

有机结合态磷肥对土壤微生物及磷酸酶的影响*

王斐¹, 李菊梅², 戴建军¹, 马义兵²

(1. 东北农业大学研究生院 黑龙江哈尔滨 150030;

2. 农业部作物营养与施肥重点实验室, 国家土壤肥力与肥料效益监测站网,
中国农业科学院农业资源与农业区划研究所 北京 100081)

摘要 土壤培养和盆栽试验结果表明:与无机磷肥相比,有机结合态磷肥能够大幅提高土壤微生物数量和土壤磷酸酶含量;有机结合态磷原产物与磷矿粉配合的有机结合态磷肥对提高土壤微生物量的效果最好,比无机磷肥提高23倍,对提高土壤磷酸酶含量的效果也最好,比无机磷肥提高约6倍;有机结合态磷原产物与缓释氮配合的效果次之,但与前者差异幅度不大。有机结合态磷肥具有降低土壤pH的效果,对pH较高的石灰性土壤效果良好,在pH低的红壤上应选用磷矿粉与有机结合态磷原产物复合的肥料效果较好。

关键词 有机结合态磷肥 微生物 磷酸酶

Effect of Organic Combined Phosphatic Fertilizers on Soil Microbes and Phosphatase

Wang Fei¹, Li Jumei², Dai Jianjun¹, Ma Yibing²

(1. Graduate School of Northeast Agricultural University Heilongjiang Harbin 150030;

2. Ministry of Agriculture Key Laboratory of Crop Nutrition and Fertilization, State Soil Fertility and Fertilizer Efficiency Monitoring Station Nets, Agricultural Resources and Regional Planning
Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences Beijing 100081)

Abstract The results from soil culture and pot culture experiments show that when compared with inorganic phosphatic fertilizers, organic combined phosphatic fertilizers can greatly increase the quantity of soil microbes and the content of soil phosphatase; the original organic combined phosphatic product is mixed with ground phosphate rock to become organic combined phosphatic fertilizers, which give the best results of increasing the soil microbe quantity, 23 times higher than that of inorganic phosphatic fertilizers, and also the soil phosphatase content, 6 times higher than that of inorganic phosphatic fertilizers; next to the results of original organic combined product mixed with slow-release nitrogenous fertilizers, but not much different from the former. Organic combined phosphatic fertilizers have the effect of lowering the soil pH value, good for calcareous soil with a high pH value, and for red earth with a low pH value it is better to choose the compounds of ground phosphate rock mixed with organic combined phosphatic fertilizers, to give good results.

Keywords organic combined phosphatic fertilizers microbes phosphatase

磷是自然生态系统中生命存在的必需元素,在人类赖以生存的土壤-植物-动物生态体系中

起着不可替代的作用,是植物生长发育不可缺少的营养元素之一。植物所利用的磷主要来源于土

* 国家自然科学基金项目(30971868)——“稻田土壤磷素的积累规律、预测模型与归宿研究”。

作者简介:王斐(1987—),男,硕士研究生,研究方向为新型高效肥料;672360226@qq.com。

通讯作者:李菊梅,副研究员,研究方向为新型肥料;jmli@caas.cn。

壤,但土壤中磷含量相对较低,不能满足作物高产需求^[1~5]。全世界 $13.19 \times 10^9 \text{ hm}^2$ 的耕地中约有 43% 缺磷;我国 $1.07 \times 10^9 \text{ hm}^2$ 农田中大约有 2/3 严重缺磷,特别是速效磷含量低^[6~9];土壤缺磷已成为我国乃至全世界制约农业生产的重要因素之一。岩石风化物是土壤磷素的自然来源,而磷矿则是化学工业磷肥生产的主要原料来源,因此,供作物生长发育的磷素也是不可再生的矿产资源^[10]。世界磷矿资源有限,据相关研究^[11]报道:虽然全球总储磷量仍可供人类使用上百年,但是依靠现有开采技术,可经济开采出的磷矿实际仅能供使用 50 年左右。施用磷肥是高产稳产的重要保障措施之一,一般施用的磷肥为无机磷肥,但由于无机磷肥和土壤性质决定了在土壤中会发生磷固定,因此,磷肥有效性降低,一般当季利用率只有 10% ~ 25%^[9]。新型有机结合态磷肥是基于有机物质作为磷的载体,很大程度上阻止了

