

# 不同添加材料对化肥中磷素释放和扩散的影响\*

杨莹, 杨雪芹, 关文玲, 刘军领, 王旭东

(西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

**[摘要]** 采用不同的添加材料与化学磷肥混合, 通过室内扩散试验, 研究不同添加材料对化学肥料中磷素释放和扩散的影响。结果发现, 选用的5种材料(沸石、胡敏酸、聚丙烯酰胺、柠檬酸、羧甲基纤维素)均能不同程度地提高肥料磷在土壤中的有效性。与对照相比, 柠檬酸在培养初期(1周)能够促进化学磷肥的溶解和扩散, 可使肥料点和外围的速效磷含量升高约2.7倍; 胡敏酸、PAM在培养4周后能提高施肥点的速效磷, 而且使最外层(7~9 cm)的速效磷也有较明显的增加, 分别较对照提高75%和68%。

**[关键词]** 磷肥; 肥料添加材料; 磷素扩散; 磷素释放

**[中图分类号]** S143.2

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-9387(2005)06-0084-03

中国是缺磷现象比较严重的国家, 无论是南方的酸性土壤, 还是北方的石灰性土壤, 都普遍存在着缺磷现象<sup>[1]</sup>。我国从20世纪70年代后期开始普遍施用磷肥, 迄今已有30多年的施用历史。有研究<sup>[2]</sup>指出, 磷素的当季利用率仅有20%左右。磷素在土壤中既不挥发, 在北方地区也很少产生淋失, 其利用率低的主要原因是施入的可溶性磷与土壤介质发生了物理、化学、生物反应, 导致土壤对磷的吸附、固定, 从而使磷的溶解性和生物有效性降低<sup>[3-7]</sup>。因此, 无论从土壤的角度, 还是从肥料的角度, 促进肥料中磷素的释放, 是提高磷肥有效性的一种有效途径<sup>[8]</sup>。另外, 磷在土壤中的迁移以扩散为主, 和其他养分离子相比, 扩散速度相对较低, 通过一定的措施, 提高磷在土壤中的扩散性, 也是提高磷肥生物有效性的途径之一。为此, 本研究采用不同的添加材料与化学磷肥混合, 通过室内扩散试验, 研究了不同添加材料对化学肥料中磷素释放和扩散的影响, 以期进一步提高磷肥的利用率并为新型肥料的研制奠定理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

1.1.1 供试土壤 采自西北农林科技大学农场大田土样, 质地为粘壤土, 风干后过2 mm筛。其含有有机质12.5 g/kg, 全氮0.89 g/kg, 速效磷8.5

mg/kg, 速效钾140 mg/kg, 碳酸钙53 g/kg, pH为8.09。

1.1.2 添加材料 选择沸石、胡敏酸、PAM(聚丙烯酰胺)、柠檬酸、羧甲基纤维素5种材料作为肥料添加物质。

1.1.3 供试磷肥 普钙(有效磷含量为160 g/kg)。

### 1.2 试验方法

1.2.1 改性肥料的制备 将5种不同类型的添加材料按一定比例分别与化学磷肥混合, 并通过压片机制成直径为0.6 cm的片剂。试验共设7个处理, CK0: 不施肥; CK: 单施磷肥; 处理1(T1): 沸石+磷肥; 处理2(T2): 胡敏酸+磷肥; 处理3(T3): PAM+磷肥; 处理4(T4): 柠檬酸+磷肥; 处理5(T5): 羧甲基纤维素+磷肥。每个处理4次重复。

1.2.2 扩散试验 选用直径18 cm, 高6 cm的圆形塑料盒, 每盒装土1.25 kg(土壤容重为1.25 g/kg), 将一定量的改性肥料施于土壤的中心点(上覆1 cm厚的土层), 用微型喷雾器在土壤表面均匀喷水187.5 mL, 达到田间持水量的80%。在室温下培养, 每周用称重法喷水2次, 分别在培养1, 2, 3, 4周后, 以施肥点为中心, 在距施肥点0~2.5 cm, 2.5~4 cm, 4~5.5 cm, 5.5~7 cm, 7~9 cm处按水平方向分层(记做1, 2, 3, 4, 5层)取土, 测定各土层的速效P含量。

\* [收稿日期] 2004-09-16

[基金项目] 陕西省自然科学基金项目(2003C106)

