

石灰性土壤中粘粒在固磷作用中的地位

李祖荫 刘军 孔晓玲

(西北农学院土壤农化系)

石灰性土壤具有显著的固磷作用,这是一般所公认的。但是,关于它的固磷基质问题,至今仍然存在着不同的看法。有的认为,影响可溶性磷固定的离子主要为 Ca^{++} ^[1];有的认为,在石灰性土壤中固定磷的主要是 CaCO_3 ^[2];也有的认为是土壤溶液中的 Ca^{++} 、 Mg^{++} 及固相 CaCO_3 ^[3];还有的把石灰性土壤的一个类型——塋土的粘化层的固磷基质主要看作粘粒,而把黄土母质层的固磷基质主要看作 CaCO_3 ^[4]。

关于石灰性土壤中 CaCO_3 在固磷作用中的地位,我们曾进行过初步研究 ^[5]。研究表明,固相 CaCO_3 并不是石灰性土壤中直接参与固磷作用的主要基质。试验中发现,物理性粘粒含量与固磷百分率之间的相关性达到了极显著的标准。这就启示我们,粘粒有可能是石灰性土壤的固相物质中直接参与固磷作用的主要基质。为了探讨这一问题,我们以武功头道原塋土与渭河滩地的潮土为试样(供试样品的基本性状见表1),进行了一些试验。现将试验结果整理如下。

表1 供试土样的主要理化性状

土 壤	层 次	腐殖质 (%)	全磷 (P_2O_5) (%)	速效磷* (P_2O_5 ppm)	CaCO_3 (%)	pH (水提)	质 地
塋 土	耕作层	1.233	0.1413	7	8.18	8.2	中 壤
	粘化层	0.604	0.0996	4	0.32	8.0	重 壤
	母质层	0.477	0.1397	23	13.64	8.5	轻 壤
潮 土	耕作层	0.348	0.1335	8	8.22	8.6	砂 壤

注: 腐殖质测定采用丘林法;全磷测定用 $\text{HClO}_4-\text{H}_2\text{SO}_4$ 法;速效磷测定采用 Oslen 法; CaCO_3 测定用气量法;pH值采用雷磁25型酸度计测定,土水比为1:2.5;质地的鉴定为手摸法。

* 塋土样品采自一天然土壕壁上,耕层速效磷含量很低,母质层速效磷含量何以很高,其原因有待探讨。

一、各粒级土粒的分离提取

研究粘粒的固磷作用,最好与粉粒、砂粒相互比较,这样才便于说明问题。为此,我们把土粒分成六级(<0.001 , $0.001-0.005$, $0.005-0.01$, $0.01-0.05$, 0.05

本文有关生物统计方面,得到农化组肖俊璋同志帮助,特此致谢。

—0.1, 0.1—1.0mm)。分离提取的方法,基本上是按照 H. И. Горбунов 所推荐的淘洗法进行的(只是把 HCl 的浓度降为 0.1N)^[6]。即先用 0.1N HCl,后用 0.05N HCl 分次反复处理土壤样品,破坏其中的 CaCO₃,并借助倾泻的方法除去 Ca⁺⁺,直至稳定胶溶出现后,再倒入高 20cm,直径 15cm 的分离缸中,开始各粒级的淘洗。分离提取的原理与机械分析相同;分离提取的顺序是从小到大,逐级进行。

分离提取出来的粘粒级悬液,是采用 CaCl₂ 进行絮凝沉淀的。沉淀用蒸馏水洗涤多次以后,再倒入浅搪瓷盘中。在室温下,令其自然风干。为了保持试验条件的一致性,其它各粒级悬液,也按相同的比例加入了 CaCl₂。最细的两级土粒(<0.001, 0.005—0.005mm)风干之后,于玛瑙研钵中研细过筛(通过 0.25mm 筛孔)。其余各较粗粒级的土粒,风干后轻轻加压,即行粉碎。

各级土粒的分离提取工作,前后进行了五十日之久。现根据各级土粒所分离提取出来的实际数量,计算其百分组成如表 2。

表 2 壤土不同层次各粒级的百分含量(%)

