

四川盆地紫色土肥力与母质特性的关系

唐时嘉 孙德江 罗有芳 周大海

何 熔 毛建华 罗 英

(中国科学院成都分院土壤研究室)

紫色土在四川盆地分布最广,占全省总面积的28%,占耕地总面积的68.7%,是该省粮食生产基地,粮食产量约占全省总量的70%。这种土壤除种植粮食作物外,还适宜种植蔗、棉、油、桑和水果。紫色土生产潜力极大,但也存在不少问题。从三十年代以来,许多土壤学者对紫色土进行过一系列研究^[1,2],一致认为紫色土肥力与母质特性关系密切。本文以底土或岩石风化碎屑(即母质,C)为基本材料,同时用表土(A)和岩石(R)作辅助样品,研究了紫色土肥力与母质特性的关系。

一、供试样品和研究方法

选用四川盆地六种紫色泥岩母质。(1)上白垩纪夹关组母质(K_1j) (简称夹关组母质),采自宜宾县敬梓场的砖红色厚砂岩夹薄层泥岩,泥岩露头较多,样品取岩层上段。岩石富含碳酸盐,但土壤和母质呈酸性反应。(2)中侏罗纪沙溪庙组母质(J_2s) (简称沙溪庙组母质),采自内江市交通公社。系灰棕紫色厚泥岩与灰紫色厚砂岩互层,土壤、母质、岩石均有碳酸盐反应。(3)中侏罗纪遂宁组母质(J_2sn) (简称遂宁组母质),采自遂宁县上宁公社。系棕红色厚泥岩夹薄层粉砂岩,富碳酸盐物质,岩石机械风化迅速,片状、沟状、崩塌侵蚀严重。(4)上侏罗纪蓬莱镇组母质(J_3p) (简称蓬莱镇母质),采自蓬溪县河边公社。系棕紫色厚泥岩厚砂岩互层,富含碳酸盐物质。(5)下白垩纪城墙岩群母质(K_1cg) (简称城墙岩群母质),采自梓潼县青龙公社。橙黄色、紫红色泥岩与粉砂岩互层,岩石松泡,涵水性较差,富含碳酸盐物质。(6)早三迭纪飞仙关组母质(T_1f) (简称飞仙关组母质),采自长宁县龙头公社。系暗灰紫色厚层页岩夹薄层泥灰岩,岩石致密坚硬,风化碎屑极难形成细粒。

另外采第四纪雅安期黄壤(Q_4) (简称雅安期黄壤)作比较,样品采自眉山县白马公社。是一种红黄色粘土、亚粘土与卵石混合的冰水堆积阶地,已被侵蚀成浅丘,海拔500—550公尺。

胶体分析 (1)试样制备:土样先除去有机质和钙,洗净后用0.5N NaOH分散,并用沉降法分离出<1微米胶粒,经盐酸凝聚后洗去多余的酸,过滤,在60℃左右烘干,磨细备用;(2)X-射线衍射分析:用日本制X-射线衍射仪;(3)差热分析:用国产差热分析仪;(4)化学分析:SiO₂用甲基纤维素重量法,Fe₂O₃用重铬酸钾容量法;Al₂O₃用氟化钾取代EDTA容量法。

薄片观察 采集原状土样,风干,用环氧树脂固结后制备成薄片,在偏光显微镜下观察微形态特征并照像。

盆栽试验 七种母质各装五盆,每盆15公斤,灌水直播水稻,水稻品种为泸科3号,不加任何处理,定期观察水稻生态和生物量。

1) 侯光炯, 1960年: 土壤地理选集。西南农学院编印第一号, 56页。

二、结果和讨论

(一) 不同母质紫色土的胶体特性

从不同母质发育的紫色土及其胶体的化学分析(表 1)、X-射线衍射分析(图 1)和差热分析(图 2)可以看出: 夹关组上紫色土的表土、母质和岩石胶粒的化学组成变化不甚明显,表土和母质相比较,只 SiO_2 有少量减少而 Fe_2O_3 有所增加, A, C, R 三层胶粒的硅铝率和硅铝铁率分别为 3.5 和 2.7 以上;母质的粘粒矿物以水云母为主,有较多蒙脱石及少量石英和赤铁矿。阳离子代换量为 17.14 毫克当量/100 克土,在紫色土母质中它的交换量最低,但仍比雅安黄壤高 35%,说明紫色土虽有强烈淋洗盐基的作用,但其化学风化作用仍不明显。

表 1 紫色土的化学组成

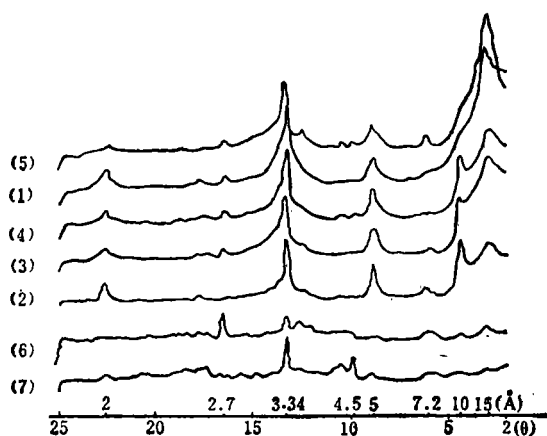
Table 1 Chemical composition of purple soil

