

湘东地区花岗岩红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: 为了研究湖南省东部花岗岩红壤在中国土壤系统分类中的归属, 选取湘东地区 8 个由花岗岩母质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系统分类中的归属。结果表明, 供试的 8 个土壤剖面包含了淡薄表层、暗瘠表层、低活性富铁层、黏化层等 9 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、酸性湿润淋溶土和铝质湿润雏形土 4 个土类; 普通铝质湿润雏形土、普通筒育湿润富铁土、普通铝质湿润淋溶土、普通酸性湿润淋溶土 4 个亚类; 按照土族和土系划分标准, 建立了黏壤质硅质混合型酸性热性-普通铝质湿润雏形土等 6 个土族和脱甲系 (43-CS18) 等 8 个土系。实践表明, 目前的土族土系划分标准适用于供试土壤基层分类单元划分。与土壤发生学分类结果相比, 土壤系统分类结果更能定量反映出湘东花岗岩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。

关键词: 湘东地区; 花岗岩红壤; 诊断层和诊断特性; 系统分类; 高级单元; 土族和土系

中图分类号: S155.3 **文献标识码:** A

自美国土壤学界推出《土壤系统分类》^[1]一书后, 土壤分类进入了量化、标准化的阶段。以诊断层和诊断特性为基础, 量化、标准化为特点的系统分类已成为国际土壤分类的主流。为加强我国土壤信息在国际上的交流, 于 2001 年出版的《中国土壤系统分类检索(第三版)》^[2-3]使我国土壤分类进入世界三大分类系统之一^[4]。与此同时许多从事土壤分类的学者参与到系统分类, 在我国各个典型区域展开了一些土系研究工作, 如武继承等^[5]在豫东平原、齐善忠等^[6]在甘肃临泽样区、顾也萍等^[7]在安徽宣城样区、幸刚等^[8]对黑龙江省的淋溶土、王秋兵等^[9]对辽宁沈阳样区、关欣等^[10]对新疆平原典型荒漠样区的耕种土壤、闫湘等^[11]对陕西关中土垫旱耕人为土样区、王勇等^[12]对北京鹫峰国家森林公园土壤、安红艳等^[13]对冀北山地的棕壤和褐土、李军等^[14]对冀北地区的盐碱化土壤、鞠兵^[15]等对河南省典型淋溶土、庄云等^[16]对陕南烟田土壤等均建立了数量不等的典型土系。到目前为止, 我国建立的土系数量大致仅有 1 000 多个, 仅约为美国的 4.5%, 估计不足全国“潜在土系”总量的 5%, 因此加强我国土壤系统分类中基层分类的

建立是十分必要的任务^[17]。

湖南省东部属于中亚热带季风气候, 东面与幕阜山脉相连, 北面与洞庭湖平原相接, 南面与五岭山脉相邻, 生物气候条件复杂, 土壤类型多样^[18]。该区域由花岗岩发育的土壤在全国第二次土壤普查的土壤分类体系中属于红壤土类, 根据气候条件与成土环境的差异, 在亚类上又区分为红壤、黄红壤、棕红壤、红壤性土 4 个亚类^[19]。近年来, 虽有学者研究湖南地区的土壤系统分类^[20-22], 但大部分还是集中于高级分类单元的划分, 很少看到有关该区域土系划分的研究文献。因此, 本研究在对湖南东部 8 个花岗岩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^[3], 确定其诊断层和诊断特性, 进行其高级分类单元与基层分类单元的划分, 确定其在中国土壤系统分类中的归属, 旨在为丰富和完善我国土壤系统分类提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

湘东地区主要包含长沙、株洲、湘潭、岳阳 4

基金项目: 国家科技基础性工作专项课题项目(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, 硕士研究生, 主要研究方向为土壤地理学。E-mail: ouyangningxiang92@163.com

个地级市,地处 111°53′~114°14′E,29°52′~26°46′N,属于中亚热带季风区,夏季高温多雨,冬季温和多雨,年均气温 16~19°C,年降雨量 1300~1500 mm,日照均值 1623.1 h;湘东地区地势西北低,东南高,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》^[18]和《湖南土种志》^[23]中对花岗岩红壤的描述与分类以及全国第二次土壤普查数据,结合母质分布图、土地利用现状图、高程图等,确定 8 个野外取样点。各剖面点的地理分布与剖面成土环境见图 1 和表 1。

1.3 样点采集与分析

在取样点位,挖掘标准土壤剖面(深 1.5~2.0 m,宽 1.2 m),根据土壤形态学特征进行分层,依照《野外土壤描述与采样手册(定稿,2015)》对土壤剖面进行详细地描述,并拍照记录剖面以及周围景观。

