

有机、无机改良剂对酸性硫酸盐土化学动力学与水稻生长的影响

李金培

(土化系)

摘要 研究了稻秆、碳酸钙和二氧化锰改良剂对淹水的酸性硫酸盐土的电化学、化学动力学、水稻生长及产量的影响。

施用稻秆(干土重的 0.25%)显著影响土壤的还原作用。高浓度的亚铁使水稻前期生长受阻,但亚铁浓度随后逐渐降低,水稻生长繁茂,谷粒和茎秆产量反较高,植株的含钾量也增高。

加入碳酸钙(相当于干土重的 0.25%)明显提高了土壤的 pH 值,降低土壤的 Eh 和 EC 值,并显著降低了水溶性亚铁、亚锰和铝的浓度。碳酸钙或碳酸钙加二氧化锰的处理,都能降低土壤溶液中亚铁的浓度,显著增加稻谷和稻秆的产量,此外,这两种处理都会降低生长前期植株中锌的含量。

加入二氧化锰(干土重的 0.005%),使土壤溶液中的亚锰量增多,植株的铁锰比率降低,水稻产量比对照显著增加。

研究结果表明,稻秆是一种改良酸性硫酸盐土较经济的改良剂,其价值值得进一步研究。

关键词 稻秆;碳酸钙;二氧化锰;酸性硫酸盐土;化学动力学

在热带大约有 22 500 万亩的酸性硫酸盐土和潜在酸性硫酸盐土,就气候和自然地理条件上而言,这些土地适于水稻生长,但迄今垦植的面积还不到 3 000 万亩^[1,4]。这些土壤在东南亚约有 7 500 万亩,其中菲律宾有 750 万亩左右^[1,4]。

酸性硫酸盐土是一种强酸性 ($\text{pH} < 4.0$),含大量硫酸盐的土壤,酸度是由于硫化物(主要是黄铁矿)被氧化成硫酸所致。它通常是由盐渍性或微碱性的、滨海沉积物发育而成,盐基物质含量较低。

酸性硫酸盐土对水稻的毒害可归纳为:(1)pH 值低;(2)铁铝毒害^[2];(3)过量的 SO_4^{2-} ^[10];(4)有效氮、磷含量低^[9]。

改良酸性硫酸盐土的措施是:(1)淋洗和排水^[10];(2)持续浸水^[5];(3)施用石灰和二氧化锰^[5];(4)施用磷肥和氮肥^[12];(5)利用抗性品种^[7]。

有机物质过去很少用于改良酸性硫酸盐土,用稻秆作为酸性硫酸盐土的改良剂还未见有成功的报告。本文的目的是:(1)研究加入稻秆、二氧化锰和石灰等对酸性硫酸盐土化学动力学的影响。(2)测定上述处理对水稻生长、产量和矿质营养的影响。

1 材料和方法

供试土壤为一发育于近代火山灰含硫冲积扇沉积物上的硫潮始成土(Sulfaquept),从化学性质及形态学上看,都可以认为是酸性硫酸盐土^[11]。样品采自菲律宾,Albay, Malinao。

其化学性质见表 1。

表 1 酸性硫酸盐土的化学性质
(表土, 0~20 cm)

pH (1:1 土水比)	3.4
EC (ds/m, 1:1 土水比)	2.18
有机碳 (%)	0.64
全氮 (%)	0.049
阳离子交换量 (毫克当量/100 克)	6.2
代换性钠 (毫克当量/100 克)	0.23
代换性钾 (毫克当量/100 克)	0.13
代换性镁 (毫克当量/100 克)	0.47
代换性钙 (毫克当量/100 克)	0.98
有效磷 (Olsen, ppm)	4.4
有效锌 (K&P, ppm)	0.9
活性铁 (%)	2.38
活性锰 (%)	0.003
代换性铝 (1NKCl, 毫克当量/100 克)	1.39

试验在国际水稻研究所 (IRRI) 土壤化学系玻璃网室内进行。采用复因子设计。改良剂用量：碳酸钙为 0 与 0.25% (干土重)、稻秆 0 与 0.25% (干土重)、二氧化锰为 0 与 0.005% (干土重)，共 8 个处理，随机区组排列，重复 4 次。品种为 IR26，秧龄 20 天。

土壤样本经风干、打碎、混匀并通过 6 mm 的筛子，每盆加入 12 kg 土壤，按处理要求加入相应的稻秆、碳酸钙或二氧化锰。各处理均加入 50-25-25mg/kg 的 N-P-K，其形态分别为尿素、三元过磷酸钙和氯化钾。

