

# 二滩水电站移民安置区土壤肥力 特征的研究\*

魏朝富 高明 车福才 屈明 杨剑虹 谢德体

(西南农业大学资源环境学院, 重庆 400716)

**摘 要** 对二滩水电站红格移民安置区新垦地的土壤肥力进行了较为系统的研究。研究表明,与当地土壤肥力水平相对较高的菜园土和水稻土相比较,红格移民安置区新垦地土壤有机质含量极低为 4.08~4.39g/kg,腐殖质仅占有机质含量的 3.73%~7.15%,微生物数量少;土壤粗骨性强, < 0.01mm 土壤物理性粘粒的团聚度仅为 10.4%~28.9%,土粒分散性强,水土流失严重;土壤保水性弱,水分蒸发损失大,土壤干旱较其他区域土壤更为严重;各种养分包括全 N、P、K 和有效 N、P、K,微量元素 B、Mo、Cu、Zn、Fe、Mn 缺乏或严重缺乏。以土壤培肥和节水、抗旱为核心的高产高效综合农业技术的应用是二滩水电站红格移民安置区移民稳定安置的基本保障。

**关键词** 土壤肥力,土壤培肥,土壤抗旱性能,移民安置区

**中图分类号** S158

二滩水电站是四川攀西地区的主要能源基地建设项目,是我国除三峡水电站外目前正在建的装机规模较大(33 万 kW)的水电站,也是利用世界银行贷款进行国际招标建设的大型水电站。库区移民的顺利安置是二滩水电站建设项目的最基本前提。

研究二滩水电站移民集中安置区土壤的肥力特征和低产田土的障碍因子,提出土壤改良培肥及高产高效技术,对稳定移民生产生活,实现移民能搬得进去、安得稳定、富得起来的目标,促进攀西地区农业向深度发展以及区域性经济的开发均具有重要意义。

## 1 研究材料与方法

### 1.1 试验研究区概况

四川省攀枝花市盐边县二滩水电站红格移民安置区,已开垦耕地 760hm<sup>2</sup>,其中水田 370hm<sup>2</sup>,旱地 390hm<sup>2</sup>,规划安置移民 7000 人。该地位于东经 101°52',北纬 26°32',属攀西地区山地峡谷区内相对平缓的河谷丘陵地带,海拔 1150~1440m,为典型的南亚热带高原干热河谷气候,全年≥10℃的总日数 356 天,总积温 7359℃,年日照时数为 2709h,总辐射量为 638.5kJ/cm<sup>2</sup>,全年光合有效辐射量为 301.95kJ/cm<sup>2</sup>,其中气温≥10℃期间的的光合有效辐射量占 99.6%,作物生产潜力大,只要水、肥条件满足,各种粮食作物、经

\* 四川省移民办农业开发重点项目“二滩水电站红格移民安置区土壤培肥及高产高效技术研究与应用”的一部分。

收稿日期:1999-06-30;收到修改稿日期:1999-11-15

济作物以及水果的产量和经济效益在四川省乃至西南地区都是最高的<sup>[1,2]</sup>。多年平均降雨量为 777mm, 年内分配极不均匀, 干、湿季节明显, 旱季(11月~翌年5月)月均降雨量不足 20mm, 蒸发量大, 空气湿度小, 季节性干旱是这个地区农业生产最主要的灾害性气候。雨季(6月~10月)降雨量占年降雨量的 86%, 以大雨、暴雨为主, 水土流失和土壤退化严重, 低产田土面积大。

成土母质是第三系昔格达组湖相沉积物( $N_{2x1}N_2$ ), 为黄色粘土岩(俗称羊肝石)、黄色砂岩及灰色页岩, 均为半水成岩, 受外力作用后易于破碎, 可以直接开垦为土地。

