

# $\beta$ -甘油磷酸钠的加入对土壤有机磷组分和速效磷含量的影响<sup>①</sup>

刘月娟, 汪金舫

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

**摘要:** 通过室内恒温培育试验, 研究了加入外源活性有机磷  $\beta$ -甘油磷酸钠对土壤有机 P 组分和速效 P 含量的影响。结果表明, 加入到不同类型土壤中的  $\beta$ -甘油磷酸钠, 但不仅使土壤活性有机 P 含量提高, 同时也能较迅速矿化为速效 P 和转化为中活性和中稳性有机 P 组分, 而对稳定性有机 P 含量的影响较小。但其矿化和形态转化的速率不同, 为潮土 > 黄棕壤 > 红壤。在黄棕壤中, 风干培育条件下有利于外源活性有机 P 的矿化, 淹水培育有利于外源活性有机 P 向中活性和中稳性有机 P 组分转化。在潮土和红壤中, 风干培育更利于外源活性有机 P 向中活性和中稳性有机 P 组分转化。

**关键词:**  $\beta$ -甘油磷酸钠; 黄棕壤; 潮土; 红壤; 有机磷组分

**中国分类号:** S158

土壤有机 P 是重要的植物营养资源之一, 我国大部分土壤中有有机 P 占全 P 20% ~ 50%<sup>[1]</sup>。自 Bowman 和 Cole<sup>[2]</sup> 1978 年首次提出土壤有机 P 分组测定方法以后, 国内外学者在土壤有机 P 成分及其有效性方面研究取得了较大的进展<sup>[3-9]</sup>, 其主要集中于有机肥料对土壤中有有机 P 组分变化影响的研究和对土壤有机 P 分组方法的探讨, 较少涉及有机 P 各组分在土壤中的相互转化问题。土壤有机 P 组分相互间转化与植物对 P 素的吸收利用密切相关, 有研究表明, 土壤中的活性有机 P 和中活性有机 P 的含量与植物生长有显著的相关关系<sup>[10]</sup>。因此, 了解土壤有机 P 组分相互间的转化与

含量变化, 对合理利用土壤有机 P 具有重要意义。本文通过室内恒温培育试验, 研究了加入外源活性有机 P  $\beta$ -甘油磷酸钠对潮土、黄棕壤和红壤中有有机 P 组分和速效 P 含量的影响, 为阐明土壤中有有机 P 组分相互间转化规律提供科学参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

供试土壤为耕层土样 (0 ~ 20 cm), 分别为江苏宜兴大浦镇黄棕壤、河南封丘潮土、江西鹰潭红壤。土样风干后过 20 目筛, 备用, 其基本理化性状见表 1。

表 1 3 种供试土壤的基本性状

Table 1 Basic properties of the tested soils

土壤名称	pH (H <sub>2</sub> O)	有机质 (mg/kg)	全 N (g/kg)	黏粒含量 <0.001mm (g/kg)	速效 P (mg/kg)	活性有机 P (mg/kg)	中活性有机 P (mg/kg)	中稳性有机 P (mg/kg)	高稳性有机 P (mg/kg)
黄棕壤	4.81	15.95	0.93	148.0	34.04	5.96	133.84	37.84	7.14
潮土	8.66	10.02	0.56	82.0	3.61	3.13	93.89	7.13	0.32
红壤	5.05	4.70	0.36	275.0	0.56	0.42	48.07	15.05	4.12

供试外源活性有机 P 为  $\beta$ -甘油磷酸钠 (GP), 其有机 P 含量为 999 g/kg, 根据试验需要, 配制不同浓度的标准溶液。

### 1.2 试验方法

室内恒温培育。将一定量的风干土置于 100 ml 离心管中, 再根据不同处理的有机 P 肥用量吸取预先配制好的  $\beta$ -甘油磷酸钠溶液放入离心管中, 摇匀, 使有

机 P 均匀分布。离心管口用保鲜膜封口, 中央留若干小孔供加水和通气用, 保持水分。然后将离心管放入已调至恒温 (25°C  $\pm$  1°C) 的培育箱中。分别在第 1 天、第 5 天、第 10 天、第 20 天、第 40 天取样分析。

试验考虑两个因素: ①水分的差异, 保持土样为风干状态 (风干培育) 和加入蒸馏水完全淹没土样 (淹水培养); ②不同浓度的  $\beta$ -甘油磷酸钠, P 含量分别为