土壤用去离子水淹没两周后，每盆种植 4 棵秧苗，其中两丛于移植后 4 周收制作分析用，而留下两丛一直至成熟收获。

2 结果与讨论

2.1 土壤溶液的电化学及化学动力学

2.1.1 施用稻秆的效应 加入稻秆或稻秆加二氧化锰的处理，淹水 4 周后，土壤溶液的 Eh 值急剧地由 680mV 下降为 70mV 左右。稻秆加碳酸钙或碳酸钙加二氧化锰的处理，土壤溶液的 Eh 值都较低。所有施用稻秆的处理，pH 值都显著提高，淹水 4 周后，pH 值都大于 6.0

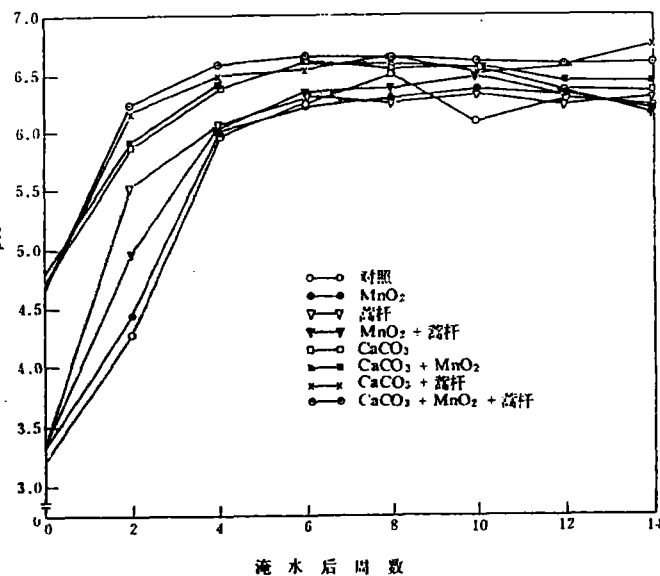


图 1 碳酸钙、二氧化锰和稻秆处理
对土壤溶液 pH 的动力学影响

(见图1和2)。亚铁的浓度淹水4周后急增至1865ppm但于淹水6周后逐渐降低(见图3)。土壤溶液中铝的浓度在淹水4周后则较所有的其他处理都低(见表2)。在水稻生长的整个期间,施用稻秆的处理土壤溶液的比电导较施用碳酸钙的处理为高,较对照处理为低(见图4)。

2.1.2 施用碳酸钙的效应 加入碳酸钙将迅速提高土壤溶液的pH值,但降低比电导,特别是亚铁和铝的浓度。凡与碳酸钙结合的各个处理都有相似的结果。

表2 碳酸钙、二氧化锰和稻秆对土壤溶液 Al³⁺ 动力学的影响

处理 编号	CaCO ₃ (%)			Al ³⁺ (mg/L)						
	CaCO ₃	MnO ₂	稻秆	0	2	4	6	8	10	12*
1	0	0	0	21.8	—	2.1	0.5	0.03	无	无
2	0	0.005	0	28.3	1.2	0.51	无	无	无	无
3	0	0	0.25	31.0	—	0.03	无	0.75	无	无
4	0	0.005	0.25	29.8	—	1.8	0.3	0.03	无	无
5	0.25	0	0	1.3	—	3.9	1.5	0.05	无	无
6	0.25	0.005	0	0.9	—	0.03	无	无	无	无
7	0.25	0	0.25	1.8	—	无	无	无	无	无
8	0.25	0.005	0.25	2.3	—	0.3	1.5	无	无	无

*0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 系淹水后周数。

1) 由国际水稻研究所分析服务中心分析。2) 4次重复平均值, 淹水后第2周移植。

2.1.3 二氧化锰施用的效应 加入二氧化锰的处理, 土壤溶液中的锰量显著增加, 土壤溶液的pH也略有提高, 但亚铁浓度和比电导有所降低(见图5)。

2.2 稻秆、碳酸钙、二氧化锰对水稻生长的影响

2.2.1 植株高度和分蘖 按植株长势和分蘖的多少来判断, 碳酸钙加二氧化锰的处理最好, 其次单施碳酸钙的处理, 和单施稻秆的处理(图6, 7)。从铁毒害症状看, 施用稻秆的处理表现比较突出。这个处理的水稻植株, 首先在下部叶子出现铁锈斑点, 然后扩散至上部叶子, 同时还显示出缺氮、缺磷及铁质中毒的“bronzing”症状。碳酸钙单独施用或碳酸钙和二氧化锰混施, 显著减轻了铁对水稻的危害。在移植后4及8周时, 铁质毒害评级分别为2.9和1.9(表3)。

