

# 红壤性水稻土的形成过程特点 及其肥力演变\*

邓铁金 樊友安 周任发

(江西省红壤研究所)

## 摘 要

红壤性水稻土形成过程中,物质转化和移动是在淹水还原占优势的周期性干湿交替和氧化还原交替条件下进行的。它不仅加速有机质的积累,而且 E. H./T. H. 值和 H. A./F. A. 比值增大。复盐基作用使酸性和盐基高度不饱和的红壤,发育成为盐基饱和度相当高的红壤性水稻土。氧化还原和络合等淋移作用,导致化学元素在土体中重新分配,红壤富铝化过程减缓,有利于水稻土的培肥熟化。

土壤物理性质和剖面特征也发生相应的改变,形成具有核块状结构、胶膜和铁、锰斑淀积明显的渗积层(P层);结构改善;肥力不断提高。

上述变化与植稻年限呈正相关趋势,可把红壤性水稻土形成过程划分为雏型淹育型阶段;过渡渗育型阶段;十年左右初步形成具有水稻土基本属性的渗育型水稻土。

红壤性水稻土约占江西总水田面积的60%。近年来开垦红壤种植水稻日益增多。实践表明,它是加速红壤熟化,发展红壤丘陵地区农业生产的有效途径。为了了解红壤在早改水过程中所发生的变化及新改水稻田的增产潜力,1975年始我们于江西进贤县(本所)对红壤性水稻土形成过程及其肥力演变,进行了定位试验和定点调查研究。试验田土壤均系发育于第四纪红色粘土, pH 4.5—5.5, 盐基饱和度低,为10%左右,有机质及养分含量低,土质粘重。

试验田采用绿肥(紫云英)一早稻一晚稻连作制,淹水约210—220天,土壤长期处在还原过程占优势的干湿交替和氧化还原交替的条件<sup>[1]</sup>。试验田每年平均亩施紫云英鲜草4,000斤左右,厩肥5,000斤,早稻稻草还田200斤,晚稻稻草200斤盖紫云英,尿素50斤,钙镁磷肥100斤,氯化钾40斤,石灰早晚稻各100斤。(定点调查田块的施肥水平也基本相同)。由试验及定点调查表明,红壤性水稻土在长期灌溉、施肥等管理的影响下,产生周期性的干湿交替、氧化还原过程的交替,引起土壤中物质的淋溶与淀积,从而导致土壤的物理和化学性质发生变化。首先是耕层,逐步向下部影响,随植稻年限的延长,形成与原红壤属性本质不同的水稻土。现分述如下。

\* 先后参加此项试验研究的有丁贤茂、傅仁祥同志,理化分析由本所化验室进行。

## 一、土壤剖面形态特征的变化

红壤性水稻土形成过程中剖面形态特征发生显著的变化。其变化特征：(1)耕作层(A层)加厚、松软,质地变轻,由于有机质含量的增加及水分条件的变化,土壤颜色由原红壤的棕红色,变为灰黄色至暗灰色,并由耕层向下层扩展。(2)耕层下7—14厘米为厚的坚实层,随植稻年限的增长,形成具有层状结构的犁底层(AP层),并变得更紧实。上述二层均以淋溶为主,可归并为淋溶层。(3)渗积层(P层),则以淀积为主,此层的形成和发育与植稻年限密切相关,是红壤性水稻土形成阶段形态特征的重要标志。植稻十年后基本形成具有核块状结构,胶膜和铁锰斑明显淀积的渗积层。(4)耕层随有机质含量的增加,与有机质结合的铁逐渐增加,形成鲜艳红棕色的锈纹锈斑,有些资料称为“鳝血”<sup>[1,7]</sup>。其形成和数量,与水稻土熟化程度和肥力水平密切相关。依其形态特征,可把红壤性水稻土形成阶段划分为:雏型淹育型阶段;过渡渗育型阶段以及初度渗育型阶段。

## 二、有机质的积累和组成性质的变化

**1. 有机质的积累过程和在地体中的再分配** 红壤开垦为水田,由于种植绿肥和施用有机肥料,加速了土壤有机质的积累,随着植稻年限的延长,有机质含量不断增加,从表1可见,腐殖质总量(全碳%)随种稻熟化年限的延长而迅速提高。植稻五年后为0.76%,植稻八年的为0.95%,十年的为1.08%,植稻年限达三十年的为1.65%,分别比荒地红壤增加105.4%、156.8%、191.9%、345.9%,而耕垦三十年的红壤旱地仅为0.82%,比荒地红壤只增加121.6%,这说明在植稻条件下,腐殖质的积累比旱地快。

