

腐殖酸钠对植物吸收磷矿粉中磷的影响*

梅慧生 贾立斌 陈德茂 曹宗巽

(北京大学)

腐殖酸类肥料是具有多种功能的肥料。它在改良土壤和刺激作物根系生长等方面有一定的效果^[1,2,4,9,12,14]。但是腐殖酸究竟能否“活化”磷矿粉中的磷,仍是一个争论的问题^[1,6,8,9,13]。近年来,随着腐殖酸类肥料的推广,又提出“解磷”的可能性^[3,5,7]。所谓“解磷”应包含两方面的意思:一是指腐殖酸与磷矿粉混合施用,在腐殖酸的作用下,使磷矿粉中的难溶性磷转化为有效磷,供植物吸收利用,这是直接的作用;二是指腐殖酸能够防止土壤中有有效磷的固定,使土壤中有有效磷保持在较高水平,这是间接的作用。1976—1977年,我们用溶液培养的方法,以小麦、水稻、番茄为供试作物,考察了腐殖酸钠能否提高磷矿粉中的磷的有效性问题。试验分两部分进行:第一部分用非放射性磷矿粉作磷源;第二部分用放射性磷矿粉作磷源。本文报道这些试验结果。

一、非放射性磷矿粉水培试验

(一) 材料与方法

水培试验的溶液按 Moore^[10] 的配方和用量。除完全溶液外,还设置了缺磷以及用磷矿粉代替原配方中磷源(KH_2PO_4)的处理。试验共设置了6个处理:1. 完全溶液(对照);2. 完全溶液 + 100 ppm 腐殖酸钠;3. 缺磷溶液;4. 缺磷溶液 + 100 ppm 腐殖酸钠;5. 缺磷溶液 + 磷矿粉;6. 缺磷溶液 + 磷矿粉 + 100 ppm 腐殖酸钠。供试磷矿粉采自湖北,品位中等(含全磷20%,有效磷4%)。考虑到生产中常以三倍于过磷酸钙的磷矿粉代替磷肥,本试验中使用三倍于 KH_2PO_4 中含磷量的磷矿粉(为便于计算,实际用量略高)。供试腐殖酸钠为大同腐殖酸钠(固体),浓度为100 ppm。营养液用无离子水配制,最后均调整 pH 值至6。在培养期间经常搅拌通气并补加蒸馏水至刻度。供试植物为冬小麦(农大139)。浸种催芽后挑选萌发整齐的幼苗(胚芽鞘长0.5厘米,主根长0.8—1厘米)固定在尼龙纱网上,每缸种50株,培养缸容量为500毫升,缸外套黑纸套。在室温(10—14℃)下培养,补加日光灯(40瓦)照光。每隔一定时期取小麦幼苗测定根及地上部分的生长量(长度)。用钼蓝法测定培养液中速效磷的变化。为了追踪溶液中速效磷总量的变化,在试验期间没有更换溶液。试验持续了一个月。

(二) 试验结果

从培养的第三天起各处理间根的长度即表现出差异,在一个月这种差异仍维持不

* 本试验得到中国农科院原子能研究所杨琇、李京淑两位同志的热忱帮助,特致衷心感谢。

1) 中国科学院化学研究所,1977;腐殖酸解磷机理(未刊稿)。

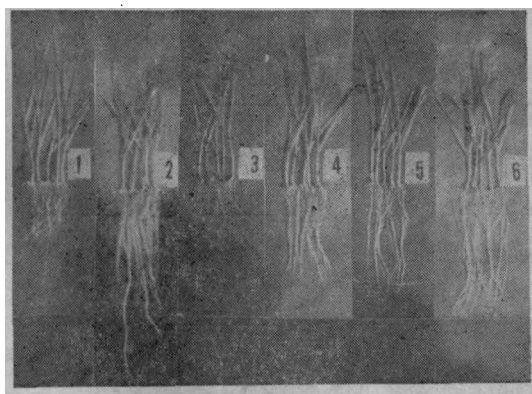
表 1 水培 29 天中小麦幼苗的生长量* (cm)