母 质 Parent material	层 次 Horizon	土壤 (<1mm) Soil			粘粒 (<1 μ) Clay					
		pH	CaCO_3 (%)	代 换 量 (meq/100g) CEC	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	Fe_2O_3 (%)	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$
夹 关 组 K_{1j}	表土 A	5.05	无	17.14	48.24	23.34	10.86	3.51	2.71	11.86
	母质 C	5.20	无		48.68	23.84	10.34	3.47	2.72	12.56
	岩石 R	8.29	8.66		50.48	23.05	8.88	3.72	2.99	15.16
城 墙 岩 群 K_{1cg}	表土 A	7.80	8.72	22.97	48.26	24.47	9.43	3.35	2.69	13.65
	母质 C	8.28	7.30		48.42	25.37	9.41	3.24	2.62	13.72
	岩石 R	8.29	10.26		49.68	23.61	9.50	3.57	2.84	13.94
蓬 莱 镇 组 J_3p	表土 A	7.78	10.38	23.73	49.50	21.91	10.71	3.84	2.93	12.33
	母质 C	8.07	10.16		49.73	21.78	10.08	3.88	2.99	13.16
	岩石 R	8.29	16.91		49.54	21.81	10.14	3.86	2.98	13.41
遂 宁 组 J_3sn	表土 A	7.80	14.20	27.76	49.68	22.60	10.50	3.74	2.88	12.62
	母质 C	8.01	14.11		49.63	22.42	10.78	3.76	2.88	12.27
	岩石 R	8.28	14.51		49.70	22.83	10.86	3.70	2.84	12.20
沙 溪 庙 组 J_3s	表土 A	7.35	1.37	25.56	49.72	21.49	9.61	3.93	3.06	13.81
	母质 C	7.71	1.55		49.79	21.88	9.32	3.87	3.04	14.23
	岩石 R	7.96	6.87		50.50	21.74	9.99	3.93	3.06	13.48
飞 仙 关 组 T_{1f}	表土 A	6.40	无	18.86	38.82	19.34	17.92	3.41	2.15	5.78
	母质 C	6.42	无		38.93	20.42	17.52	3.24	2.09	5.93
	岩石 R	7.74	微		38.80	17.66	19.16	3.73	2.20	5.34
雅 安 期 黄 壤 Q_p	表土 A	5.30	无	12.74	43.29	27.84	13.00	2.64	2.04	8.87
	母质 C	5.72	无		42.54	28.29	12.48	2.56	1.99	9.09

城墙岩群上紫色土的母质和表土的盐基有一定的淋失,但仍富含碳酸盐物质。胶粒的化学组成在表土、母质、岩石间无明显变化,硅铝率和硅铝铁率与夹关组上的紫色土近似。母质的粘粒矿物以水云母为主,有较多蒙脱石和少量高岭石、石英。

蓬莱镇组上紫色土的母质和表土有一定的淋失盐基的作用, 但碳酸钙含量仍在 10% 以上。表土、母质、岩石间胶粒化学组成无变化, 硅铝率和硅铝铁率比夹关组、城墙岩群上的紫色土高。母质的粘粒矿物以水云母、蒙脱石为主, 有较多绿泥石及微量石英、赤铁矿。

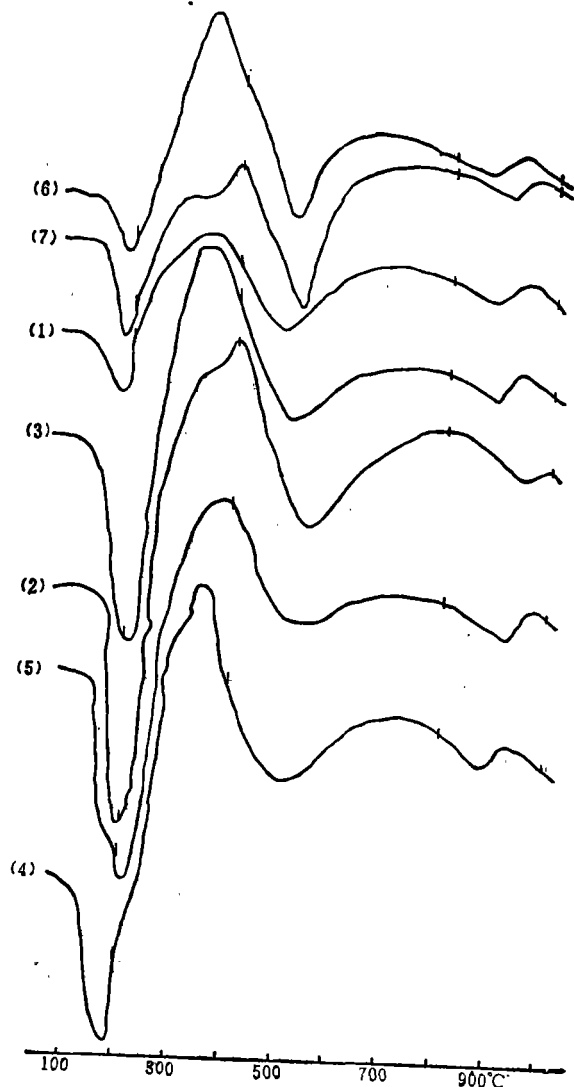
遂宁组上紫色土的母质、表土和岩石的碳酸盐含量大致相同, 都在 14% 以上, 胶粒的化学组成无变化, 硅铝率和硅铝铁率比较高, 分别在 3.7 和 2.8 以上, 阳离子代换量最高, 达 27.76 毫克当量/100 克土, 比雅安黄壤高出一倍多。母质的粘粒矿物以水云母、蒙脱石为主, 含少量石英和赤铁矿。



(1) 夹关组 (K_{2f}); (2) 城墙岩群 (K_{1cg}); (3) 蓬莱镇组 (J_3p); (4) 遂宁组 (J_3sn); (5) 沙溪庙组 (J_3s); (6) 飞仙关组 (T_1f); (7) 雅安黄壤 (Qp)。

图 1 紫色母质粘粒 (<1 微米) 的 X-射线衍射谱 ($CuK\alpha$)

Fig. 1 X-ray diffraction patterns of the clay (<1 μ) of purple parent materials ($CuK\alpha$)



(1) 夹关组 (K_{2f}); (2) 城墙岩群 (K_{1cg}); (3) 蓬莱镇组 (J_3p); (4) 遂宁组 (J_3sn); (5) 沙溪庙组 (J_3s); (6) 飞仙关组 (T_1f); (7) 雅安黄壤 (Qp)。