图1所示,由于淋移作用,随着植稻年限的增长,有机质在土体中不仅在耕层内逐年增多,而且在剖面的中下层也逐步积累。

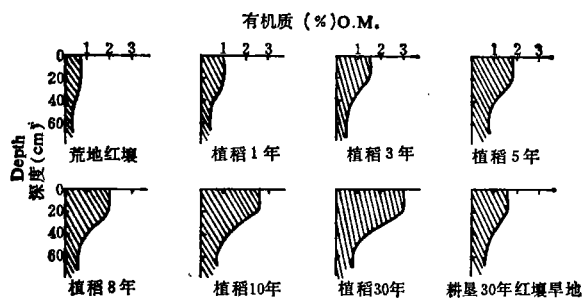


图1 红壤性水稻土形成过程中有机质在土体中的垂直分布

Fig. 1 Vertical distribution of organic matter in soil in the forming process of paddy soil derived from red earth

**2. 腐殖质的组成和特征** 由表1可见,胡敏酸/富啡酸比值随水稻土熟化程度的提高而增大,高度熟化的潜育型水稻土为1.3,渗育型水稻土平均为1.2,过渡渗育型的平均

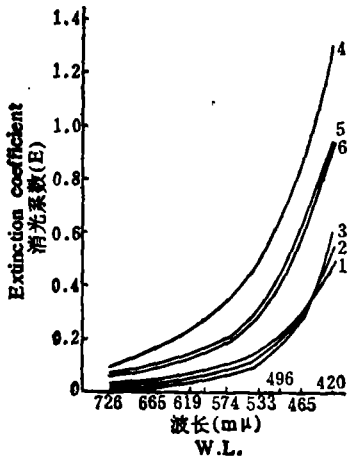
表 1 红壤性水稻土形成过程中腐殖质组成和特性的变化 (0—20cm 土层)  
 Table 1 Changes of composition and characteristics of humus in forming process of paddy soil derived from red earth (in soil depth of 0—20cm)

土 壤 Soil	耕种年限 Years of cultivation (year)	苯-醇提取物 占全C (%) Extracted by benzene-alcohol	脱钙提取物 占全C (%) Extracted by decalcified soil	胡敏酸 H. A. 占全 C (%)			富啡酸 F. A.			HA/FA	残渣占全 C (%) Residue	腐殖质 总量 (全 C%) T. H.	提取的腐 殖质量 (C%) E. H.	腐殖质的 提取率 (%) E.H./ T.H.
				I	II	总量 Total	I	II	总量 Total					
荒地红壤 Red earth (wasted land)	未垦	—	2.2	4.1	0.6	4.7	20.1	3.0	23.1	0.2	63.6	0.37	0.104	28.1
				10.0	1.7	11.7	17.7	2.6	20.3	0.6	54.7	0.87	0.280	32.2
水稻土 Paddy soil	3	1.7	1.8	9.0	1.4	10.4	16.0	2.2	18.2	0.6	58.3	0.76	0.219	28.8
	5	3.1	0.7	20.4	4.3	24.7	16.9	3.0	19.9	1.2	46.3	0.95	0.423	44.5
	8	1.5	1.0	18.3	4.9	23.2	17.6	4.1	21.7	1.1	43.4	1.08	0.484	44.8
	10	2.1	1.1	19.8	2.8	22.6	15.3	2.1	17.4	1.3	47.0	1.65	0.659	39.9
30	2.9	1.3	7.9	0.8	8.7	23.8	2.7	26.5	0.3	54.3	0.82	0.289	35.2	
红壤旱地 Red earth (upland)	30	1.4	2.3											

注: E.H./T.H. 为指提取的腐殖质量对腐殖质总量的百分比; 腐殖质组成为 M. M. Кононова 系统分析。

为 0.9, 雏型淹育型的为 0.6, 荒地红壤仅 0.2。已有资料指出<sup>[8]</sup>, 胡敏酸/富啡酸比值的大小常与胡敏酸的复杂程度呈正相关, 反映了水稻土整个腐殖物质体系较相应的旱地土壤和荒地红壤要复杂。同时, 胡敏酸相对含量明显增多, 特别是第 I 组胡敏酸占全碳量的比例增大, 荒地红壤仅 4.1%, 植稻五年为 9.0%, 八年 20.4%, 十年 18.3%, 三十年 19.8%, 是红壤性水稻土熟化度提高的重要标志。