Table 1 Growth of wheat seedlings in water culture for 29 days*

处 理 Treatment	15 天 15 days		29 天 29 days	
	根 长 Root length	地上部长 Top length	根 长 Root length	地上部长 Top length
1. 完 全 溶 液 Full nutrient solution	6.99±1.14	10.9±0.78	9.40±1.94	13.05±1.33
2. 完全溶液+腐殖酸钠 Full nutrient solution + sodium humate	14.33±1.44	11.5±0.56	23.89±3.88	13.67±1.22
3. 缺 磷 溶 液 -P solution	5.80±0.61	10.9±0.68	5.60±0.74	11.90±1.24
4. 缺磷溶液+腐殖酸钠 -P solution + sodium humate	8.97±0.73	11.3±0.52	10.50±1.01	13.63±1.20
5. 缺磷溶液+磷矿粉 -P solution + rock phosphate	13.24±1.39	11.5±0.61	13.36±1.24	14.00±1.25
6. 缺磷溶液+磷矿粉+腐殖 酸钠-P solution + rock phosphate + sodium humate	14.38±1.17	11.3±0.77	14.31±1.83	13.40±1.26

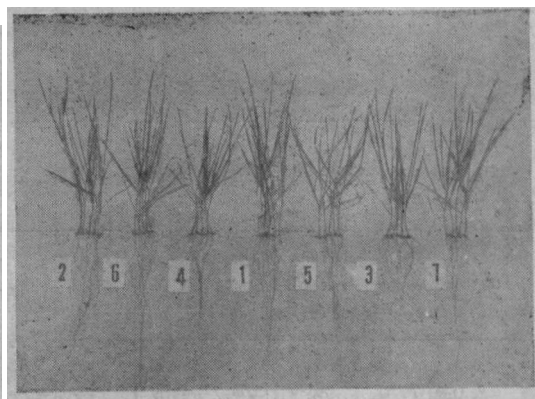
* 20 株平均; 表中数据系平均值及其标准差。

* Average of 20 seedlings; numerals in this table are mean value and standard deviation.



照片 1 水培 29 天的小麦幼苗
(品种: 农大 139)
(代号说明见正文)

Fig. 1 Seedlings of wheat growing in culture solution for 29 days (Nos. refer to table 1)



照片 2 水培 47 天的小麦幼苗
(品种: 农大 139)
(代号说明见正文)

Fig. 2 Seedlings of wheat growing in culture solution for 47 days (Nos. refer to table 2)

变。从表 1 可以看出,凡施腐殖酸钠者地下部的长度大都显著大于相应的对照,地上部长度则不明显。处理 2 优于处理 1,说明腐殖酸钠对于根生长的刺激作用;处理 4 优于处理 3,说明即使在缺磷的情况下,腐殖酸钠也表现出刺激作用,这似乎说明腐殖酸钠能够缓解植物的缺磷症状。有报道^[11]指出它能提高植酸酶的活性,亦即能调动小麦种子胚乳内贮藏的有机磷,克服磷素养分的不足,维持一定时期的生长。这可能是在缺磷地块上腐殖酸钠在苗期施用时具有良好作用的一个原因。处理 6 虽有略优于处理 5 的趋势,但不显著(照片 1)。将处理 5 与处理 1 相比较,似乎磷矿粉在试验条件下,除提供磷素外,还具有对根生长有利的其它因素。

为了说明磷矿粉的作用又进行了另一组试验,即在以上设计方案中增加了一个处理 7(完全溶液+磷矿粉),试验延续至 47 天。试验结果见表 2 及照片 2。

表 2 水培 47 天小麦幼苗的生长量*

Table 2 Growth of wheat seedlings in water culture for 47 days*

处 理 Treatment	根 Root			地 上 部 Top		
	长度 (cm)	鲜重 (mg)	干重 (mg)	长度 (cm)	鲜重 (mg)	干重 (mg)
	Length	Green wt.	Dry wt.	Length	Green wt.	Dry wt.
1. 完 全 溶 液 Full nutrient solution	20.1±3.38	72	6.2	18.7±1.82	300	4.4
2. 完全溶液+腐殖酸钠 Full nutrient solution + sodium humate	25.0±4.55	61	5.2	18.4±3.09	250	3.7
3. 缺 磷 溶 液 -P solution	8.3±1.11	43	4.4	15.8±1.82	220	3.4
4. 缺磷溶液+腐殖酸钠 -P solution + sodium humate	9.9±0.95	61	4.6	17.3±2.14	246	3.8
5. 缺磷+磷矿粉 -P solution + rock phosphate	13.9±1.75	85	6.9	17.8±1.99	275	4.2
6. 缺磷+磷矿粉+腐殖酸钠 -P solution + rock pho- sphate + sodium humate	20.9±2.80	70	6.1	16.5±2.37	230	3.6
7. 完全溶液+磷矿粉 Full nutrient solution + rock phosphate	20.7±4.07	72	5.3	19.6±4.17	255	3.7

* 20 株平均。

* Average of 20 seedlings; numerals in this table are mean value and standard deviation.

