

用土袋水培法研究水稻黄叶生理病

廖宗文

(土化系)

摘要 以土袋水培法, 结合普通盆栽研究水稻黄叶生理病与红壤溶液 Fe、Si 关系果表明, 与无稻红壤溶液相比, 植稻红壤的 Si/Fe 下降而土袋水培 Si/Fe 升高。电子探针分析显示土培稻根表皮层细胞外壁的 Fe 峰很高, 而土袋水培者的 Fe 峰很低或为零。讨论了土袋水培的 Si/Fe 升高的原因及其对消除水稻黄叶生理病的作用。

关键词 土袋水培法; 水稻黄叶生理病; 红壤; Si; Fe; 电子探针

土培和水培是二种常用的盆栽方式。80 年代初提出的土袋水培法则是介乎二者之间的新盆栽法^[4]。应用该法使作物的根在土壤溶液中生长而又不接触土壤, 可以很方便地获得不带土的根。土袋水培法与其他盆栽方法配合, 提供了通过研究溶液及根部来了解根—土相互作用的有效手段, 在根际研究方面有广泛的应用。本文应用土袋水培法研究水稻黄叶病。

水稻黄叶病是一种发生于新垦红壤上的生理病害, 稻叶呈橙黄色。自 70 年代以来, 国内外研究者进行了较多研究^[3,5]。近年来研究者还运用电子探针和根盒法等新方法从根际角度进行研究^[1,3]。研究表明水稻黄叶病与 Fe 过高及 Si 过低有关^[3]。本文应用土袋水培法, 结合常规盆栽法, 研究土壤溶液中的 Si、Fe 含量, 并用电子探针分析根内 Si、Fe 状况, 从根—土作用角度探讨 Si、Fe 与水稻黄叶病关系。

1 材料与方法

用 0.8 μm 孔径的微孔膜 (Gelman Instrument) 做成 8 cm $\times$ 10 cm 的小袋子, 内装风干 Nacigdiges 红壤 35 g, 然后经电热加压封口, 该红壤取之美国 Texas 州, 其基本性质见参考文献^[3]。所施肥料分别是尿素、过磷酸钙、氯化钾, 其用量为 N 5 mg/kg, P 65 mg/kg, K 100 mg/kg, 与土拌匀作基肥一次施下。把 50 个封口土袋放入 19 cm $\times$ 10 cm $\times$ 23 cm 的塑料容器中 (共装土 1 750 g), 向容器注入去离子水, 生长期间保持水面高于土袋约 5 cm。容器之顶盖上一泡沫塑料板, 板上开 3 个孔, 各插入 2 条秧苗 (品种为桂朝), 用海绵固定。塑料容器四面以海绵包裹, 以减少温度波动 (图 1)。另外再设种稻及不种稻的土壤盆栽处理, 供试土壤及水稻品种不变, 以比较根—土直接接触, 根—土不直接接触及不种稻条件下根系及溶液中的 Si、Fe 状况。施肥处理亦与土袋水培法相同, 但 N 的施用量增加 1 倍, 为 10 mg/kg。各处理重复 3 次, 插秧 3 科, 每科 2 条。土培处理每盆装土 2 kg, 生长期间各处理均保持浅水层。在插秧后第 4 周、第 6 周抽取各处理土壤溶液测定 Si、Fe 含量, 其装置如图 2 所示。

• 1993—01—16 收稿

容纳抽取出来土壤溶液的玻璃瓶事先滴入浓 HCL 2 滴, 以酸化所接纳的 10 mL 溶液。该溶液过滤后用原子吸收法分析 Si、Fe 含量^[3]。在收获后取稻根制样, 用电探针法分析稻根的 Si、Fe 状况^[3]。

