

氧化还原条件对土壤磷素固定 与释放的影响^{*}

高 超^{1,2} 张桃林¹ 吴蔚东^{1,2}

(1 中国科学院南京土壤研究所; 2 南京大学城市与资源学系, 南京 210008)

摘 要 为探讨水稻土由氧化环境转为还原条件时对土壤磷素固定与释放的影响, 选择 18 种水稻土样品进行室内模拟实验, 通过测定不同条件下磷的等温吸附曲线和采用氧化铁试纸测定法进行多次提取以对比淹水前后土壤磷的累计解吸量, 发现大部分供试样品的固磷能力在淹水条件下有了显著的提高, 全部样品在淹水后磷的释放量都有不同程度的减少。进一步的研究表明淹水条件下土壤对磷的固定与释放的变化主要与淹水后土壤 Eh 的降低和 pH 的升高而导致的大量无定形铁的形成有关。

关键词 氧化还原, 等温吸附, 解吸, 氧化铁试纸

中图分类号 S153.1

淹水还原条件引起了土壤中磷的转化, 使土壤中的水溶性磷和其他形式植物有效磷的含量发生变化, 其结果不仅影响土壤对作物的供磷能力, 也影响到水土界面磷的迁移能力, 进而关系到农田土壤中磷的流失及其在地表水体富营养化中的作用。因此, 研究淹水条件下不同类型土壤对磷的固定与释放特征及其机理对于农业生产和环境保护工作都有着重要意义。

1 材料与方 法

在我国东部亚热带地区采集不同类型水稻土样品 18 个, 风干后过 2mm 筛。常规土壤理化性状如 pH、有效磷(Olsen P)、有机质(OM)和无定形铁(Amorphous Fe)、铝(Amorphous Al)的测定主要参考文献[1]和文献[2]。

测定等温吸附曲线, 用以表征磷在土壤固液相之间的分配特征, 具体步骤如下: 每个样品称取 5g 土样七份于 100 ml 离心管中, 加入含磷量分别为 0、10、20、40、60、100、150 mg L⁻¹ 的 0.01 mol L⁻¹ CaCl₂ 溶液, 同时加入 3 滴甲苯以抑制微生物的活动。25℃ 下振荡 24h, 过滤后测定平衡溶液中磷浓度, 根据其浓度变化计算土壤的吸磷量/解吸量。根据实验结果及 Langmuir 方程确定土壤的最大固磷量(Q_m)、标准需磷量(SPR)和最大缓冲容量(MBC)等参数, 作为表征水稻土在氧化条件下固磷和供磷能力的指标。SPR 值是平衡溶液中的磷浓度为 0.2mg L⁻¹ 时土壤的吸磷量^[3,4]。

为了测定还原条件下土壤上述固磷和供磷参数的变化, 进行淹水培养实验, 实验方法主要参考文献

* 中国科学院“九五”重大项目(KZ951-A1-301)和国家重点基础研究发展规划项目(G1999011801)部分研究成果

收稿日期: 2000-06-05; 收到修改稿日期: 2001-08-24

[5],具体步骤为:每个样品称取 5g 共七份于预先称重的 100 ml 离心管中,加入 50 ml 蒸馏水,使土面水深保持在 5cm 左右,将离心管避光放置于恒温室($25 \pm 2^\circ\text{C}$)中培养,其间适当补充蒸馏水以保持 5cm 左右的水深。30 天后将水轻轻倒去,用蒸馏水将离心管中的水补充至 25 ml(根据离心管重量的变化确定加水量),再加入 25 ml 含磷的 $0.02 \text{ mol L}^{-1} \text{CaCl}_2$ 溶液,使离心管中的含磷量分别为 0、10、20、40、60、100、150 mg L^{-1} ,然后采用前述方法测定等温吸附曲线,并确定其他相关参数。淹水条件下无定形铁含量的测定也利用类似的培养方法。

