

砖红壤磷的有效性及其与土壤 化学元素关系研究*

卢 瑛 卢维盛 刘远金 廖宗文

(华南农业大学资源环境学院, 广州, 510642)

摘要 研究了玄武岩和浅海沉积物发育的砖红壤磷的有效性及其与土壤化学元素关系。结果表明:浅海沉积物发育砖红壤磷的有效性显著高于玄武岩发育砖红壤;砖红壤磷有效性低的主要原因是土壤活性铝、铁、锰含量高,另外与土壤中不同形态无机磷占无机磷比例有关。因此,提高土壤中 Al-P 占无机磷的比例和降低铝、铁、锰的活性是提高砖红壤磷有效性的主要措施。

关键词 砖红壤;磷有效性;Al;Fe;Mn

中图分类号 S 158.3

砖红壤是我国热带地区的地带性土壤,该区自然条件优越,是发展热带生物资源的重要基地。但由于砖红壤磷的有效性低,严重制约该地区农业生产力的提高,如何提高砖红壤磷的有效性,是农业可持续发展中迫切需要解决的问题。本文通过对玄武岩和浅海沉积物发育砖红壤及其生长甘蔗叶片进行试验研究,分析它们之间磷的有效性差异以及磷有效性与土壤中无机磷形态和活性 Al、Fe、Mn、Si 和交换 Ca 之间的关系,从而揭示影响砖红壤磷有效性的主要原因,为有效提高砖红壤磷的有效性提供科学依据,为指导农业生产实践服务。

1 材料与方 法

供试土壤为广东省遂溪县前进农场甘蔗地的砖红壤,成土母质为玄武岩和浅海沉积物,每种母质发育的砖红壤各取 3 块有代表性地块耕层(0~20 cm)土样,同时取各地块上生长的甘蔗叶片(自上至下第 3 片成熟叶片)样品。甘蔗品种为 79177,取样时间为 6 月中旬。

土壤样品测定方法:pH、有机质、全氮、碱解氮、全磷、速效磷、全钾、速效钾、无机磷分级——常规法(南京农业大学主编,1990);土壤活性铁、铝、锰、硅(中科院南京土壤研究所,1978)用酸性草酸-草酸铵(pH 3.2)溶液制成待测液,活性硅——硅钼蓝比色法,活性铁、锰——原子吸收光谱法,活性铝——氟化钾取代,EDTA 容量法;交换性钙(南京农业大学主编,1990)——1 mol/L NH₄OAc 交换淋洗,原子吸收光谱法。

植株样品测定(中科院南京土壤研究所,1978):用三酸(HNO₃-H₂SO₄-HClO₄)混合消化,制成待测液,硅——重量法,磷——钒钼黄比色法,铁、锰、钙——原子吸收光谱法,铝——铝试剂比色法。

1998-11-27 收稿 卢 瑛,男,32 岁,讲师,现为中国科学院南京土壤研究所博士生

* 华南农业大学校长基金资助项目

2 结果与分析

2.1 土壤的基本化学性质及磷的有效性分析

结果表明(表 1),玄武岩发育的砖红壤 $\text{pH} < 5.0$,酸性强,而浅海沉积物发育的砖红壤 $\text{pH} > 5.0$.玄武岩发育砖红壤有机质、全氮、全磷、碱解氮、速效钾较浅海沉积物发育砖红壤分别高出 66.5%、60.5%、71.8%、26.4%、98.7%;而全钾、速效磷则是浅海沉积物发育砖红壤分别高出 39.1%和 48.1%. t 检验测定,它们之间的差异均达到显著或极显著水平.甘蔗叶片中磷吸收量,生长在浅海沉积物发育砖红壤上较玄武岩母质砖红壤平均增加 17.2%(表 2), t 检验值达到显著水平.从而可以得出虽然浅海沉积物发育砖红壤中全磷含量低于玄武岩发育砖红壤,但其磷的有效性(包括化学有效性及生物学有效性)显著高于玄武岩发育砖红壤.对一般土壤来说土壤有效磷含量与有机质呈很好的正相关,然而玄武岩发育砖红壤有机质含量显著高于浅海沉积物砖红壤,而有效磷含量却显著低于浅海沉积物砖红壤,这表明有其它机制在影响着砖红壤磷的有效性.

