

淹水时间对水稻土磷素形态转化及其有效性的影响^①薄录吉^{1,2}, 王建国^{1*}, 王 岩³, 李 伟⁴, 杨林章¹

(1 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008; 2 中国科学院研究生院, 北京 100049;

3 江苏省农业科学研究院, 南京 210014; 4 杭州达康环境工程有限公司, 杭州 310030)

摘 要: 水稻土淹水后土壤中 P 的形态及其有效性发生了变化, 为掌握淹水时间对这种变化影响的规律, 选择太湖地区典型水稻土—黄泥土为试验样本, 在室内进行了不同淹水时间的土壤培育试验, 并采用新鲜土壤样品测定的方法, 研究了淹水时间对土壤 P 素形态转化及其有效性的影响。结果表明: ①淹水时间主要影响 Fe-P、O-P、Ca₁₀-P 和 Ca₈-P 的转化。与淹水前相比, 淹水使 Fe-P 和 Ca₈-P 增加、O-P 和 Ca₁₀-P 减少, 其中, Fe-P 和 Ca₈-P 分别于淹水 45 和 15 天后增加最为显著并趋于稳定, 此时分别增加了 194 和 9.6 mg/kg (分别占淹水前的 93% 和 73%); O-P 和 Ca₁₀-P 于淹水 15 天后减少最为显著并趋于稳定, 此时分别减少了 72 和 20 mg/kg (分别占淹水前的 24% 和 27%); ②淹水改变了水稻土 P 素有效性及有效 P 的数量, 与淹水前相比, 淹水 45 天, 水稻土 P 素有效性及有效 P 的数量最高, 有效 P 增加了 32 mg/kg (占淹水前的 57%)。结论: 淹水时间影响着水稻土 P 素形态转化、有效性以及有效 P 的数量, 淹水 45 天, 水稻土 P 素形态转化数量最大、有效性最高和有效 P 的数量最大。

关键词: 太湖地区; 黄泥土; 土壤培育; Eh; pH

中图分类号: S155.2

许多研究结果均表明, 水稻土淹水后, 土壤中 P 的形态及其有效性发生了变化^[1-7,10,17]。但这种变化是在淹水多长时间条件下发生的, 淹水时间又如何影响着这种变化, 以及从土壤中 P 的有效供应角度考虑, 淹水多长时间能充分发挥土壤 P 的最大效应等。对于这些问题, 从目前的研究资料中找不到答案, 而这些问题又是应该回答的。为此, 我们对上述问题进行了研究。我们假设: 水稻土淹水时间不同, 土壤中 P 的形态转化及有效性不同。为了验证上述假设, 我们选择了太湖地区典型水稻土—黄泥土为试验样本, 在室内进行了不同淹水时间的土壤培育试验, 并采用了新鲜土壤样品测定的方法, 对水稻土在不同淹水时间条件下土壤中 P 的形态转化及有效性进行了较为系统的研究。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

供试土壤为太湖地区壤质黄泥土, 经风干后磨细过 2 mm 筛, 其理化性质见表 1。

1.2 试验设计

将 2 kg 风干土放入盆钵中, 同时加入蒸馏水使土面水深保持在 5 cm 左右, 在盆钵口罩上塑料薄膜, 并在塑料薄膜上穿若干个孔, 在 25℃ 培养箱中培育, 培育期间适时补充蒸馏水以确保土面水深始终保持在 5 cm 左右, 分别于培育 1、15、30、45、60、90 天后, 测定各形态无机磷(Ca₂-P、Ca₈-P、Al-P、Fe-P、O-P、Ca₁₀-P)、pH 和 Eh。试验设 3 组平行试验。

表 1 土壤理化性质

Table 1 Soil properties

pH	全 P	全 N	全 K	有机质	Olsen-P	Ca ₂ -P	Ca ₈ -P	Al-P	Fe-P	O-P	Ca ₁₀ -P
(H ₂ O)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
6.6	1.1	1.7	1.2	31.3	56.1	32.6	13.1	34.2	209.0	299.5	73.8

