

不同肥力红壤及其复合体无机磷分布特征

甘海华 卢 瑛 戴 军

(华南农业大学资源环境学院, 广州, 510642)

摘要 试验采自江西省临川县第四纪红色粘土发育的红壤为样品进行研究表明: 红壤及其复合体中 O—P, Al—P, Ca—P, Fe—P 的质量分数在同一粒径的复合体随肥力水平提高而增加, 同一土壤中不同粒径的复合体 4 种不同形态无机磷质量分数随粒径增大而减小. 红壤中不同形态无机磷主要存在于 $<2\mu\text{m}$ 的复合体中, 随着粒径增大, 其质量分数迅速减少. 培肥土壤, 可以迅速增加 Al—P 的质量分数, 增加作物磷的供应.

关键词 红壤; 复合体; 无机磷形态
 中图分类号 S158

植物所吸收的磷主要来自于无机磷, 不同形态的无机磷对植物的有效性是不同的, 在不同肥力的红壤中各种形态的无机磷所占的比例是不同的, 研究不同肥力红壤及其复合体中无机磷的分布规律, 对于培肥土壤, 提高土壤磷的有效性意义重大.

1 材料与方法

土样为江西省临川县第四纪红色粘土发育的不同肥力红壤, 采样深度为 0 ~ 20 cm, 其基本理化性状见表 1.

土壤复合体的提取: 称取 50 g 过 1 mm 筛的土样, 加 500 mL 去离子水浸泡过夜后, 用 CFS—1A 超声波发生器在 21.5 kHz, 300 mA 下超声 30 min 后转到高型烧杯中, 加水配制成质量浓度为 40 g/L 的悬液, 用沉降法分离.

表 1 土壤基本理化性状

肥力水平	pH	$w / (\text{g} \cdot \text{kg}^{-1})$			$w / (\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1})$	
		有机碳	全磷	全氮	碱解氮	速效磷
荒地红壤 I	3.78	1.69	0.171	0.354	0.213	0.7
低肥红壤 II	3.81	7.79	0.314	0.901	0.666	5.3
高肥红壤 III	4.30	17.12	0.916	1.951	1.629	45.2

无机磷的分级用张守敬—Jackson 方法; 全磷用高氯酸硫酸熔化, 钼锑抗比色法; 速效磷用 0.003 mol/L NH_4F —0.025 mol/L HCl 浸提法; pH 的测定用 1 mol/L 的 KCl 提取后测定.

2 结果与分析

按照张守敬—Jackson 法将红壤及其复合体中无机磷分成 4 种形态, 即磷酸铝(Al—P), 磷酸钙(Ca—P), 磷酸铁(Fe—P)和闭蓄态磷酸盐(O—P). 各种形态的无机磷在红壤及其复合体中分布是不同的.

2.1 不同肥力红壤无机磷的分布

由表 2 可知, 红壤中 Al—P 的质量分数是随着土壤肥力水平的提高而成倍增大, 例如荒

地, 低肥红壤 Al—P 的质量分数分别只有 0.44, 1.96 $\mu\text{g/g}$, 而高肥红壤 Al—P 的质量分数则剧增到 136.5 $\mu\text{g/g}$. 红壤 Fe—P, Ca—P 的质量分数随土壤肥力水平的提高而迅速增大. 土壤 O—P 的质量分数在荒地, 低肥红壤只有 51.8, 64.3 $\mu\text{g/g}$. 而在高肥红壤则增大到 113.2 $\mu\text{g/g}$.

