

不同基因型水稻根际硅、铁、锰的分布状况及其与植株抗渍性的关系*

廖海秋 施卫明 曹志洪

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘 要

本文研究了抗渍性强弱不同的水稻品种在渍水还原条件下的生长情况及其与根际Si、Fe、Mn等元素的分布状况的关系。结果表明,不同基因型水稻对铁、锰毒害的耐(抗)性存在明显差异,表现为远诱1号>科长89-113>科长89-112。水溶态Si、Fe在根际土壤中的含量显著低于非根际土,而无定形态Fe、Mn含量则呈根际高于非根际土的趋势。从植物基因型来看,远诱1号根际水溶态和无定形态Si、Fe、Mn均明显高于其他两个品种,这可能与各自的根系氧化力有关,而与抗渍性强弱没有直接联系。

关键词 不同基因型水稻;根系氧化力;抗渍性

我国南方地区分布着一部分潜育性较强的水稻土,由于排水不良,土壤氧化还原电位很低,导致铁、锰离子浓度过高影响到水稻的生长。在新垦的红壤性水稻土壤经常发生水稻苗叶片黄化,根系黑死的病症。有人认为主要是由于土壤理化性质较差,淹水后土壤亚铁、亚锰离子浓度过高,导致植物中毒^[1],也有认为土壤活性硅水平低是导致植株生长不良的直接原因,施硅肥能减轻植株黄化病症^[2-4]。淹水条件下水稻根际硅、铁、锰的化学行为及其与水稻生长的关系曾有些报道^[4-5],但是,硅、铁、锰在根际的有效性变化与水稻基因型差异的关系尚不清楚。为了深入地了解淹水土壤中硅、铁、锰元素间相互作用及其与水稻生长的关系,本试验研究了抗渍能力不同的三种水稻根际Si、Fe、Mn分布状况与植株生长之间的关系。

1 材料和方法

1.1 供试土壤

采自江西鹰潭第四纪母质发育的新垦红壤性水稻土。土质:粘土;pH5.27;Si、Fe、Mn含量分别为294、732、5.0 $\mu\text{g/g}$ 土。

1.2 供试作物

选取抗渍能力不同的三种水稻品种:远诱1号、科长89-113和科长89-112,分别代表抗性强、中等和弱三种水平。

1.3 根际土壤的制备

用300目尼龙网围成长5cm,宽2cm,深15cm的根袋,土壤磨细过20目筛后均匀混

* 中国科学院南京土壤研究所土壤圈物质循环开放性实验室基金和国家自然科学基金资助项目(39370067)。水稻种子由中国科学院长沙现代化研究所李达模研究员赠送,特此致谢。

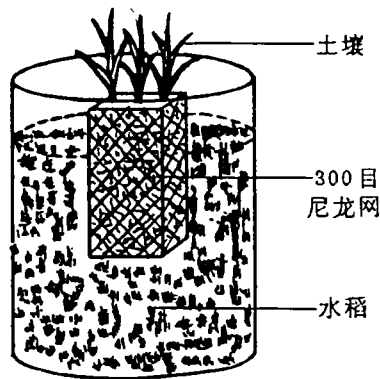


图 1 根际模拟示意图

入肥料(每kg土壤加N、P、K各100mg),再充分混匀后过 20 目筛。每一根袋内装入 150g 土壤,随即埋入装有 2kg 同样土壤的盆钵中。水稻种子在恒温箱内催芽,待胚芽长到 0.5cm 后点播于根袋中,每袋为 12 株苗,加满水后在温室中生长(图 1)。间苗后保留 8 株。隔天测一次氧化还原电位,待生长 40 天后收获植株地上部,取根袋土(作根际土)及非根际土壤分别测定 Si、Fe、Mn、K 含量。

样品的分析按《土壤农业化学常规分析》中的有关方法进行,无定形氧化态铁、锰、硅用 pH3.2 草酸、草酸铵在黑暗中提取。

2 结果与讨论

2.1 渍水条件下不同基因型水稻的生长情况

新垦红壤性水稻土淹水培育 2 周后处于强度还原状况,水面上可见锈斑,种植的水稻植株下部叶片出现褐色斑点,老叶黄化、根系发黑,似铁锰中毒的症状。在不同水稻品种之间对该逆境胁迫的耐性存在一定的差异,表现为出现中毒症状的先后有所不同。科长 89-112 最先出现中毒症状,而远诱 1 号最迟,科长 89-113 居中。这一点与它们抗渍性能力强弱相一致。随着种植天数增加,土壤还原状况加剧,三种水稻品种叶片上均出现了上述中毒症状。