表 1 还指出, E. H/T. H 值均随水稻土熟化程度的提高而增大, 荒地红壤为 28.1%, 植稻五年的为 28.8%, 八年的为 44.5%, 十年的为 44.8%, 三十年的为 39.9%。



1. 荒地红壤; 2. 植稻 3 年; 3. 植稻 5 年; 4. 植稻 8 年; 5. 植稻 10 年; 6. 植稻 30 年。

图 2 红壤性水稻土形成过程中胡敏酸光密度变化 (0—20cm 土层)

Fig. 2 Variation of optical density of humic acids in the forming process of paddy soil derived from red earth

图 2 所示, 红壤旱地改成水田后, 土壤中的胡敏酸光学性质也发生变化, 在雏型淹育型阶段, 胡敏酸的腐殖化程度较低, 分子结构简单, 亲水性强, 光密度小, 与荒地红壤的相似; 初度渗育型水稻土, 胡敏酸的腐殖化程度较高, 其光密度增大, 而近似于耕垦年代已久的红壤性水稻土的性质, 这与以前报道的胡敏酸光密度随熟化程度的提高而增大<sup>[4]</sup>的结果是相一致的。

### 三、土壤化学性质的变化

#### 1. 盐基饱和度的变化

酸性和盐基高度不饱和的荒地红壤, 在植稻过程中, 由于耕作施肥的影响, 使土壤中盐基组分不断增加, 逐渐形成盐基饱和度相当高的红壤性水稻土<sup>[7]</sup>。从表 2 可见, 0—20 厘米土层内, 初度熟化的雏型淹育型阶段, 盐基饱和度为 54.5—66.2%, 中度熟化的过渡渗育型阶段为 74.5%, 熟化度较高的渗育型水稻土为 76.3%, 而与耕种已久的红壤性水稻土相近似。同时, 由于盐基离子的淋溶淀积, 引

起盐基组分在土体中的再分配, 植稻年限愈长, 盐基组分愈向下层移动。例如在 20—40 厘米土层内, 荒地红壤的盐基饱和度仅 7.9%, 植稻三年后为 26.4%, 五年后为 58.1%; 40—60 厘米土层的盐基饱和度则分别为 6.4%、17.6% 和 62.9%。

表 2 还指出, 钙在复盐基过程中起着主要的作用。如 0—20 厘米土层内, 荒地红壤代换性钙的含量只有 0.61 毫克当量/100 克土, 占代换性盐基总量的 55.5%, 而不同熟化度的红壤性水稻土可增至约 7 毫克当量/100 克土, 占代换性盐基总量的 80% 左右, 钙离子亦随植稻年限的延长, 逐渐向土体下部移动, 如植稻三年后在 20—40 厘米土层内已有积聚, 五年后已明显积聚于 40—60 厘米土层中。盐基组成中, 代换性镁的增加仅次于钙, 而在土体中相对淋淀的程度和深度比钙为强。其次是代换性钾也有明显的增加; 代换性钠虽有增加, 但无明显变化规律。

**2. 氧化还原性质的变化** 已有的研究表明, 由于淹水和有机物质的嫌气分解, 耕层土壤 Eh 值显著下降, 亚铁、亚锰等还原物质明显增加<sup>[2,3]</sup>, 导致还原淋溶和络合淋移作用的加强。如高价状态时溶解度甚小的铁锰, 在淹水条件下还原并往剖面下层迁移, 在

表 2 红壤性水稻土形成过程中代换性盐基组成

Table 2 The composition of exchangeable base in forming process of paddy soil derived from red earth