表 2 不同肥力红壤无机磷的分级

肥力水平	Al—P		Fe—P		O—P		Ca—P		无机磷总量	
	<i>w</i>	比例 ¹⁾	<i>w</i>	比例 ¹⁾	<i>w</i>	比例 ¹⁾	<i>w</i>	比例 ¹⁾	<i>w</i>	比例 ¹⁾
	/ $(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$	/%	/ $(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$	/%	/ $(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$	/%	/ $(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$	/%	/ $(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$	/%
荒地红壤 I	0.44	0.6	15.9	21.3	51.8	69.3	6.7	8.9	74.8	100
低肥水平 II	1.96	1.4	59.4	41.1	64.2	44.4	18.9	13.1	144.5	100
高肥水平 III	136.5	31.5	149.1	34.4	113.2	26.1	34.6	8.0	433.4	100

1) 比例分别为土壤 Al—P、Fe—P、O—P、Ca—P 无机磷与土壤无机磷总量的百分比

土壤 Al—P 的质量分数占土壤无机磷总量的比例随土壤肥力的提高迅速增大, 土壤 Fe—P 也有增加的趋势, 土壤 O—P 的质量分数占土壤无机磷总量的比例随土壤肥力水平的提高而减少, Ca—P 在不同肥力的土壤中质量分数变化不大, 大致在 10% 左右. 这说明提高土壤肥力可以提高土壤无机磷的质量分数, 特别是 Al—P 和 Fe—P 的质量分数和比例.

2.2 不同肥力红壤复合体无机磷的分布

从表 3 可以看出, 同一粒径复合体中 4 种形态的无机磷质量分数随着肥力水平的提高而增大, 但增大的速率是不同的. 例如 1 μm 粒级的复合体中, 荒地, 低肥土壤复合体的 Al—P 质量分数很少, 分别只有 0.0 和 2.5 $\mu\text{g/g}$, 而高肥土壤 Al—P 质量分数则剧增到 268.1 $\mu\text{g/g}$; 同一粒径复合体 Fe—P 的质量分数则随土壤肥力的提高而成倍增加, 如 < 1 μm 粒级的复合体中荒地, 低肥, 高肥红壤复合体的 Fe—P 质量分数分别为 39.4, 136.1, 401.7 $\mu\text{g/g}$; 同一粒径复合体中 O—P 在高肥, 低肥, 荒地红壤中的比例随复合体粒级的增大, 其增大的速率呈下降趋势; Ca—P 的质量分数在同一粒级的低肥和荒地红壤复合体中大致相近, 但高肥复合体的质量分数迅速增加.

各级复合体中 Al—P, Fe—P, O—P 和 Ca—P 的质量分数占其相应粒级复合体中无机磷总量的比例以 Fe—P 和 O—P 质量分数最多, 其次是 Ca—P, Al—P (如表 3). 不论是荒地红壤还是高肥红壤, 复合体中 Fe—P 的比例随着复合体粒级的增大都有下降的趋势; 而复合体中 O—P 的比例则随粒级的增大而增大; 复合体中 Ca—P 的比例随粒级的变化不大, 保持在 10% 左右 (除荒地红壤复合体 < 1 μm , 1 ~ 2 μm 两个粒级外); Al—P 的比例在荒地红壤和低肥红壤复合体中只有 0.0% ~ 2.8%, 而高肥红壤复合体中则高达 15.6% ~ 26.3%.

2.3 不同形态无机磷的积累及其有效性

红壤复合体中不同形态无机磷主要积累于粒级细小部分, 随着复合体粒级的增大, 质量分数迅速减少. 如图 1 所示, Al—P 在高肥红壤 < 5 μm 粒级复合体中积累量大, 低肥和荒地中积累少, 这是由于高肥土壤施用的磷肥多, 土壤熟化程度高, 而磷肥施用土壤后首先转化为 Al—P. 据研究, 4 种形态无机磷以 Al—P 对植物的有效性最大, 这也说明了高肥红壤供磷充足的原因. Fe—P 以高肥和低肥红壤 < 2 μm 粒级复合体中积累为多, 荒地红壤细粒部分积累少 (图 2).

在中性和酸性土壤中, Fe—P 可以看作潜在性磷源, 因此在低肥土壤中, Fe—P 可以看作植物磷素来源之一, 但在高肥红壤复合体中由于 Al—P 积累多, 有效性大, 因此 Al—P 对植物磷素供应起主要作用; 在荒地红壤复合体由于 Al—P 积累少, 质量分数低, 故土壤有效磷供应严重不足.