2.2 不同基因型水稻根际 Si、Fe、Mn 的形态变化

从水溶态 Si、Fe、Mn 的分布状况(表 1)来看,根际 Si、Fe 浓度极显著地低于非根际土壤,两者相差达几倍至几十倍。水溶态 Mn 含量变化不大。在不同水稻品种之间水溶态 Si、Fe 含量都表现为远诱 1 号>科长 89-113>科长 89-112,与它们耐渍能力强弱的顺序相一致。水溶态钾在水稻根际有富集的倾向,富集率分别为远诱 1 号 117%,科长 89-113 103%,科长 89-112 126%。这一点与旱作根际钾素大都为亏缺状态的情况正相反。钾在水稻根际呈富集趋势的原因可能有 2 个,一是在淹水条件下钾在土壤中的扩散系数增大,从土体向根表面的移动加快,向根际的供应量增加。二是在强还原状况下,植物根系吸钾过程受到某种程度的抑制,导致钾从根际向植株体内的转运减少,结果表现为钾在根际的积累。草

酸、草酸铵提取的无定形Si在根际与非根际之间差异不大(表 1),而根际草酸、草酸铵提取态铁的含量则显著地高于非根际土,这在远诱 1 号和科长 89-113 的根际尤为明显,累积率可达 60-89%。从草酸、草酸铵提取态锰的结果来看,在抗渍能力较强和中等的水稻品种根际均有较明显的积累;而抗性较弱的科长 89-112 根际则相反,草酸、草酸铵提取态锰的含量明显低于非根际土。

表 1 不同基因型水稻根际土壤 Si、Fe、Mn、K 含量(μg / g)

植物	Si		Fe		Mn		K ₂ O
	水*	草**	水*	草**	水*	草**	
远诱 1 号	25.3	264	7.5	2443	0.6	11.3	308
科长 89-113	17.2	259	5.6	2782	1.0	12.7	273
科长 89-112	8.1	226	1.6	1626	0.6	4.7	333
空白(非根际)	248	269	40.0	1470	0.4	7.5	264

*水溶态; **草酸铵提取态。

2.3 水稻根际 pH 状况和植株养分吸收量的变化

根际 pH 与土壤养分尤其是 P 等的有效性有很密切的关系, 从而影响到植物抗渍能力。从根际土壤 pH 状况来看(表 2), 根际 pH 值有略低于非根际的趋势, 两者相差 0.2—0.5 个单位。抗性弱的品种根际 pH 略低于其他品种, 但差异不明显。由此可见, 根际 pH 状况与作物抗渍性之间的联系不密切。

表 2 不同基因型水稻根际 pH 和植株养分吸收量的变化

	pH	地上部干物重 (g/盆)	根干物重 (g/盆)	SiO ₂ (g/kg)	Fe (μg/g)	Mn (μg/g)	K ₂ O (g/kg)
远诱 1 号	5.2	2.4	0.55	60.2	325	207	30
科长 89-113	5.3	3.3	0.72	45.8	382	140	31
科长 89-112	5.0	2.4	0.72	55.3	223	421	30
空白(非根际)	5.5						

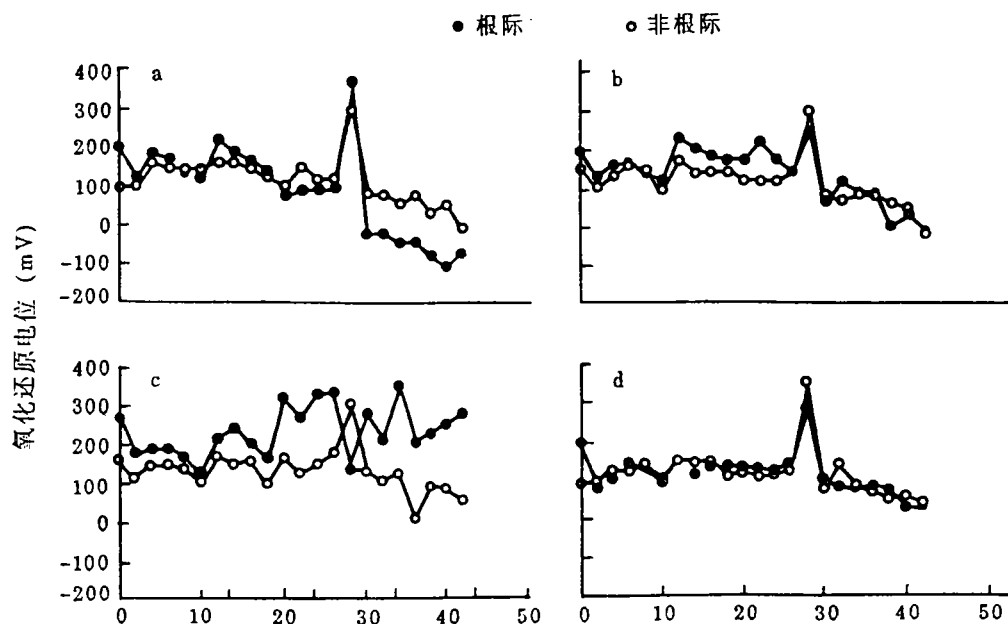
从植物总生物量来看, 虽然在潜育逆境下生长 40 天后植株表现出明显的生理病状, 但对植株干物质积累的影响尚未充分表现出来, 各品种之间的茎叶和根的干物质量都比较接近, 科长 89-113 品种的生物量略高些。从植株 Si、Fe、Mn 含量(表 2)看出, 抗性强的远诱 1 号植物 Si 含量要高于抗性中等和抗性弱的品种, 其中抗性中等的科长 89-113 硅含量最低。这说明, 植物含硅量与其抗亚铁、亚锰毒害之间没有关系。这与廖宗文^[2]的结果不一致。该文报道, 新垦红壤性水稻土上水稻黄叶生理病的原因是植株缺硅所致。我们比较植物铁、锰含量变化后发现, 首先表现毒害症状的科长 89-112 植株地上部的铁含量反而明显低于其它两个品种, 而 Mn 的含量极高, 为其它品种的 1-2 倍。由此看来, 在本试验中植物叶片出现的黄化病症很可能是亚锰毒害所致。

