

DOI: 10.11766/trxb201708170333

重庆市紫色土系统分类高级单元划分研究*

慈恩 唐江 连茂山 陈林 翁昊璐 樊晶晶 魏朝富

(西南大学资源环境学院/农业部西南耕地保育重点实验室, 重庆 400715)

摘要 依据中国土壤系统分类的原则和方法, 对重庆市境内的 41 个紫色土典型剖面进行鉴别、检索和分类定名, 并与其发生分类进行参比。结果表明, 41 个紫色土典型剖面分别被划归为 4 个土纲(人为土、淋溶土、锥形土和新成土)、6 个亚纲、12 个土类和 19 个亚类等系统分类高级单元, 被划归为锥形土土纲的剖面最多, 其次为新成土土纲, 仅有 9 个剖面被划归为紫色湿润锥形土或紫色正常新成土; 锥形土土纲和新成土土纲均分别对应紫色土发生分类的 3 个亚类(酸性紫色土、中性紫色土和石灰性紫色土), 而淋溶土土纲则仅与酸性紫色土 1 个亚类相对应; 地形、海拔、母岩和人为活动与紫色土的土壤水分状况、剖面发育、颜色以及其他理化性质等关系密切, 是影响重庆市紫色土系统分类高级单元划分的重要因素; 针对多数紫色土个体达不到紫色砂、页岩岩性特征的色调标准以及铁质湿润锥形土的下设亚类不能充分反映紫色土属性(如石灰性、酸性等)差异等问题, 建议适当放宽紫色砂、页岩岩性特征的颜色要求或增设石灰铁质湿润锥形土和酸性铁质湿润锥形土 2 个亚类。

关键词 紫色土; 土壤系统分类; 诊断层; 诊断特性; 重庆市

中图分类号 S155.3 **文献标识码** A

目前, 国内外土壤分类发展的大趋势是量化、标准化和统一化, 以诊断层和诊断特性为基础、量化为特点的土壤系统分类已成为国际土壤分类的主流^[1-2]。中国土壤系统分类的研究工作虽起步较晚, 但发展迅速, 取得了一系列令人瞩目的成就^[3-11], 并在国内得到了推广与应用。区域土壤的系统分类研究是我国土壤系统分类工作的重要组成部分, 其为中国土壤系统分类的建立、修订和完善提供了重要的一手资料和数据。近 30 年来, 针对我国不同省份(直辖市、自治区)的土壤资源, 开展了大量相关研究^[12-21]。然而, 与全国的其他省份(直辖市、自治区)相比, 重庆市的土壤系统分类工作才刚刚起步, 诸多方面的研究仍处于空白阶段, 除 1 篇有关烟田土壤系统分类的研究报道外^[22], 还未见其他相关报道, 这种滞后现状势必

会影响到重庆市以土壤定量化分类为科学支撑的相关领域发展。

紫色土是现行中国土壤发生分类中的一种土类类型, 隶属于初育土纲—石质初育土亚纲, 是重庆市最为重要的、分布面积最广的旱地土壤类型。紫色土是由紫色沉积岩(简称紫色岩)发育而成的一类岩性土^[23], 具有成土作用迅速、矿质养分含量丰富、耕性好、自然肥力高等特点^[23-24], 在重庆市粮、油、果、菜等产业发展中发挥着不可替代的重要作用。近年来, 围绕紫色土的系统分类工作, 在全国范围内也开展了一系列相关研究, 但样点区域主要集中在四川省、广西省、安徽省、浙江省、湖北省、江西省等地^[17, 24-28], 而对于有着大量紫色土分布的重庆市则一直缺乏针对性的系统研究。为此, 本文拟以重庆市分布面积最广的土壤类

* 国家科技基础性工作专项(2014FY110200)、中央高校基本科研业务费专项(XDJK2017B027)资助 Supported by the Special Project of National Science and Technology Basic Research (No. 2014FY110200) and Fundamental Research Funds for the Central Universities (No. XDJK2017B027)

作者简介: 慈恩(1981—), 男, 安徽枞阳人, 博士, 副研究员, 主要从事土壤发生与分类、土壤碳循环等方面研究。

E-mail: cien777@163.com

收稿日期: 2017-08-17; 收到修改稿日期: 2017-10-30; 优先数字出版日期(www.cnki.net): 2017-12-25

型——紫色土为研究对象，通过野外调查和采样分析，获取紫色土典型个体的剖面形态和理化性质，依据现行中国土壤系统分类的原则和方法，确定各紫色土典型个体的系统分类高级单元归属，建立相应的发生分类与系统分类参比，旨在推动重庆市土壤量化分类的建设进程，为重庆市土壤资源的合理利用与评价提供科学依据，也为进一步完善中国土壤系统分类提供数据参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

重庆市简称渝，地处我国西南部，位于105° 17' ~ 110° 11' E, 28° 10' ~ 32° 13' N之间，东邻湖北、湖南，南接贵州，西与四川毗邻，北连陕西，总面积8.24万km²。重庆市总体地势是西部和中部低，东北部、东南部高，由南北向长江河谷逐级降低，地貌类型多样，以山地和丘陵为主，素有“山城”之称，其中山地面积占76%，

丘陵占22%，河谷平坝仅占2%；全市大致可分为渝西方山丘陵区、中部平行岭谷区（低山、丘陵区）、渝东北中山区和渝东南中山区等4个地貌分区。全市均属亚热带湿润季风气候区，具有夏热冬暖、光热同季、湿润多阴、无霜期长、立体气候显著等特点；全市年均气温16~18℃，长江河谷的巴南、綦江、云阳等地可达18.5℃以上，东南部的黔江、酉阳等地14~16℃，东北部海拔较高的城口仅13.7℃；年均降水量较丰富，大部分地区在1000~1350 mm；年均相对湿度多在70%~80%，在全国属高湿区；年日照时数1000~1400 h，日照百分率仅为25%~35%，为全国年日照最少的地区之一。重庆市属沉积岩广泛发育区域，境内中生代地层出露面积甚大；紫色土是境内分布面积最广的土类（图1），占全市土地面积的33.22%，其成土母岩主要为中生代三叠系、侏罗系和白垩系等地的紫色沉积岩，主要分布在渝西方山丘陵区 and 中部平行岭谷区，且大多位于海拔800 m以下，仅有少量散布在渝东北和渝东南中山区。

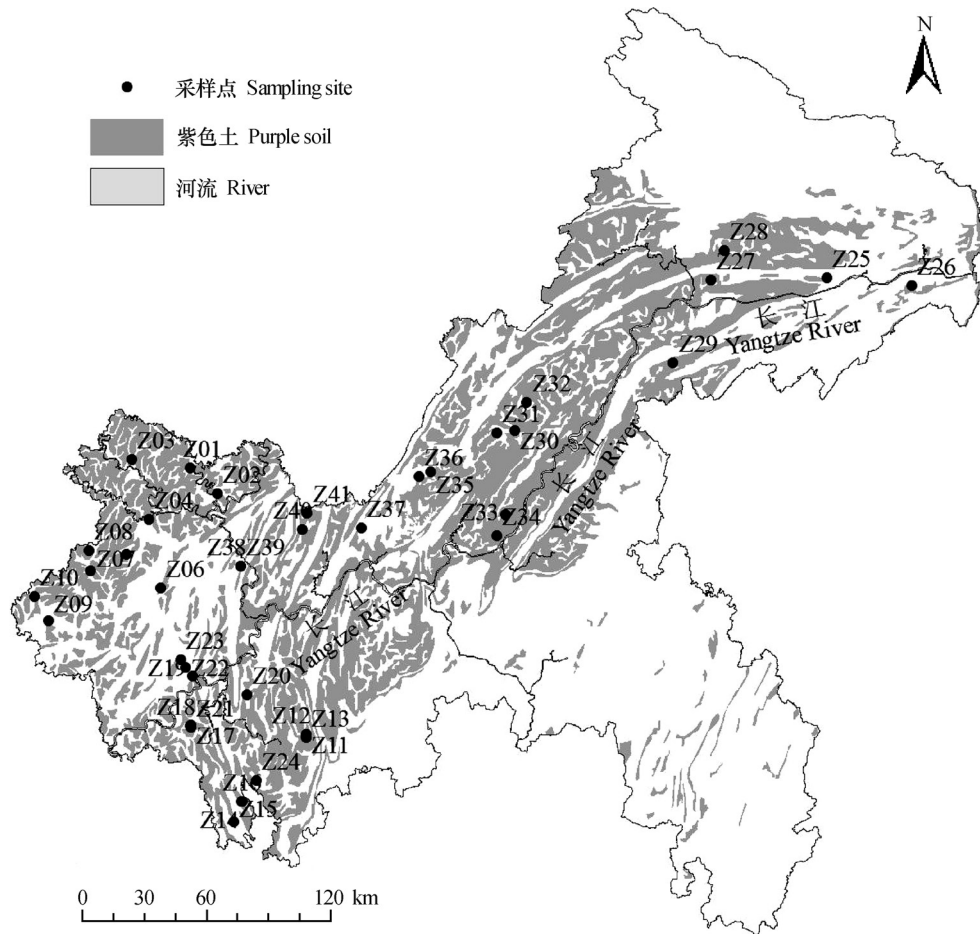


图1 重庆市紫色土及采样点的分布

Fig. 1 Distribution of purple soils and sampling sites in Chongqing Municipality

1.2 样品采集与分析

利用ArcGIS软件,依据重庆市土壤图,筛选出重庆市紫色土分布区,叠加地形、地质等相关数据,划定用于紫色土调查的典型地体单元,结合紫色土土种分布和交通状况等,选取41个典型地体单元作为重庆市紫色土的典型个体调查区,在每个调查区内布设1个采样点。根据预设采样点的坐标和第二次土壤普查资料,完成野外定点工作,采样点的位置分布见图1;参照《野外土壤描述与采样手册》^[29](简称《手册》),挖掘土壤剖面(若样地为梯田,则将剖面点设在地块的中间位置),调查土壤景观,描述剖面形态特征,拍照和部分指标(如土壤颜色、石灰反应、亚铁反应等)的野外速测等相关工作,供试剖面