## 1.2 供试土壤

1997年3月对红格移民安置区土壤和邻近农耕地高肥力土壤进行了实地调查研究, 采集了不同土壤利用条件下的土壤表层混合样品8个供试验研究。新改土样品3个: 漂灰新改土(漂灰土)、砂质新改土(黄沙土)和重壤质新改土(黄泥土), 其中漂灰新改土为受先天性漂洗作用的第三系昔格达组湖相沉积物母质(岩)开垦而成的新改土, 呈灰白色。砂质和重壤质新改土均为第三系昔格达组湖相沉积物母质(岩)和少量荒地和坡瘠地表土的混合物; 一个红壤样品(红沙泥土)是第三系昔格达组湖相沉积物母质发育成的地带性土壤, 分布在低山中上部平缓丘顶, 经过一段时期的旱作熟化, 剖面为A—B—C型, 层次不太明显, 呈淡棕红—红棕色; 改土前的荒地(羊毛沙土)和坡瘠地(羊毛沙土)土壤样品各1个, 剖面发育不明显, 多为A—C型, 基本上保存着第三系昔格达组湖相沉积物母质(岩)的特性; 菜园土(黄沙泥土)和水稻土(黄沙泥田)样品为邻近地区耕种熟化时期较长、肥力水平和生产水平较高的土壤, 是新改土的培肥目标。菜园土呈浅灰黄—黄棕色, 土层比较深厚, 剖面发育不明显, 为A—Pb—P型, 以种植蔬菜为主。水稻土分布在山麓中部、中下部比较平缓、水源条件较好的地形上, 呈黄棕—黄色, 剖面为A—Pb—C型, 土壤耕种性能和通透性能均较好, 以水稻—蔬菜为主要种植形式。

## 1.3 试验方法

土壤基本性质的测定: 常规法<sup>[3,4]</sup>。

土壤水分特征曲线: 用过3mm筛孔的土壤样品, 装土容重为 $1.25\text{g}/\text{cm}^3$ , 用石英砂—高岭土吸力平板仪测定。

土壤粘粒化学组成的测定: 土壤粘粒用探针型超声波发生器(CSF—IA)超声分散, 沉降法分离。土壤粘粒的全量分析用碳酸钠碱熔法熔融<sup>[4]</sup>,  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 用重量法;  $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、用原子吸收光谱法;  $\text{K}_2\text{O}$ 用火焰光度法。

土壤微量元素有效含量的测定<sup>[3,4]</sup>: 有效硼用沸水浸提—姜黄素比色法; 有效铝用草酸—草酸铵浸提—极谱法; 有效锰用 $1\text{mol}/\text{L}$   $\text{NH}_4\text{OAc}$  浸提—原子吸收分光光度法; 有效铜和有效锌用 $0.1\text{mol}/\text{L}$   $\text{HCl}$  浸提—原子吸收分光光度法; 有效铁用DTPA浸提—原子吸收分光光度法。

土壤微生物学测定<sup>[5]</sup>: 细菌、放线菌、固氮菌和磷细菌分别用牛肉膏蛋白胨培养基、高氏一号培养基、阿须贝培养基和无机磷细菌培养基培养, 用平板涂抹法测定。

# 2 结果与讨论

## 2.1 土壤化学特性

2.1.1 土壤有机质 红格移民安置区土壤有机质含量均较低, 即使是经过一定时期熟化的红壤和坡瘠地土, 其有机质含量也只有 $6.87\text{g}/\text{kg}$ 和 $5.05\text{g}/\text{kg}$ (表1)。菜园土和水稻土有机质含量相对较高些, 可以达到 $20.0\text{g}/\text{kg}$ 以上。土壤有机质中, 土壤腐殖质所占的比例

相对较小,活性腐殖质—腐殖酸的含量,只有荒地土和坡瘠地土相对高些,可以占到土壤有机质含量的 62.72% 和 54.26%,菜园土和水稻土仅为 25.81% 和 30.85%。新改土腐殖酸所占比例更低,均在 10% 以下。土壤有机质主要是非腐殖物质——未分解或半分解的动、植物残体。这些非腐殖物质,旱季时常常脱水呈风干状态,难以转化形成土壤腐殖物质。在雨季时,气温较高,土壤微生物和酶活性强,有机质大量分解,能够形成土壤腐殖质的部分较少。因此,在典型的南亚热带高原型干热河谷气候条件下,土壤有机质的积累是非常困难和非常缓慢的,土壤有机质的主体是非腐殖物质。