图 2 紫色母质粘粒 (<1 微米) 的差热曲线

Fig. 2 Differential thermal curves of the clay (<1 μ) of purple parent materials

沙溪庙组上紫色土的母质和表土淋洗盐基的作用已较明显, 碳酸钙含量仅为岩石含量的 1/5 左右。表土、母质、岩石间粘粒的化学组成无变化, 硅铝率和硅铝铁率在紫色土中为最高 (3.9—3.0)。阳离子代换量仅次于遂宁组上的紫色土, 比雅安黄壤高一倍。母质

的粘粒矿物中蒙脱石、水云母含量较高,其中蒙脱石居紫色土之冠,另有微量高岭石、石英和赤铁矿。

飞仙关组上紫色土的母质、表土和岩石的盐基都有淋失,表土和母质的氧化铁比底岩少而氧化铝比底岩多,硅铝率与夹关组、城墙岩群上的紫色土相似,但低于沙溪庙组、蓬莱镇组和遂宁组上的紫色土。在上述六种紫色土泥岩母质中,以飞仙关组的氧化铝含量最低,氧化铁含量最高,因而硅铝铁率和硅铁率也低,分别为 2.2 和 6.0 以下;阳离子代换量较低,说明先天的化学风化较其它母质深。粘粒矿物以埃洛石为主,次之为水云母、蒙脱石和赤铁矿。

雅安黄壤的酸度较高,化学风化比较彻底,粘粒的硅铝率和硅铝铁率均偏低,分别为 2.6 和 2.0 以下。粘粒矿物以埃洛石为主,次为石英,而蒙脱石、水云母极少。

从以上可以看出,紫色土及其母质的性质和形成有以下几个特点。

(1) 生物气候对紫色土性质影响很小。四川盆地属中亚热带常绿阔叶林的红壤和黄壤地带^[1],但盆地中的紫色土,富铝化过程并不明显。硅铝铁率在母质与土壤间差值为 0.01—0.07,岩石与土壤间差值为 0.05—0.28,其中遂宁组、沙溪庙组基本无变化。硅铝率、硅铁率有类似趋势。就是最易反映生物气候特征的 pH 和 CaCO_3 ,除夹关组与沙溪庙组外,一般只有微弱变化(表 1)。这些说明必须研究母质的特性才能对紫色土的肥力作出正确评价。

(2) 紫色土的粘粒矿物不是成土过程中形成的,而是地质时期的产物,与古地理环境、沉积物源、成岩过程有密切相关。四川盆地早三迭纪飞仙关组属滨海—浅海相沉积,物源丰富,在沉积和成岩过程中富集了包含有色金属在内的多种矿物;沙溪庙组属潮湿气候下淡水—微咸水湖泊相沉积,物源主要来自东部;遂宁组、蓬莱镇组属半潮湿、半干燥气候下淡水—微咸水—咸化湖泊相沉积,物源前者以来自东部为主,后者以西北为主;白垩纪属半干燥至干燥气候下咸化湖泊—盐湖相沉积,物源早期主要来自大巴山、龙门山,晚期主要来自黔中山地^[6,7]。这种沉积环境的不同,使紫色土粘粒硅铝铁分子率大体按飞仙关组(早三迭纪)<夹关组(白垩纪)<沙溪庙组(侏罗纪)的顺序变化(表 1);各种矿质成分则以飞仙关组最丰富,白垩纪较贫(见表 5);同时也使六种紫色母质粘粒矿物的组成、分布、含量等各有差异(图 1,图 2)。蒙脱石含量高低的顺序大体是沙溪庙组>遂宁组>蓬莱镇组>夹关组>城墙岩群>飞仙关组;水云母含量顺序大体是城墙岩群>夹关组>蓬莱镇组>遂宁组>沙溪庙组>飞仙关组。

(3) 紫色土的颜色和胶体硅铝铁率虽深受岩性影响,但不一定能表征生物气候下化学风化的深浅。前人已注意这一事实,但同时又指出紫色土胶体硅铝铁率大小与红色成分深浅相关,颜色红者低于棕者,棕者低于灰青者^[5];另一些研究者依此把紫色土归并为暗紫泥,棕紫泥、红紫泥三种,以示化学风化度的深浅^[3,2]。我们认为,对于紫色土的颜色和硅铝铁率的相关性,必须将地质时期形成的和成土过程形成的两种情况加以区别,前者是不能标志风化度深浅的。例如飞仙关组母质分布在盆北广元者偏红,呈红棕紫色;分布在盆南者偏暗,呈棕灰紫或暗灰紫色;但胶粒硅铝铁分子率前者高于后者(表 2)。范璞等

1) 李正吉, 1982: 四川盆地红层的农业地质特征探讨。地质部成都地质矿产研究所编,第 5 页。

2) 侯光炯, 1960: 土壤地理选集,西南农学院编印,第一号, 56 页。

表 2 不同区域的飞仙关组母质的颜色与胶体性质

Table 2 The colour and colloidal properties of substratum of T_{1f} in different regions

地 点 Locality		层 次 Horizon	颜 色 Colour	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$
盆南	长 宁	C	暗灰紫	38.93	20.42	17.52	3.24	2.09	5.93
	叙 永	C	棕灰紫	40.19	19.82	18.42	3.47	2.18	5.82
盆北广元		C	红棕紫	45.71	21.75	14.15	3.58	2.53	8.61

人^[6]研究认为岩石颜色与沉积环境有关,在潮湿气候条件下,湖相沉积发育,有机质多,还原作用强,有大量暗色沉积物生成;半干燥和干燥气候条件下,植被生长差,沉积物中有机质少,利于红色沉积岩生成。表 5 所列岩石有机质含量从中侏罗纪沙溪庙组的 0.37% 到中晚侏罗纪遂宁组、蓬莱镇组、白垩纪城墙岩群至夹关组的 0.05% 等依次减少,基本反映古生物环境演变使岩石颜色由暗变红的趋势^{[6],4)}。所以研究紫色土肥力时,注意区别古生物气候的成岩作用和近代生物气候下的成土作用是很重要的。