[作者简介] 杨莹(1981-), 女, 江苏铜山人, 在读硕士, 主要从事土壤化学研究。

[通讯作者] 王旭东(1965-), 男, 河南唐河人, 教授, 主要从事土壤化学研究。E-mail: xdwang01@263.net

1.2.3 测定项目与计算方法 各层土壤速效磷含量用  $\text{NaHCO}_3$  浸提-钼锑钒比色法测定。

土壤总样的速效磷由各层土壤速效磷计算, 即

$$\text{速效磷} = (X_i * G_i) / G_i$$

式中,  $X_i$  为不同层次速效磷含量;  $G_i$  为对应层次的土壤重量。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对土壤总样速效磷变化的影响

培养过程各处理土壤总样的速效磷变化如图 1 所示。由图 1 可见, 在培养 1 周时, 对照处理(单施磷肥)的土壤速效磷相对较低, 添加 PAM 的处理与对照相当, 而其他改性材料处理, 速效磷含量均高于对照。不同改性材料之间比较发现, 处理 4 土壤有效磷最高, 这与柠檬酸可以促进磷肥溶解, 减少土壤对磷

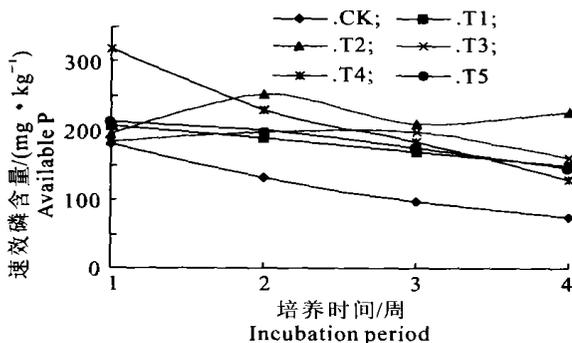


图 1 不同处理速效磷的变化动态

Fig. 1 Variation of available P

### 2.2 不同层次土壤中速效磷含量的变化

施肥点(第 1 层)速效磷含量变化显示(图 2), 随着培养时间延长, 对照处理的速效磷含量明显下降, 这一方面是由于磷在土壤中发生了不同程度的固定, 另一方面则是因为磷由施肥点向外层扩散所致。各改性肥料处理, 速效磷含量在整个培养期间均高于对照, 随着时间推移多数呈下降趋势, 但与对照相比, 下降较为缓慢(柠檬酸除外)。在培养 1 周时, 以添加柠檬酸处理的速效磷含量最高, 约为对照有效磷含量的 2.7 倍; 到培养 4 周时, 则以添加羧甲基纤维素、沸石、胡敏酸处理的较高, 约为对照的 4.2 倍。最外层(第 5 层)不同处理的速效磷变化动态(图 3)表明, 在培养 1 周时, 以添加柠檬酸处理的土壤速效磷含量最高, 比对照增加 20% 左右, 其他改性肥料处理均低于对照, 其中添加 PAM、沸石处理仅是对照的 64% 左右。随着培养时间延长, 对照和柠檬酸处理的速效磷含量明显下降; PAM 处理呈增加

的固定有关。随着培养时间推移, 对照处理速效磷含量明显下降, 说明土壤对速效磷有进一步固定的趋势; 处理 4 也明显下降, 这可能与柠檬酸被微生物矿化分解有关; 而其他处理速效磷下降缓慢, 胡敏酸处理的土壤速效磷含量有一定的起伏变化。培养到第 4 周时, 所有改性肥料处理的速效磷含量仍高于对照; 对不同添加材料的比较发现, 以添加胡敏酸的土壤速效磷最高, 比对照增加 200%; 其次是 PAM 处理, 比对照增加 110%; 沸石和羧甲基纤维素处理相当, 均较对照增加 90% 左右; 而添加柠檬酸处理的土壤速效磷增加相对较少(68%)。这进一步说明, 添加柠檬酸处理对肥料中磷的有效性提高具有明显的时效性, 而胡敏酸、PAM 的作用效果则随时间延伸而相对增大。