土壤测定:全氮测定采用凯氏定氮法;全磷测定采用碱熔-钼锑抗比色法;全钾测定采用碱熔-火焰光度法;机械组成测定采用吸管法;有机质测定采用重铬酸钾外加热法;pH 测定采用电位法(液土比 2.5:1);阳离子交换量及交换性盐基组成测定采用乙酸铵交换法(阳离子交换总量使用凯氏定氮法, K^+ 、 Na^+ 使用火焰光度法, Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 采用 EDTA 滴定);交换

性 H、Al 采用氯化钾交换-中和滴定法;全铁、铝、硅测定采用碳酸锂-硼酸熔融法,土壤游离铁测定采用连二亚硫酸钠-柠檬酸钠-重碳酸钠法(DCB 法),活性铁测定采用草酸-草酸铵法提取^[24]。

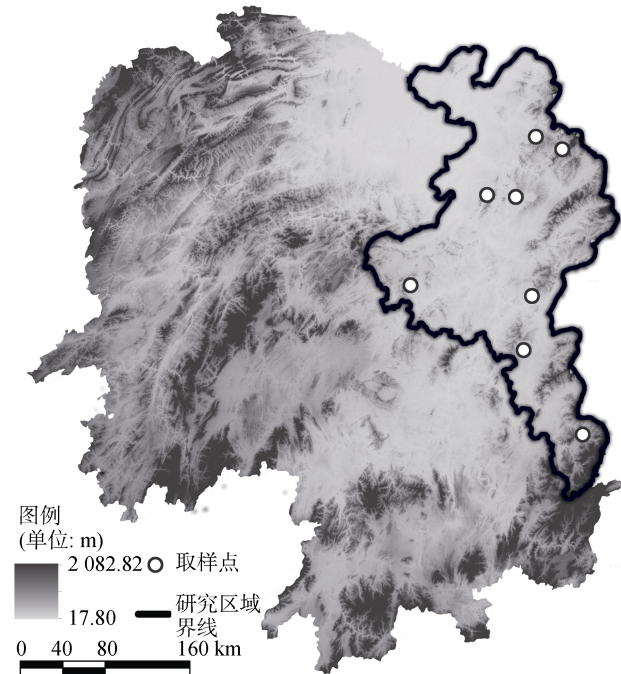


图 1 供试土壤剖面的地理位置示意图

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

表 1 供试土壤的成土环境

Table 1 Information of soil-forming environment of studied soil profiles

剖面编号	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-CS18	长沙市长沙县金井镇脱甲村	113°19.515'E 28°33.051'N	100	10°	低丘下坡	常绿阔叶林	花岗岩风化物	旱地
43-ZZ04	株洲市炎陵县沔渡镇大江村	113°52.815'E 26°34.422'N	253	15°	低丘中坡	常绿针叶林	花岗岩风化物	旱地
43-ZZ10	株洲市醴陵市板杉乡土珠岭村	113°26.690'E 27°43.027'N	95	30°	低丘中坡	常绿针阔叶林	花岗岩风化物	旱地
43-ZZ16	株洲市攸县网岭镇大塘村	113°19.421'E 27°14.868'N	149	30°	低丘上坡	常绿针阔叶林	花岗岩风化物	旱地
43-XT02	湘潭市湘乡市月山镇江田村	112°18.993'E 27°48.898'N	89	10°	低丘下坡	常绿阔叶林	花岗岩风化物	旱地
43-YY01	岳阳市平江县南江镇源头村	113°47.003'E 28°57.094'N	287	25°	低丘中坡	常绿针叶林	花岗岩风化物	旱地
43-YY05	岳阳市汨罗市川山坪镇石桥村	113°01.218'E 28°33.991'N	87	15°	低丘下坡	常绿针叶林	花岗岩风化物	旱地
43-YY10	岳阳市岳阳县张谷英镇芭蕉村	113°30.513'E 29°01.405'N	128	10°	低丘中坡	常绿灌木	花岗岩风化物	旱地

2 结果与分析

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 8 个花岗岩红壤的剖面形态特征

描述。从土壤润态颜色来看,土壤色调为介于 2.5YR~10R 之间,明度介于 3~7 之间,彩度介于 4~8 之间,大部分剖面均表现为自上而下明度逐渐变亮。43-CS18 剖面土体深厚,表层土壤为团粒状质地疏

松,下层为块状质地坚实,孔隙度自上而下逐渐降低;43-ZZ04 剖面土体深厚,表层土壤结构为团粒状,下层为块状,土体通体较为疏松,孔隙度从上至下逐渐降低,50~145 cm 之间出现少量黏粒胶膜;43-ZZ10 剖面土体深厚,表层土壤结构为团粒状,下层为块状,土体通体较为疏松,孔隙度从上至下逐渐降低,30~120 cm 之间出现少量黏粒胶膜;43-ZZ16 剖面土体深厚,表层土壤结构为团粒状,下层为块状,土体通体较为疏松,表层孔隙度很高,下层逐渐降低;43-XT02 剖面土体深厚,表层土壤结构为团粒状,下层为块状,

