

不同水分状况及施磷量对水稻土中速效磷含量的影响^①姜运生¹ 李忠佩^{2*} 张桃林²

(1 南京农业大学资源与环境学院 南京 210095; 2 中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘要 通过室内培养试验研究了不同水分(淹水和60%田间持水量)及施P量对水稻土速效P及水层含P量的影响。结果表明,无论水分状况如何,土壤速效P含量随施P量的增加而呈明显增加趋势。土壤速效P出现富集的转折点因供试土壤而异,第三纪红壤性水稻土大致为 P_2O_5 60~120 mg/kg,而第四纪红壤性水稻土和黄泥土为 P_2O_5 120~180 mg/kg。P肥施入土壤后,水溶性P主要存在于土壤溶液中,而分布于水层中的P相对较少。但在过量施P($P_2O_5 > 180$ mg/kg)时,施肥后短期内(0~30天),水层中P浓度较高(0.05~0.3 mg/kg),如水分管理不当,则会造成P的损失。

关键词 土壤水分状况; 水稻土; 施磷量; 速效磷

中图分类号 S152.7

农田土壤中P素营养状况影响作物的产量和品质,维持土壤较高的P水平是作物获得高产优质的基础。随着我国农业生产水平的提高,尤其在我国的东南部经济发达地区,P的投入量远大于其输出量,造成土壤中P的盈余,从而导致全P和有效P的不断增长^[1]。土壤中P的盈余对提高土壤P素的供应潜力有积极意义,但土壤P的过量积累也会对水体环境质量造成威胁。据报道^[2],20世纪80年代以来,太湖流域农田耕层土壤P素水平有较大提高,全P平均提高了0.1 g/kg左右,速效P含量大多增加了4~5 mg/kg。土壤P素水平的提高增加了土壤P向水体流失的风险,加速水体的富营养化^[3,4]。土壤中P的过量积累还会影响到其他元素如Zn、Si等的生物有效性,造成营养元素供应失衡^[5,6],进而引起土壤肥力退化。为避免过量施P对土壤质量造成的不利影响,有必要对不同土壤中P的形态对P肥施用的

响应特征进行研究,以便为合理施P提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试土壤为采自江苏省常熟市发育于黄土状湖积母质上的黄泥土和江西余江县发育于第四纪红黏土、第三纪红砂岩上的红壤性水稻土,均为上述地区分布面积较大、有代表性的土壤类型。采样深度为0~20 cm,土样经风干、过1 mm筛备用。供试土壤的基本理化性状见表1。

1.2 试验设计

采用室内培养实验,设CK和施P肥(CaH_2PO_4)处理。分别取过1 mm筛的土样100 g若干份,按 P_2O_5 0、60、120、180、240、300 mg/kg土的施P量,相当于田间常规施P量(P_2O_5 75 kg/hm²)的0、2、4、6、8、10倍,将P肥与土壤充分混匀,装入

表1 供试土壤的基本理化性状

Table 1 Chemical and physical properties of the paddy soils tested

土壤类型	有机 C (g/kg)	全 P (g/kg)	速效 P (mg/kg)	黏粒 ($< 2 \mu m$, g/kg)	pH _(H2O)
黄泥土	22.6	1.26	24.7	266	6.3
发育于第四纪红色黏土的红壤性水稻土	18.4	0.73	17.6	228	5.5
发育于第三纪红砂岩风化物的红壤性水稻土	11.6	0.46	11.4	135	5.6

中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX3-SW-417)资助

* 通讯作者(zhpli@mail.issas.as.cn)

直径 4 cm, 深 15 cm 的模拟土柱中, 土高为 10 cm, 水分处理设 2 水平, 即好气 (60% 田间饱和持水量) 和淹水并保持 2 cm 水层, 分别于培养的第 0、5、10、30、40、50 天取样。在采集土样的同时, 淹水处理也采集水样, 重复 3 次。测定土壤速效 P 及水层中 P 的含量。考虑到土壤样品风干过程有可能引起养分转化, 所有土壤样品以新鲜样品直接进行测定。为使各新鲜样品的含水量保持一致, 新鲜样品在称量前离心 5 min (5000 r/min), 以去除饱和水。并用烘干法测定含水量。

