

湘东第四纪红色黏土发育的典型土壤在中国土壤系统分类中的归属^①

欧阳宁相, 张杨珠*, 盛浩, 周清, 黄运湘, 廖超林, 罗兰芳, 袁红

(湖南农业大学资源环境学院, 长沙 410128)

摘要: 选取湖南省东部地区 12 个由第四纪红色黏土发育的典型土壤剖面, 在对其成土环境、剖面形态特征及其理化性质进行研究的基础上, 按照中国土壤系统分类方案, 检索出了其诊断层和诊断特性, 据此确定了其在中国土壤系统分类中的归属。结果表明, 供试土壤剖面包含了淡薄表层、暗瘠表层、低活性富铁层、黏化层、聚铁网纹层等 10 个诊断层和诊断特性, 其在中国系统分类体系中的位置分别为: 淋溶土、富铁土和雏形土 3 个土纲; 湿润淋溶土、湿润富铁土和湿润雏形土 3 个亚纲; 筒育湿润富铁土、铝质湿润淋溶土和铝质湿润雏形土 3 个土类; 暗红筒育湿润富铁土、表蚀筒育湿润富铁土、网纹筒育湿润富铁土等 6 个亚类; 按照土族和土系划分标准, 建立了黏质高岭石型酸性热性-普通铝质湿润淋溶土等 9 个土族和燕塘系(43-LY01)等 12 个土系。研究发现: 受亚热带气候影响, 许多土壤剖面发生了富铁铝化过程, 且由于淋溶强烈, 形成了聚铁网纹层, 而现行的《中国土壤系统分类检索(第三版)》还不能给出一个合适的位置, 因此建议在铝质湿润淋溶土亚类中增设一个可以反映相关特性的网纹铝质湿润淋溶土亚类。

关键词: 湘东地区; 红壤; 诊断层; 诊断特性; 系统分类; 基层分类

中图分类号: S155 文献标识码: A

土壤分类是土壤学科发展的标志^[1], 由于传统的土壤发生分类体系存在分类边界模糊、划分指标不定量等缺点, 为了解决这些问题, 美国土壤学家于 20 世纪 50 年代提出了土壤系统分类, 土壤系统分类是运用诊断层和诊断特性对土壤进行定量划分^[2], 经过半个多世纪的研究, 土壤系统分类已有长足的进展^[3-4]。为了使我国土壤分类适应定量化、标准化和国际化的趋势, 我国于 20 世纪 80 年代开展了中国土壤系统分类研究^[5-7], 其中土壤系统分类的基层分类研究最先在我国东部^[8-19]进行初步探索, 对中西部地区基层分类探索的研究还较少, 大量研究都是讨论高级分类单元的划分, 因此加强我国中西部地区土壤系统分类中基层分类的建立是十分必要的任务。

湖南省东部(简称湘东地区, 下同)属于中亚热带季风气候, 该区域土壤由第四纪红色黏土发育, 在全国第二次土壤普查制定的土壤分类体系中属于红壤土类^[20], 根据气候条件与成土环境的差异, 湖南红壤在亚类上又区分为红壤、黄红壤、棕红壤、红壤性

土 4 个亚类^[21], 但在土壤系统分类中的归属位置, 至今未见相关研究。本研究在对湖南东部 12 个第四纪红色黏土发育的典型土壤剖面的成土环境、剖面形态特征及其理化性质进行系统研究的基础上, 按照中国土壤系统分类方案^[6], 确定了其诊断层和诊断特性, 进行了其高级分类单元与基层分类单元的划分, 确定了其在中国系统分类中的归属。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

本研究的 12 个取样点位于湘东地区(图 1), 包含长沙、株洲、湘潭和岳阳 4 个地级市, 属于中亚热带季风区, 年均气温在 16~19℃, 年降雨量为 1300~1500 mm; 地貌类型包括山地、丘陵和平原; 复杂的成土母质、地形地貌和气候条件造就了该地区复杂的土壤类型。

1.2 供试土壤成土环境

本研究参照《湖南土壤》^[20]中对第四纪红土红壤的描述与分类以及全国第二次土壤普查数据, 结合

基金项目: 国家科技基础性工作专项课题(2014FY110200)资助。

* 通讯作者(zhangyangzhu2006@163.com)

作者简介: 欧阳宁相(1992—), 男, 湖南宁远人, 主要研究方向为土壤地理学。E-mail: ouyangningxiang92@163.com

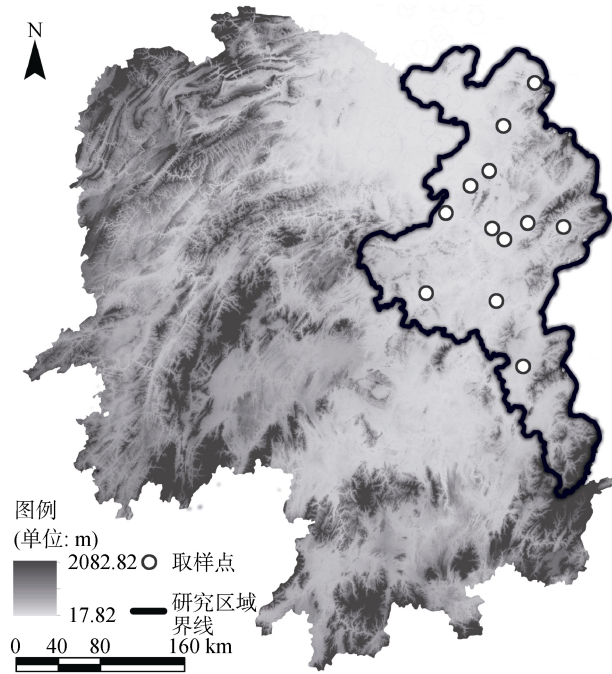


图 1 供试土壤地理位置示意图

Fig. 1 Geographic location of studied soil profiles in Hunan Province

母质分布图、土地利用现状图、高程图等, 确定 12 个第四纪红土红壤取样点的分布信息与剖面成土环境(图 1 和表 1)。

1.3 样点采集与分析

在选择取样点位后, 依照《野外土壤描述与采样手册(定稿, 2015)》的要求, 挖掘标准土壤剖面(深 1.5~2.0 m, 宽 1.2 m), 划分土壤发生层, 对土壤剖面进行详细描述, 拍照剖面以及周围景观。

土壤测定项目与方法: 全氮: 凯氏定氮法; 全磷: 碱熔-钼锑抗比色法; 全钾: 碱熔-火焰光度法; 机械组成: 吸管法; 有机质: 重铬酸钾外加热法; pH: 电位法(液土比 2.5:1); 阳离子交换量及交换性盐基组成: 乙酸铵交换法(阳离子交换总量: 凯氏定氮法, K^+ 、 Na^+ : 火焰光度法, Ca^{2+} 、 Mg^{2+} : EDTA 滴定); 交换性氢、铝: 氯化钾交换-中和滴定法; 全铁、铝、硅: 碳酸锂-硼酸熔融法; 土壤游离铁: 连二亚硫酸钠-柠檬酸钠-重碳酸钠法(DCB 法); 活性铁: 草酸-草酸铵提取法^[22]。