点的海拔、地形部位、成土母质和土地利用状况等见表1;按发生层次采集土壤样品(含容重样和纸盒样),将其及时运回实验室经风干、去杂、研磨、过不同孔径筛后待用。利用《中国标准土壤色卡》^[30]对土壤颜色(干/润态)进行描述;土壤理化指标的分析方法如下:容重—环刀法;pH—水浸提法和KCl浸提法;颗粒组成—吸管法;土壤有机碳(SOC)—重铬酸钾-硫酸消化法;有效磷— $0.5\text{ mol L}^{-1}\text{ NaHCO}_3$ 浸提法;阳离子交换量(CEC_7)— NH_4OAc (pH7.0)交换法;游离氧化铁—DCB浸提比色法;交换性氢、铝—KCl浸提法;交换性盐基— NH_4OAc (pH7.0)浸提,原子吸收光谱法和火焰光度法测定;碳酸钙—气量法等^[31]。

表1 供试土壤的成土环境

Table 1 Soil-forming environment of the tested soils

剖面号 Profile No.	地点 Location	海拔 Elevation (m)	地形部位 Topographic position	岩石地层 Lithostratigraphy	母质 Parent material	土地利用 Land use
Z01	合川区古楼镇	317	低丘上坡	沙溪庙组 J ₂ s	泥岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z02	合川区钓鱼城街道	254	低丘上坡	沙溪庙组 J ₂ s	砂质泥(页)岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z03	潼南区桂林街道	270	低丘中坡	遂宁组 J ₃ s	泥岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z04	铜梁区少云镇	283	低丘上坡	沙溪庙组 J ₂ s	砂质泥(页)岩风化残坡积物	果园(坡地)
Z05	铜梁区平滩镇	279	低丘顶部	遂宁组 J ₃ s	泥岩风化残积物	旱地(坡地)
Z06	铜梁区围龙镇	327	低丘中坡	沙溪庙组 J ₂ s	砂岩、泥岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z07	大足区龙岗街道	390	低丘坡麓	蓬莱镇组 J ₃ p	泥(页)岩、砂岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z08	大足区高坪镇	515	低山顶部	蓬莱镇组 J ₃ p	泥岩风化残积物	旱地(坡地)
Z09	荣昌区仁义镇	395	低丘坡麓	沙溪庙组 J ₂ s	泥(页)岩、砂岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z10	荣昌区观胜镇	343	低丘中坡	遂宁组 J ₃ s	泥岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z11	綦江区三角镇	688	低山中坡	夹关组 K _j	砂岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z12	綦江区三角镇	696	低山中坡	夹关组 K _j	砂岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z13	綦江区三角镇	688	低山上坡	夹关组 K _j	砂岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z14	江津区柏林镇	588	低山坡麓	夹关组 K _j	砂岩、泥(页)岩风化坡积物	旱地(坡地)
Z15	江津区四面山镇	1027	中山上坡	夹关组 K _j	砂岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z16	江津区柏林镇	613	低山上坡	蓬莱镇组 J ₃ p	泥岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z17	江津区永兴镇	275	低丘上坡	沙溪庙组 J ₂ s	砂岩、泥岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z18	江津区永兴镇	275	低丘上坡	沙溪庙组 J ₂ s	泥岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z19	江津区德感街道	301	低丘上坡	自流井组 J ₁₋₂ z	泥岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z20	江津区杜市镇	233	低丘中坡	自流井组 J ₁₋₂ z	泥岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z21	江津区永兴镇	280	低丘下坡	沙溪庙组 J ₂ s	泥岩风化残坡积物	林地(坡地)
Z22	璧山区广普镇	263	低丘下坡	自流井组 J ₁₋₂ z	泥岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z23	璧山区广普镇	291	低丘上坡	遂宁组 J ₃ s	泥岩风化残坡积物	旱地(坡地)

续表

剖面号 Profile No.	地点 Location	海拔 Elevation (m)	地形部位 Topographic position	岩石地层 Lithostratigraphy	母质 Parent material	土地利用 Land use
Z24	綦江区郭扶镇	874	中山上坡	蓬莱镇组 J ₃ p	砂岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z25	奉节县朱衣镇	269	低丘上坡	巴东组 T ₂ b	泥岩风化坡积物	果园(坡地)
Z26	巫山县官渡镇	874	中山下坡	巴东组 T ₂ b	泥岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z27	云阳县栖霞镇	612	低山上坡	沙溪庙组 J ₂ s	泥岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z28	云阳县南溪镇	446	高丘中坡	蓬莱镇组 J ₃ p	砂岩、泥岩风化坡积物	旱地(坡地)
Z29	万州区龙驹镇	326	低丘下坡	沙溪庙组 J ₂ s	砂岩、泥岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z30	忠县马灌镇	441	低丘中坡	蓬莱镇组 J ₃ p	泥岩、砂岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z31	忠县花桥镇	485	低丘上坡	蓬莱镇组 J ₃ p	泥岩、砂岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z32	忠县官坝镇	564	低山中坡	蓬莱镇组 J ₃ p	泥岩、砂岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z33	丰都县树人镇	323	高丘中坡	蓬莱镇组 J ₃ p	泥岩、砂岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z34	丰都县名山街道	224	低丘上坡	遂宁组 J ₃ s	泥岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z35	垫江县五洞镇	372	低丘中坡	遂宁组 J ₃ s	泥岩风化残坡积物	旱地(坡式梯田)
Z36	垫江县砚台镇	407	低丘中坡	沙溪庙组 J ₂ s	泥岩、砂岩风化残坡积物	果园(坡式梯田)
Z37	长寿区八颗镇	339	低丘下坡	沙溪庙组 J ₂ s	砂质泥(页)岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z38	北碚区龙凤桥街道	520	低山上坡	飞仙关组 T ₁ f	泥(页)岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z39	北碚区龙凤桥街道	515	低山下坡	飞仙关组 T ₁ f	泥(页)岩风化坡积物	旱地(坡地)
Z40	渝北区兴隆镇	585	低山中坡	沙溪庙组 J ₂ s	砂岩、泥岩风化残坡积物	旱地(坡地)
Z41	渝北区茨竹镇	736	低山上坡	沙溪庙组 J ₂ s	泥岩、砂岩风化残坡积物	旱地(坡地)

2 结果

2.1 供试土壤的成土环境

从表1可见, 供试剖面点的海拔范围为224 ~ 1 027 m, 38个剖面点位于800 m以下的低山、丘陵区, 3个剖面点位于800 m以上的中山区, 不同坡位上均有剖面点分布; 除剖面Z35和Z36所处的地块为坡式梯田外, 其他39个剖面的采样地块均为自然坡地。成土母质为中生代白垩系、侏罗系和三叠系发育的砂岩、泥岩、页岩等沉积岩风化坡积物、残积物和残坡积物, 多呈紫色、灰棕色、红棕色和红色等; 土地利用方式以旱地为主, 还有少量果园(主要种植柑橘、枇杷和梨树等)和1个次生林地(植被为松树、竹子、青冈和蕨类等); 除旱地外, 果园也存在少量的人为耕作活动。此外, 根据重庆市各区县气象站点的观测数据, 运用Penman经验公式^[3]估算可知, 境内各区县气象站点的年干燥度均小于1, 其中海拔800 m以上气象站点的每月干燥度也均小于1。

2.2 土壤剖面形态和理化性质

2.2.1 剖面形态 通常, R表示即使湿润时也无法用铁铲挖开的坚硬基岩^[32], 本文为便于显示准石质接触面的分布情况, 按照《手册》的相关要求^[29], 将准石质接触面以下部分固结的泥质岩和砂岩等也用R表示(表2); 从表2可知, 在125 cm深度范围内, 有33个紫色土剖面出现R层, 其中15个剖面R层出现深度小于50 cm。在125 cm深度范围内, 供试剖面主要呈A-B-(BC或C)-(R)和A-(AC或C)-(R)等构型, 剖面Z35中存在异元母质; 剖面Z02中60~68/75 cm土层满足漂白层的相关条件, 故用E表示。野外观察发现, Z02、Z09、Z10、Z11、Z16、Z17、Z21、Z24、Z33、Z35和Z36等剖面在各自的控制层段范围内有不同数量的铁锰斑纹或结核等; Z11、Z12、Z15和Z16等剖面有明显的黏粒胶膜存在; 在剖面Z22的表层中, 有多量蚯蚓粪和间距<10 cm的蚯蚓穴, 还有少量砖瓦碎屑等人为侵入体。

