

污灌水中的铁对土壤性质 和水稻生长的影响

池钜庆 邓家祐 谭秀芳 钟志清

(土化系)

提 要

以污灌水形式带入农田的铁对水稻影响的研究报道尚少。本文通过水稻盆栽试验,研究不同浓度的含铁污水对土壤pH值、水溶性及交换性亚铁含量和 水稻植株含铁量、生长状况及产量的影响。结果表明,在两造的时间内,当污灌水含铁1000ppm以上时减产显著,污灌水含铁600~800ppm时有减产的趋势,污灌水含铁600ppm以下时对产量没有显著影响。水稻亚铁中毒时从老叶叶鞘中部开始发病。晚造糙米含铁量为早造的4~9倍。

关键词:污灌水;铁离子;铁浓度;水稻生长;发病症状;产量

前 言

国内在探讨湖田稻叶褐斑病的病因时,曾研究农田土壤中的亚铁对水稻的毒害作用及其诊断^{[1][4][8]},国外在研究亚铁对水稻毒害的症状及机制时,多采用水培方法^{[7][8][9]}以污灌水形式带入农田的铁对水稻的影响报道尚少。本研究的目的,是通过水稻盆栽试验,探讨含不同浓度铁的污灌水对石灰性水稻土的酸碱度、亚铁含量及水稻生长的影响,为矿山及工厂处理含铁排污水提供依据。

材 料 和 方 法

供试土壤为云浮硫铁矿附近有代表性的水稻土,含有机质3.89%,全N 0.201%,全 P_2O_5 0.161%,全 K_2O 1.55%,全Fe 2.736%,全Mn 0.026%,pH为8.1,土壤质地为砂质轻壤土。土壤风干后过3mm土筛,装入直径19.5cm,高21cm的瓷盆,每盆装土5公斤。肥料用量每盆猪粪干23.6克,硫酸铵1.5克,过磷酸钙1.0克,氯化钾0.8克。供试水稻选用本地当家种,即早造为广二矮,晚造为包选二号。每盆插水稻3棵,每棵5苗。

在自来水中加入 $FeSO_4$ 配制成不同浓度的溶液,用 $Ca(OH)_2$ 调至pH6.0左右作灌溉水。试验共设污灌水含铁1500ppm、1000ppm、800ppm、600ppm、400ppm、200ppm、100ppm和对照8个处理。每个处理设5次重复,其中2次重复用于采集混合样本进行土壤及植株分析,3次重复作产量统计。

1987年8月19日收稿

水稻盆栽试验在玻璃网室内进行。1983年晚造在7月30日插秧,11月25日收获。1984年早造在83年晚造收获后的土壤上继续种植,方法与1983年晚造相同,4月7日插秧,7月29日收获。

分析方法,土壤水溶性亚铁用无氧离子交换水浸提—邻菲囉啉比色法;土壤交换性亚铁用PH4.8的1N醋酸铵浸提—邻菲囉啉比色法;植株和糙米全铁用浓 $H_2SO_4-H_2O_2$ 消煮—邻菲囉啉比色法;土壤PH用电位计直接在盆栽盆中测定,取5盆的平均值。

试验结果

(一) 对土壤pH值的影响

土壤pH值的测定结果表明,用含铁污水灌溉时,土壤pH值在水稻生长过程中不断下降,在抽穗期达到最低值,抽穗期后则有所回升。Fe400以下的处理,土壤pH值均在4.89以上,不致对水稻生长产生危害。Fe600以上的处理,土壤pH值在插秧后——幼穗分化期处于水稻正常生长范围,但在抽穗期——成熟期则土壤酸性过大,pH值只有3.18~4.50,这无疑会对水稻生长产生不利影响(表1)。

(二) 对土壤水溶性亚铁含量的影响

在水稻分蘖期和黄熟期采样,分析土壤水溶性亚铁含量,结果表明:土壤水溶性亚铁的含量随着土壤的pH值而改变。当 $pH > 6.5$ 时,土壤水溶性亚铁很少, $pH < 6.5$ 时,土壤水溶性亚铁逐渐增加,至 $pH 4.0$ 以下时其数量迅速上升,达到100ppm以上(表2)。对于这一变化规律,Olsen也有类似的报道^[6]。