表 3 不同肥力红壤复合体无机磷的分级

肥力名称	粒径/ μm	Al-P		Fe-P		O-P		Ca-P		无机磷总量	
		w	比例 ¹⁾	w	比例 ¹⁾	w	比例	w	比例 ¹⁾	w	比例 ¹⁾
		$/(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$	$/\%$	$/(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$	$/\%$	$/(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$	$/\%$	$/(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$	$/\%$	$/(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$	$/\%$
荒地	<1	0.0	0.0	39.4	28.4	69.3	49.6	31.0	22.2	139.7	100
地	$1\sim2$	0.0	0.0	38.0	38.0	43.3	43.3	18.8	18.8	100.1	100
红	$2\sim5$	0.0	0.0	16.5	25.4	43.9	67.3	4.5	6.9	64.9	100
壤	$5\sim10$	0.3	0.9	6.1	16.7	27.6	75.6	2.5	6.8	36.5	100
I	$10\sim50$	0.3	1.6	0.0	0.0	27.7	88.7	3.0	9.6	31.2	100
低肥	<1	2.5	0.8	136.1	44.7	137.5	45.2	28.1	9.2	304.2	100
	$1\sim2$	2.0	1.2	88.0	50.0	78.7	44.8	7.0	4.0	175.7	100
红	$2\sim5$	1.0	0.9	50.7	46.4	52.1	47.7	5.4	4.9	109.2	100
壤	$5\sim10$	0.9	1.3	27.8	38.6	36.0	49.9	7.4	10.3	72.1	100
II	$10\sim50$	1.2	2.8	7.6	17.5	30.9	71.2	3.7	8.5	43.4	100
高肥	<1	268.1	24.4	401.7	36.5	313.2	28.5	117.1	10.6	1100.1	100
	$1\sim2$	153.1	26.0	205.8	35.0	186.7	31.7	42.5	7.2	588.1	100
红	$2\sim5$	94.7	26.3	132.1	36.7	102.2	28.4	31.1	8.6	360.1	100
壤	$5\sim10$	36.1	18.6	76.5	39.4	68.8	35.4	13.2	6.4	194.6	100
III	$10\sim50$	14.4	15.6	22.6	24.5	48.8	52.9	6.4	6.9	92.2	100

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

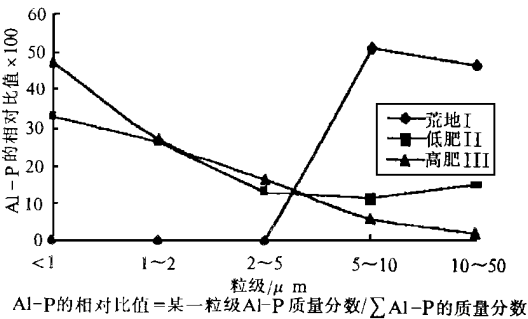


图 1 不同肥力红壤复合体 Al-P 的相对比值

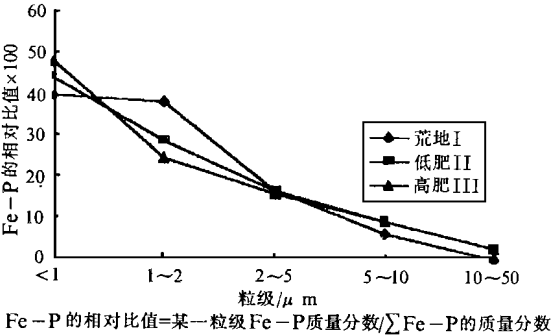


图 2 不同肥力红壤复合体 Fe-P 的相对比值

由图 3 可知, 土壤复合体中 O-P 的相对比值随着土壤肥力水平的提高复合体中 O-P 相对比值随之增加, 也就是说随着土壤肥力的提高 O-P 积累越多, 这可能是由于随着施肥水平的提高, 相应地 Fe-P、Al-P 转化成 O-P 的量也随着增加所致. 在同一土壤中, 随着复合体的粒级的增大则复合体中 O-P 积累减少, 即复合体中 O-P 主要集中在细粒部分($<2\mu\text{m}$ 粒级的复合体中). 据研究, 酸性和中性旱地土壤中, O-P 对植物基本无效.