①基金项目: 国家自然科学基金面上项目(40771119)和中国科学院知识创新工程领域前沿项目资助。

* 通讯作者(jgawang@issas.ac.cn)

作者简介: 薄录吉(1985—), 男, 山东临沂人, 硕士研究生, 主要从事水稻土磷素方面研究。E-mail: boluji@126.com

2 结果与讨论

2.1 淹水时间对水稻土各形态磷库形成的影响

不同淹水时间条件下, 土壤中各形态 P 库的变化结果列于表 2, 由表 2 可知:

表 2 各形态 P、pH 和 Eh 随淹水时间的变化

Table 2 Changes of phosphorus various forms, pH and Eh with flooding time

P 形态	0 d	1 d	15 d	30 d	45 d	60 d	90 d
Ca ₂ -P	32.6 ± 1.5 a	19.7 ± 0.1 e	28.9 ± 0.1 c	30.3 ± 0.3 bc	31.3 ± 1.8 ab	26.0 ± 0.1 d	26.7 ± 0.8 d
Ca ₈ -P	13.1 ± 0.3 c	14.8 ± 0.3 b	22.7 ± 0.8 a	23.3 ± 1.1 a	24.2 ± 0.9 a	24.0 ± 0.9 a	24.2 ± 1.1 a
Al-P	34.2 ± 1.3 bc	25.4 ± 1.4 d	36.1 ± 0.9 b	32.3 ± 2.3 c	31.3 ± 1.5 c	28.2 ± 0.1 d	54.5 ± 0.2 a
Fe-P	209.0 ± 0.8 e	375.1 ± 4.4 b	299.7 ± 8.4 c	273.8 ± 4.1 d	402.7 ± 20.8 a	414.9 ± 21.8 a	404.6 ± 11.7 a
O-P	299.5 ± 3.6 a	288.2 ± 0.9 a	228.0 ± 3.7 b	222.8 ± 7.9 b	225.4 ± 14.3 b	228.4 ± 10.7 b	217.0 ± 9.5 b
Ca ₁₀ -P	73.8 ± 2.7 a	73.2 ± 2.7 a	54.3 ± 1.00 bc	57.4 ± 3.2 b	50.7 ± 1.2 c	55.9 ± 0.3 bc	53.8 ± 1.1 bc
Olsen-P	56.1 ± 1.3 c	38.9 ± 0.4 d	60.1 ± 1.2 bc	86.3 ± 1.2 a	88.1 ± 3.4 a	63.6 ± 2.9 b	64.8 ± 3.9 b
pH	6.6 ± 0.0 d	6.6 ± 0.0 b	7.1 ± 0.2 c	7.1 ± 0.0 b	7.0 ± 0.0 c	7.0 ± 0.0 c	7.2 ± 0.0 a
Eh (mv)	223.0 ± 2.6 a	47.0 ± 1.4 b	-156.7 ± 4.2 d	-130.3 ± 5.5 c	-148.7 ± 4.6 cd	-152.0 ± 26.9 d	-162.3 ± 2.1 d

注: 同一行数据字母不同表示差异达到 $p < 0.05$ 显著水平。

Ca₂-P: 淹水第 1 天, 较淹水前明显下降, 这可能是由于淹水后使土壤中的一部分 Ca₂-P 溶解于水中的缘故; 淹水 15~45 天, 开始上升, 并在第 45 天达到最大值, 这可能是土壤 pH 上升所致, 因为在此期间, pH 从 6.6 上升到 7.1, 在此 pH 范围内以 H₂PO₄⁻ 为主, H₂PO₄⁻ 可与 Ca²⁺ 结合生成二水磷酸二钙 (CaH₂PO₄·2H₂O) 和无水磷酸二钙 (CaH₂PO₄) 沉淀^[9-10]; 淹水第 60 和 90 天, 先缓降而后又缓升, 这可能是一个 Ca₂-P 在土-水界面中的溶解-沉淀动态平衡的过程。