表层土壤质地松散,底部坚实,孔隙度从上至下逐渐降低,18~160 cm 处出现黏粒胶膜,其中 55~100 cm 处黏粒胶膜丰度较多;43-YY01 剖面土体深厚,表层土壤结构为团粒状,下层为块状,土体通体较为疏松,孔隙度从上至下逐渐降低;43-YY05 剖面土体深厚,表层土壤结构为团粒状,下层为块状,表层土壤疏松,土壤通体均有黏粒胶膜,70~200 cm 处出现铁锰斑纹;43-YY10 剖面土体深厚,表层土壤结构为团粒状,下层为块状,表层土壤疏松,30~200 cm 处出现黏粒胶膜。

表 2 供试土壤的剖面形态特性
Table 2 Morphological characteristics of studied soil profiles

剖面代号	发生层	深度(m)	颜色	土壤结构	松紧状况	孔隙度	土壤新生体
43-CS18	A	0~30	5YR 5/8	团粒状	松散	高	
	B	30~60	5YR 6/8	团粒状	疏松	中	
	BC	60~145	5YR 7/8	中块状	稍坚实	中	
43-ZZ04	C	145~200	5YR 8/4	大块状	坚实	低	
	A	0~20	5YR 3/3	团粒状	松散	高	
	BA	20~50	5YR 4/8	团粒状	疏松	高	
	B1	50~90	5YR 5/6	中块状	疏松	中	少量黏粒胶膜
43-ZZ10	B2	90~145	5YR 5/8	大块状	疏松	中	少量黏粒胶膜
	C	145~200	5YR 7/6	大块状	稍坚实	中	
	A	0~30	2.5YR 3/6	团粒状	松散	很高	
	AB	30~65	2.5YR 4/8	中块状	疏松	高	少量黏粒胶膜
43-ZZ16	B	65~120	2.5YR 4/8	大块状	疏松	高	少量黏粒胶膜
	BC	120~200	2.5YR 5/8	大块状	疏松	中	
	A	0~25	10YR 3/3	团粒状	松散	很高	
	AB	25~60	10YR 5/6	团粒状	极疏松	很高	
43-XT02	BC1	60~110	10YR 6/6	中块状	疏松	高	
	BC2	110~170	10YR 6/8	中块状	疏松	中	
	C	170~200	10YR 7/8	大块状	稍坚实	低	
	A	0~18	5YR 6/6	团粒状	松散	很高	
43-YY01	AB	18~55	5YR 5/8	中块状	疏松	高	少量黏粒胶膜
	B	55~100	5YR 5/8	大块状	疏松	中	大量黏粒胶膜
	BC	100~160	5YR 6/8	大块状	坚实	中	少量黏粒胶膜
	C	160~200	5YR 6/8	大块状	很坚实	低	
43-YY05	A	0~20	10YR 3/3	团粒状	松散	很高	
	AB	20~40	10YR 5/8	团粒状	极疏松	很高	
	BC	40~90	10YR 6/8	大块状	疏松	高	
	C	90~160	10YR 6/8	粒状	疏松	中	
43-YY10	A	0~23	2.5YR 3/3	团粒状	极疏松	很高	少量黏粒胶膜
	AB	23~47	2.5YR 4/8	团粒状	极疏松	很高	少量黏粒胶膜
	B	47~70	2.5YR 4/6	中块状	疏松	高	中量黏粒胶膜
	BC	70~120	2.5YR 4/8	大块状	稍坚实	中	少量铁锰斑纹、中量黏粒-铁锰胶膜
	C	120~200	2.5YR 5/8	大块状	很坚实	低	少量铁锰斑纹、少量黏粒-铁锰胶膜
43-YY10	A	0~30	5YR 3/3	团粒状	极疏松	很高	
	AB	30~75	5YR 3/6	中块状	疏松	高	少量黏粒胶膜
	B	75~100	5YR 4/8	中块状	稍坚实	中	中量黏粒胶膜
	BC	100~200	5YR 4/8	大块状	坚实	低	中量黏粒胶膜

表3和表4为供试土壤各层次用于确定土壤系统分类的相关理化性质的测定结果。从测试结果可看出,8个剖面各个层次的水提pH均小于5.5,为酸性。土壤质地以黏壤土为主,各层次黏粒含量介于79.8~517.7 g/kg;43-ZZ16、43-XT02和43-YY05剖面均有

黏化率 1.2倍的黏化层。全铁含量介于13.62~86.90 g/kg;游离氧化铁含量介于3.34~46.57 g/kg,均值为23.41 g/kg;铁的游离度介于24.5%~82.11%。黏粒CEC₇介于22.89~94.29 cmol(+)/kg,均值为41.75 cmol(+)/kg。铝饱和度介于37.98%~88.29%。

