

微晶化磷矿粉在不同类型土壤上的释磷效应

穆淑红¹,吕乐福²,何振全³,李彦华¹,李生太¹,刘春生^{1*}

(1. 山东农业大学资源与环境学院,山东泰安 271018;2. 山东省临沂市技术监督局,山东临沂 271000;3. 清华大学,北京 100084)

摘要 [目的] 为了研究磷矿粉在不同土壤上的磷释放规律。[方法] 选取5种典型类型土壤进行盆栽试验,于油菜苗期取土样和植株样进行化学分析。[结论] 微晶化磷矿粉的肥效在红壤、棕壤以及水稻土等偏酸性土壤上比在褐土和潮土等中、碱性土壤上效果好;在红壤等酸性土壤上施用2倍及以上于过磷酸钙量的微晶化磷矿粉对土壤及油菜的影响效果明显,在褐土等偏碱性的土壤上微晶化磷矿粉的肥效还有待提高。[讨论] 该研究可以为微晶化磷矿粉的广泛施用提供依据。
关键词 微晶化磷矿粉;油菜;土壤类型
中图分类号 S634.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)03-064-03

Fertilizer Research of Micro-Crystalline Phosphate Rock Powder on Different Types of Soil
MU Shu-hong¹, LV Le-fu², HE Zhen-quan³, LIU Chun-sheng^{1*} (1. College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271018; 2. Linyi Bureau of Technical Supervision, Linyi, Shandong 271000; 3. Tsinghua University, Beijing 100084)
Abstract [Objective] The research aimed to study the phosphorus release rule of phosphate rock powder in different types of soil. [Method] Five typical types of soil were selected to carry out the pot experiment, and soil samples and plant samples were taken for chemical analysis in the stage of rapeseed seedling. [Result] The fertilizer on acidic soils such as red soil, brown soil and paddy soil was better than on alkaline soils such as cinnamon soil and aquic soil. Effect of micro-crystalline phosphate rock powder more than twice the amount of calcium superphosphate on acidic soils such as red soil was significant to rape, while it should be improved on alkaline soils such as cinnamon soil. [Conclusion] The research could provide the basis for the wide application of micro-crystalline phosphate rock powder.
Key words Micro-crystalline phosphate rock powder; Rape; Soil type

磷是植物生长发育的必需营养元素之一。它构成植物体内多种重要化合物,并且参与植物体内的多种代谢过程,在农业生产中的地位举足轻重^[1]。土壤中的磷增加主要来自磷肥的施用。随着近年来农业的迅速发展,磷肥用量逐年增加^[2],磷肥的供需状况将成为未来农业生产的主要矛盾之一。磷矿是不可再生的矿产资源。我国磷矿资源总量丰富,但大多是中低品位磷矿,因此开发中低品位磷矿,研究如何促进中低品位磷矿中磷的释放成为当务之急^[3]。近年来,磷矿粉的超微细加工技术崭露头角,其制造工艺简单,成本低廉,适用磷矿类型广,与普通磷矿粉相比有效磷含量有较大的提高,正作为一种新型磷肥被广泛推广使用^[4-5]。但是,微晶化磷矿粉在不同类型土壤上的肥效研究较少。因此,笔

者选取我国较常见的5种类型土壤进行肥效研究,以期微晶化磷矿粉的广泛施用提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料 供试磷矿粉产地为河南省伊川县,磷矿品位为24.5%,属沉积型磷块岩,由清华大学材料系粉体工程研究室加工到800目以上;供试过磷酸钙为重过磷酸钙,全磷(P₂O₅)含量为56%。供试油菜品种为四月慢。

供试土壤为棕壤(Z),采自山东省泰安市山东农业大学南校区试验基地;褐土(H)采自泰安市泰山市蒿里山山脚下;红壤(R)采自福建厦门茶园;潮土(C)采自滨州博兴庞家镇通滨村南;水稻土(S)采自浙江省长兴县林城镇北汤村。5种土壤均采自旱地表层0~20 cm,基本理化性质见表1。