①基金项目: 国家“973”项目 (2002BC412302) 资助。

作者简介: 刘月娟 (1979—), 女, 江苏武进人, 硕士研究生, 主要从事植物营养方面的研究。E-mail: Liuyuejuan@21cn.com

P<sub>0</sub>、200、400 mg/ml。每个处理设 3 次重复。

### 1.3 测定项目与方法

土壤 pH、有机质、全 N、黏粒含量和速效 P 含量按文献[11]方法测定;土壤有机 P 分组用 Bowman-Cole 方法<sup>[2]</sup>进行测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤中活性有机 P 含量的变化

由图 1 可以看出,在风干和淹水培育初期 1~5 天,加入不同浓度的 β-甘油磷酸钠, 3 种土壤的活性有机 P 含量都有显著增加,随着加入量的增加而增高,增

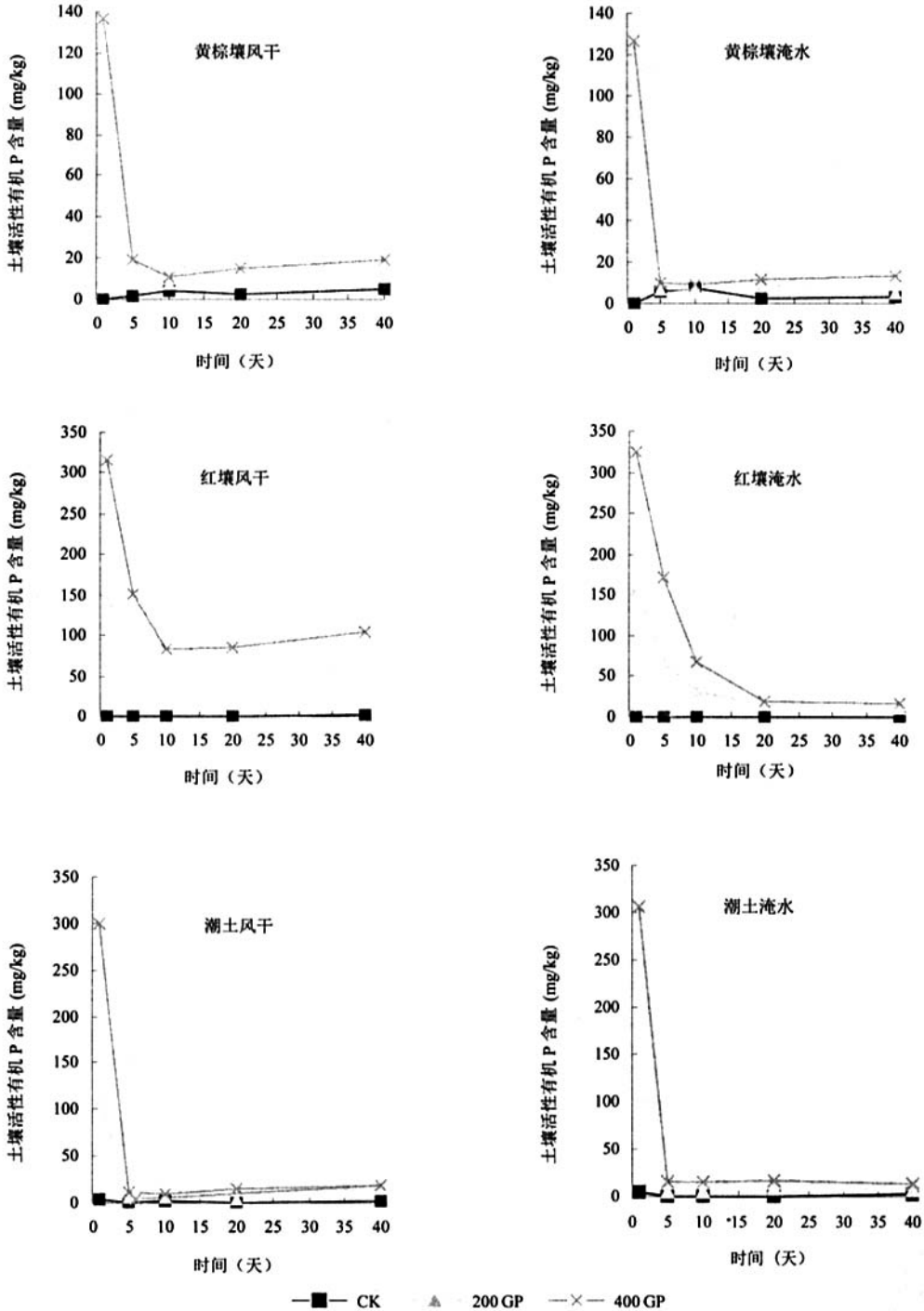


图 1 土壤活性有机 P 的动态变化

Fig. 1 Dynamic change of soil active organic phosphorus

加量为红壤>潮土>黄棕壤。培育 10 天以后, 3 种土壤中的活性有机 P 含量基本保持稳定, 占所加入活性有机 P 量的 6.92%~31.7%。红壤活性有机 P 含量在风干培育时为 50~100 mg/kg, 明显高于淹水培育时的 10~20 mg/kg, 说明淹水培育时, 加入的活性有机 P 较迅速向其他有机 P 组分转化, 而在潮土和黄棕壤中, 不论是在风干还是在淹水培育中, 土壤活性有机 P 的含量都较少, 仅为 8~15 mg/kg。结果充分表明, 外源活性有机 P 加入到不同类型的土壤后, 其可能产生矿化和形态转化的速率不同, 顺序为潮土>黄棕壤>红壤。

## 2.2 土壤中其他各组分有机 P 含量的变化

表 2 为不同培育条件下, 加入外源活性有机 P 在

3 种土壤中培育 40 天后, 各有机 P 组分的变化情况。结果表明, 3 种土壤的中活性有机 P 含量都有不同程度的增加, 并随加入量的增加而增大。风干和淹水培育时, 黄棕壤的中活性有机 P 含量的增加量分别占外源活性有机 P 加入量的 11.6%~24.8% 和 32.2%~37.2%, 说明淹水培育比风干培育更有利于黄棕壤中外源活性有机 P 向中活性有机 P 的转化。而在潮土和红壤中, 淹水培育时, 中活性有机 P 的增加量分别只占外源活性有机 P 加入量的 6.28% 和 0.63%; 风干培育时, 中活性有机 P 的增加量分别占外源活性有机 P 加入量的 40.3% 和 88.9%, 表明风干条件更有利于活性有机 P 向中活性有机 P 组分转化。