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

剖面代号	深度(m)	颗粒组成(g/kg)			质地(USDA 质)	黏化率(%)	粉黏比	体积质量(g/cm ³)
		砂粒 2.00 ~ 0.05 mm	粉粒 0.05 ~ 0.002 mm	黏粒 < 0.002 mm				
43-CS18	0 ~ 30	485.7	189.3	325.0	砂质黏壤土		0.58	1.24
	30 ~ 60	435.0	185.0	380.0	黏壤土	1.17	0.49	1.38
	60 ~ 145	456.6	233.6	309.8	砂质黏壤土	0.95	0.75	1.47
	145 ~ 200	639.0	208.5	152.6	砂质壤土	0.47	1.37	1.54
43-ZZ04	0 ~ 20	406.0	229.1	364.9	黏壤土		0.63	1.10
	20 ~ 50	402.1	205.4	392.5	黏壤土	1.08	0.52	1.12
	50 ~ 90	437.2	164.1	398.8	黏壤土	1.09	0.41	1.35
	90 ~ 145	469.2	175.7	355.1	砂质黏土	0.97	0.49	1.33
43-ZZ10	145 ~ 200	651.8	250.0	98.2	砂质壤土	0.27	2.54	1.37
	0 ~ 30	353.3	258.0	388.7	黏壤土		0.66	1.43
	30 ~ 65	384.0	261.0	355.0	黏壤土	0.91	0.74	1.48
	65 ~ 120	390.0	316.8	293.2	黏壤土	0.75	1.08	1.51
43-ZZ16	120 ~ 200	397.0	411.5	191.6	黏壤土	0.49	2.15	1.46
	0 ~ 25	468.0	264.0	268.0	砂质黏壤土		0.99	0.85
	25 ~ 60	508.2	190.9	300.9	砂质黏壤土	1.12	0.63	1.42
	60 ~ 110	464.7	189.4	345.9	砂质黏壤土	1.29	0.55	1.52
43-XT02	110 ~ 170	462.6	276.6	260.8	砂质黏壤土	0.97	1.06	1.43
	170 ~ 200	530.7	223.9	245.3	砂质黏壤土	0.92	0.91	1.44
	0 ~ 18	468.0	302.2	229.8	黏壤土		1.31	1.28
	18 ~ 55	424.7	270.5	304.8	黏壤土	1.33	0.89	1.48
43-YY01	55 ~ 100	442.3	266.4	291.3	黏壤土	1.27	0.91	1.55
	100 ~ 160	435.6	294.7	269.8	黏壤土	1.17	1.09	1.67
	160 ~ 200	508.1	256.1	235.7	砂质黏壤土	1.03	1.09	1.64
	0 ~ 20	589.4	207.3	203.4	砂质黏壤土		1.02	1.36
43-YY05	20 ~ 40	576.9	204.6	218.6	砂质黏壤土	1.07	0.94	1.52
	40 ~ 90	685.9	163.3	150.8	砂质壤土	0.74	1.08	1.44
	90 ~ 160	787.4	132.8	79.8	壤质砂土	0.39	1.66	1.55
	0 ~ 23	308.0	296.4	395.7	黏壤土		0.75	1.26
43-YY10	23 ~ 47	321.4	236.2	442.3	黏土	1.12	0.53	1.23
	47 ~ 70	298.3	184.1	517.7	黏土	1.31	0.36	1.35
	70 ~ 120	354.1	187.5	458.4	黏土	1.16	0.41	1.41
	120 ~ 200	487.3	295.4	217.3	壤土	0.55	1.36	1.51
43-YY10	0 ~ 30	343.1	316.8	340.1	黏壤土		0.93	1.07
	30 ~ 75	344.0	320.7	335.4	黏壤土	0.99	0.96	1.26
	75 ~ 100	402.3	291.2	306.6	黏壤土	0.90	0.95	1.46
	100 ~ 200	518.7	232.9	248.4	砂质黏壤土	0.73	0.94	1.45