表1 供试土壤的基本理化性状

土壤	全氮//g/kg	全磷//g/kg	有机质//g/kg	pH	碱解氮//mg/kg	速效磷//mg/kg	速效钾//mg/kg
红壤	0.10	0.03	11.3	5.20	35.3	4.4	103.4
棕壤	0.22	0.10	18.6	6.62	92.8	10.6	111.9
褐土	0.18	0.11	19.1	7.82	108.1	9.5	114.3
潮土	0.15	0.03	13.4	7.61	32.6	5.3	106.2
水稻土	0.13	0.04	12.5	6.75	42.9	5.9	104.7

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计。试验于2013年8月~2014年7月在山东农业大学南校区资环学院试验地内进行。盆栽试验设5

基金项目 无锡市创新基金项目(CBE01G1232);江苏省科技支撑计划项目(BE2013312);山东省科技成果转化项目(2013ZHXX1A0307)。
作者简介 穆淑红(1988-),女,山东济南人,硕士研究生,研究方向:植物营养与农产品安全。*通讯作者,教授,博士生导师,从事植物营养机理与调控、施肥与环境质量等方面的研究。
收稿日期 2014-11-29

个处理,3次重复。每盆装土2.0 kg。每盆都基施0.2 g/kg 氮肥(N)和0.15 g/kg 钾肥(K₂O)。所施氮肥为尿素,所施钾肥为硫酸钾,分别与土混匀后装盆。每种土壤设5个处理:处理①不施磷肥(CK);处理②每盆施0.15 g/kg 过磷酸钙(SP);处理③每盆施0.15 g/kg 河南微晶化磷矿粉(HN₁);处理④每盆施0.30 g/kg 河南微晶化磷矿粉(HN₂);处理⑤设置在与处理②过磷酸钙总价格相同的情况下微晶化磷矿粉的施用量,为每盆1.63 g(HN₃)。在

2013年9月1日筛土、装盆,9月2日种植油菜,并于9月22日追施0.2 g/kg 氮肥和0.15 g/kg 钾肥。

1.2.2 测定方法。

1.2.2.1 土壤养分的测定。油菜收获后采集土样,每盆取5点混合成一个土样。土壤速效磷用 Olsen 法测定。

1.2.2.2 植株养分的测定。收获油菜后,在 105 ℃ 下杀青,65 ℃ 烘干后称重,粉碎备用;用游标卡尺测量叶长、叶宽;用百分之一天平测油菜地上部和地下部的鲜重、干重^[6];植株地上部和地下部全磷的测定用 H₂SO₄ - H₂O₂ 消煮,钒钼黄比色法。

1.2.2.3 磷吸收效率的测定。计算公式为:

植株吸磷量 (g/株) = 植株含磷量 (%) × 植株干重 (g/株)

1.3 数据处理 所有试验数据均采用 DPSv3.01 专业版分析软件处理。

2 结果与分析

2.1 微晶化磷矿粉对不同类型土壤有效磷含量的影响 从图 1 可以看出,各处理较对照土壤中速效磷含量都有显著增加。红壤中各处理速效磷含量分别比不施磷肥对照高 13.74%、17.28%、44.30%、34.12%,HN₂ 处理增幅最大,比 HN₁ 处理提高 23.04%,而相同总价条件下 HN₃ 处理比 SP 处理高 17.92%,说明在等总价条件下微晶化磷矿粉对土壤速效磷的贡献率高于过磷酸钙;褐土中各处理速效磷含量相比对照分别提高 7.50%、3.36%、13.19%、9.31%,HN₂ 处理相比 HN₁ 处理提高了 9.51%,HN₃ 处理比 SP 处理高 1.68%,差异不显著;各处理速效磷含量相比照棕壤分别提高14.65%、9.70%、22.28%、16.09%,HN₂