表 2  $\beta$ -甘油磷酸钠加入对土壤有机 P 组分的影响

Table 2 Effect of added  $\beta$ -sodium glycerophosphate on fractions of soil organic phosphorus

土壤	水分情况	GP 加入量 (mg/kg)	活性有机 P (mg/kg)	中活性有机 P (mg/kg)	中稳性有机 P (mg/kg)	高稳性有机 P (mg/kg)
黄棕壤	风干	0	5.20	154.27	39.5	15.88
		200	13.97 (4.39)	177.45 (11.60)	39.57 (0.04)	21.39 (2.76)
		400	19.06 (3.47)	253.50 (24.80)	67.02 (6.88)	9.3 (-)
	淹水	0	3.68	57.49	39.39	15.32
		200	4.77 (0.54)	121.84 (32.20)	44.66 (2.64)	13.78 (-)
		400	13.21 (2.38)	206.17 (37.20)	40.97 (0.40)	4.54 (-)
潮土	风干	0	2.46	63.50	2.17	1.88
		200	13.98 (5.76)	125.46 (31.00)	11.67 (4.75)	8.18 (3.15)
		400	18.16 (3.93)	224.78 (40.30)	22.32 (5.04)	0.47 (-)
	淹水	0	2.68	77.89	1.02	11.35
		200	7.12 (2.22)	90.45 (6.28)	9.51 (4.25)	8.2 (-)
		400	13.38 (2.68)	115.3 (9.36)	22.25 (5.31)	0.84 (-)
红壤	风干	0	1.07	35.60	9.55	10.3
		200	61.14 (30.00)	213.37 (88.90)	85.14 (37.80)	0.2 (-)
		400	105 (26.00)	336.8 (75.30)	101.85 (23.10)	20.6 (2.60)
	淹水	0	1.04	41.92	9.54	6.07
		200	10.94 (4.95)	43.18 (0.63)	48.21 (19.30)	0 (-)
		400	17.5 (4.12)	134.12 (23.10)	36.31 (6.69)	6.89 (0.20)

