

# 淹水条件下施加石灰和有机质对酸性土壤性质和磷吸附的影响\*

孟 赐 福

(浙江省农科院土壤肥料研究所)

袁 嗣 良

(美国佛罗里达大学土壤系)

## 摘 要

每公斤土加入2克碳酸钙和(或)三叶草的5个老成土和1个氧化土,在淹水培育45天后风干,结果发现:(1)淹水土壤风干,其pH比淹水时低,但仍比未淹水的高;(2)淹水降低了土壤中0.5M CuCl<sub>2</sub>提取的铝量,石灰和三叶草处理使3个轻质土中的铝量进一步降低,但3个粘质土则呈现相反的趋势;(3)改良剂使3个轻质土吸附的磷减少,而使3个粘质土吸附的磷增加。前者增加的原因是因为通过还原作用和氧化作用形成了较多的活性表面,而后的减少则可能是粘粒表面所形成的水化氧化物胶膜堵塞了原有的吸附位,从而使吸附位减少(4)改良剂对磷解吸的影响,是降低了3个轻质土的磷解吸,而增加了3个粘质土的磷解吸;(5)经淹水风干处理土壤的磷吸附量与草酸盐提取的铁、铝、锰及CuCl<sub>2</sub>溶液提取的铝有很高的相关性,表明控制淹水土壤磷吸附的土壤组分,不仅包括无定形铁,而且也包括羟基铝聚合物。

我国南方广泛分布着由高度风化的老成土和氧化土发育成的水稻土。施用石灰和有机肥是水稻土管理中的二个重要措施。有机肥(稻草、厩肥及绿肥)和石灰(熟石灰)通常在插秧前翻入土中,有时也在插秧后撒施石灰。石灰能促进有机质的分解,降低可溶性铝、锰及其它毒害离子的浓度,故石灰与有机肥一起施用通常可增加水稻产量。然而,某些地区因施用石灰过量而造成严重缺磷,从而影响水稻产量的进一步提高。

高度风化的土壤(如老成土和氧化土),通常呈酸性,并具有很高的固磷容量。施用石灰使磷的吸附增加、减少或不受影响,取决于各种吸附机制的相对重要性<sup>[4]</sup>。施用有机质对磷吸附的影响也因条件而异。Singh和Jones<sup>[9]</sup>发现,作物残茬和厩肥中有机质对磷吸附和解吸的影响因培育时间和残茬含磷量的不同而不同。袁嗣良也发现,这种影响因土壤而异,但在热水溶性有机质存在时,老成土对磷的吸附通常是减少的<sup>[13]</sup>。

淹水条件下,土壤性质与好气候条件有很大的不同。由于土壤pH提高和Fe<sup>3+</sup>还原成Fe<sup>2+</sup>,使得土壤对磷的吸附除了受石灰和有机质的影响外,还受其他因素的影响。若干研究表明,土壤淹水增加了磷的吸附<sup>[5,10,11]</sup>,但当土壤重新氧化时,又使磷的吸附减少<sup>[10]</sup>。

\* 本研究是作者在美国佛罗里达大学土壤系进修时完成的。

土壤中磷吸附的这种变化,与土壤中醋酸铵或草酸盐提取的铁含量变化有关<sup>[10]</sup>。

鉴于磷在水稻营养中的重要性,而石灰和有机质对淹水土壤磷吸附影响的资料极其有限,因此进行了本实验室培育研究。

## 一、材料和方法

1. 土样 表 1 所列的 6 个供试土样为 5 个老成土(佛罗里达的 Dothan、Red Bay 和 Orangeburg, 夏威夷的 Manana 及浙江省的黄筋泥)和一个氧化土(夏威夷的 Wahiawa)。

2. 试验材料与处理 试剂级碳酸钙(L)和磨碎的干三叶草(C)分别作为石灰和有机质的来源。试验设  $L_0C_0$ 、 $L_0C_2$ 、 $L_2C_0$  和  $L_2C_2$  四个处理。处理字母右下角的数字为每公斤土加入碳酸钙或三叶草的克数。

