

# 不同土壤对磷的吸附特性研究

韩旭 吴东洋 王新刚

(黑龙江省富锦市建三江七星农场第五管理区,黑龙江富锦 156300)

**摘要** 水溶性磷肥施入土壤后主要通过沉淀和吸附作用降低其生物有效性。因此,了解某一地区土壤对磷的吸附特性对磷肥的科学合理施用有着重要的指导意义。以黑土和黑钙土为试样,分别配制2种土壤对磷的等温吸附曲线,结果表明:2种土壤中,黑土对磷的最大吸附量显著高于黑钙土,黑土和黑钙土对磷较低的吸附量与其有机质含量有关。

**关键词** 黑土;黑钙土;磷;等温吸附曲线

**中图分类号** X153 **文献标识码** A **文章编号** 1007-5739(2011)20-0285-02

土壤溶液中的磷和土壤固相表面吸附的磷可相互转化,转化的结果将直接影响到土壤的供磷能力。土壤对磷的吸附与解吸特性受土壤类型、施肥方式及施肥量等诸多因素的影响。吸附等温曲线(absorption isotherms)是描述吸附剂与吸附物相互作用的一种关系式,可以反映吸附物质对被吸附物的吸附性能。土壤对磷的吸附基本符合Langmuir等吸附方程<sup>[1-2]</sup>。据此可以计算土壤对磷的吸附速率和最大吸附容量,同时也能了解土壤的一些物理化学性质。研究和描述黑土、黑钙土2种土壤对磷的吸附特性,可为经济施用磷肥提供必要的科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验所用土样采自肇州县,随机采样,土壤类型为黑土、黑钙土。采集的土样带回实验室后自然风干,过筛并测定土壤吸湿水、土壤有机质、土壤碱解氮、土壤速效磷、土壤速效钾与土壤pH值<sup>[3]</sup>。土样的基本理化性质如表1所示。

**表1 土样的基本理化性质**

土壤类型	有机质 g/kg	碱解氮 mg/kg	速效磷 mg/kg	速效钾 mg/kg	pH值
黑土	17.98	147.00	12.31	46.56	6.61
黑钙土	5.23	65.45	9.66	88.62	8.11

### 1.2 试验方法

**1.2.1 待测液的制备。**分别称取通过2mm孔筛的黑土、黑钙土各5份,每份3.0000g,放入干燥的125mL三角瓶中,每份土样中分别加入30mL含有5、10、20、30、50μg/mL P的0.01mol/L CaCl<sub>2</sub>溶液,再各加3滴甲苯防腐,以抑制培养期间可能出现的微生物活动。用尼龙膜封瓶口,在电热恒温空气振荡器上25℃、110r/min间歇振荡18h,使解吸—吸附充分平衡。振荡后过滤,每种土样重复3次。

**1.2.2 待测液中磷的测定。**待测液中的磷用钼蓝比色法测定。测定原理:在含PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>的酸性溶液中加入(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>试剂,可生成黄色的磷钼酸:PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>+12MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup>+27H<sup>+</sup>→H<sub>7</sub>[P(Mo<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)<sub>6</sub>]+10H<sub>2</sub>O。若以此直接比色,灵敏度较低,即此法适合于含磷较高的样品。如在该溶液中加入适量还原剂,则磷钼酸中的Mo<sup>6+</sup>被还原为低价的磷钼蓝,从而提高测定的灵敏度,其中,还原剂可选用抗坏血酸或SnCl<sub>2</sub>。该试验中选用SnCl<sub>2</sub>作还原剂。

测定步骤:分别取上述待测液1mL于25mL棕色容量

瓶中,然后加0.01mol/L CaCl<sub>2</sub>溶液至总体积20mL,摇匀,再加SnCl<sub>2</sub>-甘油2滴,摇匀,最后用0.01mol/L CaCl<sub>2</sub>溶液稀释至刻度,摇匀,5~15min后,于660nm处比色,对照标准曲线,查出待测液中磷浓度(μg/mL)。

**1.2.3 Langmuir 吸附方程的配制。**用含不同磷浓度的溶液处理土壤,待吸附—解吸平衡后,测定平衡溶液中磷的浓度,将所测结果配制出Langmuir方程。Langmuir方程的指数式:

$$X = \frac{aX_m C}{1+aC}$$

经转换,变成线性式:

$$\frac{C}{X} = \frac{1}{aX_m} + \frac{C}{X_m}$$

式中:C—平衡液中磷的浓度(mg/1000mL或μg/mL), X—土壤对磷的吸附量(mg/100g土或以μg计量),X<sub>m</sub>—土壤对磷的最大吸附量,a—吸附常数。

