

# 水分状况对红壤母质中物质移动及 稻麦生物量的影响\*

杨林章 徐琪 熊毅

(中国科学院南京土壤研究所)

## 摘要

利用模拟土柱研究了红壤母质在淹水条件下物质的迁移规律及不同水分条件对作物生长的影响。土柱施加有机质淹水后, 矿质元素活化, 部分迁出土体。物质的累积淋溶量序列为: Fe>Ca、SiO<sub>2</sub>>K>Al、P、Mn、Mg, 日渗漏量与 Eh 是影响物质淋溶的主要因素。主组元分析表明, 淹水初期主要的土壤发生过程是矿质元素的活化与淋溶, 硅铝的相对富集及土壤养分状况的改善。铁、锰的淋溶与水分关系密切。铁、锰在表层淋离, 中下层淀积, 这同自然状况下铁锰的淋溶淀积特点是一致的。

水分是影响水稻土生态系统中物质迁移的主要因子, 同时引起土壤一系列物理化学和生物化学性质的变化<sup>[2,4,13]</sup>, 继而影响作物的生长<sup>[6,13]</sup>。本试验根据生态样块学说<sup>[10]</sup>, 以不同处理分别代表一定的生态样块, 利用模拟土柱研究红壤母质在渍水条件下土壤中物质迁移的规律, 土壤基本理化性质的变化及其与作物生长的关系。通过模拟试验, 了解不同水分状况对红壤母质的影响, 为红壤地区旱改水发展水稻生产, 合理施肥与提高生物产量提供依据。

## 一、试验设计与分析方法

模拟土柱是长 100 厘米, 直径 20 厘米的有机玻璃筒<sup>[4]</sup>。土柱的两侧开有渗漏液取样孔, 下部开孔

表 1 供试土壤的基本理化性质

Table 1 The physical-chemical properties of the experimental soil

土壤名称 Soil	pH	有机质 (%) O. M.	N (%)	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	CEC (me/100g soil)	土体主要化学组成(占烘干土%) Chemical composition (dry soil%)						
								CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>
第四纪 红色粘土	4.7	0.43	0.031	13.9	0.050	0.710	7.35	0.220	0.330	4.55	0.036	73.61	13.58	0.970

\* 本文是杨林章硕士论文的一部分, 是在导师熊毅研究员、徐琪副研究员的指导下完成的。工作中得到本所器材科、工厂、新技术室、原地化室、物理分析室、图书馆等部门同志的大力协助, 生态组全体同志给予的各种支持, 在此一并致谢。

控制日渗漏量。柱的外围用黑色油毛毡包裹,以防阳光照射产生藻类而影响试验结果。供试土壤是江西进贤的第四纪红色粘土(表1)。土壤经风干过筛后(筛孔直径约为5mm),称取一定重量的土壤装入土柱,表层为20厘米并每筒加入紫云英70克,稻草140克。试验分为5个处理(见表2)。分别控制稻季的日渗漏量及麦季的地下水位,并动态测定土壤的Eh值及pH值,测定渗漏液中各矿质元素的浓度。主要分析方法见参考文献[3]。

表2 不同水分类型的模拟土柱

Table 2 The experiment condition of modelling soil column

模拟土柱号 Model column No.	水稻土类型 Water regime type	每土柱装土 (公斤) Soil weight (kg/per column)	稻季日渗漏量 (mm/per day) Percolation of water in rice growing season	麦季控制水位 (cm) Ground water level in wheat growing season	加入有机质量(g) O. M. applied in plowed layer		加入化肥量(g) Fertilizer applied in plowed layer	
					稻草 Rice straw	紫云英 milk vetch	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>
1	侧渗	36.5	35.0 (侧渗7.0)	无水位	140.0	70.0	5.0	2.0
2	囊水	36.5	1.0	距土表 20cm	140.0	70.0	5.0	2.0
3	爽水	36.5	15.0	距土表 80cm	140.0	70.0	5.0	2.0
4	滞水	36.5	5.0	距土表 40cm	140.0	70.0	5.0	2.0
5	漏水	36.5	30.0	无水位	140.0	70.0	5.0	2.0

## 二、结果与讨论

### (一) 模拟土柱中各矿质元素的淋溶特点

1. 矿质元素的活化与淋溶 模拟土柱淹水种稻后,有机质分解,导致了氧化还原电位迅速下降,某些矿质元素活化并随下渗水淋溶。渗漏液中矿质元素组成测定表明,各土柱矿质元素的淋溶量与日渗漏量及时间均呈正相关。在各处理中铁的累积淋溶量<sup>1)</sup>最高,其次是Ca与SiO<sub>2</sub>。侧渗处理中,铁的累积淋溶量为9176毫克,而Ca与SiO<sub>2</sub>只有其一半左右;爽水处理中,铁的累积淋溶量为8000毫克左右;而囊水处理中,铁的累积淋溶量为1200毫克。各元素的淋溶量序列为:Fe > Ca、SiO<sub>2</sub> > K > P, Al, Mn, Mg。虽然各土柱之间同一元素的淋溶量相差较大,但总的淋溶趋势是一致的。日渗漏量越大,物质的累积淋溶量越多。试验还发现在后季稻生长初期,物质的淋溶加强。这是因为前季稻收获后,土柱落干,促进了矿质元素的活化与淋溶。