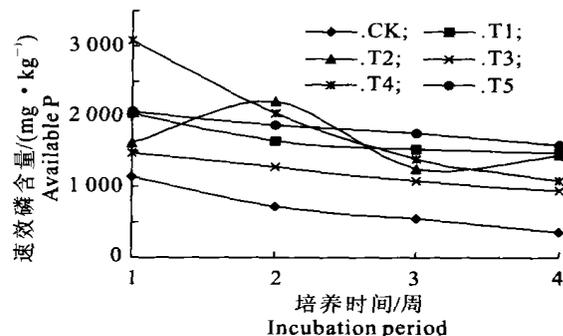


图 2 不同培养时间施肥点速效磷含量的变化

Fig. 2 Variation of available P in fertilization point

趋势; 沸石和胡敏酸处理呈现一定的起伏变化, 两者均以第二周为转折点, 沸石先增加, 后降低, 胡敏酸则先降低后又增加。到第 4 周时, 不同处理之间比较发现, 对照处理的土壤速效磷最低, 其他改性肥料处理均高于对照, 其中以胡敏酸处理最高, 其次为聚丙烯酰胺处理, 分别比对照高 75% 和 68%。

培养 4 周时, 各处理从第 1 层到第 5 层的速效磷变化(图 4)显示, 从施肥点向外层过渡, 土壤磷素水平均呈下降趋势, 进一步说明磷在土壤中具有不易移动的特征。不同处理之间比较发现, 对照处理的各层次速效磷含量均处于较低水平, 而改性肥料处理的各层次土壤速效磷, 尤其是距施肥点 7 cm 以内的土壤速效磷明显增加。不同添加材料之间比较发现, 在第 2 层以内(距施肥点 4 cm 以内), 羧甲基纤维素、胡敏酸、沸石处理的土壤速效磷含量较高, 而在第 2 层(4 cm)以外, 胡敏酸、PAM 处理的速效磷含量相对较高。

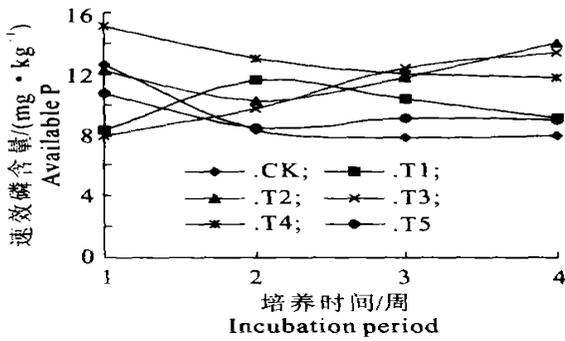


图 3 第 5 层(7~9 cm)土壤的速效磷含量

Fig 3 Available P in the fifth layer

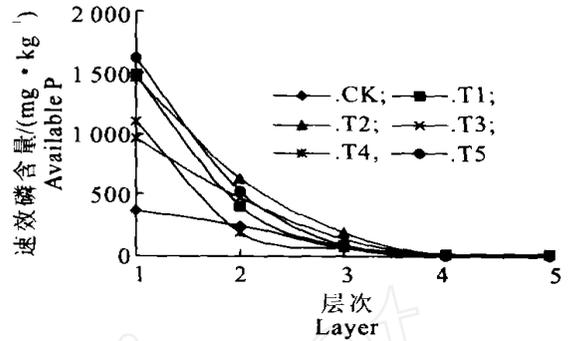


图 4 培养 4 周不同层次土壤的速效磷含量

Fig 4 Available P in different layers

during 4 weeks incubation

### 3 讨论

传统化学磷肥施入土壤后,因磷素易被土壤吸附、固定而导致磷的有效性降低,通过向肥料中添加某些材料,改变传统化学磷肥的性质,减少土壤对磷的吸附固定,增加磷在土壤中的扩散,是提高磷肥有效性的有效途径。本研究采用了沸石、胡敏酸、PAM、柠檬酸、羧甲基纤维素 5 种不同材料与化学磷肥混合,这 5 种材料的性质不同,沸石是具有多孔结构的天然矿物质,有保水、保肥的特点,一些研究<sup>[9,10]</sup>表明,沸石对磷具有很大的吸附容量,但吸附强度较土壤中的主要吸附基质(氧化物、粘土矿物、碳酸钙等)小,沸石与磷肥混合后,能够提高磷的有效性;本研究发现,沸石能使施肥点以及距施肥点 4 cm 以内土壤的速效磷含量明显提高,但对远离施肥点(大于 4 cm)的土壤速效磷影响较小。柠檬酸是低分子的有机酸,在培养试验的初期(第 1 周时),可使