为了对比水稻土中有效磷含量在淹水前后的变化,采用氧化铁试纸法测定供试土壤磷的解吸量($P_i - P$ 值; Phosphorus extracted by iron oxide impregnated paper),并对同一样品进行多次提取,计算其累计解吸量 $\Sigma P_i - P$ 。氧化铁试纸法的制备采用 Chardon 等^[6]推荐的方法,氧化条件下 $P_i - P$ 值的测定方法如下:每个土样称取 5 g 于 100 ml 离心管中,加蒸馏水 50 ml 并放入 $10 \times 2 \text{ cm}^2$ 的氧化铁试纸两片,加塞后于 25°C 下振荡 2 h,随之取出试纸并用蒸馏水将沾于试纸上的土粒洗入离心管中,凉干后用 $0.1 \text{ mol L}^{-1} \text{H}_2\text{SO}_4$ 溶液溶解试纸,测定溶液中的磷浓度并换算为第一次提取时土壤的 $P_i - P_1$ 值。在取出试纸后用离心机分离离心管中的土样和溶液,小心倒去溶液后将土样于 25°C 下放置一星期,再测定第二次提取时土壤的 $P_i - P_2$ 值,提取方法与第一步相同,这一步骤重复 8 次。最后计算 8 次提取的 $P_i - P$ 累计值($\Sigma P_i - P$)。还原条件下 $P_i - P$ 的测定方法是将 5 g 土样在离心管中按前述方法淹水培养,30 天后将水轻轻倒去,用蒸馏水将离心管中的水补充至 50 ml,再按前述方法测定 $P_i - P$ 值,但略去离心分离这一步,即取出试纸后土样于淹水条件下培养一周,再重复上述测定步骤。

为了进一步研究淹水还原条件对土壤磷释放的影响,选取漂洗水稻土、渗育水稻土、潴育水稻土和脱潜育水稻土等 4 种代表性水稻土样品,分别测定淹水 0、2、4、8、12、16、24 和 30 天时土壤的 pH、Eh、无定形铁含量和 $P_i - P_1$ 值,并利用 Statistica 软件对所得数据进行处理,以确定各种变量之间的相互关系。

2 结果与讨论

2.1 淹水还原条件对土壤固磷能力的影响

表 1 是 18 个供试水稻土样品的基本化学性质,土壤 pH 变化范围为 4.9 ~ 7.8,平均值为 6.2,土壤总磷和速效磷平均含量分别为 1.34 g kg^{-1} 和 16.1 mg kg^{-1} 。无定形铁、铝的含量变化范围分别为 $4.3 \sim 14.4 \text{ g kg}^{-1}$ 和 $2.6 \sim 4.8 \text{ g kg}^{-1}$ 。用 Langmuir 方程来拟合供试样品的等温吸附曲线,其相关性全部达到极显著水平($r^2 = 0.94 \sim 0.99^{***}$),说明可用该方程来描述供试土壤中的磷在固液相之间的分配特征并据此计算其他相关参数,将所得结果分淹水前(氧化条件)和淹水后(还原条件)两类列于表 2 中。

表 1 供试水稻土的基本化学性质

Table 1 Selected chemical properties of the paddy soils studied

	pH	有机质 O. M. (g kg^{-1})	总氮 Total N (g kg^{-1})	总磷 Total P (g kg^{-1})	速效磷 Olsen P (mg kg^{-1})	无定形铁 Amorphous Fe (g kg^{-1})	无定形铝 Amorphous Al (g kg^{-1})
平均值	6.2 ¹⁾	28.7	2.1	0.59	16.1	7.8	3.3
标准差		6.66	0.4	0.19	14.2	2.4	0.5
最大值	7.8	45.5	3.0	1.17	65.5	14.4	4.8
最小值	4.9	15.6	1.3	0.42	4.48	4.3	2.6

1) pH 为中值

表 2 淹水前后水稻土与固磷能力有关的特征参数变化

Table 2 Changes in selected P sorption parameters of the soils after waterlogging

	无定形铁 (g kg^{-1})		最大吸磷量		最大缓冲容量		标准需磷量	
	Amorphous Fe		Maximal dsorption		Maximal buffering capacity		Standard P required	
	$Q_m(\text{mg kg}^{-1})$		MBC(L kg^{-1})		SPR(mg kg^{-1})			
	淹水前 Oxidized	淹水后 Reduced	淹水前 Oxidized	淹水后 Reduced	淹水前 Oxidized	淹水后 Reduced	淹水前 Oxidized	淹水后 Reduced
平均值	7.8	9.8	751.2	2 293.0	154.4	1 072.0	108.7	281.0
标准差	2.5	2.9	113.4	546.9	131.5	521.7	83.3	76.4
最大值	14.4	15.5	970.9	2 777.8	534.8	1 786.0	360.0	342.7
最小值	4.23	5.2	555.6	467.3	33.2	91.7	12.5	8.2