(二) 紫色母质的颗粒组成及其微形态特征

表 3 表明,紫色母质的颗粒组成差异很大,并具有相应的微形态特征:

表 3 紫色母质的颗粒组成

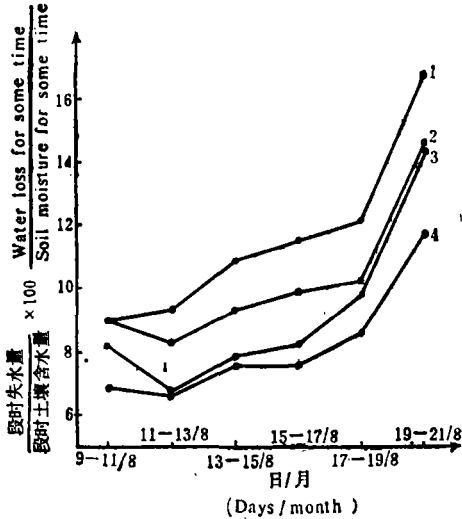
Table 3 Particle composition of purple parent materials

母 质 Parent material	颗粒组成(%) Particle composition				粉粒 砂粒 Silt Sand	粘粒 砂粒 Clay Sand	<0.05mm 颗粒组成(%) % of <0.05mm particle
	砂 粒 Sand 1—0.05mm	粉 粒 Silt 0.05—0.005 mm	粘 粒 Clay <0.005mm	细 粘 粒 Fine clay <0.001mm			
夹 关 组 K _{1f}	56.70	20.89	22.41	11.48	0.4	0.4	43.30
城墙岩群 K _{1cg}	7.49	62.34	30.17	21.50	8.3	4.0	92.51
蓬莱镇组 J _{3p}	20.65	39.02	40.33	21.06	1.9	2.0	79.35
遂 宁 组 J _{3sn}	7.86	45.61	46.53	15.89	5.8	5.9	92.14
沙溪庙组 J _{3s}	31.07	33.18	35.75	19.85	1.1	1.2	68.93
飞仙关组 T _{1f}	64.41	17.77	17.82	8.23	0.3	0.3	35.59
雅安期黄壤 Qp	6.49	38.92	54.59	29.84	6.0	8.4	93.51

1) 李正吉,1982: 四川盆地红层的农业地质特征探讨。地质部成都地质矿产研究所编,第 5 页。

夹关组母质的颗粒组成以砂粒较多, 占 56.7%, 粉粒、粘粒各占 20—22%, 粉/砂与粘/砂均在 0.5 以下, 属砂质粘壤土。薄片观察, 以石英为主的粗粒含量多, 孔隙较发育, 并有较多的红棕色铁质浓聚物(图版 I, 照片 1、2)。表明盐基被淋洗的同时, 矿物中铁质开始游离出来。

城墙岩群的母质颗粒组成以粉粒为主, 占 60% 以上, 砂粒 <10%, 粉/砂为 8.3, 粘/砂为 4.0, 属标准的粉砂质粘土。薄片观察, 颗粒排列紧密, 孔隙极少, 呈粉砂质致密结构, 间有断裂状孔道, 可能是土体龟裂所致。有较多的碳酸盐浓聚物形成(图版 I, 照片 3、4)。



1. 遂宁组 (J_2sn); 2. 蓬莱镇组 (J_2p); 3. 沙溪庙组 (J_2s); 4. 夹关组 (K_2j)。

图 3 紫色母质脱水曲线

Fig. 3 Dehydration curve of purple parent materials

有少量微团聚体发育, 有较多的长石、斜微长石及云母等原生矿物, 形态不定, 大小不一, 磨圆度差(图版 II, 照片 8)。

上述结果说明各种紫色岩上土壤的结构不发育, 特别是微团聚体发育很差, 所见块状物是形状不规则的岩屑物质; 大于 0.01 毫米的孔隙主要由于土体的湿胀干缩等物理原因形成, 生物活动产生的孔隙很少, 而且未发现光性定向粘粒和胶膜等足以反映粘粒移动和淀积的现象, 表明紫色岩石机械风化过程和侵蚀过程都很迅速, 成土作用微弱, 熟化度低。

紫色岩母质中的颗粒组成及其排列上的不同, 直接影响土体透水性、胀缩性、脱水性等许多物理性质。从母质的失水特性和膨胀收缩性能研究中已得到了初步证明。

从脱水曲线(图 3)看出, 在同一时间内的失水量始终是遂宁组 > 蓬莱镇组 > 沙溪庙组 > 夹关组, 与四组的颗粒组成分布完全一致(表 3)。

干缩湿胀比与颗粒组成的相关性密切, 将 7 种紫色岩上的母质 <0.05 毫米的颗粒含量与缩胀比做相关分析(表 4)相关系数 $r = -0.791$ 。说明细颗粒多, 失水量大, 干缩湿胀比小; 细粒少, 失水量小, 干缩湿胀比大。由此看出, 粗细颗粒的组成和排列适当, 可使

蓬莱镇组上母质的颗粒组成中砂粒占 20% 以上, 粉粒, 粘粒均在 40% 左右, 粉/砂为 1.9, 属壤质粘土。薄片观察, 粗颗粒含量较少, 孔隙较少, 有碳酸盐新生体及少量微团聚体发育, 原生矿物石英、长石、云母等含量多, 大小较均一, 球化度差(图版 II, 照片 5)。

