

沸石对水溶性氮磷肥在设施土壤中迁移转化的影响

胡克伟

(辽宁农业职业技术学院, 辽宁 营口 115009)

摘要:以辽宁农业职业技术学院校内实训基地蔬菜日光温室内 0~20 cm 耕作表层棕壤土为研究对象,以沸石粉为试材,采用恒温振荡法,研究了天然沸石对水溶性氮、磷在设施土壤中迁移转化的影响,以期寻求提高水溶性氮磷肥利用率的最佳途径。结果表明:与对照相比添加天然沸石对水溶性磷含量影响不明显,但显著降低了水溶性氮含量,同时增加了土壤铵态氮和速效磷的含量;在富磷的设施土壤中添加沸石提高了有效磷含量,降低了磷损失的可能性;沸石在设施土壤中可以调节土壤氮素的保持和供给水平。

关键词:天然沸石;磷酸氢二铵;设施土壤;形态

中图分类号:S 143.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)05-0159-04

氮、磷是植物生长发育所必需的大量元素。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,而且易引发农业土壤面源污染。我国是一个氮肥生产与消费的大国,但是氮肥的有效利用率只有 30%~35%^[1]。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%^[2]。上述情况表明我国农田施用的氮、磷肥或者残留于土壤中,或者以不同途径损失。这种现状不仅增加了农业生产成本,而且增加了面源污染发生的可能性^[3,4]。因此提高氮、磷肥在土壤中的利用率是解决上述问题的关键。

天然斜发沸石是一种架状结构含水的铝硅酸盐矿物。其晶格结构主要由 Si、O、Al 3 种元素构成的四面体组成,硅(铝)氧四面体可以形成三维空间架状构造^[5-6]。其中,由于 Al³⁺代替 Si⁴⁺使四面体出现负电荷过剩,被 K⁺、Na⁺、Ca²⁺和 Mg²⁺等碱金属或碱土金属离子平衡。此外,天然斜发沸石内部空间还具有较多的孔隙和通道,导致其比表面积,特别是内表面积很大。上述性质决定了沸石具有优良的吸附性能和离子交换性能。

由于沸石具有阳离子交换量高、比表面积大等特性,沸石在土壤改良方面不仅可以提高土壤养分的利用率^[5,7];而且在污染土壤中施用沸石还可以有效的固定土壤中重金属元素,防止其进入植株体内^[8-9],因此沸石

已经广泛应用于环境保护领域和农业生产实践^[10-13]。然而,就目前研究而言,关于沸石对设施土壤水溶性氮磷肥的迁移转化研究报道还很少。因此现以沸石粉为试材,采用恒温振荡法,研究沸石对水溶性氮、磷肥在设施土壤中迁移转化的影响,以期为提高氮磷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校内实训基地蔬菜日光温室内耕作表层(0~20 cm)土壤,风干,过 0.4 mm 尼龙筛备用。其物理和化学特性见表 1。供试沸石粉采自辽宁省北票市,以去离子水反复洗涤,再以丙酮除去水分,在真空干燥箱中烘干,过 0.2 mm 尼龙筛备用,其化学性质见表 2。供试氮磷源采用分析纯的磷酸氢二铵,其用量为 1.87、5.61 mg/g 土壤 2 个水平。

1.2 试验方法

试验共设 3 个处理,每处理 4 次重复。处理 1:土壤+1%沸石;处理 2:土壤+5%沸石;处理 3:土壤+10%沸石,以全土壤为对照。土壤用量为 2.5 g。试验采用恒温振荡(25℃)法,将土壤、天然沸石和磷酸氢二铵混合均匀,振荡 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 N、P 含量;用酒精(分析纯)洗涤样品 3 次,分别用 25 mL、0.5 mol/L NaHCO₃浸提测定有效磷含量;用 25 mL、2.0 mol/L 氯化钾浸提测定铵态氮含量。

1.3 数据分析

试验数据采用 SPSS 和 Excel 统计软件进行检验和方差分析。

作者简介:胡克伟(1972-),男,辽宁朝阳人,蒙古族,博士,副教授,现主要从事土壤化学和环境生态学等研究工作。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:2013-11-15

表 1

供试土壤的理化性质

Table 1

Physical and chemical properties of experimental solar greenhouse soil

有机质含量 Organic content/g · kg ⁻¹	速效磷含量 Available phosphorus content/mg · kg ⁻¹	有效钾含量 Effective potassium content/mg · kg ⁻¹	碱解氮含量 Nitrogen content/mg · kg ⁻¹	pH	CEC /cmol · kg ⁻¹
9.5	21.8	336	84.2	6.97	12.5