磷在土壤中被固定,提高了磷的移动性,使土壤中速效磷含量提高,同时也提高了肥料利用率。目前,国内外关于有机结合态磷肥的研究鲜见报道。本文在有机结合态磷肥有效性研究^[12]的基础上,进一步研究有机结合态磷肥对土壤中微生物与磷酸酶的影响,以期为进一步发展应用有机结合态磷肥提供依据。

1 材料与方 法

1.1 供试作物及土壤

供试玉米品种:农大 4967。

供试土壤:河北廊坊砂性质地潮土、陕西塿土和湖南祁阳县官山坪红壤,均为未施肥表层土壤,其中砂性质地潮土 A 由于第 1 次采样不足,所以盆栽试验时又从河北廊坊第 2 次采集砂性质地潮土 B(30 cm 以下土壤)。供试土壤去除杂物后风干磨碎并过 1 mm 筛备用,其基本性状见表 1。

表 1 供试土壤基本性状

供试土壤	有机质/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	全氮(以 N 计)/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	全磷(以 P 计)/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	全钾(以 K 计)/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	速效氮(以 N 计)/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	速效磷(以 P 计)/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	速效钾(以 K 计)/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	pH
砂性潮土 A	8.73	0.54	0.63	20.50	36.7	36.1	168.0	7.88
砂性潮土 B	4.01	0.26	0.47	19.27	25.0	1.7	44.4	8.54
塿土	13.10	0.85	0.67	21.30	79.5	13.2	273.0	7.66
红壤	15.20	0.97	0.42	12.60	115.0	37.8	272.0	5.38

1.2 供试肥料

供试肥料共计 12 种:OP 为有机结合态磷原产物;NP1 ~ NP4 为有机结合态缓释 NP 肥料,其中 NP1 和 NP2 采用尿素与 OP 按质量比 5 : 3 并分别加入 60 mL 和 80 mL 甲醛制成,NP3 和 NP4 采用尿素与 OP 按质量比 1 : 1 并分别加入 60 mL 和 80 mL 甲醛制成;OP1 和 OP2 为 OP 与低品位磷矿粉分别按质量比 1.0 : 1.5 和 1.0 : 2.0 配合制成;磷酸二氢钾(K-P)、过磷酸钙(Ca-P)、焦磷酸钠(Na-P)和氯化钾(KCl)均为分析纯。各供试肥料养分含量见表 2。

1.3 试验装置

磷肥扩散试验装置为 $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}$ 的长方体容器,材质为 PVC,上下中空,平放后其中一侧可以滑动。在试验时,需先安装便于拆卸的顶部和底部,且保证底部平整。扩散试验装置示意如图 1 所示。

表 2 供试肥料养分含量/% (质量分数)

供试肥料	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
NP1	16.80	14.60	
NP2	16.52	15.07	
NP3	11.84	15.91	
NP4	11.46	16.90	
OP1		13.18	
OP2		12.85	
OP		17.29	
Ca-P		14.00 ~ 20.00	
K-P		51.20	
Na-P		51.50	
尿素	46.00		
KCl			63.00