不同土壤利用条件下,土壤腐殖酸中胡敏酸和富里酸的相对含量相差很大。荒地土、漂灰新改土和坡瘠地土腐殖酸中,胡敏酸的含量相对较高,富里酸的含量相对较低,尤其是荒地土和坡瘠地土 FA/HA 比值最低,反映了这两种土壤腐殖酸的更新较差,腐殖酸趋于老化。而菜园土和水稻土富里酸的含量就要高得多,约为胡敏酸的两倍左右,这是菜园土和水稻土有机质更新快的结果,其腐殖物质的活性和品质也明显地好于荒地土和坡瘠地土。这也从另一个角度说明了要提高该区土壤有机质含量,改善土壤有机质的品质,必须加快土壤有机物质的循环速度,即要增大有机物质在土壤中的投入。

表1 土壤有机质化学性质

Table 1 Chemical properties of organic matter in the soils

土壤 Soil	有机质 O.M. (g/kg)	腐殖酸 Humic acid				
		腐殖酸 Humic acid (g/kg)	占有有机质% %of O.M.	胡敏酸 HA (g/kg)	富里酸 FA (g/kg)	胡/富 FA/HA
漂灰新改土(漂灰土)	4.31	0.31	7.19	0.17	0.13	0.76
沙质新改土(黄沙土)	4.39	0.16	3.74	0.05	0.11	2.20
重壤质新改土(黄泥土)	4.08	0.21	5.01	0.08	0.12	1.50
红壤(红沙泥土)	6.87	1.16	16.88	0.32	0.83	2.59
荒地土(羊毛沙土)	14.03	8.80	62.72	6.34	2.46	0.39
坡瘠地土(羊毛沙土)	5.05	2.74	54.26	2.02	0.72	0.36
菜园土(黄沙泥土)	23.44	6.05	25.81	2.14	3.91	1.83
水稻土(黄沙泥田)	23.92	7.38	30.85	2.38	5.00	2.10

2.1.2 土壤粘粒 与四川盆地普遍分布的紫色砂泥岩母质相比<sup>[6]</sup>,分布于攀西地区的第三系昔格达组湖相沉积物母质,在形成时就经历了较强的先天性化学风化作用,原生硅酸盐矿物遭到不同程度的破坏,淋溶损失部分硅酸,粘粒富含二三氧化物,其硅铝铁率较低在 1.81~2.67 之间(表 2)。由于第三系昔格达组湖相沉积物母质中,黄色粘土岩、黄色砂岩和灰色页岩呈互层分布,三种母质常相互混合在一起,将每一岩石母质粘粒化学组成与土壤粘粒化学组成直接比较存在一定的难度。实际上,尽管土壤在相当程度上是保留了其母质的特性,但是,从粘粒的化学组成来看,土壤形成过程中,仍存在相当程度的化学风化作用。在湿热同季的气候条件下,有利于母质所含的原生矿物如长石、角闪石、云母等的化学风化作用以及粘粒矿物如水云母、蛭石、高岭石和少量蒙脱石的进一步风化,硅酸有较为明显的淋溶流失,而二三氧化物的含量有不同程度的增加,硅铝铁率、硅铝率和硅铁率均表现为不同程度下降,其中尤以红壤明显,硅铝铁率最低为 1.78,二三氧化物有较为明显富积作用。成土母质岩石粘粒 CaO、MgO 和 K<sub>2</sub>O 的含量与土壤粘粒中的含量相比,