2.4 不同基因型水稻根际土壤的氧化还原状况的动态变化

土壤氧化还原电位对土壤溶液中的亚铁、亚锰离子浓度有显著的作用。为了弄清根际土壤氧化还原状况与植物抗渍能力之间的关系, 我们对三种水稻品种根际的氧化还原电位进行了动态观察。结果(图 2)表明, 新垦红壤性水稻土经淹水培育 4 周后氧化还原电位降至 100mV 以下, 6 周后为 0-50mV 之间, 处于强还原状态(图 2d)。除了科长 89-112 以外, 其它水稻品种根际氧化还原电位也均随淹水时间的延长而下降, 淹水培育 7 周后, Eh 值降至 -20 到 -100mV 之间, 也处于强度还原状态。从测定结果还发现, 水稻根际氧化还原电位并非总是高于根外土体的氧化还原电位。对于远诱 1 号而言, 在淹水后 3 周内, 根际 Eh 值大于根外土体, 此后则相反(图 2a)。在科长 89-113 的根际中, Eh 值在淹水后 4 周内较非根际土的高, 4 周后则是非根际高于根际(图 2b)。可见从全生育期看, 水稻的根际并不总是处于相对氧化状况, 这一结果与 Kimura 等人的报道^[6]是一致的。科长 89-112 根际 Eh 值的动态变化情况比较特殊, 在 7 周的生长期, 根际 Eh 值变化于 130-350mV 之间, 一直明显高于非根际土, 而且在淹水 3 周后, 根际氧化还原电位显著增高, 根际与非根际 Eh 值差异越来越大。如前所述, 科长 89-112 为抗渍能力最弱的品种, 对亚铁亚锰胁迫很敏感, 而其根际的氧化还原电位则最高, 且处于中等氧化和弱还原状态, 两者之间明显不一致。

业已表明, 植物对环境胁迫存在明显的基因型差异, 反映在植物根际区域常常具有一些独特的特性, 这在植物耐磷、铁贫乏方面表现非常明显^[7,8]。植物对亚铁、亚锰毒害的耐(抗)性也存在明显的基因型差异。这种差异的生理机制可能表现为: 1, 根系有较强的泌氧

能力,从而使根际微域保持较高的氧化还原状况;2,根系对亚铁、亚锰离子有较强的排阻能力,阻碍过量离子进入细胞内部;3,植物细胞对亚铁、亚锰离子有合理的转化、区隔机制,使重要代谢酶系免遭毒害,从而表现出较高的忍耐力等。本研究的结果表明,水稻抗渍能力的强弱与其根系对根际微环境的修饰作用(包括泌酸、泌氧作用)没有直接的联系。在过量亚铁、亚锰胁迫下抗渍性最弱的科长 89-112 反而根系泌氧能力最强,而且有胁迫越强泌氧越多的现象。看来,水稻抗渍性与根系吸收利用铁、锰离子的生理过程有更密切的关系。



a: 远诱1号; b: 科长 89-113; c: 科长 89-112; d: 空白

图2 不同基因型水稻根际氧化还原电位动态

参 考 文 献

- [1] 邓铁金、丁贤茂、樊友安, 红壤新开稻田黄叶、黑根的研究, 土壤通报, 1980, 4: 22-24.
- [2] 廖宗文, 应用电子探针研究黄叶生理病的水稻根内硅和铁分布, 植物生理学报, 1989, 15(1): 52-56.
- [3] Liao, Z. W., Wang, J. L., Liu, Z. Y., Si, Fe and Mn distributions in Rice (*Oryza sativa* L.) Rhizosphere of Red Earths and Paddy Soils, Pedosphere, 1993, 3: 1-6.
- [4] 王建林、廖宗文、刘芷宇, 根际中硅、铝、铁和锰的状况与水稻生长, 应用生态学报, 1991, 2(3): 232-237.
- [5] 王建林、刘芷宇, 红壤根际中铁和铝的胁迫与水稻生长, 土壤通报, 1994, 1: 34-37.
- [6] Kimura, M., Physiology of rice plants and their rhizosphere microorganism. Proc. First Intern. Symp. on Paddy Soil Fertility. Thailand, 1988, pp 157-171.
- [7] 施卫明, 根系分泌物与养分有效性, 土壤, 1993, 25(5): 252-256.
- [8] 范晓晖, 刘芷宇, 稻、麦根系 H^+ 的分泌与介质磷水平的关系, 植物生理学报, 1991, 17(2): 125-132.