表 2 和照片 2 除了说明与表 1 同样的趋势之外,还表明,在延长水培时间至一个半月

后, 腐殖酸钠的有利作用主要表现在根的长度上, 而对干、鲜重的增加并不利。和表 1 中结果不同的是, 在表 2 中, 处理 7 与处理 1 植株的长度基本相等, 但干重都显著降低。这里看不出加入磷矿粉具有促进幼苗生长的其它因素(照片 2)。

从表 3 可以看到, 溶液中水溶磷含量处理 1 高于处理 2, 这说明腐殖酸钠有促进小麦根吸收磷的作用。在其它四个处理中, 无论加腐殖酸钠与否, 均只有迹量的磷。培养期中不同时间的测定结果均显示同样的趋势。以上的结果说明, 在缺磷的情况下腐殖酸钠能缓解缺磷症状; 在有充足磷源的情况下, 它能够促进根吸收利用水溶磷, 而二者对于根的生长都是有利的。至于腐殖酸钠是否有助于植物吸收利用磷矿粉中的磷, 则仍然不清楚。为了直接证明其对植物吸收磷矿粉中的磷有无好处, 我们用放射性磷矿粉进行了试验。

表 3 小麦水培 29 天后溶液中的水溶磷*(ppm)

Table 3 Phosphorus content in different culture solutions after growing wheat seedlings for 29 days*

处 理 Treatment	水 溶 磷 P in solution
1. 完 全 溶 液 Full nutrient solution	102.0
2. 完全溶液+腐殖酸钠 Full nutrient solution + sodium humate	96.0
3. 缺 磷 溶 液 - P solution	迹 量 tr.
4. 缺磷溶液+腐殖酸钠 - P solution + sodium humate	迹 量 tr.
5. 缺磷溶液+磷矿粉 - P solution + rock phosphate	迹 量 tr.
6. 缺磷溶液+磷矿粉+腐殖酸钠 - P solution + rock phosphate + sodium humate	迹 量 tr.

* 溶液经 3500 转/分离心后测定。

* P determined after centrifuge.

二、放射性磷矿粉水培试验

(一) 材料与方法

本试验以放射性磷矿粉作磷源, 设置加腐殖酸钠(处理)与不加腐殖酸钠(对照)两个处理。

将供试磷矿粉(湖北。其成分按%为: P_2O_5 16.5, MnO 1.32, FeO 2.36, CaO 30.5, MgO 4.51, Al_2O_3 0.97) 先过 80 目筛, 在 $300^\circ C$ 下热处理 22 小时后经中子活化(在反应堆下照射 300 分钟, 中子通量为 $2-5 \times 10^{13}$ 中子/厘米²·秒), 转化比强为 0.8 毫居里 ^{32}P /克

磷矿粉。在每缸(2000毫升)中加入100毫克放射性磷矿粉(引入放射强度为50微居里)。

供试植物为蕃茄(苹果青)及水稻(二九南A)。取苗龄30天生长一致的健壮幼苗定植于缸盖的孔洞中,每缸三株苗,每处理三个重复。蕃茄营养液配方同前,水稻用伊斯宾诺(Espino)溶液。腐殖酸钠用海淀2号(原液浓度为2%)。蕃茄培养液中腐殖酸钠浓度为200 ppm,水稻为100 ppm。营养液的pH值最后均调至6.5。在温室(25—30℃)中自然光照下培养。每天用玻棒搅拌两次通气,并经常调整pH值。

水培二周后取植株测定生长量、植株地上部总磷量及放射性 ^{32}P 的强度。测定前用自来水浸泡漂洗植株,除去附在根表面的放射性物质。用滤纸吸干水分,量长度及鲜重后,烘干粉碎。为了消除放射性钙的干扰, ^{32}P 的测定采用铅吸收法。全磷量用钼蓝法。

(二) 试验结果

从水培植株的生长量(表4)看,腐殖酸钠能显著促进根的生长。水稻加腐殖酸钠处理的根长度为对照的1.76倍。加腐殖酸钠处理的蕃茄根长度为对照的1.3倍。同时,加腐殖酸钠的处理,植株干重的增加也很明显。这与上述两个试验的结果均不同,原因还不清楚。

表4 放射性磷矿粉水培二周的水稻、蕃茄幼苗生长量*

Table 4 Growth of rice and tomato seedlings in culture solution containing radioactive rock phosphate for two weeks*

处 理 Treatment		根 Roots		地 上 部 Tops		总 干 物 质 Total dry matter	
		长度 (cm) Length	%	高度 (cm) Height	%	重量(克/株) Weight (g/plant)	%
水稻 Rice	对 照 Check	8.8	100	53.0	100	0.27	100
	+ 腐殖酸钠 + sodium humate	15.5	176	60.5	114	0.42	155
蕃茄 Tomato	对 照 Check	7.0	100	27.3	100	0.25	100
	+ 腐殖酸钠 + sodium humate	9.0	130	29.5	108	0.56	222

* 9株平均。

* Average of 9 plants.

