

# 皖南白垩纪紫红色砂页岩发育土壤的特性和系统分类

刘付程 顾也萍

胡德春 钱进

(安徽师范大学国土资源与旅游学院 芜湖市 241000)

(宣城地区土肥站)

**摘要** 分析了皖南紫、红色砂页岩上发育的6个土壤剖面的属性特征,并依据中国土壤系统分类的原则对其进行系统分类,结果表明,这6个土壤分别隶属于淋溶土和雏形土两个土纲,文章最后还简要地讨论了在皖南地区的成土环境条件下,紫红色砂页岩上发育的土壤能形成粘化层的可能原因。

**关键词** 皖南;土壤系统分类;紫红色砂页岩发育的土壤;淋溶土

皖南地区是安徽省紫红色砂页岩岩系发育土壤的主要分布区,其中以白垩纪紫红色砂页岩发育的土壤分布最广,在皖南地区的农业生产中占有重要地位。这类土壤在中国土壤发生学分类中多称为紫色土,而中国土壤系统分类中则将其归属于雏形土纲和新成土纲。但根据作者在皖南地区调查时发现,皖南白垩纪不同层位紫色沉积岩上发育的土壤除有雏形土和新成土存在外,还有部分土壤具有淋溶土的一般属性特征,依据中国土壤系统分类<sup>[1,2]</sup>的原则,可将它们归入淋溶土。

## 1 土壤形成条件

皖南地处中亚热带北缘,为亚热带季风气候,年均温16℃左右,0℃积温在5800~5900℃之间,年降水量1289~1670mm,年蒸发量1280~1580mm,据Penman公式计算所得的年干燥度为0.60~0.90,因此本区为热性土壤温度和湿润土壤水分状况<sup>[1,2]</sup>。

表1 供试土壤的成土环境条件

剖面号	采样点及海拔	地形部位及坡度	母岩类型	植被及盖度
W1(98-1)	宣州夏渡乡, 50m	岗坡脚, 14°	宣南组紫红色砂岩	草木、灌木及少量小乔林, 80%
W2(98-3)	宣州敬亭山张村, 51m	低丘下部, 14°	七房村组肉红色含砾砂岩	马尾松、草本及灌木, 60%
W3(98-4)	歙县上路村, 125m	低丘中部, 20°	齐云山组紫红色含砾砂岩	灌木及草本, 95%
W4(98-5)	歙县大理村, 155m	缓丘顶部, 10°	桂林组紫色页岩	草木、小竹, 50%
W5(98-9)	休宁车亭村, 200m	齐云山脚, 30°	齐云山组灰紫色页岩	小乔木、草本及灌木, 80%
W6(98-12)	休宁新塘村, 170m	丘陵坡脚, 30°	桂林组紫色页岩	草木及少量茶树, 50%

区内白垩纪沉积岩在休屯盆地为冲积湖泊相碎屑沉积,由暗紫、紫红色砂页岩组成;在宣郎广地区则以陆相碎屑沉积为主,多为棕红和紫红色含砾砂岩和页岩。紫色岩出露地区多构成盆地及盆缘的低丘岗地,一般坡度较缓;植被多为草灌,少数地方以乔木灌丛为主,大部分地区已被开垦,种植小麦、油菜、烟叶及茶等。

## 2 土壤理化性质

### 2.1 土壤的基本性状

W1、W2 和 W3 号剖面的色调在 5R~10R 之间(表 2),显红色,不具有典型紫色特征;W4、W5 和 W6 号剖面色调为 10RP,呈浊红紫或灰红紫,各剖面色泽通体较为均一。

W1、W2、W3 号剖面由砂岩发育而来,质地为砂壤土,其粘粒含量多在 200g/kg 以下,并含有少量砾石;W4、W5、W6 号剖面发育在页岩之上,质地为粉砂粘壤土,粘粒含量一般都在 300g/kg 左右。

粉粒/粘粒之比除 W2 和 W3 号剖面在 1.0 左右外,其余各剖面均>1.5,这在一定程度上反映了土壤矿物风化程度较低;但 W2、W4、W5 及 W6 号剖面 B 层粘化率 1.2;野外剖面观察发现,这 4 个剖面的 B 层均较为紧实,且土壤孔隙壁或结构面上均能见到较多的粘粒胶膜,这是粘粒淋淀作用的结果。除 W2 号剖面 B 层厚度较小,达不到粘化层的要求外,W4、W5、W6 号剖面均具有符合粘化层的限定条件。