2. 矿质元素组成的动态变化 不少学者对淹水条件下土壤中各种矿质元素的活化与移动进行过研究<sup>[2,7,14,15,23]</sup>。尤其对铁、锰的研究较多<sup>[5,19-21,24,25]</sup>。模拟土柱淹水后,铁、锰的浓度迅速增加,同时钙和镁及钾等元素的浓度也增加,而SiO<sub>2</sub>和Al增加较少。这与后两者受Eh的影响较小,而矿物的分解作用在短期内还不够明显有关。这与某些研究者的结果是一致的<sup>[4,18]</sup>。各处理间表现为日渗漏量越小,各元素浓度越高。但淹水时间不同,各元素最高浓度出现的层位也不同。前期表层浓度较高,而中后期最高浓度出现在中下

1) 累积淋溶量指整个种稻期间物质的淋溶总量。

层(60—80厘米)。铁与锰的这一变化尤其明显(图1)。由此可见,这些元素的迁移需要一段时间,也说明矿质元素的活化与迁移主要受水分状况的影响。

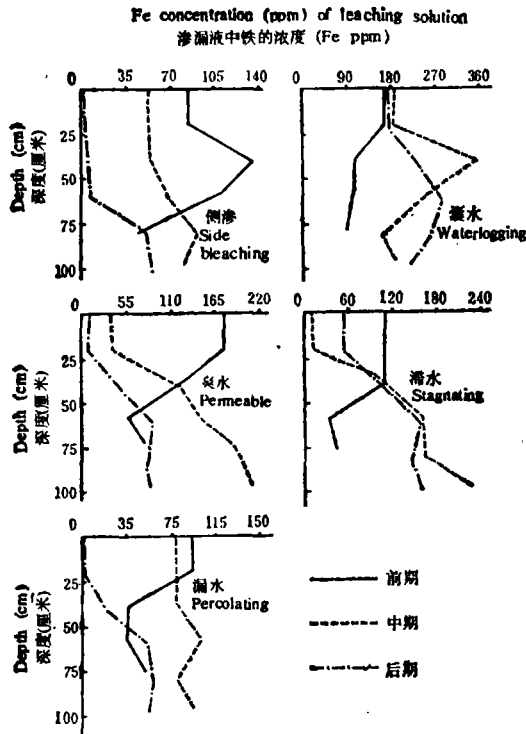


图 1-a 渗漏液中铁浓度的动态变化  
Fig. 1-a Change of Fe concentration in leaching solution

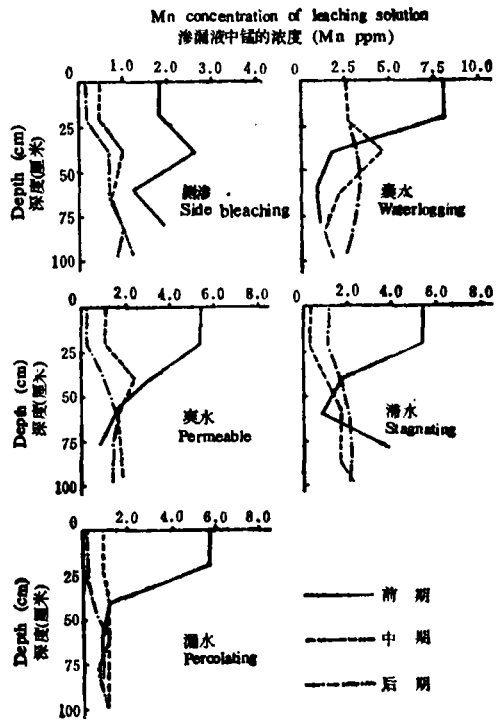


图 1-b 渗漏液中锰浓度的动态变化  
Fig. 1-b Change of Mn concentration in leaching solution

张喜群等<sup>[4]</sup>在下蜀黄土上的试验表明,淹水促进了矿质元素的活化,增加了溶液中铁与锰的浓度。与之不同的是,红壤母质溶液中铁的浓度要比下蜀黄土溶液中的高,铁的淋溶也比较强。而锰的情况则相反。因为下蜀黄土的含锰量高于红壤母质,前者为 0.065%,后者为 0.036%。游离锰及活性锰也相应较高。两者的游离铁含量无明显差异,但施加较高量的有机质促进了铁的活化,加强了铁的淋溶损失。于天仁等人的研究已证明了这一点<sup>[1-2]</sup>。