1.4 测定项目及试验操作

1.4.1 土壤培养试验

测定项目:微生物数量,土壤 pH。

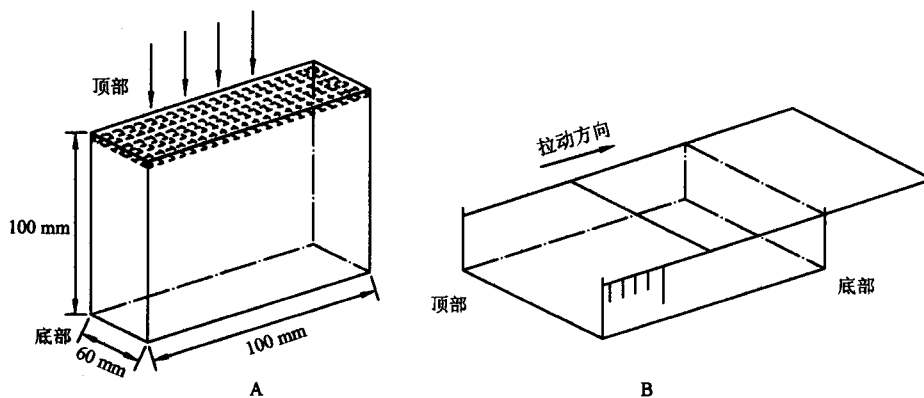


图1 扩散试验装置示意

土壤培养试验装盒操作:将砂性潮土 A、垆土和红壤分别风干磨碎过 1 mm 筛后装入长方体容器内,装土时尽量使土体紧实无大空隙,装土结束后将土表整理平整光滑。装盒后,砂性潮土 A、垆土和红壤分别浸没于蒸馏水中,蒸馏水水面应没过顶部土壤表面,然后取出容器,放置 5 min,使土样含水量达到饱和。部分有机结合态磷肥为液体肥料,称重时可先将塑料薄膜置于天平上,去皮后再称取需要的肥料量,然后将薄膜缓慢反转平铺覆盖在土面上,尽量保证肥料均匀平铺,目的是使整个表面的磷肥均匀同步向下扩散。无机磷肥在称重后均匀地平铺在土面上,然后在表面覆盖保鲜膜,同时在保鲜膜上均匀扎 15 个 0.2 mm 小孔,以保证其通气,然后在 25 ℃ 下连续恒温、恒湿培养 15 d^[12]。

取样方法:培养结束后,去除容器顶部表面的保鲜膜,将土柱平放(图 1B),拆除底部,缓慢移动可滑动的一面,使土柱露出;用刻度尺在盒子上做好标记,取 5~10 mm 土层,用刀片将土柱小心切成均匀的土片,将鲜土土片立即用平板计数法测定微生物数量。

1.4.2 盆栽试验

测定项目:磷酸酶活性。

盆栽试验方案:设 9 个处理,每个处理设 3 次重复,共计 27 盆,盆栽用土为砂性潮土 B。按 1 kg 土施氮(N)0.25 g、磷(P₂O₅)0.12 g、钾(K₂O)0.20 g 进行施肥。每盆栽土 2.5 kg,并将肥料与土混匀,所有盆栽随机排列,并经常调换位置以使温度、光照均匀,生长 90 d 收获。

1.5 参数测定方法

各参数测定方法^[13-14]:土壤有机质采用重铬酸钾容量法-外加热法;土壤全氮采用半微量开氏法;土壤全磷采用 HClO₄-H₂SO₄ 消煮,再用钼锑抗比色法测定;土壤全钾采用 NaOH 熔融,火焰光度法测定;土壤速效氮采用碱解扩散法测定;土壤速效磷采用 NaHCO₃ 浸提,钼锑抗比色法测定;土壤速效钾采用 NH₄OAc 浸提,火焰光度法测定;土壤 pH 按水土比 1.0:2.5, pH 计测定;土壤磷酸酶活性采用对硝基苯磷酸盐法测定;微生物数量的测定采用稀释平板培养法。

2 试验结果

2.1 有机结合态磷肥对土壤 pH 的影响

不同种类磷肥对土壤 pH 的影响见表 2。

表 2 不同种类磷肥对土壤 pH 的影响

供试土壤	CK ¹⁾	Ca-P	K-P	Na-P	NP1	NP2	NP3	NP4	OP1	OP2	OP
红壤	5.38 a	5.37 a	5.35 a	5.37 a	5.31 ab	5.26 abc	5.24 abc	5.26 abc	5.11 cd	5.17 bcd	5.03 d
垆土	7.51 a	7.24 b	7.49 a	7.49 a	6.56 c	6.47 cd	6.62 c	6.34 de	6.22 e	6.46 cd	6.21 e
砂性潮土 A	7.53 a	6.65 b	7.45 a	7.44 a	6.32 d	6.33 d	6.20 e	6.23 de	6.07 f	6.51 c	6.05 f

注:1)CK 为不施磷肥对照。

由表 2 可见:在 3 种土壤上分别施用无机磷肥 K-P 和 Na-P,对土壤 pH 无显著影响,只有 Ca-P 在降低垆土与砂性潮土 A 的 pH 与对照相比

达到显著差异;施用 4 种有机结合态 NP 肥料,垆土和砂性潮土 A 的 pH 下降显著,而红壤的 pH 下降不显著;与 CK 和无机磷肥相比,施用 OP1,

OP2 和 OP 的处理都显著降低了土壤 pH。由此可以得出:有机结合态磷原产物及其配合物都有降低土壤 pH 的作用,在红壤中用有机结合态磷肥处理的 pH 比无机磷肥处理的平均降低了 0.34;在瘠土和砂性潮土 A 中,有机结合态磷肥处理的 pH 分别比无机磷肥处理的平均降低了 1.20 和 1.13;单施 OP 处理降低土壤 pH 幅度最