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

剖面编号	层次深度(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-CS18	0 ~ 30	4.43	3.69	35.28	87.77	34.82	22.09	63.45
	30 ~ 60	5.09	3.78	45.98	88.15	41.96	25.74	61.33
	60 ~ 145	5.29	3.77	44.23	84.41	38.76	21.43	55.28
	145 ~ 200	5.53	3.68	60.28	70.28	28.40	9.13	32.15
43-ZZ04	0 ~ 20	4.68	3.98	32.81	88.29	70.28	33.72	47.98
	20 ~ 50	4.88	4.05	22.89	85.89	66.12	40.54	61.31
	50 ~ 90	5.31	4.15	29.09	77.70	69.01	44.27	64.14
	90 ~ 145	5.27	4.08	48.65	80.10	86.90	42.18	48.53
43-ZZ10	0 ~ 30	4.31	3.57	35.61	81.87	56.92	41.97	73.74
	30 ~ 65	4.45	3.63	30.00	75.60	58.30	39.38	67.56
	65 ~ 120	4.95	3.77	25.36	77.22	57.65	36.28	62.93
	120 ~ 200	4.96	3.97	27.17	71.11	48.19	27.90	57.89
43-ZZ16	0 ~ 25	4.37	3.41	51.74	51.99	22.84	8.41	36.81
	25 ~ 60	4.37	3.74	31.43	37.98	23.40	9.37	40.04
	60 ~ 110	4.41	3.79	25.88	39.57	30.49	11.99	39.33
	110 ~ 170	4.45	3.73	46.40	51.40	30.09	10.55	35.06
43-ZZ16	170 ~ 200	4.69	3.79	34.08	39.28	26.54	8.65	32.58
	0 ~ 18	4.91	3.85	46.60	38.42	28.95	14.29	49.36
	18 ~ 55	4.52	3.84	31.36	79.33	38.73	19.41	50.10
	55 ~ 100	4.53	3.83	37.18	72.35	41.32	19.73	47.76
43-XT02	100 ~ 160	4.64	3.78	34.23	79.65	44.15	21.59	48.90
	160 ~ 200	4.86	3.79	47.30	72.62	49.90	23.87	47.84
	0 ~ 20	4.75	3.86	46.35	58.63	17.88	5.43	30.35
	20 ~ 40	4.72	4.05	41.74	84.25	18.83	7.11	37.76
43-YY01	40 ~ 90	4.71	4.04	49.36	65.24	17.29	5.25	30.39
	90 ~ 160	5.10	4.15	55.34	54.69	13.62	3.34	24.50
	0 ~ 23	4.08	3.47	41.59	83.55	40.52	28.65	70.72
	23 ~ 47	4.19	3.65	32.55	87.34	44.66	34.75	77.82
43-YY05	47 ~ 70	4.17	3.57	39.04	86.46	56.72	46.57	82.11
	70 ~ 120	4.39	3.58	34.19	82.24	55.03	44.37	80.62
	120 ~ 200	4.88	3.78	55.50	79.15	33.45	18.27	54.63
	0 ~ 30	4.62	3.73	45.54	67.48	49.16	23.73	48.28
43-YY10	30 ~ 75	4.48	3.86	47.18	83.29	47.78	26.22	54.88
	75 ~ 100	5.08	3.93	44.80	79.61	59.06	24.73	41.88
	100 ~ 200	5.11	3.96	52.11	71.83	44.61	21.66	48.54

2.2 供试土壤的诊断层与诊断特性

按照《中国土壤系统分类检索(第三版)》^[3]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,其结果列于表 5。

表 5 供试土壤诊断层与诊断特性

Table 5 Diagnostic horizons and diagnostic characteristics of studied profiles

剖面编号	暗瘠表层	淡薄表层	低活性富铁层	黏化层	锥形层	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-CS18		√			√	√	√	√	√
43-ZZ04	√		√			√	√	√	√
43-ZZ10		√			√	√	√	√	√
43-ZZ16	√			√				√	√
43-XT02		√		√		√	√	√	√
43-YY01	√				√	√		√	√
43-YY05	√			√		√	√	√	√
43-YY10	√				√	√	√	√	√

2.2.1 诊断表层 1) 暗瘠表层。剖面 43-ZZ04 表层厚度为 20 cm, 表层润态颜色为 5YR3/3, 明度彩度均<3.5, 有机碳含量为 11.36 g/kg, 盐基饱和度<50%, 土壤结构为团粒状。剖面 43-ZZ16 表层厚度为 25 cm, 表层润态颜色为 10YR3/3, 明度彩度均<3.5, 有机碳含量为 29.52 g/kg, 盐基饱和度<50%, 土壤结构为团粒状。剖面 43-YY01 表层厚度为 20 cm, 表层润态颜色为 10YR3/3, 明度彩度均<3.5, 有机碳含量为 18.03 g/kg, 盐基饱和度<50%, 土壤结构为团粒状。剖面 43-YY05 表层厚度为 23 cm, 表层润态颜色为 2.5YR3/3, 明度彩度均<3.5, 有机碳含量为 17.71 g/kg, 盐基饱和度<50%, 土壤结构为团粒状。剖面 43-YY10 表层厚度为 30 cm, 表层润态颜色为 5YR3/3, 明度彩度均<3.5, 有机碳含量为 17.71 g/kg, 盐基饱和度<50%, 土壤结构为团粒状。

2) 淡薄表层。剖面 43-CS18 表层厚度为 30 cm, 表层润态颜色为 5YR 5/8, 明度彩度均>3.5, 有机碳含量为 11.56 g/kg, 盐基饱和度<50%, 土壤结构为团粒状。剖面 43-ZZ10 表层厚度为 30 cm, 表层润态颜色为 2.5YR3/6, 明度彩度均>3.5, 有机碳含量为 5.82 g/kg, 盐基饱和度<50%, 土壤结构为团粒状。剖面 43-XT02 表层厚度为 18 cm, 表层润态颜色为 5YR6/6, 明度彩度均>3.5, 有机碳含量为 22.8 g/kg, 盐基饱和度<50%, 土壤结构为团粒状。