表 1 供试土壤的成土环境

Table 1 Soil forming environment of studied soil profiles

剖面	采样地点	经纬度	海拔(m)	坡度	地形部位	植被类型	成土母质	土地利用
43-LY01	长沙市浏阳市古港镇燕塘村	113.751017°E, 28.285717°N	114	7°	低丘上坡	常绿阔叶林	第四纪红色黏土	旱地
43-CS01	长沙市长沙县榔梨乡红光村	113.108417°E, 28.2014°N	66	10°	低丘上坡	常绿矮小灌木	第四纪红色黏土	旱地
43-CS02	长沙市长沙县黄花镇合心村	113.1662E, 28.2045 N	63	15°	低丘中坡	常绿矮小灌木	第四纪红色黏土	旱地
43-CS11	长沙市宁乡县朱良桥乡左山村	112.656833°E, 28.4704°N	41	5°	低丘中坡	常绿灌木	第四纪红色黏土	旱地
43-CS15	长沙市浏阳市淳口镇鹤源社区	113.499017°E, 28.30625°N	109	15°	低丘下坡	油茶	第四纪红色黏土	旱地
43-ZZ02	株洲市株洲县南阳桥乡南烟冲村	113.1614°E, 27.647067°N	75	10°	低丘上坡	常绿灌木	第四纪红色黏土	旱地
43-ZZ08	株洲市攸县上云桥乡高岸村	113.36525°E, 27.072367°N	105	10°	低丘下坡	常绿针阔叶林	第四纪红色黏土	旱地
43-XT03	湘潭市湘乡市泉塘镇泉塘村	112.468617°E, 27.7323°N	77	5°	低丘下坡	常绿灌木	第四纪红色黏土	旱地
43-YY04	岳阳市汨罗市古培镇于临村	113.055467°E, 28.741733°N	69	20°	低丘上坡	常绿针阔叶林	第四纪红色黏土	旱地
43-YY06	岳阳市湘阴县长康镇白马村	112.92835°E, 28.63735°N	56	10°	低丘下坡	常绿阔叶林	第四纪红色黏土	旱地
43-YY07	岳阳市临湘市五里乡千叶村	113.54095°E, 29.487517°N	83	7°	低丘中坡	禾本植物	第四纪红色黏土	旱地
43-YY12	岳阳市岳阳县新墙乡双港村	113.2232°E, 29.11525°N	48	20°	低丘下坡	常绿针阔叶林	第四纪红色黏土	旱地

2 结果

2.1 供试土壤剖面形态特征与主要理化性质

表 2 为湘东地区 12 个第四纪红土红壤剖面的形态特征描述。从土壤润态颜色来看, 土壤色调介于 2.5YR~10R, 明度介于 3~5, 彩度介于 4~8, 大部分剖面均表现为至上而下明度逐渐变亮。43-LY01 剖面表层土壤为团粒状, 下层均为块状, 松紧度至上而下逐渐增大, 孔隙度逐渐降低, 下层有中量黏粒胶膜, 104~194 cm 处出现少量锰斑纹; 43-CS01 剖面土壤结构通体为块状, 松紧度至上而下逐渐增大, 孔隙度

逐渐降低, 通体均有少量的铁锰斑纹, 下层有黏粒-铁锰胶膜; 43-CS02 剖面土壤结构为块状, 表层土壤疏松, 下层松紧度至上而下逐渐增大, 20~200 cm 处有少量铁锰斑纹和中量黏粒-铁锰胶膜; 43-CS11 剖面表层土壤为团粒状, 下层为块状, 耕作层土壤疏松, 下层土壤中量铁锰斑纹, 中量黏粒铁锰胶膜; 43-CS15 剖面表层土壤结构为团粒状, 疏松, 下层土壤有少量黏粒胶膜; 43-ZZ02 剖面表层土壤结构为团粒状, 疏松, 下层土壤有大量黏粒胶膜, 底层土壤有少量铁锰斑纹; 43-ZZ08 剖面表层土壤结构为团粒状, 疏松, 下层土壤有中量黏粒胶膜; 43-XT03 剖面表层土壤结

表 2 供试土壤的剖面特性
Table 2 Profile morphological characteristics of studied soil profiles

剖面	深度 (m)	发生层	颜色		土壤结构	松散状况	孔隙度	土壤新生体
			干态	润态				
43-LY01	0~27	A	5YR 6/6	2.5YR 4/8	团粒状	稍坚实	高	-
	27~49	AB	5YR 6/8	2.5YR 4/8	中块状	稍坚实	中	-
	49~104	B1	5YR 7/8	2.5YR 4/8	大块状	很坚实	低	中量黏粒胶膜
	104~145	B2	5YR 7/8	2.5YR 4/8	大块状	很坚实	低	少量铁锰斑纹、中量黏粒胶膜
	145~194	B3	5YR 7/6	2.5YR 5/8	大块状	很坚实	低	少量铁锰斑纹、少量黏粒胶膜
43-CS01	0~37	A	2.5YR 4/8	10R 3/6	小块状	疏松	很高	少量铁锰斑纹
	37~77	B1	2.5YR 5/8	10R 4/6	大块状	稍坚实	高	少量铁锰斑纹、中量黏粒-铁锰胶膜
	77~121	B2	2.5YR 5/6	10R 4/6	大块状	坚实	中	少量铁锰斑纹、大量黏粒-铁锰胶膜
	121~145	B3	2.5YR 6/6	10R 5/8	大块状	很坚实	低	少量铁锰斑纹、中量黏粒-铁锰胶膜
43-CS02	0~20	A	5YR 4/8	10R 3/4	小块状	疏松	很高	-
	20~62	AB	5YR 4/6	10R 3/6	小块状	稍坚实	高	中量铁锰斑纹、中量黏粒胶膜
	62~137	B1	5YR 5/8	10R 3/6	中块状	坚实	中	中量铁锰斑纹、大量黏粒胶膜
	137~200	B2	5YR 5/6	10R 4/4	中块状	很坚实	低	大量铁锰斑纹、中量黏粒-铁锰胶膜
43-CS11	0~13	Ap	7.5YR 5/6	5YR 3/6	团粒状	疏松	高	-
	13~33	Apb	7.5YR 7/4	5YR 4/6	中块状	疏松	中	少量铁锰斑纹、少量黏粒胶膜、少量铁锰结核
	33~71	B1s1	7.5YR 6/4	5YR 5/8	中块状	坚实	低	中量铁锰斑纹、中量黏粒-铁锰胶膜、中量铁锰结核
	71~100	B1s2	7.5YR 8/6	5YR 5/8	大块状	坚实	低	中量铁锰斑纹、中量黏粒-铁锰胶膜、大量铁锰结核
	100~150	B1s3	7.5YR 8/4	5YR 6/8	大块状	很坚实	很低	中量铁锰和高岭斑纹、中量黏粒-铁锰胶膜、大量铁锰结核
43-CS15	0~20	Au	2.5YR 6/6	10R 4/4	团粒状	松散	高	-
	20~40	B1	2.5YR 6/8	10R 4/6	中块状	疏松	中	-
	40~90	B2	2.5YR 6/8	10R 4/8	中块状	疏松	低	少量黏粒胶膜
	90~119	B3	2.5YR 7/8	10R 3/8	大块状	疏松	低	少量黏粒胶膜
	119~160	BC	2.5YR 7/8	10R 3/8	大块状	稍坚实	低	-
43-ZZ02	0~7	A	5YR 5/4	10R 4/3	团粒状	疏松	高	-
	7~40	BA	5YR 7/6	10R 4/6	中块状	疏松	中	大量黏粒胶膜
	40~65	B1	5YR 6/6	10R 3/6	中块状	稍坚实	低	大量黏粒胶膜
	65~120	B2	5YR 6/6	10R 3/6	大块状	坚实	低	大量黏粒胶膜
	120~140	Bs	5YR 6/8	10R 4/6	大块状	很坚实	很低	大量黏粒胶膜、少量铁锰斑纹
43-ZZ08	0~25	A	5YR 6/8	2.5YR 3/6	团粒状	松散	很高	-
	25~100	B1	5YR 5/8	2.5YR 3/6	中块状	疏松	高	少量黏粒胶膜
	100~170	B2	5YR 6/6	2.5YR 4/6	中块状	疏松	高	中量黏粒胶膜
	170~200	B3	5YR 5/8	2.5YR 5/8	大块状	坚实	中	中量黏粒胶膜
43-XT03	0~30	A	7.5YR 5/8	5YR 3/3	团粒状	松散	很高	-
	30~60	AB	7.5YR 6/6	5YR 3/6	小块状	疏松	高	-
	60~150	B	7.5YR 5/8	5YR 5/8	中块状	坚实	中	中量黏粒胶膜、少量铁锰斑纹
	150~200	BC	7.5YR 6/8	5YR 5/8	大块状	很坚实	低	-
43-YY04	0~20	A	5YR 3/6	5YR 3/6	小块状	松散	很高	少量铁斑纹
	20~60	B	5YR 4/4	5YR 3/6	中块状	坚实	高	中量铁斑纹、中量黏粒胶膜
	60~100	B1s1	5YR 4/6	5YR 5/8	大块状	很坚实	中	大量铁锰斑纹、中量黏粒-铁锰胶膜、中量铁锰结核
	100~160	B1s2	5YR 5/8	5YR 4/8	大块状	很坚实	低	大量铁锰斑纹、中量黏粒-铁锰胶膜、大量铁锰结核
	160~200	B1s3	5YR 6/8	5YR 5/8	大块状	极坚实	很低	大量铁锰斑纹、中量黏粒-铁锰胶膜、大量铁锰结核

