

肥田萝卜根分泌物对活化酸性土壤中低品位磷矿粉的作用^①

赵冰^②

(中国农业大学植物科技学院)

郑晓怀

(山西高校科技发展中心)

张福锁 毛达如

(中国农业大学资源与环境学院)

摘要 将肥田萝卜分别置于全磷、低磷、无磷的营养液中生长 10 d 后,收集根洗液并加入已培养 60 d 的酸性土壤样品中浸提。测定结果表明,不论土壤中是否加入磷矿粉,低磷营养液中培养的肥田萝卜的根洗液(含根分泌物)浸提的土壤有效磷含量都最高,高于用无磷及全磷根洗液浸提的,也高于用去离子水浸提的。土壤加入磷矿粉培养后可以大量增加土壤有效磷的浸提量,其中用低磷根洗液浸提的土壤有效磷的含量增加最明显。用低磷根洗液浸提的酸性土壤有效铁含量也最高。

关键词 肥田萝卜; 根洗液; 酸性土壤; 磷矿粉; 有效磷

分类号 S151

Effects of Radish Root Exudates on Mobilizing Low Grade Rock Phosphate in Acid Soil

Zhao Bing

(College of Plant Sciences and Technology, CAU)

Zheng Xiaohuai

(Centre of Science and Technology Development, Shanxi University, Taiyuan, 030001)

Zhang Fusuo Mao Daru

(College of Resource & Environment, CAU)

Abstract Radish plants were grown for 20 days in a nutrient solution. The root washings were collected and added into the acid soil where plant had grown for 60 days. The results showed that the highest soil available phosphorus content was extracted by the root washings collected under low phosphorus condition more pronounced with the addition of rock phosphate to the sterilized soil. The highest available Fe content in acid soil also was extracted by root washings collected under low phosphorus condition, but the available Fe content extracted by root washings collected under boxh condition and normal phosphorus supply condition was only slightly higher than that extracted by deionized water. However, the tendency was not influenced by the soil sterilization and the rock phosphate addition.

Key words radish; root exudates; acid soil; rock phosphate; root washings

许多植物在生长过程中通过根系向生长介质释放出的根分泌物能够对生长介质(如土壤)的养分状况产生重要影响^[1,2]。如白羽扇豆在缺磷胁迫时能由排根释放大量柠檬酸,这些柠檬酸所活化的土壤难溶磷量足以满足白羽扇豆的正常生长需要^[3~5]。肥田萝卜在缺磷胁迫时也

收稿日期: 1997-06-12

①国家自然科学基金资助项目 39425013

②赵冰,北京圆明园西路2号中国农业大学(西校区),100094

能从根分泌物中检测出较多的酒石酸和柠檬酸^[6,7],然而该根分泌物到底对酸性土壤中低品位磷矿粉的活化效果如何,目前尚无报道,这给解释肥田萝卜高效利用磷矿粉的机理带来一定的困难,本研究拟通过室内模拟培养试验初步回答这一问题。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

供试植物为肥田萝卜(*Raphanus sativus* L.),江西赣州地区品种。供试土壤为江西鹰潭酸性土壤(红壤),其理化性状是:pH 4.87,有机质 6.8 g·kg⁻¹,有效磷 5.4 mg·kg⁻¹,全氮 0.63 g·kg⁻¹,DTPA-Fe 11.52 mg·kg⁻¹,DTPA-Mn 9.40 mg·kg⁻¹,DTPA-Cu 7.54 mg·kg⁻¹,DTPA-Zn 11.53 mg·kg⁻¹。供试磷矿粉为湖南新晃磷矿粉,理化性状是:pH 7.4,水溶性磷 0.38 g·kg⁻¹,枸溶性磷 4.9 g·kg⁻¹,DTPA-Fe 2.55 mg·kg⁻¹,DTPA-Mn 0.83 mg·kg⁻¹,DTPA-Cu 0.32 mg·kg⁻¹,DTPA-Zn 1.04 mg·kg⁻¹。

1.2 植物培养

肥田萝卜在发芽前用自来水浮选去掉瘪粒之后,用 30% H₂O₂ 消毒 30 min,洗净后播于石英砂中,7 d 后挑选大小一致的幼苗冲洗干净,移栽至自来水中培养 1 d 后,供应 pH 6.0 的 1/5 比例的标准营养液培养 3 d,再供应 pH 6.0 的 1/2 比例的标准营养液培养 3 d,然后供应 pH 6.0 的正常浓度标准营养液培养 3 d,最后换入各处理营养液培养。植物每日生长在 30℃/14 h 光照和 20℃/10 h 黑暗的条件下,光照强度为 240 μmol·m⁻²·s⁻¹,相对湿度 60%~70%。标准营养液的组成(浓度 *c*/mol·L⁻¹): K₂SO₄ 0.75×10⁻³, Ca(NO₃)₂·4H₂O 2.0×10⁻³, MgSO₄·7H₂O 0.65×10⁻³, KH₂PO₄ 0.25×10⁻³, KCl 1.0×10⁻³, H₃BO₃ 1.0×10⁻⁵, MnSO₄·H₂O 1.0×10⁻⁶, ZnSO₄·7H₂O 1.0×10⁻⁶, CuSO₄·5H₂O 5.0×10⁻⁷, (NH₄)₆Mo₇O₄·4H₂O 5.0×10⁻⁸。无磷处理的营养液中 KCl 为 1.25×10⁻³ mol·L⁻¹;低磷处理的营养液中 KH₂PO₄ 为 0.10×10⁻³ mol·L⁻¹, KCl 为 1.15×10⁻³ mol·L⁻¹。