3. 矿质元素活化与相关阵建立 土壤淹水后,引起某些矿质元素浓度增加,许多土壤工作者还对浓度增加的原因进行过研究<sup>[2,4,13,24]</sup>。模拟试验的结果也证实了上述论断,且发现,溶液中各元素浓度之间具有一定的相关性。土壤溶液中  $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$  的浓度与  $Fe^{2+}$ 、 $Mn^{2+}$ 、 $K^+$  的浓度呈显著正相关 ( $r > 0.951^{**}$ ,  $n = 5$ ),  $Fe^{2+}$  与  $Mn^{2+}$  的相关性显著 ( $r = 0.997^{**}$ ,  $n = 5$ ), 说明铁、锰的活化同时发生。这些元素与  $SiO_2$ 、Al 的相关性不显著 ( $r < 0.300$ ), 而  $SiO_2$  与 Al 的相关性显著 ( $r = 0.929^*$ ,  $n = 5$ ) (见表 3)。说明铝硅酸盐矿物在水解过程中同时释放  $SiO_2$  及 Al<sup>[24]</sup>。各矿质元素与磷呈负相关。这与张喜群等<sup>[4]</sup>在黄棕壤上的试验结果不一致,可能是由于部分磷被专性吸附或与部分阳离

子形成难溶性化合物的缘故。

表 3 各元素、有机质、全氮的相关阵 ( $n = 50$ )

Table 3 Correlation matrix of elements and organic matter and total nitrogen in soil column

	Ca	Al	P	SiO <sub>2</sub>	Fe	Mn	Mg	K	O. M.	N
Ca	1									
Al	0.173	1								
P	-0.320	-0.622	1							
SiO <sub>2</sub>	0.408	0.929	-0.787	1						
Fe	0.970	0.139	-0.111	0.320	1					
Mn	0.979	0.112	-0.139	0.300	0.997	1				
Mg	0.981	0.212	-0.210	0.387	0.991	0.994	1			
K	0.942	0.310	-0.164	0.444	0.981	0.972	0.985	1		
O. M.	0.888	0.141	-0.192	0.406	0.887	0.865	0.849	0.843	1	
N	0.598	0.629	-0.732	0.867	0.488	0.465	0.509	0.522	0.727	1

4. 主组元的土壤发生学意义及指标分类 上述相关分析表明, 矿质元素活化与淋溶有一定的相关性。为了进一步阐明其对土壤发生过程的影响, 采用了主组元分析。表 4、5 是各主组元的贡献率及相应主组元的正规化特征向量。

表 4 指标相关阵前三个主组元的贡献率

Table 4 Variances of the 1st, 2nd and 3rd principal components

主组元	特征值( $\lambda$ ) Eigenvalues	贡献率(%) Percentage of variance	累积贡献率(%) Accumulated variances
1	5.391	53.9	53.9
2	2.407	24.1	78.0
3	1.951	19.5	97.5

第一主组元的土壤发生学意义是土壤淹水后矿质元素活化与淋溶的量度。各指标对第一主组元均有较大的负向负荷, 说明各矿质元素淹水后活化, 同时随下渗水淋溶。而以 Ca、Fe 的负荷较大, 说明这些元素的活化与淋溶较强。磷对第一主组元是正向负荷, 说明在活化的同时, 存在着磷的相对富集。可能是磷被吸附或形成磷化合物沉淀之故。有机质、全氮对第一主组元也是负向负荷, 说明淹水初期大量有机质分解, 氮素随之释放。

第二主组元的土壤发生学意义是在各矿质元素活化、淋溶的前提下, Ca 的累积与 SiO<sub>2</sub>、Al 活化的量度。淹水中期, 由于灌溉水中 Ca<sup>2+</sup> 较多, 在土壤中是累积的, 而 SiO<sub>2</sub> 及 Al 则由于溶铁作用与一些无定形矿物以及铝硅酸盐矿物的分解而增加了其活化度<sup>[2,9,11,16-18]</sup>。

第三主组元的土壤发生学意义是在各矿质元素活化与富集的前提下, Fe 与 Mn 的继续活化以及 SiO<sub>2</sub> 及 Al 的相对富集。这一方面是溶铁作用使土壤中部分含铁矿物分解,