表2 土壤粘粒的化学组成

Table 2 Chemical composition of the soil clay

土壤 Soil	土壤粘粒化学组成Chemical composition of soil clay(g/kg)						硅铝铁率Silica-sesquioxide ratio		
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
黄色粘土岩	466.2	280.5	147.8	5.7	28.2	25.1	2.11	2.82	8.43
黄色砂岩	454.9	301.0	152.6	7.2	18.7	27.5	1.94	2.57	7.92
灰色页岩	497.8	224.9	133.1	7.5	33.1	25.6	2.74	3.76	10.0
红壤(红沙泥土)	450.2	332.4	156.3	10.9	20.1	28.0	1.78	2.30	7.65
坡瘠地土(羊毛沙土)	482.1	261.0	139.8	4.3	29.6	25.6	2.34	3.13	9.17
菜园土(黄沙泥土)	454.6	300.8	141.7	12.0	25.0	21.3	1.97	2.56	8.54
水稻土(黄沙泥田)	460.5	262.9	141.8	5.2	29.8	25.3	2.21	2.97	8.64

无显著的差异。

2.1.3 土壤养分状况 第三系昔格达组湖相沉积物母岩的 pH 值在 8.70~8.86 之间,其中以砂岩的 pH 值较高。土壤 pH 值变幅为 6.60~7.80(表 3),除漂灰新改土的 pH 值为 7.80 属于碱性土的范围外,其余 7 种土壤均为中性土。土壤 CaCO<sub>3</sub>含量在 6.5~11.2g/kg,明显低于成土母质(岩)的 CaCO<sub>3</sub>含量 30~70g/kg,因此,从土壤 pH 值和 CaCO<sub>3</sub>含量来看,土壤形成过程中盐基物质的淋溶作用是相当明显的。由于土壤的风化淋溶程度不同,土壤阳离子交换量(CEC)也有明显的差异在 10.72~23.52cmol/kg,平均值为 17.11cmol/kg,它主要决定于土壤粘粒和有机质的含量( $r = 0.452, 0.694; n = 8$ ),有机质在决定该地区土壤阳离子交换量方面起了较为重要作用。因而,提高土壤阳离子交换量的关键仍然是加强土壤的熟化,提高土壤有机质含量。

表3 土壤养分状况

Table 3 Nutrient states of the soils

土壤 Soil	pH	CEC (cmol/kg)	碳酸钙 CaCO <sub>3</sub> (g/kg)	全氮 Total N (g/kg)	全磷 Total P (g/kg)	全钾 Total K (g/kg)	有效氮 Avail.N (mg/kg)	有效磷 Avail.P (mg/kg)	有效钾 Avail.K (mg/kg)
漂灰新改土(漂灰土)	7.80	10.72	11.2	0.24	0.12	15.1	36	0.9	52
沙质新改土(黄沙土)	7.50	15.69	12.6	0.19	0.55	15.1	3	0.9	27
重壤质新改土(黄泥土)	7.50	13.70	12.1	0.30	0.63	17.0	3	5.3	54
红壤(红沙泥土)	7.44	17.17	7.6	0.56	0.29	16.2	11	1.7	74
荒地土(羊毛沙土)	6.68	16.16	9.3	0.78	0.59	16.2	50	1.8	63
坡瘠地土(羊毛沙土)	6.90	20.16	6.5	0.50	0.60	15.1	11	1.9	37
菜园土(黄沙泥土)	7.16	23.52	14.2	1.37	1.12	16.9	81	25.7	130
水稻土(黄沙泥田)	6.60	19.73	10.6	1.50	0.86	15.1	105	6.6	60

移民安置区土壤养分状态相对是比较低的。全氮、全磷和全钾含量变幅分别为 0.24~1.50g/kg、0.12~1.12g/kg 和 15.1~17.0g/kg,平均值为 0.68g/kg、0.59g/kg 和 15.8g/kg。土壤全钾含量较平稳,而全氮和全磷变幅较大,在很大程度上决定于土壤有机质的含量( $r = 0.982^{**}, r = 0.771^{*}, n = 8$ ),因而,水稻土和菜园土全氮、全磷的含量相对较高,新改土相对较低。有效态氮与土壤有机质和全氮呈极显著性正相关( $r = 0.944^{**}, r = 0.921^{**}, n = 8$ ),有机质是土壤氮素肥力的主体,有效态氮含量的高低决定土壤的培

