

有机酸对石灰性土壤磷素的活化效应*

曲 东 尉庆丰 周建军**

(西北农业大学, 陕西杨陵 712100)

摘 要 壤土中添加不同浓度的柠檬酸、酒石酸及草酸, 在 96 h 恒温培养过程中其有效磷含量均有增加。随加入酸的浓度增大, 土壤中磷的活化率提高。土壤中添加的有机酸浓度分别为: 4, 8, 12 及 20 mmol/kg 土。磷素最大活化率分别为: 耕层 12.0%~95.2%, 粘化层 10.3%~199%。

关键词 壤土, 有机酸, 速效磷

中图分类号 S153.62

土壤中的有机酸通常来源于有机肥的腐解及植物根系的分泌物。尽管其含量很少, 但在土壤养分活化, 特别是提高磷素有效性中的作用却不容忽视。有机酸能结合土壤中钙、铁及铝等固磷基质, 能使根际范围得以酸化, 从而促进难溶性磷酸盐的溶解, 增加磷的有效性, 减小土壤对磷肥的固定^[1~4]。同时, 有机酸根离子在土壤中的竞争吸附作用, 也能减少土壤胶体对磷的吸附, 增加有效磷含量^[5]。但过量有机酸对植物是有害的, 直链脂肪酸对作物生长的抑制效应已有报道^[4], 同时也证实多羟基的柠檬酸、草酸等的抑制作用却很小。因此, 本研究通过向土壤中添加多羟基有机酸, 探讨其对石灰性土壤磷素的活化作用。

1 材料与方法

供试壤土采于陕西杨陵, 其基本理化性状见表 1。土样风干后磨细, 过 1 mm 土壤筛。用 500 mL 容器盛土 300 g, 容重为 1.3 g/cm³。添加柠檬酸(Cit)和酒石酸(Tart)分别为 4, 8 和 12 mmol/kg 土, 草酸(Ox.) 为 20 mmol/kg 土。控制土壤含水量为 20%, 以加蒸馏水为对照(CK), 重复 3 次。在 25±1℃ 恒温箱中培养, 于 7(8), 24, 48, 72 和 96 h 后采样测定速效磷含量(Olsen 法)。其他分析项目采用常规方法测定。

表 1 供试土壤基本理化性质

样 品	pH (1:2.5)	CaCO ₃ (g·kg ⁻¹)	全 N (g·kg ⁻¹)	全 P (g·kg ⁻¹)	有机质 (g·kg ⁻¹)	物理性粘粒 <0.01mm (%)
耕 层 (0~20 cm)	8.31	90.96	0.92	0.95	14.2	49.3
粘化层 (55~75 cm)	7.81	7.13	0.55	0.61	7.2	51.5

2 结果与分析

2.1 酒石酸对土壤磷的活化作用

有机酸处理后土壤中有效磷含量及活化率测定结果(表 2)表明, 无论粘化层或耕层土样中, 加入酒石酸后, 在 7~96 h 培养期间速效磷含量均随着酸浓度的增大而增加。

收稿日期: 1995-01-09

* 国家自然科学基金资助项目; ** 现在兰州兰化农林公司工作, 兰州 730000。

表 2 有机酸对壤土粘化层有效磷及活化率的影响 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 干土

样 品	培养时间(h)	CK	Cit($\text{mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$)			Tart($\text{mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$)		
			4	8	12	4	8	12
粘化层	7	1.45	1.60(10.3)	1.77(22.1)	1.86(28.3)	1.62(11.7)	1.88(29.7)	1.96(35.2)
	24	1.48	1.63(10.1)	1.78(20.3)	1.80(21.6)	1.66(12.2)	1.93(30.4)	2.18(47.3)
	48	1.40	1.51(7.86)	1.61(15.0)	1.66(18.6)	1.63(17.1)	1.84(31.4)	2.19(56.4)
	72	1.45	1.53(5.52)	1.59(9.66)	1.68(15.9)	1.54(6.21)	1.61(11.0)	1.68(15.9)
	96	1.42	1.44(1.41)	1.54(8.45)	1.62(15.5)	1.44(1.41)	1.47(3.52)	1.53(7.75)
耕 层	7	6.79	7.18(5.74)	7.37(8.54)	7.45(9.72)	7.38(8.69)	7.43(9.43)	7.59(11.8)
	24	7.14	7.72(8.12)	7.96(11.5)	8.08(13.2)	7.82(9.52)	8.06(12.9)	8.15(14.1)
	48	6.82	7.64(12.0)	7.70(12.9)	7.75(13.6)	7.81(14.5)	8.00(17.3)	8.07(18.3)
	72	6.81	7.60(11.6)	7.63(12.0)	7.73(13.5)	7.33(7.64)	7.48(9.84)	7.53(10.6)
	96	7.23	7.80(7.88)	8.01(10.8)	8.08(11.8)	7.58(4.84)	7.65(5.81)	7.70(6.50)

注:括号内数值示活化率;活化率 $\% = \frac{\text{处理}-\text{CK}}{\text{CK}} \times 100$.