表 5 前三个主组元的正规化特征向量

Table 5 Eigenvectors of the 1st, 2nd and 3rd principal components

指 标	主 组 元	1	2	3
1. Ca		-0.439	+0.818	+0.334
2. Al		-0.237	-0.334	+0.401
3. P		+0.245	+0.249	-0.269
4. SiO <sub>2</sub>		-0.334	-0.301	+0.359
5. Fe		-0.253	-0.058	-0.327
6. Mn		-0.250	-0.050	-0.324
7. Mg		-0.265	-0.085	-0.273
8. K		-0.268	-0.114	-0.255
9. O. M.		-0.404	+0.081	-0.405
10. N		-0.385	-0.185	+0.105
正向指标 组 合		磷	钙、磷	钙、铝、SiO <sub>2</sub>
负向指标 组 合		钙、铝、SiO <sub>2</sub> 、铁、锰、镁、 钾、有机质、全N	铝、SiO <sub>2</sub>	铁、锰

铁、锰含量下降, SiO<sub>2</sub> 及 Al 则相对富集。另一方面可能是矿物分解过程中释放的部分硅发生了再沉淀<sup>[11,18]</sup>。

由此可见,第四纪红色粘土在淹水初期,主要的土壤发生学过程是矿质元素的活化、淋溶与硅、铝的相对富集以及土壤养分状况的改善。

根据特征值与特征向量可以构成因子载荷阵。若以不同的载荷向量  $B_{12}$  和  $B_{11}$  作纵横坐标,可以构成二维平面图。性质相似的指标点将相互聚集,而性质不同的点将彼此远离<sup>[6]</sup>。图 2 是模拟土柱前两个主组元的因子载荷量图。从图上可见,Fe、Mn、Mg、K 的点相互聚集,说明它们的活化程度大致相当,划为一类。而 SiO<sub>2</sub> 与 Al 的性质也较接近,为一类。Ca 与 P 分别单独为一类。说明不同的因子在土壤形成过程中的作用有异有同。这与前面的分析结果一致。

5. 影响矿质元素淋溶的因素 在淹水种稻期间,模拟土柱中各矿质元素的淋溶除受水分影响外,主要还受土壤 Eh 及 pH 的影响。

(1) 土壤 Eh 值的动态变化。水稻土中最明显的物理化学变化是氧化还原状况的周期性变化<sup>[2,12]</sup>。模拟土柱由于加入大量的新鲜有机物质,淹水初期有机质分解,Eh 值迅速降低至 -100mV 左右。随着时间的延长,易分解有机质逐渐分解,同时渗漏水带人的

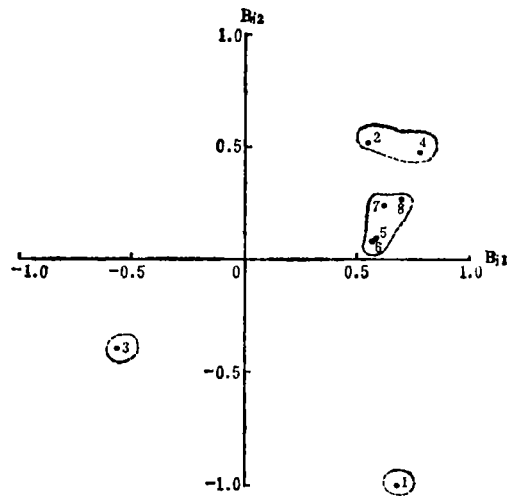


图 2 模拟土柱 8 项指标按第 1、2 主组元的因子载荷量  $B_{11}$  和  $B_{12}$  的分类

Fig. 2 Classification of 8 elements based on load eigenvectors

氧气也逐渐增加, Eh 回升至 160mV 左右。这一阶段持续约一个月左右, Eh 值继续上升至 340 mV 左右 (图 3)。各处理的差异表现为日渗漏量少的处理, Eh 值较低。处理 2、4 的 Eh 值低于处理 1、3、5 的 Eh 值。但曲线表现的 Eh 值的变化趋势是一致的。由此可见,在模拟试验中,虽然不同的水分状况影响 Eh 值的动态变化,但 Eh 值的变化主要受土壤有机物质含量及其分解状况的影响。

