

膨润土对水溶性磷钾肥在设施土壤中 迁移转化影响研究

胡克伟

(辽宁农业职业技术学院 科技处, 辽宁 营口 115009)

摘 要:以膨润土为试材,采用恒温振荡试验初步研究了天然膨润土对水溶性磷、钾肥在设施土壤中迁移转化的影响,以期提高水溶性磷钾肥利用率的途径。结果表明:与对照相比添加膨润土显著降低了水溶性磷和水溶性钾的含量,同时增加了土壤有效钾和速效磷的含量。在富磷的设施土壤中添加膨润土提高了有效磷含量,减缓了磷无效化的进程;膨润土在设施土壤中作为钾库,可调节土壤钾素水平。

关键词:天然膨润土;磷酸二氢钾;设施土壤;迁移转化

中图分类号:S 143.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)04-0152-03

磷、钾是植物生长发育所必需的大量元素。我国是一个相对缺钾的国家,钾肥对外依存度高达 75% 以上^[1]。任俊美^[2]认为钾肥的有效利用率为 50%~60%。同时,我国高品位磷矿储量不足,磷肥的当季利用率仅为 10%~20%。上述情况表明我国农田施用的磷、钾肥大部分残留于土壤中^[3-4]。设施栽培由于长期处于高集约化、高复种指数、高肥料施用量的生产状态下,导致设施土壤不仅肥料利用率低,而且引发农业土壤面源污染。因此提高磷钾肥在土壤中的利用率是解决上述问题的关键。

膨润土又称斑脱岩或膨土岩,它最早发现于美国的怀俄明州的古地层中,因加水后膨胀成糊状,后来人们就把这种性质的粘土,统称为膨润土^[5]。膨润土的主要成分为蒙脱石,由于蒙脱石具有独特的晶体结构和化学性质,使膨润土有较高的离子交换容量和很强的吸附能力^[6]。由于膨润土独特的空间结构和理化性质,膨润土施入土壤中,可以改善土壤的物理化学性质、防止养分

流失、改善水分状况、提高作物产量^[7-8],特别是应用在沙质土壤上,效果尤为突出;膨润土还可以吸持、钝化土壤中的重金属离子^[9],降低其生物有效性。因此国内外有关学者对膨润土进行了大量的研究,其在土壤改良领域中也得到了较为广泛的应用。然而,就目前研究而言,关于膨润土对设施土壤水溶性磷钾肥的迁移转化研究尚鲜见报道。因此,该试验研究了通过膨润土对水溶性磷、钾肥在设施土壤中迁移转化的影响,以期为提高磷钾肥的肥料利用率提供科学理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试土壤为棕壤,采自于辽宁农业职业技术学院内实训基地蔬菜日光温室,耕作表层(0~20 cm),风干,过 0.4 mm 尼龙筛备用。土壤理化性质见表 1。

表 1 供试土壤的理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of experimental greenhouse soil

有机质含量 /g · kg ⁻¹	速效磷含量 /mg · kg ⁻¹	有效钾含量 /mg · kg ⁻¹	碱解氮含量 /mg · kg ⁻¹	pH	阳离子交换量 /cmol · kg ⁻¹
9.5	21.8	336	84.2	6.97	12.5

供试膨润土为天然膨润土,采自辽宁省建平县的膨润土矿,过 0.18 mm 筛,膨润土成分用 X-衍射法进行测

作者简介:胡克伟(1972-),男,辽宁朝阳人,博士,副教授,现主要从事土壤化学和环境生态等研究工作。E-mail:hookerw@163.com.

基金项目:辽宁省高等学校优秀人才支持计划资助项目(LJQ2012103)。

收稿日期:2013-10-22

Abstract: Taking of *Populus simonii* and *Siberian Apricot* soil as the research objects, through field sampling, 15 soil profiles were collected, 225 soil samples were analyzed in order to study the vertical distribution of soil organic carbon rule. The results showed that except *Populus simonii* like extraterrestrial, soil organic carbon content and density decreased with soil depth, soil organic carbon reserves mainly concentrated in 40 cm above the soil.

Key words: Aohan county; soil organic carbon density; vertical distribution; soil organic carbon content

定,经测定,样品为钙基膨润土,其中蒙脱石含量为 86.9%,斜长石 10.1%,方长石 1.9%,其它矿物 1.1%。膨润土的 pH 为 7.61;阳离子交换量(CEC)为 74.3 cmol/kg;比表面积为 489.5 m²/g。

磷酸二氢钾采用分析纯。

1.2 试验方法

供试土壤分别标记为低肥、高肥,磷酸二氢钾施用水平分别为 1.37、4.11 mg/g。试验共设 3 个处理:土壤+1%膨润土(T1);土壤+5%膨润土(T2);土壤+10%膨润土(T3),以不施膨润土为对照(CK),4 次重复,土壤用量均为 2.5 g。