1.3 分析方法^[7]

土壤有机 C 测定用重铬酸钾容量法, 全 P 测定用碱熔法, 速效 P 测定用 Olsen 法; 水层中 P 直接取用钼蓝比色法测定, 黏粒用吸管法测定, pH 用电位法测定。

1.4 数据统计方法

采用 SPSS 10.0 大型统计分析软件进行数据分析。

2 结果与讨论

2.1 不同水分条件下施 P 对土壤速效 P 含量的影响

图 1 表明, 施 P 量及培养时间对水稻土速效 P 的含量有明显影响。无论土壤水分状况如何, 随施 P 量的增加, 速效 P 含量均呈明显增加趋势, 当施肥量在 P_2O_5 0 ~ 120 mg/kg 时 (相当于田间常规施 P 量 P_2O_5 75 kg/hm² 的 0 ~ 4 倍), 速效 P 呈缓慢增加趋势; 当施肥量 > P_2O_5 120 mg/kg 时, 速效 P 含

量增加幅度较为明显。在一定施肥水平下, 随培养时间的延长, 速效 P 含量呈下降趋势, 在 0 ~ 30 天内, 速效 P 下降幅度明显, 30 ~ 50 天内, 下降幅度趋缓, 这说明 P 肥施入土壤后, 30 天内土壤固液相基本达到平衡状态。根据上述结果, 可以认为, 对于第四纪红色黏土发育的红壤性水稻土, 大量施肥时土壤速效 P 出现富集的转折点大致为 P_2O_5 180 ~ 240 mg/kg (相当于 P_2O_5 300 ~ 450 kg/hm²), 过量施肥将会引起水溶性 P 的大量淋失或流失, 从而影响水环境质量, 这从下面水层含 P 量也可得到进一步说明。

其他两种水稻土 (第三纪红砂岩风化物发育的红壤性水稻土和黄泥土), 速效 P 的变化趋势基本和上述第四纪红色黏土发育的红壤性水稻土一致, 不同之处在于土壤速效 P 出现富集的转折点, 第三纪红砂岩风化物发育的红壤性水稻土大致为 P_2O_5 60 ~ 120 mg/kg, 而黄泥土的情况和第四纪红色黏土发育的红壤性水稻土类似, 也在 P_2O_5 120 ~ 180 mg/kg, 但黄泥土本身速效 P 含量较高 (图 2、3)。可见, 供试 3 种水稻土速效 P 出现富集的转折点存在一定差异, 这可能与各供试土壤的母质类型、水耕年限、胶体的类型和数量有很大关系^[8]。在农业生产中, 对于富集转折点低的水田土壤, 如本实验中的第三纪红砂岩风化物发育的红壤性水稻土, 应注意合理施肥, 避免一次施用大量 P 肥, 以减少 P 肥的流失和淋失。