续表

剖面	深度 (m)	发生层	颜色		土壤结构	松紧状况	孔隙度	土壤新生体
			干态	润态				
43-YY06	0~20	A	7.5YR 4/4	2.5YR 3/3	小块状	疏松	很高	-
	20~55	AB	7.5YR 6/8	2.5YR 4/6	大块状	疏松	高	少量黏粒胶膜
	55~95	B	7.5YR 6/8	2.5YR 4/6	大块状	坚实	中	中量铁斑纹、中量黏粒胶膜
	95~170	Bls1	7.5YR 5/4	2.5YR 4/8	大块状	很坚实	低	中量铁锰斑纹、中量黏粒-铁锰胶膜
	170~200	Bls2	7.5YR 5/6	2.5YR 5/8	大块状	极坚实	很低	大量铁锰斑纹、中量黏粒-铁锰胶膜、中量锰结核
43-YY07	0~40	A	10YR 5/6	5YR 3/3	小块状	极疏松	很高	-
	40~60	B	10YR 7/6	5YR 4/6	大块状	疏松	高	中量铁锰斑纹、中量黏粒-铁锰胶膜
	60~120	Bls1	10YR 8/4	5YR 4/8	大块状	坚实	中	大量铁锰斑纹、大量黏粒-铁锰胶膜、少量锰结核
	120~200	Bls2	10YR 8/6	5YR 5/6	大块状	很坚实	低	大量铁锰斑纹、大量黏粒-铁锰胶膜、少量锰结核
43-YY12	0~20	A	10YR 5/6	7.5YR 3/3	小块状	疏松	高	少量铁锰斑纹、中量黏粒-铁锰胶膜
	20~60	B	10YR 6/6	7.5YR 4/6	大块状	坚实	中	中量铁锰斑纹、大量黏粒-铁锰胶膜
	60~115	Bls1	10YR 7/6	7.5YR 5/6	大块状	很坚实	低	大量铁锰斑纹、大量黏粒-铁锰胶膜
	115~200	Bls2	10YR 7/8	7.5YR 5/8	大块状	极坚实	低	大量铁锰斑纹、大量黏粒-铁锰胶膜、中量锰结核

注：Ap 为耕作层，A_{pb} 为埋藏熟化层，Au 为人为堆积层，Bs 为铁锰斑纹层，Bls 为聚铁网纹层。

构为团粒状，疏松，60~150 cm 处有中量黏粒胶膜、少量锰斑纹；43-YY04 剖面表层土壤疏松，剖面通体有铁锰斑纹，并逐层加深，下层土壤有中量黏粒-铁锰胶膜；43-YY06 表层土壤疏松，下层土壤有中量黏粒-铁锰胶膜，20~200 cm 有中量铁锰斑纹；43-YY07 剖面表层土壤极疏松，下层土壤有中量的黏粒-铁锰胶

膜、铁锰斑纹和少量的铁锰结核；43-YY12 剖面表层土壤疏松，剖面通体有黏粒-铁锰胶膜和铁锰斑纹。

表 3 和表 4 为供试土壤各层次用于确定土系分类的相关理化性质的测定结果。从测试结果可看出，12 个剖面各个层次的盐提 pH 均小于 4.5，为酸性；剖面各层次黏粒含量介于 301.86 ~ 606.74 g/kg，

表 3 供试土壤的物理性质
Table 3 Physical properties of studied soil profiles

剖面	深度 (m)	颗粒组成(g/kg)			质地 (USDA 制)	黏化率 (%)	粉黏比	容重 (g/cm ³)
		砂粒 2.00~0.05 mm	粉粒 0.05~0.002 mm	黏粒<0.002 mm				
43-LY01	0~27	466.54	19.26	514.20	黏土	-	0.04	1.49
	27~49	440.54	31.00	528.47	黏土	1.03	0.06	1.46
	49~104	383.15	45.58	571.27	黏土	1.11	0.08	1.45
	104~145	373.83	51.88	574.29	黏土	1.12	0.09	1.62
	145~194	339.38	53.89	606.74	黏土	1.18	0.09	1.60
43-CS01	0~37	183.48	302.80	513.72	黏土	-	0.59	1.35
	37~77	230.44	224.63	544.93	黏土	1.06	0.41	1.32
	77~121	235.29	259.75	504.96	黏土	0.98	0.51	1.48
	121~145	143.88	363.95	492.17	黏土	0.96	0.74	1.60
43-CS02	0~20	187.66	403.04	409.30	黏土	-	0.98	1.29
	20~62	148.08	402.67	449.26	黏土	1.10	0.90	1.28
	62~137	163.94	344.96	491.10	黏土	1.20	0.70	1.32
	137~200	272.08	363.95	363.97	黏壤土	0.89	1.00	1.48
43-CS11	0~13	400.80	194.17	405.03	砂质黏土	-	0.48	1.27
	13~33	215.35	329.05	455.60	黏土	1.12	0.72	1.07
	33~71	244.69	308.64	446.66	黏土	1.10	0.69	1.44
	71~100	321.54	189.63	488.83	黏土	1.21	0.39	1.47
	100~150	374.68	128.43	496.89	黏土	1.23	0.26	1.71