W4 号剖面的 pH(H<sub>2</sub>O)较高(表 3),在 6.5 以上,呈中性或碱性反应,其 CaCO<sub>3</sub> 相当物含量变化于 1.44~2.69g/kg 之间;其余各剖面均呈酸性反应,pH(H<sub>2</sub>O)在 5.5~5.9 之间,且其 1 mol/L KCl 浸提液的 pH(KCl)均<4.5,其中 W2 号剖面的 B 层最低,其 pH(KCl)为 4.0。

表 2 土壤的基本物理性状<sup>\*</sup>

剖面号	发生层	深度(cm)	颜色(干态)	剖面描述	颗粒组成(g/kg,粒径:mm)			砂粉比	粉粘比	粘化率
					砂粒	粉粒	粘粒			
W1	A	0~11	7.5R6/4	松,碎块结构,中量细孔,多量细根	429	373	198	1.2	1.88	1.00
	Bw	11~29	7.5R5/6	稍紧,块状结构,中量中孔,中量中根	425	333	215	1.3	1.55	1.09
	BC	29~56	7.5R5/5	块状结构,半风化母质层	539	359	102	1.5	3.52	0.52
W2	A	0~12	10R6/4	松,屑粒、小块结构,中量细孔,多量根及小碎石	462	330	208	1.4	1.59	1.00
	Bw	12~29	10R6/6	紧,块状结构,有粘粒胶膜,中量根、细孔及碎石	407	240	353	1.7	0.68	1.70
	BC	29~80	10R6/6	松,块状结构,中量细孔,夹较多小碎师	532	276	192	1.9	1.44	0.92
W3	A	0~10	7.5R6/4	屑粒,碎块结构,多量细根和细孔,较多碎石	544	296	160	1.8	1.85	1.00
	Bw	10~62	7.5R4.5/6	小块状结构,较多碎石,少量细根,中量细孔	593	227	180	2.6	1.26	1.13
	BC	62~107	7.5R4/5	小块状结构,较多碎石,中量细孔	597	212	191	2.8	1.11	1.14
W4	A	0~14	10RP6/4	屑块结构,疏松,中量细孔,多量细根,中量粗根	223	546	231	0.4	2.36	1.00
	Bt1	14~32	10RP5/5	紧,小块结构,有粘粒胶膜,中量细孔,少量细根	161	528	311	0.3	1.70	1.35
	Bt2	32~58	10RP5/5	紧,小块结构,有粘粒胶膜,少量细孔和细根	128	545	327	0.2	1.67	1.42
W5	A	0~18	10RP6/4	较紧,小块结构,中量细孔,少量细根	154	548	298	0.3	1.84	1.00
	Bt1	18~43	10RP6/4	紧实,棱块结构,有较多胶膜,少量细孔和中根	81	569	350	0.1	1.63	1.20
	Bt2	43~68	10RP5/4	紧,棱块结构,有胶膜,少量细孔,少量细根	89	580	331	0.2	1.75	1.11
	BC	68~92	10RP5/4	紧,棱块结构,有胶膜,少量细孔、细根及碎石	81	593	326	0.1	1.82	1.09
W6	A	0~26	10RP6/4	稍紧,小块状结构,少量细孔,多量中根和细根	128	640	232	0.2	2.76	1.00
	Bt1	26~73	10RP6/4	紧,中块状结构,中量胶膜,少量细孔,少量中根	100	602	298	0.2	2.02	1.28
	Bt2	73~95	10RP6/4	紧,中块状结构,有中量胶膜,少量细孔	93	582	325	0.2	1.79	1.40

\* 土壤分析方法均按中国土壤系统分类分析方法规范进行,土壤颜色据中国标准土色卡记录

### 2.2 土壤的交换性能及其铁的化学性质

由表 3 可知,各剖面 B 层阳离子交换量(CEC<sub>7</sub>)除 W1 和 W3 号剖面稍低外,其余各剖面均 15cmol/kg,这与其具有相对较高的粘粒含量有关;同时 6 个剖面 B 层计算所得