淹水 30 天后供试水稻土的固磷能力及其他相关参数与淹水前相比发生了较大的变化,18 个样品中 17 个样品的无定形铁、最大固磷量(Q_m)、最大缓冲容量(MBC)和标准需磷量(SPR)都有了不同程度的增加,只有一个渗育水稻土样品的上述参数表现为下降。无定形 Fe(酸性草酸铵提取)的含量平均增加了 2g kg^{-1} ,土壤 Q_m 平均值由 751.2mg kg^{-1} 提高到 2293.0mg kg^{-1} ,增幅超过 200%。MBC 平均值由 154.4L kg^{-1} 提高到 1072.0L kg^{-1} ,增幅接近 600%。SPR 值由 108.7mg kg^{-1} 提高到 281.0mg kg^{-1} ,增幅也超过 150%,说明淹水 30 天后供试土壤的固磷能力有了较大幅度的提高。相关分析的结果显示 ΔFe 与 ΔQ_m 之间相关性达极显著水平($r = 0.75^{***}$),说明土壤固磷能力的提高与无定形铁含量的增加有着密切的关系。

2.2 淹水还原条件对土壤磷素释放的影响

由于氧化铁试纸法提取有效磷不破坏土壤化学结构,提取过程类似于植物对磷的吸收,该方法测得的有效磷含量与传统方法得到的结果有着非常高的相关性,近年来在农业和环境领域得到了广泛的应用^[7],而用 $\Sigma\text{Pi-P}$ 值来表征土壤的持续供磷能力也收到了较好的效果^[8]。实验结果表明,淹水 30 天以后在土壤固磷能力提高的同时,土壤固相中的磷向土壤溶液的释放量普遍降低,表现在 18 个供试样品的 $\Sigma\text{Pi-P}$ 值全部低于淹水

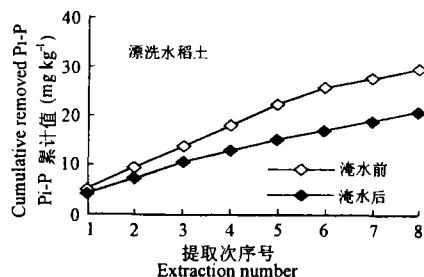
图 1 漂洗水稻土淹水前后 $\Sigma\text{Pi-P}$ 值对比

Fig. 1 Patterns of cumulative P removed from bleached paddy soil before and after waterlogging

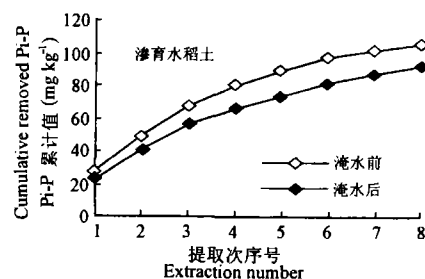
图 2 渗育水稻土淹水前后 $\Sigma\text{Pi-P}$ 值对比

Fig. 2 Patterns of cumulative P removed from percolated paddy soil before and after waterlogging

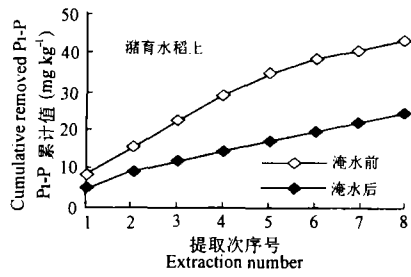
图3 潞育水稻土淹水前后 $\Sigma Pi-P$ 值对比

Fig. 3 Patterns of cumulative P removed from waterlogged paddy soil before and after waterlogging

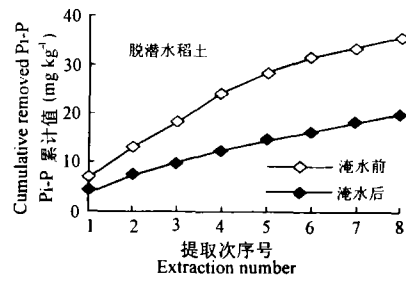
图4 脱潜水稻土淹水前后 $\Sigma Pi-P$ 值对比

Fig. 4 Patterns of cumulative P removed from degleyfied paddy soil before and after waterlogging

