性增加^[6]。有效磷含量的变化可能与土壤pH值的变化有关。

表 4 不同改良剂处理土壤培养 20 d 后有效磷含量与 pH 值¹⁾
Tab. 4 The available content of phosphorus and soil pH in different treatments after 20 days

处理 treatment	土样 1 sample1		土样 2 sample2		土样 3 sample3	
	$w(\text{P})/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$	pH	$w(\text{P})/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$	pH	$w(\text{P})/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$	pH
1	256.16±2.72d	3.87±0.03f	18.57±0.60e	4.76±0.14f	1.34±0.06g	4.41±0.07g
2	277.43±1.09b	4.46±0.24e	20.61±0.49e	6.11±0.07e	4.50±0.09f	4.86±0.03f
3	289.47±1.22a	5.59±0.05d	31.08±0.30d	6.55±0.08d	7.19±0.25e	5.46±0.02e
4	278.99±2.03b	6.39±0.10c	34.09±0.92d	7.28±0.01c	9.57±0.24d	6.03±0.01d
5	266.01±0.63c	6.65±0.05b	43.37±0.56c	7.44±0.04c	16.73±0.08c	6.48±0.03c
6	241.77±3.19e	6.83±0.05a	58.01±2.06b	8.02±0.01b	22.95±0.39b	7.40±0.02b
7			63.58±0.43a	8.29±0.02a	30.33±0.17a	7.69±0.05a

1) 表中数据为 3 次测定结果的平均值,同列数据后具相同字母的表示差异不显著(DMRT 法, $P>0.05$)

2.2 改良剂对玉米生长和磷吸收的影响

2.2.1 改良剂对玉米生物量的影响 表5结果表明,土样1在对照和P0、P1、P2施肥水平,施改良剂处理的玉米地上部干质量和整株干质量,都显著高于不施改良剂处理的;土样2和土样3在P1、P2施肥

水平,施改良剂处理的玉米地上部干质量和整株干质量,显著高于不施改良剂处理的;而对照和P0施肥水平,施改良剂处理的玉米地上部干质量和整株干质量,与不施改良剂的处理相比,虽然有一些差异,但效果不显著。

表 5 盆栽试验玉米的生物量¹⁾
Tab. 5 Corn biomass in pot experiment g·株⁻¹

处理 treatment	土样 1 sample1		土样 2 sample2		土样 3 sample3	
	地上部干质量	整株玉米干质量	地上部干质量	整株玉米干质量	地上部干质量	整株玉米干质量
	dry mass of shoot	dry mass of shoot and root	dry mass of shoot	dry mass of shoot and root	dry mass of shoot	dry mass of shoot and root
CK	1.05±0.11b	1.50±0.13b	0.31±0.03d	0.47±0.05c	0.22±0.02d	0.36±0.04d
CK+M	1.94±0.16a	2.30±0.16a	0.48±0.03cd	0.76±0.06c	0.42±0.04d	0.58±0.03d
P0NK	0.89±0.08b	1.23±0.12b	0.34±0.03d	0.51±0.08c	0.29±0.00d	0.40±0.01d
P0NK+M	1.99±0.05a	2.30±0.06a	0.35±0.02d	0.54±0.02c	0.34±0.02d	0.45±0.04d
P1NK	1.03±0.02b	1.39±0.03b	0.60±0.12c	0.71±0.14c	0.72±0.06c	0.91±0.10c
P1NK+M	2.06±0.10a	2.33±0.13a	1.69±0.14a	2.06±0.12a	1.15±0.16b	1.49±0.20b
P2NK	1.01±0.04b	1.31±0.06b	1.43±0.10b	1.67±0.14b	1.05±0.01b	1.18±0.02c
P2NK+M	1.85(0.18)a	2.11(0.23)a	1.59(0.02)a	1.87(0.03)ab	1.95(0.11)a	2.37(0.12)a

1) 表中数据为 3 次测定结果的平均值,同列数据后具相同字母的表示差异不显著(DMRT 法, $P>0.05$)

2.2.2 改良剂对玉米吸磷量的影响 表6的结果显示,不同的施磷水平,不同的土壤类型,加改良剂处理后,玉米植株对P的吸收量与不施改良剂的相比,有明显的增加趋势. 土样1效果最明显,与不施改良剂处理相比,施改良剂的CK和P0、P1、P2三种施P水平,单株玉米的吸P量均达显著水平. 土样2和土

样3, P1和P2水平,施改良剂与不施改良剂相比,单株玉米的吸P量有显著差异;CK和P0水平,施改良剂与不施改良剂相比,单株玉米的吸P量差异不显著. 说明改良剂施用后,不仅改善了土壤的理化性状,最关键的是促进了土壤磷的活化,促进了玉米对磷的吸收. 有利于提高玉米对磷的吸收利用效率.