3. 淹水培育方法 每个处理取 200 克土样与相应的碳酸钙和(或)三叶草充分混合后,置于 250 毫升烧杯中,加去离子水淹没土表,并保持 1.5 厘米的水层。用表玻皿盖住烧杯,并在室温( $25^\circ \pm 1^\circ\text{C}$ )下培育 45 天,其间通过经常加水来维持烧杯中的水面。

表 1 供试土壤的有关性质  
Table 1 Selected properties of soil samples used in the study

分 组 Group	土 壤 Soil	土壤分类 Soil classification	pH		粘粒 (g/kg) Clay	有机碳 (g/kg) O. C.	代换量 (meq/ 100g) CEC	交换性盐基 (meq/100g) Exch. bases				矿 物* Minerology
			H <sub>2</sub> O	KCl				Ca	Mg	K	Na	
I 组	Dothan	残存湿老成土	5.12	4.04	111	9.0	4.82	0.45	0.31	0.10	0.04	K, Chl, Gi, F, Q
	Red Bay		5.12	4.06	55	25.0	8.92	1.25	0.33	0.12	0.04	K, Chl, Gi, F, Q
	Orangeburg		4.69	3.88	71	16.9	5.97	0.10	0.05	0.07	0.05	K, Chl, Gi, F, Q
II 组	黄筋泥 (Huangjinni)	薄层湿老成土	4.83	3.78	343	5.5	11.27	4.30	0.82	0.21	0.12	K, V, Go, F, Q
	Manana	热带腐殖质老成土	5.32	4.54	306	12.8	12.88	3.15	1.23	0.46	0.14	K, Mi, Go, F, Q
	Wahiawa	饱和干氧化土	5.34	4.88	219	13.5	15.91	3.40	1.89	0.24	0.18	K, Mi, Go, F, Q

\* 矿物组成按其重要性的次序排列: K 为高岭石; Chl 为绿泥石; Mi 为云母; V 为层间蛭石; Gi 为三水铝石; Go 为针铁矿; F 为长石; Q 为石英。

4. 淹水 45 天后 pH、Eh 及  $p^{Ca}$  的测定 在土表 2 厘米深处,分别用复合玻璃电极和复合铂电极测定 pH 和 Eh,用钙电极测定上层清液中的  $p^{Ca}$ 。

5. 淹水 45 天后风干土中铝、铁、锰及磷的测定 将土壤风干、研碎、混匀,作化学分析之用:(1) 在 100 毫升塑料离心管中,先后加入 1 克土样和 50 毫升含有 0.175M 草酸铵的 0.1M 草酸溶液,振荡 4 小时后,用原子吸收法测定其滤液的铝、铁及锰。(2) 用铝试剂法<sup>[11]</sup>测定用 1N KCl 溶液提取(土液比=1:50)的交换性铝。(3) 用 0.5M  $CuCl_2$  溶液提取(土液比=1:10)的铝,用原子吸收法测定<sup>[6]</sup>。(4) 用 BrayII 试剂提取的有效磷,用磷钼兰法测定。

6. 磷吸附测定方法 取 6 份 5 克土,分别加入 100 毫升的塑料离心管中,每只离心管内分别加入 50 毫升含磷量为 5, 10, 20, 30, 40 及 50ppm  $P(KH_2PO_4)$  溶液,再加 3 滴甲苯溶液以抑制微生物的繁殖。这一系列不同浓度的磷溶液均含有 0.03M 的 KCl。将这些离心管插入旋转式振荡器,并在  $298^\circ\text{K}$

下振荡 20 小时。离心后倾出澄清液，用磷钼兰法<sup>[8]</sup>测定其磷浓度。在半对数纸上，将土壤吸附的磷量与平衡液中的磷浓度作图<sup>[1,3]</sup>。

7. 磷解吸的测定方法 倾去离心管中的上部澄清液后，称离心管中土壤和残留溶液的总重。土重的增加被看作是吸附达到平衡时含有不同浓度的磷溶液的重量。残留液中的磷量将被用于校正解吸的磷量。在称重后的离心管中，加入 50 毫升 0.03MKCl 溶液，在与吸附研究相同的条件下振荡 20 小时。离心后测定澄清液中的磷浓度。澄清液中所含的磷量与土壤残留液中的含磷量之差，即为土壤所解吸的磷量。将解吸的磷量对原先吸附的磷量作图。