层 次	<0.001	0.001—0.005	0.005—0.01	0.01—0.05	0.05—0.1	0.1—1.0
耕作层	21.5	15.6	12.4	44.1	6.3	0.1
粘化层	35.4	14.5	10.0	35.8	4.2	微量
母质层	23.0	11.9	11.1	51.8	2.1	微量

表 2 说明:壤土的三个不同层次中,粗粉粒(0.01—0.05mm)的含量居于首位,其次则是机械粘粒(<0.001mm),细砂粒(0.05—0.1mm)含量很少,0.1—1.0mm 的颗粒含量更是微乎其微了。

二、用稀盐酸处理土样对固磷能力的影响

要研究石灰性土壤中不同粒级的固磷作用,必须首先把他们分离提取出来。为此,就不可避免的要稀酸处理土样,破坏 CaCO₃、洗除 Ca 离子,使土粒得到充分的分散。那么,用稀盐酸处理土样,对固磷能力有无影响、影响多大?这是首先必须明确的。为了查明这一问题、进行了如下试验:

称取供试样品各 50 克,根据其中 CaCO₃ 含量的多少,分别加入不同数量的 0.1N HCl(具体数量见表 3)以减少其中的 CaCO₃。然后,在布氏漏斗上抽气过滤,用蒸馏水洗至无 Cl⁻ 为止。风干后磨细过筛(通过 1mm 筛孔),测定其固磷能力。

固磷能力测定的具体方法是:称取风干样品 5.00 克,置于烧杯中,加入含 P₂O₅ 100 ppm 的 KH₂PO₄ 水溶液 10ml,摇匀。在室温下,放置 72 小时后,用 Olsen 法比色测定速效磷含量。根据 P₂O₅ 的加入量与原有量之和,减去测出量,再除以加入量,计算固磷百分率。

试验结果如表 3

表 3 减少 CaCO_3 含量对垆土不同层次固磷能力的影响

层次	处 理 (0.1HCl加入量ml)	CaCO_3 (%)	pH (水提)	速效磷 P_2O_5 (ppm)	固磷百分率 (%)
耕 作 层	① 0	8.18	8.2	7	48.0
	② 300	5.25	8.1	42	47.7
	③ 600	2.69	7.9	65	49.1
	④ 900	0.61	7.7	69	46.2
	⑤ 900*	0.15	6.8	99	44.0
粘 化 层	① 0	0.32	8.0	4	57.0
	② 25	0.19	7.5	11	61.5
	③ 50	0.07	6.7	26	61.0
	④ 100	0.02	5.0	98	63.0
	⑤ 100*	0.00	4.9	88	64.0
母 质 层	① 0	13.64	8.5	23	47.0
	② 300	10.22	8.4	37	48.0
	③ 600	7.93	8.4	53	48.8
	④ 1200	2.04	8.2	70	48.4
	⑤ 1200*	0.62	6.8	104	43.8

* 0.1NHCl按量加完后,又依次用0.05NHCl600ml,200ml、800ml进行了处理。

从表 3 可以看出: (1) 不论那个层次都随着稀盐酸加入数量的增多, CaCO_3 含量相应减少, pH值逐渐降低, 而速率磷含量愈来愈高; (2) 从固磷百分率的变化看, 富含 CaCO_3 的耕层与母质层, 随着稀盐酸加入量的增多, 固磷百分率在相当范围内变化不明显。只有当 CaCO_3 含量降低到1%以下时, 固磷百分率才有所降低。其降低幅度为7%上下; (3) 对 CaCO_3 含量较少的粘化层而言, 情况完全不同, 即随着稀盐酸加入数量的增多, pH值显著降低, 固磷百分率逐步提高。其原因何在, 值得研讨。

上述试验结果, 只能说明用稀盐酸处理土样, 减少 CaCO_3 对土壤整体固磷能力的影响, 但对不同粒级土粒的固磷能力影响如何, 尚不能直接予以说明。为了进一步回答这个问题, 我们选用砂壤质的潮土为试样, 按下述方法进行试验。取其一一份采用加稀盐酸减少 CaCO_3 后, 再按照前述方法分离提取不同粒级的土粒; 取其另一份, 不加稀盐酸, 直接加水揉研, 再进行各粒级的分离提取。将用这两种方法分离提取出来的各粒级土粒进行固磷能力的测定。试验结果如表 4。