1.3 试验处理

肥田萝卜培养用 10 L 塑料盆(装 10 L 营养液),每盆为 1 个处理并栽 60 株苗。先用完全营养液培养 3 d 后,按全磷,低磷,无磷 3 种处理供应相应的营养液,培养 10 d(每 2 d 换一次营养液)后收集根分泌物。收集过程如下:早上光照 2 h 后将植株从营养液中取出,用去离子水轻洗根系,再将根系置于含 1 000 mL 去离子水的塑料浅盘中,生长 4 h 后取出,这时的根洗液中含有肥田萝卜根分泌物。为叙述方便起见,以下将肥田萝卜在全磷、低磷、无磷条件下培养后收集的根洗液分别称为全磷根洗液、低磷根洗液、无磷根洗液。

将根洗液加入已培养好的酸性土壤中,浸提测定土壤的有效磷和有效铁、锰、铜、锌值。土壤培养共设 2 个处理,其中处理 1 在土壤培养前加入 200 mg·kg⁻¹磷矿粉,处理 2 在土壤培养前不加磷矿粉。通过土壤培养可以使所加入的磷矿粉与酸性土壤充分反应一段时间,提高磷矿粉中有效磷的溶解度,增加土壤中有效磷的含量,这样用根洗液浸提土壤有效磷的效果就更加明显。土壤培养的方法为:将风干的土壤过 2 mm 筛,装入 250 mL 的塑料烧杯中(装土 200 g),培养过程中要求遮光并保持土壤田间持水量的 70%~80%,室温(25±5)℃,共培养 60 d。

1.4 测定方法

将培养好的土壤风干,每个土壤处理先取 1 g 土加入根洗液 30 mL,振荡 2 h 后,再加入

20 mL $0.03 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NH}_4\text{F}$ - $0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{HCl}$ 振荡 2 h, 过滤, 钼锑抗比色法测定土壤有效磷含量。另外每个土壤处理再取 1 g 土加入根洗液 30 mL, 振荡 2 h 后, 再加入 pH 7.3, $0.005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 DTPA 溶液振荡 2 h, 过滤, 用 Perkin-Elmer 2100 型原子吸收分光光度计测定土壤的有效铁、锰、铜、锌含量。

2 结果与分析

2.1 根洗液对酸性土壤有效磷的浸提效果

从图 1 可以明显看出, 在土壤培养过程中不加入磷矿粉时, 用低磷根洗液浸提的土壤有效磷含量 ($7.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 最高, 高于用无磷及全磷根洗液浸提的, 也高于用去离子水浸提的。在土壤加入磷矿粉培养后, 用低磷根洗液浸提的土壤有效磷含量 ($12.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 也最高, 高于用无磷及全磷根洗液浸提的, 也高于用去离子水浸提的。酸性土壤加入磷矿粉培养后可以大量增加土壤有效磷的浸提量, 从绝对量来看, 用低磷根洗液浸提的土壤有效磷含量增加最多, 用无磷根洗液浸提的次之。这一结果表明肥田萝卜受到适度缺磷胁迫(低磷)的情况下所产生的根系分泌物对土壤中磷矿粉磷的活化效果最好, 肥田萝卜极度缺磷(无磷)时所产生的根系分泌物对土壤中磷矿粉磷的活化效果则要次之。不过总的来看, 肥田萝卜在缺磷胁迫时(低磷或无磷)所产生的根系分泌物对土壤中磷矿粉磷的活化效果均较好, 这与目前一般认为的植物在缺磷情况下释放的根系分泌物较多, 容易活化土壤难溶性磷的结论基本一致^[4-6]。低磷根洗液在本试验中活化土壤难溶磷的效果要好于无磷根洗液, 其原因可能是因为肥田萝卜植株受到的无磷处理时间较长(10 d), 植株生理活性受到的影响比较明显, 光合产物减少较多, 根系分泌物也随着显著减少, 这样就可能直接影响肥田萝卜根分泌物对土壤中磷矿粉磷的活化效果。而在低磷条件下, 虽然处理时间也是 10 d, 但由于植株仍然能吸收到一部分磷, 对植株的生理活性影响较小, 这样就可能对根系分泌物的分泌量影响不大, 结果导致低磷情况下根分泌物对土壤难溶磷的活化效果最好。