## 二、结果与讨论

### (一) 供试土壤的原有特征

1. 质地和阳离子交换量：供试土样的理化性质见表 1。根据土壤质地，可以把它们分成两组：I 组为三个佛罗里达轻质土；II 组为二个夏威夷的粘质土和一个浙江省的粘质土。Red Bay 是 I 组中粘粒含量最低的土壤，但因其含有机质高，所以阳离子交换量也是最高。除该土含有较高的 Ca 和 Mg 之外，另外二个轻质土的盐基饱和度较低。II 组中的黄筋泥和 Manana，粘粒含量均高于 300 克·千克<sup>-1</sup>，但其阳离子交换量并没有相应的增加，表明其粘粒的负表面电荷是低的。因 II 组土壤采自耕地，故交换量 Ca 和 Mg 的含量较高。

2. 土壤 pH：6 个土壤的 pH 变动于 4.69—5.34 之间。Orangebury 和黄筋泥的 pH 最低，后一土壤尽管 pH 低，但仍有一定数量的 Ca 和 Mg。

3. 粘土矿物：所有土壤的粘土矿物类似，高岭石是其主要的粘土矿物。I 组土壤中还含有绿泥石和三水铝矿；II 组土壤除含有三水铝矿外，还含有层间蛭石或云母。所有土壤中都存在长石和石英。

### (二) 石灰和有机质对淹水条件下某些土壤性质的影响

1. 土壤 pH：土壤淹水时由于 H<sup>+</sup> 的消耗，使得 pH 提高。I 组中 Orangeburg 土的 pH 升高最为明显(表 2)，因为它的有机质含量最高。由于三叶草使土壤的还原性增大，而石灰能中和土壤中的 H<sup>+</sup>，因此这两种改良剂都使土壤 pH 升高，但其作用石灰大于三叶草。三叶草提高土壤 pH 的作用在粘质土上更为明显。

2. Eh：淹水时三个轻质土的氧化还原电位均为负值，而三个粘质土(除了加三叶草的处理外)的 Eh 均为正值(表 2)。这说明后三种土壤的粘粒一氧化物含量较高，因而处于较强的氧化状态。施加石灰和三叶草使三个轻质土的 Eh 稍有降低，但三个粘质土的 Eh 降低则十分显著。对三个粘质土来说，三叶草降低 Eh 的作用比石灰大得多。值得注意的是氧化土(Wahiwa)的 Eh，这种土壤不仅在不加石灰和三叶草时有很高的 Eh，而且在加入这两种物质时仍能保持正的 Eh，因为它较之任何其他土壤含有高得多的草酸盐提取的锰(表 3)。

3. p<sup>Ca</sup>：施加石灰和三叶草使淹水土壤上部清液的 p<sup>Ca</sup> 值降低，这是加碳酸钙溶解的缘故。

### (三) 淹水风干土的性质

表 2 石灰加三叶草对淹水条件下某些土壤性质的影响  
 Table 2 Effects of lime and clover tissue on some soil properties under flooded conditions

处 理 Treatment	Eh(mV)	pH	p <sup>Ca</sup>	Eh(mV)	pH	p <sup>Ca</sup>
	Dothan (pH5.12)			Huangjinni (pH4.83)		
L <sub>0</sub> C <sub>0</sub>	-108	6.31	4.6	346	5.31	3.8
L <sub>0</sub> C <sub>2</sub>	-113	6.47	4.4	-55	6.73	3.2
L <sub>2</sub> C <sub>0</sub>	-122	7.03	3.2	22	8.91	2.8
L <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	-132	6.98	3.0	-80	6.91	2.9
	Red Bay (pH5.12)			Manana (pH5.32)		
L <sub>0</sub> C <sub>0</sub>	-30	6.43	4.2	277	6.02	3.5
L <sub>0</sub> C <sub>2</sub>	-21	6.44	3.8	-145	6.84	3.4
L <sub>2</sub> C <sub>0</sub>	-64	6.63	3.1	143	6.93	2.8
L <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	-60	6.59	3.0	-167	7.15	3.0
	Orangeburg (pH4.69)			Wahiawa (pH5.34)		
L <sub>0</sub> C <sub>0</sub>	-108	6.14	4.8	493	5.94	3.1
L <sub>0</sub> C <sub>2</sub>	-123	6.25	4.2	304	7.29	2.9
L <sub>2</sub> C <sub>0</sub>	-112	6.77	2.8	356	7.28	2.8
L <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	-83	6.64	2.8	196	7.27	2.6

