

用电超滤技术确定石灰性土壤 的供磷能力

曹翠玉 费懿晖 翟孝明 史瑞和

(南京农业大学)

摘 要

用电超滤(EUF)技术研究石灰性土壤中磷的解吸速率,最大解吸量(a_0 值)及EUF-P各组分,并与Olsen法进行了比较。结果表明,在石灰性土壤中磷的解吸作用可用二级反应动力学方程描述,其 a_0 值大于Olsen-p并与植株吸磷量呈显著正相关;EUF-p各组分与Olsen-p及植株吸磷量均有很好的正相关,其中以0-30分钟的EUF-P与小麦植株吸磷量相关性最高。

用电超滤(EUF)技术研究土壤供磷状况,可以获得有关土壤磷素动态的完整资料。近日来用EUF技术评价土壤的供磷特性,已引起广泛注意^[1-3]。据Nemeth的研究^[1],用20℃下EUF-P(速效磷)和 $\frac{\text{EUF-P}(80^\circ\text{C})}{\text{EUF-P}(20^\circ\text{C})}$ 的比值(贮量),能较精确地反映土壤磷的有效度。EUF-P与作物吸磷量之间有很好的相关性。

本文借助电超滤技术探讨了石灰性土壤的供磷能力,为合理施肥提供科学依据。

一、材料和方法

(一)供试土壤 供试土壤为石灰性土壤(黄潮土)。它们分别采自江苏省淮阴、涟水、铜山等县。土壤质地包括沙土、二合土和淤土。试验中以南京黄刚土、宜兴白土和金华黄红壤为对照土壤。供试土壤的基本性状见表1。

(二)测定方法

1. 电超滤(EUF)仪及土壤的EUF-P 试验用的电超滤仪的电渗槽共分左、中、右三室,室与室之间用半透膜(火棉胶)隔开,当通电后左、右两室分别为阳、阴极室。将100ml土壤悬浊液(风干土,过1mm筛孔,土液比为1:10)置于中室,左右两电极室各加100ml蒸馏水,收集阳极室内的浸提液分别进行以下测定:

(1)土壤磷的解吸速率 在恒温($25 \pm 1^\circ\text{C}$)与恒压(400V)条件下,每隔5分钟收集一次阳极室内浸提液,分别置于100ml烧杯内,共计收集8次。然后分别吸取一定量浸提液,用钼兰比色法测定溶液中的磷,以动力学方程求土壤磷的解吸速率与最大解吸量^[4]。

(2)土壤EUF-P组分 在变温($20 \pm 1^\circ\text{C}$, $40 \pm 2^\circ\text{C}$)与变压(50V、200V、400V)条件

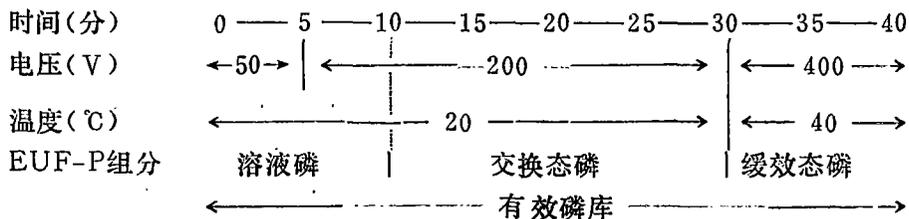
*电超滤仪由本校修配厂史劲同志等自制;吴明山、曾良俭同志参加了部分工作,谨致谢忱。