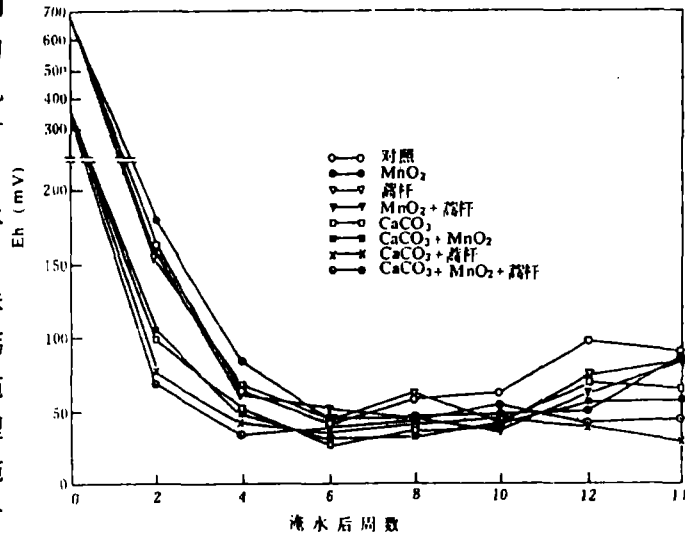


图2 碳酸钙、二氧化锰和稻秆处理对土壤溶液 Eh 的动力学影响

表3 碳酸钙、二氧化锰和稻秆施用对植株 (IR26) 铁质中毒的评级

处理 编号	处 理 (%)			受害级别	
	CaCO ₃	MnO ₂	稻秆	移植后 4 周	移植后 8 周
1	0	0	0	8.0 a	7.6 a
2	0	0.05	0	4.8 c	3.4 c
3	0	0	0.25	6.1 b	4.5 b
4	0	0.005	0.25	4.6 b	2.8 cd
5	0.25	0	0	2.9 de	2.0 de
6	0.25	0.005	0	2.4 e	1.9 e
7	0.25	0	0.25	3.8 cd	2.5 de
8	0.25	0.005	0.25	3.0 de	2.0 de

* 评级标准系采用国际水稻所 1980 年水稻标准评价系统^[3]。1 级为生长与分蘖正常, 9 级植物差不多死亡或正在死亡。同一行内平均数具有相同字母表示差异不显著, 字母不同为差异显著, 达 5% 显著水平 (DMRT)。

地上部的重量: 根据各个处理的铁质毒害评级及其生长的表现, 反映最好的是碳酸钙加二氧化锰及单施碳酸钙的两个处理, 水稻移植后生长良好, 地上部干重显著较多。施用稻秆的处理, 由于土壤溶液的 pH 值低、比电导和亚铁浓度高, 植株前期生长受到抑制, 因此与碳酸钙处理相比, 其地上部干物重较低。单施二氧化锰或它和稻秆混合施用, 其地上部的干物重约等于碳酸钙处理的 1/3。碳酸钙、二氧化锰、稻秆及对照各处理的地上部的干物重分别为每盆 4.45 g、1.33 g、0.59 g 和 0.23 g (见表 4)。

2.2.2 植株矿物质含量分析 移栽 4 周后处理植株中的铁、锰和锌含量见表 5。单施碳酸钙的处理, 植株中铁的含量最低 (237 mg/kg), 碳酸钙与二氧化锰或稻秆混施, 或碳酸钙与二氧化锰和稻秆三者混施的处理, 植株含铁量分别降低至 242, 303, 256 mg/kg。单施稻秆的处理, 植株中铁的含量可达 685 mg/kg。