注: 处理字母右下角的数字为每公斤土加入 CaCO<sub>3</sub> 或三叶草的克数。下同。

1. 土壤 pH: 如前所述, 淹水使土壤 pH 提高, 但风干后又使不通气的状态变回到通气状态, 土壤又重新被氧化, 因而土壤 pH 比淹水时为低, 但仍比原先的风干土为高(表 3)。

2. 活性铝: 在酸性土壤中, 活性铁和铝是吸持磷的主要成分。除了黄筋泥和 Orangeburg 两个土样原先含有一定数量的交换性铝外, 其他 4 个土样均很低。因为经淹水风干处理土壤 pH 仍比原始土壤来得高, 因此所有土壤的交换性铝都比原始土低(表 3)。

3. 潜性铝: CuCl<sub>2</sub> 提取的铝可认为是土壤中的铝库<sup>[6]</sup>。淹水风干处理降低了土壤中这种形态的铝, 而施加石灰和三叶草则使三个轻质土中 CuCl<sub>2</sub> 提取的铝量进一步降低, 而对三个粘质土的作用则相反(表 3)。

4. 无定形铝和铁: 用草酸盐提取的铝和铁是无定形的。草酸盐提取的铝的数量, 淹水前后和施加土壤改良剂前后是有差异的, 但这种差异较小, 而且也不一致(表 3)。淹水对草酸盐提取的铁的数量影响很小。施加石灰和三叶草显著提高了 3 个粘质土中草酸盐提取的铁量, 三叶草的作用更为明显, 但对 3 个轻质土则看不到这种效应。尽管这 3 个粘质土在淹水前所含的草酸盐提取的铁量差不多, 但施加改良剂所引起的草酸盐提取的铁量增加, Wahiawa 土要比其他 2 个粘质土少得多(表 3)。这是因为这种土壤的锰含量极高, 在淹水时仍有很高的 Eh, 从而缓解了铁的还原。

5. 有效磷: 与未淹水的原始土壤相比, 淹水风干处理使 3 个轻质土的有效磷增加, 而使 3 个粘质土的有效磷减少。施加改良剂对有效磷含量的影响无一定规律可循(表 4)。

#### (四) 土壤淹水后风干处理对磷吸附的影响

表 3 淹水 45 天后的风干土的可提取的铁、铝、锰  
Table 3 Extractable Fe, Al, and Mn of air-dried soils after 45 days of flooding