表 4 说明: 采用加酸处理所分离出来的各个粒级, 较之用水揉研所分离出来的相应粒级来说, 全磷含量普遍有所降低, 而效速磷含量明显提高。从固磷能力看, 采用加酸处理的与用水揉研的相比较, 虽然同一粒级有增有减, 但固磷百分率随着粒径由细到粗

而逐渐降低的总趋势并未改变。方差分析也说明,不同处理之间,相同粒级的固磷能力是没有显著性差异的。

在进行上述试验时,为了加快速度,我们尽管选用的是石灰性潮土,而不是瘠土;在提取粒级时,分离了四级而不是六级。但对说明稀盐酸处理土样,对各粒级土粒固磷能力影响这一问题,我们认为是完全可以的。

表4 用稀盐酸处理土样对不同粒级固磷能力的影响

项 目	处 理	<0.01	0.01—0.05	0.05—0.1	0.1—0.25
全磷 ($P_2O_5\%$)	水 处	0.1807	0.0147	0.0131	0.0065
	酸 处	0.1635	0.0142	0.0130	0.0065
速 效 磷 (P_2O_5 ppm)	水 处	48	4	4	4
	酸 处	54	17	12	10
固磷百分率 (%)	水 处	56	29	22	25
	酸 处	50	32	24	24

三、瘠土不同粒级土粒的固磷能力

在明确用稀盐酸处理土样,对固磷能力的影响之后,我们对瘠土不同层次各粒级土粒的固磷能力进行测定。测定方法与前述相同,只是在称样数量上有所减少而已(一般为2.50克)。测定结果如表5。

由表5可以清楚地看出:

表5 瘠土不同层次各粒级土粒的固磷能力

层 次	粒 径 (mm)	腐殖质 (%)	全 磷 (P_2O_5) (%)	速效磷 (P_2O_5) (ppm)	固磷百分率 (%)
耕 作 层	<0.001	2.410	0.1729	159.6	68.3
	0.001 —0.005	2.554	0.0859	32.0	63.5
	0.005 —0.01	1.239	0.0327	16.0	50.0
	0.01 —0.05	0.409	0.0142	7.5	40.8
	0.05 —0.1	0.198	0.0112	5.7	32.4

粘 化 层	<0.001	1.507	0.1489	109.0	74.8
	0.001 -0.005	1.108	0.0611	21.0	67.0
	0.005 -0.01	0.530	0.0211	8.5	49.8
	0.01 -0.05	0.174	0.0121	5.7	46.9
	0.05 -0.1	0.123	0.0114	2.0	31.3
母 质 层	<0.001	1.649	0.1605	188.0	59.0
	0.001 -0.005	0.752	0.0522	26.4	52.7
	0.005 -0.01	0.376	0.0195	10.5	48.8
	0.01 -0.05	0.136	0.0344	4.5	45.8
	0.05 -0.1	0.082	0.0614	4.5	32.3

注：0.1—1.0mm颗粒，因分得数量很少，故未进行测定。

1. 不论耕作层、粘化层或母质层，其腐殖质、全磷与速效磷含量约随粒径由小到大而愈来愈低。速效磷与全磷的变化趋势是完全一致的。

2. 从固磷能力来看，三个不同层次毫无例外的都随着土粒由细到粗，固磷百分率从大到小，逐渐降低。<0.001mm的土粒，固磷百分率平均为67.4%，0.001—0.005mm平均为61.1%，0.005—0.01mm平均为49.5%，0.01—0.05mm平均为44.5%，0.05—0.1mm平均为32.0%。

为了进一步证实颗粒大小是影响固磷能力的主导因素，对表5中的料材进行了统计分析。分别计算出固磷百分率、腐殖质含量、速效磷含量与粒径大小的相关系数。同时，也求出固磷百分率与速效磷以及腐殖质含量之间的相关系数。