大,与氮和磷矿粉分别结合后降低 pH 的幅度有所减弱。

2.2 有机结合态磷肥对土壤微生物的影响

2.2.1 在不同土壤上有机结合态磷肥对细菌数量的影响

不同种类磷肥对 3 种供试土壤细菌数量的影响如图 2 所示。

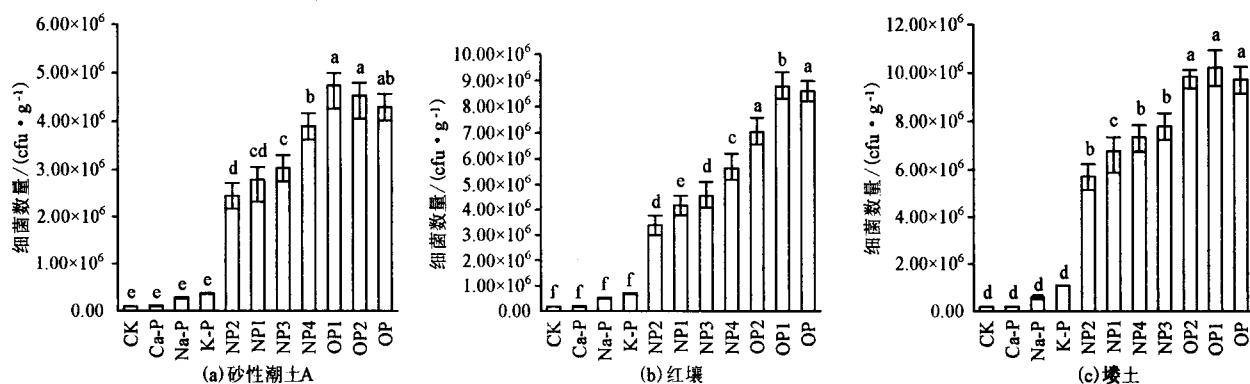


图 2 不同种类磷肥对 3 种土壤细菌数量的影响

由图 2 可见:在不施肥情况下,3 种土壤中细菌数量均很低;施用无机磷肥的土壤细菌数量虽有提升,但与对照相比,提升效果达不到显著;在 3 种土壤上施用有机结合态磷原产物及其配合物,土壤细菌数量都极显著高于无机肥处理的细菌数量,平均提高 27 倍左右,比施用肥料 NP1, NP2, NP3 和 NP4 的平均提高 50% 左右。在 3 种土壤上,施用 OP, OP1 和 OP2 提高土壤细菌数量最多,三者几乎无显著差异。OP1 提高土壤细菌总数效果最好,在砂性潮土 A 中细菌数量最多达到 4.90×10^6 cfu/g (cfu 代表 colony forming units, 菌落形成单位),比 3 种无机磷肥处理高 13 ~

42 倍;在红壤中细菌数量最多达 8.70×10^6 cfu/g,比 3 种无机磷肥处理高 13 ~ 50 倍;在瘠土中细菌数量最达到 1.08×10^7 cfu/g,比 3 种无机磷肥处理高 10 ~ 37 倍。4 种有机结合态 NP 肥料 (NP1, NP2, NP3 和 NP4) 提高土壤细菌数量效果平均比无机磷肥处理高 17 倍,但比 OP, OP1 和 OP2 的效果差。试验结果表明:含有机结合态磷的肥料对土壤中细菌数量提升幅度非常显著。