表2 供试土壤的剖面构型及色调

Table 2 Profile patterns and hue of the tested soils

剖面号 Profile No.	剖面构型 Profile pattern	色调(干/润) ¹⁾ Hue (Dry or wet)
Z01	Ap (0~18) ²⁾ -Bw (18~50)-R (>50)	7.5R
Z02	Ap (0~20)-Bw (20~60)-E (60~68/75)-R (>68/75)	7.5YR
Z03	Ap (0~10)-AC (10~20)-R (>20)	10R
Z04	Ap (0~20)-Bw (20~38)-BC (38~45)-R (>45)	5YR
Z05	Ap (0~20)-AC (20~25/30)-R (>25/30)	2.5YR
Z06	Ap (0~20)-Bw (20~42)-R (>42)	2.5Y
Z07	Ap (0~20)-Bw1 (20~45)-Bw2 (45~52)-R (>52)	5YR
Z08	Ap1 (0~18)-Ap2 (18~23)-R (>23)	10RP
Z09	Ap (0~20)-Bw1 (20~46)-Bw2 (46~70)-Bw3 (70~105)-C (105~148)	2.5YR
Z10	Ap (0~20)-Bw1 (20~34)-Bw2 (34~40/44)-R (>40/44)	2.5YR
Z11	Ap (0~20)-Bt (20~50)-BC (50~70/95)-R (>70/95)	7.5YR
Z12	Ap (0~18)-Bt (18~50)-R (>50)	7.5YR
Z13	Ap (0/7~20/25)-AC (20/25~30/34)-R (>30/34)	7.5YR
Z14	Ap (0~20)-Bw1 (20~44)-Bw2 (44~80)-Bw3 (80~116)-Bw4 (116~152)	2.5YR
Z15	Ap (0~20)-AB (20~45)-Bt (45~90)-Bw (90~140)	10R
Z16	Ap (0~20)-Bt (20~58)-BC (58~68)-R (>68)	2.5YR
Z17	Ap (0~20)-Bw1 (20~32)-Bw2 (32~41/45)-C1 (41/45~50/60)-C2 (50/60~85/91)-C3 (85/91~138)	10RP
Z18	Ap (0~20)-Bw1 (20~32)-Bw2 (32~40/60)-R (>40/60)	10RP
Z19	Ap (0~15)-AC (15~21)-R (>21)	10RP
Z20	Ap (0~20)-Bw (20~51)-C (51~74)-R (>74)	10RP
Z21	Ah (0~18)-Bw1 (18~37)-Bw2 (37~57)-Bw3 (57~85)-Bw4 (85~112/117)-R (>112/117)	10R
Z22	Ap (0~20)-Bw1 (20~45)-Bw2 (45~56/80)-R (>56/80)	10RP
Z23	Ap (0~20)-AB (20~40)-Bw1 (40~65)-Bw2 (65~90/100)-R (>90/100)	7.5R
Z24	Ap (0~19)-Bw1 (19~30)-Bw2 (30~45)-Bw3 (45~65)-Bw4 (65~76)-Bw5 (76~90)-R (>90)	5YR
Z25	Ap (0~14)-C1 (14~45)-C2 (45~125)	10RP
Z26	Ap (0~20)-Bw1 (20~45)-Bw2 (45~70)-C (70~90/100)-R (>90/100)	10R
Z27	Ap (0~20)-AC (20~28)-R (>28)	10RP
Z28	Ap (0~19)-Bw1 (19~30)-Bw2 (30~65)-Bw3 (65~90)-Bw4 (90~120)-C (120~140)	7.5YR
Z29	Ap (0~17)-Bw1 (17~37)-Bw2 (37~54)-Bw3 (54~65)-R (>65)	10RP
Z30	Ap (0~20)-Bw1 (20~36)-Bw2 (36~46)-R (>46)	2.5YR
Z31	Ap (0~19)-Bw1 (19~35)-Bw2 (35~50/58)-R (>50/58)	5YR
Z32	Ap (0~14)-Bw (14~39/42)-R (>39/42)	5YR
Z33	Ap (0~16)-Bw1 (16~46/54)-Bw2 (46/54~70)-R (>70)	10RP
Z34	Ap (0~20)-Bw1 (20~38)-Bw2 (38~51)-R (>51)	7.5R

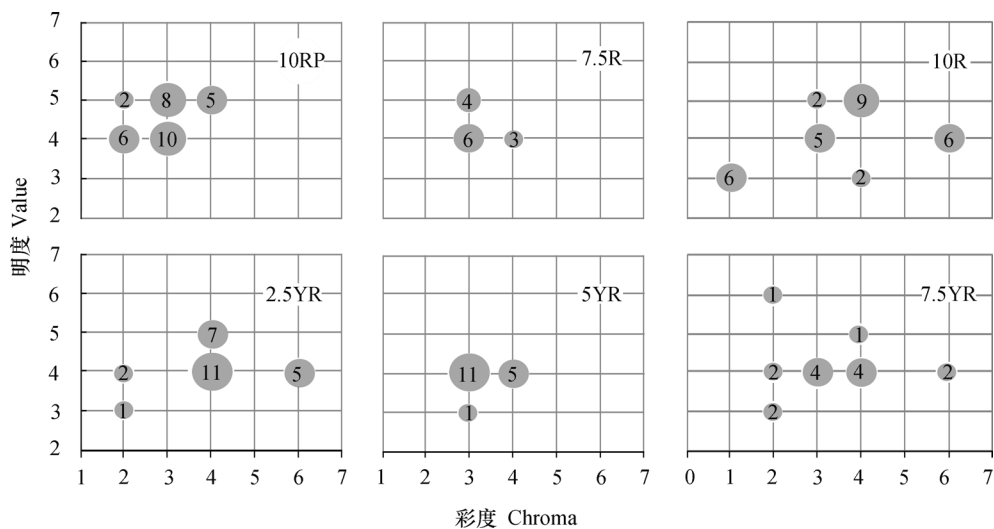
续表

剖面号 Profile No.	剖面构型 Profile pattern	色调 (干/润) ¹⁾ Hue (Dry or wet)
Z35	Ap (0~16) -Bw1 (16~44) -Bw2 (44~70/76) -2Bw3 (70/76~122) -2C (122~138)	2.5YR
Z36	Ap (0~19) -Bw1 (19~43) -Bw2 (43~64) -Bw3 (64~82/88) -R (>82/88)	7.5R
Z37	Ap (0~19) -Bw (19~32/38) -R (>32/38)	10R
Z38	Ap (0~15) -AC (15~25) -R (>25)	10R
Z39	Ap (0~18) -C1 (18~60) -C2 (60~100) -C3 (100~140)	10R
Z40	Ap (0~20) -Bw1 (20~48) -Bw2 (48~86) -Bw3 (86~105/140) -R (>105/140)	10R
Z41	Ap (0~17) -Bw1 (17~28) -Bw2 (28~40/45) -R (>40/45)	10R

注：1) 供试剖面发生层 (不含R层) 的土壤色调；2) 括号中数字表示发生层的深度范围，单位为cm。Note: 1) The soil hue for different horizons (not including the R layer) in the tested profiles; 2) The numbers in brackets indicate the deep range of the horizon, and the unit is centimeter (cm).

土壤颜色是反映土壤形态的一个重要指标，从表2可知，供试剖面的土壤色调 (干/润态) 有10RP、7.5R、10R、2.5YR、5YR、7.5YR和2.5Y等，符合上述色调的剖面数由多到少依次为10个 (10RP)、9个 (10R)、7个 (2.5YR)、5个 (5YR)、5个 (7.5YR)、4个 (7.5R) 和1个 (2.5Y)，仅有不到总样点数1/4的紫色土剖面满足紫色砂、页岩岩性特征的色调要求“2.5RP~10RP”；受成土母岩—黄色砂岩的色调影响，Z06剖面的土壤色调 (2.5Y) 较其他剖面更黄；从图2可知，供试剖面发生层土壤颜色 (润态) 的主要色调及明度、彩度范围分别为：10RP (4~5) / (2~4)、7.5R (4~5) / (3~4)、

10R (3~5) / (1~6)、2.5YR (3~5) / (2~6)、5YR (3~4) / (3~4) 和7.5YR (3~6) / (2~6)。供试紫色土母岩颜色 (润态) 的色调及具有相同母岩色调的剖面数分别为10RP (11个)、2.5YR (10个)、10R (9个)、7.5R (4个)、5YR (4个)、7.5YR (2个) 和2.5Y (1个)，其主要色调及明度、彩度分布见图3；绝大多数剖面发生层土壤的色调与母岩一致，仅有少数剖面 (4个) 受成土环境的影响，土体色调与母岩有异，如剖面Z02的母岩色调虽为10RP，但由于受地形影响，其R层以上土体内易形成滞水和侧渗，引发土体内铁素还原淋失，使其色调变化明显 (表2)。



