

云南省元谋干热河谷的土壤系统分类

何毓蓉 黄成敏

(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所 成都 610041)

提 要 应用土壤系统分类的原理和方法,研究了元谋干热河谷主要土壤的土壤铁铝特性、弱腐殖质化(层)特性、变性特征、岩性特征等诊断特性。据此提出了当地高级分类单元的土壤系统分类(草案)。分析了主要土壤的剖面特征和理化性状,并对亚类以下分类问题提出了看法。

关键词 云南省 元谋 干热河谷 土壤诊断特性 土壤系统分类

元谋干热河谷是我国自然环境条件较为特殊的地区之一。在自然区划上当地属金沙江下游干热亚区^[1]。土壤形成过程及类型多样。新近还发现有变性土分布¹⁾。以土壤系统分类的新方法,研究和讨论土壤分类,对重新认识和评价这一区域的土壤及生态环境演化、恢复土壤性能、整治土壤退化等问题都有重要的意义。

1 区域自然环境概况

处于金沙江河谷的元谋地区气候十分干热。由气象站多年观测资料统计结果表明,年均温21.9℃,≥10℃积温近6 000℃,年降水量615mm,年相对湿度54%,年干燥度4.4(用Penman经验公式²⁾计算)。由于气候条件差,植被生长状况不良,主要生长黄茅 *Heteropogon contortus*、桔草 *Cymbopogon goeringii* 等草类,仙人掌 *Opuntia monacantha*、霸王鞭 *Euphorbia royleana* 等肉质刺灌丛,余甘子 *Phyllanthus emblica*、木棉 *Bombax malabarica* 等散生乔木。植被覆盖率低,多荒裸地面,为稀树灌丛草类型,局部向荒漠化发展较为严重(照片1)³⁾。母岩母质主要为第四系下更新统元谋组砂质、粉砂质或粘质沉积物,也有前震旦系昆阳群石英岩、花岗片麻岩、大理岩等,以及上白垩统马头山组 K_2m 紫色泥岩、砂岩等。元谋地区属断陷盆地(海拔1 000m)及其周围的中山低山(海拔1 200—2 000m)地貌。山势陡峭,侵蚀切割强烈,地面破碎,出现土柱、土林等特殊自然景观^[2]。

2 土壤诊断特性(层)和土壤系统分类

土壤系统分类是国际上广泛采用的土壤分类方法^[3],我国于1991年提出了中国土壤

* 国家“八五”科技攻关项目(项目编号:85—910—01—04)之部分研究成果。

承张信宝研究员支持和帮助,徐建忠、杨忠、高维森、周麟、王道杰、罗有芳、毛建华、罗英、孙霞、李恩霞等同仁参加部分研究分析工作,一并致谢。

1)何毓蓉,黄成敏,徐建忠等。我国干热变性土的发现及其系统分类初探。见:中国科学院南京土壤研究所。中国土壤系统分类研究。1993年论文集。1993。145—147。

2)Penman经验公式即 $D=B_T/P$,式中 D 为年干燥度, B_T 为年可能蒸发量, $B_T=fB_0$, f 为季节而变异的系数,11—2月是0.6,5—8月是0.8,其余各月是0.7, B_0 是水面年蒸发量; P 为年降水量。

本文照片见刊末图版 I。

本文收稿日期:1995-02-27。

系统分类(首次方案)^[4]。其要点是以土壤诊断特性和诊断层为依据,以定量指标进行土壤分类。

2.1 土壤诊断特性(层)

2.1.1 土壤铁铝特性

元谋干热河谷是我国最北的热区,土壤富铝化过程理应较强。但由于焚风效应,其区域气候却偏干旱燥热。当地干湿季分明,且旱季长达7—8个月。这使土壤中矿物风化过程受到阻滞,土壤富铝化过程受到限制。由此土壤粘粒的硅铝率 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (2.43—2.68) 比富铝化的红壤的上限指标(铁铝特性的诊断指标硅铝率 <2.40)要高,细土 $\text{CEC}_7/\text{粘粒}$ (0.39—0.41)也高于铁铝特性的上限指标(0.24)。同时对土壤粘粒所作的 X-射线衍射和电镜分析结果显示,除含较多的高岭石外,还含较多的水云母,有的还含一定量的蒙脱石(照片2)。虽未分析土壤中的游离 Fe_2O_3 ,但从土壤薄片的偏光显微镜观察可见,B层内含多量的铁锰胶膜和铁质颗粒,有老化特征,多属继承性形成物(照片3,4)。以上说明本区土壤铁铝特性具有特殊性,值得进一步研究。