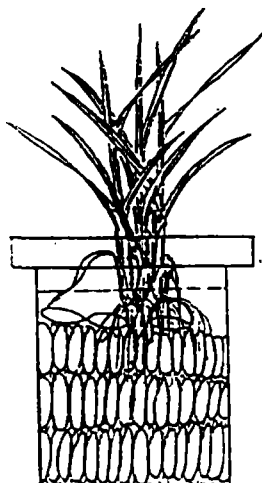


图1 土袋水培装置示意图

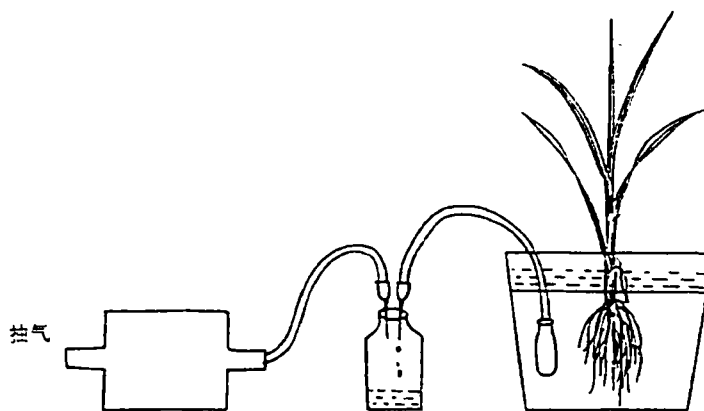


图2 抽取土壤溶液示意图

2 结果与讨论

2.1 土壤溶液的 Si、Fe 含量

土袋水培处理的水稻, 因其施 N 量较低, 长势不及土壤处理者, 但整个生长期一直没有出现橙黄叶症状, 而土培处理则有明显橙黄叶症状。土袋水培及土培处理的溶液 Si、Fe 含量有明显区别 (表 1), 前者溶液 Fe 含量低, 约为 0.6 mg/L, 而后者溶液 Fe 含量高, 约为 12 mg/L, 相差约 20 倍, 溶液中 Si 的差别不大, 不超过 2 倍。土培处理溶液高 Fe 低 Si, 土袋水培处理的溶液 Fe、Si 均较低, 但 Fe 含量相对更低。这样, 其 Si/Fe 比相对较高, 约为 3, 而土培处理则为 0.2~0.3, 两者相差约 15 倍 (表 1)。用同一种土壤进行土培及土袋水培盆栽处理, 得到 Si、Fe 含量差别明显的土壤溶液以及水稻黄叶症状发生及不发生的结果。这表明土壤溶液的 Si、Fe 含量可能与黄叶症状的发生有关。

表 1 还反映种稻与不种稻的土壤溶液 Si、Fe 含量的变化, 种稻后土壤溶液的 Si、Fe 均呈上升趋势, Fe 的上升很明显, 约为不种稻处理的 3~4 倍。但 Si 的上升幅度不大, 仅 2.2 倍 (插秧后 4 周), 而且随时间推移 (插秧后 6 周), 还出现与不种稻处理的 Si 持平的情况。水稻根系分泌物作用于土壤, 有促使其 Si、Fe 溶解的效果。这可能是植稻后土壤溶液 Si、Fe 含量上升的主要原因。稻为喜硅作物, 在生长过程中吸收大量的硅, 远超过所吸收的 Fe。因此, 植稻土壤溶液中的 Si 增幅较 Fe 小, 其 Si/Fe 比亦随之降低, 比不植稻处理的 Si/Fe 下降了约一半。

表1 土壤溶液和稻根的 Si、Fe 状况

项 目	电子探针点分析		土壤溶液 (mg/L)					
	外皮层 Fe	内皮层 Si	植 稻 4 周			植 稻 6 周		
			Si	Fe	Si/Fe	Si	Fe	Si/Fe
土袋水培	无或低	无	2.0	0.7	2.9	1.5	0.5	3.0
土培植稻	高	无	4.0	12.8	0.3	2.0	11.9	0.2
土培无稻			1.8	3.1	0.6	2.0	4.3	0.5

2.2 稻根硅铁状况

用电子探针对稻根点分析的结果表明，土袋水培稻根外皮层的 Fe 和内皮层的 Si 含量均较低，Fe 峰通常不明显或其峰值很低，计数值不超过 200（图 3，4）。土培处理的稻根，其外皮层有明显 Fe 峰，计数值 2 000 以上（图 5），内皮层则无明显的 Si 峰（图 6）。土培处理稻根表皮层淀积的 Fe，在二次电子图象上也清晰可辨（图版一1），与土袋水培处理稻根的二次电子图象（图版一2）明显不同。由电子探针分析可知，土袋水培处理的稻根具有低 Fe 低 Si 的特征，而土培处理的稻根具有高 Fe 低 Si 的特征。这与以前的电子探针研究结果相符。^[3]