Ca₈-P: 淹水第 1 天, 较淹水前有所增加, 这主要是由于一部分 Ca₂-P 转化为 Ca₈-P^[11]的缘故; 淹水第 15 天, 开始大量增加, 这可能是 Ca₁₀-P 和 Ca₂-P 转化为 Ca₈-P 的结果, 其中, Ca₁₀-P 的转化起着主导作用; 淹水第 30、45、60 和 90 天, 基本维持在 30 天的水平, 主要原因可能是 Ca₈-P 的形成已处于动态平衡过程之中。

Al-P: 淹水第 1 天, 较淹水前明显下降, 这可能是一部分 Al-P 溶解于水中、一部分转化为 Fe-P 的缘故; 淹水第 15 天, 开始显著上升, 主要原因可能是, 一方面淹水使土壤溶液 pH 呈中性, 此时溶液中以 Al(OH)₃⁰ 为主^[12], 新形成的 Al(OH)₃⁰ 具有较大的表面积, 吸附土壤溶液中的 PO₄³⁻; 另一方面淹水促使 O-P 会释放出部分 Al-P; 淹水第 30 和 60 天, 开始呈现缓降趋势, 主要原因是淹水促使有机质分解形成有机酸, 有机酸可与土壤中的 Al 螯合^[13-14], 减少 P 的固定量, 此外, 可能伴有 Fe 与 Al 的同晶置换^[11]; 淹水第 90 天, 开始显著增加, 这可能是有机质与 Al³⁺ 结合, 进而吸附相当数

量的 P, 形成 Al-有机质-P 络合物^[9]。

Fe-P: 与淹水前相比, 整个淹水期间显著增加, 但不同淹水时间所增加的和机理有所不同。淹水第 1 天, 明显增加, 其增量可能主要来自原土壤中的无定形 Fe 对土壤溶液中 P 的吸附和沉淀作用; 淹水第 15 和 30 天, 与第 1 天相比, 显著减少, 而与淹水前相比, 又显著增加, 主要原因是, 一方面随着 pH 的升高, Fe 的水解作用增强, 导致原土壤中的无定形 Fe 大量减少, 使得被无定形 Fe 吸附和沉淀的 P 几乎全部释放; 另一方面随着 Eh 的降低, 导致闭蓄态 P 大量释放; 淹水第 45、60 和 90 天, 又显著增加, 而且处于相对稳定状态, 是淹水期间的最大值, 主要原因: ①土壤中新形成的无定形 Fe 大量增加, 因其表面积较大, 所以对 P 的吸附和沉淀量急剧增加^[15]; ②闭蓄态 P 的大量释放; ③土壤中有有机阴离子代替部分被吸附的 PO₄³⁻^[9], 使 PO₄³⁻ 游离出来并与 Fe³⁺/Fe²⁺ 结合。

O-P: 淹水第 1 天, 较淹水前无显著变化, 主要原因可能是, 虽然土壤的 Eh 大幅度降低, 但仍为正值, 不足以使氧化铁胶膜大量溶解; 淹水第 15 天, 显著降低, 主要原因是, 土壤已处于较强还原环境, 氧化铁胶膜被大量破坏; 随着淹水时间的延长, 未表现出明显的下降趋势, 主要原因可能是氧化铁胶膜破坏已趋于稳定。

Ca₁₀-P: 淹水第 1 天, 较淹水前无明显变化, 主要是因为 Ca₁₀-P 比较稳定, 淹水 1 天不足以使其发生明显变化。淹水第 15 天, 显著降低, 主要原因可能是淹