土 壤 Soil	耕种年限 Years of cultivation	深度 (cm) Depth	代换量 (meq/100g) CEC	代换性盐基组成* (meq/100g soil) Exchangeable base					盐基饱和度(%) Degree of base saturation
				总量 Total	Ca	Mg	K	Na	
荒地红壤 Red earth (wasted land)	未 垦	0—20	14.5	1.07	0.61	0.23	0.13	0.1	7.5
		20—40	13.9	1.07	0.31	0.51	0.15	0.1	7.9
		40—60	15.4	0.98	0.21	0.50	0.17	0.1	6.4
水稻土 Paddy soil	3	0—20	16.3	8.95	6.48	2.0	0.32	0.15	54.4
		20—40	16.6	4.39	2.74	1.34	0.17	0.14	26.4
		40—60	13.9	2.45	1.24	0.90	0.18	0.13	17.6
	5	0—20	16.9	11.17	8.36	2.30	0.36	0.15	66.2
		20—40	14.7	8.54	6.12	2.05	0.24	0.13	58.1
		40—60	16.1	10.12	7.49	2.24	0.26	0.13	62.9
	8	0—20	13.6	10.16	8.22	1.49	0.33	0.12	74.5
		20—40	—	—	—	—	—	—	—
		40—60	—	—	—	—	—	—	—
	10	0—20	10.8	8.22	6.74	1.20	0.17	0.11	76.3
		20—40	—	—	—	—	—	—	—
		40—60	—	—	—	—	—	—	—
30	0—20	10.8	8.25	6.75	1.21	0.17	0.12	76.7	
	20—40	—	—	—	—	—	—	—	
	40—60	—	—	—	—	—	—	—	

\* 1N 中性  $\text{NH}_4\text{Ac}$  浸提, 用原子吸收光谱仪测定。

心土层经氧化作用产生淀积, 形成铁锰淀积层<sup>[1]</sup>。铁锰的还原淋溶、氧化淀积在一定范围内与水稻土的形成过程联系在一起。由表 3 可见, 由于铁的还原和淋溶的结果, 使耕层中氧化铁含量, 随新垦水田熟化程度的提高, 而比荒地红壤中的含量要低, 由荒地红壤的 7.42%, 减少到 5% 左右, 而活性铁则成相反的趋势, 这与腐殖质结合形成有机-铁质络合物有关。

表 3 还可见, 铝有下移现象, 这可能当铝与腐殖质络合, 形成有机-铝络合物时, 可沿土壤剖面向下淋移, 并随植稻年限的增长, 淋移的现象愈显著。耕层土壤中硅的含量则相

表3 红壤性水稻土形成过程中的化学性质变化

Table 3 Changes of chemical properties in forming process of paddy soil derived from red earth

土 壤 Soil	耕种年限 Years of cultivation	深度 (cm) Depth	全量(%) Total			SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		活性硅(Si)		活性铁(Fe)			活性铝(Al)		
			SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	mg/100克土	占活性部分(%)	mg/100g土	占全量(%)	占活性部分(%)	mg/100g土	占全量(%)	占活性部分(%)		
荒地红壤 Red earth (wasted land)	未垦	0-20	64.16	17.67	7.42	6.16	3.73	41.1	52.36	0.23	0.31	0.29	37.20	21.05	47.35		
		20-40	64.96	15.97	7.61	6.90	3.29	24.0	30.86	0.72	0.95	0.93	53.05	33.22	68.21		
		40-60	65.41	17.44	7.05	6.36	3.87	24.0	26.61	0.61	0.87	0.68	65.58	37.60	72.71		
水稻土	3	0-20	64.18	17.04	5.50	6.39	4.85	52.1	61.98	0.40	0.73	0.48	31.56	18.52	37.54		
		20-40	64.04	17.54	6.53	6.20	4.21	39.0	47.62	0.90	1.38	1.10	42.11	24.13	51.42		
		40-60	59.85	17.45	5.67	5.82	4.82	37.8	45.03	0.50	0.81	0.60	45.65	26.16	54.38		
Paddy soil	5	0-20	65.74	16.69	6.37	6.68	4.10	42.5	59.52	2.50	3.93	3.50	26.41	15.82	36.98		
		20-40	64.33	17.50	6.54	6.24	4.19	44.0	51.28	2.00	3.06	2.33	39.80	22.74	46.39		
		40-60	65.13	17.75	6.33	6.23	4.39	44.0	44.63	0.72	1.14	0.73	53.86	30.34	54.64		
Paddy soil	8	0-20	66.17	16.68	6.72	6.73	3.89	54.5	63.01	5.73	8.53	6.63	26.26	15.74	30.36		
		20-40	66.51	17.33	7.03	6.51	3.86	39.0	42.38	3.22	4.58	3.50	49.80	28.74	54.12		
		40-60	65.90	17.42	6.99	6.42	3.90	35.0	35.44	0.72	1.03	0.73	63.03	36.18	63.83		
Paddy soil	10	0-20	68.28	16.20	5.45	7.15	4.66	56.7	66.03	6.54	12.00	7.62	22.63	13.97	26.35		
		20-40	69.42	17.48	4.85	6.74	5.64	49.8	59.34	2.58	5.32	3.07	31.55	18.05	37.59		
		40-60	64.14	17.02	6.79	6.39	3.93	37.0	46.76	0.57	0.84	0.72	41.55	24.41	52.52		
Paddy soil	30	0-20	74.37	9.97	4.44	12.66	3.52	55.8	63.39	8.37	18.85	9.51	23.86	23.93	27.10		
		20-40	61.49	12.58	5.39	8.29	3.66	47.0	62.67	0.76	1.41	1.01	27.24	21.65	36.32		
		40-60	62.60	14.83	5.79	7.16	4.01	36.6	43.97	0.48	0.83	0.58	46.15	31.12	55.45		