处理相比于 HN₁ 处理提高了 18.79%,HN₃ 处理比 SP 处理高 1.26%;各处理速效磷含量相比对照潮土分别提高 24.22%、13.04%、33.54%、21.43%,HN₂ 处理相比于 HN₁ 处理提高了 18.79%,SP 处理与 HN₃ 处理间差异不显著;水稻土中各处理速效磷含量相比对照分别提高 13.02%、6.11%、33.78%、19.54%,HN₂ 处理相比于 HN₁ 处理提高了 26.08%,HN₃ 处理比 SP 处理高 5.76%。不同土壤相同处理间以棕壤中速效磷含量最高,其次是褐土,潮土最低;红壤、棕壤和水稻土中微晶化磷矿粉的施用效果较明显,原因可能是偏酸性土壤 pH 有利于枸溶性的磷矿粉中磷的转化和释放,使其肥效达到与过磷酸钙相当的水平;褐土和潮土中等总价条件的微晶化磷矿粉施用效果与过磷酸钙相比不显著。

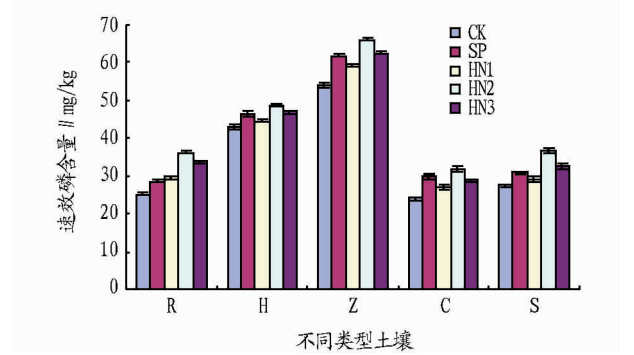


图 1 微晶化磷矿粉对不同类型土壤速效磷含量的影响

2.2 微晶化磷矿粉对油菜生长的影响 幼苗期的叶长、叶宽和干质量等是表征植株生长的关键指标。由表 2 可知,在不同类型的土壤中,施过磷酸钙和微晶化磷矿粉处理的油菜叶长、叶宽以及地上部、地下部的鲜重干重都比对照处理显著增加。在棕壤中,HN₂ 处理油菜的生物量最大,HN₃ 处理

表 2 微晶化磷矿粉对油菜苗期生长的影响

土壤类型	处理	叶长 cm	叶宽 cm	鲜重//g/盆		干重//g/盆	
				地上部	地下部	地上部	地下部
棕壤(Z)	CK	10.06d	4.35e	15.75e	1.62e	4.56e	0.33d
	SP	13.27b	6.17c	21.98c	1.96c	5.21c	0.42b
	HN ₁	11.98c	5.08d	18.67d	1.74d	4.86d	0.39c
	HN ₂	14.02a	6.96a	28.38a	2.48a	6.68a	0.59a
	HN ₃	13.30b	6.28b	22.06b	2.05b	5.33b	0.46b
褐土(H)	CK	9.33d	4.06d	13.67d	1.25d	3.85d	0.28d
	SP	12.36b	5.68b	20.06b	2.01b	5.20b	0.43b
	HN ₁	11.28c	5.03c	17.74c	1.68c	4.79c	0.32c
	HN ₂	13.25a	6.02a	26.15a	2.13a	5.94a	0.52a
	HN ₃	12.30b	5.65b	20.05b	1.98b	5.18b	0.40b
红壤(R)	CK	6.86e	2.89e	7.25e	0.83e	1.42e	0.06d
	SP	9.01d	3.02d	9.85d	0.91d	2.02d	0.15c
	HN ₁	8.77c	2.95c	8.95c	0.85c	1.75c	0.16c
	HN ₂	10.17a	3.65a	11.23a	1.08a	3.35a	0.38a
	HN ₃	9.83b	3.31b	10.66b	0.96b	2.63b	0.26b
潮土(C)	CK	7.56d	3.22d	7.82e	0.85d	1.63d	0.16d
	SP	10.90b	5.02b	11.32b	1.08b	2.36b	0.32b
	HN ₁	9.14c	4.13c	10.04d	0.97c	1.91c	0.22c
	HN ₂	11.26a	5.12a	12.04a	1.13a	2.74a	0.45a
	HN ₃	10.88b	4.97b	11.29c	1.05b	2.33b	0.31b
水稻土(S)	CK	7.35e	3.18e	7.62d	0.83d	1.58e	0.13e
	SP	9.66c	4.12c	9.96b	0.95c	1.97c	0.18c
	HN ₁	8.87d	3.91d	9.02c	0.92c	1.88d	0.15d
	HN ₂	10.06a	4.97a	11.53a	1.12a	2.49a	0.25a
	HN ₃	9.82b	4.26b	10.02b	1.04b	2.16b	0.20b