续表

剖面	深度 (m)	颗粒组成(g/kg)			质地 (USDA 制)	黏化率 (%)	粉黏比	容重 (g/cm ³)
		砂粒 2.00 ~ 0.05 mm	粉粒 0.05 ~ 0.002 mm	黏粒 < 0.002 mm				
43-CS15	0 ~ 20	464.76	222.68	312.56	砂质黏壤土	-	0.71	1.30
	20 ~ 40	484.78	189.39	325.83	砂质黏壤土	1.04	0.58	1.53
	40 ~ 90	557.41	140.73	301.86	砂质黏壤土	0.97	0.47	1.45
	90 ~ 119	573.32	116.37	310.31	砂质黏壤土	0.99	0.38	1.58
	119 ~ 160	585.78	91.82	322.40	砂质黏壤土	1.03	0.28	1.72
43-ZZ02	0 ~ 7	226.47	377.11	396.42	黏壤土	-	0.95	1.17
	7 ~ 40	353.28	160.08	486.63	黏土	1.23	0.33	1.17
	40 ~ 65	375.57	145.82	478.61	黏土	1.21	0.30	1.31
	65 ~ 120	396.90	173.37	429.73	黏土	1.08	0.40	1.38
	120 ~ 140	408.94	173.09	417.97	黏土	1.05	0.41	1.50
43-ZZ08	0 ~ 25	218.27	249.15	532.58	黏土	-	0.47	0.99
	25 ~ 100	205.06	253.46	541.48	黏土	1.02	0.47	1.31
	100 ~ 170	223.49	231.65	544.86	黏土	1.02	0.43	1.33
	170 ~ 200	231.77	247.50	520.73	黏土	0.98	0.48	1.48
43-XT03	0 ~ 30	256.05	399.01	344.94	黏壤土	-	1.16	1.43
	30 ~ 60	241.84	366.34	391.83	黏壤土	1.14	0.93	1.45
	60 ~ 150	205.79	381.05	413.16	黏土	1.20	0.92	1.51
	150 ~ 200	161.77	378.29	459.94	黏土	1.33	0.82	1.43
43-YY04	0 ~ 20	217.21	333.36	449.43	黏土	-	0.74	1.51
	20 ~ 60	175.03	318.57	506.40	黏土	1.13	0.63	1.50
	60 ~ 100	235.49	267.73	496.77	黏土	1.11	0.54	1.62
	100 ~ 160	342.13	275.65	382.21	黏壤土	0.85	0.72	1.65
	160 ~ 200	362.01	277.24	360.75	黏壤土	0.80	0.77	1.69
43-YY06	0 ~ 20	84.73	474.12	441.14	粉砂质黏土	-	1.07	1.28
	20 ~ 55	230.85	351.09	418.06	黏土	0.95	0.84	1.26
	55 ~ 95	173.04	396.16	430.80	黏土	0.98	0.92	1.28
	95 ~ 170	204.02	353.75	442.23	黏土	1.00	0.80	1.54
	170 ~ 200	247.61	337.04	415.34	黏土	0.94	0.81	1.64
43-YY07	0 ~ 40	270.98	311.85	417.17	黏土	-	0.75	1.34
	40 ~ 60	173.00	359.98	467.01	黏土	1.12	0.77	1.45
	60 ~ 120	134.16	365.48	500.36	黏土	1.20	0.73	1.54
	120 ~ 200	169.37	313.55	517.08	黏土	1.24	0.61	1.50
43-YY12	0 ~ 20	331.43	356.02	312.54	黏壤土	-	1.14	1.53
	20 ~ 60	273.97	388.51	337.53	黏壤土	1.08	1.15	1.59
	60 ~ 115	231.24	409.92	358.84	黏壤土	1.15	1.14	1.60
	115 ~ 200	246.32	355.13	398.55	黏壤土	1.28	0.89	1.67

表 4 供试土壤的化学性质
Table 4 Chemical properties of studied soil profiles

剖面	深度 (m)	pH(1:2.5)		黏粒 CEC ₇ (cmol(+)/kg)	铝饱和度 (%)	全铁 (g/kg)	游离铁 (g/kg)	游离度 (%)
		H ₂ O	KCl					
43-LY01	0 ~ 27	4.34	4.06	34.94	72.83	68.35	55.04	80.53
	27 ~ 49	4.58	4.05	33.03	69.54	73.06	42.12	57.65
	49 ~ 104	4.64	4.08	35.66	76.49	81.04	63.89	78.84
	104 ~ 145	4.75	4.07	35.76	66.97	90.76	61.06	67.28
	145 ~ 194	4.77	4.06	34.21	68.55	91.59	74.30	81.12
43-CS01	0 ~ 37	4.67	3.50	30.10	48.07	66.01	47.10	71.35
	37 ~ 77	4.58	3.48	28.63	53.02	70.43	53.31	75.68
	77 ~ 121	4.70	3.57	22.54	58.93	73.57	55.78	75.82
	121 ~ 145	5.06	3.64	26.74	74.78	73.27	56.73	77.42
43-CS02	0 ~ 20	4.38	3.78	35.14	83.33	56.37	36.23	64.27
	20 ~ 62	4.69	3.86	31.01	79.70	61.62	43.67	70.86
	62 ~ 137	4.82	3.82	32.65	84.00	64.57	45.53	70.51
	137 ~ 200	5.07	3.77	40.86	68.58	72.77	55.12	75.75
43-CS11	0 ~ 13	5.21	3.95	40.58	35.04	61.55	39.87	64.78
	13 ~ 33	4.66	3.62	33.46	60.36	67.55	41.80	61.87
	33 ~ 71	4.66	3.60	36.26	65.22	64.52	38.28	59.33
	71 ~ 100	4.88	3.74	34.00	64.23	66.96	45.02	67.24
	100 ~ 150	4.82	3.84	39.71	65.57	69.49	46.23	66.53
43-CS15	0 ~ 20	4.32	3.61	31.45	81.70	59.04	39.97	67.70
	20 ~ 40	4.32	3.67	34.98	78.39	61.36	46.08	75.09
	40 ~ 90	4.74	3.86	38.08	75.07	53.54	37.05	69.20
	90 ~ 119	4.47	3.98	23.89	71.56	54.93	43.22	78.68
	119 ~ 160	4.39	3.95	27.36	74.93	59.16	35.39	59.81
43-ZZ02	0 ~ 7	4.28	3.53	37.70	87.43	43.39	33.07	76.20
	7 ~ 40	4.34	3.65	28.10	87.97	58.59	39.97	68.21
	40 ~ 65	4.62	3.73	28.64	87.11	55.15	39.64	71.89
	65 ~ 120	4.96	3.75	31.68	87.04	54.07	40.39	74.70
	120 ~ 140	5.22	3.77	27.29	93.67	58.49	42.32	72.34
43-ZZ08	0 ~ 25	4.49	3.72	30.88	79.88	32.63	27.73	84.97
	25 ~ 100	4.59	3.78	30.39	80.43	32.11	26.35	82.08
	100 ~ 170	4.99	3.79	35.53	76.92	62.78	41.87	66.70
	170 ~ 200	5.06	3.78	23.64	82.30	61.19	41.39	67.64
43-XT03	0 ~ 30	4.39	3.52	45.62	71.70	57.74	39.71	68.79
	30 ~ 60	4.48	3.78	31.67	80.48	53.12	35.70	67.21
	60 ~ 150	4.73	3.82	32.51	70.40	77.35	35.95	46.47
	150 ~ 200	4.81	3.72	35.12	79.35	59.50	47.29	79.47
43-YY04	0 ~ 20	4.39	3.62	34.12	79.73	58.36	45.40	77.78
	20 ~ 60	4.92	3.76	36.80	71.14	65.27	44.90	68.79
	60 ~ 100	5.06	3.83	31.42	82.33	75.43	42.18	55.93
	100 ~ 160	5.02	3.82	39.33	82.80	83.50	64.00	76.65
	160 ~ 200	5.09	3.85	36.90	74.43	81.87	51.35	62.72