2.1.2 土壤弱腐殖质化特性

当地植物生长状况差,回归土壤的有机物量积累甚少;加之旱季长,土壤有机质的腐殖化过程较弱。由此元谋地区土壤的诊断表层有机质含量均未达到腐殖质表层有机质含量($\geq 10\text{g/kg}$)的指标。同时其土层厚度也未达到(应 $\geq 25\text{cm}$ 或土体厚度的1/3)指标。土壤仅具有弱腐殖质化特性及弱腐殖质表层。

2.1.3 土壤变性特征

发育于元谋组中钙质胶结的粘土层或亚粘土层的土壤具有下列特征:1. 土壤中粘粒含量高,粒径 $<0.002\text{mm}$ 粘粒含量 $\geq 30\%$;2. 粘粒中粘土矿物组成以2:1型膨胀性粘土矿物蒙脱石为主;3. 旱季土壤开裂明显,裂缝宽度 $\geq 1\text{cm}$,并可直达土层深处50cm(照片5);4. 土壤剖面的底层(25cm以下)可发现大量的紧挨相交的滑擦面,其上还有较多的黑褐色条纹,划痕具叠加性、多向性(照片6);5. 土壤膨胀收缩强烈,其线胀系数 $\text{COLE} \geq 0.10$,远远超过一般土壤($\text{COLE} < 0.05$)的诊断指标。以上是元谋地区土壤的变性特征及变性土鉴别的诊断特征。

2.1.4 岩性特征和石质接触面

岩性特征的诊断指标是在125cm深度范围内土壤性状明显保留母岩或母质的特征。石质接触面深度 $<50\text{cm}$ 。当地主要有:1. 紫色砂页岩岩性特征:全剖面土色均一,但偏红棕色,土壤中多含粒径 $<4\text{cm}$ 紫色岩石风化碎屑;2. 石质接触面深度 $<30\text{cm}$,土粒粒径 $>0.05\text{mm}$ 砂粒占优势(含量可达75%)。前者为紫色土的诊断特征,后者为薄层土的诊断特征。

2.2 附加特性和土壤过程

2.2.1 土壤水热状况

在参考文献[4]中,土壤干旱水分状况是在多数年份内50cm深处土温 $>5^\circ\text{C}$ 时,土壤水分控制层段(粘质土壤取10—30cm深处)土壤水吸力 $>1.5\text{MPa}$ 的时间占半年以上;土壤热性温度状况是多数年份内,50cm深处土壤年均温度 $\geq 15^\circ\text{C}$ 。据实测,元谋地区土壤

水分控制层段(深度 20cm)土壤水吸力 $>1.5\text{MPa}$,即呈干燥的时间达 8 个月;土壤年均温度 23.4°C . 因此土壤水热状况属干热的. 但是按照国际上关于土壤水分的指标^[5],多数年份内土壤水分控制层段全部湿的或部分湿的连续天数 $<90\text{d}$,即土壤水吸力 $>1.5\text{MPa}$ 的时间 >9 个月,土壤水分状况属干旱的;3—9 个月则属半干润的. 为与国际土壤系统分类接轨,建议:在亚纲上体现气候控制下的半干润土壤水分状况;在土类上的控制因素反映干热土壤水热状况.

2.2.2 土壤侵蚀过程

元谋地区土壤侵蚀普遍较严重,因此表蚀作用是土壤发育中的重要附加过程,应当在亚类划分上加以体现,其诊断指标于后论及.