处 理 Treatment	pH	草酸盐提取 (g · kg <sup>-1</sup> ) C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> -ext.			可提取的 Al		pH	草酸盐提取 (g · kg <sup>-1</sup> ) C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> -ext.			可提取的 Al		
		Fe	Mn	Al	CuCl <sub>2</sub> -ext. (mg · kg <sup>-1</sup> )	KCl-ext. (mg · kg <sup>-1</sup> )		Al	Fe	Mn	Al	CuCl <sub>2</sub> -ext. (mg · kg <sup>-1</sup> )	KCl-ext. (mg · kg <sup>-1</sup> )
未淹水	5.12	0.70	0.19	1.75	0.40	0.04	4.83	3.60	0.95	2.50	0.53	0.15	
淹 水:													
L <sub>0</sub> C <sub>0</sub>	5.66	0.80	0.17	1.70	0.32	0.01	5.42	3.95	0.80	2.25	0.45	0.02	
L <sub>0</sub> C <sub>2</sub>	5.82	0.80	0.16	1.55	0.30	0.02	5.70	5.25	0.70	2.05	0.46	0	
L <sub>2</sub> C <sub>0</sub>	6.87	0.80	0.14	1.55	0.26	0	6.38	4.85	0.65	2.15	0.52	0	
L <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	6.66	0.75	0.14	1.55	0.29	0	6.26	5.15	0.60	2.70	0.51	0	
		Red Bay						Maanaa					
未淹水	5.12	1.35	0.60	3.00	0.50	0.04	5.32	3.05	1.50	4.40	0.44	0	
淹 水:													
L <sub>0</sub> C <sub>0</sub>	5.93	1.55	0.55	2.95	0.49	0	5.81	3.70	1.45	4.50	0.37	0	
L <sub>0</sub> C <sub>2</sub>	5.87	1.55	0.55	2.80	0.40	0	6.24	4.95	1.50	4.55	0.38	0	
L <sub>2</sub> C <sub>0</sub>	6.39	1.50	0.55	3.00	0.43	0	6.45	4.55	1.40	4.45	0.41	0	
L <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	6.34	1.55	0.50	2.70	0.38	0	6.35	5.15	1.60	4.65	0.51	0	
		Orangeburg											
未淹水	4.69	1.13	1.12	1.45	0.48	0.09	5.34	3.50	8.00	4.95	0.33	0	
淹 水:													
L <sub>0</sub> C <sub>0</sub>	5.05	1.13	0.14	1.60	0.35	0.03	6.00	3.35	8.00	5.25	0.31	0	
L <sub>0</sub> C <sub>2</sub>	5.32	1.10	0.12	1.35	0.34	0.08	6.28	3.85	8.50	5.65	0.34	0	
L <sub>2</sub> C <sub>0</sub>	6.06	1.15	0.15	1.45	0.29	0	6.24	3.70	7.50	5.75	0.31	0	
L <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	6.01	1.05	0.11	1.50	0.27	0	6.42	3.70	8.00	5.25	0.36	0	

表 4 淹水风干处理的土壤有效磷

Table 4 Available P of air-dried soils after 45 days of flooding

土壤 Soil	未处理 No Treatment	淹水 45 天后的风干土 Air-dried soils after 45 days of flooding			
		$L_0C_0$	$L_0C_2$	$L_2C_0$	$L_2C_2$
Dothan	9	33	26	25	20
Red Bay	10	18	21	19	24
Orangeburg	6	8	11	10	13
黄筋泥 (Huangjinni)	36	35	29	23	27
Manana	12	10	7	9	6
Wahiawa	21	10	12	14	16

6 个土壤淹水前后的磷吸附等温线可以分成二组 (图 1)。3 个轻质土经淹水风干处理后所吸附的磷比未处理的要多, 而 3 个粘质土则呈现相反的趋势。这两组土壤在磷吸附特性方面所表现出来的差异, 与土壤 pH 变化以及不同化学提取剂所提取的铝和锰的数量无关 (表 3)。处理土壤均有较高的 pH, 说明 pH 对土壤表面电荷的影响是相似的。虽然 2 个粘质土所含的草酸盐提取的铝和锰数量比 3 个轻质土要多得多, 但另一个粘质土 (黄筋泥) 所含的草酸盐提取的铝量较少, 表明铝和锰也不是造成吸附差异的原因。Willet 和 Higgins (1978) 发现, 淹水和此后的风干都会影响土壤对磷的吸附, 并认为这种变化与醋酸盐和草酸盐提取的铁的数量有关。这两种土壤草酸盐提取的铁、铝和锰, 确

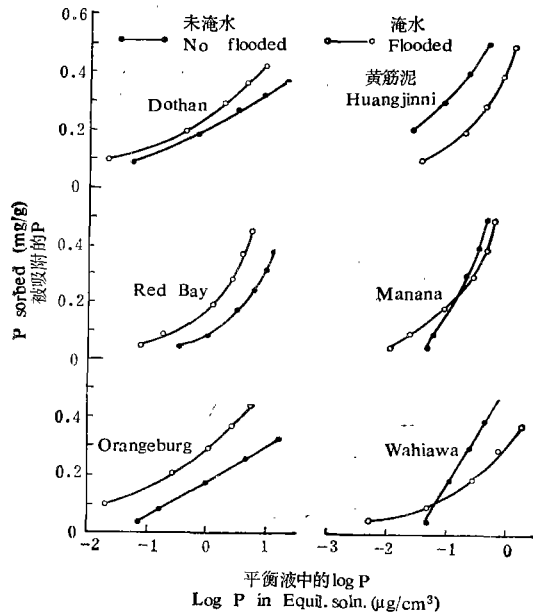


图 1 淹水 45 天前后的风干土对磷的吸附

Fig. 1 Sorption of added P by soils air-dried before and after 45 days of flooding