水使一部分 $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 转化为溶解度更小的磷酸铁铝; 随着淹水时间的延长, 未表现出明显的下降趋势, 主要原因可能是 $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 向磷酸铁铝的转化已达于动态平衡。

2.2 淹水时间对水稻土磷素形态转化的影响

不同淹水时间水稻土淹水前后各形态 P 的转化结果列于表 3, 从表 3 中可以看出:

表 3 不同淹水时间水稻土淹水前后各形态 P 的变化 (mg/kg)

Table 3 Changes of various forms of phosphorus before and after flooding at different flooding time

P 形态	1 d	15 d	30 d	45 d	60 d	90 d
$\text{Ca}_2\text{-P}$	-12.9	-3.7	-2.3	-1.3	-6.6	-5.9
$\text{Ca}_8\text{-P}$	1.7	9.6	10.2	11.1	10.9	11.1
Al-P	-8.8	1.9	-1.9	-2.9	-6.0	20.3
Fe-P	166.1	90.7	64.8	193.7	205.9	195.6
O-P	-11.3	-71.5	-76.7	-74.1	-71.1	-82.5
$\text{Ca}_{10}\text{-P}$	-0.6	-19.5	-16.4	-23.1	-17.9	-20.0

淹水第 1 天: 与淹水前相比, 各形态 P 均发生了不同程度的转化, 其中, Fe-P 的转化幅度最大, 增加了 166 mg/kg; 其次是 $\text{Ca}_2\text{-P}$ 、 O-P 和 Al-P , 分别减少了 13、11 和 9 mg/kg。说明淹水第 1 天, 主要影响 Fe-P 、 $\text{Ca}_2\text{-P}$ 、 O-P 和 Al-P 的转化, 其中, Fe-P 的转化起着主导作用。产生上述结果的主要原因是, 淹水后使土壤中的一部分 $\text{Ca}_2\text{-P}$ 、 Al-P 和 O-P 溶解于水中, 降低了土壤中 $\text{Ca}_2\text{-P}$ 、 Al-P 和 O-P 的含量, 提高了土壤溶液中 P 的浓度, 从而增加了无定形 Fe 对土壤溶液中 P 的吸附和沉淀作用, 提高了土壤中 Fe-P 的含量。

淹水第 15 天: 与淹水第 1 天相比, 各形态 P 均发生了不同程度的转化, 其中, Fe-P 和 O-P 的转化幅度最大, 分别减少了 75 和 60 mg/kg; 其次是 $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 和 Al-P , 前者减少了 19 mg/kg, 后者增加了 11 mg/kg。说明淹水第 15 天, 主要影响 Fe-P 、 O-P 、 $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 和 Al-P 的转化, 其中, Fe-P 和 O-P 的转化起着主导作用。产生上述结果的主要原因是, $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 部分转化为 $\text{Ca}_8\text{-P}$ 和溶解度更小的 Al-P ; 无定形磷酸铝的生成吸附了土壤溶液中的 PO_4^{3-} 和 O-P 中 Al-P 的部分释放; 土壤 pH 的升高使 Fe 的水解作用增强, 导致无定形 Fe 大量减少, 使得被无定形 Fe 吸附和沉淀的 P 释放; 当土壤 Eh 从 47 mv 下降到 -157 mv 时, 氧化铁胶膜被大量破坏。

淹水第 30 天: 与淹水第 15 天相比, 除 Fe-P 有少量转化 (仅减少了 26 mg/kg) 外, 其他形态的 P 无明

显转化。说明淹水第 30 天, 仅影响 Fe-P 的转化。主要原因可能是由无定形 Fe 减少所致 (由 18.0 mg/kg 变为 17.7 mg/kg)。

淹水第 45 天: 与淹水第 30 天相比, 除 Fe-P 有较大的转化幅度 (增加了 129 mg/kg) 外, 其他形态的 P 无明显转化。说明淹水第 45 天, 主要影响 Fe-P 的转化。主要原因是土壤中新形成的无定形 Fe 大量增加 (由 17.7 mg/kg 变为 19.6 mg/kg), 因其表面积较大, 所以对 P 的吸附和沉淀量急剧增加。