遂宁组上母质中的颗粒组成以粉粒和粘粒为主, 各占 45% 以上, 粉/砂和粘/砂在 5.0 以上, 属粉砂质粘土。薄片观察, 有较多相对稳定的岩屑物质。这种由粘粒堆积而成的岩屑, 排列致密, 在正交偏光下色调变暗。岩屑之间接触松散, 甚至出现架空现象, 孔隙大, 形状不规则。有的岩屑的微洞穴里有方解石析出(图版 II, 照片 6、7)。

沙溪庙组母质, 在颗粒组成中砂粒、粉粒、粘粒各占 30% 以上, 粉/砂和粘/砂在 1.1 左右, 属壤质粘土。薄片观察, 粗粒含量较多,

表 4 紫色母质的膨胀特性与其 <0.05mm 颗粒组成的相关

Table 4 Correlation between the property of shrinkage and expansion of purple parent materials and the composition of particle (<0.05mm)

母 质 Parent material	沙溪庙组砂岩 J ₂ ^s Sand stone	夹关组泥岩 K ₁ ^g Mud stone	飞仙关组页岩 T ₁ ^f Shale	莲沱组泥岩 J ₃ ^p Mud stone	城壩岩群泥岩 K ₁ ^{cg} Mud stone	遂宁组泥岩 J ₂ ^{sn} Mud stone	相关系数(r) Correlation coefficient
	干缩/膨胀	干缩/膨胀	干缩/膨胀	干缩/膨胀	干缩/膨胀	干缩/膨胀	干缩/膨胀
<0.05mm 颗粒组成	8.5	7.6	7.0	5.6	5.0	3.4	2.9
	27.0	68.9	43.3	35.6	79.3	92.5	92.1
							-0.791

表 5 紫色母质与岩石的养分

Table 5 The nutrient constituents of purple parent materials and rocks

母 质 Parent material	夹关组 K ₁ ^g		城壩岩群 K ₁ ^{cg}		莲沱组 J ₃ ^p		遂宁组 J ₂ ^{sn}		沙溪庙组 J ₂ ^s		飞仙关组 T ₁ ^f	
	母 质 C	岩 石 R	母 质 C	岩 石 R	母 质 C	岩 石 R	母 质 C	岩 石 R	母 质 C	岩 石 R	母 质 C	岩 石 R
有机质(%) O. M.	0.64	0.05	0.27	0.11	0.61	0.16	0.41	0.16	0.54	0.37	1.75	0.12
全磷(%)	0.037	—	0.137	—	0.163	—	0.167	—	0.160	—	0.210	—
P ₂ O ₅ 有效态磷 (mg/100g)	0.11	—	0.11	—	0.14	—	0.20	—	0.36	—	0.61	—
磷的有效度(%)	0.29	—	0.08	—	0.09	—	0.12	—	0.22	—	0.29	—
全铁(%)	2.90	1.60	3.14	2.57	2.53	3.30	4.26	3.52	2.85	4.47	7.79	7.79
有效态铁 (ppm)	26.23	2.19	3.55	1.79	3.97	4.79	3.02	3.45	3.57	4.07	23.05	13.33
铁的有效度(%)	0.09	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02
全锌 (ppm)	96	55	114	86	135	107	180	128	135	175	166	157
有效态锌 (ppm)	1.05	0.30	0.49	0.84	0.95	0.48	0.75	0.47	2.91	1.04	0.95	0.55
锌的有效度(%)	1.09	0.51	0.43	0.98	0.71	0.45	0.42	0.37	2.15	0.60	0.57	0.35
全铜 (ppm)	19	16	24	12	19	20	23	16	18	25	124	128
有效态铜 (ppm)	0.30	0.03	0.13	0.04	0.31	0.07	0.14	0.07	0.18	0.10	0.50	0.18
铜的有效度(%)	1.58	0.19	0.54	0.33	1.63	0.35	0.61	0.44	1.00	0.40	0.40	0.14
全锰 (ppm)	616	613	682	869	861	1013	1003	924	849	895	1489	1176
代换态锰 (ppm)	4.06	—	0.14	—	0.30	—	2.57	—	3.28	—	—	—
易还原态锰 (ppm)	106.8	—	232.1	—	317.7	—	165.3	—	379.7	—	—	—
锰的有效度(%)	18.00	—	34.10	—	37.01	—	16.74	—	45.10	—	—	—

土壤保持最佳的水分和空气条件,有利于发挥紫色土优越的生产潜力。这一点可在盆栽水稻结果中得到证明。

(三) 紫色母质和岩石的养分

紫色母质含营养物质比较丰富,现就几个成分分析结果(表 5)进行讨论。

(1) 有机质: 紫色岩石和母质中都含有少量的有机质。岩石中可达 0.11—0.16%, 个别为 0.05% 和 0.37%, 母质中为 0.41—0.64%, 后者大大超过前者。夹关组母质有机质为岩石的 13 倍,一般为 2—5 倍,说明紫色岩碎屑一经耕种施肥后,有机质就能很快累积。

(2) 磷: 紫色岩和母质全磷和有效态磷都不高,全磷一般为 0.137—0.160%, 个别为 0.037% 和 0.210%; 有效态磷为 0.11—0.20 毫克/100 克土,最高者为 0.61 毫克/100 克土,而且有效态磷占全磷比率较低。以每亩 15 万公斤土重计算,有效态磷在飞仙关组为 0.92 公斤,沙溪庙组 0.54 公斤,其余仅为 0.17—0.30 公斤。过去一般认为紫色土是富磷的^[2,7],这一结论值得商榷。

(3) 微量元素: 微量元素对紫色土肥力的影响已引起人们的关注。从中侏罗纪到白垩纪的岩石中,铁、锌全量依次递减,有机质含量有相似的趋势,它们之间有极密切的依存关系。有机质与铁的相关系数 $r = 0.925$, 与锌的相关系数 $r = 0.962$ 。表明母岩在沉积过程中,有机质促进铁、锌元素的活化、迁移和累积。至于其有效性含量,以夹关组和飞仙关组等酸性母质最高,如铁达 23—26ppm。其有效态含量的不同,无疑与环境因子有关。