实存在着显著差异,但处理前后的变化很小,而且没有一致的差异,因此土壤磷的吸附必定还存在着其他机制。

据报道,土壤淹水会增大原有磷的有效度,但是对加入磷的吸附增大<sup>[2,5,7,10]</sup>。磷吸附的增大,归因于新的活性很高的吸附表面的增加,而这种吸附表面是由交换性铝的水解和铁的重新沉淀所形成的。由此 Willet 和 Higgins (1978) 得出结论: 淹水期间,磷主要被亚铁水氧化物所吸附,而在落干的氧化期间,则主要由结晶性很差的高铁水氧化物所吸附。但在本研究中,两组土壤处理前后的草酸盐提取的锰、铝和铁的差异很小(表 3),表明结晶态铁向无定形铁的转化很少。3 个轻质土磷吸附增大的可能原因是,新形成的表面性质与未经淹水处理的土壤表面性质是不同的<sup>[5]</sup>。但这一假设不能解释 3 个粘质土磷吸附的特性,因为淹水风干处理减少了磷的吸附,加入高浓度的磷时更是如此。于是他们又认为,未淹水土壤对磷的吸附,与  $\text{NH}_4\text{OAc}$  和草酸盐提取的铁都无关,而与土壤的粘粒含量有关<sup>[10]</sup>。在本研究中,II 组土的粘粒含量比 I 组土高得多。如果粘粒是吸附磷的主要表面,那末淹水期间草酸盐提取的铁所形成的活性较大的水氧化物,想必已经包蔽了粘粒表面,堵塞了部分吸附位,因为 3 种粘质土中所含的草酸盐提取的铁量相当多,因此粘粒表面磷吸附位的减少想必也是相当大的。尽管淹水后草酸盐提取的铁活性增大,但净的吸附位数目比未淹水的要少。与粘质土相比,轻质土所含的粘粒是很少的,因此淹水期间草酸盐提取的铁所形成的新表面会产生较多的吸附位。对含较大数量铁的土壤来说,凝结或沉淀型水氧化物的结晶化,最可能在原先淹水而后风干的土壤巾发生。然而,这并不与草酸盐提取的铁的数据相一致,除非这种氧化物的结晶性很差,因而能被

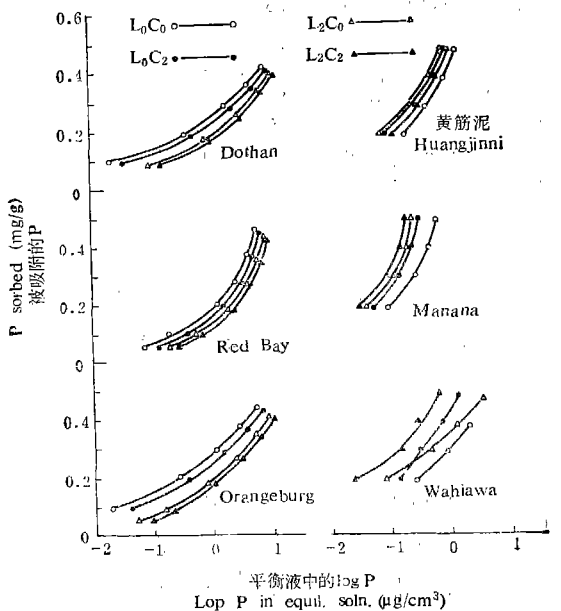


图 2 施加石灰和有机质对淹水 45 天后风干土磷吸附的影响

Fig. 2 Sorption of added P by soils Air-dried after 45 days of flooding, with lime and/or organic matter amendments