注：位于灰色圆点上的数字为样本数。下同 Note: Numbers on gray dots are sample sizes. The same below

图2 供试剖面发生层土壤颜色 (润态) 的主要色调及明度、彩度分布

Fig. 2 Main hue, value and chroma of soil color (wet) for different horizons in the tested profiles

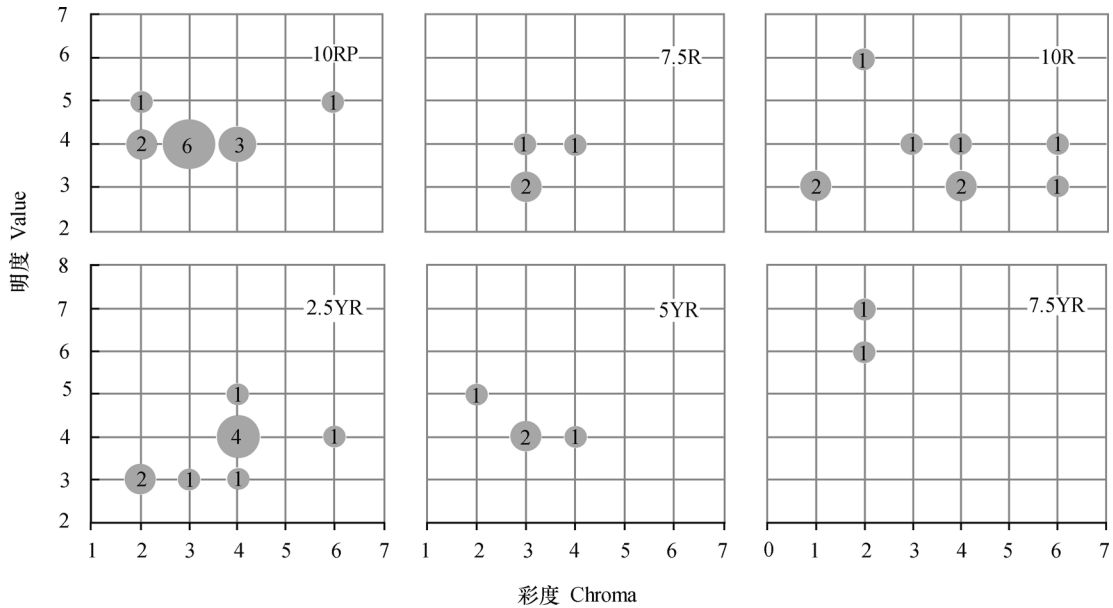
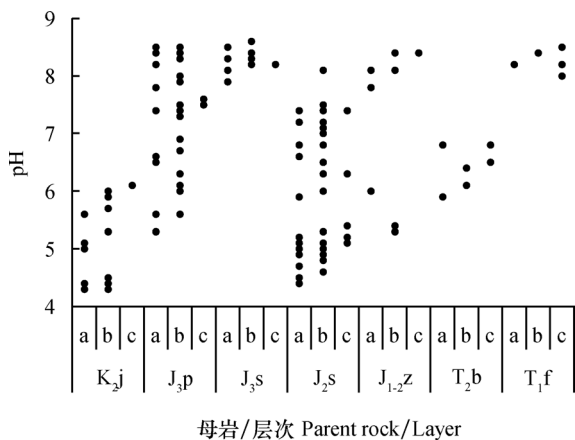


图3 供试紫色土母岩颜色（润态）的主要色调及明度、彩度分布

Fig. 3 Main hue, value and chroma of parent rock color (wet) for the tested purple soils

2.2.2 理化性质 各供试剖面发生层（不包括R层）土壤pH范围为4.3~8.6，最低值和最高值分别出现在夹关组（K_{2j}）砂岩风化发育的剖面Z13和遂宁组（J_{3s}）钙质泥岩风化发育的剖面Z35中；从图4可知，夹关组（K_{2j}）和遂宁组（J_{3s}）风化物发育的土壤剖面pH分别表现为酸性和碱性，沙溪庙组（J_{2s}）和蓬莱镇组（J_{3p}）风化物发育的土壤剖面pH变化范围则相对较大，分别为

4.4~8.1和5.6~8.5。各供试剖面发生层黏粒含量范围为79.1~530.1 g kg⁻¹，最低值和最高值分别出现在剖面Z24的Bw4层和Z35的2Bw3层，其对应的土壤质地分别为砂质壤土和粉质黏土；在剖面Z11、Z12、Z15和Z16中，存在黏粒淀积，各剖面从其黏粒淀积层上界起至下部30 cm深度范围内的土层总黏粒含量与上覆淋溶层的黏粒含量比为1.24~1.38。各供试剖面的表层SOC含量范围为1.71~17.30 g kg⁻¹，最低值和最高值分别出现在剖面Z03和Z39中，表层SOC含量<6 g kg⁻¹的剖面有Z01、Z03、Z20、Z21、Z25、Z29、Z30、Z34、Z36和Z41。各供试剖面中表层和表下层0.5 mol L⁻¹ NaHCO₃浸提有效磷含量最高值均出现在剖面Z22中，分别为132.5 mg kg⁻¹和149.5 mg kg⁻¹。各供试剖面发生层细土部分DCB浸提游离氧化铁的含量范围为6.04~50.14 g kg⁻¹，其中整个B层细土部分游离氧化铁≥20 g kg⁻¹的剖面有Z11、Z14、Z17、Z18、Z20、Z21、Z22、Z26、Z34和Z35。各供试剖面发生层的CEC₇范围为37~439 cmol kg⁻¹黏粒，均大于24 cmol kg⁻¹黏粒。在剖面Z02、Z06、Z09、Z12、Z13、Z14、Z17、Z18、Z21和Z22中，存在交换性铝含量≥12 cmol kg⁻¹黏粒且KCl浸提pH≤4.5的发生层次。综合野外观测和室内分析可知，各供试剖面中，pH>7.5的发生层中碳酸钙含量均大于10 g



注：a表示表土层（A层）；b表示中部土层（B层或AC层）；c表示B层或AC层以下发生层 Note: The letter a represents the topsoil layer (A horizon); the letter b represents the middle soil layer (B horizon or AC horizon); the letter c represents the soil layer under B horizon or AC horizon

图4 不同母岩发育的紫色土发生层pH值分布

Fig. 4 pH values of soil horizons for purple soils developed from different parent rocks

kg⁻¹，且有不同程度的石灰反应。

2.3 诊断层和诊断特性

2.3.1 诊断层 由表3可知，供试剖面涉及淡薄表层、肥熟表层、漂白层、雏形层、耕作淀积层和黏化层等2个诊断表层和4个诊断表下层。（1）淡薄表层：依照《中国土壤系统分类检索（第三版）》中各类腐殖质表层的鉴定条件^[3]，共检出19个剖面具有淡薄表层（表3），未发现供试剖面具有暗沃表层或暗瘠表层。（2）肥熟表层：仅有剖面Z22被检出具有肥熟表层。（3）漂白层：剖面Z02的土体中存在具有一定坡降的准石质接触面，虽位

于水分不易停留的缓坡上，但大多数年份某一时期会因受连续降水和来自高处的渗入水影响而出现上部土层水分饱和的现象，加上受水分侧向流动的影响，进而导致贴近准石质接触面的部分土体内游离氧化铁易发生还原淋失并形成漂白层（E）。

（4）雏形层：从表2、表3可知，有29个供试剖面被检出具有雏形层（Bw）。（5）耕作淀积层：剖面Z22被检出具有磷质耕作淀积层。（6）黏化层：依照黏化层的鉴定条件^[3]，检出4个剖面具有黏化层（表3），且均是由黏粒的淋溶淀积所形成的。

表3 供试土壤剖面的诊断层和诊断特性

Table 3 Diagnostic horizons and diagnostic characteristics of the tested soil profiles

诊断层和诊断特性 Diagnostic horizons and diagnostic characteristics	剖面号 Profile No.
淡薄表层 Ochric epipedon	Z01、Z03、Z05、Z06、Z09、Z11、Z12、Z14、Z19、Z20、Z21、Z25、Z29、Z30、Z34、Z35、Z36、Z40、Z41
肥熟表层 Fimic epipedon	Z22
漂白层 Albic horizon	Z02
雏形层 Cambic horizon	Z01、Z02、Z04、Z06、Z07、Z09、Z10、Z14、Z15、Z17、Z18、Z20、Z21、Z22、Z23、Z24、Z26、Z28、Z29、Z30、Z31、Z32、Z33、Z34、Z35、Z36、Z37、Z40、Z41
耕作淀积层 Agric horizon	Z22
黏化层 Argic horizon	Z11、Z12、Z15、Z16
紫色砂、页岩岩性特征 L. C. of purplish sandstones and shales	Z08、Z17、Z18、Z19、Z20、Z22、Z25、Z27、Z29、Z33
红色砂、页岩、砂砾岩和北方红土岩性特征 L. C. of red sandstones, shales and conglomerates, and northern red earths	Z41
准石质接触面 Paralithic contact	Z01、Z02、Z03、Z04、Z05、Z06、Z07、Z08、Z10、Z11、Z12、Z13、Z16、Z18、Z19、Z20、Z21、Z22、Z23、Z24、Z26、Z27、Z29、Z30、Z31、Z32、Z33、Z34、Z36、Z37、Z38、Z40、Z41
湿润土壤水分状况 Udic soil moisture regime	Z01、Z03、Z04、Z05、Z06、Z07、Z08、Z09、Z10、Z11、Z12、Z13、Z14、Z16、Z17、Z18、Z19、Z20、Z21、Z22、Z23、Z25、Z27、Z28、Z29、Z30、Z31、Z32、Z33、Z34、Z35、Z36、Z37、Z38、Z39、Z40、Z41
常湿润土壤水分状况 Perudic soil moisture regime	Z15、Z24、Z26