飞仙关组与其他各组相比,母质的全铜量高出 5—7 倍。有效态铜含量飞仙关组亦居首位,但有效度较其它组低,只 0.4%; 夹关组、蓬莱镇组的有效度高,达 1.58—1.63%。根据评价指标^[4],城墙岩群、遂宁组、沙溪庙组属缺铜母质。

表 6 紫色母质的全锰含量与 <0.05mm 颗粒组成的相关

Table 6 Correlation between total Mn(ppm) and % of particles <0.05mm of purple parent materials

母 质 Parent material	遂宁组泥岩 J ₂ ^{sn} Mud stone	蓬莱镇组泥岩 J ₂ ^p Mud stone	沙溪庙组泥岩 J ₂ ^s Mud stone	蓬莱镇组砂岩 J ₂ ^p Sand stone	沙溪庙组砂岩 J ₂ ^s Sand stone	相关系数 (r) Correlation coefficient
全锰 (ppm)	1003	861	849	752	540	0.957
<0.05mm 颗粒组成 (%)	92.2	79.3	68.9	48.4	27.0	

母质中全量锰为 616—1489ppm, 岩石为 613—1176ppm, 均以飞仙关组最高。母质的有效锰含量为 110—383ppm, 属中等到高等范围^[4]。全锰含量与颗粒组成之间存在一定相关性。例如相同地质时代的侏罗纪沙溪庙组、蓬莱镇组、遂宁组等所属五种砂岩、泥岩母质的全锰含量与 <0.05 毫米颗粒含量之间的相关系数 $r = 0.957$ (表 6)。

综上所述,紫色岩母质的养分含量都受母质类型的影响。其有效量与母质的碳酸盐含量有关。高量的碳酸盐能抑制元素的有效化。但是碳酸盐对不同元素的抑制作用有差别。例如夹关组的无碳酸盐母质比富碳酸盐的岩石,有效态铁高 12 倍,铜高 10 倍,锌高

3.5 倍,受抑制作用的强弱顺序是铁>铜>锌。

(四) 紫色土母质的某些肥力特性及其生物试验

以盆栽水稻的生物量和籽粒量反映紫色土母质的肥力特性。试验结果列于表 7。

表 7 紫色土母质盆栽水稻的生物量、产量及其重要影响因素

Table 7 The biomass and yield of rice on purple parent materials and their important influence factors (pot culture)

母 质 Parent materials			夹关组 K ₁ f	飞仙关组 T ₁ f	沙溪庙组 J ₂ s	蓬莱镇组 J ₃ p	遂宁组 J ₂ sn	城墙岩群 K ₁ cg
株 高 (cm) Hight of plant	苗 期		10.3	11.3	7.7	7.8	7.1	7.2
	收 获 期		60.9	60.5	50.9	50.7	43.2	41.3
植株增长量 Increment of plant	5 月 8 日—26 日	增量(%)	32.0	35.2	24.5	28.0	35.0	24.0
		干重(克/盆)	1.65	2.00	1.18	1.15	0.93	0.99
	5 月26日—6月22日	增量(%)	14.4	15.7	28.2	27.4	24.5	20.4
		干重(克/盆)	5.27	6.62	3.69	4.18	2.27	3.15
	6 月22日—8月16日	增量(%)	37.5	31.1	32.1	29.0	24.0	39.0
		干重(克/盆)	33.91	28.44	16.81	16.58	10.52	11.01
分 蘖 Tillering	始期(日/月)		23/5	17/5	无	无	无	无
	盛期(日/月)		29/5	26/5	无	无	无	无
抽 穗 Earing	始期(日/月)		23/7	23/7	26/7	26/7	26/7	1/8
	盛期(日/月)		7/8	7/8	13/8	13/8	16/8	16/8
全植株干重(克/盆) Dry wt. of total plant(g/pot)			21.2	19.2	11.9	13.1	9.2	7.8
谷粒重量(克/盆) Grain yield (g/pot)			24.9	21.5	12.4	12.0	7.0	6.1
影响因素 Influence factors	母质的 <0.05mm 颗粒组成(%)		43.3	35.6	68.9	79.3	92.1	92.5
	有效态 Fe (ppm)		26.23	23.05	3.57	3.97	3.02	3.55

从水稻产量看,差异是十分明显的,其顺序:夹关组>飞仙关组>沙溪庙组、蓬莱镇组>遂宁组>城墙岩群>雅安黄壤。其中夹关组与飞仙关组产量最高,分别为城墙岩群的 4.1—3.5 倍;沙溪庙组与蓬莱镇组次之,分别为城墙岩群的 2.03—1.97 倍。植株干重差别也显著,其趋势和籽粒量级差基本一致。

同时,在农艺性状上也有相应差异。夹关组、飞仙关组水稻生长较正常,出苗 10 天到二周进入分蘖期,两个半月进入始穗期。其余母质均无分蘖,始穗期延迟 3 天,齐穗期延迟 6—10 天;而城墙岩群始穗期延迟 10 天左右,且一、二片叶枯死。

水稻生长势与株型在不同母质上的差异也很突出。如将水稻全生育期分为前、中、后三个阶段,再将每个阶段植株增高量与成熟期株高之比作为指标,那么可概括为四种类型:(1)马鞍型——前期后期生长都很快,中间缓慢,夹关组、飞仙关组属之;(2)稳长型——水稻生长发育期植株系均匀生长,沙溪庙组、蓬莱镇组属之;(3)前发型——水稻