表6 盆栽试验单株玉米吸磷量¹⁾
Tab. 6 phosphorus uptake of per plant

处理 treatment	土样1 sample1		土样2 sample2		土样3 sample3	
	地上部植株磷 $w(P)/\%$	吸磷量 P uptake $/(mg \cdot 株^{-1})$	地上部植株磷 $w(P)/\%$	吸磷量 P uptake $/(mg \cdot 株^{-1})$	地上部植株磷 $w(P)/\%$	吸磷量 P uptake $/(mg \cdot 株^{-1})$
CK	$0.25 \pm 0.04c$	$4.30 \pm 0.56c$	$0.15 \pm 0.01c$	$1.03 \pm 0.14d$	$0.14 \pm 0.01d$	$0.72 \pm 0.09d$
CK + M	$0.53 \pm 0.03b$	$11.51 \pm 0.56b$	$0.13 \pm 0.00c$	$1.88 \pm 0.15d$	$0.14 \pm 0.01d$	$1.17 \pm 0.06d$
P0NK	$0.31 \pm 0.02c$	$3.92 \pm 0.42c$	$0.15 \pm 0.02c$	$1.38 \pm 0.27d$	$0.14 \pm 0.00d$	$0.75 \pm 0.02d$
P0NK + M	$0.62 \pm 0.02a$	$13.39 \pm 0.31ab$	$0.16 \pm 0.01c$	$1.27 \pm 0.05d$	$0.14 \pm 0.00d$	$0.88 \pm 0.10d$
P1NK	$0.33 \pm 0.02c$	$4.79 \pm 0.32c$	$0.41 \pm 0.07b$	$3.11 \pm 0.27d$	$0.20 \pm 0.01c$	$2.15 \pm 0.24c$
P1NK + M	$0.68 \pm 0.06a$	$14.94 \pm 1.28a$	$0.32 \pm 0.02b$	$7.36 \pm 0.72c$	$0.22 \pm 0.03c$	$3.74 \pm 0.73b$
P2NK	$0.30 \pm 0.02c$	$3.84 \pm 0.14c$	$0.68 \pm 0.16a$	$11.44 \pm 1.48b$	$0.31 \pm 0.01a$	$3.90 \pm 0.04b$
P2NK + M	$0.66 \pm 0.09a$	$12.80 \pm 1.76ab$	$0.76 \pm 0.05a$	$14.17 \pm 0.69a$	$0.28 \pm 0.03b$	$7.12 \pm 0.15a$

1) 表中数据为3次测定结果的平均值,同列数据后具相同字母的表示差异不显著(DMRT法, $P > 0.05$)

3 结论

(1)恒温培养试验的结果表明,改良剂施入土壤后,提高了土壤中磷的有效性,土壤中有效磷的含量明显增加. 土壤pH值是土壤磷吸附的主要影响因素,在低pH值时,铁、铝氧化物的活度增大,而且磷酸根离子置换出来的 OH^- 可以很快被中和,且随着pH值降低,土壤阴离子交换吸附的能力增强^[6]. 改良剂施入后,提高了土壤的pH值,降低了土壤中交换性 H^+ 和 Al^{3+} 含量^[7],减少了磷的吸附,促进了磷的有效化.

(2)不同的土壤,由于其肥力水平和理化性状的不同,其影响程度不同. 土样1以施入改良剂8.0 g/kg土效果最佳;土样2和土样3施入改良剂1.0~12.0 g/kg土,有效磷含量都有增加的趋势. 改良剂对土壤的改良,是通过改善土壤的理化性状,从而提高土壤养分的有效性,改良剂最佳施用量的选择还有待于进一步的研究.

(3)盆栽试验的结果显示,改良剂的施用,玉米对磷的吸收和生长产生一定的影响. 在土壤全磷量较低时,施改良剂后,玉米吸磷量和生物量变化都不明显. 在土壤本底全磷含量较高或者是施入磷肥的情况下,施入改良剂后明显地促进玉米对磷的吸收,玉米生长表现出明显优势.

(4)盆栽试验的结果显示,改良剂的施用,促进了当季作物对磷的吸收,有利于提高磷的吸收利用效率.

参考文献:

- [1] Van DER ZEE S E A T M, Van RIEMSDIJK, W H. Model for long term phosphate reaction kinetics in soil[J]. J Environ Qual, 1988, 17: 35 - 41.
- [2] YUAN G, LAVKULICH L M. Phosphate sorption in relation to extractable iron and aluminum in spodosols soil[J]. sci soc Am J, 1994, 58: 343 - 346.
- [3] BORGGARD O K, JORGESEN S S, MOBERG J P, et al., Influence of organic matter on phosphate adsorption by aluminum and iron oxides in sandy soils[J]. J Soil Sci, 1990, 41: 443 - 449.
- [4] LOGANATHAN P, ISIRIMAH N O, NWACHUKU D A. Phosphate sorption by Ultisols and inceptisols of the Nigerian Delta in southern Nigeria[J]. Soil Sci, 1987, 144: 330 - 338.
- [5] 龚子同, 史学正. 我国热带亚热带土壤合理利用和土壤退化的防治[A]. 龚子同. 土壤生态研究(第1卷)[C]. 北京: 科学出版社, 1992. 52 - 69.
- [6] 王敬国. 植物营养的土壤化学[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1995. 92 - 103.
- [7] 郭和蓉. 营养型土壤改良剂对酸性土壤改良机理的研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2001.

【责任编辑 周志红】