肥和熟化程度,新改土有效态氮的缺乏程度是很大的。除菜园土有效磷 25.7mg/kg 和有效钾 130mg/kg 较高外,包括水稻土在内的其余 7 种土壤均存在不同程度的缺磷和缺钾现象,但是,水稻土在淹水后 4 天,其有效磷和有效钾可分别增高到 13.1mg/kg 和 187mg/kg。

表 4 所示,8 种供试土壤微量元素,除有效铁和有效锰的含量平均值相对较高外,有效硼、钼、铜、锌的平均值均低于其植物生长的临界值<sup>[7]</sup>,其中土壤有效硼和有效钼,无论是平均含量,还是各个土壤的含量,均属于严重缺乏。有效铜只有菜园土和水稻土的含量在其临界值以上。菜园土、水稻土和荒地土有效锌的含量只是在其临界值附近。有效铁较高是其中水稻土的含量高所引起的,水稻土有效铁含量高达 51.4mg/kg,是有效铁含量最低者红壤的 65 倍,它是水稻土水稻种植期的还原条件和早作期土壤水分含量相对较高共同作用的结果。土壤发育程度和全铁含量均较高的红壤,其有效铁含量反而较低,呈现出明显的缺铁现象,实际上,除水稻土和菜园土外,其余土壤均存在不同的缺铁状况。土壤锰的情况相对较好些,但新改土的有效锰均低于其临界值。因此,红格移民安置区新改土微量元素的缺乏是非常严重的。

表 4 土壤有效微量元素含量(mg/kg)

Table 4 Contents of available trace elements in the soils

土壤 Soil	B	Mo	Cu	Zn	Fe	Mn
漂灰新改土(漂灰土)	0.032	<0.005	0.52	0.65	1.14	<0.10
沙质新改土(黄沙土)	0.018	<0.005	0.15	0.04	1.09	1.66
重壤质新改土(黄泥土)	0.010	<0.005	0.16	0.23	1.19	1.35
红壤(红沙泥土)	0.004	<0.005	0.55	0.24	0.79	2.63
荒地土(羊毛沙土)	0.040	<0.005	0.65	1.02	4.80	11.00
坡瘠地土(羊毛沙土)	0.030	<0.005	0.33	0.31	1.45	4.60
菜园土(黄沙泥土)	0.178	0.023	2.24	1.15	15.4	3.70
水稻土(黄沙泥田)	0.252	0.061	3.46	1.02	51.4	9.96
平均值	0.071		1.00	0.58	9.66	4.39 <sup>1)</sup>
临界值	0.5	0.1	1.9	1.0	5	2

1): 不包含漂灰土。

## 2.2 土壤颗粒的团聚性

供试土壤的颗粒组成相差较大,土壤质地从沙壤土至重壤土。土壤颗粒的团聚性差(表 5)。< 0.01mm 物理性粘粒发生团聚作用的不到一半,只有水稻土和菜园土 < 0.01mm 物理性粘粒团聚度相对较高些,分别为 51.9% 和 48.9%。新改土:漂灰新改土、沙质新改土和重壤质新改土 < 0.01mm 物理性粘粒的团聚度均在 30% 以下,即 < 0.01mm 物理性粘粒发生团聚转化为 > 0.01mm 团聚体的,分别只有 10.4%、27.2% 和 28.9%。< 0.001mm 粘粒的团聚性比 < 0.01mm 物理性粘粒的团聚性要高些,两者之间呈极显著性正相关( $r = 0.966^{**}$ ,  $n = 8$ )。但是,由于土壤 < 0.001mm 粘粒含量低,对土壤颗粒团聚状况的表达不如用 < 0.01mm 物理性粘粒团聚性。< 0.01mm 物理性粘粒的团聚性主要取决于其 < 0.01mm 物理性粘粒含量和有机质含量的高低, < 0.01mm 物理性粘粒团聚量和 < 0.01mm 物理性粘粒团聚度与有机质含量呈显著性正相关( $r = 0.795^*$  和  $r = 0.857^*$ ,  $n = 8$ ),而与 < 0.01mm 物理性粘粒含量之间的相关性较差( $r = 0.552^*$  和  $r = 0.018$ ,  $n = 8$ )。因