粘粒阳离子交换量均在 40~85cmol/kg 粘粒之间。W3 和 W5 号剖面 B 层盐基饱和度(BS) <50%, 其它 4 个剖面均为盐基饱和(BS = 50%)。土壤 B 层铝饱和度变化较大, 以 W3 和 W5 号剖面最大, 分别为 61.9%和 87.3%,这与其盐基饱和度较小相对应; 其它 4 个剖面铝饱和度都<40%, 甚至不含交换性铝, 交换性盐基组成中均以交换性  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 为主, 两者之和在 90%以上; 交换性酸组成中以交换性  $\text{Al}^{3+}$ 占绝对优势(W4 号剖面除外), 且各剖面 B 层交换性  $\text{Al}^{3+}$ 与相应层次粘粒含量的比值均>12cmol/kg 粘粒, 变化于 15.63~38.29cmol/kg 粘粒之间。综合考虑它们的粘粒阳离子交换量、pH(KCl)可知, 除 W4 号剖面外, 其余 5 个剖面均具有铝质现象<sup>[2]</sup>。

表 3 也给出了供试土壤不同形态铁的组成, 全铁 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,下同) 含量剖面间差别较大, W1 号剖面最低, 全剖面都不足 40g/kg;W5 号剖面最高, 除表层稍低外, 其它层次均在 70g/kg 左右。总的看来, 色调偏紫的土壤, 全铁含量均相对较高。土壤 B 层游离铁含量除 W1 号剖面略低于 20g/kg 外, 其它剖面均 >20g/kg; 铁游离度 W2 号剖面最低(38.7%), 其余剖面均 >40%。由此可见, 6 个剖面均具有铁质特性<sup>[1,2]</sup>。

表 3 土壤的化学性质

剖面号	发生层	有机质 (g/kg)	PH		CEC <sub>7</sub>	交换性盐基总量	交换性酸		粘粒 CEC <sub>7</sub>	粘粒 1/3Al <sup>3+</sup>	盐基饱和度	铝饱和度	全铁 (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , g/kg)	游离铁	游离度 (%)
			(H <sub>2</sub> O)	(KCl)			总量	1/3Al <sup>3+</sup>							
			(cmol/kg)				(cmol/kg 粘粒)								
w1	A	27.4	5.2	4.2	11.58	6.03	3.77	3.41	58.48	17.20	52.1	36.1	31.0	15.18	49.0
	Bw	11.0	5.5	4.3	12.62	8.29	3.57	3.36	58.70	15.63	65.7	28.8	37.0	18.72	50.6
	BC	4.6	5.9	4.6	14.57	12.84	0.75	0.68	142.84	6.67	88.1	5.0	37.3	15.92	42.7
w2	A	20.9	5.2	4.1	18.43	10.25	8.37	7.99	88.61	38.41	55.6	43.8	41.6	16.97	40.8
	Bt	12.2	5.4	4.0	29.81	18.99	11.65	11.10	84.45	31.44	63.7	36.9	58.3	22.59	38.7
	BC	10.0	5.5	4.0	30.55	26.67	4.03	3.37	159.11	17.55	87.3	11.2	59.5	22.29	37.5
w3	A	17.3	5.5	4.4	10.68	6.46	0.78	0.62	66.75	3.88	60.5	8.8	33.6	18.71	55.7
	Bw	8.9	5.4	4.2	7.49	2.44	4.03	3.96	41.61	22.00	32.6	61.9	41.8	22.65	54.2
	BC	6.0	5.4	4.2	8.22	3.61	3.34	3.34	43.04	17.49	43.9	48.1	45.0	23.96	53.2
w4	A	19.5	6.5		14.40				62.34		100		42.9	16.91	39.4
	Bt1	8.6	7.1		17.50				56.27		100		47.2	19.05	40.4
	Bt2	7.0	7.5		18.35				56.12		100		50.5	20.00	40.0
w5	A	18.1	5.0	4.1	10.27	2.03	8.05	7.86	34.46	26.38	19.8	79.5	47.8	22.61	47.3
	Bt1	8.4	5.0	4.1	14.52	1.95	13.67	13.40	41.49	38.29	13.4	87.3	69.6	27.88	40.1
	Bt2	5.7	5.0	4.1	16.47	1.63	13.99	13.94	49.76	42.11	9.9	89.5	68.6	28.98	42.2
	BC	7.1	5.4	4.1	16.19	1.99	12.03	12.46	49.66	34.42	12.3	86.2	75.1	32.79	43.7
w6	A	17.8	5.9	4.4	15.42	11.54	1.00	0.88	66.47	3.79	74.8	47.1	49.9	21.67	43.4
	Bt1	12.4	5.6	4.1	15.97	8.96	4.82	4.41	53.59	14.80	56.1	33.0	53.6	23.40	43.7
	Bt2	8.6	5.4	4.0	18.35	9.99	6.84	6.56	56.46	20.18	54.4	39.6	60.6	25.81	42.6

