

淹水及添加有机物料对土壤有效硅的影响

梁永超 陈兴华 张永春* 马同生

(南京农业大学)

摘 要

对马肝土、红粘土进行淹水和添加有机物料(箭舌豌豆、稻草、葡萄糖),明显影响土壤中有有效硅含量。马肝土中有有效硅含量与淹水天数呈显著正相关。红粘土淹水10天时,其有效硅含量增至高峰,以后则下降。几种有机物料对土壤中有有效硅影响的大小,其顺序为:箭舌豌豆>稻草>葡萄糖。淹水及添加有机物料后,土壤溶液中硅随淹水时间变化的趋势与土壤中有有效硅的变化规律相一致。

硅对植物尤其是水稻等作物的生长发育是必需的。国内外的研究表明,硅肥对缺硅土壤中水稻的增产效果是显著的。一般认为,土壤中有有效硅临界值对于水稻为 100mgkg^{-1} [1-3]。但也有不少研究表明,当土壤有效硅达到 $200-300\text{mgkg}^{-1}$ 时,水稻、玉米施用硅肥后仍显著增产[4,5]。因此,有效硅临界值因地区、土壤不同而异,有待于进一步研究。

水稻多数生长在淹水土壤中,研究淹水条件下硅素养分变化无疑比测定风干土中有有效硅更能反映水稻的硅素营养状况。据Ponnamperuma[6]报道,土壤淹水50天后,土壤溶液中 SiO_2 浓度从 24mgkg^{-1} 上升为 40mgkg^{-1} ,同时发现含有机质多的土壤,增加的浓度最大。Mckeague[7](1963)的研究表明,中等或粗质地土壤淹水振荡一个月,结果土壤溶液中硅浓度随时间而增加,但静止培养时,其浓度较低且随时间变化很小。

土壤中有有效硅不但受淹水的影响,而且还受外加有机物料的影响,据马剑锋[8]报道,稻草中释放的硅在短期内较少,由稻草分解而加速的土壤还原过程也能使土壤硅有效化。本试验是模拟在淹水条件下,研究两种不同起源的水稻土中的有效硅,土壤溶液中硅的含量变化,以及添加不同有机物料(箭舌豌豆、稻草、葡萄糖)对土壤有效硅、土壤溶液中硅的影响。

一、材料与方 法

(一)试验材料与处理 供试土壤为江苏省丘陵地区发育于下蜀黄土的马肝土(潜育型水稻土)和江苏省里下河地区起源于沼泽土的红粘土(脱潜潜育型水稻土)。供试土壤的基本

表 1 供 试 土 壤 的 某 些 基 本 性 状**

土 壤	pH	CEC ($\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$)	有 机 质 (gkg^{-1})	各 级 颗 粒 (粒 径: mm) 含 量 (gkg^{-1})		
				2—0.02	0.02—0.002	<0.002
马肝土	6.5	11.2	18.1	332.1	384.2	283.7
红粘土	7.8	19.5	22.4	326.9	315.0	358.1

** 根据常规分析法测定。

* 现在江苏省农业科学院土肥所工作。

表 2 试验处理及代号

土壤	对照	加箭舌豌豆*	加稻草**	加葡萄糖
马肝土	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄
红粘土	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄

* 含SiO₂ 2gkg⁻¹, ** 含SiO₂ 105gkg⁻¹。

温箱中培养。至5、10、20、40、60天时每一处理取2管离心(3000转/分),取上清液2ml用硅钼兰比色法测定,即为水溶性SiO₂量。然后将经离心后的土壤用50ml pH4.0 1mol 醋酸钠-醋酸缓冲液小心洗入250ml三角瓶中,置于40℃水浴锅中培养5小时,每隔1小时摇匀1次,所提取的硅用硅钼兰比色法测定,即为土壤有效硅含量。

性状列于表1。箭舌豌豆和稻草烘干后磨细化学纯葡萄糖。试验处理及代号列于表2。

(二)方法 称取风干土(过60目筛)5.00g,分别按处理加入箭舌豌豆、稻草和葡萄糖5.0mg于50ml塑料离心管中,加入蒸馏水10ml,塞紧瓶盖后置于30℃±2℃的恒温箱中培养。

二、结果与讨论

(一)淹水对土壤有效硅含量的影响

如图1所示,马肝土有效硅含量为105.4mgkg⁻¹,经淹水5天后,有效硅上升至199.7mgkg⁻¹,增加了89%。随着淹水时间的增加,有效硅缓慢上升;至40天时,达到268.8mgkg⁻¹,比风干土增加了1.5倍;至60天时,又略有回落。经拟合,马肝土淹水后有效硅含量随淹水天数的变化可用 $\hat{y} = 148.2 + 58.31gx$ 来描述(式中 \hat{y} 为有效硅含量, x 为淹水天数, $r = 0.95^{**}$ $n = 6$)。