表 2

供试天然沸石的化学性质

Table 2

Chemical properties of experimental native zeolite

Al ₂ O ₃ 含量 Al ₂ O ₃ content/g · kg ⁻¹	SiO ₂ 含量 SiO ₂ content/g · kg ⁻¹	Fe ₂ O ₃ 含量 Fe ₂ O ₃ content/g · kg ⁻¹	CaO 含量 CaO content/g · kg ⁻¹	K ₂ O 含量 K ₂ O content/g · kg ⁻¹	Na ₂ O 含量 Na ₂ O content/g · kg ⁻¹	pH	CEC /cmol · kg ⁻¹
123.0	664.5	14.90	39.70	15.40	10.20	9.25	260

2 结果与分析

2.1 不同沸石添加量对设施土壤水溶性氮、磷含量的影响

由表 3 可以看出,无论是磷酸氢二铵低肥还是高肥用量,施用天然沸石均不同程度降低了水溶液中氮的含量,且随天然沸石用量的增加而依次降低。在磷酸氢二铵低水平时,土壤水溶性氮的降低幅度在 17.65%~76.47%之间;在磷酸氢二铵高水平时,土壤水溶性氮的降低幅度在 15.55%~64.92%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。天然沸石的这种作用主要是由其性质决定的。沸石由于其独特晶格构造,具有很大的内外表面积和较大的表面能。因此具有较高的离子交换容量和很强的吸附能力。关连珠等^[14]研究发现,斜发沸石对 NH₄⁺ 的饱和吸附量为 1 188 mg/g,其吸附容量是棕壤的 9 倍。因此,外源添加天然沸石可以明显抑制土壤中水溶性氮素的流失。

表 3 沸石对设施土壤中水溶性氮含量的影响

Table 3 Effect of native zeolite on the content of N in solution μg

处理 Treatment	低肥 Low level of diammonium phosphate		高肥 High level of diammonium phosphate	
	平均值 Average	降幅 Decreases percentage/ %	平均值 Average	降幅 Decreases percentage/ %
CK	357.00±16.33a	—	1 796.67±23.33a	—
1%沸石 1% native zeolite	294.00±4.67b	17.65	1 516.67±23.33b	15.55
5%沸石 5% native zeolite	198.33±11.67c	44.44	1 120.00±46.67c	37.64
10%沸石 10% native zeolite	84.00±14.00d	76.47	630.00±123.33d	64.92

由表 4 可知,添加不同用量的沸石虽然在一定程度上减少了水溶性磷的含量,但是通过方差分析和 LSD 多重比较发现,不同处理间差异并不显著。这是因为供试土壤为棕壤,其主要粘土矿物为 2:1 层状结构的蒙脱石,供试土壤本身对磷素的吸附量比较大。已有的研究结果也表明^[15],天然沸石对磷素的最大吸附量要明显低于棕壤。

表 4 不同沸石添加量对设施土壤中水溶性磷含量的影响

Table 4 Effect of native zeolite on the content of P in solution μg

处理 Treatment	低肥 Low level of diammonium phosphate		高肥 High level of diammonium phosphate	
	平均值 Average	降幅 Decreases percentage/ %	平均值 Average	降幅 Decreases percentage/ %
CK	1 020.94±10.92a	2.27	2 573.46±29.13a	2.08
1%沸石 1% native zeolite	1 044.60±1.82a	—	2 628.07±3.64a	—
5%沸石 5% native zeolite	1 037.32±5.46a	0.70	2 613.51±25.49a	0.55
10%沸石 10% native zeolite	1 026.40±9.10a	1.74	2 591.66±18.20a	1.38

2.2 不同沸石添加量对设施土壤有效磷和铵态氮含量的影响

由表 5 可以看出,添加沸石明显提高了土壤中有效磷的含量。在磷酸氢二铵低水平时,土壤有效磷的增加幅度在 19.30%~39.79%之间;在磷酸氢二铵高水平时,土壤有效磷的增加幅度在 7.86%~22.58%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。天然沸石提高土壤有效磷的含量主要是由以下 2 个因素决定的。首先,天然沸石对磷素的吸附结合能要明显低于棕壤,其吸附的磷素与棕壤相比

表 5 不同沸石添加量对设施土壤中有效磷含量的影响

Table 5 Effect of native zeolite on the content of available P in greenhouse μg

处理 Treatment	低肥 Low level of diammonium phosphate		高肥 High level of diammonium phosphate	
	平均值 Average	增幅 Increases percentage/ %	平均值 Average	增幅 Increases percentage/ %
CK	155.47±1.82a	—	371.02±5.46a	—
1%沸石 1% native zeolite	185.51±2.73b	19.30	400.15±5.46b	7.86
5%沸石 5% native zeolite	200.07±0.91c	28.66	436.56±1.82c	17.67
10%沸石 10% native zeolite	217.37±1.82d	39.79	454.76±1.82d	22.58

更容易解吸;其次,天然沸石还能促进土壤难溶性磷酸盐,特别是供试土壤所含有的难溶性磷酸盐中磷素释放和有效化^[15]。上述2个因素共同作用,导致了土壤中速效磷含量的增加。