注: 括号内数值为各有机 P 组分增量占  $\beta$ -甘油磷酸钠加入量的百分数 (%)。

不同培育条件下, 加入外源活性有机 P 后, 3 种土壤的中稳性有机 P 含量都有一定程度的增加。黄棕壤和潮土的中稳性有机 P 含量增加量相对较少, 只占外源活性有机 P 加入量 5.31% 以下, 表明黄棕壤和潮土中只有少量活性有机 P 能转化为中稳性有机 P 组分。而红壤在风干和淹水培育时, 中稳性有机 P 含量的增加相对较多, 分别占外源活性有机 P 加入量的 37.80% 和 19.30%, 说明活性有机 P 在红壤中不仅能迅速转化为中活性有机 P, 同时也能较快地向中稳性有机 P

组分转化。

对土壤中高稳性有机 P 含量的分析结果表明, 在所培育的时间内, 不同培育条件下, 外源活性有机 P 的加入对 3 种土壤中高稳性有机 P 含量的影响不大。

总之, 外源活性有机 P 加入到土壤后, 不同培育条件下, 占加入量约 10% 以上的活性有机 P 迅速向中活性有机 P 和中稳性有机 P 组分转化。需要特别指出, 红壤在风干培育时, 加入外源活性有机 P 后, 总有机 P 增量甚至超过了加入量, 是否为土壤中原有的其他

形态的无机 P 向有机 P 转化需待进一步研究。

### 2.3 土壤中速效 P 含量的变化

不同培育条件下，每种土壤的两个 CK 处理的土壤速效 P 含量都基本相同，因此我们取其平均值为 CK。由图 2 可以看出，随着外源活性有机 P 的加入，3 种土壤中的速效 P 含量都显著增加，并随着加入量的增加而增大。这充分说明，活性有机 P 加入到不同类型的土壤后，不仅可以迅速转化为中活性和中稳性有机 P，而且能较迅速矿化为无机 P，从而提高了土壤中速效 P 的含量，通常土壤中速效 P 含量的增加为潮土 > 黄棕壤 > 红壤。

黄棕壤和潮土中，自然风干培育比淹水培育更有利于外源活性有机 P 的矿化，此结果与 Turner 和 Haygarth<sup>[12]</sup>的试验结果一致。培育 40 天后，在黄棕壤中，约有 16.8%~30.3% 的外源活性有机 P 矿化为速效 P；而在潮土中，多达 50.8%~67.9% 的外源活性有机 P 矿化为速效 P。红壤中，淹水培育比风干培育有利于外源活性有机 P 的矿化，表明土壤理化性质的差异可能是影响外源活性有机 P 在土壤中矿化或向其他有机 P 组分转化的主要原因。

### 3 结论

在不同类型土壤中加入外源活性有机 P 后，不论是风干还是淹水培育，土壤的活性有机 P、中活性有机 P 和中稳性有机 P 含量都有一定程度的提高，而稳定性有机 P 含量变化不大。但只有占加入量 5% 以下的活性有机 P 仍然以活性有机 P 的形式保持在土壤中，占加入量 16%~68% 的活性有机 P 迅速矿化为速效 P，而占加入量 27%~79% 活性有机 P 转化为中活性和中稳性有机 P 组分。

在黄棕壤中，淹水培育有利于外源活性有机 P 向中活性和中稳性有机 P 组分转化。而在潮土和红壤中，风干培育更利于外源活性有机 P 向中活性和中稳性有机 P 组分转化。