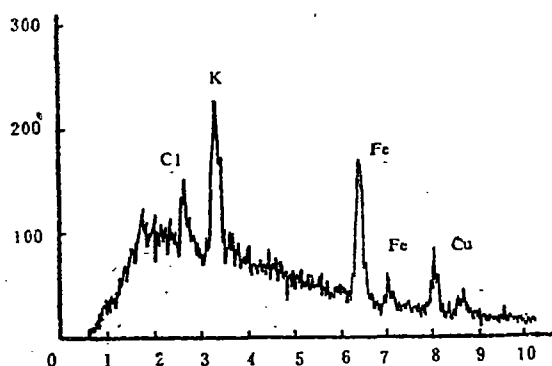


图3 土袋水培稻根的表皮层细胞外壁点分析

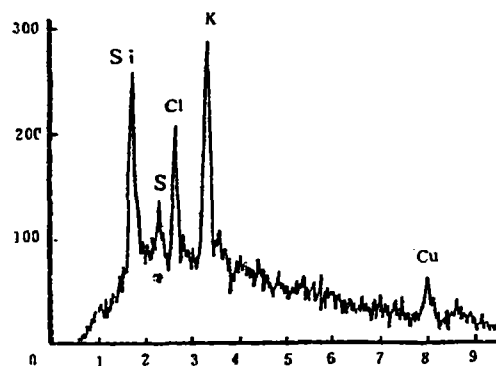


图4 土袋水培稻根的内皮层细胞内壁点分析图

2.3 土壤溶液和稻根的 Si、Fe 状况与水稻黄叶病

本研究对土壤溶液的 Si、Fe 分析结果与根部电子探针的分析结果是一致的。红壤土培溶液高 Fe 低 Si 及土袋水培溶液低 Fe 低 Si 的特征分别与其相应的电子探针分析结果吻合。作者根据对稻根内 Si、Fe 状况的电子探针分析结果推测稻根内低 Si 高 Fe 状况与水稻黄叶病有关^[3]。而根部 Si、Fe 状况与土壤溶液的 Si、Fe 状况有密切关系。本研究对同一种红壤的两种不同处理的土壤溶液 Si、Fe 进行分析，所得结果进一步表明土壤溶液的低 Si 高 Fe 也与水稻黄叶病有关。红壤土培的水稻有明显的发黄症状，其土壤溶液低 Si 而高 Fe，Si/Fe 比

仅 0.2~0.3。土袋水培处理没有发黄症状,其土壤溶液 Fe 含量大大降低,而 Si 含量变动不大,其 Si/Fe 为 3.0,约 15 倍于土培处理。原来可发生水稻黄叶病的红壤,经土袋水培处理后,栽培水稻不发生黄叶症状,看来与 Si/Fe 提高有关。进一步研究表明,采取措施提高红壤的 Si/Fe 比,可明显消除水稻黄叶症状,大幅度提高稻谷的产量^[2]。由于 Si 有消除 Fe 毒的作用,用 Si/Fe 比 Si 或 Fe 的绝对含量更能反映土壤溶液中 Si、Fe 的相互作用,因而更有实用价值。