注: 全量部分: Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 碱熔; SiO<sub>2</sub> 重量法; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 氟化钾取代 EDIA 容量法; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 原子吸收。活性部分: 醋酸-醋酸铵浸提。Si 硅钼蓝比色; Fe 邻啡罗啉比色; Al 氟化钾取代 EDIA 容量法。

对的增加,如荒地红壤的  $\text{SiO}_2$  含量为 64.16%, 植稻五年后为 65.74%、十年后为 68.28%、三十年后为 74.37%。荒地红壤在植稻条件下,脱硅富铝化的地质过程减弱,并转向肥力逐步提高的方向发展。

#### 四、土壤物理性质的变化

**1. 粘粒的下移** 第四纪红色粘土发育的红壤,其粘土矿物以高岭石为主<sup>[1]</sup>,质地较粘,一般为轻粘土, $< 0.01$  毫米的物理性粘粒在 60% 以上,粘粒含量在 35% 左右。开垦为水田后,由于干湿和氧化还原条件的交替,受垂直渗漏和地表水与地下水侧流的影响,耕层粘粒和物理性粘粒流失, $< 0.001$  毫米的粘粒由原荒地红壤的 41%,减少到 16—30%;物理性粘粒由 70%,减少到 47—65%。而且随植稻年限的延长,粘粒向下层淋移,深层淀积增加(图 3)。

表 4 红壤性水稻土形成过程中微团聚体组成(吸管法)

Table 4 The microaggregate composition in forming process of paddy soil derived from red earth

土 壤 Soil	耕种年限 Years of cultivation	深度 (cm) Depth	微团聚体组成(粒径 mm, %) Particle size						微团聚体 保持率 (%) 1—0.01
			1—0.25	0.25— 0.05	0.05— 0.01	0.01— 0.005	0.005— 0.001	<0.001	
荒地红壤 Red earth (wasted land)	未 垦	0—20	15.1	50.0	31.2	1.1	2.0	0.6	69.0
		20—40	13.5	45.4	38.8	1.2	1.0	0.6	63.1
		40—60	10.6	45.3	42.0	1.1	0.8	0.2	68.7
水稻土 Paddy soil	3	0—20	14.2	32.1	34.0	8.0	9.4	2.3	55.6
		20—40	15.7	41.8	31.6	9.5	0.8	0.6	65.3
		40—60	14.0	41.8	41.3	1.4	0.4	1.1	68.9
	5	0—20	13.3	38.3	33.1	7.2	5.9	2.2	59.5
		20—40	11.6	42.0	43.7	1.3	0.8	0.6	69.2
		40—60	14.0	40.6	42.9	1.3	0.8	0.4	68.1
	8	0—20	10.6	29.8	42.4	8.3	8.7	0.2	36.7
		20—40	8.1	29.7	39.8	10.0	8.6	3.8	33.4
		40—60	9.4	33.6	39.2	8.1	7.8	1.9	56.7
10	0—20	10.6	27.4	36.0	12.3	10.3	3.4	38.4	
	20—40	10.0	33.8	35.0	11.2	6.3	3.7	38.5	
	40—60	11.4	24.8	43.8	8.7	9.0	2.2	45.6	
30	0—20	1.7	31.5	47.3	11.2	6.8	1.5	44.1	
	20—40	2.8	25.8	56.0	6.8	6.7	1.9	44.9	
	40—60	2.7	25.7	49.9	10.4	9.6	1.7	43.2	

**2. 结构的变化** 从表 4 看出,红壤垦为水田后,0—20 厘米土层  $> 0.25$  厘米的水稳性团聚体比荒地红壤明显减少,这与有些研究资料是一致的<sup>[5,6]</sup>。这主要与耕种过程中由粘粒和三氧化物胶结的团聚体逐渐解体有关。但当种稻 10 年以后由于耕层土壤中有机质的明显积累, $> 0.25$  毫米的水稳性团聚体又不断增加,结构破坏率由植稻 8 年时的