1.3 项目测定

试验采用 25℃ 恒温振荡,将土壤、天然膨润土和磷酸二氢钾混合均匀,振荡时间为 48 h。所有试验固定溶液体积为 25 mL(液土比=10:1),振荡结束后,以 12 000 r/min 转速离心 10 min,取上清液测定水溶性 P、K;用酒精(分析纯)洗涤样品 3 次,分别用 25 mL,0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提测定速效磷,用 25 mL,1.0 mol/L 醋酸铵浸提测定速效钾。

1.4 数据分析

试验数据均采用 SPSS 和 Excel 统计软件进行检验和方差分析。

2 结果与分析

2.1 添加膨润土对设施土壤中水溶性磷、钾含量的影响

从表 2 可以看出,添加不同用量的膨润土均在一定程度上减少了水溶性磷的含量,而且随着膨润土施用量的增加,水溶性磷的数量逐渐减少。通过方差分析和 LSD 多重比较发现,与土壤对照相比,不同处理间差异显著。这可能是与膨润土对溶液中磷的吸附速率很快有关,已有的研究发现膨润土对磷的吸附在 10 min 内基本可达最大值^[10]。外源施用膨润土降低了土壤水溶性磷素的含量,表明在一定程度上可以减少磷素的损失。

表 2 添加膨润土对设施土壤中水溶性磷含量的影响

Table 2 Effect of native bentonite on P content in solution

处理	低肥		高肥	
	平均值/ μg	降幅/%	平均值/ μg	降幅/%
CK	275.29 \pm 5.63a	—	823.61 \pm 39.41a	—
T1	259.80 \pm 2.81b	5.63	706.79 \pm 25.33b	14.18
T2	249.25 \pm 9.85bc	9.46	691.31 \pm 22.52b	16.06
T3	228.84 \pm 2.81d	16.87	653.31 \pm 19.70b	20.68

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平下差异性显著。

由表 3 可知,无论是低肥还是高肥用量,施用天然膨润土均不同程度降低了水溶液中钾含量,且随膨润土用量的增加而依次降低。在磷酸二氢钾低水平时,土壤水溶性钾的降低幅度在 13.05%~43.76%之间;在磷酸

二氢钾高水平时,土壤水溶性钾的降低幅度在 8.44%~28.92%之间。通过方差分析和 LSD 多重比较可知,除 1%膨润土施用水平与土壤对照相比差异不显著外,其它处理间差异均达到了显著水平。其作用机理是膨润土中的蒙脱石为 2:1 型矿物,颗粒细微,具有很大的比表面积和表面能。因此具有很强的电荷吸附能力,是吸收和释放养分物质的优良载体。研究发现^[11],膨润土对 K⁺ 的吸附为快速吸附,在 15 min 内基本达到动态平衡。而且膨润土对 K⁺ 的饱和吸附量为 13.97 mg/g,要明显高于土壤对钾离子的吸附容量^[12]。上述结果表明膨润土的施用增加了设施土壤对钾素的吸附,一定程度上降低了土壤钾素随水流失的可能性。

表 3 添加膨润土对设施土壤中水溶性钾含量的影响

Table 3 Effect of native bentonite on K content in solution

处理	低肥		高肥	
	平均值/ μg	降幅/%	平均值/ μg	降幅/%
CK	651.25 \pm 6.25a	—	1 170.00 \pm 40.00a	—
T1	566.25 \pm 21.25ab	13.05	1 071.25 \pm 16.25a	8.44
T2	501.25 \pm 36.25b	23.03	928.75 \pm 20.62b	20.62
T3	366.25 \pm 11.25c	43.76	831.63 \pm 24.12b	28.92

2.2 添加膨润土对设施土壤中速效磷、速效钾含量的影响

从表 4 可以看出,施用膨润土明显提高了土壤速效磷的含量。在磷酸二氢钾低水平时,土壤速效磷的增加幅度在 15.46%~33.93%之间;在磷酸二氢钾高水平时,土壤速效磷的增加幅度在 10.94%~24.26%之间。通过方差分析和 LSD 多重比较可知,与土壤对照相比,不同处理间差异均达到了显著水平。施加膨润土后显著地提高了土壤中外源磷的有效性,表明膨润土减少了土壤对外源磷的固定,这种作用对 CaCO₃ 含量高的北方设施土壤作用很大。其作用机理为天然膨润土与磷的结合力不强,可能是因为膨润土的主要矿物是蒙脱石,而蒙脱石由于同晶替代作用使层间带永久性负电荷,与同样带负电荷的磷酸根离子的结合能力较弱。因此相对于土壤而言,被膨润土所吸附的磷素更容易解吸下来。由于膨润土对土壤中外源磷有很好的吸附性和解吸性,所以可以有效地提高磷肥的利用率,减少了磷肥被土壤固定的几率。

表 4 添加膨润土对设施土壤中速效磷含量的影响

Table 4 Effect of native bentonite on P content in greenhouse soil

处理	低肥		高肥	
	平均值/ μg	增幅/%	平均值/ μg	增幅/%
CK	248.83 \pm 1.88a	—	394.45 \pm 16.89a	—
T1	287.30 \pm 4.69b	15.46	437.61 \pm 3.75b	10.94
T2	305.12 \pm 1.88c	22.62	452.62 \pm 1.92bc	14.75
T3	333.27 \pm 5.63d	33.93	490.15 \pm 3.75d	24.26