2.2.3 土壤石灰性及盐积现象

土壤石灰性的诊断指标是 1m 土层内或石质接触面以上土层内 CaCO_3 含量 $\geq 10\text{g/kg}$. 盐积现象的诊断指标是易溶盐含量 $>5\text{g/kg}$ (含石膏者)或 $>3\text{g/kg}$ (不含石膏者). 元谋地区有的发育于钙质粘土母质上的土壤 CaCO_3 含量可达 $38.9\text{—}236.6\text{g/kg}$,但厚度未达指标,故暂定为弱石灰性. 而可溶盐含量 $0.5\text{—}0.9\text{g/kg}$,未达到盐积现象指标.

2.3 土壤系统分类

根据以上土壤诊断特性(层)、附加特性和附加过程,土壤系统分类暂拟如表 1.

表 1 元谋干热河谷土壤系统分类(草案)
Table 1 Soil taxonomic classification (draft) in Yuanmou dry and hot valley

土 纲	亚 纲	土 类	亚 类
铁铝土 J	半干润铁铝土 J 2	燥红土 J 2.1	普通燥红土 J 2.1.1 表蚀燥红土 J 2.1.2 变性燥红土 J 2.1.3
变性土 E	半干润变性土 E 3	干热的半干润变性土 E 3.3	普通干热的半干润变性土 E 3.3.1 表蚀干热的半干润变性土 E 3.3.2 弱石灰性干热的半干润变性土 E 3.3.3
初育土 M	石质初育土 M 2 土质初育土 M 3	薄层土 M 2.1 紫色土 M 3.1	普通薄层土 M 2.1.1 普通紫色土 M 3.1.1

注:分类命名、符号均参考了参考文献[4].

3 土壤基本性状

3.1 土壤剖面特征

元谋地区主要土类代表性剖面特征如表 2.

3.2 土壤理化性质(表 3)

3.2.1 燥红土

燥红土是元谋地区的基带土壤. 其主要特点是:1. 土色偏红,一般为红棕 $2.5\text{ YR }4/6$ 至红 $10\text{ R }5/8$;2. 土质偏轻,砂粒、粉粒含量 $58.1\text{—}69.5\%$;3. 土壤偏酸, $\text{pH}=4.8\text{—}5.2$. 但变性燥红土属过渡类型,其理化性质更近于变性土.

3.2.2 变性土

变性土与燥红土呈复区分布. 一般发育于第四系古红土层被剥蚀后,元谋组粘土层

或亚粘土层出露处. 变性土基本理化性质的主要特点是: 1. 土色偏黄、棕, 呈色鲜艳、色杂; 2. 土质粘重, 粘粒和粉粒含量较高, 粒径 $<0.002\text{mm}$ 粘粒含量多 $\geq 30\%$, 细粒物质(粒径 $<0.05\text{mm}$)含量多 $\geq 60\%$; 3. 膨胀收缩性强, 线胀系数 COLE $0.10\text{--}0.18$; 4. 土壤偏碱性, $\text{pH}=7.8\text{--}8.9$; 5. 多含钙质, CaCO_3 含量高者可达 236.6g/kg .