(三) 对土壤交换态亚铁含量的影响

土壤交换态亚铁含量的分析结果表明,在水稻各个生育期,灌溉水含铁越高,土壤交换态亚铁含量越大。随着水稻生长,土壤交换态亚铁含量不断增加,在抽穗期达到高值。比较早晚造相同生育期的测定结果可以看出,早造的交流态亚铁含量要比晚造低(表3)。

表1 水稻各生育期土壤pH值的变化

处理	生育期					
	移植前	分蘖初期	分蘖盛期	幼穗分化期	抽穗期	成熟期
Fe 1500	7.04	6.73	6.08	5.12	3.18	3.73
Fe 1000	7.11	6.88	6.21	5.53	3.59	3.93
Fe 800	7.19	6.89	6.18	6.02	3.68	4.50
Fe 600	7.19	7.12	6.44	6.05	3.63	4.70
Fe 400	7.36	6.95	6.83	6.25	4.89	5.17
Fe 200	7.32	6.97	6.87	7.25	5.30	7.22
Fe 100	7.39	6.96	6.86	7.44	6.45	7.42
对 照	7.38	7.05	6.86	7.48	6.76	7.40

表2 分蘖期和黄熟期的土壤pH值及土壤水溶性亚铁含量(ppm)

处理	生育期		分蘖期		黄熟期	
	项目		土壤	水溶性	土壤	水溶性
			pH值	亚铁	pH值	亚铁
Fe 1500			6.08	8.3	3.73	104.6
Fe 1000			6.21	8.0	3.93	103.8
Fe 800			6.18	6.3	4.50	18.0
Fe 600			6.44	5.8	4.70	7.5
Fe 400			6.83	4.2	5.17	6.1
Fe 200			6.87	4.2	7.22	4.9
Fe 100			6.86	3.8	7.42	5.1
对 照			6.86	4.6	7.40	6.6

表 8 土壤交换态亚铁含量的变化 (ppm)

处理	生育期	1983 年 晚 造					1984 年 单 早 造		
		分蘖初期	分蘖盛期	幼穗分化期	抽穗期	黄熟期	分蘖初期	分蘖盛期	幼穗分化期
Fe 1500		3144	3885	5095	4892	4386	3452	3053	3463
Fe 1000		3133	3376	4388	4752	4288	2805	3005	3337
Fe 800		3083	3201	4054	4417	3584	2443	2926	3222
Fe 600		3062	3162	3910	3980	3679	2211	2910	3106
Fe 400		2829	3131	3444	3752	3441	1716	2555	2831
Fe 200		2818	2834	3272	3398	3241	1760	2265	2684
Fe 100		2747	2803	3194	2817	3109	1766	2208	2837
对 照		2285	2632	2841	2726	2768	1600	2182	2440

(四) 对水稻生长发育的影响

从移植到分蘖初期, 水稻未见明显的中毒症状, 但 Fe 800 以上浓度处理的水稻根系发育受阻, 分蘖数少, 株高变矮。从分蘖中期开始, 首先在高浓度处理 (Fe 1500 和 Fe 1000) 的水稻植株的老叶叶鞘中部发病, 颜色由黄褐至暗褐而蔓延至整个叶鞘, 再向叶片扩展而至全叶片枯黄, 病情由老叶向新叶发展。Fe 600 以上处理的水稻叶片受害严重, Fe 1500 处理的水稻到后期则全部植株枯黄而死亡。Fe 400 和 Fe 200 处理的水稻只是轻度受害, 铁中毒症状只出现在老叶。Fe 100 处理的水稻则和对照处理的水稻一样, 没有出现铁中毒症状。

1984 年早造亦出现类似的症状, 但出现的时期较晚, 在孕穗期才开始, 且症状较轻, 没有出现植株枯死的现象。

(五) 对水稻植株含铁量的影响

不同生育期的水稻植株含铁量的分析结果表明, 随着灌溉水铁浓度增加, 水稻植株含铁量明显增加。用含铁 200ppm 以下的污水灌溉时, 植株含铁量与对照处理相差不大。用含铁 400ppm 以上的污水灌溉时, 植株含铁量比对照处理高, 尤其是成熟期, 可