2.2 根洗液对酸性土壤有效铁、锰、铜、锌的浸提效果

从图 2 可知, 无论土壤是否加入磷矿粉培养, 用低磷根洗液浸提的土壤有效铁含量均是最高的, 从表 1 可知, 无论土壤是否加入磷矿粉培养, 各种根洗液(包括去离子水)所浸提的土壤有效锰、铜、锌值的差异都是很小的, 说明肥田萝卜在低磷条件下产生的根分泌物对酸性土壤中的铁具有良好的活化作用, 对酸性土壤中的锰、铜、锌的活化效果不明显。这一现象目前并无明确的解释。从这 2 个图中还可知, 土壤不加磷矿粉培养的又略低于土壤加磷矿粉培养的。表明该磷矿粉中含有一定数量的铁, 这些铁能够转化为土壤有效铁的一部分。

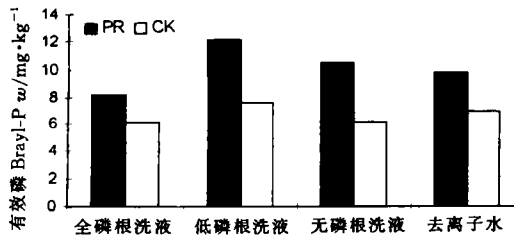


图 1 用根洗液浸提的土壤有效磷含量

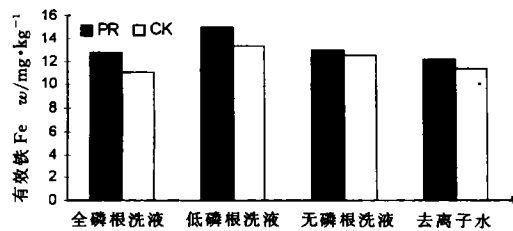


图 2 用根洗液浸提的土壤有效铁含量

3 结论

①肥田萝卜低磷根洗液对加入磷矿粉培养后的酸性土壤有效磷的浸提量最高,说明肥田萝卜在低磷条件下产生的根分泌物对酸性土壤中磷矿粉等难溶性磷的活化效果最好。

②不论土壤是否加入磷矿粉培养,肥田萝卜低磷根洗液对酸性土壤中有效铁的浸提量都最高,说明肥田萝卜在低磷条件下产生的根分泌物对酸性土壤中铁的活化效果最好。

③肥田萝卜根分泌物对酸性土壤中锰、铜、锌的活化效果不明显。

表1 用肥田萝卜根洗液浸提的酸性土壤

有效锰、铜、锌含量 $w/\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

| 项 目 | 根洗液 | 处理 1 | 处理 2 |
|-------|-------|------|------|
| 有效锰含量 | 全磷根洗液 | 11.0 | 12.5 |
| | 低磷根洗液 | 11.5 | 12.5 |
| | 无磷根洗液 | 12.5 | 12.5 |
| | 去离子水 | 11.5 | 11.0 |
| 有效铜含量 | 全磷根洗液 | 12.5 | 10.0 |
| | 低磷根洗液 | 11.5 | 9.8 |
| | 无磷根洗液 | 10.8 | 9.8 |
| | 去离子水 | 10.5 | 10.0 |
| 有效锌含量 | 全磷根洗液 | 4.5 | 4.5 |
| | 低磷根洗液 | 5.5 | 4.5 |
| | 无磷根洗液 | 5.5 | 5.5 |
| | 去离子水 | 5.0 | 4.5 |

参 考 文 献

- 1 张福锁,林翠兰,曹一平. 植物磷营养基因型差异的机理. 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,1992,23~30
- 2 Marschner H. Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press, 1986
- 3 Gardner W K, Barber D A, Parbery D G. The acquisition of phosphorus by *Lupinus albus* L. : III. The probable mechanism by which phosphorus movement in the soil/root interface is enhanced. Plant & Soil, 1983, 70:107~124
- 4 Gardner W K, Parbery D G, Barber D A. The acquisition of phosphorus by *Lupinus albus* L. : I. Some characteristics of the soil/root interface. Plant & Soil, 1982a, 68:19~32
- 5 Gardner W K, Parbery D G, Barber D A. The acquisition of phosphorus by *Lupinus albus* L. : II. The effect of varying phosphorus supply and soil type on some characteristics of some characteristics of the soil/root interface. Plant & Soil, 1982b, 68:33~41
- 6 刘宏滨. 肥田萝卜活化土壤难溶磷机制的研究. [研究生论文]. 北京农业大学, 1995
- 7 马敬. 磷胁迫下植物根系有机酸的分泌及其对土壤难溶磷的活化. [研究生论文]. 北京农业大学, 1994