

水稻土的标准需磷量对水稻籽粒产量及吸磷量的影响

张新明 李华兴[#] 卢维盛 刘远金

(华南农业大学资源环境学院 广州 510642)

EFFECTS OF STANDARD PHOSPHORUS REQUIREMENT OF PADDY SOILS ON RICE SEED YIELD AND PHOSPHORUS UPTAKE

ZHANG Xin-ming LI Hua-xing LU Wei-sheng LIU Yuan-jin

(College of Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642)

摘 要 就水稻土的标准需 P 量对水稻籽粒产量及吸 P 量的影响进行了探讨, 目的在于确定供试水稻土的“P 临界平衡浓度”, 为指导广东省水稻土的合理施用 P 肥提供参考。供试土壤分别是广东省玄武岩母质发育的水稻土(1 号土)和珠江三角洲沉积物母质发育的水稻土(2 号土)。结果表明: 两种供试水稻土对标准需 P 量的产量参数反应有显著差异。建议将 P 0.15 mg/kg 定为广东省玄武岩母质发育的水稻土(1 号土)的“P 临界平衡浓度”, 这样可以使 1 号土的水稻产量达到最高产量的 95 % 以上。关于能否用 P 0.15 mg/kg 作为珠江三角洲沉积物母质发育的水稻土和其他母质发育水稻土的“P 临界平衡浓度”, 有待于进一步研究。

关键词 水稻土; P 平衡溶液浓度; 水稻籽粒产量; 吸 P 量; 广东省

中图分类号 S153.6⁺1; S511

磷是植物必需的大量元素之一。土壤中 P 的缺乏与过量均会造成作物因生理失调而减产。如何合理地施用 P 肥一直是各国土壤与植物营养工作者研究的热点问题之一。众所周知, P 在土壤溶液中主要以 HPO_4^{2-} 和 H_2PO_4^- 的形式存在。由于受土壤粘粒和其他土壤组分如无定型氧化物(酸性土壤)和 CaCO_3 (石灰性土壤)的吸附与化学固定, 磷酸根在土壤溶液中浓度很低, 造成 P 肥利用率与 N 肥或 K 肥相比较低, 当季利用率不及 20 %^[1], 使得大量 P 素进入难溶性 P 库。土壤中有效 P 水平的诊断常用无机盐类或酸类浸提, 然后根据不同浸提剂提取的 P 含量与相应的临界值比较来确定土壤有效 P 的丰缺。据报道, 在同一气候条件下, 小麦生长的 P 临界水平就有 5 mg/kg^[2]、24 mg/kg^[3] 和 35 mg/kg^[4] 3 个相差悬殊的数值。因此化学浸提法存在很大局限性, 它们受到磷酸盐在土壤中吸附与解吸特性的影响。磷酸盐在土壤中的吸附特性充分反映了 P 在土

壤固相与液相分配的状况, 而且可以利用等温吸附方程得到磷酸盐的最大吸附量及其他重要参数^[5]。根据刘淑欣等^[6]的研究结果, 不同性质的土壤适宜作物生长的土壤平衡溶液浓度差别不大, 当土壤溶液 P 浓度为 0.1 mg/kg 时, 水稻产量可以达到最高产量的 95 % 以上, 而通过 P 的吸附等温方程可以计算出相当于这一浓度的需 P 量。这一浓度被称为“标准 P 浓度”, 其相应的需 P 量称为标准需 P 量。这样就大大提高了施用 P 肥的科学性。

本文就水稻土标准需 P 量对水稻籽粒产量及吸 P 量的影响进行了探讨, 目的在于确定供试水稻土的“P 临界平衡浓度”, 为指导广东省水稻土的合理施用 P 肥提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试土壤分别是广东省玄武岩母质发育的水稻

基金项目: 广东省自然科学基金资助(项目编号: 990719)

*通讯作者

土(1号土)和珠江三角洲沉积物母质发育的水稻土(2号土),每盆装土2.5 kg。两种土壤的基本理化性状见表1。供试水稻品种为“华航1号”。施P量是土壤“P平衡溶液浓度”:0、0.05、0.1、0.2 mg/kg 相应的标准需P量:对照、 $P_{0.05}$ 、 $P_{0.1}$ 和 $P_{0.2}$ mg/kg,是根据等温吸附Langmuir方程计算的(1号土P的最大吸附量(X_m)和吸附强度因子(K)分别为993.0 mg/kg和0.4951;2号土P的最大吸附量(X_m)和吸附强度因子(K)分别为449.0 mg/kg和0.8092^[5]。P肥以二铵,N肥以尿素,K肥以KCl作为供试肥