植株生长较慢,前期生长稍快,遂宁组属之;(4)后发型——植株较矮,后期生长稍快,城墙岩群属之。

研究表明,不同母质上水稻生长发育差异的原因,除三要素的影响外,与各母质 <0.05 毫米颗粒组成和活性铁含量的关系最为密切。植株干重与籽粒量同 <0.05 毫米颗粒的相关系数分别为 $r = -0.908$ 和 $r = -0.948$;与活性铁的相关系数分别是 $r = 0.947$ 和 $r = 0.948$ 。适量的活性铁,对水稻营养生理极为重要。这与前人^[8]研究结果一致。

三、结 论

从理化分析结果看出,不同地层的紫色母质差异明显,在同一地层的岩石、母质、土壤间变异微弱,说明紫色土的粘粒矿物、硅铝铁率以及营养成分等重要性质,基本上是在地质历史时期就形成了的,与成土过程关系不大,也说明紫色土剖面发育程度极弱,属 A—C 型幼年土,是紫色土的重要特性。盆栽试验结果说明,发育于不同紫色岩上的紫色土肥力主要受颗粒组成,活性铁、磷、锌、铜以及粘粒矿物种类等诸因素的影响。各种紫色岩上的紫色土的肥力水平大体可按以下顺序排列:沙溪庙组、飞仙关组、蓬莱镇组、夹关组、遂宁组、城墙岩群。当然这种划分是初步的,有待进一步验证。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院自然区划工作委员会, 1959: 中国土壤区划(初稿)。126—130 页, 科学出版社。
- [2] 中国科学院南京土壤所主编, 1978: 中国土壤。651 页, 科学出版社。
- [3] 西南农学院, 1978: 土壤学(南方本)。153 页, 农业出版社。
- [4] 刘铮等, 1982: 我国缺乏微量元素的土壤及其区域分布。土壤学报, 第 19 卷 3 期, 216—220 页。
- [5] 余皓、李庆逵, 1945: 四川之土壤。土壤专报, 第 24 号, 71—73 页。
- [6] 范璞等, 1980: 中国陆相油气的形成和运移(1)。中国科学, 第 4 期, 357—359 页。
- [7] 徐杰, 1981: 四川省紫色土的特征及其改良利用。土壤, 第 13 卷 2 期, 58 页。
- [8] 彭拉姆帕鲁马, F. N. (刘志光等译), 1959: 渍水土壤的化学与水稻生长的关系。64 页, 科学出版社。

THE FERTILITY OF PURPLE SOIL IN RELATION TO THE CHARACTERISTICS OF PARENT MATERIAL IN SICHUAN BASIN

Tang Shijia, Sun Dejiang, Luo Youfang, Zhou Dahai, He Rong,
Mao Jianhua and Luo Ying

(Laboratory of Pedology, Chengdu Branch, Academia Sinica)

Summary

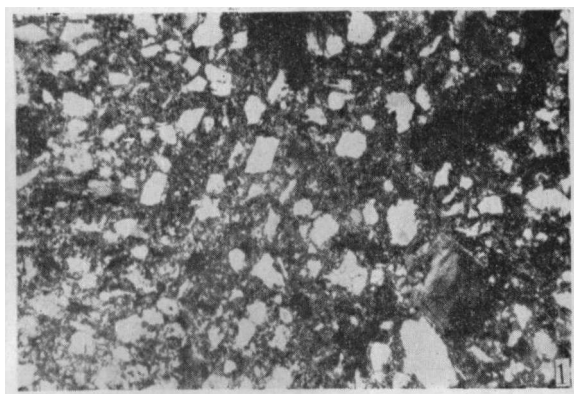
Six main purplish parent materials of soil in Sichuan basin have been studied by chemical, physical, differential thermal, X-ray and micromorphological analysis and pot culture. Results obtained are as follows:

1. The difference in $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ ratio of the clay minerals among the soils derived on

purple parent material, parent material and rock is insignificant. There are irregular lithorelicts in both soil and its parent material. Microaggregates are poorly developed in the soil. All these indicate the feature of purple soil characterized by the profile of A-C pattern and being young skeleton soil.

2. The $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ ratio of clay minerals in different purple soils ranges from 2.09 to 3.06. The clay minerals of parent materials are predominantly montmorillonite and hydromicas. Total content of Fe and Zn is closely correlated with organic matter content in rocks, the correlation coefficients (r) are 0.925 and 0.962.

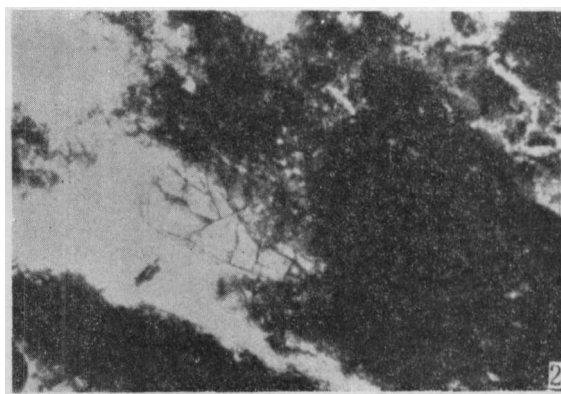
3. The pot culture of rice also shows that in addition to the effect of N,P,K content, the rice yield is also closely related to the percentage of $< 0.05 \text{ mm}$ particles and the content of available Fe in the parent materials, the correlation coefficients (r) are -0.907 and 0.948 .