续表

剖面	深度 (m)	pH(1:2.5)		黏粒 CEC ₇ (cmol(+)/kg)	铝饱和度 (%)	全铁 (g/kg)	游离铁 (g/kg)	游离度 (%)
		H ₂ O	KCl					
43-YY06	0~20	4.58	3.83	38.54	73.84	52.58	40.03	76.13
	20~55	4.74	3.93	39.36	73.27	52.10	38.36	73.63
	55~95	4.89	3.94	34.76	67.97	50.87	38.20	75.09
	95~170	5.21	3.92	56.77	60.60	50.84	40.29	79.26
	170~200	5.47	3.98	42.26	40.07	54.81	45.18	82.43
43-YY07	0~40	4.99	3.82	43.09	46.95	52.61	39.78	75.62
	40~60	4.61	3.69	41.58	78.36	54.64	45.01	82.39
	60~120	4.96	3.76	51.80	68.62	62.95	53.57	85.10
	120~200	5.08	3.78	42.82	74.89	62.56	52.11	83.31
43-YY12	0~20	5.27	4.05	46.73	23.21	58.31	36.95	63.37
	20~60	4.99	3.86	47.86	75.63	46.50	32.11	69.05
	60~115	5.02	3.82	36.25	72.95	51.90	33.54	64.62
	115~200	5.24	3.84	46.57	60.43	64.83	50.69	78.19

43-CS02、43-CS11、43-ZZ02、43-XT03、43-YY07 和 43-YY12 剖面均有黏化率 1.2 倍的黏化层；游离 Fe₂O₃ 含量均大于 20 g/kg，游离度介于 55.93% ~ 85.1%；黏粒 CEC₇ 介于 22.54 ~ 56.77 cmol(+)/kg，均值为 35.68 cmol(+)/kg，铝饱和度介于 23.21% ~ 93.67%。

2.2 供试土壤的诊断层与诊断特性

诊断层与诊断特性是土壤系统分类的基础与分类依据。通过对所挖剖面描述与理化性质的整理，按照《中国土壤系统分类检索(第三版)》^[6]有关诊断层、诊断特性及控制层段的定义，建立了供试土壤在高级分类中的诊断层与诊断特性(表 5)。

表 5 供试土壤诊断层与诊断特性
Table 5 Diagnostic horizons and diagnostic characteristics of studied soil profiles

剖面	暗瘠表层	淡薄表层	低活性富铁层	黏化层	雏形层	聚铁网纹层	铝质现象	铁质特性	湿润土壤水分状况	热性土壤温度状况
43-LY01		√		√			√	√	√	√
43-CS01		√	√				√		√	√
43-CS02		√		√			√	√	√	√
43-CS11		√		√			√	√	√	√
43-CS15		√	√						√	√
43-ZZ02		√		√			√	√	√	√
43-ZZ08		√	√						√	√
43-XT03	√			√			√	√	√	√
43-YY04		√			√	√	√	√	√	√
43-YY06	√				√		√	√	√	√
43-YY07	√			√		√	√	√	√	√
43-YY12		√		√		√	√	√	√	√

2.2.1 诊断表层 1) 暗瘠表层。剖面 43-XT03、43-YY07 表层厚度均大于 25 cm，剖面 43-YY06 A 层厚度虽为 20 cm 但过渡层厚度为 35 cm，表层干态颜色明度均小于 5.5，润态颜色明度彩度均小于 3.5，有机碳含量均大于 6 g/kg，盐基饱和度小于 50%，土壤结构均团粒状，因此划为暗瘠表层。

2) 淡薄表层。剖面 43-LY01、43-CS01、43-CS02、43-CS11、43-CS15、43-ZZ02、43-ZZ08 和 43-YY04 均因土壤颜色的润态明度 ≥ 3.5 或干态明度 ≥ 5.5 或润态彩度 ≥ 3.5，因此划为淡薄表层。

2.2.2 诊断表下层 1) 低活性富铁层。43-CS01 号剖面 B 层土壤质地为黏土，色调均为 10R，B1、

B2 和 B3 游离氧化铁含量分别为 53.31、55.78 和 56.73 g/kg, 游离度分别为 37.1%、40.87% 和 43.88%, 其中 B2 层的 CEC_7 均小于 24 cmol(+)/kg 黏粒; 43-CS15 号剖面 B 层土壤质地为砂质黏壤土, 色调为 10R, B1、B2 和 B3 的游离氧化铁为 46.08、37.05 和 43.22 g/kg, 游离度分别为 75.09%、69.2% 和 78.68%, 其中 B3 层的 CEC_7 均小于 24 cmol(+)/kg 黏粒; 43-ZZ08 剖面 B 层土壤质地为黏土, 色调为 2.5YR, B1、B2 和 B3 的游离氧化铁为 26.35、41.87 和 41.39 g/kg, 游离度分别为 82.08%、66.7% 和 67.64%, 其中 B3 层的 CEC_7 均小于 24 cmol(+)/kg 黏粒。

2) 黏化层。根据供试土壤的物理性质(表 3)可判定 43-CS02、43-CS11、43-ZZ02、43-XT03、43-YY07 和 43-YY12 剖面均有黏化率 1.2 倍的黏化层, 43-LY01 中的 B3 层的黏化率虽只有 1.18, 但由于上覆淋溶层总黏粒含量 >40%, 该层绝对增量又为 9.25%, 因此该层也为黏化层。

3) 锥形层。根据供试土壤的剖面特性(表 2)和物理性质(表 3), 43-YY04 和 43-YY06 剖面 B 层均大于 10 cm, 土层体积 90% 以上有土壤结构的发育, 无明显的土壤新生体, 土壤质地为黏土, 虽有少量黏粒沉积, 未到达黏化层要求, 所以定为锥形层。

4) 聚铁网纹层。湘东地区属中亚热带地带, 降雨充沛、淋溶作用强烈, 在地势平坦区易形成聚铁网

纹层 根据土壤剖面特性(表 2), 供试土壤中 43-CS01、43-CS11、43-YY04 和 43-YY12 具有聚铁网纹层。

5) 铝质现象。供试土壤中 43-LY01、43-CS11、43-XT03、43-YY04、43-YY06 和 43-YY12 剖面均有阳离子交换量(CEC_7) > 24 cmol(+)/kg 黏粒且 pH(KCl 浸提) < 4.5、铝饱和度 > 60% 的层次, 因此具有铝质现象。

6) 铁质特性。根据其检索标准, 供试土壤中 43-CS11、43-XT03、43-YY04、43-YY06 和 43-YY12 剖面均有游离 $Fe_2O_3 \geq 20$ g/kg, 游离铁占全铁超过 40% 的层次, 但由于黏粒 $CEC_7 > 24$ cmol(+)/kg 黏粒, 因此具有铁质特性。

7) 土壤水分与温度状况。湘东地区属于亚热带季风气候, 据《中国土壤系统分类检索(第三版)》^[6]对土壤水分与温度状况的定义, 将供试土壤划为热性土壤温度状况和湿润土壤水分状况。

2.3 供试土壤在中国土壤系统分类中的归属

2.3.1 高级分类单元划分 参照《中国土壤系统分类检索(第三版)》^[6]对高级分类单元的划分标准, 通过对供试土壤的诊断层与诊断特性的检索, 12 个第四纪红土红壤剖面共涉及富铁土、淋溶土和锥形土 3 个土纲; 湿润富铁土、湿润淋溶土和湿润锥形土 3 个亚纲; 筒育湿润富铁土、铝质湿润淋溶土和铝质湿润锥形土 3 个土类; 普通铝质湿润淋溶土、网纹筒育湿润富铁土等 6 个亚类(表 6)。

表 6 供试土壤在系统分类高级分类单元的归属
Table 6 Taxonomy of studied soil profiles based on Chinese Soil Taxonomy