续表

诊断层和诊断特性 Diagnostic horizons and diagnostic characteristics	剖面号 Profile No.
滞水土壤水分状况 Stagnic soil moisture regime	Z02
氧化还原特征 Redox features	Z02、Z09、Z10、Z11、Z16、Z17、Z21、Z24、Z33、Z35、Z36
热性土壤温度状况 Thermic soil temperature regime	Z01、Z02、Z03、Z04、Z05、Z06、Z07、Z08、Z09、Z10、Z11、Z12、Z13、Z14、Z15、Z16、Z17、Z18、Z19、Z20、Z21、Z22、Z23、Z24、Z25、Z26、Z27、Z28、Z29、Z30、Z31、Z32、Z33、Z34、Z35、Z36、Z37、Z38、Z39、Z40、Z41
铁质特性 Ferric property	Z01、Z03、Z04、Z05、Z07、Z09、Z10、Z11、Z14、Z15、Z16、Z17、Z18、Z20、Z21、Z22、Z23、Z24、Z26、Z30、Z31、Z32、Z34、Z35、Z36、Z37、Z38、Z39、Z40、Z41
铝质特性或铝质现象 Alic property or alic evidence	Z02、Z06、Z09、Z12、Z13、Z14、Z17、Z18、Z21、Z22
石灰性 Calcaric property	Z03、Z05、Z07、Z08、Z10、Z19、Z20、Z23、Z30、Z34、Z35、Z38、Z39

2.3.2 诊断特性 从表3可知, 供试剖面主要涉及岩性特征、准石质接触面、土壤水分状况、氧化还原特征、土壤温度状况、铁质特性、铝质特性或铝质现象、石灰性等诊断特性。(1) 岩性特征: 岩性特征是指土表至125 cm范围内土壤性状明显或较明显保留母岩或母质的岩石学性质特征^[3]。在41个供试剖面中, 有10个剖面符合紫色砂、页岩岩性特征的鉴定条件“a. 色调为2.5RP~10RP; b. 固结性不强, 极易受物理风化, 风化碎屑物直径皆<4 cm。”^[3]; 仅有1个剖面(Z41)因符合“色调为7.5R~10R, 明度为4~6, 彩度≥6”而具有红色砂、页岩、砂砾岩和北方红土岩性特征^[3](表3)。(2) 准石质接触面: 有33个供试剖面存在准石质接触面(表2、表3), 其下垫物质为部分固结的砂岩或泥(页)岩等。(3) 土壤水分状况: 剖面Z02的漂白层成因表明, 该样点土壤具有滞水土壤水分状况; 此外, 重庆市各气象站点的年/月干燥度计算结果表明, 境内海拔800m以上样点的土壤水分状况为常湿润水分状况, 其余海拔样点为湿润土壤水分状况。(4) 氧化还原特征: 根据剖面观测结果, 共检出11个剖面具有氧化还原特征(表3)。(5) 土壤温度状况: 依据《手册》^[29]推荐的相关方法对各样点土温进行估算, 结果表明, 各样点年均

土温均位于17.4~19.3℃之间, 符合热性土壤温度状况的鉴定标准。(6) 铁质特性: 依据土壤基质色调和/或B层细土部分DCB浸提游离铁的含量, 有30个供试剖面被检出具有铁质特性(表3), 其中25个剖面符合“土壤基质色调为5YR或更红”这一鉴定条件(表2)。(7) 铝质特性或铝质现象: 有10个供试剖面被检出全部或部分发生层具有铝质特性或铝质现象(表3), 其中5个剖面(Z06、Z14、Z17、Z18和Z21)的矿质土表至125 cm范围内B层均有铝质特性或铝质现象。(8) 石灰性: 部分由蓬莱镇组、遂宁组、自流井组和飞仙关组等钙质母岩风化发育的供试剖面具有石灰性, 具体见表3。

2.4 土壤分类与参比

根据供试剖面的诊断层和诊断特性, 依照《中国土壤系统分类检索(第三版)》^[3], 逐级检索、确定供试剖面的系统分类高级单元, 并与发生学分类作参比。从表4可知, 41个供试剖面分别归属为4个土纲、6个亚纲、12个土类和19个亚类等系统分类高级单元; 在系统分类土纲和亚纲中, 对应剖面最多的分别为锥形土土纲和湿润锥形土亚纲, 其次为新成土土纲和正常新成土亚纲; 锥形土和新成土2个土纲均与紫色土发生分类的3个亚类相对应, 而淋溶土土纲则仅与酸性紫色土亚类对应;

在系统分类亚类中, 红色铁质湿润雏形土亚类对应的剖面最多, 且其与紫色土发生分类的3个亚类均有对应; 具有紫色砂、页岩岩性特征的10个剖面分别被划分为紫色湿润雏形土(5个剖面)、紫色

正常新成土(4个剖面)和肥熟旱耕人为土(1个剖面); 发生学分类的酸性紫色土对应的系统分类亚类最多(12个亚类), 其次为石灰性紫色土(6个亚类)。

表4 供试土壤的类型划分与参比

Table 4 Classification and reference of the tested soils

剖面号 Profile No.	中国土壤发生分类 CSGC (1998)	中国土壤系统分类 CST (2001)			
	亚类 Subgroup	土纲 Order	亚纲 Suborder	土类 Group	亚类 Subgroup
Z22	酸性紫色土 ^①	人为土 Anthrosols	旱耕人为土 Orthic Anthrosols	肥熟旱耕人为土 Fimi-Orthic Anthrosols	酸性肥熟旱耕人为土 Dystric Fimi-Orthic Anthrosols
Z15	酸性紫色土 ^①	淋溶土 Argosols	常湿淋溶土 Perudic Argosols	筒育常湿淋溶土 Hapli-Perudic Argosols	普通筒育常湿淋溶土 Typic Hapli-Perudic Argosols
Z12	酸性紫色土 ^①	淋溶土 Argosols	湿润淋溶土 Udic Argosols	酸性湿润淋溶土 Acidi-Udic Argosols	普通酸性湿润淋溶土 Typic Acidi-Udic Argosols
Z16	酸性紫色土 ^①	淋溶土 Argosols	湿润淋溶土 Udic Argosols	铁质湿润淋溶土 Ferri-Udic Argosols	红色铁质湿润淋溶土 Red Ferri-Udic Argosols
Z11	酸性紫色土 ^①	淋溶土 Argosols	湿润淋溶土 Udic Argosols	铁质湿润淋溶土 Ferri-Udic Argosols	斑纹铁质湿润淋溶土 Mottlic Ferri-Udic Argosols
Z24、Z26	酸性紫色土 ^①	雏形土 Cambosols	常湿雏形土 Perudic Cambosols	筒育常湿雏形土 Hapli-Perudic Cambosols	铁质筒育常湿雏形土 Ferric Hapli-Perudic Cambosols
Z20	石灰性紫色土 ^②	雏形土 Cambosols	湿润雏形土 Udic Cambosols	紫色湿润雏形土 Purpli-Udic Cambosols	石灰紫色湿润雏形土 Calcaric Purpli-Udic Cambosols
Z17、Z18	酸性紫色土 ^①	雏形土 Cambosols	湿润雏形土 Udic Cambosols	紫色湿润雏形土 Purpli-Udic Cambosols	酸性紫色湿润雏形土 Dystric Purpli-Udic Cambosols
Z33	石灰性紫色土 ^②	雏形土 Cambosols	湿润雏形土 Udic Cambosols	紫色湿润雏形土 Purpli-Udic Cambosols	斑纹紫色湿润雏形土 Mottlic Purpli-Udic Cambosols
Z29	中性紫色土 ^③	雏形土 Cambosols	湿润雏形土 Udic Cambosols	紫色湿润雏形土 Purpli-Udic Cambosols	普通紫色湿润雏形土 Typic Purpli-Udic Cambosols
Z21	酸性紫色土 ^①	雏形土 Cambosols	湿润雏形土 Udic Cambosols	铝质湿润雏形土 Ali-Udic Cambosols	斑纹铝质湿润雏形土 Mottlic Ali-Udic Cambosols
Z06、Z14	酸性紫色土 ^①	雏形土 Cambosols	湿润雏形土 Udic Cambosols	铝质湿润雏形土 Ali-Udic Cambosols	普通铝质湿润雏形土 Typic Ali-Udic Cambosols
Z01、Z04、 Z09、Z40	酸性紫色土 ^①	雏形土 Cambosols	湿润雏形土 Udic Cambosols	铁质湿润雏形土 Ferri-Udic Cambosols	红色铁质湿润雏形土 Red Ferri-Udic Cambosols
Z31、Z32、 Z36、Z37、 Z41	中性紫色土 ^③	雏形土 Cambosols	湿润雏形土 Udic Cambosols	铁质湿润雏形土 Ferri-Udic Cambosols	红色铁质湿润雏形土 Red Ferri-Udic Cambosols
Z07、Z10、 Z23、Z30、 Z34、Z35	石灰性紫色土 ^②	雏形土 Cambosols	湿润雏形土 Udic Cambosols	铁质湿润雏形土 Ferri-Udic Cambosols	红色铁质湿润雏形土 Red Ferri-Udic Cambosols