2.2.2 诊断表下层 1) 低活性富铁层。剖面 43-ZZ04, BA 层厚度为 30 cm, 色调为 5YR, DCB 浸提游离铁含量为 40.54 g/kg, 游离铁占全铁含量>40%, BA 层的 CEC₇ 均<24 cmol(+)/kg 黏粒。

2) 黏化层。黏化层是土体内黏粒含量相对富集的层次, 定量判定其黏粒富集的程度、诊断黏化层的指标为黏化率。根据表 3 剖面 43-ZZ16 的 BC1 层、

43-XT02 的 B 层和 43-YY05 的 B 层的黏化率分别为 1.29%、1.27% 和 1.31%, 均 1.2 倍, 因此该层也为黏化层。

3) 锥形层。在受各种气候、地形、母质和植被条件下发育程度较弱的土壤称为锥形土^[2]。根据供试土壤的剖面特性(表 2)和物理性质(表 3), 43-CS18 号剖面 B 层厚度为 30 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, 颜色为 5YR 6/8, 土壤质地为黏壤土, 虽有少量黏粒淀积, 黏化率为 1.17%, 但未到达黏化层要求, 所以定为锥形层。43-ZZ10 号剖面 B 层厚度为 55 cm, 土层体积 90% 以上有土壤结构的发育, 颜色为 2.5YR 4/8, 土壤质地为黏壤土, 虽有土体内有少量黏粒胶膜, 黏化率为 0.75%, 但未到达黏化层要求, 所以定为锥形层。43-YY01 号剖面 AB 层厚度为 20 cm, 土层体积 90% 以上有土壤结构的发育, 颜色为 10YR 5/8, 土壤质地为砂质黏壤土, 土体内无明显的新生体, 黏化率为 1.07%, 未到达黏化层要求, 所以定为锥形层。43-YY10 号剖面 B 层厚度为 25 cm, 土层体积 90% 以上有土壤结构的发育, 颜色为 5YR 4/8, 土壤质地为黏壤土, 虽然土体内有黏粒胶膜, 黏化率为 0.9%, 未到达黏化层要求, 所以定为锥形层。

2.2.3 诊断特性 铝质现象: 根据表 4 可知, 供试土壤中 43-CS18、43-ZZ04、43-ZZ10、43-XT02、43-YY01、43-YY05 和 43-YY10 号剖面均有阳离子交换量 (CEC₇) >24 cmol(+)/kg 黏粒、pH(KCl 浸提)<4.5、铝饱和度>60% 的层次, 因此具有铝质现象。

铁质特性: 根据表 4 可知, 供试土壤中 43-CS18、43-ZZ04、43-ZZ10、43-XT02、43-YY05 和 43-YY10 号剖面均有游离 Fe₂O₃ ≥ 20 g/kg、游离铁占全铁超过 40% 的层次, 但由于黏粒 CEC₇>24 cmol(+)/kg 黏粒,

因此具有铁质特性。

土壤水分与温度状况：湘东地区属于亚热带季风气候,年均气温 16~19℃,年降水量 1 300~1 500 mm。据《中国土壤系统分类检索(第三版)》^[3]对土壤水分与温度状况的定义,供试土壤的水分与温度状况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)》^[3]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,8 个花岗岩红壤剖面共涉及普通铝质湿润锥形土、普通筒育湿润富铁土、普通铝质湿润淋溶土、普通酸性湿润淋溶土 4 个亚类(表 6)。

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^[17],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。根据其标准供试土壤中 43-YY01 号剖面的根系限制层出现在 90 cm 位置,因此将其下界划在 90 cm。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壤质硅质混合型酸性热性-普通铝质湿润锥形土、黏质高岭石型酸性热性-普通筒育湿润富铁土、黏壤质硅质混合型酸性热性-普通酸性湿润淋溶土、黏壤质硅质混合型酸性热性-普通铝质湿润淋溶土、砂质硅质混合型酸性热性-普通铝质湿润锥形土、黏质高岭石型酸性热性-普通铝质湿润淋溶土 6 个土族。

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

剖面编号	中国土壤系统分类			
	土纲	亚纲	土类	亚类
43-CS18	锥形土	湿润锥形土	铝质湿润锥形土	普通铝质湿润锥形土
43-ZZ04	富铁土	湿润富铁土	筒育湿润富铁土	普通筒育湿润富铁土
43-ZZ10	锥形土	湿润锥形土	铝质湿润锥形土	普通铝质湿润锥形土
43-ZZ16	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-XT02	锥形土	湿润锥形土	铝质湿润锥形土	普通铝质湿润锥形土
43-YY01	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-YY05	锥形土	湿润锥形土	铝质湿润锥形土	普通铝质湿润锥形土
43-YY10	淋溶土	湿润淋溶土	酸性湿润淋溶土	普通酸性湿润淋溶土