剖面	发生学分类土属	中国土壤系统分类			
		土纲	亚纲	土类	亚类
43-LY01	第四纪红土红壤	淋溶土	湿润淋溶土	铝质湿润淋溶土	普通铝质湿润淋溶土
43-CS01	第四纪红土红壤	富铁土	湿润富铁土	筒育湿润富铁土	网纹筒育湿润富铁土
43-CS02	第四纪红土红壤	淋溶土	湿润淋溶土	铝质湿润淋溶土	普通铝质湿润淋溶土
43-CS11	第四纪红土红壤	淋溶土	湿润淋溶土	铝质湿润淋溶土	普通铝质湿润淋溶土
43-CS15	第四纪红土红壤	富铁土	湿润富铁土	筒育湿润富铁土	暗红筒育湿润富铁土
43-ZZ02	第四纪红土红壤	淋溶土	湿润淋溶土	铝质湿润淋溶土	普通铝质湿润淋溶土
43-ZZ08	第四纪红土红壤	富铁土	湿润富铁土	筒育湿润富铁土	表蚀筒育湿润富铁土
43-XT03	第四纪红土红壤	淋溶土	湿润淋溶土	铝质湿润淋溶土	普通铝质湿润淋溶土
43-YY04	第四纪红土红壤	锥形土	湿润锥形土	铝质湿润锥形土	网纹铝质湿润锥形土
43-YY06	第四纪红土红壤	锥形土	湿润锥形土	铝质湿润锥形土	斑纹铝质湿润锥形土
43-YY07	第四纪红土红壤	淋溶土	湿润淋溶土	铝质湿润淋溶土	普通铝质湿润淋溶土
43-YY12	第四纪红土红壤	淋溶土	湿润淋溶土	铝质湿润淋溶土	普通铝质湿润淋溶土

2.3.2 基层分类单元划分 1) 土族划分。根据中国土壤系统分类土族和土系划分标准^[23], 土族控制层段为从诊断表下层的上界或从表土层、耕作层的下界往下至 100 cm 深处, 或至浅于 100 cm 的根系限制层上界或石质接触面。在划定土族控制层段的基础上, 以供试土壤控制层段内的颗粒

大小级别、矿物学类型、土壤温度状况以及石灰性的有无为依据(表 7), 可将供试土壤分为黏质高岭石型酸性热性-普通铝质湿润淋溶土、黏质高岭石混合型酸性热性-网纹筒育湿润富铁土、黏质高岭石混合型酸性热性-普通铝质湿润淋溶土等 9 个土族(表 8)。

表 7 供试土壤土族控制层段内鉴别特征
Table 7 Identification characteristics of soil families in control sections of studied soil profiles

剖面	土族控制层段(cm)	岩石碎屑含量(%)	黏粒含量(%)	颗粒大小	矿物类型	石灰性及酸碱度	土壤温度
43-LY01	49~100	1	57.13	黏质	高岭石型	酸性	热性
43-CS01	37~100	0	53.03	黏质	高岭石混合型	酸性	热性
43-CS02	20~100	0	46.49	黏质	高岭石混合型	酸性	热性
43-CS11	33~100	0	46.49	黏质	高岭石混合型	酸性	热性
43-CS15	20~100	2	30.89	黏壤质	硅质混合型	酸性	热性
43-ZZ02	7~100	0	46.31	黏质	高岭石混合型	酸性	热性
43-ZZ08	25~100	0	54.15	黏质	高岭石混合型	酸性	热性
43-XT03	30~100	3	40.10	黏质	伊利石混合型	酸性	热性
43-YY04	20~100	6	50.16	黏质	高岭石混合型	酸性	热性
43-YY06	55~100	0	43.21	黏质	高岭石混合型	酸性	热性
43-YY07	40~100	0	48.37	黏质	伊利石混合型	酸性	热性
43-YY12	20~100	0	34.82	黏壤质	硅质混合型	酸性	热性

表 8 供试土壤土系划分依据
Table 8 Defining soil series of studied soil profiles

土系名称 (拟用名)	典型剖面	土壤剖面特征	土族名称
燕塘系	43-LY01	土系控制层段 0~150 cm, 表层质地为黏土, 49~150 cm 处出现中量黏粒胶膜, 104~150 cm 有少量锰斑纹, 土体色调为 2.5YR	黏质高岭石型酸性热性-普通铝质湿润淋溶土
红光系	43-CS01	土系控制层段 0~145 cm, 表层质地为黏土, 37~145 cm 处出现中量黏粒胶膜, 剖面通体有少量锰斑纹, 土体色调为 10R	黏质高岭石混合型酸性热性-网纹筒育湿润富铁土
合心系	43-CS02	土系控制层段 0~150 cm, 表层质地为黏土, 20~137 cm 处出现中量铁锰斑纹和黏粒胶膜, 137~150 cm 处出现大量铁锰斑纹和黏粒-铁锰胶膜, 土体色调为 10R	黏质高岭石混合型酸性热性-普通铝质湿润淋溶土
左家山系	43-CS11	土系控制层段 0~150 cm, 表层质地为黏土, 13~33 cm 处出现少量铁锰斑纹、黏粒胶膜和铁锰结核, 33~150 cm 处出现中量铁锰斑纹、黏粒和铁锰结核, 土体色调为 5YR	黏质高岭石混合型酸性热性-普通铝质湿润淋溶土
鹤源系	43-CS15	土系控制层段 0~150 cm, 表层质地为砂质黏壤土, 40~119 cm 处出现少量黏粒胶膜, 土体色调为 10R	黏壤质硅质混合型酸性热性-暗红筒育湿润富铁土
南烟冲系	43-ZZ02	土系控制层段 0~150 cm, 表层质地为砂质黏壤土, 40~119 cm 处出现少量黏粒胶膜, 土体色调为 10R	黏质高岭石混合型酸性热性-普通铝质湿润淋溶土
高岸系	43-ZZ08	土系控制层段 0~150 cm, 表层质地为黏土, 25~150 cm 处出现中量黏粒胶膜, 土体色调为 2.5YR	黏质高岭石混合型酸性热性-表蚀筒育湿润富铁土
泉塘系	43-XT03	土系控制层段 0~150 cm, 表层质地为黏壤土, 60~150 cm 处出现中量黏粒胶膜和少量锰斑纹, 土体色调为 5YR	黏质伊利石混合型酸性热性-普通铝质湿润淋溶土
于临系	43-YY04	土系控制层段 0~150 cm, 表层质地为黏土, 0~20 cm 少量铁锰斑纹, 20~60 cm 中量黏粒胶膜和铁锰斑纹, 60~100 cm 处出现中量黏粒-铁锰胶膜、大量铁锰斑纹和中量铁锰结核, 100~150 cm 大量黏粒-铁锰胶膜、大量铁锰斑纹和大量铁锰结核, 土体色调为 5YR	黏质高岭石混合型酸性热性-网纹铝质湿润锥形土
白马系	43-YY06	土系控制层段 0~150 cm, 表层质地为粉砂质黏土, 20~55 cm 少量黏粒胶膜, 55~95 cm 中量黏粒胶膜和铁锰斑纹, 95~150 cm 处出现中量黏粒-铁锰胶膜和中量铁锰斑纹, 土体色调为 2.5YR	黏质高岭石混合型酸性热性-斑纹铝质湿润锥形土
千叶系	43-YY07	土系控制层段 0~150 cm, 表层质地为黏土, 40~60 cm 中量黏粒-铁锰胶膜和中量铁锰斑纹, 60~150 cm 大量黏粒-铁锰胶膜、大量铁锰斑纹和少量铁锰结核, 土体色调为 5YR	黏质伊利石混合型酸性热性-普通铝质湿润淋溶土
双港系	43-YY12	土系控制层段 0~150 cm, 表层质地为黏壤土, 0~20 cm 少量黏粒-铁锰胶膜和少量铁锰斑纹, 20~115 cm 大量黏粒-铁锰胶膜和中量铁锰斑纹, 115~150 cm 大量铁锰斑纹、中量黏粒-铁锰胶膜和中量铁锰结核, 土体色调为 7.5YR	黏壤质硅质混合型酸性热性-普通铝质湿润淋溶土