草酸盐提取。

### (五) 石灰和有机质对淹水风干处理土壤磷吸附的影响

这种影响也可以分成二组：一组是改良剂降低了轻质土的磷吸附，其降低的顺序为：三叶草<石灰<三叶草+石灰；另一组是改良剂增加了粘质土的磷吸附(图 2)。在淹水 45 天时，3 个轻质土中加入三叶草并没有显著地影响氧化还原电位(表 2)，草酸盐提取的铁的数量也几乎没有改变(表 3)。然而，由于它们的 pH 值较高，草酸盐、KCl 和  $\text{CuCl}_2$  溶液提取的活性铝和潜性铝都较低，因此降低了磷的吸附量。石灰对磷吸附的影响或许与三叶草类似，但因其土壤 pH 较高，故吸附的磷较少。当石灰与三叶草一起加入时，对磷吸附的影响似乎是叠加的。

加入石灰和三叶草后虽然使土壤 pH 升高，但草酸盐提取的铁和  $\text{CuCl}_2$  提取的铝也显著增多，使磷吸附显著增大，这样磷吸附的增大掩盖了 pH 使磷吸附的降低，从而导致磷吸附的最终增加。

### (六) 石灰和有机质对经淹水风干处理土壤磷解吸的影响

图 3 表明，石灰和三叶草对磷解吸附的影响对不同土壤是不同的。对 3 个轻质土来说，处理减少了磷的解吸，但磷的释放量较多；对 3 个粘质土来说，处理对磷解吸的影响恰好与轻质土相反。

### (七) 磷吸附与土壤参数之间的相关性

相关研究表明，不仅草酸盐提取的铁与磷吸附量之间有很高的相关性 ( $r=0.941^{**}$ )，而且用  $\text{CuCl}_2$  溶液提取的铝和草酸盐提取的铝和锰与磷吸附量之间也有显著的相关性，

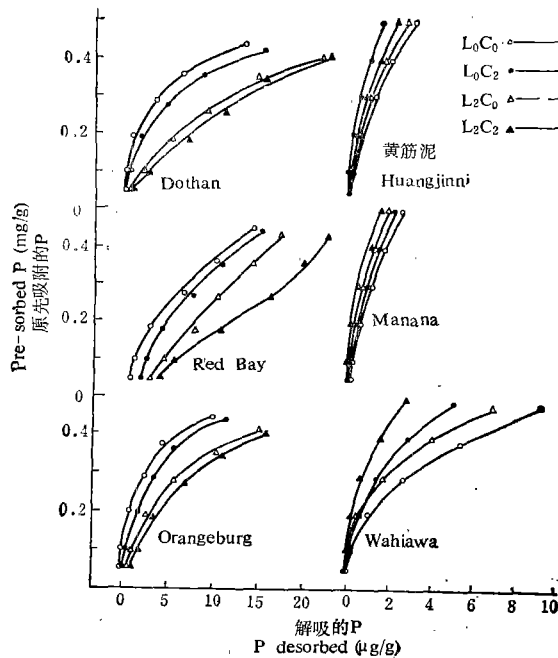


图 3 施加石灰和有机质对淹水风干土壤磷吸附的影响  
Fig. 3 Desorption of P from soils which received various levels of P after flooding, with lime and/or organic matter amendments



表 5 不同处理的淹水土壤的磷吸附量与土壤性质之间的相关系数 ( $n = 24$ )  
 Table 5 Simple correlation coefficient between sorbed P ( $500\mu\text{g/g}$  added) by the flooded soil with different treatments and soil variables ( $n = 24$ )

土壤变量 Soil variable	r	回归方程 Regressive equation
CuCl <sub>2</sub> 提取的铝	0.627**	$y = 349.3 + 0.287x$
草酸盐提取的铝	0.695**	$y = 407.1 + 0.017x$
草酸盐提取的铁	0.941**	$y = 402.0 + 0.02x$
草酸盐提取的锰	0.452**	$y = 446.8 + 0.006x$
Bray 2 提取的磷	-0.164NS	
pH	0.160NS	

\* 和 \*\* 分别表示相关性达 5.0% 和 1.0% 水平, NS 表示无相关性。

它们之间的相关系数分别为 0.627\*\*, 0.695\*\* 和 0.452\* (表 5)。这表明控制淹水土壤吸附磷的土壤组分不仅包括无定形铁, 而且也包括羟基铝聚合物和与有机质结合的铝。吸附的磷与 Bray2 提取的磷和 pH 之间不存在显著的相关性。