表5 土壤颗粒的团聚状况

Table 5 Particle aggregation of the soils

土壤 Soil	土壤颗粒 (g/kg) Soil particles		水稳性微团聚体 (g/kg) Water-stable microaggregate		<0.01mm物粘团聚状况 Aggregation of<0.01mm soil physical clay		<0.001mm粘粒团聚状况 Aggregation of<0.001mm soil clay	
	<0.01mm	<0.001mm	<0.01mm	<0.001mm	团聚量 (g/kg)	团聚度 (%)	团聚量 (g/kg)	团聚度 (%)
					Content	Degree	Content	Degree
漂灰新改土 (漂灰土)	394.2	41.5	353.4	30.7	40.8	10.4	10.8	26.0
沙质新改土 (黄沙土)	113.2	61.7	82.4	41.2	30.8	27.2	20.5	33.2
重壤质新改土 (黄泥土)	534.1	31.4	378.7	20.2	154.4	28.9	11.2	35.7
红壤 (红沙泥土)	463.1	168.4	367.3	116.8	95.8	20.7	51.6	30.6
荒地土 (羊毛沙土)	303.2	104.4	196.3	56.8	106.9	35.3	47.6	45.6
坡瘠地土 (羊毛沙土)	311.2	62.2	205.4	35.2	105.8	34.0	27.0	43.4
菜园土 (黄沙泥土)	417.1	100.6	213.2	35.7	203.6	48.9	64.9	64.5
水稻土 (黄沙泥田)	398.7	188.9	191.9	55.7	206.8	51.9	133.2	70.5

此,只有通过长期的培肥熟化,逐渐改善土壤的颗粒组成和增加土壤有机质,才能增强土壤颗粒的团聚性,改善土壤结构。

## 2.3 土壤保水性能

2.3.1 土壤水分的基本性质 田间土壤水分含量的高低与土壤水分性质、气候条件和耕作灌溉等有关。1997年3月采取土壤样品时,为该地区一年旱季中干旱最严重的时期,空气相对湿度也是一年中的最低的时间,不到50%,土壤水分蒸发强,没有良好灌溉条件的土壤,如山丘上部的旱地土壤,表层干土层厚度可达20cm以上,土壤为风干状态,其含水量低于土壤的最大吸湿水(表6),土壤容重相对较大,其中红壤的容重高达 $1.539\text{g}/\text{cm}^3$ ,土块硬度大,但一遇水即立刻崩解水化。具有良好灌溉条件的土壤如水稻土(种植蔬菜)和菜园土,保持着较高的土壤水分,其土质也相对疏松。

土壤水分性质很大程度上取决于土壤组成,土壤<0.01mm物理性粘粒含量越高,土壤保持水分的能力也就越强,土壤<0.01mm物理性粘粒含量与最大吸湿水、萎蔫系数、田间持水量和有效水含量呈正相关( $r=0.829^*$ ,  $0.798^*$ ,  $0.591$ ,  $0.267$ ,  $n=8$ )。土壤<0.001mm粘粒含量与土壤水分常数之间无明显相关关系。土壤有机质具有较强的吸水性能,但是,土壤有机质含量相对于土壤<0.01mm物理性粘粒含量是很小的一个数目。并且,供试土壤的有机质含量普遍较低,因而,有机质对土壤水分性质的影响不显著。<0.01mm物理性粘粒对土壤水分性质起了决定性作用,在8种供试土壤中,红壤有效水含量最低,仅占田间持水量的51.7%,菜园土水分有效性较高,约占田间持水量的66.6%。