淹水第 60 天: 与淹水第 45 天相比, 各形态 P 均无显著转化。说明在淹水 45~60 天期间, 淹水时间并不影响各形态 P 的转化。主要原因可能是, 在此淹水期间土壤性质处于平稳状态, 各形态 P 的转化处于动态平衡中。

淹水第 90 天: 与淹水第 60 天相比, 各形态 P 均发生了不同程度的转化, 其中, Al-P 的转化幅度最大, 增加了 26 mg/kg; 其次是 O-P 和 Fe-P , 分别减少了 11 和 10 mg/kg。说明淹水第 90 天, 主要影响 Al-P 、 O-P 和 Fe-P 的转化, 其中, Al-P 的转化起着主导作用。主要原因可能是有机质与 Al^{3+} 结合, 进而吸附相当数量的 P, 形成 Al-有机质-P 络合物。

2.3 淹水时间对水稻土磷素有效性及有效磷的影响

土壤中各形态 P 在有效性方面存在着差异, 其中, $\text{Ca}_2\text{-P}$ 是最有效 P 源, Al-P 、 Fe-P 和 $\text{Ca}_8\text{-P}$ 是缓效 P 源, O-P 和 $\text{Ca}_{10}\text{-P}$ 是潜在 P 源^[16-17]。土壤有效 P (Olsen-P) 主要包括某些活性较大的 Ca-P 和部分 Al-P 和 Fe-P , 并非指土壤中某一特定形态的 P, 也非指土壤中“真正”有效 P 的“绝对含量”, 它可以相对地说明土壤的供 P 水平^[8]。不同淹水时间淹水前后 P 素有效性和有效 P 的变化结果、不同淹水时间 P 素有效性和有效 P 的变化结果分别见表 4 和表 5, 从表 4 和表 5 中可以看出:

表 4 不同淹水时间淹水前后 P 素有效性和有效 P 的变化 (mg/kg)

Table 4 Changes of phosphorus availability and available phosphorus before and after flooding at different flooding time

P 有效性	1 d	15 d	30 d	45 d	60 d	90 d
最有效 P 源	-12.9	-3.7	-2.3	-1.3	-6.6	-5.9
缓效 P 源	159.0	102.2	73.0	201.8	210.8	227.1
潜在 P 源	-11.9	-91.0	-93.1	-97.2	-89.0	-102.4
有效 P	-17.2	4.0	30.2	32.0	7.5	8.7

注: 最有效 P 源指 $\text{Ca}_2\text{-P}$; 缓效 P 源指 $\text{Ca}_8\text{-P}$ 、 Al-P 和 Fe-P ; 潜在 P 源指 O-P 和 $\text{Ca}_{10}\text{-P}$; 有效 P 指 Olsen-P, 下表同。

表 5 不同淹水时间 P 素有效性和有效 P 的变化 (mg/kg)
Table 5 Changes of phosphorus availability and available phosphorus
at different flooding time

时间 (d)	最有效 P 源	缓效 P 源	潜在 P 源	有效 P
0	32.6	256.3	373.3	56.1
1	19.7	415.3	361.4	38.9
15	28.9	358.5	282.3	60.1
30	30.3	329.3	280.2	86.3
45	31.3	458.1	276.1	88.1
60	26.0	467.1	284.3	63.6
90	26.7	483.4	270.9	64.8

淹水第 1 天：与淹水前相比，最有效 P 源减少了 12.9 mg/kg，缓效 P 源增加了 159.0 mg/kg，潜在 P 源减少了 11.9 mg/kg；土壤有效 P 减少了 17.2 mg/kg。说明淹水第 1 天，主要影响缓效 P 源和最有效 P 源以及土壤有效 P 的数量，其中，缓效 P 源在土壤供 P 方面起着主导作用；最有效 P 源在土壤有效 P 的减少中扮演着主要角色。