2.2.2 在不同土壤上有机结合态磷肥对真菌数量的影响

不同种类磷肥对 3 种土壤真菌数量的影响如图 3 所示。

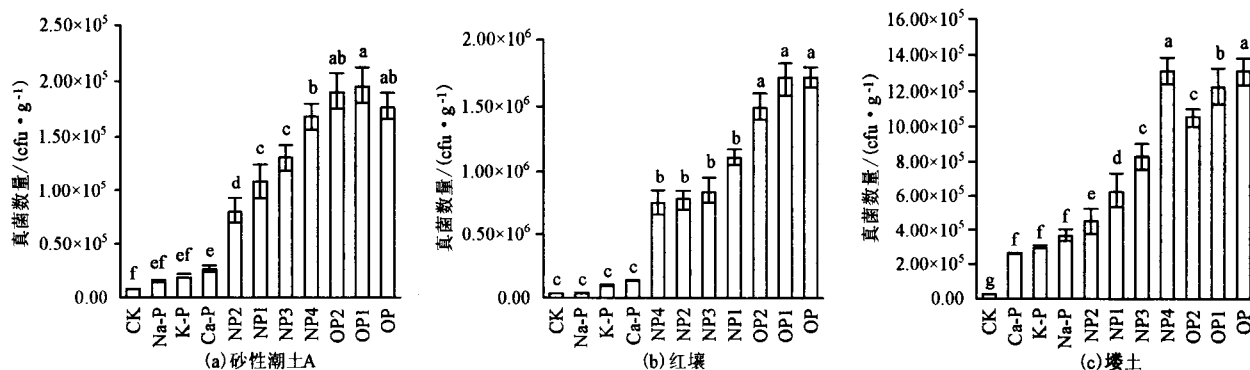


图 3 不同种类磷肥对 3 种土壤真菌数量的影响

同样,在不施肥情况下,土壤真菌数量也很低。与 CK 相比,在红壤上施用无机磷肥的土壤

真菌数量无显著提升,但在瘠土和砂性潮土 B 上,无机磷肥提升土壤真菌数量达到显著差异,说明

无机磷肥有提升土壤真菌数量的作用。与施用无机磷肥相比,在3种土壤中,OP,OP1和OP2能大幅提高土壤真菌数量,平均提高8倍左右,而且平均比施用肥料NP1,NP2,NP3和NP4的提高70%左右。在砂性潮土A中,OP,OP1和OP2处理的土壤中的真菌数量平均为 1.77×10^5 cfu/g,比无机磷肥处理高6.1倍;在红壤中,土壤中真菌

数量平均为 1.51×10^6 cfu/g,比无机磷肥处理高24倍;在瘠土中,土壤中真菌数量平均为 11.4×10^5 cfu/g,比无机磷肥处理高2.7倍。

2.2.3 在不同土壤上有机结合态磷肥对放线菌数量的影响

不同种类磷肥对3种土壤放线菌数量的影响如图4所示。

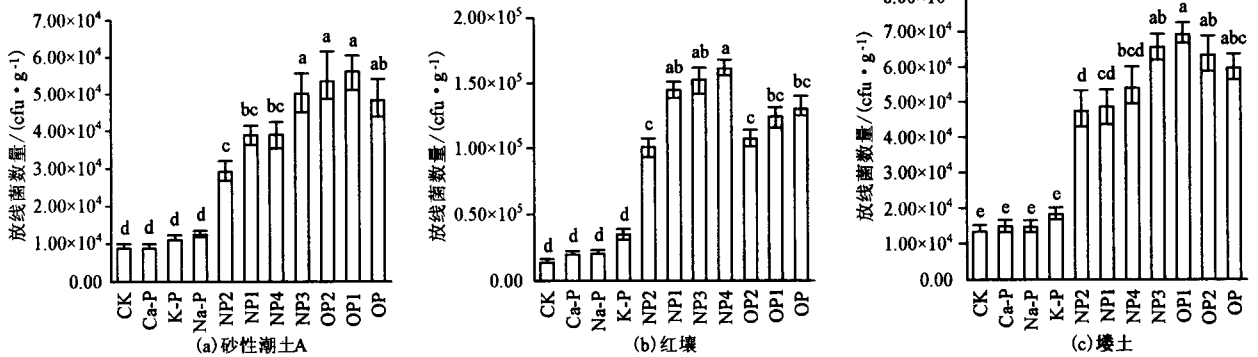


图4 不同种类磷肥对3种土壤放线菌数量的影响

与细菌、真菌相比,3种土壤中放线菌数量相对较少。在3种土壤中施用3种无机磷肥处理的放线菌数量均较少,且与对照处理无显著差异。含有机结合态磷肥处理的放线菌数量都极显著高于无机磷肥处理,其中:在砂性潮土A中,提高放线菌数量效果以OP1和OP2最好,OP1,OP2,NP3和OP提高放线菌数量效果无显著差异;在含NP类肥料中,NP3效果最好,且显著高于NP1,NP2和NP4,后三者之间无显著差异;OP1,OP2和OP提高放线菌数量比无机磷肥处理平均高21倍,比NP1,NP2,NP3和NP4处理高30%;NP1,NP2,NP3和NP4提高土壤放线菌数量平均比无机磷肥处理高16倍。在瘠土上,OP1,OP2,NP3和OP处理提升放线菌数量幅度相当,效果最好,四者之间无显著差异;在含NP类肥料中,也是NP3效果最好,且显著高于NP1和NP4;NP1,NP2和NP4之间无显著差异;OP1,OP2和OP提高放线菌数量平均比无机磷肥处理高17倍,比NP1,NP2,NP3和NP4处理提高30%;NP1,NP2,NP3和NP4处理提高放线菌数量比无机磷肥处理平均提高13倍。在红壤上,与其他2种土壤上不同的是NP1,NP2,NP3和NP4处理提高放线菌数量效果比OP1,OP2和OP处理平均高20%,比无机磷肥处理高10倍;OP1,OP2和OP处理提高放线菌数量效果比无机磷肥处理高8倍。由此可见:在