粘化层中磷的活化率随培养时间延长而逐渐降低,而耕层则表现为 24 h 前迅速增大,然后维持在较稳定的水平,72 h 后渐渐降低。酸浓度的影响在粘化层中表现的较为明显,而对缓冲能力强的耕层土样则差异不大。培养过程中,粘化层在 7 h 时释磷量最大,耕层在 48 h 时释磷量最大。

2.2 柠檬酸对土壤磷的活化作用

从表 2 还可看出,不同浓度的柠檬酸均有活化土壤磷素的作用,随酸浓度增大,活化效果增强。与酒石酸处理的不同,在耕层和粘化层土样中,柠檬酸的活化作用都表现为 48 h 前逐渐增大,48 h 后迅速降低。至 96 h 时,其有效磷含量与对照处理相近。

活化率比较表明,粘化层土样中,在 72 h 前为柠檬酸大于酒石酸,其最大活化率远大于酒石酸处理;到 96 h,柠檬酸的作用大大降低,而酒石酸处理仍有较高的磷活化率。对耕层土样,48 h 前柠檬酸的作用较酒石酸强,48 h 以后,由于酒石酸能维持较高活化率,其释磷效果反而优于柠檬酸。

2.3 草酸对土壤磷的活化作用

从表 3 可见,草酸对土壤中磷的活化作用十分显著,特别是使粘化层有效磷含量大幅度提高,活化率达 104%~199%,在培养的 96 h 内都有极强的释磷作用。耕层土样中,有效磷含量亦大量提高,活化率达 43.6%~95.2%,96 h 内均有很强的释磷作用。其中 24 h 为释磷高峰期。草酸具有极强的活化作用可从其对土壤中 $\text{Ca}_{10}\text{-p}$ 及 Al-p 的溶解作用解释^[6]。另外,草酸处理的浓度较高,其酸溶能力强也使释磷量大大增加。

表 3 草酸对壤土有效磷及活化率的影响 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$

培养时间 (h)	粘化层			耕 层		
	CK	处理	活化率(%)	CK	处理	活化率(%)
8	1.88	3.84	104	7.84	12.1	54.3
24	1.85	5.20	181	7.43	14.5	95.2
48	1.68	5.03	199	7.41	12.0	61.9
96	1.70	5.00	194	7.73	11.1	43.6

3 讨 论

有机酸对土壤中难效及缓效性磷的迅速活化作用是无疑存在的,并且在72 h以内均能保持较高的有效磷含量。本文尽管缺乏生物试验证据,但有效磷含量显著提高也能从土壤单方面说明有机酸的活化磷素作用。但是,人们同时也顾虑到有机酸浓度过高对作物生长的抑制作用。Schwartz 等^[4]测得的好气土壤中脂肪族有机酸中,仅甲酸和乙酸含量就可达5.1~8.7 mmol/kg 土及7.4~10.1 mmol/kg 土。Prill 等^[4]报道,有机酸的抑制作用一般为:癸酸>己酸>丁酸>丙酸>甲酸>乙酸。而多羟基酸如琥珀酸、苹果酸、草酸和柠檬酸的抑制作用则较小。实验中添加的柠檬酸、酒石酸及草酸浓度与 Schwartz 报道的有机酸含量相当。

从添加有机酸的活化效果比较,高浓度时释磷量较大,但有可能对生物生长产生抑制;酸浓度过低时,其活化作用又较弱。所以,选择8~12 mmol·kg⁻¹土的有机多羟基酸,既有较大活化土壤磷素的能力,又能尽可能减少对作物的抑制作用。柠檬酸的活化作用较大,但不如酒石酸持久。两者都具有较好的释磷作用。

参 考 文 献

- 1 张福镇,李晓林.石灰性土壤磷的生物活化途径.见:土壤与植物营养研究新动态(第一卷).北京:北京农业大学出版社,1992:94~101
- 2 莫淑勋.土壤中有机的产生、转化及对土壤肥力的某些影响.土壤学进展,1986(4):1~10
- 3 邱忠祥.提高磷肥利用率的研究 I.有机肥料对磷肥在棕色土壤中转化的影响.沈阳农学院学报,1980,(1):29~33
- 4 McLaren A D, Peterson G H; 闵九康译.土壤生物化学.北京:农业出版社,1984:84~99
- 5 何振立,袁可能,朱祖祥.有机阴离子对磷酸根吸附的影响.土壤学报,1990,27(4):377~384
- 6 曲 东,尉庆丰,张英利.酸化水对壤土无机磷形态的影响.见:现代土壤科学研究.北京:中国农业科技出版社,1994:279~281
- 7 邱忠祥.提高磷肥利用率的研究 II.腐植酸类肥料对磷肥肥效的影响.沈阳农学院学报,1982(2):46~51

Active Effect of Organic Acid on the Phosphorus of Calcareous Soil

Qu Dong Wei Qingfeng Zhou Jianjun

(Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract The available phosphorus content can increase during 96 hours constant incubation by adding different concentrations of citrate, tartar and oxalate acid to Lou soil. With the increase of the acid concentration, the active rate of phosphorus grows in soil. The added organic acid concentrations are 4, 8, 12 and 20 mmol/kg soil, respectively. The maximum active rate of phosphorus is from 12.0% to 95.2% at the tilth top and from 10.3% to 19.9% at the argillic horizon.

Key words Lou soil, organic acid, available phosphorus