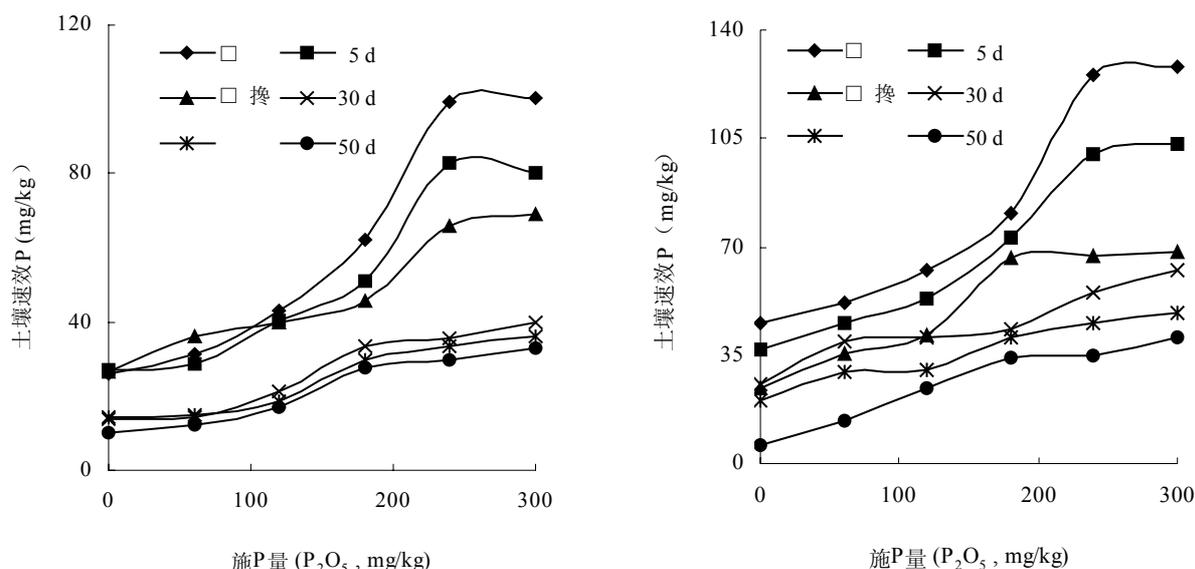


图 1 不同水分条件下施 P 对第四纪红黏土发育的水稻土速效 P 含量的影响 (A: 好气, B: 淹水)

Fig. 1 Effects of phosphate fertilizer application on available phosphorous content in paddy soil derived from Quaternary red clay under treatments different in moisture regime (A: aerobic condition, B: submergence)

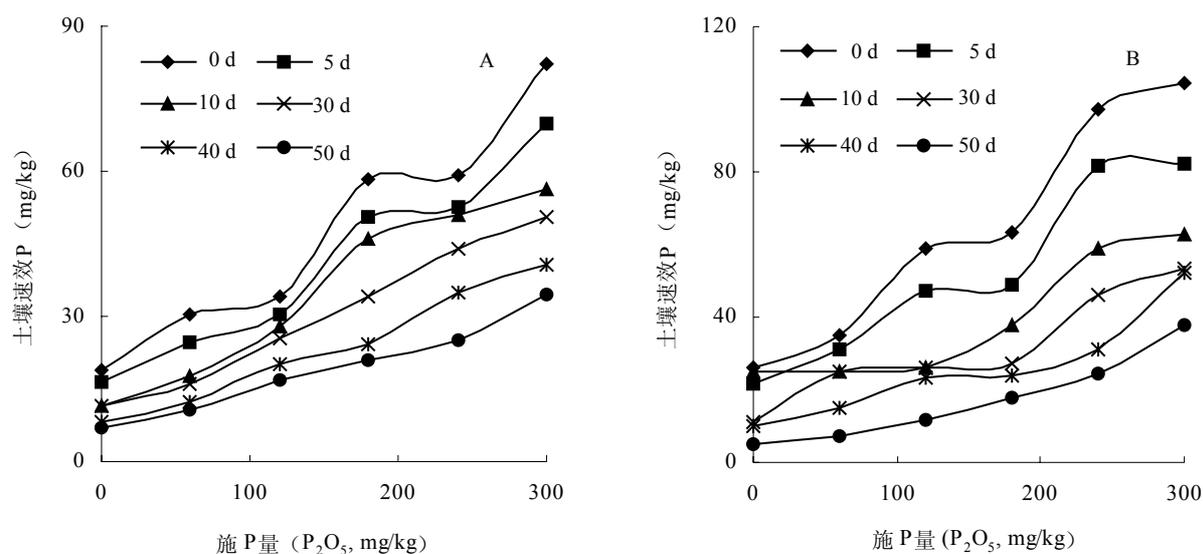


图 2 不同水分条件下施 P 对第三纪红砂岩风化物发育的水稻土速效 P 含量的影响 (A: 好气, B: 淹水)