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 section of studied soil profiles

剖面编号	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-CS18	30~100	9	33.99	黏壤质	硅质混合型	酸性	热性
43-ZZ04	20~100	12	39.1	黏质	高岭石型	酸性	热性
43-ZZ10	30~100	0	32.41	黏壤质	硅质混合型	酸性	热性
43-ZZ16	25~100	21	32.49	黏壤质	硅质混合型	酸性	热性
43-XT02	18~100	17	29.74	黏壤质	硅质混合型	酸性	热性
43-YY01	20~90	6	17.01	砂质	硅质混合型	酸性	热性
43-YY05	23~100	9	47.11	黏质	高岭石型	酸性	热性
43-YY10	30~100	6	32.51	黏壤质	硅质混合型	酸性	热性

2)土系划分。根据《中国土壤系统分类土族、土系建立的原则与标准》^[17],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^[17],供试土壤的土系划分结果如下:因供试剖面中黏质高岭石型酸性热性-普通筒育湿润富铁土(43-ZZ04)、黏壤质硅质混合型酸性热性-普通酸性湿润淋溶土(43-ZZ16)、黏壤质硅质混合型酸

性热性-普通铝质湿润淋溶土(43-XT02)、砂质硅质混合型酸性热性-普通铝质湿润锥形土(43-YY01)和黏质高岭石型酸性热性-普通铝质湿润淋溶土(43-YY05)不在一个土族内,所以在土系划分时将其划分为:大江系(43-ZZ04)、大塘系(43-ZZ16)、江田系(43-XT02)、源头系(43-YY01)和石桥系(43-YY05);同一土族内剖面 43-CS18、43-ZZ10 和 43-YY10 的土系划分,根据土系划分依据(表 8),剖面 43-CS18

的母质层出现在 145 cm 处,而另两个剖面的母质层均在 200 cm 以下,剖面 43-ZZ10 和 43-YY10 在土系

控制层段内的土体色调不同,因此将其划分为脱甲系(43-CS18)、土珠岭系(43-ZZ10)和芭蕉系(43-YY10)。

表 8 供试土壤土系划分依据
Table 8 Series established and Defining bases

土系名称	典型剖面	土壤剖面特征	土族名称
脱甲系	43-CS18	土系控制层段 0~145 cm,表层质地为砂质黏壤土,土体色调为 5YR	黏壤质硅质混合型酸性热性-普通铝质湿润锥形土
大江系	43-ZZ04	土系控制层段 0~145 cm,表层质地为黏壤土,50~145 cm 处出现少量黏粒胶膜,土体色调为 5YR	黏质高岭石型酸性热性-普通筒育湿润富铁土
土珠岭系	43-ZZ10	土系控制层段 0~150 cm,表层质地为黏壤土,30~120 cm 处出现少量黏粒胶膜,土体色调为 2.5YR	黏壤质硅质混合型酸性热性-普通铝质湿润锥形土
大塘系	43-ZZ16	土系控制层段 0~150 cm,表层质地为砂质黏壤土,土体色调为 10YR	黏壤质硅质混合型酸性热性-普通酸性湿润淋溶土
江田系	43-XT02	土系控制层段 0~150 cm,表层质地为黏壤土,18~150 cm 处出现了黏粒胶膜,土体色调为 5YR	黏壤质硅质混合型酸性热性-普通铝质湿润淋溶土
源头系	43-YY01	土系控制层段 0~90 cm,表层质地为砂质黏壤土,土体色调为 10YR	砂质硅质混合型酸性热性-普通铝质湿润锥形土
石桥系	43-YY05	土系控制层段 0~120 cm,表层质地为黏壤土,0~120 cm 处出现了黏粒胶膜,70~120 cm 处出现了铁锰斑纹,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
芭蕉系	43-YY10	土系控制层段 0~150 cm,表层质地为黏壤土,30~150 cm 处出现少量黏粒胶膜,土体色调为 5YR	黏壤质硅质混合型酸性热性-普通铝质湿润锥形土

3 讨论

3.1 湘东地区花岗岩母质发育土壤在发生分类与系统分类的参比关系

根据表 6 所示,湘东地区 8 个典型花岗岩红壤在中国土壤发生分类与中国土壤系统分类中呈不对应关系。由于 8 个供试剖面同为花岗岩母质发育土壤且成土环境趋于一致,因此在中国土壤发生分类中同属铁铝土纲、红壤土类及亚类,但在系统分类中则被划分为淋溶土、富铁土和锥形土 3 个土纲,湿润淋溶土、湿润富铁土和湿润锥形土 3 个亚纲;筒育湿润富铁土、铝质湿润淋溶土、酸性湿润淋溶土和铝质湿润锥形土 4 个土类;普通铝质湿润锥形土、普通筒育湿润富铁土、普通铝质湿润淋溶土和普通酸性湿润淋溶土 4 个亚类。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,将 8 个供试土壤剖面,划分出锥形土、淋溶土和富铁土 3 个土纲,体现出土壤发育程度的差异。