表 5 红壤性水稻土形成过程中结构变化

Table 5 Changes of soil structure in forming process of paddy soil derived from red earth

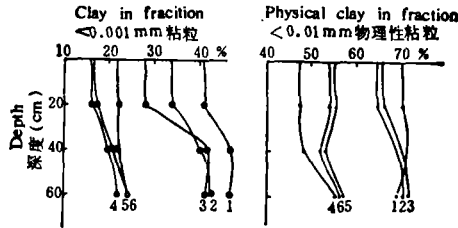
土壤 Soil	耕种年限 Years of cultivation	深度 (cm) Depth	各级团聚体含量 (mm, %) Content of different aggregates										>0.25 (mm) 湿筛 Wet sieving	结构破坏率 (%) Ratio of structural deterioration		
			>5		5-2		2-1		1-0.5		0.5-0.25				<0.25	
			干筛	湿筛	干筛	湿筛	干筛	湿筛	干筛	湿筛	干筛	湿筛			干筛	湿筛
荒地红壤 Red earth (wasted land)	未垦	0-20	80.3	74.1	7.1	5.2	2.0	3.2	3.8	8.4	2.4	2.4	4.4	6.8	93.2	2.5
水稻土 Paddy soil	3	0-20	56.1	39.2	14.0	10.8	2.4	6.8	2.8	8.4	0.6	4.8	17.8	14.1	84.1	10.2
	5	0-20	64.2	63.2	10.3	7.0	4.2	4.8	9.3	8.1	4.0	5.5	8.1	11.3	88.7	3.6
	8	0-20	69.6	20.0	16.0	4.3	3.2	6.4	3.4	20.8	0.7	7.4	6.9	41.0	59.0	36.7
	10	0-20	84.9	65.1	7.3	4.0	1.4	3.0	1.9	7.4	0.4	5.7	4.1	14.8	85.2	11.1
	30	0-20	77.4	67.6	11.4	8.0	2.3	4.1	3.4	5.0	10.2	4.3	4.5	11.0	89.0	6.8

表 6 红壤性水稻土形成过程中通气状况

Table 6 The condition of soil aeration in forming process of paddy soil derived from red earth

土壤 Soil	耕种年限 Years of cultivation	深度 (cm) Depth	容重 (g/cm <sup>3</sup> ) Volume weight	总孔隙度 (%) Total porosity	毛管孔隙度 (%) Capillary porosity	非毛管孔隙度 (%) Noncapillary porosity
荒地红壤 Red earth (wasted land)	未垦	0-7	1.36	49.1	—	—
		7-18	1.28	51.7	—	—
		18-49	1.27	52.0	—	—
		49-75	1.28	51.7	—	—
		75-95	1.30	51.1	—	—
水稻土 Paddy soil	3	0-12	1.25	52.7	45.3	7.40
		12-26	1.49	44.8	43.9	0.89
		26-34	1.31	50.7	43.0	7.72
		34-54	1.44	46.4	43.8	2.63
	5	0-14	1.13	56.7	45.7	10.96
		14-23	1.49	44.8	42.2	2.59
		23-39	1.29	51.4	43.1	8.28
		39-85	1.36	49.1	43.4	5.67
10	0-14	1.12	57.0	54.0	2.99	
	14-20	1.08	58.3	54.5	3.81	
	20-40	1.38	48.4	47.9	0.51	
	40-80	1.37	48.7	46.6	2.16	
30	0-14	1.09	57.9	51.8	6.08	
	14-19	1.56	42.5	39.5	2.98	
	19-30	1.46	45.8	43.0	2.77	
	30-60	1.50	44.5	43.4	1.06	





1. 荒地红壤; 2. 植稻 3 年; 3. 植稻 5 年; 4. 植稻 8 年; 5. 植稻 10 年; 6. 植稻 30 年。

图 3 红壤性水稻土形成过程中粘粒变化

Fig. 3 Variation of distribution of clay in the forming process of paddy soil derived from red earth

36.7%，下降到 11%（植稻 10 年）和 6.8%（植稻 30 年）（表 5）。这就不难理解，在讨论红壤结构的形成问题时，不仅要视其数量，更应重视质量。由表 4 所示的微团聚体保持率也同样反映了这点。利用初期，耕层中的微团聚体保持率是逐渐下降的，这也是粘粒和三氧化物的减少有关。但当植稻 10 年，由于有机质的逐渐积累，微团聚体的保持率又明显增加。