Fig. 2 Effects of phosphate fertilizer application on available phosphorous content in paddy soil derived from Tertiary red sandstone under treatments different in moisture regime (A: aerobic condition, B: submergence)

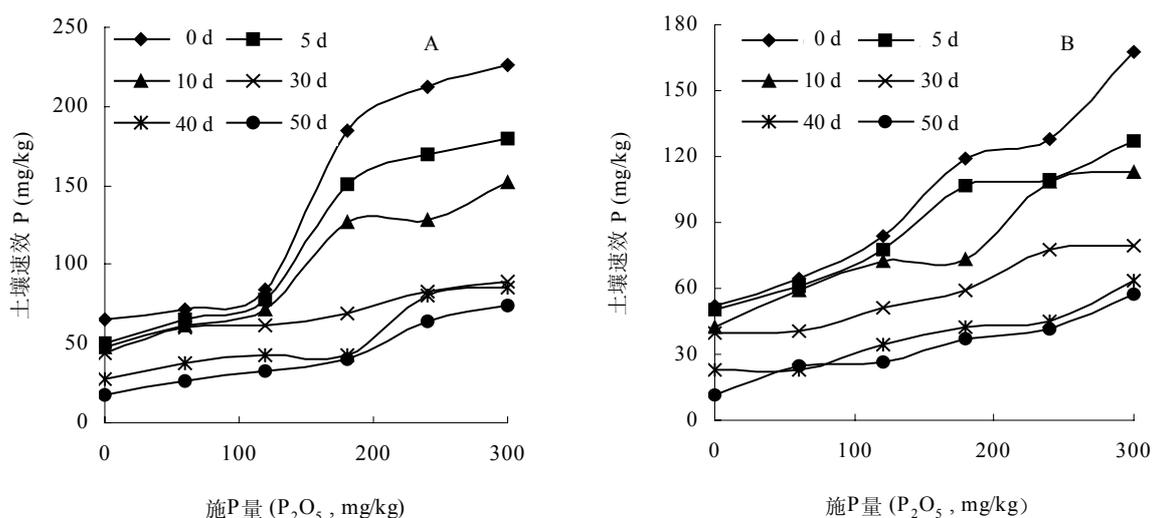


图 3 不同水分条件下施 P 对黄泥土速效 P 含量的影响 (A: 好气, B: 淹水)

Fig. 3 Effects of phosphate fertilizer application on available phosphorous content in paddy soil derived from loess-like lake sediment under treatments different in moisture regime (A: aerobic condition, B: submergence)

2.2 不同施 P 量对水层含 P 量的影响

在淹水条件下, 水层 P 浓度随施 P 量的增加呈增加趋势, 但随培养时间的延长, P 浓度呈下降趋势。当 P 肥施用量在 P_2O_5 0 ~ 180 mg/kg 时 (相当于田间常规施 P 量 P_2O_5 75 kg/hm² 的 0 ~ 6 倍), 水层 P 浓度增加缓慢; 当 P_2O_5 180 ~ 240 mg/kg 时, 水层 P 浓度增加明显。在一定施肥水平下, 0 ~ 30 天内, 水层 P 浓度下降幅度较大, 30 天后, 水层 P 浓度下

降幅度趋缓, 并维持在较低水平 (0 ~ 0.05 mg/kg)。由此可以说明, P 肥施入土壤后, 水溶性 P 主要存在于土壤溶液中, 而分布于水层中的 P 则相对较少^[9]。但根据水体富营养化标准 (0.01 ~ 0.02 mg/L)^[2], 过量施 P (> P_2O_5 180 mg/kg) 及施肥后短期内 (0 ~ 30 天), 水层中 P 浓度较高 (0.05 ~ 0.3 mg/kg), 如水分管理不当, 则会造成 P 的流失 (图 4)。