3.2 《中国土壤系统分类土族、土系建立的原则与标准》^[17]在花岗岩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^[17],对供试土壤进行了土族土系划分,共建立了脱甲等 8 个土系,按照标准^[17]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^[17]在划分过程中未出现不适用现象,说明目前的土族土系划分标准在湘东花岗岩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^[17]建立土族和土系,既实现了花岗岩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

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,湘东地区所调查的 8 个花岗岩红壤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^[3],检索出供试剖面包含淡薄表层、暗瘠表层、低活性富铁层、黏化层等 9 个诊断层和诊断特性,据此确定其在中国系统分类

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;简育湿润富铁土、铝质湿润淋溶土、酸性湿润淋溶土和铝质湿润雏形土 4 个土类;普通铝质湿润雏形土、普通简育湿润富铁土、普通铝质湿润淋溶土和普通酸性湿润淋溶土 4 个亚类。与土壤发生学分类结果相比,土壤系统分类结果更能定量反映出湘东花岗岩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发育类型的差异。

2) 根据中国土壤系统分类中土族土系划分标准^[17],建立了黏壤质硅质混合型酸性热性-普通铝质湿润雏形土、黏质高岭石型酸性热性-普通简育湿润富铁土、黏壤质硅质混合型酸性热性-普通铝质湿润雏形土等 6 个土族,脱甲系(43-CS18)、大江系(43-ZZ04)、珠岭系(43-ZZ10)等 8 个土系。实践表明,目前的土族土系划分标准适用于湘东花岗岩母质发育土壤的基层分类单元划分。

参考文献:

- [1] Soil Survey Staff in USDA. Keys to soil taxonomy[M]. 9th ed. Washington: United States Government Printing Office, 2000: 1-306
- [2] 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: 1-863
- [3] 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: 1-223
- [4] FAO. World reference base for soil resources[M]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006: 1-142
- [5] 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
- [6] 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
- [7] 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
- [8] 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
- [9] 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): 246-251
- [10] 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
- [11] 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
- [12] 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
- [13] 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, 25(4): 26-32
- [14] 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
- [15] 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): 38-44
- [16] 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): 623-625
- [17] 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
- [18] 湖南省农业厅. 湖南土壤[M]. 北京: 农业出版社, 1989
- [19] 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
- [20] 刘杰, 张杨珠, 罗尊长, 等. 湘中南丘岗地区土壤发生特性及系统分类[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2012, 38(6): 648-655
- [21] 李军, 张杨珠, 赵荣进, 等. 蓝山县山地土壤发生特性与系统分类研究[J]. 湖南农业科学, 2013(5): 45-52
- [22] 张杨珠, 周清, 黄运湘, 等. 基于中国土壤系统分类体系的湖南省土壤系统分类研究 I. 湖南土壤系统分类的原则和指标及高级单元初拟[J]. 湖南农业科学, 2014(3): 43-58
- [23] 湖南省农业厅. 湖南土种志[M]. 北京: 农业出版社, 1987
- [24] 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

Taxonomy of Granite-derived Red Soils in Eastern Hunan

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: In this paper, 8 typical granite-derived soil profiles in eastern Hunan Province were selected, the information of soil-forming environment and profile morphological characteristics were observed in fields, the physico-chemical properties of soils were measured in lab, the diagnostic horizons and diagnostic characteristics of the soil profiles were determined, the senior units and basic units of taxonomy were identified and established according the definition and standards on Chinese Soil Taxonomy. The results show that there are 9 diagnostic horizons and characteristics such as Ochric epipedon, Umbric epipedon, LAC-ferric horizon and Argic horizon in the 8 soil profiles. These soil profiles belong to Argosols, Ferrosols and Cambosols in soil order and to four soil subgroups of Typic Ali-udic Cambosols, Typic Hapli-udic Ferrosols, Typic Ali-udic Argosols and Typic Acidi-udic Argosols. According to the classification standards of soil family and soil series, 6 soil families and 8 soil series are identified and established finally. This study proved that the current classification standards of soil family and soil series are applicable in determining the basic units of soil taxonomy, and compared with soil genetic classification, and soil taxonomy can better reflect the differences in granite-derived soil characteristics in eastern Hunan and disclose more accurately the differences in soil developmental stage and in soil types.

Key words: Eastern Hunan; Granite red soil; Diagnostic horizon and diagnostic characteristics; Chinese Soil Taxonomy; Senior unit; Soil family and series