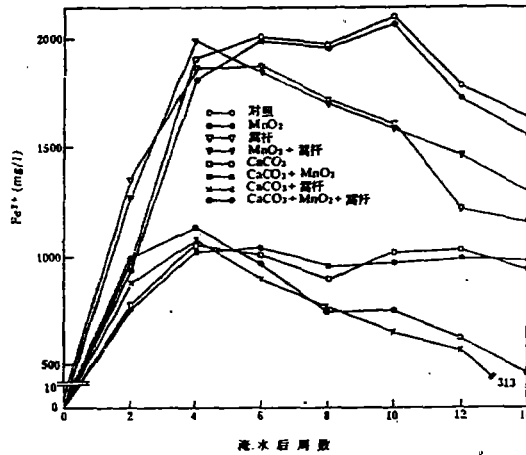


图3 稻秆、碳酸钙及二氧化锰对水溶性亚铁动力影响

表4 碳酸钙、二氧化锰和稻秆处理对前期植株、稻谷及稻秆产量的影响

处理 编号	处 理 (%)			产 量 (g/盆)		
	CaCO ₃	MnO ₂	稻秆	移植 4 周后地上部	收获期稻谷	稻 秆
1	0	0	0	0.23 e	3.6 d	5.1 c
2	0	0.005	0	1.33 d	24.5 c	21.3 b
3	0	0	0.25	0.59 de	28.2 c	23.4 b
4	0	0.005	0.25	1.44 d	38.4b c	33.7 a
5	0.25	0	0	4.45 ab	55.3 a	44.3 a
6	0.25	0.005	0	5.13 a	55.9 a	44.8 a
7	0.25	0	0.25	2.90 c	40.4 abc	40.5 a
8	0.25	0.005	0.25	3.70 c	52.1 ab	40.5 a