表 2 土壤剖面特征
Table 2 Features of soil profiles

土壤类型 (剖面号)	环境条件	土层深度 (cm)	土色(门塞尔比色)	质地	结构	开裂	HCl 反应	其他
燥红土	普通燥红土 (Y-5)	海拔 1278m, 第四系, 平坦阶地, 农田, 植物生长较好	0—17 橙 2.5 YR 6/8 17—24 亮红棕 2.5 YR 5/8 24—100 浊橙 7.5 YR 7/4	壤质	粒状、块状 核状、块状 块状	无开裂	无	多根系 有铁质颗粒 有砾石, 漂灰特征
	表性燥红土 (Y-1)	海拔 1310m, 第四系红土, 侵蚀阶地, 无表土, 无植物生长	0—10 红 10 R 5/8 10—20 红 10 R 5/8 >20 红 10 R 4/8	壤质	块状、粒状 无结构 无结构	无开裂	无	有铁质颗粒 有砾石 —
	变性燥红土 (Y-4)	海拔 1275m, 坡积物, 缓坡, 生长黄茅, 撂荒地, 作物生长差	0—10 橙棕 5 YR 6/6 10—30 橙棕 5 YR 6/6 30—55 橙棕 5 YR 6/6 55—100 暗红棕 5 YR 3/6	粘质 壤质 粘质 粘质	粒状 块状 无结构 无结构	地表有裂隙 少量开裂 无裂隙 无裂隙	微弱	有钙质砂姜
干热的半干旱变性土	表性干热的半干旱变性土 (Y-6)	海拔 1310m, 粘土和亚粘土, 鱼脊地, 寸草不生, 裸地	0—6 亮黄棕 7.5 YR 5/6 6—25 亮黄棕 7.5 YR 6/6 25—65 亮黄棕 7.5 YR 5/6	粘质	片状结皮 核状、块状 核状、块状	有 $>1\text{cm}$ 裂隙 有连续裂隙 60cm 下无裂隙	无	有粒状钙质结核 有粒状钙质结核 有大量滑擦面
	普通干热的半干旱变性土 (Y-7)	海拔 1280m, 粘土, 丘顶, 生长黄茅, 荒地	0—6 亮棕 7.5 YR 6/6 6—17 亮棕 7.5 YR 6/6 17—25 浊棕 7.5 YR 5/4 65—100 亮红棕 5 YR 5/6	粘质	粒状、片状 块状、粒状 核状、块状 无结构	多 $>1\text{cm}$ 裂隙 裂隙较多 裂隙较多 70cm 下无裂隙	强烈	有粒状钙质结核 有粒状钙质结核 有粒状钙质结核 有大量滑擦面
薄层土	普通薄层土 (Y-3)	海拔 1280m, 砂岩, 坡顶, 生长结草, 荒地	0—10 亮红棕 2.5 YR 5/8 >10 亮红棕 2.5 YR 5/8	壤质	粒状 块状	无开裂	无	多根系 —
紫色土	普通紫色土 (YM-1)	海拔 1650m, 泥岩, 陡坡, 生长黄茅, 荒地	0—17 浊红棕 5 YR 5/4 17—45 浊红棕 5 YR 5/4 45—100 浊红棕 5 YR 4/3	壤质	粒状、块状 块状 无结构	无开裂	微弱 无 较强	多根系 夹岩屑 多岩屑