照片 1 夹关组母质颗粒组成状况, >0.05 mm 颗粒为 56.7%。

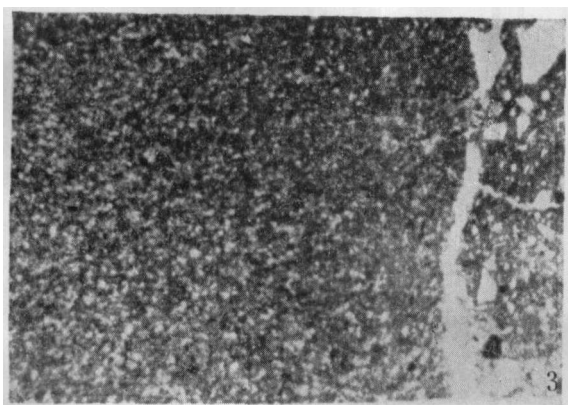
(正交偏光, $\times 50$)

Fig. 1 The particle size in the parent material of K_2j . Particles >0.05 mm are 56.7% (crossed polarised light, $\times 50$)



照片 2 夹关组母质铁质浸染物。中间白色部分可能是磷灰石。(单交偏光, $\times 160$)

Fig. 2 The black ferric contaminants in the parent material of K_2j . The white area on the centre of the thin section may be phosphate rock. (plane transmitted light, $\times 160$)

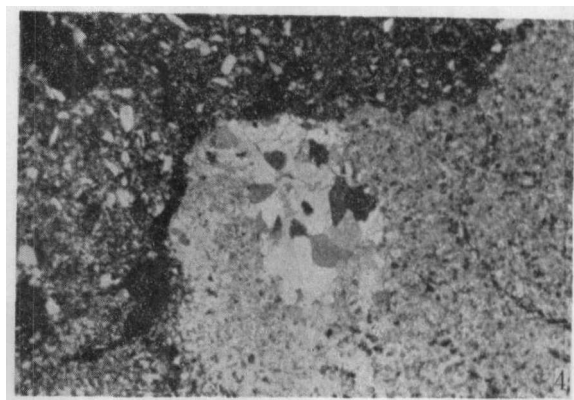


照片 3 城墙岩群母质颗粒组成状况, <0.05 mm 颗粒为 92.5%。

(单偏光, $\times 50$)

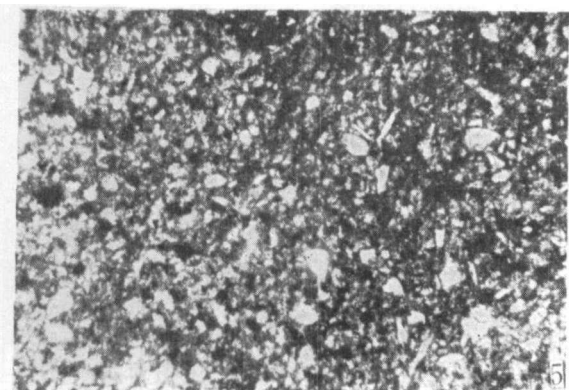
Fig. 3 The particle size in the parent material of K_1cg . Particles <0.05 mm are 92.5%.

(plane transmitted light, $\times 50$)



照片 4 城墙岩群表土碳酸盐新生体 (正交偏光, $\times 50$)

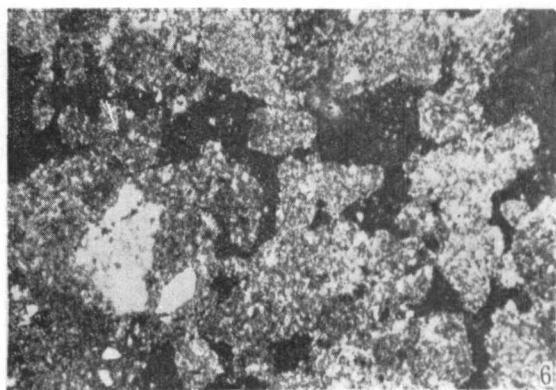
Fig. 4 The white spots on the right side of the thin section are the carbonate new growths in topsoil of K_1cg . The variegated matters on the centre are calcites. (crossed polarised light, $\times 50$)



照片 5 蓬莱镇组母质颗粒组成状况， <0.05 mm 颗粒为 79.3%。

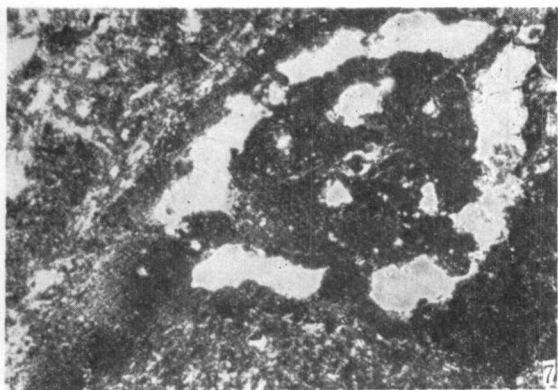
(正交偏光， $\times 50$)

Fig. 5 The particle size in the parent material of J_3p . Particles <0.05 mm are 79.3%.
(crossed polarised light, $\times 50$)



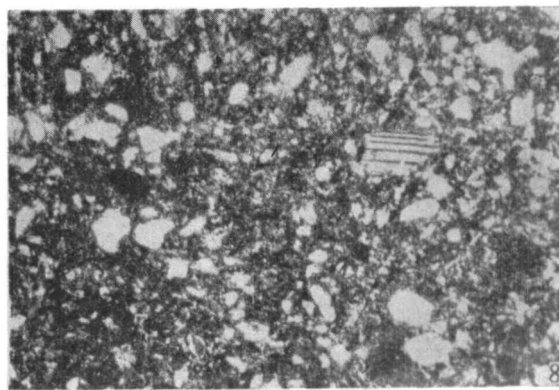
照片 6 遂宁组母质的骨骼颗粒和孔隙状况
(正交偏光， $\times 50$)

Fig. 6 The skeleton grains and voids in the parent material of J_2sn .
(crossed polarised light, $\times 50$)



照片 7 遂宁组母质洞穴中的方解石析出
(正交偏光， $\times 50$)

Fig. 7 The calcites separated from a vugh of J_2sn parent material.
(crossed polarised light, $\times 50$)



照片 8 沙溪庙组母质颗粒组成状况， <0.05 mm 颗粒为 68.9%。

(正交偏光， $\times 50$)

Fig. 8 The particle size in the parent material of J_2s Particles <0.05 mm are 68.9%.
(crossed polarised light, $\times 50$)