同一行内平均数具有相同字母表示差异不显著, 字母不同差异达 5% 显著水平 (DMRT)。

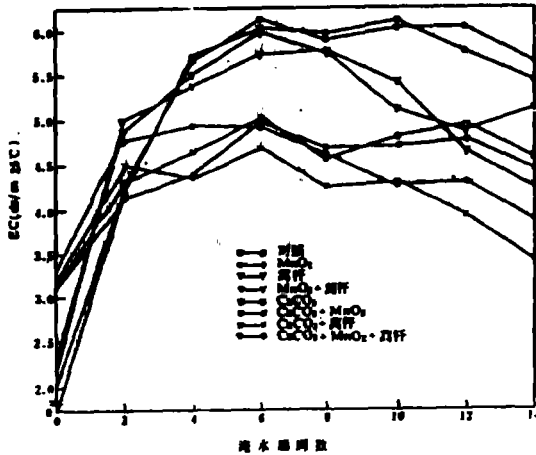


图4 稻秆、碳酸钙和二氧化锰对土壤溶液EC动力学影响

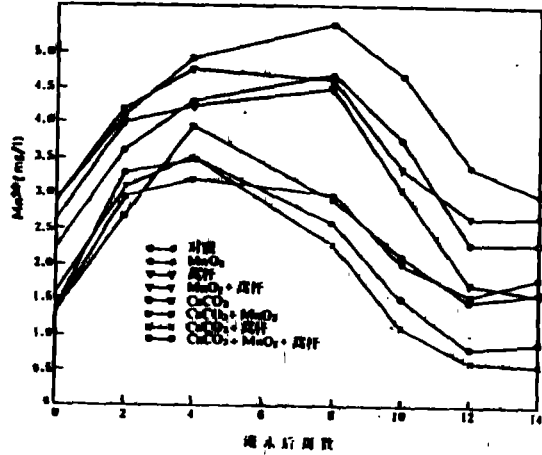


图5 稻秆、碳酸钙和二氧化锰对土壤溶液亚锰动力学影响

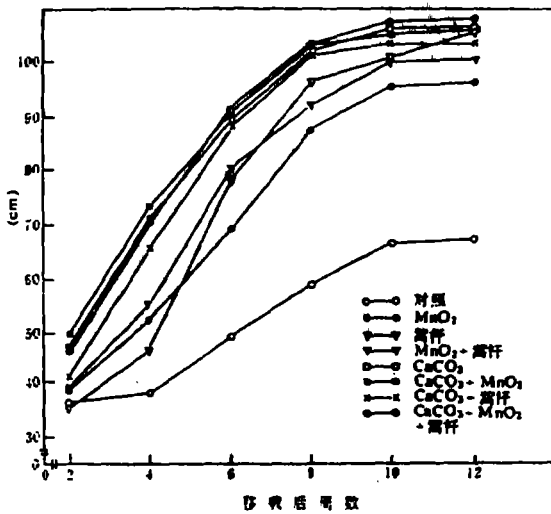


图6 稻秆、碳酸钙和二氧化锰对植株高度的影响

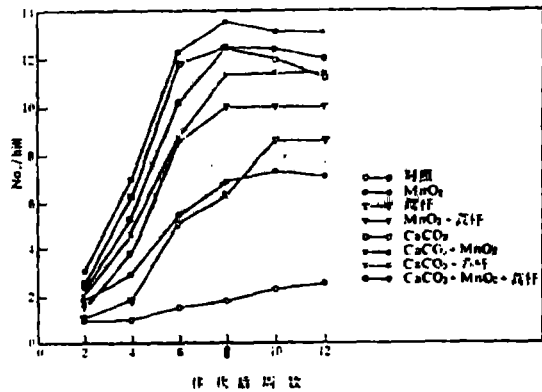


图7 稻秆、碳酸钙和二氧化锰对分蘖的影响

施用二氧化锰尽管增加了植株中铁的含量(达1.260 mg/kg),但却降低了铁/锰比率,特别是当二氧化锰与碳酸钙或稻秆混施或此三者混施时,这种情况就更加明显.分析结果与铁质毒害评级以及植株受害程度很一致.分析结果还表明:加入碳酸钙、稻秆或二氧化锰都降低了植株的含锌量(表5).

表5 碳酸钙、二氧化锰和稻秆处理对植株地上部的铁、锰和锌含量及植株危害程度的影响(移植后4周)^(a)

处理 编号	处 理 (%)			Fe	Mn	Zn	Fe : Mn 比率	评 ^(b) 级	危 · 害 程 度
	CaCO ₃	MnO ₂	稻秆						
1	0	0	0	2940	147	44	20.0	8.0	叶子卷缩, 老叶枯干
2	0	0.005	0	1260	64	23	19.7	4.8	植株轻度阻滞, "bronzing"
3	0	0	0.25	685	32	26	21.5	6.1	植株生长受阻严重 "bronzing"
4	0	0.005	0.25	592	50	27	11.9	4.6	植株轻度受阻
5	0.25	0	0	237	27	23	8.7	2.9	没有 "bronzing" 表现
6	0.25	0.005	0	242	58	23	4.2	2.4	
7	0.25	0	0.25	303	26	25	11.8	3.8	有极少数锈斑在老叶上
8	0.25	0.005	0.25	256	47	25	5.5	3.0	

(a) 植物样本为四次重复混合样; (b) 评级按国际水稻所1980年水稻标准评价系统, 1为正常, 9为秆株差不多死亡或正死亡。

单施二氧化锰或二氧化锰与稻秆混施的处理, 尽管收获时植株中铁的含量较高, 但由于吸收的锰量也高, 故其铁锰率低(表6), 由于锰对过量的铁有生理拮抗作用, 故这些处理仍比对照增产。试验结果证明, 在酸性硫酸盐土中加入稻秆的有利影响是, 淹水6周之后亚铁的数量减少, 能显著提高植株钾素含量。其不利因素是在稻秆分解初期溶液中亚铁大量增加, 导致水稻在生长初期遭受亚铁等的毒害并出现缺氮缺磷症状。

表6 碳酸钙、二氧化锰和稻秆处理对收获期稻秆中的铁、锰和锌含量的影响

处理 编号	处 理 (%)			Fe	Mn	Zn	Fe : Mn
	CaCO ₃	MnO ₂	稻秆				
1	0	0	0	676 ab	66 b	23 c	10.2
2	0	0.005	0	856 a	214 a	35 a	4.0
3	0	0	0.25	555 b	47 b	32 ab	11.8
4	0	0.005	0.25	712 ab	209 a	34 a	3.4
5	0.25	0	0	355 c	15 b	34 a	24.0
6	0.25	0.005	0	365 c	34 b	35 a	10.6
7	0.25	0	0.25	290 c	12 b	27 c	25.0
8	0.25	0.005	0.25	344 c	54 b	29 bc	6.4

* 同一行内字母相同表示差异不显著, 不同字母表示差异显著, 达5%水平(DMRT)。

2.2.3 谷秆产量分析 本试验证明, 施用碳酸钙或碳酸钙加二氧化锰处理的植株, 由于不实粒率低、穗重, 所以产量最高。而施用稻秆的处理, 由于前期植株生长差, 后期虽生长茂盛, 但不实率增高, 所以稻谷间量远不如碳酸钙处理好。但碳酸钙、稻秆和二氧化锰的施用对增加稻谷及稻秆的产量均达到差异显著的水平(见表4)。