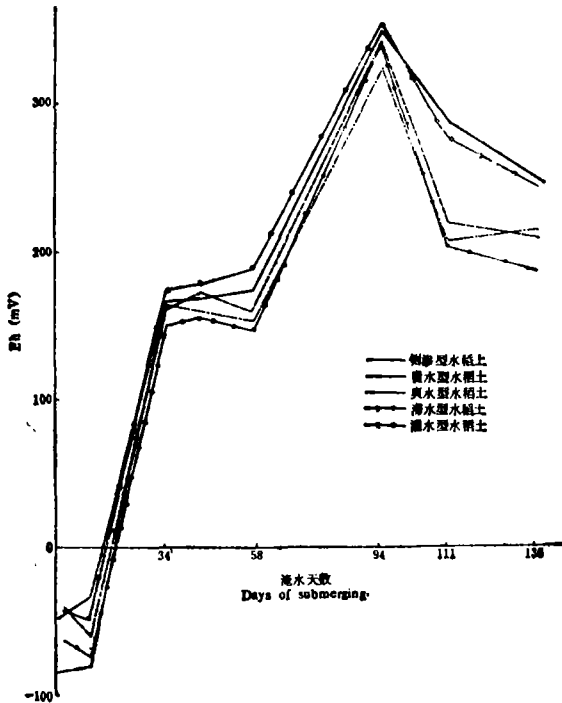


图 3 土柱中 Eh 值的动态变化

Fig. 3 Change of Eh value in soil column

(2) 土壤 pH 值的变化。淹水土壤中, pH 值一般向中性发展,并随时间的延长,酸性土壤的 pH 值随之升高<sup>[14]</sup>。供试土壤的 pH 值在 4.6 左右,经淹水种稻后, pH 值升高且以表层变化较大 (图 4)。铁、锰的活化与含氮化合物的分解以及灌溉水带入的盐基离子增加,提高了土壤的 pH 值。表层以下各层的 pH 值也相应提高,但变化较小。各处理相互比较可见,日渗漏量越大, pH 值变化越明显,且上升的幅度也越大。由图 4 可看出,在淹水 90 天左右, pH 值下降。这时正是前季稻收获后,因土柱表层落干而引起的。麦季与稻季比较 pH 值下降 (pH 约为 5.0)。表明回旱后 pH 值又接近供试土样。当然经过长期种稻后, pH 值方可趋向于中性。

多元回归分析的结果表明,渗漏液中元素的浓度与日渗漏量 ( $x_1$ ) 呈负相关,即日渗漏量越小,浓度越高,淋溶越少。与 Eh 值 ( $x_2$ ) 也呈负相关,说明在 Eh 值较低时有利于矿质元素的活化。但元素浓度一般与 pH 值 ( $x_3$ ) 呈正相关,即土壤接近中性,元素浓度增加。(表 6)。

由复相关系数 R 可见, Ca、Mg 特别是 Fe、Mn 的回归效果比较理想。说明铁、锰

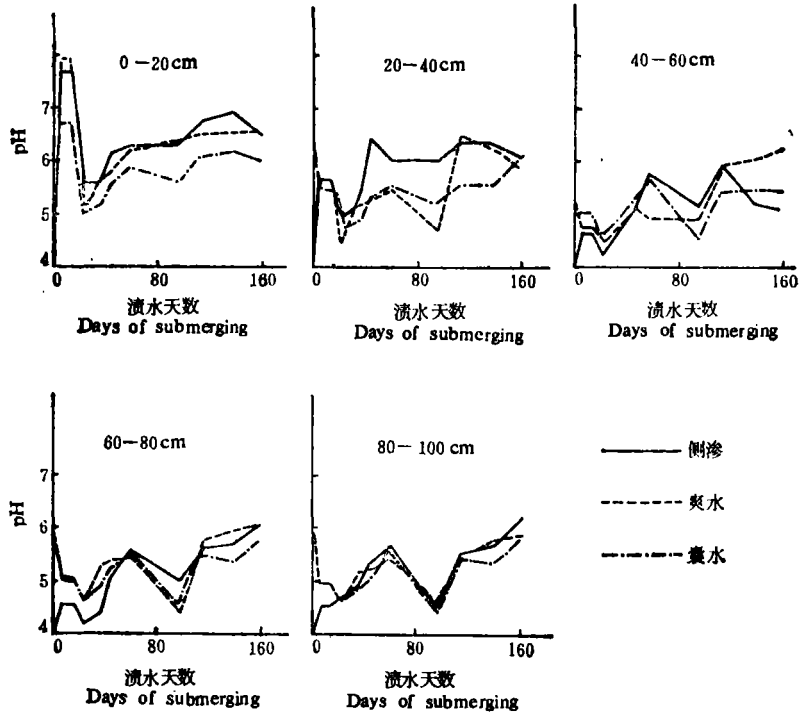


图 4 土柱各层 pH 值的动态变化

Fig. 4 Change of pH value in soil column in different depth (cm)

表 6 土柱中矿质元素浓度与日渗漏量、Eh 值、pH 值的相互关系

Table 6 Relations among the element concentration and percolation of water, Eh and pH value