平衡液中磷浓度计算公式:

$$C = C_{测} \times \text{稀释倍数}$$

$$X = (C_0 - C) \times \frac{1}{3} \times (1 + \text{水分}\%) \times 30 \times \frac{1}{10}$$

以C/X为纵坐标(Y),平衡浓度C为横坐标(X),配制Langmuir等温吸附方程。

## 2 结果与分析

### 2.1 黑土对磷的等温吸附特性

由测定数据(表2)可得磷标准曲线方程:y=0.008+0.446x。

**表2 磷标准曲线的绘制**

磷浓度(x) // μg/mL	吸光度(y)
0	0
0.1	0.052
0.2	0.105
0.4	0.193
0.6	0.276
0.8	0.354
1.0	0.452
1.2	0.547

由测定数据(表3)可求得黑土对磷的等温吸附曲线分别为:y<sub>1</sub>=0.274+0.010x<sub>1</sub>;y<sub>2</sub>=0.274+0.012x<sub>2</sub>;y<sub>3</sub>=0.280+0.015x<sub>3</sub>,将所配制的线性回归方程代入Langmuir等温吸附方程可求得:a=0.046;X<sub>max</sub>=83.33。即黑土对磷的最大吸附量平均为83.33mg/100g土。

### 2.2 黑钙土对磷的等温吸附特性

由测定数据(表4)可求得黑钙土对磷的等温吸附曲线

表3 黑土对磷的等温吸附特征量

重复	测定值			
	吸光度(y)	平衡液磷浓度(C)// $\mu\text{g/mL}$	磷吸附量(X)// $\mu\text{g}$	C/X
I	0.029	1.022	3.678	0.278
	0.050	2.354	7.447	0.316
	0.084	4.260	15.331	0.278
	0.126	6.614	22.777	0.290
II	0.283	15.415	33.686	0.458
	0.030	1.233	3.669	0.336
	0.044	2.018	7.775	0.260
	0.077	3.868	15.713	0.246
III	0.124	6.502	22.887	0.284
	0.281	13.303	33.795	0.394
	0.026	1.001	3.887	0.258
	0.059	2.859	6.956	0.411
	0.095	4.877	14.730	0.331
	0.147	7.791	21.631	0.360
	0.323	17.657	31.502	0.561

表4 黑钙土对磷的等温吸附特征量

重复	测定值			
	吸光度(y)	平衡液磷浓度(C)// $\mu\text{g/mL}$	磷吸附量(X)// $\mu\text{g}$	C/X
I	0.031	1.289	3.637	0.354
	0.087	4.428	5.461	0.811
	0.156	8.296	11.471	0.723
	0.292	15.919	13.800	1.154
II	0.506	27.915	21.646	1.290
	0.031	1.289	3.637	0.354
	0.084	4.260	4.095	1.040
	0.156	8.296	11.471	0.723
III	0.292	15.919	13.800	1.154
	0.525	29.428	20.162	1.460
	0.031	1.289	3.637	0.354
	0.072	3.587	6.285	0.571
	0.111	5.774	13.943	0.414
	0.216	11.659	17.976	0.649
	0.467	25.729	23.788	1.082

分别为:  $y_1=0.504+0.031x_1$ ;  $y_2=0.281+0.043x_2$ ;  $y_3=0.344+0.028x_3$ ,

(上接第283页)

质营养元素几乎全部来源于土壤和肥料。因此,充分利用好第二次土壤普查成果和现在的土壤测试结果,全面开展测土配方施肥技术,把通过取土化验和田间试验形成的科学配方与实物有机结合,按照土壤养分状况生产配方肥,使测土配方施肥真正地一步到位。同时坚持科学定位,科学测试,科学配方<sup>[5-6]</sup>。克服盲目施肥,使施肥走向科学定量化,实现节本增效。二是增加农家肥的施用量。农家肥不仅富含作物所需要的大量元素,同时也富含各种中微量元素,通过增施有机肥可以补充土壤中微量元素的不足。

(上接第284页)