3种土壤上,含有机结合态磷肥处理提高放线菌数量效果比无机磷肥处理高8~21倍,OP1,OP2和OP三种肥料效果无显著差异;在砂性潮土A和瘠土上,OP1,OP2和OP提高放线菌数量效果比NP1,NP2,NP3和NP4处理好;在红壤上,OP1,OP2和OP提高放线菌数量效果比NP1,NP2,NP3和NP4处理差些。

2.2.4 在不同土壤上有机结合态磷肥对总菌量的影响

不同种类磷肥对3种土壤总菌量的影响如图5所示。

在3种供试土壤,即砂性潮土A、红壤以及瘠土,施用无机磷肥处理提高总菌量均较低,且与对照处理相比无显著差异。含有机结合态磷肥处理的总菌量都显著高于无机磷肥处理,平均提高17倍。在3种土壤上,提高总菌数量效果均表现为OP1,OP2和OP效果较好,OP1和OP之间无显著差异;OP1,OP2和OP的处理比无机磷肥的处理平均提高土壤总菌量23倍左右,比NP1,NP2,NP3和NP4处理提高总菌量60%。NP1,NP2,NP3和NP4处理提高总菌量效果比无机磷肥处理高14倍。由此可见:有机结合态磷肥提高土壤微生物量效果非常好;OP1,OP2和OP三种肥料效果最好,在红壤中总菌量提升幅度最大,而后依次为砂性潮土A和瘠土。