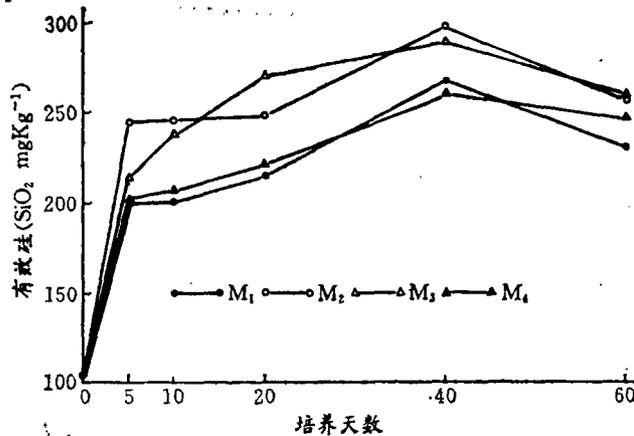


图1 淹水和添加有机物料对马肝土中有效硅的影响

红粘土淹水前有效硅为288.1mgkg⁻¹(图2),经淹水5天后,仅增至291.3mgkg⁻¹,变化甚小;但到第10天时,有效硅则剧增至397.6mgkg⁻¹,比淹水前约增加40%,而后又明显下降;至20天时下降到310.6mgkg⁻¹,此后仍有下降趋势;至60天时,有效硅含量又与风干土相似。

上述结果表明,土壤经淹水后由于分子态氧迅速耗尽,土壤中厌气微生物占优势,土壤中氧化铁、氧化锰被还原,因而被氧化物吸附的硅从土壤固相中释放出来^[6],从而使土壤有效硅大幅度上升。马肝土的有效硅量与淹水天数呈显著对数相关,这可能是由于马肝土的有机质含量较低(表1),晶质氧化铁含量较高(1.0Fe₂O₃mg/100g土),铁还原酶活性较低(129.6Fe₂O₃mg/100g·48小时),无定形氧化铁较低(0.60Fe₂O₃mg/100g土)

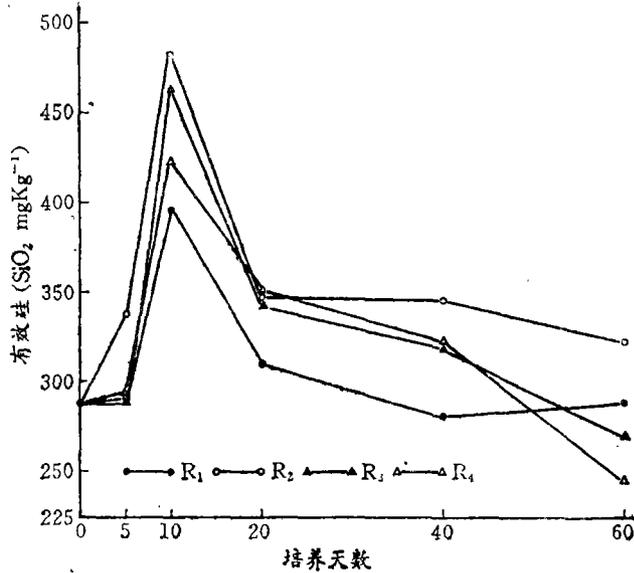


图2 淹水和添加有机物料对红粘土中有效硅的影响

所致。红粘土中有效硅量在淹水10天左右达到高峰值，这可能是由于红粘土的有机质含量较高(表1)，晶质氧化铁含量较低($0.59\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{mg}/100\text{g土}$)，铁还原酶活性较高($546.3\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{mg}/100\text{g}\cdot 48\text{小时}$)，无定形氧化铁较高($0.72\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{mg}/100\text{g土}$)的结果；淹水20天后红粘土的有效硅量又下降，这可能是被活化的硅再度被固定。上述两种不同起源的水稻土，所含有效硅量差异颇大，但淹水两个月左右后，它们之间的差距明显缩小。

(二)不同有机物料对土壤有效硅的影响

从图1可看出，马肝土在加入有机物料后，可使土壤有效硅明显增加。淹水5天后， M_2 处理的有效硅比对照(M_1)高23%，其次是 M_3 ，而 M_4 与对照的差异不明显。这可能是箭舌豌豆容易被分解，使土壤中二三氧化物更易还原，从而释放出被吸附的硅，而稻草不易被分解，释放的硅也较少，同时土壤中因铁锰等还原而释放的硅也较少。随着淹水天数的增加，有效硅明显增加，至第10天时， M_3 与 M_2 处理的有效硅几乎相等； M_3 处理的有效硅为 296.6mg kg^{-1} ，大于 M_2 的 248.5mg kg^{-1} ，表明稻草的分解，使土壤中硅释放出来，此外，稻草中硅也可能部分被释放出来。由于两者间差异不明显，因此来自稻草中蛋白石分解的硅是非常有限的[8,9]。至淹水40天时， M_2 、 M_3 均达到了高峰，然后略为下降。由上可见，不同有机物料的加入，主要是影响土壤氧化还原状况，从而影响土壤有效硅，而有机物料本身所含的硅的释放在短期内则非常有限。