植株地上部全磷量的测定结果表明,处理间:测验不显著。不同处理间蕃茄中 ^{32}P 量虽差异显著,但按单株计算,腐殖酸钠并没有使植株从放射性磷矿粉中多吸收 ^{32}P (表5)。

由此可见,腐殖酸钠对根的生长具有促进作用,还可能具有对缺磷的缓解作用,但不能使植物吸收难溶性磷矿粉中的磷。这些结果与湖北省农科所在大田和盆栽条件下的结果是一致的。

表 5 水培二周的蕃茄植株 ^{32}P 测定Table 5 ^{32}P accumulated in tomato seedlings growing in culture solution containing radioactive rock phosphate (2 weeks)

处 理 Treatment	^{32}P 脉冲/200mg·分 ^{32}P counts/200mg·min			平均脉冲/200mg·分 Average counts/ 200mg·min	平均干重 mg/株 Average dry wt. mg/plant	^{32}P 脉冲/株·分 ^{32}P counts/ plant·min
	1	2	3			
对 照 Check	379	385	369	378	250	471
+腐殖酸钠 + sodium humate	150	159	157	155	560	434

处理间 t 测验: $s_d = 5.2$, $t = 42.6$, $P < 0.05$ 。

参 考 文 献

- [1] 上海化工学院, 1975: 腐殖酸类肥料的功能和作用。化学通报, 第3期, 51—55页。
- [2] 上海化工学院, 1976: 国外腐殖酸类肥料生产的一些动向。化学通报, 第1期, 50页。
- [3] 北京师范大学化学系腐肥组、北京市化工研究所分析组, 1976: 腐殖酸解磷机理探讨。北京师范大学学报, 2—3卷, 136—142页。
- [4] 华北农业大学土化系腐肥组, 1975: 腐殖酸类肥料的多种功能和肥效分析。化学通报, 第4期, 16—19页。
- [5] 傅太柏, 1979: 腐殖酸对磷矿粉的间接解磷作用——兼与郭敦成同志商榷。中国农业科学, 第4期, 82—88页。
- [6] 李庆远等, 1964: 应用放射性磷矿粉进行土壤性质对植物吸收磷素的研究。土壤学报, 12卷, 330—337页。
- [7] 郭敦成, 1978: 腐殖酸解磷问题的商榷。中国农业科学, 第4期, 55—61页。
- [8] 湖北省农业科学研究所农业理化系, 1975: 应用放射性磷矿粉研究磷矿粉的肥效。中国农业科学, 第1期, 76—82页。
- [9] Flaig W., 1972: An introductory review on humic substances: Aspects of research on their genesis, their physical and chemical properties, and their effect on organisms. Proc. Int. Meet. Humic Substances. Nieuwersluis.
- [10] Moore T. C., 1974: Research Experience in Plant Physiology. New York, pp. 361—365.
- [11] Scheffer, F., Ziehmman, W. Rochus, 1962: The effect of humus on phosphatase activity. Naturwissenschaften, 49:157—158.
- [12] Schnitzer. M., Khan, S. V., 1972: Humic Substances in the Environment. Marcal. Dekker. Inc. New York.
- [13] Seatz, L. F. et al., 1959: The influence of organic matter additions on rock phosphate availability to crops. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 23:374—376.
- [14] Vimal, O. P., 1972: Humic substances and plant growth. J. Scient Ind. Res. 31 (8): 439—444.

THE EFFECT OF SODIUM HUMATE ON THE UPTAKE OF PHOSPHORUS FROM ROCK PHOSPHATE BY PLANTS

Mei Hui-sheng, Jia Li-bin, Chen De-mao and Cao Zong-xun
(*Beijing University*)

Summary

Present article reports the effect of humic substances on the availability of rock phosphate to crop growth.

Water culture experiments for wheat, tomato and rice were carried out with both ordinary rock phosphate and radioactive rock phosphate as phosphate sources.

Experiments showed no evidence that the addition of sodium humate gave beneficial effect on the availability of phosphate from rock phosphate to crop growth. However, the stimulating effect of sodium humate on root growth can be observed in all cases.