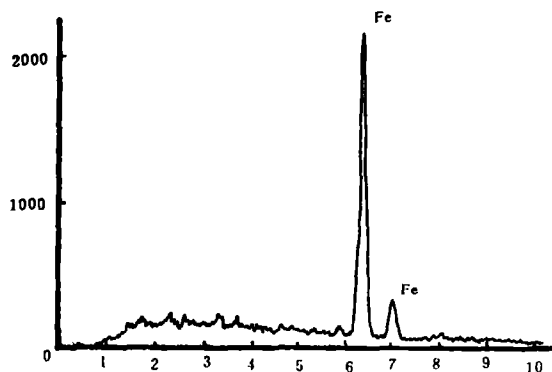


图5 土培稻根的表皮层
细胞外壁点分析图

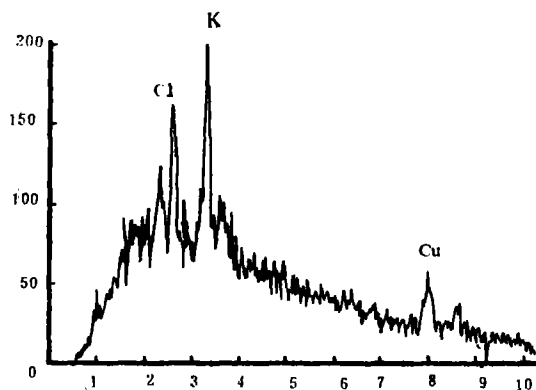
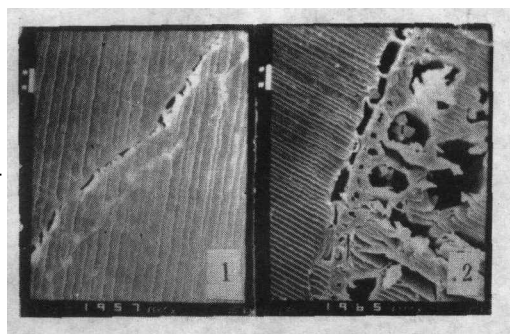


图6 土培稻根的内皮层
细胞内壁点分析图

红壤溶液的 Si/Fe, 本来较低, 在种稻后, 由于根土相互作用, 使 Si/Fe 更低, 下降了约一半。但土袋水培条件下, Si/Fe 上升了 15 倍左右, 这是由于 Fe 浓度明显下降的缘故。Fe 浓度明显下降的原因有二种可能, 一是土袋的微孔膜使根土无法直接接触, 因而根系分泌物对土壤 Fe 的溶解作用减弱。另一可能是土壤溶液中的 Fe 可能不完全是以离子态存在, 而是以较大的胶体分子存在。因此, 袋内土中溶液的胶体 Fe 无法穿过微孔膜进入袋外溶液而作用于稻根。确切的原因, 尚待进一步研究。土袋水培法在这方面仍然很有价值, 例如变动微孔膜的孔径, 根据具体情况对土袋水培法作相应变动, 可以获得根土相互作用的详细结果。



图版1 土培稻根表皮层扫描电镜图象 (Fe 沉淀明显)

2 土袋水培稻根表皮层扫描电镜图象 (无可见 Fe 沉淀)

致谢 本研究得到美国德克萨斯州农工大学土壤与作物系 L. R. Hossner 教授的支持,该校电镜中心的 J. Ehrman 先生协作电镜分析,谨致谢忱。

参 考 文 献

- 1 王建林,廖宗文,刘芷宇. 根际中硅铁锰和铝的状况与水稻生长. 应用生态学报, 1992 (3): 232~237
- 2 林东教,廖宗文,温志平. 滤泥防治水稻黄叶生理病的研究. 见: 广东卫星会议执行委员会主编. 中国科协首届青年学术年会广东卫星会议论文集, 北京: 中国科技出版社, 1992. 173~175
- 3 廖宗文. 应用电子探针研究黄叶生理病的水稻根内硅和铁的分布, 植物生理学报, 1989, 15 (1): 52~56
- 4 Cappy J J, Brown D A. A method for obtaining soil-free, Soil-Solution grown Plant root systems Soil Sci. Soc Am J, 1980, 44 (5), 1321~1323.
- 5 Howeler R H. Iron-induced Oranging disease of rice in relation to physio-Chemical Change in a flooded oxisol. Soil Science Soc Am Proc. 1973, 37 (3): 898~903

STUDY ON RICE ORANGING PHYSIOLOGICAL DISEASE WITH SOIL-BAG HYDROPONIC CULTURE

Liao Zhongwen
(Soil Science Department)

Abstract Soil-bag hydroponic culture was conducted together with ordinary soil pot experiment to study the relationship between rice oranging physiological disease and Si, Fe in red soil solution. It was found that compared with red soil solution without rice plant, Si/Fe of that with rice plant decreased while Si/Fe of soil-bag hydroponic culture increased. Electron probe analysis showed that the soil pot treated rice root had very high Fe peaks in outer cell wall of epidermis while very low or none Fe peaks were found in soil-bag treated rice root. The cause for Si/Fe rising of soil-bag treatment and its role on correcting the physiological disease were discussed.

Key words Soil-bag hydroponic culture; Rice oranging physiological disease; Red soil; Si; Fe; Electron probe