	回归方程 Regression equation	R	n	F 检验
淹水前期	$y_{Ca} = 8.133 - 0.438x_1 - 0.169x_2 + 2.769x_3$	0.9887	10	**
	$y_{Al} = -225.63 + 0.453x_1 - 0.602x_2 + 39.00x_3$	0.9113	10	**
	$y_p = -2.557 + 0.0029x_1 - 0.0047x_2 + 0.499x_3$	0.9509	10	**
	$y_{SiO_2} = -165.63 + 0.657x_1 - 1.272x_2 + 22.19x_3$	0.7766	10	
	$y_{Fe} = -359.70 - 0.797x_1 - 1.538x_2 + 83.513x_3$	0.9302	10	**
	$y_{Mn} = 0.605 - 0.046x_1 - 0.013x_2 + 0.317x_3$	0.9606	10	**
	$y_{Mg} = 22.02 - 0.101x_1 - 0.0619x_2 - 3.371x_3$	0.9104	10	*
	$y_K = 14.62 - 0.212x_1 - 0.056x_2 - 0.097x_3$	0.8717	10	*
淹水后期	$y_{Ca} = -93.45 - 0.189x_1 - 0.067x_2 + 29.51x_3$	0.8335	10	
	$y_{Al} = 14.49 + 0.027x_1 + 0.014x_2 - 1.865x_3$	0.3908	10	
	$y_p = -0.202 - 0.014x_1 + 0.004x_2 + 0.013x_3$	0.6603	10	
	$y_{SiO_2} = -165.12 + 0.144x_1 - 0.029x_2 + 40.778x_3$	0.8564	10	*
	$y_{Fe} = 88.55 - 4.676x_1 - 0.182x_2 + 28.92x_3$	0.9007	10	*
	$y_{Mn} = 2.01 - 0.051x_1 - 0.002x_2 + 0.173x_3$	0.9047	10	*
	$y_{Mg} = 2.436 - 0.057x_1 - 0.008x_2 + 0.987x_3$	0.8281	10	
	$y_K = 6.909 - 0.053x_1 - 0.004x_2 - 0.255x_3$	0.8105	10	

注：\*表示显著；\*\*表示极显著。

的活化与淋失受这三个因子的影响较大<sup>[2,4,11]</sup>。而  $\text{SiO}_2$ 、Al 与 P 的回归效果不显著,说明它们受三个因子的影响较小。当然这些元素的活化并不完全受上述因子的控制,其机理是比较复杂的。

## (二) 土壤化学性质的变化

1. 铁锰的剖面分异 在氧化还原作用的影响下,水田土壤中易还原性物质,特别是铁、锰必然在剖面中分异<sup>[1,4,12]</sup>。也有人把它们作为水稻土发育的指标之一<sup>[2,22]</sup>。模拟试验的结果(表 7)表明,土柱中游离铁在表层均处于淋溶状态,在其下诸层均处于淀积状态。虽然各土柱中的淀积程度并不完全相同,但其趋势是日渗漏量越大,淋溶淀积现象越明显。除侧渗处理外,土柱中活性铁均处于累积态,是因为有机质促进了铁的活化与络合,同时活性铁与游离铁之间可能保持着一定的动态平衡。

表 7 模拟土柱中铁、锰的分异

Table 7 The redistribution of iron and manganese in soil column

处 理 Treatment	采样深度 (cm) Sampling depth	游离铁累积度 (%) Free Fe accumu- lation rate	活性铁累积度 (%) Active Fe accu- mulation rate	游离锰累积度 (%) Free Mn accumu- lation rate	活性锰累积度 (%) Active Mn accu- mulation rate
侧 渗	0—20	-7.06	-15.8	-16.7	-33.4
	20—40	-1.12	10.2	0	33.4
	40—60	4.83	52.8	0	66.6
	60—80	5.20	24.5	-16.7	49.6
	80—100	1.12	36.1	0	16.4
囊 水	0—20	-5.58	24.8	0	66.6
	20—40	-1.85	15.1	0	58.2
	40—60	3.35	8.67	0	66.6
	60—80	0	19.7	0	65.8
	80—100	5.58	16.6	0	82.0
爽 水	0—20	-6.69	20.3	-16.7	0
	20—40	1.12	16.2	0	50.2
	40—60	2.60	26.0	8.33	98.0
	60—80	-6.32	18.4	0	67.0
	80—100	2.97	—	0	—
滞 水	0—20	-6.32	47.9	0	113.8
	20—40	-1.86	32.4	16.7	114.6
	40—60	-2.97	32.8	16.7	72.0
	60—80	0	27.8	0	66.8
	80—100	0	37.6	0	79.0
漏 水	0—20	-6.69	9.70	-16.7	-0.4
	20—40	3.35	13.1	0	16.8
	40—60	1.49	13.3	0	83.6
	60—80	3.72	29.8	0	65.6
	80—100	4.09	44.4	0	53.6

锰在土柱中的分异也表现出了淋溶淀积的趋势。游离锰在侧渗、爽水、漏水处理中表层淋溶,下层稍有淀积;而囊水、滞水处理游离锰分异不很明显。活性锰在侧渗、爽水、



漏水处理中表现出了淋溶淀积的趋势,而囊水、滞水处理则主要是锰的活化。这说明锰的分异受水分影响较大。日渗漏量越大,表层淋溶越多,淀积的层位也较深。这与锰的淀积层低于铁的淀积层的结论是一致的<sup>[1,8]</sup>。