施肥点以及最外层土壤的速效磷含量达到最高,充分说明柠檬酸可以增加磷的溶解性,减少磷在土壤中的吸附固定,增强磷在土壤中的移动(扩散)能力,这与他人<sup>[11~13]</sup>的研究结论基本一致;但柠檬酸为小分子有机酸,容易被微生物分解,故随着培养时间延长,其作用效果逐渐变小,因此在培养 4 周时,无论在施肥点,还是在最外层,柠檬酸处理土壤的速效磷含量居中。胡敏酸、AM、羧甲基纤维素为 3 种高分子有机化合物,同时,PAM、羧甲基纤维素与沸石属于保水保肥物质,其与磷肥复合后,能够竞争、掩盖土壤中磷的吸附位,减少土壤对磷的固定。这 3 种材料与磷肥复合后,一方面能够提高磷肥在施肥点有效性,另一方面随着时间推移,又可使施肥点的磷逐渐向外扩散,从而使外围磷表现出一定的升高趋势。

由本试验结果可知,不同添加材料对提高土壤中磷肥的有效性均有一定的积极意义,但在提高磷的生物有效性方面,还需作进一步的研究。

### [参考文献]

- [1] 沈仁芳,蒋柏藩,石灰性土壤无机磷的形态分布及其有效性[J]. 土壤学报, 1992, 29(1): 80- 85.
- [2] 中国科学院南京土壤研究所. 中国土壤[M]. 北京: 科学出版社, 1978. 383- 384.
- [3] L yam uremye F, Dick R P, Baham J. Organic amendments and phosphorus dynamics: I phosphorus chemistry and sorption[J]. Soil Sci, 1996, 161(7): 426- 435.
- [4] Holford R D. The high and low energy phosphate adsorbing surface in calcareous soils[J]. Soil Sci, 1975, 26: 407- 417.
- [5] 张新明,李化兴,刘远金. 磷酸盐在土壤吸附与解吸研究进展[J]. 土壤与环境, 2001, 10(1): 77- 80.
- [6] 李祖荫. 关于石灰性土壤固磷强度预固磷基质问题[J]. 土壤通报, 1992, 23(4): 190- 192.
- [7] 李祖荫,吕家珑. 碳酸钙与物理粘粒固磷特性研究[J]. 土壤, 1995, 27(6): 304- 310.
- [8] 许秀成,李的萍,王好斌. 世界缓释/控制释放肥料生产、消费现状[J]. 磷肥与复肥, 2000, 15(4): 5- 7.
- [9] 王光火,莫慧明,朱祖祥. 用天然沸石做改性肥料的研究[J]. 浙江农业大学学报, 1990, 16(3): 225- 228.
- [10] 关连珠,张继宏,严丽,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, 23(5): 205- 208.
- [11] 王光华,周德瑞,杨谦,等. 低分子量有机酸对磷矿粉的释磷效应[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(1): 80- 84.
- [12] 陆文龙,张福锁,曹一平. 低分子量有机酸对石灰性土壤磷吸附动力学的影响[J]. 土壤学报, 1999, 36(2): 189- 197.
- [13] 陆文龙,曹一平,张福锁. 低分子量有机酸对土壤无机磷形态转化的影响[J]. 华北农学报, 1999, 14(2): 79- 84.

(下转第 92 页)

## Study progress on factors affecting soil enzyme activity

WAN Zhong-mei, WU Jing-gui

(Faculty of Resource and Environment Sciences, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118, China)

**Abstract:** In this article, the study on factors affecting soil enzyme activity in recent years was reviewed. Several aspects such as microbial, aggregation, heavy metals, organic manure and so on were included. At the same time, the effects of the soil inorganic nanometer particle (SNP) on soil enzyme activity in the future research was forecasted.

**Key words:** soil enzyme activity; microbial; aggregation; heavy metals; organic manure

(上接第 86 页)

**Abstract ID:** 1671-9387(2005)06-0084-EA

## Effect of different amendments on the release and diffusion of phosphorus from chemical fertilizer

YANG Ying, YANG Xue-qin, GUAN Wen-ling, LIU Jun-ling, WANG Xu-dong

(College of Resource and Environment, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** In this paper, different kinds of amendments such as Zeolite, Humic acid, PAM, Citric acid and Carboxy methyl were used for mixing with phosphate. The release and diffusion of phosphorus in soil were studied by incubation experiment. The results showed that all the amendments could increase the availability of phosphorus from chemical fertilizer in soil. Citric acid could increase the adsorption and diffusion of phosphorus of chemical fertilizer in the first week by 2.7 times. After 4 weeks incubation, humic acid and PAM could increase the concentration of available phosphorus at the fertilization point and the available P increased by 75% and 68% in outer layer (7-9 cm) compared with the control.

**Key words:** phosphate; fertilizer amendment; phosphorus diffusion and release