### 参 考 文 献

- [1] Bache, B. W. and E. G. Williams, 1971: A phosphorus sorption index for soils. *J. Soil Sci.*, 22: 289—300.
- [2] Bradley, J., I. Vimpany, and P. J. Nicholls, 1984: Effects of waterlogging and subsequent drainage of a pasture soil on phosphate sorption, extractable phosphate and oxalate-extractable iron. *Aust. J. Soil Res.*, 22: 455—461.
- [3] Fox, R. L. and E. J. Kamprath, 1970: Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 34: 902—907.
- [4] Haynes, R. J. 1982: Effect of liming on phosphorus availability in acid soils. A critical review. *Plant and Soil* 68: 289—308.
- [5] Holford, I. C. R. and W. H. Patrick, Jr., 1981: Effects of anaerobiosis and reoxidation on phosphate sorption characteristics of an acid soil. *Aust. J. Soil Res.*, 19: 69—78.
- [6] Juo, A. S. R. and E. J. Kamprath, 1979: Copper chloride as an extractant for estimating the reactive aluminium pool in acid soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 43: 35—38.
- [7] Khalid, R. A., W. H. Patrick, Jr., and R. D. DeLaune., 1977: Phosphorus characteristics of flooded soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 41: 305—310.
- [8] Murphy, J. and J. P. Riley, 1962: A modified single solution method for the determination of phosphate in natural matters. *Anal. Chim. Acta.* 27: 31—36.
- [9] Singh, B. B. and J. P. Jones, 1976: Phosphorus sorption and desorption characteristics of soil as affected by organic residue. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 40: 389—394.
- [10] Willett, I. R. and M. L. Higgins, 1978: Phosphate sorption by reduced and reoxidized rice soils. *Aust. J. Soil Res.*, 16: 319—326.
- [11] Willett, I. R., 1982: Phosphorus availability in soils subjected to short periods of flooding and drying. *Aust. J. Soil Res.*, 20: 131—138.
- [12] Yuan, T. L. and J. G. A. Fiskell, 1959: Aluminum studies. Soil and plant analysis of aluminum by modification of the aluminon method. *Agric. and Food Chem.*, 7: 115—117.
- [13] Yuan, T. L., 1980: Adsorption of phosphate and water-extractable soil organic matter by synthetic aluminum silicate and acid soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44: 951—955.

## EFFECTS OF LIME AND ORGANIC MATTER APPLICATION ON SOIL PROPERTIES AND PHOSPHOROS SORPTION BY SIX ACID SOILS UNDER FLOODED CONDITION

Meng Cifu

*(Institute of Soil and Fertilizer, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences)*

Yuan, T. L.

*(Department of Soil Science, University of Florida, U. S. A.)*

### Summary

Surface samples of five Ultisols (Dothan, Red Bay, and Orangeburg from Florida, Manana from Hawaii, and Huangjinni from Zhejiang, China) and one Oxisols (Wahiawa from Hawaii) were used to ascertain the effects lime and organic matter on P adsorption and desorption under flooded condition. Reagent-grade calcium carbonate and ground dry clover tissues were used as lime and organic matter sources.

Both lime and clover tissue addition increased soil pH and decreased Eh, but their effects on pH and Eh of the three Florida soils were less than that on other three soils. Flooding reduced the amounts of Al extracted by 0.5 M CuCl<sub>2</sub>. Lime and clover treatments further reduced it for the three Florida Ultisols, but the reverse was true for the other three soils.

The amendments reduced the P adsorption for the three Florida soils and the order of reduction followed: clover tissues < lime < mixture of clover and lime. The effect was reverse for the other three soils. For the three Florida soils, additions of lime and clover tissues increased the P desorption; for the other three soils, the opposite was true.

Phosphorus adsorbed by the flooded soils was significantly related with oxalate-extractable Fe, Al, and Mn and CuCl<sub>2</sub>-extractable Al, which suggests that the components controlled P retention by flooded soils include not only poorly crystalline and amorphous Fe oxides and hydroxides, but also Al-OH polymer and Al bound with organic matter.