注: 同列不同小写字母表示差异在 0.05 水平显著。

和 SP 处理次之,且两处理间差异不显著,HN₁ 处理油菜生物量较对照增加但增幅不大;在褐土和潮土中,各处理之间显著性差异趋势与棕壤相似,各处理较对照都显著增加油菜生物量,HN₂ 处理效果最好,HN₃ 处理与 SP 处理差异不显著;在红壤和水稻土中,各处理间差异性显著,都能明显提高油菜生物量,对油菜生物量的增加效果依次为 HN₂ 处理 > HN₃ 处理 > SP 处理 > HN₁ 处理 > CK。

2.3 微晶化磷矿粉对油菜磷吸收效率的影响 由表 3 可知,在 5 种不同类型土壤中,微晶化磷矿粉较对照显著提高油菜的全磷含量和磷吸收量。

表 3 微晶化磷矿粉对油菜苗期全磷含量和磷吸收效率的影响

土壤类型	处理	全磷(P ₂ O ₅)//%		磷吸收量//g/盆	
		地上部	地下部	地上部	地下部
棕壤(Z)	CK	0.56d	0.40c	0.92	0.06
	SP	0.66b	0.46a	1.56	0.09
	HN ₁	0.61c	0.42c	1.17	0.07
	HN ₂	0.71a	0.52b	1.87	0.13
	HN ₃	0.68ab	0.49b	1.58	0.09
褐土(H)	CK	0.47b	0.24d	2.14	0.08
	SP	0.56a	0.30ab	2.92	0.13
	HN ₁	0.51b	0.26cd	2.48	0.10
	HN ₂	0.60a	0.33a	4.01	0.19
	HN ₃	0.58a	0.29bc	3.09	0.13
红壤(R)	CK	0.27c	0.14b	0.38	0.02
	SP	0.29c	0.19a	0.66	0.04
	HN ₁	0.30bc	0.17a	0.59	0.03
	HN ₂	0.37a	0.23a	1.03	0.06
	HN ₃	0.33b	0.21a	0.80	0.04
潮土(C)	CK	0.40c	0.30c	0.63	0.04
	SP	0.50a	0.36ab	0.99	0.06
	HN ₁	0.45b	0.33bc	0.85	0.05
	HN ₂	0.54a	0.38a	1.34	0.10
	HN ₃	0.51a	0.36ab	1.09	0.07
水稻土(S)	CK	0.33d	0.24d	1.27	0.07
	SP	0.38bc	0.28bc	1.98	0.12
	HN ₁	0.35cd	0.26cd	1.68	0.08
	HN ₂	0.45a	0.33a	2.67	0.17
	HN ₃	0.41b	0.30b	2.12	0.12

注:同列不同小写字母表示差异在 0.05 水平显著。

在棕壤和水稻土中,HN₂ 处理油菜全磷含量最高,地上部和地下部全磷含量分别比对照提高了 26.43%、22.5% 和 36.36%、37.50%;相同总价格的微晶化磷矿粉和过磷酸钙相比,棕壤和水稻土中 HN₃ 处理与 SP 处理间差异不显著,各处理的增幅顺序为 HN₂ 处理 > HN₃ 处理 > SP 处理 > HN₁ 处理 > CK;油菜地上部和地下部的磷吸收量也较对照显著提高。