2. 土壤养分的变化 模拟土柱经过一年的栽培种植,土壤养分状况发生了一定的变化(表 8)。供试土壤的分析结果表明,各土柱表层土壤的有机质增加,从原来的 0.43% 增加至 1.40% 左右。这是因为表层施用了有机质之故(施用量为 210 克/筒,折合有机质含量为 3.23%,一年后的残存量为施用量的 38.5% 左右)。亚表层也略有增加,下层则变化不大。日渗漏量越小的处理,有机质分解较慢,残存量高,有机质含量高。土壤全氮、全磷、全钾均比原土壤有所增加,尤以表层显著。土壤的阳离子交换量表层高于下层,而土柱下层土壤的 CEC 似有下降趋势,可能是溶铁作用的结果<sup>[17]</sup>。

表 8 模拟土柱中养分元素的状况  
Table 8 Changes of nutrients in soil column

处理 Treatment	层 次 (cm) Sampling depth	有机质 O. M. (%)	全 氮 (%)	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	CEC (me/100g soil)
1 侧渗	20	1.34	0.072	18.6	0.073	0.82	7.26
	40	0.56	0.037	15.1	0.046	0.80	6.51
	60	0.45	0.034	13.2	0.055	0.80	6.64
	80	0.46	0.031	14.8	0.046	0.78	6.82
2 囊水	20	1.61	0.077	20.9	0.078	0.73	7.24
	40	0.56	0.039	14.4	0.057	0.80	6.55
	60	0.42	0.036	11.7	0.055	0.78	6.60
	80	0.45	0.033	13.6	0.041	0.80	6.56
3 爽水	20	1.31	0.068	19.3	0.078	0.83	7.02
	40	0.56	0.037	15.1	0.055	0.83	6.64
	60	0.43	0.056	7.7	0.092	0.81	6.48
	80	0.40	0.034	11.8	0.070	0.90	6.59
4 滞水	20	1.47	0.076	19.3	0.087	0.86	6.73
	40	0.57	0.038	15.0	0.053	0.87	6.71
	60	0.52	0.036	14.4	0.055	0.89	6.67
	80	0.38	0.029	13.1	0.046	0.84	6.54
5 漏水	20	1.34	0.076	17.6	0.082	0.90	6.76
	40	0.63	0.049	12.9	0.064	0.76	6.79
	60	0.46	0.037	12.4	0.052	0.93	6.66
	80	0.42	0.036	11.7	0.050	0.93	6.76
母质		0.43	0.031	13.9	0.050	0.71	7.35

### (三) 模拟土柱的稻麦栽培

试验结果表明(图 5),第一季水稻侧渗、爽水处理的产量较高;囊水、滞水较低。第二季水稻以囊水、滞水处理的产量较高。这是因为在淹水初期,囊水、滞水处理的 Eh 值较低,亚铁离子浓度较高,影响秧苗的正常生长。而在第二季稻时由于两者的日渗漏量小,养分淋溶损失小,养分含量高于其它处理,产量相应提高。小麦的生物产量表明,日渗漏

量过大或过小,均不利于小麦的正常生长。日渗漏量过大,养分淋失多,不能保证小麦生长所需要的养分;而日渗漏量过小,麦季地下水位高,小麦受渍害,也影响小麦的正常生长。但以三季作物总的生物产量来看,植物生长与日渗漏量之间存在着一定的关系。本试验的结果表明,适中的日渗漏量(15mm/日)与适宜的地下水位(60—80cm)对于稻麦丰产是比较理想的。