**3. 通气状况的变化** 表 6 指出，红壤垦为水田后，容重降低，孔隙度增加并与水稻土熟化程度呈正相关趋势，随熟化度的提高，耕层具有较协调的三相关系，大大改善了原荒地红壤粘结、紧实的状况。

### 五、土壤肥力的变化

**1. 土壤养分的变化** 表 7 指出，随水稻土熟化程度的提高，除全钾含量有减少趋势外，氮、磷养分显著增加。全氮含量由荒地红壤的 0.056% 提高到 0.129%，平均每年增加 0.007%，而且氮素的有效性提高，植稻十年内，水解氮含量平均每年增加近 10ppm；全磷含量也相应提高，全磷平均每年增加 0.005%。

**2. 土壤有机质及氮素消长状况** 图 4 示出，红壤性水稻土形成过程中，有机质、全

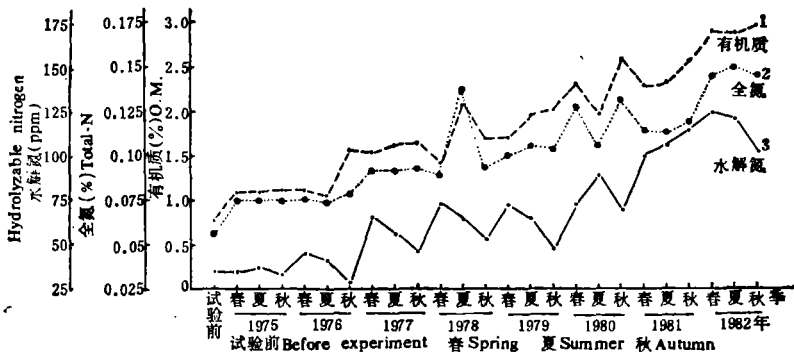


图 4 红壤性水稻土熟化过程中有机质及氮素消长状况(每季作物收获后取土 0—20cm)

Fig. 4 Fluctuation of organic matter and nitrogen in the cultivation process of paddy soil derived from red earth

表 7 红壤性水稻土形成过程中土壤养分变化

Table 7 The nutrient changes in forming process of paddy soil derived from red earth

土壤 Soil	耕种年限 Years of cultivation	深度 (cm) Depth	全氮 (%) Total N	水解氮 (ppm) Hydrolyzable	水解氮占全氮量的 % % of hydrolyza- ble in total-N	全磷 (%) Total P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	全钾 (%) Total K	
荒地红壤	未垦	0—20	0.056	34	6.1	0.035	1.16	
		20—40	0.036			0.013	1.17	
		40—60	0.028			0.009	1.16	
水稻土	1	0—20	0.066	63	9.5	0.083	1.21	
		20—40	0.049			0.068	1.31	
		40—60	0.042			0.051	1.37	
	3	0—20	0.075	69	9.2	0.083	1.12	
		20—40	0.054			0.054	0.96	
		40—60	0.043			0.047	1.01	
	5	0—20	0.101	104	10.3	0.097	0.95	
		20—40	0.065			0.058	1.01	
		40—60	0.052			0.053	0.96	
	8	0—20	0.109	138	12.7	0.097	1.27	
		20—40	0.054			0.077	1.33	
		40—60	0.046			0.075	1.59	
	10	0—20	0.129	142	11.0	0.087	1.04	
		20—40	0.072			0.064	0.95	
		40—60	0.049			0.033	1.04	
	30	0—20	0.156	190	12.2	0.089	1.03	
		20—40	0.079			0.049	0.97	
		40—60	0.059			0.036	0.92	
	红壤旱地	1	0—20	0.064	44	6.9	0.043	1.42
			20—40	0.049			0.043	1.33
			40—60	0.041			0.037	1.25
		30	0—20	0.085	72	8.5	0.061	1.03
			20—40	0.063			0.046	0.98
			40—60	0.051			0.037	0.97