淹水第 15 天：与淹水前相比，最有效 P 源减少了 3.7 mg/kg，缓效 P 源增加了 102.2 mg/kg，潜在 P 源减少了 91.0 mg/kg；土壤有效 P 增加了 4.0 mg/kg。说明淹水第 15 天，主要影响缓效 P 源和潜在 P 源的有效性，其中，缓效 P 源在土壤供 P 方面起着主导作用；最有效 P 源对土壤有效 P 的贡献达到 48.1%，Al-P 和 Fe-P 对土壤有效 P 的贡献为 51.9%。

淹水第 30 天：与淹水前相比，最有效 P 源减少了 2.3 mg/kg，缓效 P 源增加了 73.0 mg/kg，潜在 P 源减少了 93.1 mg/kg；土壤有效 P 增加了 30.2 mg/kg。说明淹水第 30 天，主要影响缓效 P 源和潜在 P 源的有效性以及土壤有效 P 的数量，其中，缓效 P 源在土壤供 P 方面起着主导作用；最有效 P 源对土壤有效 P 的贡献达到 35.1%，Al-P 和 Fe-P 对土壤有效 P 的贡献达到 64.9%。

淹水第 45 天：与淹水前相比，最有效 P 源减少了 1.3 mg/kg，缓效 P 源增加了 201.8 mg/kg，潜在 P 源减少了 97.2 mg/kg；土壤有效 P 增加了 32.0 mg/kg。说明淹水第 45 天，主要影响缓效 P 源和潜在 P 源的有效性以及土壤有效 P 的数量，其中，缓效 P 源在土壤供 P 方面起着主导作用；最有效 P 源对土壤有效 P 的贡献达到 35.5%，Al-P 和 Fe-P 对土壤有效 P 的贡献达到 64.5%。

淹水第 60 天：与淹水前相比，最有效 P 源减少了 6.6 mg/kg，缓效 P 源增加了 210.8 mg/kg，潜在 P 源减

少了 89.0 mg/kg；土壤有效 P 增加了 7.5 mg/kg。说明淹水第 60 天，主要影响缓效 P 源和潜在 P 源的有效性，其中，缓效 P 源在土壤供 P 方面起着主导作用；最有效 P 源对土壤有效 P 的贡献达到 40.9%，Al-P 和 Fe-P 对土壤有效 P 的贡献达到 59.1%。

淹水第 90 天：与淹水前相比，最有效 P 源减少了 5.9 mg/kg，缓效 P 源增加了 227.1 mg/kg，潜在 P 源减少了 102.4 mg/kg；土壤有效 P 增加了 8.7 mg/kg。说明淹水第 90 天，主要影响缓效 P 源和潜在 P 源的有效性，其中，缓效 P 源在土壤供 P 方面起着主导作用；最有效 P 源对土壤有效 P 的贡献达到 41.2%，Al-P 和 Fe-P 对土壤有效 P 的贡献达到 58.8%。