3 结论

1. 施用碳酸钙、二氧化锰或稻秆都能不同程度地增加水稻的稻谷及稻秆的产量, 而稻秆作为一种低廉的改良剂有待今后进一步研究。

2. 为了防止前期氮磷养分的不足, 在酸性硫酸盐土中加入稻秆时必须施用氮肥和磷

肥。

3. 施用稻秆至少两周后始移栽水稻和施用石灰可缓解由于施用稻秆而产生的不利影响。

参 考 文 献

- 1 Brinkman R and V P Singh, Rapid reclamation of brackishwater fishponds in acid sulfate soils. in Proceedings of the International Symposium on Acid Sulfate Soils. 18~30 Jan. , Bangkok, Thailand, 1981
- 2 Cholitkul W and P Sangton. Exchangeable aluminum in some acid sulfate soils of Thailand. in Proceedings of the International Seminar on "Ecology and Management of Problem Soils in Asia" . 8~11 Nov. , Bangkok, Thailand, 1983
- 3 International Rice Research Institute. Standard evaluation system for rice. International rice testing program. Int Rice Res Inst, Los Baños, Philippines, 30P, 1980
- 4 Neue H U and V P Singh. Managment of wetland rice and fishponds on problem soils in the tropics, in Proceedings of the International Seminar on "Ecology and Management of Problem Soils" . 8 ~ 11 Nov. Bangkok, Thailand, 1983
- 5 Nhung, Mai--Thi--My and F N Ponnampuruma. Effects of calcium carbonate, manganese dioxide, ferric hydroxide, and prolonged flooding on chemical and electrochemical changes and growth of rice in flooded acid sulfate soil. Soil Sci, 1966, 102: 24~49.
- 6 Ponnampuruma F N. Idle lands in the Indian Ocean area for food production. in proceedings of the International Conference on Indian Ocean studies. 15~22, August, Perth, Australia, 1979
- 7 Ponnampuruma F N and J L Solivas. Field amelioration of an acid sulfate soil for rice with manganese dioxide and lime. in proceedings of the International Symposium on acid sulfate soils. 18~25 January, Bangkok, Thailand, 1981
- 8 Tanaka A. and S A Navasero. 1966: Growth of the rice plant on acid sulfate soils. Soil Sci Pl Nutr, 12: 106~114.
- 9 Van Breeman N. Acidity of wetland soils including Histosols, as a constraint to food production. 109~202 in soil related constraints to food production in the tropics. Int Rice Res Inst, Los Baños, Philippines, 1980
- 10 Van Breeman N and L J Pons, Acid sulfate soils and rice. in Soils and Rice. Int Rice Res Inst, Los Baños, Philippines, 1978
- 11 Van Breeman N. Landscape, hydrology and chemical aspects of some problem soils in the Philippines and in Sri Lanka. A terminal report submitted to the Int Rice Res Inst, Los Baños, Philippines, 295p, 1978

THE EFFECT OF ORGANIC MATTER AND INORGANIC AMENDMENTS ON THE CHEMICAL KINETICS AND THE GROWTH OF RICE IN AN ACID SULFATE SOIL

Li Jinpei

(Soil Sci and Agric. Chemistry Department)

Abstract Greenhouse experiments were conducted to determine the effects of straw, CaCO_3 , and MnO_2 on the electrochemical and chemical kinetics and rice growth and yield in a flooded acid sulfate soil.

Straw (0.25% by weight of the dry soil) application had a pronounced effect on soil reduction. High concentration of water-soluble Fe^{2+} stunted plants at early growth, but the Fe^{2+} concentration gradually decreased and plants had vigorous growth at maturity. Grain and straw yields at harvest were higher. Potassium in the plant tissue was high where straw was added.

Adding CaCO_3 (0.25% by weight of the dry soil) markedly increased soil solution pH, decreased Eh and EC, and significantly depressed concentrations of water-soluble Fe^{2+} , Mn^{2+} and Al^{3+} .

Calcium carbonate, alone or in combination with MnO_2 , depressed Fe concentration in the soil solution and significantly increased straw and grain yields. Calcium and MnO_2 applications also enhanced N and P content in the straw but decreased Zn content.

Adding 0.005% MnO_2 (by weight of the dry soil) increased the Mn in the soil solution, depressed the Fe:Mn ratio in the plant tissue, and increased grain yield significantly over the control.

Results show that straw as an inexpensive amendment for acid sulfate soils merits further study.

Key words Straw; CaCO_3 ; MnO_2 ; Acid Sulfate soils; Chemical Kinetics