注: 全 N, 凯氏法; 全 K, 酸溶、火焰光度计法; 水解氮, 碱解、扩散法; 全 P, 酸溶——抗坏血酸还原法。pH = 8.5 (浸提)。

氮、水解氮三者年周期积累, 均随植稻年限延长而增加。其年周期消长, 有机质与全氮含量, 一般为春季紫云英翻沤前最低, 早稻期回升, 晚稻出现积累高峰, 这可能与早稻以紫云英绿肥为主要肥源, 其质嫩分解快, 厩肥重点施用于晚稻, 又有早稻稻草返田, 纤维素多, 分解慢积累多有关, 春季绿肥期间有机质为年周期的最低限, 可能与冬干, 好气条件下有机物分解快, 和紫云英旺盛生长, 根瘤菌固氮消耗碳源有关。水解氮变化呈相反的趋势, 以绿肥生长期出现高峰, 早、晚稻生长期依次下降, 这无疑与紫云英根瘤菌固定氮素补充土壤和水稻生长期耗氮多有关。

3. 土壤的生产性能 一般情况下, 土壤的生产性能与熟化程度密切相关。图 5 所

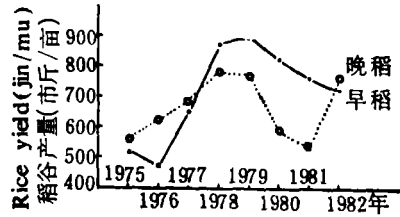


图 5 红壤性水稻土熟化过程中产量变化

Fig. 5 Variation of rice yield in the cultivation process of paddy soil derived from red earth

示,据定位试验,稻谷产量与红壤性水稻土熟化度呈正相关的趋势。相同土壤管理施肥条件下,“生土活化”初度熟化堆型淹育型阶段,全年稻谷亩产在 1000—1300 斤;“活土变肥”中度熟化渗育型阶段,全年稻谷亩产稳定在 1400 斤左右,最高达 1672.5 斤。据多点调查资料统计,亦表现与上述一致的趋势,植稻 3—5 年初度熟化,年稻谷亩产 1000 斤左右,8—10 年以上,中度熟化稳定在 1000—1300 斤以上。可见,肥力低的红壤,开垦植稻在良好的土壤管理条件下,可以培育成“良土”,使土壤肥力和生产能力不断提高。

## 参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所编,1978:《中国土壤》255—259 页、465—471 页,科学出版社。
- [2] 于天仁,1982:水稻土的发生和类型。土壤 14 卷 2 期,41—45 页。
- [3] 邓铁金等,1980:红壤新开稻田黄叶黑根的研究。土壤通报,第 4 期 22—24 页。
- [4] 林明海等,1982:不同熟化度红壤及红壤性水稻土的腐殖质组成及其特性。土壤学报,19 卷 3 期,237—246 页。
- [5] 姚贤良、于德芬,1962:赣中丘陵地区红壤性水稻土的结构状况及其肥力意义。土壤学报,10 卷 3 期,267—286 页。
- [6] 姚贤良、于德芬,1964:赣中丘陵地区红壤及红壤性水稻土的胶结物质及其与土壤结构形成的关系。土壤学报,12 卷 1 期,43—51 页。
- [7] 曹开庚,1964:江西地区红壤性水稻土形成的特点。土壤学报,12 卷 2 期,155—162 页。
- [8] 彭福泉、吴介华,1965:水稻土的腐殖质组成。土壤学报,13 卷 2 期,208—214 页。

## CHARACTERS OF PADDY SOIL DERIVED FROM RED EARTH IN FORMING PROCESS AND ITS FERTILITY EVOLUTION

Deng Tiejin, Fan Youan and Zhou Renfa  
(*Institute of Red Earth, Jiangxi Province*)

### Summary

In the forming process of paddy soil derived from red earth, transformation and movement of matter are proceeded under the conditions of oxidation-reduction and periodical alternation of drying and wetting in which the submerging reduction is dominant. The condition not only promote the accumulation of organic matter, but also the ratios of E.H./T.H. and H.A./F.A.. The reaccumulation of bases can make the acid and base-unsaturated red earth develop into paddy soil derived from red earth with very high degree of base saturation.

The eluviation process induced by oxidation-reduction and complexation result in redistribution of chemical elements in solum and alleviate the allitic process of red earth, which are favorable for maturation and fertility promotion of paddy soil.

The soil physical properties and characters of soil profiles are also changed due to the conditions mentioned above. The percosubmergic horizon with cloddy structure, coatings and the obvious illuviation of Fe and Mg is formed. Soil structure and fertility are improved.

The changes mentioned above are positively related to the years of planting rice. The forming process of paddy soil derived from red earth could be divided into two stages, i.e. the stage of embryonic pattern due to submerged condition and the stage of transitional pattern due to perco-genetic process.

The perco-genetic paddy soil with basic characteristics of paddy soil can be formed preliminarily in ten years.