经回归分析，加入有机物料后，马肝土中有效硅量与淹水天数也呈极显著的对数相关。加箭舌豌豆： $\hat{y} = 167.5 + 64.41\lg x (r = 0.94^{**}, n = 6)$ ；加稻草： $\hat{y} = 169.5 + 69.71\lg x (r = 0.94^{**}, n = 6)$ ；加葡萄糖： $\hat{y} = 149.6 + 61.01\lg x (r = 0.99^{**}, n = 6)$ 。上述式中 \hat{y} 为有效硅量， x 为淹水天数。

红粘土与马肝土有所不同(图2)。淹水5天时，除了 R_2 处理的有效硅量较高外，其他处理与对照 R_1 相差不大，且与淹水前几乎相同，表明红粘土加有机物料在淹水前期对有效硅影响不明显。土壤中的有效硅含量较高，这是由于该土壤还原性较马肝土强而造成的。至10天时，有机物料分解，所有处理中被氧化物吸附的硅部分被释放出来，有效硅量达到高峰。

R_2 高达 482.8mgkg^{-1} ，比 R_1 高21.4%， R_3 比 R_1 高16.7%。至20天时有效硅含量均降至 340mgkg^{-1} 左右，但仍比 R_1 高，这可能是硅的再固定所致。红粘土的无定形铁含量较高，而无定形铁对硅酸具有较强的吸附能力。试验中所见到的塑料管内壁上的一些棕褐、棕黄色淀积物，可能是二三氧化物老化所致，有待于进一步研究。

上述两种土壤经淹水及加入有机物料后，土壤有效硅变化迥然不同，对水稻供硅显然有影响。马肝土施硅水稻增产显著^[2]，而对有效硅含量高达 288mgkg^{-1} 的红粘土有无增产作用，尚待研究。

(三) 淹水及添加有机物料对土壤溶液中硅的影响

表 3 淹水及加入有机物料对土壤溶液中硅浓度的影响(SiO_2 mg/L)

处理	淹 水 时 间 (天)				
	5	10	20	40	60
M_1	5.1	7.4	7.8	10.5	8.2
M_2	5.5	8.1	6.4	13.7	6.0
M_3	4.8	8.0	9.9	11.6	6.4
M_4	5.0	9.1	6.5	11.4	6.3
R_1	6.2	9.0	6.4	7.2	7.1
R_2	6.3	9.6	7.2	7.1	6.6
R_3	5.9	9.6	9.4	7.8	7.1
R_4	6.0	7.6	6.6	6.8	6.4

如表 3 所示，马肝土和红粘土淹水后土壤溶液中硅的含量都较低，一般小于 10mgkg^{-1} 。马肝土淹水至40天时，达到最大值，土壤溶液中硅随淹水时间的延长呈现增加的趋势，其变化规律与土壤有效硅相似。红粘土土壤溶液中的硅于淹水10天达到最大值，之后又有所下降，其变化规律也与该土壤中有效硅类似。这一结果与Mckeaug等^[7]所报道的相一致。

从表 3 还可看出，不同有机物料的加入，对土壤溶液中硅浓度的影响不大。马肝土和红粘土加入有机物料后土壤溶液中硅浓度随时间的变化趋势均与其对照相一致。

参 考 文 献

- [1] 戚惠林等，我国南方水稻土供硅能力的研究。土壤学报，第19卷，2期，131—139页，1982。
- [2] 马同生，我国水稻土硅素养分与硅肥施用研究现状。土壤学进展，第18卷，4期，1—5页，1990。
- [3] International Rice Research Institute, Soils and Rice, p537-538, Los Banos Philippines, 1978.
- [4] 吴英等，我省不同类型土壤水稻施硅肥效果探讨。黑龙江农业科学，第5期，8—12页，1987。
- [5] 樊德，云南省硅肥肥效及施用技术试验研究。土壤农化通报，第6卷，1,2期，135—138页，1991。
- [6] Ponnampuruma, F. N., Soils and Rice, p.427, Los Banos, Philippines, 1978.
- [7] Mckeague, J. A. and M. G. Cline, Can. J. Soil Sci. 43:70-83, 1963.
- [8] Ma J. F. and E. Takahashi, Soil Sci. Plant Nutr. 35(4):663-667, 1989.
- [9] Wilding, L. P. et al., Soil Sci. Soc. Am. J. 43:800-802, 1979.