表1

供试土壤的理化性状

土壤及采样地点	土层深度 (cm)	有机质 (%)	全磷 (P_2O_5 %)	$NaHCO_3$ -P ppm, P	pH (H_2O)	$CaCO_3$ (%)	粘粒 (%)	注
淮阴县农科所 淤土	0-18	1.73	0.177	13.7	8.50	13.4	51.9	
胡集 二合土	0-18	1.21	0.152	2.43	8.14	11.4	36.6	
朱码 沙土	0-15	0.899	0.177	7.20	8.15	7.69	11.3	
新渡 沙土	0-19	0.994	0.150	2.40	8.79	9.02	13.4	培养试验 供试土壤
铜山 飞沙土	0-15	0.650	0.155	2.40	8.48	6.21	4.10	
铜山 沙土	0-15	0.900	0.117	3.00	8.10	7.74	6.10	
铜山 二合土	0-15	1.18	0.132	3.60	8.15	10.7	17.6	
铜山 淤土	0-15	1.42	0.149	3.60	8.30	15.0	30.2	
淮阴 飞沙土	0-15	0.349	0.126	0.80	3.40	7.95	4.50	盆栽试验
淮阴 沙土	0-15	0.707	0.137	2.60	3.20	8.61	5.00	供试土壤
淮阴 二合土	0-15	0.906	0.154	2.60	8.15	10.6	9.70	
淮阴 淤土	0-15	1.38	0.163	5.40	8.11	14.8	40.3	
南京 黄刚土	0-20	1.58	0.167	40.0	6.83	1.54	26.9	
宜兴 白土	0-20	2.06	0.067	6.00	6.80	0.960	17.5	
金华 黄红壤	0-20	—	0.112	9.00	5.50	—	16.3	

下,每隔5分钟收集一次阴极室内浸提液,分别置于100ml烧杯内,共计收集8次。同样分别吸取一定量浸提液,用钼兰比色法测定溶液中磷,求得EUF-P各组分,即土壤溶液磷(0-10分钟,20℃、50V、200V),交换态磷(10-30分钟、20℃、200V)与缓效态磷(30-40分钟、40℃、400V)等有关参数^[3,5,6]。



2. Olsen-P 土壤按1:20土液比,加入0.5M $NaHCO_3$ (pH8.5)溶液,振荡30分钟,钼兰比色。

3. Colwell-P 土壤按1:100土液比,加入0.5M $NaHCO_3$ (pH8.5)溶液,振荡16小时,钼兰比色。

4. 植株全磷 H_2SO_4 - H_2O_2 湿消化,钼黄比色。

(三)培养试验 以新渡沙土为供试土壤,施入不同用量(0, 0.075, 0.150, 0.300克 P_2O_5 /钵)的过磷酸钙,培养一定时间(土壤水分保持在田间持水量的70%),采样测定土壤EUF-P各组分及Olsen-P量。

(四)盆栽试验 为了验证石灰性土壤上EUF-P各组分对作物的有效性,以大麦为供试作物,进行盆栽试验。按质地系列选用8个石灰性土壤,三个对照土(表1)。每盆装土3公斤,均加入必需的氮、钾和微量元素肥料,重复3次。大麦每钵定植6株,成熟时,分别采样测定籽粒与茎秆中含磷量及土壤速效磷(Olsen-p)。

二、结果和讨论

(一) 土壤EUF-P的解吸量

在外加电场作用下, 土壤固相表面的吸附性磷被解吸而进入溶液中, 补充了土壤溶液中因作物根系吸收而被带走的磷酸离子。解吸过程对缓冲性能大、溶液中磷酸离子浓度低的土壤尤其重要。电场强度不同, 对土壤中磷的解吸能力也不同^[4]。黄潮土亚类三个系列土壤在恒电场(25℃, 400V)的作用下, 其EUF-P的解吸量(指一定时间内土壤固相的磷酸离子在电场——水的作用下, 解吸或溶解于溶液中的累积量)见表2。

表2 三种土壤EUF-P的解吸量(mgP/kg土, 25℃、400V)

土壤及采样地点	浸提时间(分)							
	5	10	15	20	25	30	35	40
沙土, 朱码	0.405	0.784	1.17	1.43	1.78	1.98	2.31	2.46
二合土, 胡集	0.560	0.935	1.29	1.54	1.70	1.82	1.94	2.05
淤土, 淮阴市农科所	1.35	2.56	3.74	4.71	5.57	6.20	6.64	6.99