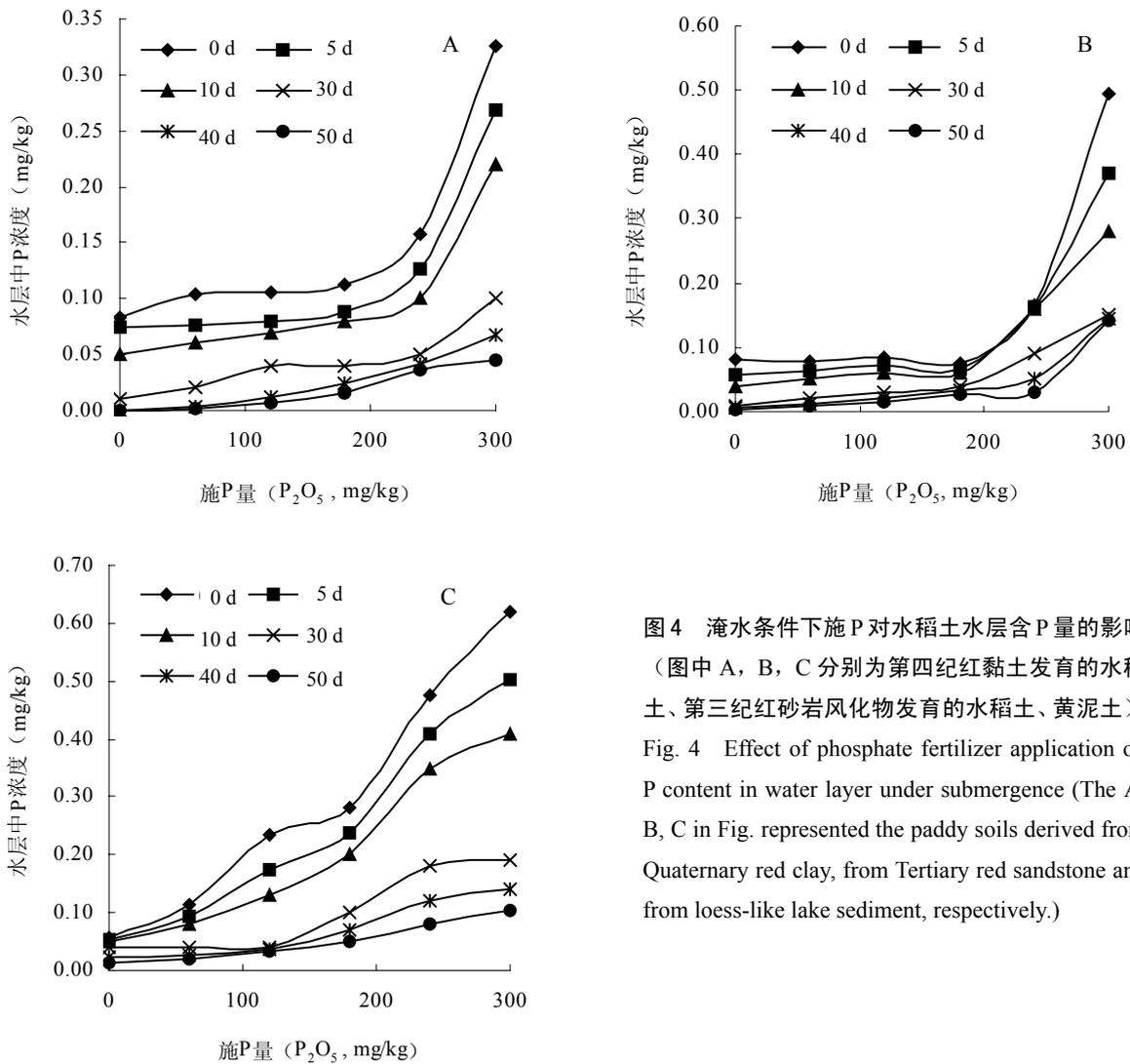


图 4 淹水条件下施 P 对水稻土水层含 P 量的影响 (图中 A, B, C 分别为第四纪红黏土发育的水稻土、第三纪红砂岩风化物发育的水稻土、黄泥土)。 Fig. 4 Effect of phosphate fertilizer application on P content in water layer under submergence (The A, B, C in Fig. represented the paddy soils derived from Quaternary red clay, from Tertiary red sandstone and from loess-like lake sediment, respectively.)