续表

剖面号 Profile No.	中国土壤发生分类 CSGC (1998)		中国土壤系统分类 CST (2001)		
	亚类 Subgroup	土纲 Order	亚纲 Suborder	土类 Group	亚类 Subgroup
Z02	酸性紫色土 ^①	雏形土 Cambosols	湿润雏形土 Udic Cambosols	酸性湿润雏形土 Acidi-Udic Cambosols	漂白酸性湿润雏形土 Albic Acidi-Udic Cambosols
Z28	中性紫色土 ^③	雏形土 Cambosols	湿润雏形土 Udic Cambosols	筒育湿润雏形土 Hapli-Udic Cambosols	普通筒育湿润雏形土 Typic Hapli-Udic Cambosols
Z08、Z19	石灰性紫色土 ^②	新成土 Primosols	正常新成土 Orthic Primosols	紫色正常新成土 Purpli-Orthic Primosols	石灰紫色正常新成土 Calcaric Purpli-Orthic Primosols
Z25、Z27	中性紫色土 ^③	新成土 Primosols	正常新成土 Orthic Primosols	紫色正常新成土 Purpli-Orthic Primosols	普通紫色正常新成土 Typic Purpli-Orthic Primosols
Z03、Z38	石灰性紫色土 ^②	新成土 Primosols	正常新成土 Orthic Primosols	湿润正常新成土 Udi-Orthic Primosols	石质湿润正常新成土 Lithic Udi-Orthic Primosols
Z13	酸性紫色土 ^①	新成土 Primosols	正常新成土 Orthic Primosols	湿润正常新成土 Udi-Orthic Primosols	普通湿润正常新成土 Typic Udi-Orthic Primosols
Z05、Z39	石灰性紫色土 ^②	新成土 Primosols	正常新成土 Orthic Primosols	湿润正常新成土 Udi-Orthic Primosols	普通湿润正常新成土 Typic Udi-Orthic Primosols

① Acid purple soil; ② Calcareous purple soil; ③ Neutral purple soil

3 讨 论

3.1 重庆市紫色土系统分类高级单元划分的主要影响因素

针对重庆市地貌特征、紫色土成土特点及利用现状等, 本文将着重分析地形海拔、母岩和人为活动等对重庆市紫色土系统分类高级单元划分的影响。

3.1.1 地形、海拔 重庆市境内地形起伏较大, 局部气候受地形、海拔影响显著, 特别是山区土壤的水分状况与地形、海拔的关系极为密切; 境内位于800 m以上中山区的土壤一般具有常湿润土壤水分状况, 在部分多云雾山区, 即使海拔不到800 m, 但受局部地形的影响, 也可能会出现常湿润土壤水分状况。在市域内, 紫色土虽主要分布于西部和中部的丘陵、低山区, 但仍有小部分散布于东北部和东南部的中山区, 故存在小面积的紫色土有常湿润土壤水分状况, 这将影响紫色土系统分类的亚纲划分(表4)。在紫色土分布区, 较高海拔(>600 m)对局部气候的影响会使土壤易出现偏向常湿润或常湿润的水分状况, 导致其盐基淋失加剧, 并呈现不同程度的酸化, 这在蓬莱镇组母岩发

育的紫色土(如Z16、Z24)中表现最为明显, 该影响使得重庆市位于海拔600 m以上区域的紫色土基本不具有石灰性(表1、表3); 从表1、表3可知, 出现黏化层的剖面点均位于海拔600 m以上, 表明较高海拔有利于紫色土黏粒的淋溶淀积, 使其从雏形土逐渐向淋溶土发展。此外, 地形部位对紫色土土层深度和剖面发育的影响在系统分类中也有明显体现, 如被划归为新成土土纲的9个剖面有7个位于上坡和坡顶位置。

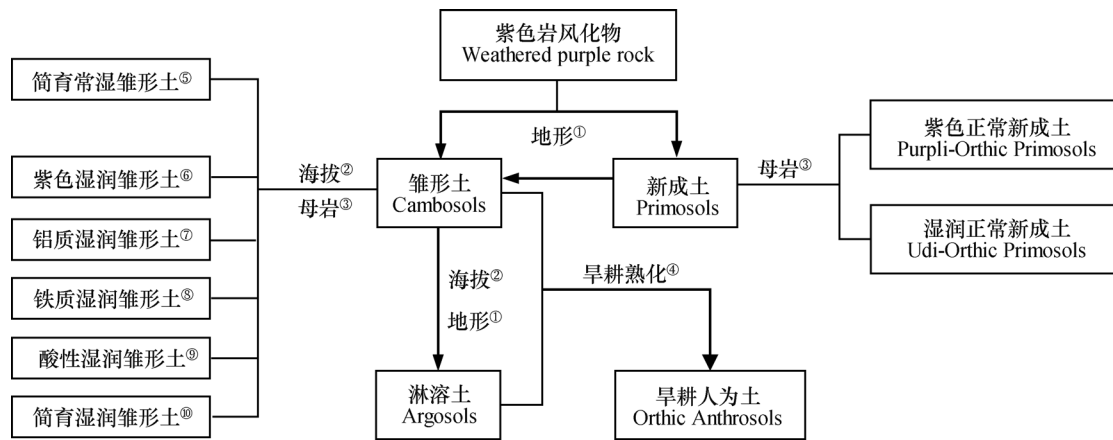
3.1.2 成土母岩 紫色土是一类岩性土, 受母岩影响深刻, 其土壤性状的诸多方面继承了母岩特性^[23-24]。本研究中, 遂宁组钙质泥岩发育的紫色土色调均能达到5YR或更红, 符合系统分类检索中铁质特性和亚类前缀为“红色”的色调要求^[3]; 紫色砂、页岩岩性特征仅出现于蓬莱镇组、沙溪庙组、自流井组和巴东组等地层母岩发育的紫色土中, 且本次调查的3个自流井组母岩发育的剖面均具有紫色砂、页岩岩性特征。从表1、表4可知, 除剖面Z13外, 其余8个被划归为新成土土纲的紫色土典型个体均是由泥质岩发育而来的, 该类母岩物理风化强烈、化学风化微弱, 致使土体中砾石或岩屑含量非常高, 剖面层次发育不明显, 多呈A-C

或A-R构型，尤其是飞仙关组泥（页）岩发育的剖面，不管是位于上坡还是下坡，均无雏形层发育。在供试剖面中，遂宁组泥岩发育的紫色土pH呈碱性，且均具有石灰性这一诊断特性；夹关组砂岩发育的紫色土pH则呈酸性，且大部分剖面均出现具有铝质特性或铝质现象的发生层次。可见，母岩能从颜色、剖面发育、理化性质等多方面影响紫色土在系统分类中的归属。

3.1.3 人为活动 对供试土壤进行检索、定名

发现，剖面Z22被划分为肥熟旱耕人为土土类，这表明，除淹水耕种外，在旱作方式下适宜的人为活动如耕作、施肥和灌溉等也可以使紫色土从系统分类的雏形土或淋溶土土纲逐渐转变为人为土土纲，这对于紫色土的培肥改良具有一定的指导意义。

综合上述因素的相关影响分析，本文对地形、海拔、母岩、人为活动等因素在重庆市紫色岩风化物发育土壤（紫色土）类型演变及划分过程中发挥的作用进行了简要归纳，具体见图5。



① Topography; ② Elevation; ③ Parent rock; ④ Mellowing process triggered by dry cultivation; ⑤ Hapli-Perudic Cambosols; ⑥ Purpli-Udic Cambosols; ⑦ Ali-Udic Cambosols; ⑧ Ferri-Udic Cambosols; ⑨ Acidi-Udic Cambosols; ⑩ Hapli-Udic Cambosols

图5 重庆市紫色土系统分类类型演变与划分

Fig. 5 Development and classification in the Chinese Soil Taxonomy of purple soils in Chongqing