表6 固磷百分率与粒径等因素之间的相关性

两个因素之间	相关系数	备 注
固磷百分率与粒径大小	-0.9190**	自由度 = 13 $\gamma_{0.05} = 0.514$ $\gamma_{0.01} = 0.641$
固磷百分率与腐殖质	0.8677**	
固磷百分率与速效磷	0.8354**	
粒径大小与腐殖质	-0.8913**	
粒径大小与速效磷	-0.9620**	
腐殖质与速效磷	0.8754**	

表6说明,固磷百分率与粒径、腐殖质、速效磷含量之间的相关系数分别均达到了极显著的标准。据此尚不能证实上述问题。于是又进行了偏相关分析。

二级偏相关分析证明,只有粒径大小与固磷百分率之间的相关性达到了极显著水平。而固磷百分率与腐殖质含量、固磷百分率与速效磷含量之间的相关性均达不到显著标准。这就充分说明,粒径大小是影响固磷能力的主导因素。

小 结

1. 用稀盐酸处理富含 CaCO_3 的土样,减少 CaCO_3 的含量,对固磷能力基本无影响。除去 CaCO_3 对固磷能力影响也不大。

2. 土粒粒径的大小,是影响固磷作用的主导因素。

3. 固磷百分率与粒径大小呈极显著的负相关。颗粒愈小,固磷能力愈大。物理粘粒的固磷百分率平均为59.3%,而物理砂粒平均为38.3%。

总之,根据以上试验结果,我们认为:石灰性土壤中的固相土粒,均具有一定的固磷作用。颗粒愈细小,固磷能力愈大。物理性粘粒的固磷作用明显地超过物理性砂粒。物理性粘粒是直接参与固磷作用的主要基质。我们这里说物理性粘粒是固磷作用的主要基质,是与固相碳酸钙相比较而言的^[5]。同时,也只是从固相物质来探讨这一问题的。至于土壤中的 Ca^{++} 、 Mg^{++} 离子在固磷中的作用,那是另外一个问题,非本文所要讨论的范围。至于固相物质的固磷机制问题,还有待于进一步研究。

主 要 参 考 文 献

1. 朱显谟: 塿土, 1964年, 农业出版社, P. 99—105。
2. 南京土壤所响水点: 1976年, 苏北旱改水磷肥的施用问题, 《土壤》第2期。
3. 李鼎新: 1980年, 关于塿土磷素状况及影响磷素有效性因子的研究, 《土壤通报》第6期。
4. 吕殿青: 1980年, 石灰性土壤腐殖质与磷的吐纳关系及其存放性, 《土壤通报》第5期。
5. 李祖荫: 1981年, 石灰性土壤中碳酸钙在固磷作用的地位, 《西北农学院学报》第2期。
6. Н. И. Горьунов: 1960年, методика подготовки почв, грунтов, влвесея рек и осадков к минералогическому анализу (почвоведение)
7. G. W. Thomas: 1974年, 土壤磷的测定, 《土壤学进展》, 第4期。
8. M. B. Sen Gupta: 1965年, 石灰性土壤中的磷, 《土壤译丛》第6期, 史和译。
9. 鲁如坤: 1980年, 土壤磷素, 《土壤通报》第1期。
10. 傅明华、承友松: 1979年, 上海土壤磷素状况的研究, 《土壤学报》第4期。

The Position of Clay on the Phosphate Fixation in Calcareous Soil

Li Zuyin

Abstract

A further experiment on the phosphate fixation in calcareous soil was conducted during the period from June to November in 1981. The results obtained from the work are as follows:

1. When soil was treated with dilute hydrochloric acid in order to get rid of CaCO_3 , there was, on the whole, no remarkable influence on the capacity of phosphate fixation of soil itself and particles in it.

2. The size of soil particles was the main factor which influenced the capacity of phosphate fixation of soil. The percentages of phosphate fixation gave a highly negative correlation to the size of soil particles.

3. The capacity of phosphate fixation of clay was above that of silt, and the latter more than sand. The physics clay might be the mainly basic substance that took direct part in the phosphate fixation of soil.