表6 土壤水分的基本性质

Table 6 Basic properties of the soil water

土壤 Soil	容重 Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	土壤含水量 Soil water content (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	土壤孔隙度 Soil porosity (v %)	最大吸湿水 Maximum hygroscopicity (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	萎蔫系数 Wilting coefficient (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	田间持水量 Field capacity (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	有效水含量 Available water content (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )
漂灰新改土(漂灰土)	1.261	0.081	52.42	0.074	0.104	0.304	0.200
沙质新改土(黄沙土)	1.492	0.028	43.70	0.056	0.078	0.247	0.169
重壤质新改土(黄沙土)	1.346	0.042	49.21	0.111	0.155	0.381	0.226
红壤(红沙泥土)	1.539	0.081	41.92	0.083	0.116	0.240	0.124
荒地土(羊毛沙土)	1.342	0.056	49.36	0.079	0.111	0.283	0.172
坡瘠地土(羊毛沙土)	1.417	0.029	46.53	0.073	0.102	0.300	0.198
菜园土(黄沙泥土)	1.218	0.215	54.04	0.087	0.109	0.327	0.218
水稻土(黄沙泥田)	1.066	0.250	59.77	0.104	0.146	0.348	0.202

注: 萎蔫系数=最大吸湿水×1.4; 田间持水量为吸力为10kPa时的土壤含水量。

2.3.2 土壤保水性能 在相同的土壤容重条件下, 8种供试土壤对水分的保持能力也相差很大(表7)。重壤新改土对水分的保持能力最强, 这主要是由重壤新改土 < 0.01mm 物理性粘粒含量高所引起的。水稻土和菜园土保持的水分也较高。而红壤、沙质新改土、坡瘠地土和荒地土对水分的保持能力相对较差, 其中, 红壤在 0.25~10kPa 时, 保水能力最弱, 0.25kPa 时土壤水分含量仅为重壤质新改土的 78.9%; 在 10~90kPa 吸力段, 沙质新改土保持水分的能力最弱, 在土壤水吸力为 90kPa 时, 土壤水分仅为 0.084cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>, 土壤在此吸力时保持有效水分仅占总有效水分的 3.55%, 含水量接近土壤萎蔫系数, 土壤发生干旱的时间比其他土壤要早。实际上, 8种供试土壤, 在土壤水吸力为 90kPa 时, 除重壤质新改土、漂灰新改土和荒地土保留着较高有效水分外, 其余 5种土壤保留的有效水分均不到总有效水分的 10%, 土壤易出现干旱。

表7 土壤水吸力(kPa)与含水量(cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>)间的关系Table 7 Relationship between water suction (kPa) and water content (cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>) of the soils

土壤 Soil	土壤水吸力 Soil water suction (kPa)							
	0.25	1.5	3.0	6.0	10	30	60	90
	土壤含水量 Soil water content (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )							
漂灰新改土(漂灰土)	0.391	0.384	0.373	0.340	0.304	0.248	0.226	0.176
沙质新改土(黄沙土)	0.394	0.381	0.368	0.334	0.247	0.153	0.139	0.084
重壤质新改土(黄泥土)	0.474	0.463	0.451	0.408	0.381	0.339	0.305	0.255
红壤(红沙泥土)	0.374	0.362	0.344	0.279	0.240	0.185	0.164	0.124
荒地土(羊毛沙土)	0.404	0.393	0.368	0.307	0.283	0.226	0.180	0.148
坡瘠地土(羊毛沙土)	0.393	0.380	0.366	0.335	0.300	0.210	0.165	0.114
菜园土(黄沙泥土)	0.455	0.442	0.427	0.373	0.327	0.233	0.191	0.127
水稻土(黄沙泥田)	0.451	0.447	0.436	0.392	0.348	0.261	0.229	0.165