由表 5 可知,与土壤对照相比,施用膨润土显著提高了土壤速效钾的含量。这是因为,膨润土对钾离子的吸附机制主要是离子交换吸附,被蒙脱石所吸附的钾离子,在土壤溶液中其它离子的作用下,被置换下来,从而导致土壤速效钾含量的增加。在磷酸二氢钾低水平时,土壤速效钾的增加幅度在 16.35%~48.81%之间;在磷酸二氢钾高水平时,土壤速效钾的增加幅度在 10.76%~35.26%之间。通过方差分析和 LSD 多重比较可知,不同处理间差异均达到了显著水平。

表 5 添加膨润土对设施土壤中速效钾含量的影响

Table 5 Effect of native bentonite on available K content in greenhouse

处理	低肥		高肥	
	平均值/ μg	增幅/%	平均值/ μg	增幅/%
CK	1 001.25 \pm 43.75a	—	1 510.00 \pm 22.50a	—
T1	1 165.00 \pm 25.00b	16.35	1 672.50 \pm 47.50b	10.76
T2	1 275.00 \pm 15.00bc	27.34	1 867.50 \pm 12.50c	23.68
T3	1 490.00 \pm 55.00d	48.81	2 042.50 \pm 10.00d	35.26

3 结论

设施土壤中添加膨润土对降低了水溶性磷、钾含量,且随沸石用量的增加,水溶性磷、钾含量逐渐降低。施用膨润土降低了磷素和钾素随水分而流失的可能性,对富含磷钾的设施土壤具有生产指导意义。设施土壤中添加膨润土提高了土壤速效磷和速效钾的含量。在磷酸二氢钾低水平时,二者的增幅分别为 15.46%~33.93%和 16.35%~48.81%;而在磷酸二氢钾高水平时,二者的增幅分别为 10.94%~24.26%和 10.76%~35.26%。可见膨润土在设施土壤中可以作为“钾库”,同

时减缓了磷无效化的过程。膨润土可应用于蔬菜生产地和温室土壤等富磷、富钾土壤,在提高磷素和钾素利用率的同时降低了农业非点源磷污染的可能性。

参考文献

- [1] 李发福,王永晏. 对于我国钾肥保障机制的战略再思考[J]. 中国软科学,2009(4):10-15.
- [2] 任俊美. 如何提高氮肥、磷肥、钾肥的利用率[J]. 河南农业,2010(1):26.
- [3] McDowell R, Sharpley A, Withers P. Indicator to the movement of phosphorus from soil to subsurface flow[J]. Journal of Environmental Quality, 2002(31):217-227.
- [4] Liu Y, Chen J N, Mol A P J, et al. Comparative analysis of phosphorus use within national and local economies in China[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2007(51):454-474.
- [5] 方邳森,方金满,刘长荣. 中国陶瓷矿物原料[M]. 南京:南京大学出版社,1990:14-122.
- [6] 马毅杰. 膨润土资源、性质及其利用[J]. 土壤学进展, 1994, 22(2): 21-28.
- [7] 刘秀珍. 膨润土对山西石灰性土壤钾素有效性的影响[J]. 土壤通报, 2001, 32(6):278-280.
- [8] 李吉进,张琳,倪小会,等. 膨润土对有机物料腐殖化系数的影响[J]. 北京农业科学, 2001(5):22-24.
- [9] 郝秀珍,周东美,薛艳,等. 天然蒙脱石和沸石改良对黑麦草在铜尾矿砂上生长的影响[J]. 土壤学报, 2005, 42(3):434-439.
- [10] 王宜鑫,林亚萍,刘静. 膨润土对富营养化水体中磷的吸附特征[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(24):6549-6550.
- [11] 刘爱平,冯启明,王维清,等. 几种天然多孔矿物对钾肥的吸附及缓释效果[J]. 环境科学与技术, 2012, 35(5):131-135.
- [12] 刘代欣,杜立宇,梁成华. 长期定位施肥蔬菜保护地土壤 K^+ 吸附解吸动力学研究[J]. 土壤学报, 2001, 47(1):177-181.

Effect of Native Bentonite on Phosphorus and Potassium Mobilization in Greenhouse Soil

HU Ke-wei

(Department of Science and Technology, Liaoning Agricultural Vocation-Technical College, Yingkou, Liaoning 115009)

Abstract: Taking native bentonite as test material, batch-experiments were conducted to preliminarily study the effect of native bentonite on the unavailable process of water dissolvable phosphorus and potassium in greenhouse soil in order to improve the nutrient efficiency. The results showed that with the bentonite additions, the concentration of water-phosphorus and water-potassium in solution decreased compared with the control, the available potassium and available phosphorus concentrations increased. In greenhouse soil, bentonite increased the available phosphorus concentration and decreased the probability of phosphorus pollution in greenhouse soils with high application of phosphorus fertilizer or high phosphorus concentration. For potassium, native bentonite could be as a sink, which maintained a good potassium concentration.

Key words: native bentonite; monopotassium phosphate; greenhouse soil; migration and transformation