3.2 重庆市紫色土系统分类高级单元归属的特点及存在的问题

在发生学分类中，依据pH和碳酸钙含量将紫色土划分为酸性紫色土、中性紫色土和石灰性紫色土3个亚类^[33]，而在系统分类中，本文41个紫色土典型剖面则被分别划分为19个亚类（表4），这充分表明系统分类对紫色土具有更强的区分能力，对其典型个体的鉴别更加精准，能为重庆市紫色土资源的利用与改良提供更多参考信息。以往不少研究将紫色土（旱作）仅划分为紫色湿润雏形土和紫色正常新成土2个土类^[24-26, 28]，刘付程等^[17]、顾也萍和刘付程^[27]则将皖南地区的紫色土划分为湿润均腐土、湿润淋溶土、湿润雏形土、正常新成土等亚纲。较之以往研究，本文未检出均腐土纲，但检出了人为土土纲；在亚纲和土类的检索命名上，还检出了常湿淋溶土和常湿雏形土2个亚纲，在湿润雏形土和正常新成土亚纲下，除检出词首为“紫

色”的土类外，还检出了词首为“铝质”、“铁质”、“酸性”、“筒育”和“湿润”等土类。此外，受本文调查范围和样点数的限制，可能在重庆市域范围内还有一些高级分类单元未被检出，如前缀为“表蚀”的亚类等。

本文调查的41个紫色土剖面中，仅有10个剖面符合紫色砂、页岩岩性特征“色调为2.5RP~10RP”这一鉴定条件^[3]，这表明重庆市境内由紫色岩发育的多数紫色土典型个体不能满足紫色砂、页岩岩性特征的颜色要求。在被划归为湿润雏形土的25个剖面中，仅有5个剖面被归为紫色湿润雏形土，大部分剖面（15个）则被归为铁质湿润雏形土，这使得在成土条件、成土过程以及性质上较为接近的紫色土个体被归为不同土类；此外，铁质湿润雏形土的亚类划分标准不同于紫色湿润雏形土，不能体现石灰性和酸性等属性差异，使得3个紫色土发生学分类的亚类均可划归为红色铁

质湿润锥形土亚类，这或许会影响到紫色土系统分类高级单元对农业生产的实际指导价值。针对上述一系列问题，结合本文调查结果，提出以下2种建议：（1）适当放宽紫色砂、页岩岩性特征的颜色要求。紫色砂、页岩岩性特征的现行颜色要求为“色调为2.5RP~10RP”^[3]，调查结果表明该要求过于严格，使得多数紫色土个体的岩性特征无法体现，进而影响后续分类。为此，本文通过分析、归纳供试剖面发生层土壤及其母岩的色调、明度和彩度（表2；图2、图3），参照《中国标准土壤色卡》相关色调页及色片分布^[30]，提出紫色砂、页岩岩性特征颜色要求的调整建议，具体建议为：将紫色砂、页岩岩性特征的颜色要求调整为“色调为2.5RP~10RP，或色调为7.5R~10R，润态明度3~6，润态彩度<6，或色调为2.5YR，润态明度3~5，润态彩度2~6，或色调为5YR，润态明度3~5，润态彩度2~4”。分析供试剖面的成土环境可知，其发生层土壤色调出现7.5YR或更黄的原因主要为：一是样点所处海拔较高，温凉、湿润的气候使土体发生了不同程度的黄化（如Z11、Z12、Z13），导致其颜色与母岩有明显差异，二是滞水土壤水分状况导致的（如Z02），三是继承了黄色或其他浅色母岩的色调导致的（如Z06、Z28）。因此，本文未将7.5YR或更黄色调纳入上述建议的色调范围。若依据上述建议来鉴定紫色砂、页岩岩性特征，在被归为湿润锥形土或正常新成土的34个剖面中（表4），除Z02、Z06、Z13、Z28和Z41（具有红色砂、页岩、砂砾岩和北方红土岩性特征）外，其他剖面则均具有紫色砂、页岩岩性特征，进而可被划为紫色湿润锥形土或紫色正常新成土，其石灰性或酸性差异在亚类划分中将能以体现。（2）增设铁质湿润锥形土的亚类。增设亚类也是一个较好的解决方法，可考虑在表蚀铁质湿润锥形土亚类之前增设石灰铁质湿润锥形土和酸性铁质湿润锥形土2个亚类，以解决铁质湿润锥形土的亚类划分不能体现紫色土石灰性或酸性的问题。受本次调查样点数和区域的限制，上述建议可能还存在一些不足，有待进一步验证、完善。

4 结 论

地形海拔、母岩和人为活动是影响重庆市紫色

土系统分类高级单元划分的重要因素。在重庆市境内，受海拔对局部气候的影响，800 m以上紫色岩露头区域易形成常湿锥形土或常湿淋溶土等土纲，较高海拔（>600 m）是紫色土形成黏化层的重要条件；受地形部位对土壤剖面发育的影响，被归为新成土土纲的紫色土剖面多位于坡顶或上坡位置。母岩能从颜色、剖面发育、理化性质等多方面影响紫色土在系统分类中的高级单元归属。在旱作方式下，适宜的人为活动可使紫色土发育成肥熟旱耕人为土土类。依据中国土壤系统分类的原则和方法，重庆市41个紫色土典型剖面被分别划归为4个土纲、6个亚纲、12个土类和19个亚类，较之发生学分类，系统分类对紫色土具有更强的区分能力，对其典型个体的鉴别更加精准。此外，针对多数紫色土典型个体不能满足紫色砂、页岩岩性特征的色调标准以及铁质湿润锥形土的亚类划分不能充分反映紫色土属性（如石灰性、酸性等）差异等问题，建议适当放宽紫色砂、页岩岩性特征的颜色要求或增设石灰铁质湿润锥形土、酸性铁质湿润锥形土2个亚类。

参 考 文 献

- [1] Hartemink A E. The use of soil classification in journal papers between 1975 and 2014. *Geoderma Regional*, 2015, 5: 127-139
- [2] Stolt M H, Needelman B A. Fundamental changes in soil taxonomy. *Soil Science Society of America Journal*, 2015, 79 (4): 1001—1007
- [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. 第3版. 合肥：中国科技大学出版社，2001
Chinese Soil Taxonomy Research Group, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Cooperative Research Group on Chinese Soil Taxonomy. *Keys to Chinese Soil Taxonomy (In Chinese)*. 3rd ed. Hefei: University of Science and Technology of China Press, 2001
- [4] 龚子同，等. 中国土壤系统分类：理论·方法·实践. 北京：科学出版社，1999
Gong Z T, et al. *Chinese soil taxonomy: Theory, methodology, practices (In Chinese)*. Beijing: Science Press, 1999
- [5] 龚子同，张甘霖，陈志诚，等. 土壤发生与系统分类. 北京：科学出版社，2007
Gong Z T, Zhang G L, Chen Z C, et al. *Pedogenesis*

- and soil taxonomy (In Chinese). Beijing: Science Press, 2007
- [6] 张甘霖. 土系研究与制图表达. 合肥: 中国科技大学出版社, 2001
Zhang G L. Research on soil series and mapping (In Chinese). Hefei: University of Science and Technology of China Press, 2001
- [7] 张甘霖, 王秋兵, 张凤荣, 等. 中国土壤系统分类土族和土系划分标准. 土壤学报, 2013, 50 (4): 826—834
Zhang G L, Wang Q B, Zhang F R, et al. Criteria for establishment of soil family and soil series in Chinese Soil Taxonomy (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2013, 50 (4): 826—834
- [8] 吴克宁, 张凤荣. 中国土壤系统分类中土族划分的典型研究. 中国农业大学学报, 1998, 3 (5): 73—78
Wu K N, Zhang F R. Soil family in Chinese soil taxonomic classification (In Chinese). Journal of China Agricultural University, 1998, 3 (5): 73—78
- [9] Shi X Z, Yu D S, Warner E D, et al. Cross-reference system for translating between genetic soil classification of China and soil taxonomy. Soil Science Society of America Journal, 2006, 70 (1): 78—83
- [10] 张凤荣, 王秀丽, 王数, 等. 中国土壤系统分类中盐成土及其相关土壤诊断标准的修订建议. 土壤学报, 2013, 50 (2): 419—422
Zhang F R, Wang X L, Wang S, et al. Suggested revisions of diagnostic criteria for Halosols and relevant soils in Chinese Soil Taxonomy (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2013, 50 (2): 419—422
- [11] 李德成, 张甘霖. 中国土壤系统分类土系描述的难点与对策. 土壤学报, 2016, 53 (6): 1563—1567
Li D C, Zhang G L. On difficulties and countermeasures in describing soil series in Chinese Soil Taxonomy (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2016, 53 (6): 1563—1567
- [12] 钟骏平. 新疆土壤系统分类. 乌鲁木齐: 新疆大学出版社, 1992
Zhong J P. Soil taxonomy in Xinjiang (In Chinese). Urumqi: Xinjiang University Press, 1992
- [13] 王秋兵, 须湘成, 徐晓寰, 等. 辽吉东部山区土壤诊断特性及其系统分类研究. 土壤通报, 1996, 27 (5): 205—208
Wang Q B, Xu X C, Xu X H, et al. Diagnostic characteristics and taxonomy of soils in mountainous area in the eastern Liaoning and Jilin Provinces (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 1996, 27 (5): 205—208
- [14] 何毓蓉, 吴毅, 熊东红. 西藏左贡农区土壤的系统分类与肥力特征. 西南农业学报, 1999, 12 (2): 12—17
He Y R, Wu Y, Xiong D H. Soil taxonomy and characteristics of soil fertility in Zuogong County, Tibet (In Chinese). Southwest China Journal of Agriculture Sciences, 1999, 12 (2): 12—17
- [15] 章明奎, 厉仁安. 中国土壤系统分类在浙江省平原旱地土壤分类中的应用. 土壤, 1999, 31 (4): 190—196
Zhang M K, Li R A. Application of Chinese Soil Taxonomy in classification of dry land soil in the plain of Zhejiang Province (In Chinese). Soils, 1999, 31 (4): 190—196
- [16] 夏建国, 邓良基, 张丽萍, 等. 四川土壤系统分类初步研究. 四川农业大学学报, 2002, 20 (2): 117—122
Xia J G, Deng L J, Zhang L P, et al. Study on soil taxonomy in Sichuan (In Chinese). Journal of Sichuan Agricultural University, 2002, 20 (2): 117—122
- [17] 刘付程, 顾也萍, 胡德春, 等. 皖南白垩纪紫红色砂页岩发育土壤的特性和系统分类. 土壤, 2002, 34 (1): 22—27
Liu F C, Gu Y P, Hu D C, et al. Genetic properties and taxonomic classification of purple soils from cretaceous purplish or red sandstones and shales in southern Anhui Province (In Chinese). Soils, 2002, 34 (1): 22—27
- [18] 龚子同, 张甘霖, 漆智平. 海南岛土系概论. 北京: 科学出版社, 2004
Gong Z T, Zhang G L, Qi Z P. Introduction of Hainan Island soil series (In Chinese). Beijing: Sciences Press, 2004
- [19] 闫湘, 常庆瑞, 潘靖平. 陕西关中地区壤土在系统分类中的归属. 土壤, 2004, 36 (3): 318—322
Yan X, Chang Q R, Pan J P. Classification of Lou soil in Chinese Soil Taxonomy in Guanzhong Region (In Chinese). Soils, 2004, 36 (3): 318—322
- [20] 张之一, 翟瑞常, 蔡德利. 黑龙江土系概论. 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2006
Zhang Z Y, Zhai R C, Cai D L. Soil series generality in Heilongjiang (In Chinese). Harbin: Harbin Cartographic Publishing House, 2006
- [21] 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. 土壤学报, 2013, 50 (6): 1071—1081
Li J, Long H Y, Zhang Y Z, et al. Attribution of salt-affected soils in North Hebei in Chinese Soil Taxonomy (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2013, 50 (6): 1071—1081
- [22] 庄云, 武小净, 李德成, 等. 重庆典型烟区代表性烟