表 4 各处理在不同生育期的水稻植株含铁量* (ppm)

处理	生育期	1983 年 晚 造			1984 年 早 造		
		分蘖初期	分蘖盛期	成熟期	分蘖初期	分蘖盛期	成熟期
Fe 1500		6688	5943	18682*	3247	1286	3185
Fe 1000		2775	3521	4667	2084	1374	2114
Fe 800		1740	2803	2661	1470	964	3282
Fe 600		1277	1703	1650	2022	1113	1143
Fe 400		1231	1671	1871	1315	1061	966
Fe 200		820	1367	514	1223	554	1116
Fe 100		874	1693	115	727	428	581
对 照		1039	1562	336	867	442	262

* 因后期倒伏, 部分植株浸入试验盆的铁水中, 故含铁量特别高。

高达数倍至10倍以上。水稻在分蘖期对铁的吸收，晚造较早造强烈，植株含铁量晚造一般为早造的2倍左右（表4）。

（六）对水稻产量因素的影响

表5 含铁浓度不同的灌溉水对水稻产量因素的影响

处理	时间 产量因素	1983 年 晚 造			1984 年 早 造		
		产 量 (克/盆)	实粒数 (粒/盆)	千粒重 (克)	产 量 (克/盆)	实粒数 (粒/盆)	千粒重 (克)
Fe 1500		—	—	—	12.7**	622*	19.5
Fe 1000		7.9**	846*	13.4**	15.1*	758*	20.6
Fe 800		24.7**	1927*	15.1**	19.0	892	21.3
Fe 600		41.0	2669*	17.0	18.9	931	21.6
Fe 400		51.6	3164	17.8	19.2	991	21.0
Fe 200		28.8 (白穗)	2151	16.5	18.8	860	22.5
Fe 100		52.3	3058	18.0	18.8	844	21.9
对 照		48.8	2884	17.8	18.9	992	21.6
5 %LSD		9.59	922.14	1.55	3.25	164.99	2.33
1 %LSD		13.46	1294.38	2.18	4.52	229.75	3.25

注：对照与各处理相比 *表示差异显著 **表示差异极显著

水稻考种结果表明，Fe 1500和Fe 1000两个处理，水稻明显遭受铁的毒害，两造水稻的产量、实粒数及1983年晚造的千粒重与对照处理相比，减产均达到差异显著或极显著水准。Fe 800处理，在1983年晚造也遭受铁毒害，其产量、实粒数和千粒重与对照处理相比，减产达到差异显著或极显著水准，1984年早造则没有什么差异。Fe 600以下处理对水稻产量因素影响不显著（表5）。

（七）对糙米含铁量的影响

糙米含铁量的分析结果表明，晚造糙米含铁量比早造高得多，约为4~9倍。同一造之间，含铁污水灌溉处理的糙米含铁量与对照处理相比，晚造为1~3倍，早造仅为1~1.5倍左右（表6）。

统计结果表明，糙米含铁量与灌溉水铁浓度之间，晚造呈极显著的正相关关系。但在早造，两者之间并不相关（图1）。

表6 不同处理的糙米含铁量 (ppm)

处理	时间 含铁量	1983年 晚 造	1984年 早 造
		晚 造	早 造
Fe 1500		水稻植株枯死	70.8
Fe 1000		646.3	71.2
Fe 800		370.6	52.6
Fe 600		445.4	61.1
Fe 400		409.9	60.5
Fe 200		372.8	71.1
Fe 100		255.2	71.2
对 照		208.4	50.9