前,其平均值由 36.6 mg kg^{-1} 下降到 22.9 mg kg^{-1} , 平均降幅超过 30%。t 检验的结果表明在 0.01 的显著性水平下淹水前后供试样品的 $\Sigma Pi-P$ 值差异性显著,说明淹水还原条件下土壤固相向液相释放的磷的数量有了显著减少。

表3 典型土壤基本农化性状及淹水 30 天后有关参数变化

Table 3 Selected chemical properties and changes in P sorption parameters of typical soils after waterlogging

	漂洗水稻土 Bleached paddy soil	渗育水稻土 Pergenic paddy soil	潞育水稻土 Waterlogged paddy soil	脱潜水稻土 Degleyfied paddy soil	
有机质 (g kg^{-1})	21.8	15.6	28.5	29.5	
总磷 (g kg^{-1})	0.42	0.52	1.17	0.49	
Olsen p (mg kg^{-1})	12.0	65.5	29.6	18.6	
pH	淹水前	4.9	6.0	6.1	
	淹水后	8.2	5.2	7.5	7.6
无定形铁 (g kg^{-1})	淹水前	4.5	7.3	9.4	14.4
	淹水后	5.4	7.0	11.9	15.5
Q_m (mg kg^{-1})	淹水前	746.3	555.6	819.7	862.1
	淹水后	1 818.0	467.3	2 632.0	2 703.0
MBC (L kg^{-1})	淹水前	38.9	432.7	108.3	124.4
	淹水后	266.7	91.7	1408	1266
SPR (mg kg^{-1})	淹水前	89.8	12.5	120.6	128.8
	淹水后	342.7	8.2	314.6	281.3

选择潞育水稻土、漂洗水稻土、渗育水稻土和脱潜水稻土等 4 种典型水稻土样品,对比淹水前后 $\Sigma Pi-P$ 值的变化,4 种土壤的基本农化性状及淹水 30 天后有关参数的变化列于表 3 中。由图 1~4 可以看出,经过 8 次提取,4 种土壤氧化条件下的 $\Sigma Pi-P$ 值均高于还原条件下的 $\Sigma Pi-P$ 值,其余 14 种土壤也呈现类似的变化特征。从变化趋势看,氧化条件下磷的“耗竭”速度要比还原条件下快,主要表现在氧化条件下 $\Sigma Pi-P$ 累计曲线先是呈快

速上升趋势,而后增加速度逐渐变慢,曲线趋于平稳,而还原条件下 $\Sigma Pi-P$ 累计曲线在8次提取过程中相对来说保持着较为均匀的增长势头。经过多次提取,还原条件下的 $Pi-P$ 值逐渐接近(图5)甚至超过(图6)氧化条件下的 $Pi-P$ 值。

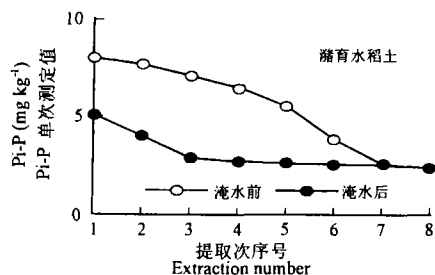


图5 淹水前后潞育水稻土 $Pi-P$ 值变化

Fig. 5 Decrease in $Pi-P$ for waterloggogenic paddy soil before and after waterlogging

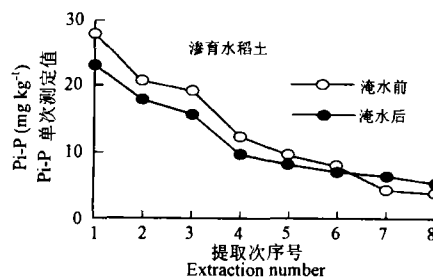


图6 淹水前后渗育水稻土 $Pi-P$ 值变化

Fig. 6 Decrease in $Pi-P$ for percolgenic paddy soil before and after waterlogging

2.3 还原条件下影响土壤磷素释放的主要因素

图7~10显示了淹水还原条件下前述四种类型土壤pH、Eh、无定形Fe和磷解吸量($Pi-P_1$)