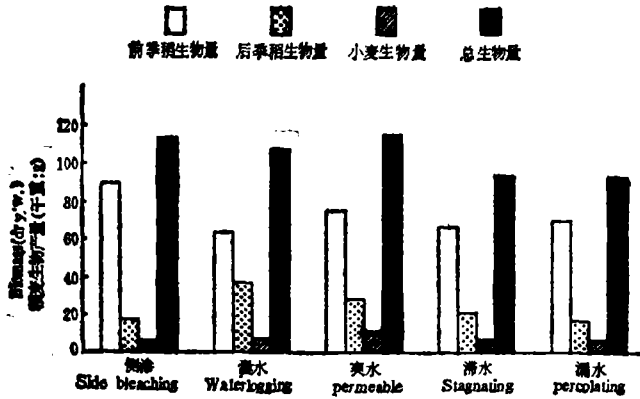


图5 模拟土柱的稻麦生物产量

Fig. 5 Biomass of rice and wheat on soil column

### 参 考 文 献

- [1] 丁昌瑛、于天仁, 1958: 水稻土中氧化还原过程的研究 IV: 红壤性水稻土中铁、锰的活动性。土壤学报, 第6卷2期, 99—107页。
- [2] 于天仁等, 1983: 水稻土的物理化学。科学出版社。
- [3] 中国科学院南京土壤研究所, 1978: 土壤理化分析。上海科学技术出版社。
- [4] 张喜群、徐琪、熊毅, 1983: 土壤水分状况对物质移动及作物生长的影响。土壤学报, 第20卷4期, 347—359页。
- [5] 何群、陈家坊、许祖诒, 1981: 土壤中氧化铁的转化及其对土壤结构的影响。土壤学报, 第18卷4期, 326—333页。
- [6] 周月华、袁剑舫, 1982: 土壤水分对大麦生长和吸收养分的影响。土壤通报, 第2期, 23—26页。
- [7] 徐琪等, 1980: 中国太湖地区水稻土。上海科学技术出版社。
- [8] 徐琪, 1979: 水稻土发生分类的研究。土壤学进展, 第5期, 1—13页。
- [9] 袁可能, 1983: 植物营养元素的土壤化学。科学出版社。
- [10] 黄瑞采, 1979: 从物质实体和生态系统来研究土壤。土壤学进展, 第3期, 1—19页。
- [11] 熊毅等, 1983: 土壤胶体, 第一册, 土壤胶体的物质基础。科学出版社。
- [12] 和田秀德, 1978: 水稻土的发生过程。土壤农化, 第2期, 16—22页。
- [13] F. N. 彭拉姆帕鲁马著(刘志光等译, 1959), 1955: 渍水土壤的化学与水稻生长的关系。科学出版社。
- [14] F. N. 彭拉姆帕鲁马, 1977: 淹水土壤的化学。土壤农化, 第3期, 1—35页。
- [15] W. H. Patrick 等, 1976: 淹水土壤中植物养分的变化。土壤农化, 第1期, 9—27页。
- [16] Brinkman R., 1978: Ferrollysis: Chemical and mineralogical aspects of soil formation in seasonally wet acid soils and some practical implication. Soils & Rice. IRRI.
- [17] Brinkman R., 1969: Ferrollysis: A hydromorphic soil forming process. Geoderma, 3: 199—206.
- [18] Brinkman R. et al, 1973: Clay decomposition in seasonally wet acid soils: Micromorphological-chemical and mineralogical evidence from individual argillans. Geoderma, 10: 259—270.
- [19] Gotoh S. & Patrick W. H., 1972: Transformation of manganese in waterlogged soil as affected by redox potential and pH. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 36: 738—742.
- [20] Gotoh S. & Patrick W. H., 1974: Transformation of iron in a waterlogged soil as influenced by redox po-

- tential and pH. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 38: 66—71.
- [21] Mandal L. N., 1961: Transformation of iron and manganese in waterlogged rice soil. *Soil Sci.*, 91: 121—126.
- [22] Motomura S. et al, 1969: Characteristics of ferrous iron forms in paddy soil with reference to development of the soil profile. *Soil Sci. and Plant Nutri.*, 15: 1—19.
- [23] Patrick W. H. et al, 1978: Chemical changes in rice soils. *Soils & Rice*. IRR1.
- [24] Ponnampetuma F. N., 1978: Electro-chemical changes in submerged soils and growth of rice. *Soils & Rice*. IRR1. 424—436.
- [25] Thind H. S., Chahal D. S., 1983: Iron-equilibrium in submerged soils as influenced by green manuring and iron application. *Journal of Agricultural Science UK*. 101(1): 207—212.

## EFFECT OF SOIL WATER CONDITION ON THE MIGRATION OF MINERAL ELEMENTS AND THE CROP GROWTH IN PADDY SOILS DERIVED FROM RED EARTH

Yang Linzhang, Xu Qi and Hseung Yi

(*Institute of soil science, Academia Sinica, Nanjing*)

### Summary

A modelling soil column experiment was made to study the influence of soil water regime on the eluviation and illuviation of mineral elements in soil and its relation to the growth of rice and wheat. The conclusions are as follows:

1. After submerging, the mineral elements were mobilized, causing an increase in concentration of these elements in soil solution, particularly in iron and manganese. The mineral elements were subject to eluviation. The amount of the elements accumulated and eluviated showed a sequence of  $Fe > Ca, SiO_2 > K > Al, P, Mn, Mg$ .

2. The liner regression equations showed that the main factors affecting the mobilization and eluviation of elements were percolation of water and soil Eh in rice growing season.

3. The results of principal component analysis revealed that the main soil genetic processes in early stage of submergence were activation and eluviation of mineral elements, relative accumulation of silica and aluminium and increase of soil nutrients.

4. Although the soil was submerged only one year, the differentiation of Fe and Mn in profile had already appeared. Fe and Mn were eluviated in surface layer, illuviated in the middle of profile.

5. The experiment results proved that water regime affected the growth of rice and wheat, the permeable soil column (water percolation during the rice growing season being about 15 mm per day, and ground water table being controlled at 70—80 cm during the wheat growing season) was favorable for the growth of rice and wheat.