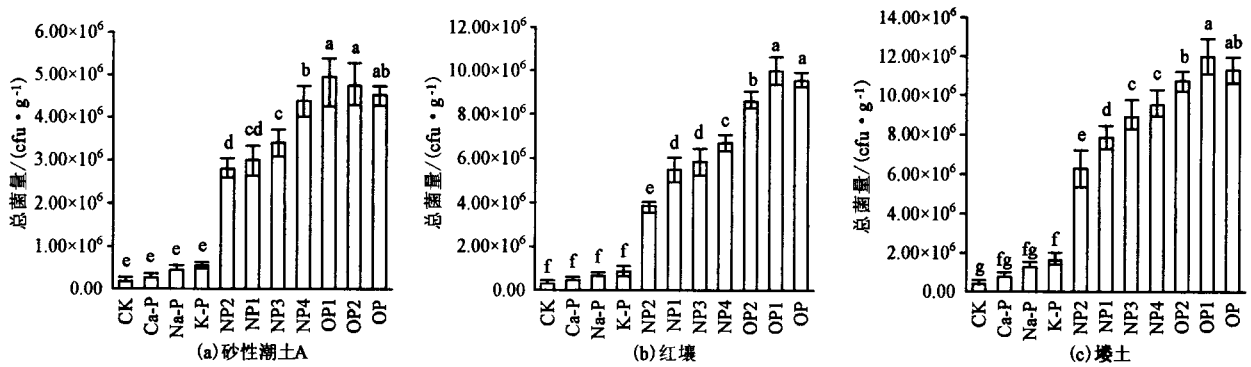


图5 不同种类磷肥对3种土壤总菌量的影响

2.3 有机结合态磷肥对土壤磷酸酶含量的影响

2.3.1 不同种类磷肥对土壤酸性磷酸酶含量的影响

磷酸酶是一类催化土壤有机磷化合物矿化的酶,其活性直接影响土壤有机磷的分解、转化及其生物有效性^[15]。不同种类磷肥对土壤酸性磷酸酶含量的影响如图6所示。

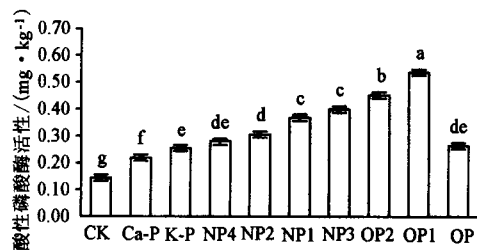


图6 不同种类磷肥对土壤酸性磷酸酶含量的影响

从图6可看出:施用磷肥均可提高土壤酸性磷酸酶含量;施用K-P提高酸性磷酸酶含量效果比施用Ca-P的显著提高,但提高幅度不大;施用含有机结合态磷肥的处理提高酸性磷酸酶含量效果比施用无机磷肥的处理有大幅度提高,提高幅度顺序为OP1 > OP2 > NP3 > NP1 > NP2 > NP4 > OP;与Ca-P相比,OP1和OP2分别提高酸性磷酸酶含量9.0倍和7.0倍;与K-P相比,OP1和OP2分别提高酸性磷酸酶含量3.9倍和4.1倍;与Ca-P相比,NP3和NP1分别提高酸性磷酸酶含量6.3倍和5.7倍;与K-P相比,NP3和NP1分别提高酸性磷酸酶含量2.7倍和2.4倍。由此可见:有机结合态磷原产物与磷矿粉配合提高酸性磷酸酶含量效果最好,有机结合态磷原产物与缓释氮结合的效果次之。

2.3.2 不同种类磷肥对土壤碱性磷酸酶含量的影响

不同种类磷肥对土壤碱性磷酸酶含量的影响

如图7所示。

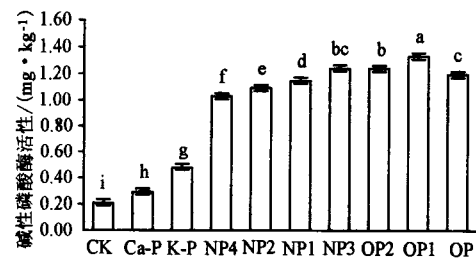


图7 不同种类磷肥对土壤碱性磷酸酶含量的影响

同样,施用磷肥有显著提高碱性磷酸酶含量的效果。无机磷肥K-P提高碱性磷酸酶含量效果比Ca-P的好;施用无机磷肥虽有提高土壤碱性磷酸酶含量的显著效果,但提高幅度不大,而有有机结合态磷肥能大幅度提高碱性磷酸酶含量。几种有机结合态磷肥提高碱性磷酸酶含量效果顺序为OP1 > OP2, NP3 > OP > NP1 > NP2 > NP4;这几种磷肥提高碱性磷酸酶含量之间虽有显著差异,但幅度不大;与无机磷肥相比,差异幅度很大,平均比无机磷肥提高碱性磷酸酶含量4.6倍。

3 结语

(1)有机结合态磷原产物及其与磷矿粉和缓释氮配合都能够大幅度提高土壤微生物数量,以与磷矿粉配合的效果最好。与有机结合态磷肥相比,施用无机磷肥提高土壤微生物数量效果很微弱。