- 田土壤系统分类研究. 土壤, 2013, 45 (6): 1142—1146
- Zhuang Y, Wu X J, Li D C, et al. Soil taxonomy of typical tobacco fields in Chongqing (In Chinese). Soils, 2013, 45 (6): 1142—1146
- [23] 中国科学院成都分院土壤研究室. 中国紫色土(上篇). 北京: 科学出版社, 1991
- Pedology Section of Chengdu Branch, Chinese Academy of Sciences. Purple soils in China (1) (In Chinese). Beijing: Science Press, 1991
- [24] 何毓蓉, 等. 中国紫色土(下篇). 北京: 科学出版社, 2003
- He Y R, et al. Purple soils in China (2) (In Chinese). Beijing: Science Press, 2003
- [25] 唐时嘉, 徐建忠, 张建辉, 等. 紫色土系统分类研究. 山地研究, 1996, 14 (增刊): 14—19
- Tang S J, Xu J Z, Zhang J H, et al. Study on purple soil taxonomy (In Chinese). Mountain Research, 1996, 14 (Suppl.): 14—19
- [26] 凌静. 四川盆地中部紫色土土系划分研究. 成都: 四川农业大学, 2002
- Ling J. Study on soil series classification of the purple soils in Sichuan Basin (In Chinese). Chendu: Sichuan Agricultural University, 2002
- [27] 顾也萍, 刘付程. 皖南紫红色砂石岩上发育土壤的系统分类研究. 土壤学报, 2007, 44 (5): 776—783
- Gu Y P, Liu F C. Taxonomic classification of soils derived from purple-red sand rocks in south Anhui Province (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2007, 44 (5): 777—783
- [28] 黄景, 李志先, 银秋玲, 等. 广西紫色土系统分类研究. 广西农业科学, 2010, 41 (9): 947—950
- Huang J, Li Z X, Yin Q L, et al. Studies on taxonomy of Guangxi purple soil (In Chinese). Guangxi Agricultural Sciences, 2010, 41 (9): 947—950
- [29] 张甘霖, 李德成. 野外土壤描述与采样手册. 北京: 科学出版社, 2016
- Zhang G L, Li D C. Manual of soil description and sampling (In Chinese). Beijing: Science Press, 2016
- [30] 中国科学院南京土壤研究所, 中国科学院西安光学精密机械研究所. 中国标准土壤色卡. 南京: 南京出版社, 1989
- Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences. Standard soil colour charts (In Chinese). Nanjing: Nanjing Press, 1989
- [31] 张甘霖, 龚子同. 土壤调查实验室分析方法. 北京: 科学出版社, 2012
- Zhang G L, Gong Z T. Soil survey laboratory methods (In Chinese). Beijing: Science Press, 2012
- [32] 赵其国, 龚子同. 土壤地理研究法. 北京: 科学出版社, 1989
- Zhao Q G, Gong Z T. Research method of soil geography (In Chinese). Beijing: Science Press, 1989
- [33] 四川省农牧厅, 四川省土壤普查办公室. 四川土壤. 成都: 四川科学技术出版社, 1997
- Agriculture and Animal Husbandry Department of Sichuan Province, Soil Survey Office of Sichuan Province. Soils of Sichuan Province (In Chinese). Chengdu: Sichuan Science and Technology Press, 1997

Higher Category Partition for Purple Soils in Chongqing in Chinese Soil Taxonomy

CI En TANG Jiang LIAN Maoshan CHEN Lin WENG Haolu FAN Jingjing WEI Chaofu
(College of Resources and Environment, Southwest University/Key Laboratory of Arable Land Conservation (Southwest China),
Ministry of Agriculture, Chongqing 400715, China)

Abstract 【Objective】 It seems that so far little has been done on classification of purple soils in Chongqing in line with the Chinese soil taxonomy. Therefore, a systematic study in this paper was conducted to attribute the purple soils in Chongqing in the Chinese Soil Taxonomy (CST) at the higher category level, and establish references between the Genetic Soil Classification of China (GSCC) and CST for the soils, in an attempt to promote development of quantitative classification for the soils, and provide certain

scientific references for survey and mapping, resource evaluation, rational utilization and improvement of regional soils. 【Method】 Field soil surveys were conducted to specify forty-one soil profiles of the purple soils in Chongqing, and obtain soil-forming conditions and soil morphological characteristics of the profiles. Soil samples were collected from the profiles by horizon for analysis of physical and chemical properties. According to the “Keys to Chinese Soil Taxonomy (3rd ed.)”, diagnostic horizons and diagnostic characteristics for the tested soils were determined, and the soils were attributed and named in CST level by level. The references between GSCC and CST were established for the purple soils at the subgroup level. 【Result】 The forty-one purple soil profiles were sorted into 4 orders (Anthrosols, Argosols, Cambosols and Primosols), 6 suborders (Orthic Anthrosols, Perudic Argosols, Udic Argosols, Perudic Cambosols, Udic Cambosols and Orthic Primosols), 12 groups and 19 subgroups in CST. At the order level, most of the soil profiles were sorted into Cambosols, which was followed by Primosols. Cambosols or Promosols in CST corresponded to three subgroups (acid purple soil, neutral purple soil and calcareous purple soil) in GSCC, while Argosols in CST did to only one subgroup, namely, acid purple soil in GSCC. Among the 25 purple soil profiles sorted into the Udic Cambosols suborder in CST, only 5 could further be sorted into the Purpli-Udic Cambosols group, and most (or 15) into the subgroup of Red Ferri-Udic Cambosols under the Ferri-Udic Cambosols group, and into three purple soil subgroups in GSCC, separately. Topography, elevation and parent rock could obviously affect the diagnostic basis for classification of purple soils in CST at higher category levels. The first two affected mostly soil moisture regimes, while the latter did color, profile development, physical and chemical properties of purple soils. In addition, appropriate farming activities could turn purple soil into Fimi-Orthic Anthrosols. 【Conclusion】 Compared with GSCC in classifying purple soils, CST is higher in capability of distinguishing the soils, identifying accurately typical individuals and providing reference information for utilization and amelioration of purple soil resource in Chongqing. Topography, elevation, parent rock, and human activities are the main factors influencing classification of purple soils in Chongqing in line with CST at higher category levels. In order to further perfect the CST, some suggestions are given for revising identification criterion of lithologic character (L. C.) of purplish sandstones and shales, and solving the problem that the subgroups set under the Ferri-Udic Cambosols group in CST fail to fully reflect the differences in soil properties between the purple soils in Chongqing.

Key words Purple soil; Soil taxonomy; Diagnostic horizons; Diagnostic characteristics; Chongqing Municipality

(责任编辑: 檀满枝)