### 参考文献:

- [1] 鲁如坤. 土壤-植物营养学原理和施肥. 北京: 化学工业出版社, 1998: 162-164
- [2] Bowman RA, Cole CV. An exploratory method for fractionation of organic phosphorus from grassland. *Soil Sci.*, 1978, 125: 95-101
- [3] 贺铁, 李世贤. 土壤有机磷分组法的探讨. *土壤学报*, 1987, 24 (2): 152-159
- [4] 严昶升. 土壤肥力研究方法. 北京: 农业出版社, 1988: 196-201
- [5] 何振立, 袁可能, 朱祖祥. 评价土壤磷素植物有效性的物理化学指标. *土壤学报*, 1991, 28 (3): 302-315
- [6] 莫淑勋, 钱菊芳, 钱承梁. 猪粪等有机肥料中磷素养分循环再利用的研究. *土壤学报*, 1991, 28 (3): 309-315
- [7] 孙羲, 章永松. 有机磷肥和土壤中的有机磷对水稻的营养效果. *土壤学报*, 1992, 29 (4): 365-369
- [8] 张亚丽, 沈其荣, 曹翠玉. 有机肥料对土壤有机磷组分及生物有效性的影响. *南京农业大学学报*, 1998, 21 (3): 59-63
- [9] 刘小虎, 邹德乙, 刘新华, 佟士儒, 赵斌. 长期轮作施肥对棕壤有机磷组分及其动态变化的影响. *土壤通报*, 1999, 30 (4): 178-180
- [10] 于群英. 土壤有机磷组分动态变化和剖面分布. *安徽技术师范*

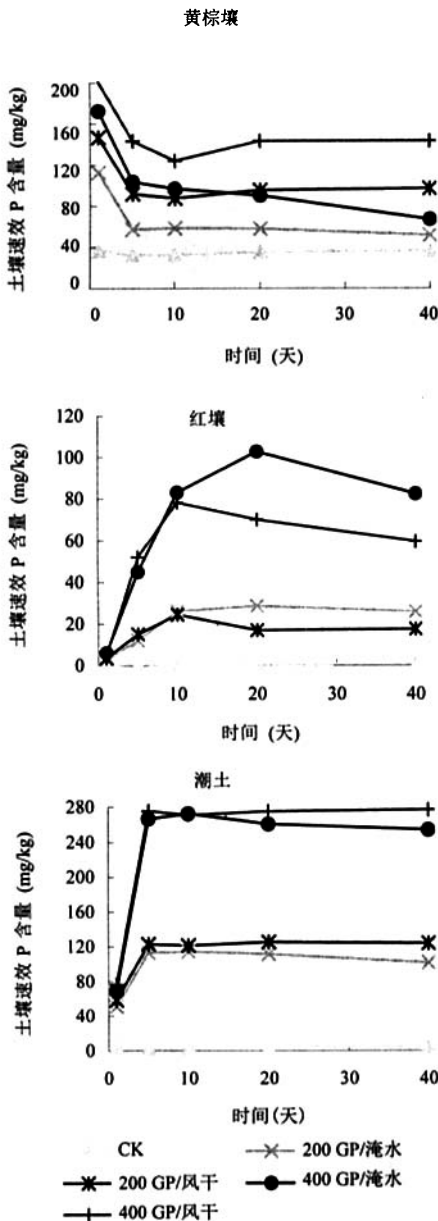


图 2 土壤速效 P 的动态变化

Fig. 2 Dynamic change of soil available phosphorus

- 学院学报, 2003, 17 (3): 225-227
- [11] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978: 4-108
- [12] Turner BL, Haygarth PM. Changes in bicarbonate-extractable inorganic and organic phosphorus by drying pasture soils. *Journal of Soil Science Society of American*, 2003, 67: 344-350

## Effect of Added $\beta$ -Sodium Glycerophosphate on Fractions of Soil Organic Phosphorus and Content of Available Phosphorus

LIU Yue-juan, WANG Jin-fang

(*Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China*)

**Abstract:** Fluvo-aquic soil, yellow brown soil and red soil were selected to study the effect of added  $\beta$ -sodium glycerophosphate on the fractions of organic phosphorus and the content of available phosphorus by the incubation experiments. The results showed that with the increase of P concentration added to the soils, the contents of available phosphorus, labile organic phosphorus, moderately labile organic phosphorus and moderately resistant phosphorus of soils increased significantly under different incubation conditions, and there was no significant changes for the content of highly resistant organic phosphorus. In yellow brown soil, added  $\beta$ -sodium glycerophosphate could be transformed more easily from labile organic phosphorus into the fractions of moderately labile organic phosphorus and moderately resistant phosphorus in flooding incubation than in air-drying incubation. But in fluvo-aquic soil and red soil, the flooding incubation condition was in favor of fraction of moderately labile organic phosphorus and moderately resistant phosphorus transformed from added  $\beta$ -sodium glycerophosphate.

**Key words:**  $\beta$ -Sodium glycerophosphate, Yellow brown soil, Fluvo-aquic soil, Red soil, Organic phosphorus fractions