(2)有机结合态磷肥提高土壤磷酸酶含量是无机磷肥的6倍,其中以有机结合态磷原产物与磷矿粉配合的为最好,与缓释氮配合的效果虽差些,但差异幅度不是很大。

(3)有机结合态磷原产物有降低土壤pH的效果,在pH较高的石灰性土壤上使用效果较好,

在 pH 较低的红壤上应选用与磷矿粉复合的有机结合态磷肥。

参考文献

- [1] 兰中东,王周琼.不同处理的灰漠土对磷吸附与解吸的影响[J].干旱区研究,2002,19(3):49-51.
- [2] 罗敏,王旭东.不同肥力壤土的土壤颗粒分布及其磷素吸附-解析规律[J].干旱地区农业研究,2008,26(6):106-109.
- [3] 陈波浪,盛建东,蒋平安,等.不同质地棉田土壤对磷吸附与解吸研究[J].土壤通报,2010,41(2):303-307.
- [4] 王庆仁,李继云,李振声.植物高效利用土壤难溶态磷研究动态及展望[J].植物营养与肥料学报,1998,4(2):107-116.
- [5] Sharpley A N, Foy B, Wither P. Practical and innovative measures for the control of agricultural phosphorus losses to water: An overview[J]. J Environ Qual, 2000,29:1-9.
- [6] 沈善敏.论我国磷肥的生产与应用(一)[J].土壤通报,1985(3):97-103.
- [7] 刘建中,李振声,李继云.利用植物自身潜力提高土壤中磷的生物有效性[J].生态农业研究,1994(1):18-25.
- [8] 来璐,郝明德,彭令发.土壤磷素研究进展[J].水土保持研究,2003,10(1):65-67.
- [9] 鲁如坤,史陶钧.土壤磷素在利用过程中的消耗和积累[J].土壤通报,1980(5):6-8.
- [10] 宋付朋.长期施磷石灰性土壤无机磷形态特征及其有效性研究[D].山东:山东农业大学,2006:9-10.
- [11] Gilbert N. Environment: The disappearing nutrient [J]. Nature, 2009, 461: 716-718.
- [12] 文方芳.有机结合态磷肥研制与有效性研究[D].北京:中国农业科学院,2009:25-58.
- [13] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000:253.
- [14] 陈华癸.微生物学[M].北京:农业出版社,1988:68-72.
- [15] 赵少华,宇万太,张璐,等.土壤有机磷研究进展[J].应用生态学报,2004,15(11):2189-2194.

(收稿日期 2013-01-22)

(上接第2页)

3 科技创新治理三废

(1)磷石膏渣场淋溶水回收利用。六国公司干法排渣的磷石膏排放量达2 200 kt/a(湿基),有大量淋溶水需处理,不仅增加生产成本,而且面临巨大的环境风险,同时造成磷资源严重浪费。为发展企业循环经济、科学高效开发利用资源,六国公司通过自主创新,研究开发了磷石膏渣场淋溶水回收技术。该技术通过加大渣场淋溶水汇集面积、根据当地气候条件对淋溶水回收量进行测算及通过提高磷酸装置污水处理能力技术改造,实现了淋溶水的输送、稳定回收利用和装置的正常生产,平均回收淋溶水375 kt/a。同时,六国公司研究开发了蒸汽冷凝液回收及全厂生产净下水综合利用技术,成功解决了磷复肥行业水资源高效利用的难题,工艺技术水平国内领先。该技术成果的实施,年创造直接经济效益超过1 300万元,同时大幅减少了生产污水排放,节约了珍贵的磷资源和水资源。

(2)加强磷石膏综合利用力度。为消化湿法磷酸副产的磷石膏,六国公司成立专门机构研究开发磷石膏综合利用技术,先后开发建设了磷石膏生产水泥缓凝剂、建筑石膏粉、纸面石膏板工业

化装置。根据“十二五”规划,六国公司将进一步加大磷石膏处理力度,开发先进的三废利用新技术,磷石膏年处理量将提高至2 000 kt以上,实现磷石膏综合利用率达100%的目标。


4 实施节能减排技术改造

(1)全公司污水闭路循环。磷复肥生产过程中需消耗大量新鲜水,同时也会产生大量污水和净下水。近年来,六国公司通过技术攻关和技术改造,成功实现了生产污水闭路循环,在全国率先实现磷酸、磷酸铵生产污水零排放。尽管生产过程中产生的净下水较分散而难以实现完全回收利用,但六国公司通过采纳合理化建议、加强对各个部门的考核管理,实现了净下水100%回收利用。

(2)采用新技术对装置进行节能技术改造。六国公司通过对生产装置不断进行节能技术改造,且改造成效显著:磷酸萃取尾气洗涤系统设备及工艺流程进行技术升级,每年可以节省蒸汽约22 kt,价值约400万元;采用变频调速、无功补偿、提高功率因数、错峰填谷等节能技术,大幅度提高了装置用电效率,仅节电技术改造年节约费用1 000万元。

(收稿日期 2012-10-26)

有机结合态磷肥对土壤微生物及磷酸酶的影响

作者: [王斐](#), [李菊梅](#), [戴建军](#), [马义兵](#), [Wang Fei](#), [Li Jumei](#), [Dai Jianjun](#), [Ma Yibing](#)
作者单位: [王斐,戴建军,Wang Fei,Dai Jianjun\(东北农业大学研究生院 黑龙江哈尔滨150030\)](#), [李菊梅,马义兵,Li Jumei,Ma Yibing\(农业部作物营养与施肥重点实验室,国家土壤肥力与肥料效益监测站网,中国农业科学院农业资源与农业区划研究所 北京 100081\)](#)
刊名: [化肥工业](#) 
英文刊名: [Chemical Fertilizer Industry](#)
年, 卷(期): 2013, 40(3)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_hfgy201303002.aspx