表 3 土壤基本理化性质
Table 3 Basic physical and chemical properties of soils

土壤 类型	编号及土层厚度 (cm)	土 壤 颗 粒 组 成(%)								粘 粒 硅铝率	有机质 (g/kg)	pH (H ₂ O)	CaCO ₃ (g/kg)	CEC ¹⁾	COLE
		洗失量	粒 径 (mm)												
			2—1	1—0.5	0.5—0.25	0.25—0.1	0.1—0.05	0.05—0.002	<0.002						
燥红土	Y-5(0—17)	0	1.17	1.44	4.78	22.35	12.66	22.23	35.37	2.61	6.8	5.2	0	14.75	0.02
	Y-5(24—55)	0	0.55	0.82	5.30	21.39	9.44	21.18	41.32	2.68	5.0	4.8	0	16.66	0.02
	Y-1(0—10)	0	0.12	0.06	2.83	34.53	12.98	11.66	37.82	2.43	4.2	4.8	0	14.84	0.01
	Y-4(0—10)	0	1.61	1.98	3.49	10.87	5.26	39.95	36.84	3.36	6.6	7.8	0.1	29.09	0.13
	Y-4(10—30)	0	0.32	0.38	3.19	27.77	9.61	30.30	28.43	2.90	6.2	7.8	0.1	15.34	0.11
	Y-4(30—55)	0	0.62	0.54	3.19	26.87	8.30	29.56	30.66	2.98	5.1	8.4	0.1	17.93	0.11
干热的 半干旱 变性土	Y-6(0—6)	0	0.72	0.29	0.93	3.73	3.92	55.42	34.99	3.07	2.4	8.6	1.7	29.11	0.10
	Y-6(6—25)	0	0.61	0.37	0.94	3.54	7.53	57.85	29.16	3.00	2.5	8.6	0.9	27.02	0.13
	Y-6(25—65)	0	1.34	0.61	0.89	2.55	4.22	56.89	33.50	未测	2.3	8.3	0.9	27.18	0.12
	Y-6(65—100)	0	1.94	1.07	1.50	3.28	0.86	58.47	32.86	未测	2.2	7.9	0.6	24.88	0.12
	Y-7(0—6)	16.60	0.23	0.10	0.53	0.54	1.23	13.99	66.78	未测	5.4	8.9	110.2	37.04	0.14
	Y-7(6—17)	6.30	0.19	0.09	0.15	0.28	18.14	13.08	61.77	未测	4.5	8.8	236.6	30.40	0.13
薄层土	Y-7(17—25)	11.63	0.18	0.08	0.12	0.31	1.04	13.45	73.19	未测	4.2	8.9	87.0	37.74	0.13
	Y-7(65—100)	5.14	0.57	0.33	0.42	0.78	8.15	7.86	76.78	未测	2.9	9.0	5.0	32.25	0.18
黄层土	Y-3(0—10)	0	0.16	0.14	1.51	48.83	21.82	17.01	7.53	2.85	8.3	6.9	0	6.32	0.02
紫色土	YM1(0—17)	0	8.18	7.35	8.38	17.08	11.45	30.12	17.44	3.24	20.2	7.6	0.40	16.38	0.05
	YM1(17—45)	0	2.36	2.64	4.82	24.85	16.87	32.34	16.32	3.34	9.5	7.1	0.05	6.65	0.05

注: 方法, 土壤颗粒组成用吸管法, pH 用电极法, CaCO₃ 用气量法, CEC 用醋酸铵淋洗法, COLE 用膨胀率测定法, 有机质用丘林法; 1) 量纲: cmol(+)/kg.

3.2.3 薄层土

薄层土的石质接触面出现部位高, 土层薄, 一般只有 10—30cm. 主要发育于昆阳群石英砂岩、下更新统砂质半成岩上. 薄层土土壤理化性质特点是: 1. 土质偏轻, 以粒径 0.25—0.1mm 砂粒含量为主, 高达 48.8%; 2. 土壤结构较好, 土壤容重约 1.30Mg/m³; 3.

土壤多为中性或微酸性,一般不含 CaCO_3 ; 4. 土壤代换量低,仅 $6.32\text{cmol}(+)/\text{kg}$,代换吸收性能弱,保水保肥性很差.

3.2.4 紫色土

元谋盆地周边海拔 1500m 以上山地有 K_2m 紫色泥岩、砂岩分布,母质母岩易风化,发育为中性紫色土. 其主要理化性质特点是: 1. 土粒组成中多粉粒(粒径 $0.1-0.002\text{mm}$),占 $41.6-49.0\%$; 2. 全层土色与母岩母质的颜色几乎无异; 3. 土壤风化程度较弱,粘粒硅铝率多为 $3.2-3.3$; 4. 土壤呈中性或微碱性,含有少量 CaCO_3 ,盐基饱和度高; 5. 表层土壤有机质含量较高,这系海拔高、气候偏湿、植被生长状况较好、土壤肥力较高的缘故.

4 土壤属性与土壤分类

在土壤系统分类中,目前对亚类以上的高级单元研究得较多. 但生产运用上却更迫切需要土壤基层单元的分类. 在此拟从土壤属性,讨论元谋干热河谷的土壤基层单元分类问题.

4.1 侵蚀土壤性状与土壤分类

如前所述,土壤侵蚀过程是本区土壤发育的重要土壤过程. 侵蚀主要造成土壤属性的变化,从而导致土壤类型的分异.