3 结论

(1) 淹水时间影响着水稻土 P 素形态的转化，淹水 45 天，水稻土 P 素形态转化数量最大；

(2) 淹水时间影响着水稻土 P 素有效性和有效 P 的数量，淹水 45 天，水稻土 P 素有效性最高，有效 P 的数量最大。

参考文献：

- [1] Phillips IR. Phosphorus availability and sorption under alternating waterlogged and dry conditions. *Comm. Soil Sci. Plant Ana1.*, 1998, 29(19): 3 045-3 059
- [2] 于飞, 周健民, 王火焰, 陈小琴, 杜昌文. 淹水条件下不同氮肥对水稻土中磷肥转化的动态影响. *中国土壤与肥料*, 2006(6): 29-32
- [3] 罗奇祥, 章和珍. 稻田红壤水旱轮作中磷素有效性变化研究. *江西农业学报*, 1996, 8(2): 123-128
- [4] 代尔米. 淹水条件下白浆土磷素有效化机理的研究. *牡丹江师范学院学报(自然科学版)*, 2004(1): 5-6
- [5] 何园球, 沈其荣, 孔宏敏, 王兴祥, 熊又升. 水稻旱作条件下土壤水分对红壤磷素的影响. *水土保持学报*, 2003, 17(2): 5-8
- [6] Zhang YS, Lin XY, Ni WZ. Effects of flooding and subsequent air-drying on phosphorus adsorption, desorption and available phosphorus in the paddy soils. *Chinese J. Rice Sci.*, 1998, 12(1): 40-44
- [7] Zhang YS, Lin XY, Wilfried W. The effect of soil flooding on the transformation of Fe oxides and the adsorption/desorption behavior of phosphate. *Plant Nutrition and Soil Science*, 2003, 166(1): 68-75
- [8] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 175-181
- [9] 鲁如坤. 土壤磷素化学研究进展. *土壤学进展*, 1990, 18(6):

- 1-5
- [10] 蒋柏藩. 磷肥在土壤中的形态转化及其有效性. 土壤学进展, 1981(2): 1-11
- [11] 鲁如坤. 土壤磷素(一). 土壤通报, 1980(1): 43-47
- [12] 李学垣. 土壤化学. 北京: 高等教育出版社, 2005: 216-217
- [13] 赵晓齐, 鲁如坤. 有机肥对土壤磷素吸附的影响. 土壤学报, 1991, 28(1): 7-12
- [14] 胡红青, 李学垣, 贺纪正. 有机酸根与铝氧化物表面吸附磷的解吸. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(3): 249-256
- [15] 苏玲, 章永松, 林咸永. 干湿交替过程中水稻土铁形态和磷吸附解吸的变化. 植物营养与肥料学报, 2001, 7(4): 410-415
- [16] 顾益初, 李阿荣, 蒋柏藩. 不同磷源在石灰性土壤中的供磷能力. 土壤, 1991, 23(6): 296-230
- [17] 沈仁芳, 蒋柏藩. 石灰性土壤无机磷的形态分布及其有效性. 土壤学报, 1992, 29(1): 80-86

Effect of Flooding Time on Phosphorus Transformation and Availability in Paddy Soil

BO Lu-ji^{1,2}, WANG Jian-guo¹, WANG Yan³, LI Wei⁴, YANG Lin-zhang¹

(1 Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; 2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing

100049, China; 3 Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China;

4 Hangzhou Dakang Environmental Engineering Co. Ltd., Hangzhou 310030, China)

Abstract: Phosphorus form and availability of paddy soil may change after flooding, in order to know the change laws, selecting Huangnitu, a typical paddy soil, to cultivate at different flooding time in Taihu Lake Region, using fresh soil determination to study the effects of phosphorus transformation and availability at different flooding time. The results showed that flooding time mainly influenced the transformation of Fe-P, O-P, Ca₁₀-P and Ca₈-P. Compared with the previous flooding, Fe-P and Ca₈-P increased but O-P and Ca₁₀-P decreased. Fe-P increased significantly and then stabilized in 45 days, Ca₈-P in 15 days, Fe-P and Ca₈-P increased 194 and 9.6 mg/kg respectively (accounting for 93% and 73% before flooding). Compared with the previous flooding, Phosphorus availability and the amount of available phosphorus were to the highest level in 45 days, available phosphorus increased 32 mg/kg (accounting for 57% before flooding) at this time. Flooding time affects phosphorus form transformation/ availability and the amount of available phosphorus. The amount phosphorus form transformation and available phosphorus as well as phosphorus availability were to the highest in 45 days.

Key words: Taihu Lake region, Huangnitu, Soil cultivation, Eh, pH