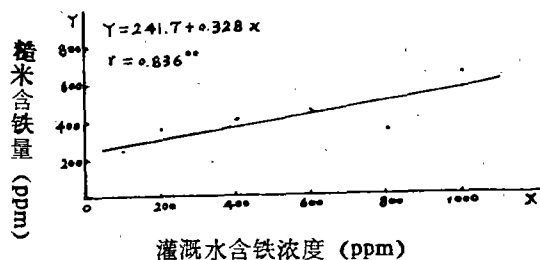


图1 1983年晚造糙米含铁量与灌溉水铁浓度的关系

讨 论

在本试验中,当污灌水含铁1000ppm以上时,抽穗期土壤pH值下降至4.0以下,水溶性亚铁含量在100ppm以上,水稻出现严重铁中毒症状,稻谷减产显著。当污灌水含铁600~800ppm时,抽穗期土壤pH下降至4.0左右,水溶性亚铁含量10~20ppm左右,水稻也出现铁中毒症状,稻谷有减产的趋势。当污灌水含铁600ppm以下时,土壤pH值在5.0以上,水溶性亚铁含量在10ppm以下,水稻不发生铁中毒或中毒很轻,对稻谷产量没有显著影响。根据TANAKA的研究结果,在pH为3.7时土壤溶液铁浓度为100ppm时,水稻才发生中毒^[2]。试验结果表明与TANAKA的结果有所不同,在土壤pH值4.0左右或4.0以下时,水溶性亚铁含量达到10~20ppm时就会发生水稻铁中毒,100ppm时发生水稻严重铁中毒。

根据培养液中典型症状观察,当水稻遭受 Fe^{++} 毒害时,一般在较低部位的叶片的叶脉间首先发生红棕色斑点,然后斑点扩展至整个叶片,叶片变为棕色,而后随着病情的发展,下部叶片转为暗灰色而死亡^[3]。浙农大的盆栽试验中,植株发生亚铁中毒表现为叶片上有锈色而无斑点^[6]。本试验水稻铁中毒由叶梢开始发病的情况尚未见报道。由此看来,由于试验条件及水稻生长环境的差异,水稻铁中毒的症状可能是多种多样的。

试验结果表明,土壤交换态亚铁含量、水稻植株含铁量和糙米含铁量均是晚造高于早造,水稻铁中毒的症状也是晚造较早造严重而且出现较早。水稻在晚造比早造更易遭受铁的毒害,其原因尚待进一步研究。

引 用 文 献

- [1] 王人潮: 水稻亚铁中毒症的化学速测诊断,《土壤通报》, (1) 1980, 41~43.
- [2] 忠野、吉田昌一: 淹水土壤化学变化及其对水稻发育的影响,《土壤译丛》(3) 1980, 27~36.
- [3] 袁可能:《植物营养的土壤化学》, 376, 科学出版社, 1983年.
- [4] 浙江农业大学土壤农化专业: 关于湖田稻叶褐斑病的研究,《土壤》, (1) 1977, 35~43.
- [5] 浙江农业大学土壤农化专业: 关于湖田稻叶褐斑病的研究,《土壤》, (4) 1977, 204~207.
- [6] Olsen, R. V. 1947. Iron solubility in soil as affected by pH and free iron oxide content. PSSSA, 12, 153.
- [7] Perumal, S. 1961. Leaf-tip-drying disease on rice. Soil Sci. 91 (3), 218~221.
- [8] Tanaka, 1966. Mechanisms involved in the development of iron toxicity symptoms in the rice plant. Soil Science and Plant Nutrition. 12 (4), 158~164.
- [9] Tanaka, 1966. Interact between iron and manganese in the rice plant. Soil Science and Plant Nutrition. 12 (5), 197~201.

THE EFFECTS OF IRON IN THE SEWAGE IRRIGATION WATER ON SOIL PROPERTIES AND RICE GROWTH

Chi Juxing Deng Jiayou Tan Xiufang Zhong Zhiqing
(Department of Soil Science and Agrochemistry)

ABSTRACT

The effects of iron in the sewage irrigation water flowing into the field on rice growth have been scarcely reported. This pot culture experiment aims at the effects of the sewage water with different concentration of iron on the soil pH, the contents of soluble and exchangeable ferrous iron, the iron contents of the plant, the rice growth and yield. During two crops, it was found that the yield was remarkably reduced when the iron content in the sewage water was more than 1000 ppm; there was a tendency of yield reduction when the iron content was between 600 and 800 ppm; no remarkable effects were observed when the iron content was less than 600 ppm; when the rice suffered from ferrous iron toxicity, disease occurred at the middle part of the older leaf sheath. The iron content in the brown rice in the second crop was 4 to 9 times as that in the first crop.

Key word: sewage irrigation water; iron ions; iron concentration; rice growth; disease symptom; yield