3 结论

(1) 无论水分状况如何, 随施 P 量的增加, 土壤速效 P 含量均呈明显增加趋势。土壤速效 P 出现富集的转折点因供试水稻土而异, 第三纪红砂岩风化物发育的红壤性水稻土大致为 P_2O_5 60 ~ 120 mg/kg, 而第四纪红色黏土发育的红壤性水稻土和黄泥土为 P_2O_5 120 ~ 180 mg/kg。

(2) P 肥施入土壤后, 水溶性 P 主要存在于土壤溶液中, 而分布于水层中的 P 则相对较少。但根据水体富营养化标准 (0.01 ~ 0.02 mg/L), 过量施 P ($P_2O_5 > 180$ mg/kg) 及施肥后短期内 (0 ~ 30 天), 水层中 P 浓度较高 (0.05 ~ 0.3 mg/kg), 如水分管理不当, 则会造成 P 的流失。

参考文献

- 1 赵其国, 张桃林, 鲁如坤, 黄鸿翔. 中国东部红壤地区土壤退化的时空变化、机理及调控. 北京: 科学出版社, 2002, 58 ~ 61
- 2 高超, 张桃林. 太湖地区农田土壤磷素动态及流失风险分析. 农村生态环境, 2000, 16 (4): 24 ~ 27
- 3 Wright RB, Lockaby BG, Walbridge MR. Phosphorus availability in an artificially flooded Southeastern floodplain forest soil. Soil Sci. Soc. Am. J., 2001, 65: 1293 ~ 1302
- 4 Zhang NM, Yu Y, Hong B, Chen JJ and Zhang YJ. Factors influencing runoff P losses from farmlands of the Dianchi Lake Watershed in Yunnan, China. Pedosphere, 2004, 4 (2):

- 259 ~ 262
- 5 Marschner H. Mechanism of phosphorus-induced zinc deficiency in cotton. *Physiol. Plant*, 1986, 68: 491 ~ 496
- 6 练春兰, 鲍士旦, 史瑞和. 大麦磷锌相互关系的研究. *土壤学报*, 1992, 29 (3): 282 ~ 289
- 7 中国土壤学会农业化学专业委员会主编. *土壤农业化学常规分析方法*. 北京: 科学出版社, 1983
- 8 李寿田, 周健民, 王火焰, 陈小琴, 杜昌文. 不同土壤磷的固定特征及磷释放量和释放率的研究. *土壤学报*, 2003, 40 (6): 908 ~ 913
- 9 谢学俭, 冉炜, 沈其荣. 淹水条件下水稻田中磷的淋溶研究. *土壤*, 2003, 35 (6): 506 ~ 509

CHANGE IN AVAILABLE P CONTENT IN PADDY SOILS AS AFFECTED BY PHOSPHATE FERTILIZATION AND SOIL MOISTURE REGIME

LOU Yun-sheng¹ LI Zhong-pei² ZHANG Tao-lin²

(1 College of Natural Resources and Environmental Sciences, Nanjing 210095;

2 Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

Abstract An indoor incubation experiment was conducted to investigate dynamics of available phosphorus (P) content in paddy soils different in soil moisture regime (submerged or 60% water holding capacity) and submerging water layer as influenced by phosphate fertilizer application. The results indicated that soil available P content was obviously increased with the phosphate fertilizer application rate. The enriching point of available P depended on soil types, being P₂O₅ 60 ~ 120 mg/kg in the paddy soil derived from Tertiary red sandstone, and P₂O₅ 120 ~ 180 mg/kg in the paddy soils from Quaternary red clay and loess-like lake sediment. Soluble P was mainly distributed in soil solution and less in the water layer. However, a higher concentration of soluble P was found in the water layer of submerged paddy soils with excessive P addition (>P₂O₅ 180 mg/kg). Thus, P loss is likely to occur under unsuitable water management.

Key words Soil water status, Paddy soils, Phosphate fertilization, Available P