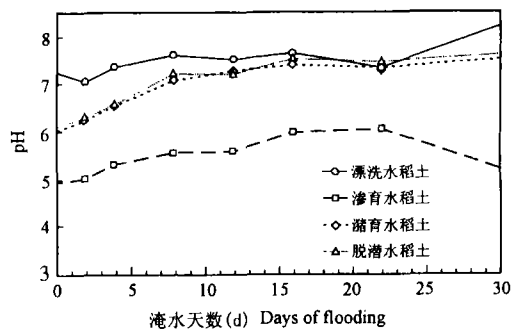


图7 土壤pH随淹水时间的变化

Fig. 7 Effect of waterlogging on pH

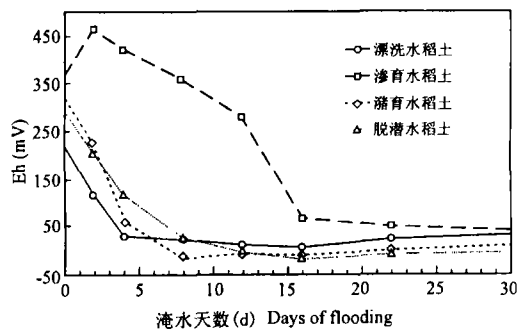


图8 土壤Eh随淹水时间的变化

Fig. 8 Effect of waterlogging on Eh

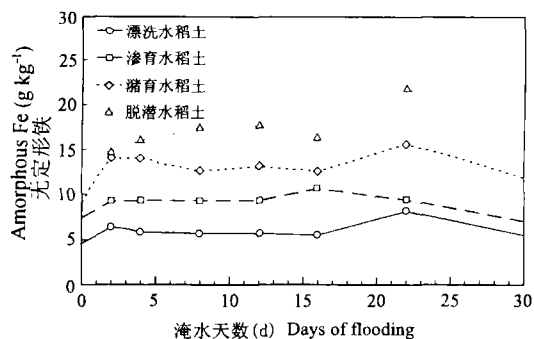


图9 土壤无定形铁含量随淹水时间的变化

Fig. 9 Effect of waterlogging on amorphous Fe

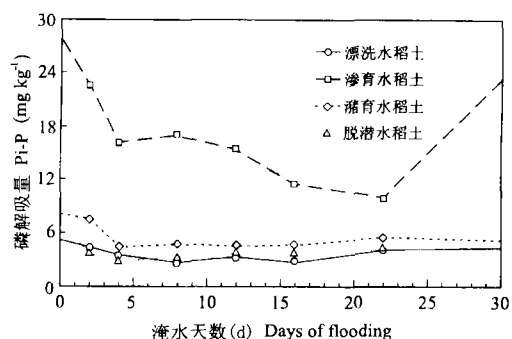


图10 土壤 $Pi-P$ 值随淹水时间的变化

Fig. 10 Effect of waterlogging on $Pi-P$

随淹水时间的变化。在前 16 天里,几种土壤的 pH 在总体上都呈现上升的趋势,渗育水稻土的这一趋势一直保持到第 22 天左右,之后又表现为下降的趋势,潞育水稻土和脱潜水稻土在剩余的时间里处于较为稳定的状态,而漂洗水稻土的 pH 在 16 天之后先是降低,至 22 天后又开始上升。Eh 的变化趋势较为一致,在淹水初期漂洗水稻土、潞育水稻土和脱潜水稻土都呈现快速下降的势头,之后下降速度变缓,到 12 天后基本保持稳定状态,虽略有升降,但变幅很小,而渗育水稻土在前两天里是上升的,两天之后到 16 天都是以较快的速度降低,在余下的时间里则是以缓慢的速度降低,到 30 天时几种土壤的 Eh 都稳定在 $-10 \sim 14$ mV 的范围内。无定形 Fe 的含量在淹水的初期主要表现为上升,在经历了一定时间较为稳定的阶段后,在 12 天或 16 天后又开始上升,而在淹水后期又都表现出下降的趋势,但至 30 天时无定形 Fe 的含量仍比氧化条件下高。几种土壤的 *Pi-P* 值在淹水初期(0~4 天)表现为以较快速度下降,漂洗水稻土、潞育水稻土和脱潜水稻土在之后的时间里保持稳定或略有上升,而渗育水稻土在 4~22 天这一阶段以比前一阶段稍慢的速度下降,22 天后又以较快的速度升高,但几种土壤的 30 天时的 *Pi-P* 值都比其刚淹水时低。