2) 土系划分 土系是土壤系统分类中最基层的划分单元,是土壤的全息身份证,包含了该类土壤最基本信息。根据《中国土壤系统分类土族、土系建立的原则与标准》^[23],土系划分的鉴别标准包括:特定土层的深度和厚度;表层土壤的质地;土系控制层段中岩石碎屑“结核”侵入体等。参照土系划分标准^[23],供试土壤的土系划分结果如下(表 8)。

因供试土壤中黏质高岭石型酸性热性-普通铝质湿润淋溶土(43-LY01)、黏质高岭石混合型酸性热性-网纹筒育湿润富铁土(43-CS01)、黏质高岭石混合型酸性热性-普通铝质湿润淋溶土(43-CS11)、黏壤质硅质混合型酸性热性-暗红筒育湿润富铁土(43-CS15)、黏质高岭石混合型酸性热性-表蚀筒育湿润富铁土(43-ZZ08)、黏质伊利石混合型酸性热性-普通铝质湿润淋溶土(43-XT03)、黏质高岭石混合型酸性热性-网纹铝质湿润锥形土(43-YY04)、黏质高岭石混合型酸性热性-斑纹铝质湿润锥形土(43-YY06)和黏壤质硅质混合型酸性热性-普通铝质湿润淋溶土(43-YY12)不属于一个土族,自然划分为一个土系。因此将其划分为:燕塘系(43-LY01)、红光系(43-CS01)、左家山系(43-CS11)、鹤源系(43-CS15)、高岸系(43-ZZ08)、泉塘系(43-XT03)、于临系(43-YY04)、白马系(43-YY06)和双港系(43-YY12)。

根据土系划分依据(表 8),供试土壤中黏质高岭石混合型酸性热性-普通铝质湿润淋溶土(43-CS11)在 45~150 cm 处出现了聚铁网纹层,33~150 cm 处出现中量铁锰斑纹、黏粒和铁锰结核,土体色调为 5YR;黏质高岭石混合型酸性热性-普通铝质湿润淋溶土(43-CS02)表层土壤质地类型为黏土,20~137 cm 处出现中量铁锰斑纹和黏粒胶膜,137~150 cm 处出现大量铁锰斑纹和黏粒-铁锰胶膜,土体色调为 10R,土地利用类型为荒地;黏质高岭石混合型酸性热性-普通铝质湿润淋溶土(43-ZZ02)表层土壤质地为黏壤土,40~119 cm 处出现少量黏粒胶膜,土体色调为 10R,土地利用类型为园地,因此将其划分为:合心系(43-CS02)、左家山系(43-CS11)、南烟冲系(43-ZZ02)。黏质伊利石混合型酸性热性-普通铝质湿润淋溶土(43-XT03)表层土壤质地为黏壤土,130~200 cm 有少量砾石;黏质伊利石混合型酸性热性-普通铝质湿润淋溶土(43-YY07)60~150 cm 大量黏粒-铁锰胶膜、大量铁锰斑纹和少量铁锰结核,120~200 cm 出现聚铁网纹层,因此将其划为:泉塘系(43-XT03)、千叶系(43-YY07)。

3 讨论

3.1 湘东地区第四纪红色黏土母质发育土壤在发生分类与系统分类的参比关系

从以往的经验来看,湖南地区的第四纪红土红壤由于处在亚热带地区,且具有脱硅富铁铝化过程,因此一般认为在土壤系统分类中应划为富铁土纲。但根据表 6 所示,湘东地区 12 个典型第四纪红土红壤在系统分类中分属于富铁土、淋溶土和雏形土 3 个土纲;湿润富铁土、湿润淋溶土和湿润雏形土 3 个亚纲;筒育湿润富铁土等 3 个土类;普通铝质湿润淋溶土等 6 个亚类。根据供试土壤的理化性质来看,12 个剖面都具有铁质特性,但是只有 3 个剖面里有 $CEC_7 < 24 \text{ cmol}(+)/\text{kg}$ 黏粒的亚层,说明这 12 个供试土壤均具有脱硅富铁铝化过程,但只有 3 个供试土壤到达了中度富铁铝化水平,使得其土壤黏粒净负电荷量降低,形成了低活性黏粒特征,其余 9 个供试土壤为以高活性黏粒累积作用为主要过程的淋溶土。

因此从这 12 个第四纪红土红壤的划分中可看出,中国土壤发生分类与中国土壤系统分类呈不对应关系。土壤发生分类重视成土条件和推测的成土过程,而不重视土壤本身的属性,结果是把同一地区、同一母质处于发育不同阶段的土壤都划分为同一个土类或亚类。而土壤系统分类在遵循土壤发生学理论的基础上,重视土壤本身性质,以定量的诊断层和诊断特性为依据,划分土壤类型。

3.2 中国土壤系统分类中高级分类单元在湘东地区第四纪红土红壤分类中的应用

根据中国土壤系统分类中诊断层诊断特性的划分标准以及高级分类单元的检索要求,对供试剖面共建立了 10 个诊断层诊断特性,划分了 3 个土纲、3 个亚纲、3 个土类和 6 个亚类。其划分结果基本符合该区域内土壤发育特性,但由于 43-CS11、43-YY07 和 43-YY12 号剖面在发育过程中受到强烈的淋溶淀积,剖面中黏化率分别为 1.23、1.24 和 1.28,达到了黏化层的划分标准,并且受到亚热带气候的影响,剖面中发生了富铁铝化过程,且由于淋溶强烈,部分孔隙周围的氧化铁出现了还原离铁作用形成了聚铁网纹层,而其相应的亚类中又没有反映聚铁网纹层的类型,导致只能将其和普通铝质湿润淋溶土合并为一类,没有充分体现该类土壤的性状,因此建议在铝质湿润淋溶土的亚类中增设一个可以反映相关特性的网纹铝质湿润淋溶土亚类。

3.3 《中国土壤系统分类土族、土系建立的原则与标准》^[23]在第四纪红土红壤基层分类中的应用

根据中国土壤系统分类土族和土系的划分标准^[23]，对供试土壤进行了土族土系划分，共建立了燕塘系等12个土系，按照标准^[23]设定土族控制层段，依据控制层段内土壤颗粒级别、不同颗粒级别的矿物组成、土壤温度状况、石灰性与土壤酸碱性、土体厚度等特征划分土族；再设定土系控制层段，依据表土质地、诊断层出现位置等进行土系划分。根据其标准^[23]在划分过程中未出现不适应现象，说明目前的土族土系划分标准在湘东第四纪红色黏土母质发育土壤的土壤基层分类划分中是适用的。通过此标准^[23]建立土族和土系，既实现了第四纪红土红壤高级分类单元的续分，又补充了该类型土壤的基础信息。