以有机、无机肥配合施用为主。五是看作物种类施肥,播种密度大的作物以速效肥为主。

**2.3.2 施用量。**一般追肥施用量以占总施肥量的40%~50%为宜,其中植物的旺盛时期应占总施肥量的50%左右。

**2.3.3 追肥方法。**一是撒施法,适用于密度大的植物如水稻。二是沟施法,即开沟施用如棉花、玉米等。三是环施法,即在果树周围开一条围沟而施肥<sup>[6]</sup>。四是根外追肥,指用适当的营养液喷洒到叶面,以解决植物生长期缺乏氮、磷、钾等

将所配制的线性回归方程代入 Langmuir 等温吸附方程可求得:  $a=0.0986$ ;  $X_{\text{max}}=30.41$ 。由此可知,黑钙土对磷的最大吸附量平均为 30.41 mg/100 g 土。

**3 结论与讨论**

研究结果表明,黑土对磷的最大吸附量显著高于黑钙土,黑土和黑钙土对磷较低的吸附量与其有机质含量有关。土壤对磷的吸附固定作用受土壤 pH 值、土壤有机质含量及土壤通透性等诸多因素的影响<sup>[4-9]</sup>。其中,有机质含量高的土壤对磷的吸附作用较弱,这主要与以下几方面的机制有关:有机阴离子与磷酸根竞争固相表面的专性吸附位点;腐殖质可在土壤胶体表面形成保护膜,减少对磷的吸附;有机物分解过程产生的有机酸将部分固定态磷释放为可溶态;有机质分解产生的 CO<sub>2</sub> 溶于水形成 H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 增加钙、镁的磷酸盐溶解度。基于上述原因,2 种土壤中,黑钙土对磷的最大吸附量显著低于黑土。

**4 参考文献**

- [1] 袁可能.土壤化学[M].北京:农业出版社,1990:80-88.
- [2] 袁可能.植物营养元素的土壤化学[M].北京:科学出版社,1983:70-74.
- [3] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000:103-109.
- [4] 夏立忠, ANDERSON R. 长期施用牛粪条件下草原土壤磷的等温吸附与解吸动力学[J].土壤,2000(3):160-164.
- [5] 张旭东.不同肥力土壤对磷酸盐的吸附作用[J].土壤通报,1998(3):104-107.
- [6] 何振立,袁可能,朱祖祥.有机阴离子对磷酸根吸附的影响[J].土壤学报,1990,27(4):377-384.
- [7] 曾希柏,刘更另.化肥施用和秸秆还田对红壤磷吸附性能的影响研究[J].土壤与环境,1999,8(1):45-49.
- [8] BUSCHAZZO D E, HEVIA G G, URIOSTE A M, et al. Cultivation effects on phosphate forms sorption in loess soils of Argentina[J]. Soil Sci, 2000, 165(5):427-436.
- [9] 曹志洪,李庆逵.黄土性土壤对磷的吸附与解吸[J].土壤学报,1988,25(3):218-226.

**4 参考文献**

- [1] 刘义平.福安市耕地土壤肥力状况及改良途径[J].江西农业学报,2009(9):61-63,67.
- [2] 刘茂轩,张颖.梨树县土壤养分状况及今后施肥对策[J].科技致富向导,2010(35):292.
- [3] 陈贵成,吴景山.梨树县耕地土壤现状与对策[J].现代农业科技,2010(1):276.
- [4] 杨琳,夏海鳌,黄铁平,等.湖南省耕地土壤退化现状原因及防治对策[J].安徽农业科学,2005,33(2):355-357.
- [5] 周宏美,宋晓,张彦玲,等.豫东潮土区耕地土壤养分动态监测与培肥途径[J].河南农业科学,2006(3):68-71.
- [6] 谷淑湘,王建明,李运,等.阿荣旗耕地水土流失现状及治理对策[J].内蒙古农业科技,2006(5):64.

大量元素和铁、硼、锌、锰、钼等微量元素的一种施肥方法。

**3 参考文献**

- [1] 李秋双.无公害蔬菜施肥需要注意的问题[J].现代农村科技,2010(10):44-45.
- [2] 刘斌,周子清,杨晓莉.再谈有机肥料的积造与施用技术[J].内蒙古农业科技,2006(B12):103-105.
- [3] 王淑玲.无公害蔬菜施肥技术要点[J].中国果菜,2008(5):40-41.
- [4] 刘成鹏.浅谈测土配方施肥存在问题与建议[J].中国高新技术企业,2010(5):72-73.
- [5] 宋伟,许琦.合理施肥与农产品质量安全[J].河南农业,2011(5):22.
- [6] 熊海忠.合理施肥的基本原则及其技术[J].现代农业科技,2011(7):310,312.