据Grimme等的研究^[4], 在恒电场强度下, 用电超滤(EUF)法测定土壤磷的解吸, 可用零级或二级反应动力学方程式来描述^[7]。通常石灰性土壤服从二级反应动力学方程式, 解吸曲线可用积分速率方程式来描述:

$$\frac{dP}{dt} = K(a_0 - P)^2 \dots\dots\dots (1)$$

$$P = \frac{a_0 t}{t + t_{1/2}} \dots\dots\dots (2)$$

上式中 a_0 为土壤磷的最大解吸量(mgP/kg土), t 为解吸时间(分), P 为 t 时间内解吸磷的累积量(mgP/kg土), k 为解吸速率常数, 它反映了土壤对磷结合能的大小, $t_{1/2}$ 为半衰期, 即最大解吸量的一半所耗的时间。根据二级反应特征, 半衰期与反应物初始浓度成反比(即 $t_{1/2} =$

$\frac{1}{ka_0}$), 其直线方程为

$$\frac{t}{P} = \frac{t}{a_0} + \frac{1}{Ka_0^2} = \frac{t}{a_0} + \frac{t_{1/2}}{a_0} \dots\dots\dots (3)$$

以 t/P 对 t 作图可得一直线, 并可求出 a_0 等常数, 三种土壤的直线方程与 a_0 值列于表3。

表3 三种土壤的直线方程和 a_0 值*

土壤及采集地点	直线方程	r 值	a_0 值	Olsen-P
沙土, 朱码	$y = 0.1105x + 11.57$	0.975	9.05	7.20
二合土, 胡集	$y = 0.3025x + 7.721$	0.998	3.31	2.43
淤土, 淮阴农科所	$y = 0.05641x + 3.251$	0.979	17.7	13.7

* 式中 y 为 t/P 值, x 为 t 值, r 为相关系数。

由表3结果看出, 三种土壤的 a_0 值(最大解吸量)均大于Olsen-P, 两者的关系可用方程

式 $y = 1.277x + 0.1221 (r = 0.999^*, n = 3)$ 来表示。可见 a_0 值也是评价土壤有效磷的参数之一。

表 4 磷肥用量对土壤中EUF-P及Olsen-P的影响(mgP/kg土, 新渡沙土, 1986)

采样日期	磷肥用量 (P_2O_5 g/钵)	EUF-P				Olsen-P
		0—10分钟	10—30分钟	0—30分钟	0—35分钟	
4/24	0	0.04	5.38	5.42	11.2	5.20
	0.075	0.22	8.41	8.63	18.4	17.8
	0.150	0.87	12.6	13.5	26.4	31.2
	0.300	2.41	22.9	25.4	45.8	55.3
4/27	0	0.07	5.17	5.24	11.0	5.00
	0.075	0.58	8.35	9.13	18.0	16.3
	0.150	0.61	11.6	12.2	25.4	30.6
	0.300	1.66	18.9	20.6	42.2	54.0
4/30	0	/	4.93	5.30	11.5	5.00
	0.075	0.36	9.62	10.1	21.8	19.9
	0.150	1.17	11.1	12.3	30.9	/
	0.300	2.18	16.8	19.0	36.7	54.5
5/7	0	/	5.13	5.32	11.6	5.97
	0.075	0.26	8.14	94.0	16.6	18.1
	0.150	0.51	11.0	11.5	24.6	29.6
	0.300	1.71	21.3	23.0	49.4	65.7

表 5 几种土壤的EUF-P组分与大麦吸磷量的关系(mgP/kg土)

土 壤	土壤 EUF-P 组分			a_0 值	Olsen-P	Colwell-P	吸 磷 量
	溶 液 磷	交 换 态 磷	缓 效 态 磷				
铜山 飞沙土	0.01	0.44	10.4	12.2	2.4	4.75	4.73
沙 土	0.06	6.61	17.0	11.5	3.0	9.50	7.46
二合土	0.15	9.33	25.4	13.7	3.6	10.2	4.16
淤 土	0.13	7.16	16.3	26.8	3.6	10.2	9.51
淮阴 飞沙土	0.04	3.03	11.7	15.1	0.8	3.75	7.49
沙 土	0.08	10.9	30.6	36.3	2.6	9.12	20.0
二合土	0.28	11.5	29.9	30.4	2.6	5.70	12.2
淤 土	0.13	9.12	35.0	71.9	5.4	16.0	33.6
南京 黄刚土	0.67	23.6			40.0	124	104
宜兴 白 土	0.50	12.8			6.0	21.0	19.8
金华 黄红壤	0.48	14.7			9.0	33.5	30.4
EUF-P 各组分 与植株吸磷量的 相关系数(r)	0.750**	0.842**	0.754**	0.977**	0.970**	0.972**	