### 2.3 土体和粘粒的全量组成

表 4 和表 5 分别给出了供试土壤 B 层土体和粘粒的全量化学组成, 从中可以看出以下特点: 绝大多数剖面 B 层土体和粘粒中 CaO 含量均不高, 表明土壤受到较强的淋溶作用, W2 号剖面 B 层土体 CaO 含量相对较高, 这与其发育在钙质母岩上有关; 各剖面 B 层的 Ba 值中等, 均在 0.4~0.7 之间; MgO 的含量剖面间差异较大, 可能与土壤粘土矿物组成不同有关, 但 K<sub>2</sub>O 的含量无论是土体还是粘粒中均较高, 说明土壤中可风化物尚多, 粘粒的硅铝率和硅铝铁率均较高, 分别在 3.62~5.44 和 2.94~4.11 之间, 进一步表明土

壤矿物的风化作用较弱。

表 4 土体 (<2mm) 化学全量分析 (以烘干土重为基础, g/kg)

剖面号	发生层	深度 (cm)	烧失量	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	MnO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ba
W1	Bw	11~29	51.0	734.5	37.0	122.5	2.9	12.2	7.1	0.23	21.0	7.1	0.65	0.58
W2	Bt	12~29	77.3	603.5	58.3	189.3	21.7	4.9	6.9	0.55	27.6	9.0	0.57	0.51
W3	Bw	10~62	45.6	762.7	41.8	108.1	5.0	3.6	6.9	0.35	18.6	2.9	0.60	0.40
W4	Bt2	32~58	49.8	686.5	50.5	141.8	3.5	18.2	7.7	0.93	25.8	11.6	1.10	0.70
W5	Bt1	18~43	60.2	591.6	69.6	202.6	1.2	22.1	8.7	0.33	36.8	3.5	1.06	0.51
W6	Bt2	73~95	59.9	635.0	60.6	174.7	0.9	27.3	8.6	0.90	27.7	4.6	0.96	0.62

表 5 主要发生层粘粒 (<0.002mm) 全量分析 (以烘干土重为基础, g/kg)

剖面号	发生层	深度 (cm)	烧失量	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	MnO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>
				Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>							
W1	Bw	11~29	92.6	563.0	77.0	205.5	6.4	15.2	8.8	0.30	24.8	2.78	1.02	3.75	4.65	19.43
W2	Bt	12~29	111.5	541.6	76.9	219.5	7.7	12.6	5.2	0.32	19.6	2.34	0.91	3.42	4.19	18.72
W3	Bw	10~62	92.1	550.7	79.1	230.7	4.3	9.4	6.1	0.34	21.3	2.17	1.17	3.32	4.05	18.50
W4	Bt2	32~58	82.9	568.5	90.1	177.4	6.1	22.1	8.0	0.64	39.6	2.54	1.60	4.11	5.44	16.77
W5	Bt1	18~43	77.0	550.6	96.8	191.0	7.2	26.1	6.6	0.48	41.2	1.64	1.48	3.70	4.89	15.12
W6	Bt2	73~95	77.0	513.2	88.0	240.5	0.0	30.2	7.3	0.83	38.7	1.92	1.69	2.94	3.62	15.50

### 3 土壤系统分类

根据 6 个土壤剖面的形态特征和理化性质, 分别将其所具有的诊断层和诊断特性列于表 6, 并据此按中国土壤系统分类<sup>[2]</sup>检索定名。

由表 6 可知, 6 个剖面均具有淡薄表层, W4、W5 和 W6 号剖面有粘化层, W1、W2 和 W3 号剖面有雏形层, 除此无其它诊断层。因此前一组剖面属淋溶土纲, 后一组剖面属雏形土纲。同时 6 个剖面以都具有热性土壤温度和湿润土壤水分状况, 因此, 它们分别属于湿润淋溶土亚纲和湿润雏形土亚纲。