在褐土和潮土中,HN₂ 处理效果最佳,其次是 SP 处理和 HN₃ 处理间差异不显著;各处理油菜地上部全磷含量分别比对照提高了 19.15%、8.51%、27.66%、23.4% 和 25%、

12.5%、35%、26.33%;各处理油菜地上部和地下部磷吸收量也较对照处理显著提高,潮土中 HN₃ 处理分别是对照处理的 1.13、1.38 倍,褐土上油菜地上部的磷吸收效率也分别比对照提高了 36.34%、15.82%、87.29%、44.46%。

在红壤中,HN₂ 处理效果最优,其次是 HN₃ 处理和 HN₁ 处理,且两处理间差异不显著。SP 处理、HN₁ 处理、HN₂ 处理、HN₃ 处理的油菜地上部和地下部全磷含量分别比对照提高了 7.41%、11.11%、37.04%、22.22% 和 5.56%、5.56%、27.78%、16.67%。油菜地上部和地下部磷吸收量以 HN₂ 处理最显著,各处理都比对照有所提高。

3 结论

(1)在试验的 5 种类型土壤上,微晶化磷矿粉均能不同程度地提高土壤速效磷含量。在红壤中,微晶化磷矿粉效果最显著,在等总价条件下 HN₃ 处理肥效显著高于 SP 处理;在棕壤和水稻土等偏酸性土壤上,各处理间增幅顺序为 HN₂ 处理 > HN₃ 处理 > SP 处理 > HN₁ 处理 > 对照;在褐土和潮土等中碱性土壤上,HN₂ 处理效果最佳,等总价的 HN₃ 处理和 SP 处理间差异不显著,HN₁ 处理效果较差,但较对照显著提高土壤速效磷含量。

(2)微晶化磷矿粉对油菜苗期叶长、叶宽以及鲜重干重都有显著影响,在棕壤和褐土上生长状况最优,在红壤上微晶化磷矿粉肥效释放最大,在潮土和水稻土上油菜生物量也较对照显著提高。

(3)油菜的全磷含量和磷吸收量也在不同类型土壤不同处理间表现出显著性差异,处理间以双倍施肥量处理最优,酸性土壤上 HN₃ 处理磷矿粉肥效与 SP 处理肥效相当,在中碱性土壤上则差异显著。

(4)与常规磷肥过磷酸钙相比,微晶化磷矿粉有效磷的释放在酸性土壤上效果较好,在相同总价的情况下微晶化磷矿粉肥效与过磷酸钙相当。在中碱性土壤上,增施微晶化磷矿粉可以达到与过磷酸钙相当的肥效,而且寻求合理的活化方法促进其磷的释放,以期在中碱性土壤上大范围推广施用。

参考文献

[1] 李俊艳. 改性磷矿粉的制备及其对油菜幼苗生长和土壤性质的影响 [D]. 武汉:华中农业大学,2008.

[2] 国林涛. 超微细磷矿粉的生物有效性及其机理研究 [D]. 泰安:山东农业大学,2008.

[3] 何振全,刘春生,盖国胜,等. 磷矿粉超微细化对磷有效性的影响 [J]. 水土保持学报,2009(2):210-212.

[4] 蒋柏藩. 中国磷矿农业利用的研究 [J]. 中国农业科学,1988(4):62-67.

[5] 李美清. 微晶化磷矿粉的发酵活化及其农作物效应研究 [D]. 泰安:山东农业大学,2012.

[6] 冯兆滨. 活化磷矿粉的土壤反应和植物有效性研究 [D]. 北京:中国农业科学院,2006.

[7] 胡红青,刘景福,刘凡. 酸性土壤施用磷矿粉对油菜的增产效果 [J]. 湖北农业科学,1993(11):7-9,38.