Ca-P 在 1, $1\sim2\mu\text{m}$ 粒级的复合体中积累明显, 在不同肥力水平的同一粒级复合体中高肥土壤积累明显, 其它差异不显著(图 4). 由于在酸性和中性土壤中 Ca-P 所占的比例小, 尽管其对植物有效性大, 但对土壤有效磷供应作用不大.

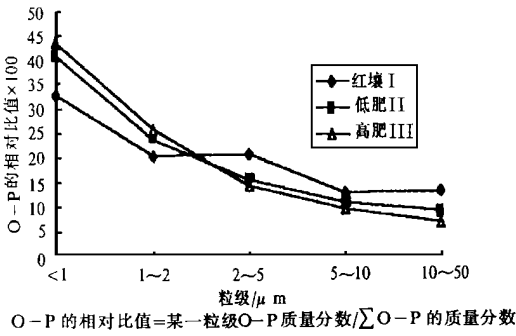


图 3 不同肥力红壤复合体 O-P 的相对比值

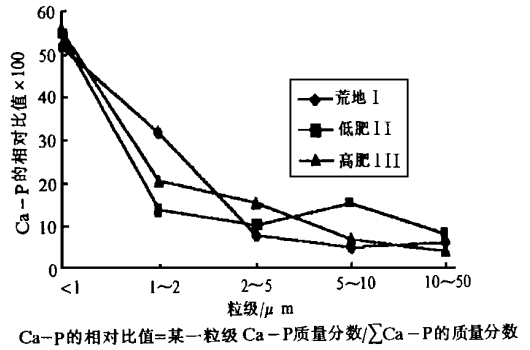


图 4 不同肥力红壤复合体 Ca-P 的相对比值

3 结论

(1) 红壤及其复合体中 Al-P, Ca-P, Fe-P 和 O-P 的质量分数在同一粒级的复合体中随着肥力水平的提高而增加; 同一土壤的不同粒级复合体上述 4 种形态无机磷质量分数则随复合体粒级增大而减少. Fe-P 和 O-P 在各级土壤复合体中质量分数占土壤复合体无机磷大部分, 二者之和达 65% 以上, Al-P 的质量分数则随肥力增大而所占的比例迅速提高, Ca-P 比例变化不大. (2) 红壤复合体中不同形态无机磷主要存在于 $< 2 \mu\text{m}$ 粒级复合体中, 并随着粒级增大, 其质量分数迅速减少. (3) 培肥土壤, 提高土壤肥力, 可以迅速增加红壤复合体 Al-P 和 Fe-P 质量分数, 改善土壤的磷素营养状况.

参 考 文 献

- 邱凤琼, 党连超. 1983. 棕壤磷的有效度与微团聚体中磷的相关性研究. 土壤通报, (3): 6~9
张守敬. 1982. 水稻土中磷的有效性及其测定. 土壤, 14(4): 152~154
顾益初, 蒋柏藩, 鲁如坤. 1984. 风化对土壤粒级中磷素形态转化及其有效性的影响. 土壤学报, 21(2): 134~143
Taylor A W, Gurmey E L. 1963. Potassium and ammonium taranakities, amorphous alaminum phosphate and variscite as sources of phosphate for plants. Soil Sci Soc Amer Proc, 27: 148~151

DISTRIBUTION OF THE INORGANIC PHOSPHATES IN DIFFERENT FERTILITY RED SOILS AND THEIR COMPLEXES

Gan Haihua Lu Ying Dai Jun

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

Abstract

Complexes in various size fractions from different fertility red soils were obtained from Quaternary red clay in Linchuan, Jiangxi. The results of analysis are summarized as follows: with increase in fertility of the red soils, the amount of O-P, Al-P, Fe-P and Ca-P in the soils and their complexes of the same particle size decreased. The inorganic phosphates involved were mainly of the size $< 5 \mu\text{m}$. Their amount decreased rapidly, when the particle size in the complexes increased. Increasing the fertility of red soils may rapidly augment the amount of Al-P, and improve the supply of phosphate for plants.

Key words red soil; complex; inorganic phosphate

【责任编辑 李 玲】