表 1 供试土壤基本化学性质¹⁾

样号	母质	pH (H_2O)	$w/(\text{g}\cdot\text{kg}^{-1})$				$w/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$		
			有机质	全氮	全磷	全钾	碱解氮	速效磷	速效钾
1	玄武岩	4.79	17.8	1.06	0.63	2.10	124.0	10.4	278.0
2	玄武岩	4.55	27.1	1.28	0.77	1.42	123.2	10.8	165.7
3	玄武岩	4.89	28.9	1.33	0.62	1.70	167.8	10.0	208.6
4	浅海沉积物	5.08	16.9	0.61	0.39	2.55	132.3	14.6	145.8
5	浅海沉积物	5.06	14.5	0.68	0.35	2.44	96.0	14.0	89.6
6	浅海沉积物	5.03	13.1	1.00	0.43	2.27	99.8	17.5	92.9

1)磷、钾均为元素形式表示

表 2 甘蔗叶片磷、铝、铁、锰、硅、钙含量¹⁾

样号	$w(\text{磷})$	$w(\text{铝})$	$w(\text{铁})$	$w(\text{锰})$	$w(\text{硅})$	$w(\text{钙})$
	$/(\text{g}\cdot\text{kg}^{-1})$	$/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$	$/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$	$/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$	$/(\text{g}\cdot\text{kg}^{-1})$	$/(\text{g}\cdot\text{kg}^{-1})$
1	2.09	154.3	177.6	338.8	10.8	6.3
2	2.07	145.4	194.7	483.4	9.8	7.4
3	1.93	162.3	207.8	496.3	9.5	9.4
4	2.27	124.8	105.5	67.2	6.7	5.3
5	2.37	109.3	94.1	51.2	3.4	4.9
6	2.49	104.9	107.2	77.2	3.9	6.0

1)植株样号与土壤样号相对应,磷、铝、铁、锰、硅、钙均为元素形式表示

无机磷的分级结果表明(表 3),Al-P、Fe-P、O-P、Ca-P 占无机磷总量的比例的平均值,玄武岩发育砖红壤分别为 7.0%、23.3%、66.1%和 3.6%,浅海沉积物发育砖红壤分别为 10.6%、14.2%、72.4%和 2.8%. t 检验结果表明,除 Ca-P 外,Al-P、Fe-P 和 O-P 占无机磷总量的比例在 2 种不同母质的砖红壤中差异达极显著水平.因此不同形态无机磷占无机磷比例的差异导致 2 种不同母质砖红壤磷有效性不同,提高有效性最高的 Al-P 占无机磷的比例,可提高砖红壤磷

的有效性。

表3 土壤无机磷的分级¹⁾

样号	母质	Al-P		Fe-P		O-P		Ca-P		无机磷总量	
		<i>w</i>	比例	<i>w</i>	比例	<i>w</i>	比例	<i>w</i>	比例	<i>w</i>	比例
		/(mg·kg ⁻¹)/%		/(mg·kg ⁻¹)/%		/(mg·kg ⁻¹)/%		/(mg·kg ⁻¹)/%		/(mg·kg ⁻¹)/%	
1	玄武岩	16.6	5.8	70.8	24.7	190.6	66.4	9.0	3.1	287.0	100
2	玄武岩	23.4	7.9	68.2	23.1	192.4	65.2	11.2	3.8	295.2	100
3	玄武岩	21.2	7.2	65.4	22.1	197.2	66.6	12.2	4.1	296.0	100
4	浅海沉积物	20.6	10.1	28.2	13.9	147.8	72.8	6.4	3.2	203.0	100
5	浅海沉积物	19.8	10.3	27.2	14.2	139.8	73.0	4.6	2.4	191.4	100
6	浅海沉积物	23.6	11.3	30.0	14.4	149.0	71.4	6.0	2.9	208.6	100

1) 比例分别为土壤 Al-P、Fe-P、O-P、Ca-P 占土壤无机磷总量的百分数

2.2 磷的有效性与活性铝、铁、锰关系

表4显示,玄武岩发育的砖红壤活性铝、铁、锰含量显著高于浅海沉积物发育砖红壤,分别高出86.3、3.88倍和72.5倍;甘蔗叶片中铝、铁、锰吸收含量(表2)同样表现出生长在玄武岩发育砖红壤上显著高于浅海沉积物发育砖红壤,分别高出36.3%、89.1%和5.74倍。这表明一方面土壤中活性铝、铁、锰含量高增强了对磷的固定,土壤有效磷含量降低;另一方面植株吸收铝、铁、锰量增加抑制了对磷的吸收,植株中磷含量降低。有研究表明(王家玉,1992),在酸性土壤中,活性Al³⁺通过水解缩合反应形成Al-OH⁺,它们可以直接吸附H₂PO₄⁻,从而降低土壤中磷的有效性,铁、锰通过吸附和固定机制降低土壤中磷的有效性。值得注意的是玄武岩发育砖红壤活性铁含量与浅海沉积物发育砖红壤之比值为4.88倍,而活性锰之比值为73.5倍,这说明Mn对磷的有效性降低起了很大作用,与前人的研究结果相一致(廖宗文,1996a,1996b)。因此降低砖红壤中活性铝、铁、锰含量是提高土壤磷有效性措施之一。