(二) 土壤中EUF-P各组分与速效磷的关系

EUF-P 各组分及Olsen-P量列于表 4。结果表明, 不施磷处理的EUF-P (0-30分钟, 20℃, 50V, 200V) 接近Olsen-P, 两者达显著正相关($r = 0.985^{**}$)。在施磷低(0.075g P_2O_5 /钵)的情况下, EUF-P(0-35分钟)也接近于Olsen-P。用经典的Olsen法一次提取的Olsen-P

作为土壤供磷的参数之一，以表示中性或石灰性土壤中速效磷的水平，在国内外已被广泛采用，它与作物吸磷量及产量之间有良好的相关性。因此，用EUF-P(0-30分钟)来表示石灰性土壤速效磷的水平也是适宜的。

(三)EUF-P组分与大麦吸磷量的关系

供试土壤各种磷组分和植株吸磷量列于表5。

不同电场强度和温度下EUF-P的测定值代表了土壤磷的不同组分。Nemeth认为^[1]：EUF-P(0-10分钟)最能反应田间持水量条件下，土壤溶液中磷酸离子的浓度，即水溶性磷；20℃下EUF-P(0-30分钟)为速效磷，30分钟以后的测定值为贮备磷。由表5结果看出：(1)EUF-P各组分与大麦吸磷量之间均有很好的相关性，这说明EUF-P各组分对作物都是有效的。(2)最大解吸量(a_0 值)与植株吸磷量呈极显著正相关($r=0.997^{**}$)。说明在石灰性土壤上 a_0 值也是评价土壤有效磷的参数之一，它从物理化学的角度阐明了土壤的供磷能力。(3)不同土壤的EUF-P(0-30分钟)与Olsen-P相关性甚好($r=0.817^{**}$)。通常Olsen-P被认为是土壤有效磷库中对作物最为速效的部分。综合表4结果，0-30分钟内解吸的EUF-P也是土壤有效磷库中对作物最为速效的部分，它是作物吸收的主要磷源之一。试验结果表明，在EUF-P各组分中EUF-P(0-30分钟)与植株吸磷量的相关性最高。

综上所述，EUF-P各组分的测定值均可用于评价石灰性土壤有效磷的水平。

三、结 语

1. 石灰性土壤中磷的解吸作用可用二级反应动力学方程来描述。供试土壤的 a_0 值均大于Olsen-P的量，并与大麦吸磷量呈显著正相关。说明 a_0 值也是评价土壤有效磷的参数之一。

2. EUF-P各组分与Olsen-P及植株吸磷量之间均有很好的相关性，其中0-30分钟内提取的EUF-P与大麦吸磷量之间的相关性最高。

参 考 文 献

- [1] K. Nemeth, Plant and soil, 83: 1-19, 1985.
- [2] G. O. Obigbesan and K. Nemege, Fertilizer Research, 2: 169-176, 1981.
- [3] M. A. Taha, M. N. Malik, et al., Plant and soil, 64: 73-78, 1982.
- [4] H. Grimme and K. Nemeth., Plant and soil, 64: 43-48, 1982.
- [5] 史瑞和、曹翠玉等，徐淮地区石灰性土壤磷肥残效的研究，南京农业大学学报，11(1): 78-84, 1988.
- [6] K. Nemeth, Advances in agronomy, 31: 179-186, 1979.
- [7] 傅献彩等，物理化学(下)，人民教育出版社，174-183, 1979.