表 6 供试土壤的诊断层、诊断特性及其系统分类名称

剖面号	淡薄表层	雏形层	粘化层	紫色砂、页岩岩性特征	红色砂、页、砾岩岩性特征	湿润土壤水分状况	热性土壤温度状况	铁质特性	铝质现象	系统分类名称 (亚类)
W1										普通铝质湿润雏形土
W2										普通铝质湿润雏形土
W3										普通铝质湿润雏形土
W4										普通铁质湿润淋溶土
W5										普通铝质湿润淋溶土
W6										普通铝质湿润淋溶土

3 个湿润淋溶土剖面均具有铁质特性, 其中 W5、W6 号剖面又具有铝质现象。由于在系统分类检索中, 铝质现象优先被检索出, 因此 W5、W6 号剖面均属铝质湿润淋溶土土类, 其亚类检索结果均为普通铝质湿润淋溶土; W4 号剖面为铁质湿润淋溶土土类, 其亚类检索为普通铁质湿润淋溶土。3 个湿润雏形土均具有铁质特性和铝质现象, 属铝质湿润雏形土土类中的普通铝质湿润雏形土亚类。

#### 4 问题讨论

1. 由于物源与沉积环境的差异,我国亚热带地区中生代沉积岩多显紫色或红色,这种紫色或红色的沉积岩往往具有相似的风化和成土过程,形成的土壤可能具有紫色或红色砂、页、砾岩岩性特征(据中国标准土色卡比色)。因此,发生学分类制中的紫色土并非纯紫色之土壤,往往包含有更宽的色调范围。而系统分类正是采用了对土壤色调进行量化的方法,首先从土壤的颜色形态特征将二者区分开,明确了在系统分类中紫色土是具有色调为P或RP的土壤类型,使得“紫色土”具有名副其实的“紫色”。这正体现了中国土壤系统分类量化的原则。

2. 一般认为,紫红色砂页岩系上发育的土壤,其成土过程总是伴随着母岩的崩解风化和水土流失过程。因此,其土层一般都很浅薄、剖面发育较差,不可能形成具有粘化层的淋溶土。但据我们在皖南地区的野外调查发现,在一些地形部位较低或植被保持良好,基本无侵蚀的地方,这类土壤的土层相对较为深厚,并有粘化层出现;而在其它地区,已有的文献<sup>[3-5]</sup>也给出过类似的剖面描述,如剖面发育较好,B层有较多的粘粒胶膜且粘化率较高(1.2),同时还提出了诸如粘化紫色土和黄壤性土等名称。这些都表明紫红色砂页岩上发育的土壤中可能有淋溶土发育。我们认为,紫红色砂页岩上发育的土壤在保持着母岩岩性特征的同时,完全具备形成淋溶土的物质基础和环境条件。首先,这类土壤的成土母岩中一般都含有大量的粘粒物质,因此无需经过漫长的原生矿物风化过程,土壤就可以继承这些粘粒物质;并且这些粘粒往往都是高活性的(ECE 24coml/kg粘粒),易于随水分发生迁移,这正是粘化层形成的物质基础;其次,我国紫红色砂页岩发育的土壤的分布区主要是亚热带季风气候区,除了能为粘粒的迁移提供充足的水分条件外,其季节性干旱(如皖南地区每年的夏秋之交的4个月月干燥度都>1)又有利于粘粒的淀积<sup>[2]</sup>。也正是这种内外部条件促成了粘化层的形成。由此看来,紫红色砂页岩上发育的土壤中形成淋溶土是可能的。

上述观点只是笔者在皖南地区从事调查时得出的初步结论,诸多问题还有待深入研究,这对进一步完善中国土壤系统分类体系,尤其是我国亚热带地区的紫红色砂页岩上发育的土壤在中国土壤系统分类中的归属问题将是有所裨益的。

#### 参考文献

- 1 中国科学院南京土壤研究所土壤系统分类课题组. 中国土壤系统分类(修订方案). 北京: 科学出版社, 1995, 18~147
- 2 龚子同等著. 中国土壤系统分类. 北京: 科学出版社, 1999
- 3 田光龙, 李仲明. 不同自然条件下紫色母岩发育土壤的研究. 土壤农化通报, 1987, 2(1、2): 18~26
- 4 石承苍. 浅论四川盆地土壤分类. 土壤农化通报, 1987, 2(4): 11~17
- 5 王庆云, 徐能海主编. 湖北省土系概要. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1997, 160~162