料。每个P肥处理重复4次。P肥在装盆时一次施入,N肥和K肥装盆时施用量分别为N 100 mg/kg土和 K_2O 75 mg/kg土,与土壤混匀后,于2001年3月31日泡水。2001年的4月6日插秧,4月18日施N肥70 mg/kg土。对于1号土在6月9日补 K_2O 75mg/kg土。其他管理同大田。2001年7月18日收获,收获后测定了籽粒的产量和吸P量。

1.2 测定方法和数据处理方法

土壤植物分析采用常规理化分析方法^[7,8],数据处理利用EXCEL2000软件。

表1 供试水稻土的理化性状

成土母质	pH	粘粒 < 0.002mm (g/kg)	有机质 (g/kg)	全 P (P g/kg)	有效 P (P mg/kg)	阳离子代换量 CEC (cmol/kg)	无定型氧化铁 (Fe mg/kg)	无定型氧化铝 (Al mg/kg)
玄武岩	5.79	332.4	34.46	1.066	4.6	12.11	4240	2344
珠江三角 洲沉积物	6.51	290.0	18.51	0.922	27.2	11.74	8300	944.9

2 结果与讨论

2.1 标准需P量对水稻籽粒产量的影响

如表2所示,广东省玄武岩母质发育的水稻土(1号土) $P_{0.05}$ 、 $P_{0.1}$ 和 $P_{0.2}$ 处理的水稻籽粒产量之间无显著差异,但都显著高于对照; $P_{0.2}$ 、 $P_{0.1}$ 、 $P_{0.05}$ 处理分别比对照处理的籽粒产量高20.3%、12.4%和7.4%。而珠江三角洲沉积物母质发育的水稻土(2号土)所有处理的籽粒产量之间无显著差异,产量以 $P_{0.2}$ 处理最高(但与 $P_{0.05}$ 、 $P_{0.1}$ 处理和相差很小), $P_{0.2}$ 、 $P_{0.1}$ 、 $P_{0.05}$ 处理分别比对照处理的籽粒产量高19.7%、15.6%和13.8%。

表2 标准需P量对水稻籽粒产量的影响

处理	对照	$P_{0.05}$	$P_{0.1}$	$P_{0.2}$
1号土平均产量 (g/盆)	21.64b	23.25ab	24.32ab	260.4a
2号土平均产量 (g/盆)	33.97a	38.67a	39.26a	40.60a

注:具相同字母的数值之间无显著差异(Duncan多重比较法)。

2.2 标准需P量对水稻籽粒吸P量的影响

广东省玄武岩母质发育的水稻土(1号土) $P_{0.2}$ 处理的籽粒吸P量与 $P_{0.1}$ 处理之间无显著差异,而显著高于 $P_{0.05}$ 处理的籽粒吸P量; $P_{0.1}$ 处理的吸P量与 $P_{0.05}$ 处理之间无显著差异,但显著高于对照; $P_{0.05}$ 处理的籽粒吸P量与对照之间无显著差异(表

3)。而珠江三角洲沉积物母质发育的水稻土(2号土)所有处理的籽粒吸P量之间均无显著差异,吸P量以 $P_{0.1}$ 处理最高,其下依次为 $P_{0.2}$ 处理、 $P_{0.05}$ 处理和对照。 $P_{0.1}$ 、 $P_{0.2}$ 、 $P_{0.05}$ 分别比对照处理的籽粒吸P量高15.7%、11.1%和10.8%(表3)。

表3 标准需P量对水稻籽粒产量的影响

处理	对照	$P_{0.05}$	$P_{0.1}$	$P_{0.2}$
1号土平均产量 (mg/盆)	53.7c	63.2bc	68.8ab	76.4a
2号土平均产量 (mg/盆)	115.7a	128.2a	133.9a	128.5a

注:具相同字母的数值之间无显著差异(Duncan多重比较法)。

2.3 “P平衡溶液浓度”与水稻籽粒产量和吸P量的关系

通过回归分析表明,1号土的P平衡溶液浓度与其水稻籽粒产量的复相关系数达到0.05的显著水平($R = 0.643^*$),达到95%的最高产量的P平衡溶液浓度为P 0.14 mg/kg,其回归方程如下:

$$Y = 21.66 + 32.67X - 54.32X^2 \quad R = 0.643^* \\ (p = 0.05, n = 14)$$

式中:Y:籽粒产量;X:“P平衡溶液浓度”;R:复相关系数;p:显著水平;n:样品容量。

1号土的水稻籽粒吸P量与其P平衡溶液浓度之间成极显著的复相关($R=0.876^{***}$)。当P平衡溶

液浓度为 P 0.24 mg/kg 时, 籽粒吸 P 量最高。达到 95 % 籽粒吸 P 量的 P 平衡溶液浓度为 P 0.14 mg/kg。P 平衡溶液浓度与籽粒产量的回归关系达到 0.05 的显著水平 ($R = 0.643^*$), 达到 95% 的最高产量的 P 平衡溶液浓度为 P 0.14 mg/kg。初步将 P 0.15 mg/kg 定为玄武岩母质发育的水稻土 (1 号土) 的“P 临界平衡浓度”, 这样可以使 1 号土的水稻产量达到最高产量的 95 % 以上。其回归方程如下:

$$Y = 21.66 + 32.67X - 54.32X^2 \quad R = 0.876^{***} \\ (p = 0.001, n = 14)$$

式中: Y: 籽粒吸 P 量; X: “P 平衡溶液浓度”; R: 复相关系数; p: 显著水平; n: 样品容量。

本研究提出的“P 临界平衡浓度”与刘淑欣等^[6]的研究结果不同, 他们的结果表明当土壤溶液 P 浓度为 0.1 mg/kg 时, 水稻产量可以达到最高产量的 95 % 以上。高超等^[9]则利用了 0.2 mg/kg 的平衡溶液浓度来推测标准需 P 量。但不同性质的土壤适宜作物生长的土壤平衡溶液浓度差别不大^[6], 能否用 P 0.15 mg/kg 作为 2 号土和其他母质发育水稻土的“P 临界平衡浓度”, 有待于进一步研究。

另外分析两种水稻土的 P 肥产量效应的差异, 可能在于初始有效 P 的含量不同, 1 号土的有效 P 含量 (M3-P) 仅为 P 4.6 mg/kg, 2 号土的有效 P 含量 (M3-P) 高达 P 27.2 mg/kg。因此有必要建立与“P 临界平衡浓度”相适应的土壤速效 P 的稀盐溶液浸提方法, 以测定水稻土初始的“P 平衡溶液浓度”, 而后利用等温吸附方程计算相应的“标准需 P 量”。

3 结 论

综上所述, 两种供试水稻土对标准需 P 量的产量参数反应有显著差异, 有必要建立与“P 临界平衡浓度”相适应的土壤速效 P 的稀盐溶液浸提方法, 以测定水稻土初始的“P 平衡溶液浓度”, 而后利用等温吸附方程计算相应的“标准需 P 量”。

建议将 P 0.15 mg/kg 定为广东省玄武岩母质发育的水稻土 (1 号土) 的“P 临界平衡浓度”, 这样可以使 1 号土的水稻产量达到最高产量的 95% 以上。关于能否用 0.15 mg P/kg 作为珠江三角洲沉积物母质发育的水稻土和其他母质发育的水稻土的“P 临界平衡浓度”, 有待于进一步研究。

参考文献

- 1 鲁如坤著. 土壤—植物营养学原理和施肥. 北京: 化学工业出版社, 1998
- 2 Soltanpour PN, El Gharous M, Azzaoui A. Soil test calibration studies in Morocco. In: Soltanpour PN. ed. Proceedings of The First West Asia and North Africa Soil Test Calibration Workshop. Aleppo, Syria. INRA/MIAC/ICARDA Publisher, Settat, Morocco, 1986, 85 ~ 96
- 3 Jackson GD, Kushnak GR, Carlson DM, Wichman DM, Jacobsen JS. Correlation of the Olsen phosphorus soil test: Winter wheat response. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 1991, 22: 907 ~ 918
- 4 Cox FR. Economic phosphorus fertilization using a linear response and plateau function. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 1996, 27: 531 ~ 543
- 5 张新明, 李华兴, 刘远金. 广东省主要母质发育水稻土对磷的吸附特性. 应用生态学报, 2000, 11: 553 ~ 556
- 6 刘淑欣, 熊德中. 土壤磷素 Langmuir 等温吸附特性与磷肥效果的关系. 福建农学院学报, 1985, 14 (4): 344 ~ 351
- 7 中国科学院南京土壤研究所编著. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978
- 8 李华兴, 陈金祥, 黎元炳, 马曼庄. 广东主要水稻土有效磷钾联合提取剂的选择研究. 热带亚热带土壤科学, 1993, 2 (2): 106 ~ 109
- 9 高超, 张桃林, 吴蔚东. 氧化还原条件对土壤磷素固定与释放的影响. 土壤学报, 2002, 39 (4): 342 ~ 349