为进一步研究淹水条件下土壤环境变化对土壤磷释放的影响,用多元回归方法对实验结果进行处理(表 4)。选择 ΔpH 、 ΔEh 和 ΔFe 作为自变量来预测因变量 *Pi-P* 的变化,由表 4 可见,对于供试的四种土壤来说, $r^2 = 0.70 \sim 0.93$,说明因变量 *Pi-P* 大于 70% 的变异性能被所选的三个自变量解释,即 pH、Eh 和无定形 Fe 含量的变化是淹水还原条件下影响供试土壤磷释放的主要因素。

表 4 预测淹水还原条件下氧化铁试纸法测定的磷解吸量 (*Pi-P*) 变化的多元回归分析结果

Table 4 Multi-factor regressions of phosphorus extracted by iron oxide impregnated paper (*Pi-P*) changes during waterlogging

土壤 Soils	参数 Parameter	常数 Constant	ΔpH	$\Delta\text{Eh}(\text{mV})$	$\Delta\text{Fe}(\text{g kg}^{-1})$	r^2
漂洗水稻土	估计值	0.90	1.28	0.02	0.42	0.78
	标准误	1.16	0.73	0.01	0.23	
	β		0.63	0.91	0.56	
渗育水稻土	估计值	-4.09	-11.09	0.004	-1.0	0.85
	标准误	2.33	6.33	0.01	2.0	
	β		-0.86	-0.13	-0.19	
潞育水稻土	估计值	0.07	1.79	0.02	0.14	0.93
	标准误	0.92	0.71	0.004	0.14	
	β		0.79	1.51	0.17	
脱潜水稻土	估计值	-3.24	2.40	0.01	0.10	0.70
	标准误	0.65	1.17	0.01	0.08	
	β		2.44	2.15	0.50	

淹水还原条件下 pH、Eh 和无定形 Fe 含量的变化对土壤磷素固定与释放的显著影响已为前人大量的研究成果所证实^[5,9~12]。至于还原条件下控制土壤磷固定与释放的机

理,较为普遍的结论是随着 Fe^{3+} 的还原和部分含 Fe^{3+} 矿物随之溶解,部分被氢氧化铁所吸持和闭蓄的磷得以释放,如果溶解的 Fe^{2+} 不再沉淀则磷的吸附位将减少,使得土壤对磷的吸持能力减弱。但在合适的 pH 条件下溶液中的 Fe^{2+} 能够形成无定形的 $\text{Fe}^{3+} - \text{Fe}^{2+}$ 混合氢氧化物的再沉淀^[13],这种无定形的混合物具有比 Fe^{3+} 氢氧化物更大的表面积和有着更多的磷吸附位,能增强土壤对磷的吸持能力(主要表现在 Q_m 的增加上)^[14-18]。因此,当土壤 pH 达到一定程度能够形成 $\text{Fe}^{3+} - \text{Fe}^{2+}$ 混合氢氧化物的再沉淀时则土壤对磷的吸持能力增加,反之则固磷能力降低^[19]。在本实验中,淹水后土壤的 pH 条件(平均值大于 7)有利于 $\text{Fe}^{3+} - \text{Fe}^{2+}$ 混合氢氧化物的形成,测定结果也表明淹水后无定形 Fe 的含量有了明显的提高,结合相关分析和多元回归分析的结果看,淹水后 pH 的升高和无定形 Fe 的大量增加应是造成土壤固磷能力增加和土壤磷释放量减少的主要原因。

本实验中供试渗育水稻土采自经济作物种植区,已多年没有用于种植水稻,其对磷的固定与释放特征有别于其他样品,这可能与土壤不再处于氧化还原交替状态,土壤理化性质发生较大的变化有关。

3 结 语

本项试验通过测定水稻土在淹水前后的等温吸附曲线和利用氧化铁试纸法测定土壤在淹水前后的累计提取量,得到的结果说明大多数水稻土在淹水以后固磷能力有了显著的提高,土壤最大固磷量(Q_m)、最大缓冲容量(MBC)和标准需磷量(SPR)比淹水以前都有了不同程度的增加,同时,土壤磷向液相的释放在淹水后普遍下降。进一步的研究表明,土壤固磷能力的提高和释放量的减少主要受土壤 pH、Eh 的变化和由此造成的无定形铁含量的增加有着密切的关系,在还原条件和较高的 pH 情况下形成的大量的无定形 $\text{Fe}^{3+} - \text{Fe}^{2+}$ 混合氢氧化物是造成土壤固磷能力增加和释放量减少的主要原因。