## 2.4 土壤微生物数量

与土壤肥力水平相对较高的菜园土和水稻土相比较(表8), 新改土、红壤、荒地土和坡

瘠地土的微生物数量明显要低得多,其中新改土的细菌总数要低 3 个数量级,放线菌要低 100~300 倍,固氮菌要低 3~14 倍。磷细菌以荒地土最高。微生物的数量和活性主要是依赖于土壤中供微生物生命活动所需的能量和必需的养分,即依赖土壤有机物质的数量和质量,土壤有机质含量与细菌总数、固氮菌数、磷细菌数和放线菌数呈极显著正相关( $r = 0.909^{**}$ ,  $r = 0.909^{**}$ ,  $r = 0.910^{**}$ ,  $r = 0.910^{**}$ ,  $n = 8$ )。从另一个角度来看,土壤微生物的数量和活性是反映土壤肥力水平高低的一个重要指标。

表 8 土壤微生物数量( $\times 10^3$  个/g 鲜土)

Table 8 Amount of microbes in the soils

土壤 Soil	细菌 Bacteria			放线菌
	总数	固氮菌	磷细菌	Actinomycetes
	Total	Nitrogen fixing bacteria	Phosphorus bacteria	
漂灰新改土(漂灰土)	1400	140	1.0	1.6
沙质新改土(黄沙土)	450	180	0.37	5.0
重壤质新改土(黄泥土)	500	80	4.0	15
红壤(红沙泥土)	830	20	3.0	23
荒地土(羊毛沙土)	140	11	430	210
坡瘠地土(羊毛沙土)	110	180	<0.1	25
菜园土(黄沙泥土)	230000	500	37	1600
水稻土(黄沙泥田)	330000	1900	1.0	730

### 参 考 文 献

1. 攀枝花市国土局. 攀枝花市国土规划. 成都:四川科学技术出版社, 1993. 454~664
2. 夏明忠. 攀西优势作物种植. 成都:四川科学技术出版社, 1993. 1~43
3. 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法. 北京:科学出版社, 1983. 15~230
4. 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海:上海科学技术出版社, 1978. 62~287
5. 许光辉. 土壤微生物分析方法手册. 北京:农业出版社, 1988, 10~228
6. 中国科学院成都分院土壤研究室. 中国紫色土(1). 北京:科学出版社, 1991. 26~39
7. 袁可能. 植物营养元素的土壤化学. 北京:科学出版社, 1983. 336~577



## STUDY ON THE FERTILITY CHARACTERISTICS OF SOILS IN IMMIGRATION'S RECLAMATION AREA OF ERTAN HYDROPOWER STATION

Wei Chao-fu Gao Ming Che Fu-cai Qu Ming Yang Jian-hong Xie De-ti

(College of Resources and Environment, Southwest Agricultural University, Chongqing 400716)

### Summary

The paper dealt with the characteristics of soil fertility in Hongge immigration's reclamation area of Ertan Hydropower Station. The results showed that the contents of soil organic matter varied from 4.08g/kg to 4.39g/kg in Hongge immigration's reclamation area of Ertan hydropower Station and were lower than those of the soils with higher fertility in nearby regions. The contents of soil humic acid only accounted for 3.73%~7.15% of soil organic matter. The amounts of microbes were much less than those of the soils with higher fertility in nearby. A large number of gravels or stones were found in the soils of Hongge immigration's reclamation area, and the degree of aggregation <0.01mm soil physical particle only varied from 10.4% to 28.9%, so that soil and water loss was high. The soil drought in the area was much more serious than that of the soils in nearby regions due to low soil water preserving capability and high rate of soil water evaporation. The soils in the area were short of or much more short of N, P, K and trace element nutrients B, Mo, Cu, Zn Fe and Mn. The application of synthetic agricultural technology with high yields and high effects based on improvement of soil fertility and saving water and drought resistant was basic guarantee that immigrations would live and work in peace and contentment in Hongge immigration's reclamation area of Ertan Hydropower Station.

**Key words** Soil fertility, Improvement of soil fertility, Soil drought resistant, Immigration's reclamation area