由表6可以看出,与对照相比,施用天然沸石显著提高了土壤铵态氮的含量。这是因为,天然斜发沸石对 NH_4^+ 的吸附为离子交换吸附机制,其吸附键能是棕壤的 $1/9$ ^[14]。由此可知,天然沸石对 NH_4^+ 的吸附并不牢固。在土壤溶液中其它离子的作用下,较容易被置换下来,从而导致土壤铵态氮含量的增加。在磷酸氢二铵低水平时,土壤铵态氮的增加幅度在62.33%~189.30%之间;在磷酸氢二铵高水平时,土壤铵态氮的增加幅度在48.98%~154.08%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。天然沸石的施用不仅明显增加设施土壤对铵的吸附量,而且还提高了设施土壤的释铵量。由此可以看出,沸石的施用不但可以起到保肥和延缓肥效的作用,而且可以促进吸附铵的释放。

表6 不同沸石添加量对设施土壤中铵态氮含量的影响

Table 6 Effect of native zeolite on the content of ammonium nitrogen in solar greenhouse μg

处理 Treatment	低肥 Low level of diammonium phosphate		高肥 High level of diammonium phosphate	
	平均值 Average	增幅 Increases percentage/%	平均值 Average	增幅 Increases percentage/%
CK	7 863.33±23.33a	—	1 143.33±23.33a	—
1%沸石 1% native zeolite	1 400.00±46.67b	62.22	1 703.33±23.33b	48.98
5%沸石 5% native zeolite	2 053.33±46.67c	137.93	2 496.67±23.33c	118.37
10%沸石 10% native zeolite	2 496.67±23.33d	189.30	2 905.00±11.37d	154.08

3 结论

设施土壤中添加天然沸石对水溶性磷含量没有明显影响,但降低了水溶性氮含量,且随沸石用量的增加,水溶性氮含量逐渐降低,说明施用沸石降低了氮素随水分而流失的可能性,对氮肥高施用量的设施土壤具有生产指导意义。

设施土壤中添加天然沸石还提高了土壤有效磷和

铵态氮的含量。在磷酸氢二铵低水平时,二者的增幅分别为19.30%~39.79%和62.33%~189.30%;而在磷酸氢二铵高水平时,二者的增幅分别为7.86%~22.58%和48.98%~154.08%。可见天然沸石在设施土壤中可以调节氮素的保持和供给水平,同时可减缓磷无效化的过程。

该试验结果表明,天然沸石可应用于蔬菜生产地和温室土壤等氮磷肥高用量的土壤,在提高氮素和磷素利用率的同时可降低农业非点源氮、磷污染的可能性。

参考文献

- [1] 巨晓棠,张福锁. 氮肥利用率的要义及其提高的技术措施[J]. 科技导报,2003(4):51-54.
- [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, Arthur P J Mol, et al. Comparative analysis of phosphorus use within national and local economies in China [J]. Resources, Conservation and Recycling, 2007, 51:454-474.
- [5] Allen E R, Hseener L R, Ming D W, et al. Release rates of phosphorus, ammonium, and potassium in clinoptilolite-phosphate rock systems[J]. Soil Science Society America Journal, 1996, 60:1467-1472.
- [6] Kithome M, Paul J W. Kinetics of ammonium adsorption and desorption by the natural zeolite clinoptilolite [J]. Soil Science Society America Journal, 1998, 62(3):622-629.
- [7] 李华兴,李长洪,张新明,等. 天然沸石对土壤保肥能力的影响研究[J]. 应用生态学报, 2001, 12(2):237-240.
- [8] Nissen L R, Lepp N W, Edwards R. Synthetic zeolites as amendments for sewage sludge-based compost[J]. Chemosphere, 2000, 41:263-269.
- [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] 刘静,彭剑峰,宋永会,等. 铵饱和和天然钙型沸石的化学再生效果[J]. 环境科学研究, 2009, 22(11):1341-1345.
- [11] 张新艳,王起超,张少庆,等. 天然和巯基改性沸石吸附水溶液中重金属 Hg^{2+} 的特征研究[J]. 环境工程学报, 2009, 3(3):455-460.
- [12] 陈彩云,鲁立强,童蕾,等. 钢渣和沸石去除猪场废水中的磷酸盐和氨氮[J]. 环境科学与技术, 2009, 32(9):32-35.
- [13] 王春峰,李健生,王连军,等. 粉煤灰合成 NaA 型沸石对重金属离子的吸附动力学[J]. 中国环境科学, 2009, 29(1):36-41.
- [14] 关连珠,梁成华,金耀青,等. 天然沸石保氮供氮能力及其机制的研究[J]. 土壤通报, 1990, 21(2):71-75.
- [15] 关连珠,张继宏,颜丽,等. 天然沸石增产效果及对氮磷养分和某些肥力性质调控机制的研究[J]. 土壤通报, 1992, 25(3):205-208.

Effect of Native Zeolite on Phosphorus and Nitrogen Mobilization of Soil in Solar Greenhouse

HU Ke-wei

(Liaoning Agricultural Vocation-Technical College, Yingkou, Liaoning 115009)