4.1.1 表蚀与土壤分类

表蚀系指侵蚀作用的初期阶段,仅表层(腐殖质层)部分受到侵蚀. 土壤系统分类文献中尚未规定表蚀的诊断指标. 建议:以表层厚度因侵蚀作用而比同类未侵蚀正常土壤厚度平均薄 $1/3$,或者现表层厚度 $<14\text{cm}$ 、全土层厚度 $\geq 50\text{cm}$ 为表蚀的诊断指标,作为亚类划分的依据之一. 土壤的表蚀程度的差别,可在土属划分上体现.

4.1.2 粗骨性与土壤分类

由侵蚀使土体内细粒物质迁移而形成的土壤粗骨化,是侵蚀土壤的重要特征^[6]. 美国土壤系统分类检索提出的粗骨颗粒等级类型及指标是: 1. 碎屑的: 粒径 $>2\text{mm}$ 的碎屑 $>90\%$ (按体积计,下同); 2. 砂质-粗骨的: 粒径 $>2\text{mm}$ 的碎屑 $>35\%$,而粒径 $<2\text{mm}$ 的部分质地为砂或壤砂; 3. 壤质-粗骨的: 粒径 $>2\text{mm}$ 的碎屑 $>35\%$,而粒径 $<2\text{mm}$ 的部分质地为壤质或极细砂; 4. 粘质-粗骨的: 粒径 $>2\text{mm}$ 的碎屑 $>35\%$,而粒径 $<2\text{mm}$ 的部分含粘粒以重量计 $>35\%$ ^[6]. 这种粗骨性的分类和指标,可作为土属划分的依据之一.

4.2 继承性土壤性状与土壤分类

继承母岩母质的土壤性状称为继承性土壤性状. 初育土的此种性状较明显. 所以对薄层土、紫色土等在土属划分上,应将母质来源作为重要依据. 在土种划分上可将继承性土壤性状[如颜色,钙质结核(砂姜)、铁锰结核(铁子)、砾石等的有无和含量多寡]作为诊断指标.

4.3 土壤物理性与土壤分类

土壤物理性(如质地、干湿、结构、松紧等)对土壤肥力影响较大,但易变. 因此可作为最基层的土壤分类单元(如土种、变种)划分的依据. 具体的诊断指标还有待研究.

参 考 文 献

- [1] 张荣祖主编. 横断山区干旱河谷. 北京: 科学出版社, 1992. 29—76.
- [2] 钱方、凌小惠. 元谋土林成因及类型的初步研究. 中国科学 B 辑, 1989, (4), 412—418.
- [3] Soil Survey Staff. "Soil Taxonomy" Agr. Handbook, No. 436. Washington D. C. 1975.
- [4] 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(首次方案). 北京: 科学出版社, 1991. 1—44.
- [5] Soil Survey Staff. Keys to Soil Taxonomy. Blacksburg (Virginia), Pocahontas Press, 1992. 1—50.
- [6] 何毓蓉. 紫色土的微形态特征. 见: 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. 141—159.

SOIL TAXONOMIC CLASSIFICATION IN YUANMOU DRY AND HOT VALLEY, YUNNAN PROVINCE

He Yurong Huang Chengmin

(Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences
& Ministry of Water Conservancy Chengdu 610041)

Abstract

According to the principles and methods of taxonomic classification, the soil taxonomic classification had been studied in Yuanmou dry and hot valley, Yunnan Province, with special natural environment and varied soil types.

The main diagnostic characteristics or diagnostic horizons in soils were: 1. ferrallic property; 2. ochrihumic property; 3. vertic features; 4. lithologic characters. Meanwhile, additional soil features and processes, such as soil moisture and temperature regime; soil erosion process; calcaric property as well as salic evidence, had been analysed. Moreover, the soil taxonomic classification (draft) in the region was proposed, in which 3 orders, 4 suborders, 4 groups and 8 subgroups had been divided. The principal diversity in soil features among soil groups was pointed out, based on soil profile features and soil physical and chemical properties.

The basic categories of taxonomic classification had been discussed. In particular, the importance in soil classification of erosive soil features on diagnostic characteristics and indexes of subgroups or below and inherited soil features had been suggested.

Key words Yunnan Province, Yuanmou, dry and hot valley, soil diagnostic characteristics, soil taxonomic classification