参 考 文 献

1. 中科院南京土壤所.土壤理化分析.上海:上海科学技术出版社,1978
2. Lyons J B, J H Gorres, J A Amador. Spatial and temporal variability of phosphorus retention in a riparian forest soil. J. Environ. Qual. 1998, 27:895 ~ 903
3. Fox R L, Kamprath E J. Phosphate sorption isotherm for evaluating the phosphate requirement of soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 1970, 34:902 ~ 907
4. Juo A S R, Fox R L. Phosphate sorption characteristics of some benchmark soils of West Africa. Soil Science, 1977, 124: 370 ~ 376
5. Phillips I R, Greenway M. Changes in water-soluble and exchangeable ions, cation exchange capacity, and phosphorus_{max} in soils under alternating waterlogged and drying conditions. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 1998, 29 (1 & 2):51 ~ 65
6. Chardon W J, Menon R G, Chien S H. Iron oxide impregnated filter paper (Pi test): a review of its development and methodological research. Nutr. Cycl. Agroecosystems, 1996, 46:41 ~ 51
7. Menon R G, Chien S H, Chardon W J. Iron oxide impregnated filter paper (Pi test): a review of its application. Nutr. Cycl. Agroecosystems, 1997, 47:7 ~ 18
8. Indiati R. Changes in soil phosphorus extractability with successive removal of soil phosphate by iron oxide impregnated paper strips. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 1998, 29(1 ~ 3):107 ~ 120

9. 鲁如坤,蒋柏蕃,牟润生.磷肥对水稻和旱作的肥效及其后效的研究.土壤学报,1965,13(2):152~160
10. 鲁如坤等.土壤-植物营养学:原理和施肥.北京:化学工业出版社,1998
11. Ponamperuma F N. The chemistry of submerged soils. *Adv. Agron.*, 1972, 24: 29~96
12. Sanyal S K, De Datta S K. Chemistry of phosphorous transformations in soil. *Advances in Soil Science*, 1991, 16: 1~120
13. Shukla S S, Syers J K, Williams J D *et al.* Sorption of inorganic phosphate by lake sediments. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 1971, 35: 244~249
14. Khalid R A, Patrick W H Jr, DeLaune R D. P sorption characteristics of flooded soils. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 1977, 41: 305~310
15. Holford I C R, Patrick W H Jr, Effects of reduction and pH changes on phosphate sorption and mobility in an acid soil *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1979, 43: 292~297
16. Willett I R. Causes and prediction of changes in extractable phosphorus during flooding. *Aust. J. Soil Res.*, 1989, 27: 45~54
17. Krairapanond A, *et al.* Phosphorus sorption characteristics in acid sulfate soils of Thailand: effect of uncontrolled and controlled soil redox potential (Eh) and pH. *Plant and Soil*, 1993, 157: 227~237
18. Jugsujinda A, Krairapanond A Patrick W H Jr. Influence of extractable iron, aluminium, and manganese on P-sorption in flooded acid sulfate soils. *Biol. Fertil. Soils*, 1995, 20: 118~124
19. Vadas P A Sims T. Phosphorus sorption in manured Atlantic coastal plain soils under flooded and drained conditions. *J. Environ. Qual.*, 1999, 28: 1870~1877

PHOSPHORUS SORPTION AND RELEASE OF PADDY SOILS: EFFECT OF ALTERNATION OF OXIDIZED AND REDUCED CONDITIONS

Gao Chao Zhang Tao-lin Wu Wei-dong

(*Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008*)

Summary

Effect of waterlogged conditions on phosphorus sorption and release of 18 soils with contrasting chemical and physical properties was studied in a laboratory experiment. The soils both in aerobic and anaerobic conditions were analyzed for pH, redox potential (Eh), oxalate Fe and the amount of P released measured by means of successively removing soil phosphate using iron oxide-impregnated paper strips. Phosphate sorption isotherms were determined with the standard batch technique for air dried and waterlogged soils. It was shown that after being reduced for 30 days the P sorption capacity, maximum buffering capacity and standard P requirement of most of the soils studied increased while P release from all soils decreased. Our data suggest that the increase in soil oxalate Fe after waterlogging was the main reason responsible for the changes in P sorption and release of the soils studied.

Key words Oxidized and reduced conditions, Sorption isotherm, Desorption, Iron oxide-impregnated paper strips