表4 土壤活性铝、铁、锰、硅和交换性钙含量¹⁾

样号	母质	<i>w</i> (活性铝)	<i>w</i> (活性铁)	<i>w</i> (活性锰)	<i>w</i> (活性硅)	<i>b</i> (交换性钙)
		/(g·kg ⁻¹)		/(g·kg ⁻¹)		/(cmol·kg ⁻¹)
1	玄武岩	3.65	2.04	1.018	0.135	1.08
2	玄武岩	3.18	2.58	1.008	0.125	0.71
3	玄武岩	3.33	2.56	1.062	0.136	1.03
4	浅海沉积物	2.12	0.44	0.009	0.051	0.63
5	浅海沉积物	1.64	0.39	0.014	0.052	0.66
6	浅海沉积物	1.69	0.64	0.018	0.045	0.82

1) 活性铝、铁、锰、硅和交换性钙均以元素表示

2.3 磷的有效性与活性硅、交换性钙的关系

与铁、铝、锰等抑制磷有效性相反,Si对磷有效性有促进作用,且对Fe、Al、Mn有一定抑制作用,更能促进土壤磷活化,在酸性土壤中钙对Fe、Al、Mn也有抑制作用。因而在一定范围内对磷活化有一定促进作用(廖宗文等,1996b)。本试验结果表明(表2、4),玄武岩发育砖红壤活性硅、交换性钙与浅海沉积物发育砖红壤相比分别高出169.4%、34.3%,相对应甘蔗叶片中硅、钙吸收量分别高出112.8%和42.6%。t检验结果是不同母质砖红壤活性硅及其生长甘蔗

叶片硅差异达极显著水平,而土壤交换性钙及甘蔗叶片中钙差异不显著。对Fe、Mn有抑制作用的Si、Ca,虽然在玄武岩母质砖红壤中高于浅海沉积物母质,但远不及活性铁、锰差异,因此铁、锰对磷有效性的影响起主导作用。

3 结论

(1)玄武岩发育砖红壤磷的有效性低于浅海沉积物发育砖红壤。

(2)2种母质发育砖红壤磷的有效性差异,一方面是由于不同形态无机磷占无机磷比例的差异;另一方面是由于土壤中活性铁、铝、锰强烈吸附与固定起主导作用,能提高磷有效性、抑制铁、铝、锰活性的有机质、活性硅与交换性钙的作用在砖红壤中受到严重抑制。

(3)在研究砖红壤磷有效性时,应注意分析不同形态无机磷占无机磷比例及土壤中Fe、Al、Mn、Si、Ca的影响,通过提高Al-P占无机磷的比例和抑制Al、Fe、Mn活性来提高土壤磷的有效性。

参 考 文 献

- 中国科学院南京土壤研究所. 1978. 土壤理化分析. 上海:上海科技出版社, 283~286, 360~374
王家玉. 1992. 植物营养元素交互作用研究. 土壤学进展, 20(2): 1~10
南京农业大学主编. 1990. 土壤农化分析. 北京:农业出版社, 29~107
廖宗文, 卢其明. 1996a. 锰、铁、铝对磷的固定作用的比较研究初报. 华南农业大学学报, 17(2): 117~118
廖宗文, 林东教, 王建林. 1996b. 红壤磷肥有效性差异及其土壤化学特点的初步研究. 华南农业大学学报, 17(1): 67~71

A Study on Phosphorus Availability and Its Relationship to Chemical Elements in Latosols

Lu Ying Lu Weisheng Liu Yuanjin Liao Zongwen

(College of Natural Resources & Environment, South China Agric. Univ., Guangzhou, 510642)

Abstract Phosphorus availabilities in latosols derived from basalt and shallow-sea deposit and their relationship to soil chemical elements were studied in this paper. Results show that P availability in latosol derived from shallow-sea deposit is higher than that in latosol derived from basalt. The different ratios of various inorganic P forms to total inorganic P and contents of active Al, Fe and Mn account for the difference of P availability in latosol, increasing the ratio of Al-P to inorganic P and decreasing activity of Al, Fe and Mn in latosol are major means of improving P availability.

Key words latosol; P availability; Al; Fe; Mn

【责任编辑 李玲】