4 结论与建议

1) 受局部区域气候条件、植被类型和地形地貌等成土环境的影响，供试剖面的发生特性各有其特点，使其土壤类型复杂多样。按照中国土壤系统分类方案^[6]，供试土壤剖面中检索出其包含淡薄表层、暗瘠表层、低活性富铁层、黏化层等10个诊断层和诊断特性，据此确定了其在中国土壤系统分类中的位置分别为：淋溶土、富铁土和雏形土3个土纲；湿润淋溶土、湿润富铁土和湿润雏形土3个亚纲；筒育湿润富铁土、铝质湿润淋溶土和铝质湿润雏形土3个土类；暗红筒育湿润富铁土、表蚀筒育湿润富铁土等6个亚类。与土壤发生学分类结果相比，系统分类结果更能定量反映出湘东第四纪红色黏土母质发育土壤性状的差异，进而客观反映出土壤发育阶段和土壤类型的差异。

2) 根据中国系统分类体系有关土族、土系的划分标准^[23]建立了黏质高岭石混合型酸性热性-网纹筒育湿润富铁土、黏质高岭石混合型酸性热性-网纹筒育湿润富铁土和黏质高岭石混合型酸性热性-普通铝质湿润淋溶土等9个土族和燕塘系(43-LY01)、红光系(43-CS01)和左家山系(43-CS11)等12个土系。实践表明，目前的土族土系划分标准适用于湘东第四纪红色黏土母质发育土壤的基层分类单元划分。

3) 在高级分类单元中的亚类划分时，有部分检索出来的诊断层与诊断特性没有列入到划分依据，导致这类土壤在划分土类时归并为了一类，影响高级分类单元的区分，并增加基层分类单元划分的工作量。在此次检索划分时出现了铝质湿润淋溶土(土类)中具有聚铁网纹层的土壤类型，而亚类中又没有网纹铝

质湿润淋溶土与其相对应，因此建议在中国土壤系统分类体系中增设网纹铝质湿润淋溶土亚类。

参考文献：

- [1] 张凤荣, 马步洲, 李连捷. 土壤发生与分类学[M]. 北京: 北京大学出版社, 1992
- [2] USDA. Keys to soil taxonomy[M]. 12th ed. Washington: United States Government Printing Office, 2014: 1-306
- [3] Ditzler C A, Ahrens R J. Development of soil taxonomy in the United States of America[J]. Eurasian Soil Science, 2006, 39(2): 141-146
- [4] Mark H, Brian A. Fundamental changes in soil taxonomy[J]. Soil Science Society of America Journal, 2015, 79(4): 1001-1007
- [5] 龚子同, 陈志诚. 中国土壤系统分类——理论·方法·实践[M]. 北京: 科学出版社, 1999
- [6] 中国科学院南京土壤研究所土壤系统分类课题组, 中国土壤系统分类课题研究协作组. 中国土壤系统分类检索[M]. 3版. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2001
- [7] 龚子同, 张甘霖, 陈志诚, 等. 土壤发生与系统分类[M]. 北京: 科学出版社, 2007
- [8] 武继承, 龚子同, 杜国华. 豫东平原土壤系统分类单元的初步划分[J]. 土壤通报, 1999, 30: 24-28
- [9] 齐善忠, 李福兴. 河西走廊临泽样区土壤系统分类研究[J]. 土壤与环境, 2000, 9(4): 307-310
- [10] 顾也萍, 钱进, 吕成文, 等. 安徽宣城样区土系的划分[J]. 土壤, 2001, 33(1): 7-12
- [11] 辛刚, 张之一. 黑龙江省漂白淋溶土基层分类研究[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2002, 14(1): 16-18
- [12] 王秋兵, 汪景宽, 胡宏祥, 等. 辽宁省沈阳样区土系的划分[J]. 土壤通报, 2002, 33(4): 246-252
- [13] 关欣, 张凤荣, 李巧云, 等. 新疆平原典型荒漠样区耕种土壤基层分类的探讨[J]. 土壤, 2003, 35(1): 53-57, 72
- [14] 闫湘, 常庆瑞, 王晓强, 等. 陕西关中土垫旱耕人为土样区的基层分类研究[J]. 土壤学报, 2005, 42(4): 537-544
- [15] 王勇, 乔永, 孙向阳. 鹫峰国家森林公园土壤系统分类研究[J]. 北京林业大学学报, 2010, 32(3): 217-220
- [16] 安红艳, 龙怀玉, 张认连, 等. 冀北山地5个土壤发生学分类代表性剖面在系统分类中的归属研究[J]. 河北农业大学学报, 2012, 35(4): 25-32
- [17] 李军, 龙怀玉, 张杨珠, 等. 冀北地区盐碱化土壤系统分类的归属研究[J]. 土壤学报, 2013, 50(6): 1071-1081
- [18] 鞠兵, 吴克宁, 李玲, 等. 河南省典型淋溶土土系划分研究[J]. 土壤学报, 2015, 52(1): 38-47
- [19] 庄云, 武小净, 李德成, 等. 陕南典型烟区代表性烟田土壤系统分类研究[J]. 土壤, 2015, 47(3): 623-626
- [20] 湖南省农业厅. 湖南土壤[M]. 北京: 农业出版社, 1989
- [21] 张杨珠, 周清, 盛浩, 等. 湖南省现行土壤分类体系中红壤分类的现状、问题与建议[J]. 湖南农业科学, 2014(21): 29-34
- [22] 张甘霖, 龚子同. 土壤调查实验室分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 2012
- [23] 张甘霖, 王秋兵, 张凤荣, 等. 中国土壤系统分类土族和土系的划分标准[J]. 土壤学报, 2013, 50(7): 826-834

Attribution of Typical Soils Derived from Quaternary Red Clay of Eastern Hunan in Chinese Soil Taxonomy

OUYANG Ningxiang, ZHANG Yangzhu^{*}, SHENG Hao, ZHOU Qing, HUANG Yunxiang,
LIAO Chaolin, LUO Lanfang, YUAN Hong

(College of Resources & Environment, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: By investigating soil forming environment, profile morphological characteristics and physico-chemical properties of 12 typical soil profiles derived from Quaternary red clay in eastern Hunan Province, this paper examined the diagnostic horizon and diagnostic characteristics of these soils in Chinese Soil Taxonomy (CST) and defined their types of soil family and soil series. The results showed that there are 10 diagnostic horizons and characteristics such as Ochric epipedon, Umbric epipedon, LAC-ferric horizon, Argic horizon, Plinthic horizon in the 12 soil profiles. According to CST, they belong to 3 orders such as Argosols, Ferrosols, and Cambosols; 3 suborders like Udic Argosols, Udic Ferrosols and Udic Cambosols; 3 groups as Hapli-Udic Ferrosols, Ali-Udic Argosols and Ali-Udic Cambosols; and 6 subgroups as Rhodic Hapli-Udic Ferrosols, Trunic Hapli-Udic Ferrosols, Plinthic Hapli-Udic Ferrosols, etc. In addition, according to the Classification Standards for Soil Family and Soil series of CST, 9 soil families and 12 soil series were defined for the 12 profiles. The result showed that under the impact of subtropical monsoon climate, many soil profiles are ferrallitic. Due to the intensive leaching, plinthic horizon has been formed. However, no appropriate position can be found for such characteristics in CST, therefore, it suggested that a new subgroup of Plinthic Ali-Udic Argosols reflecting related characteristics should be added in CST.

Key words: Eastern Hunan Province; Red soil; Diagnostic horizon; Diagnostic characteristics; Chinese Soil Taxonomy; Lower category of soil in soil taxonomy

撤 稿 声 明

尊敬的《土壤》编辑部：

本人于 2018 年第 3 期在贵刊发表的论文《赣州市土壤重金属风险评价》，因内容和方法等原因，特申请撤稿。

请予批准办理为感！

申请人：陈 明

2018 年 7 月 18 日

(编辑部注：根据作者撤稿声明，该文已做撤稿处理)