

DOI: 10.13758/j.cnki.tr.2022.04.027

赵刚刚, 张东坡, 袁大刚, 等. 岷江上游杂谷脑河谷土壤发生特征与系统分类研究. 土壤, 2022, 54(4): 865–872.

## 岷江上游杂谷脑河谷土壤发生特征与系统分类研究<sup>①</sup>

赵刚刚<sup>1</sup>, 张东坡<sup>1,2</sup>, 袁大刚<sup>1\*</sup>, 张俊思<sup>1</sup>

(1 四川农业大学资源学院, 成都 611130; 2 剑阁县高端人才服务中心, 四川广元 628300)

**摘要:** 为了解岷江上游杂谷脑河谷的土壤发生特征及类型归属, 以位于四川阿坝藏族羌族自治州理县杂谷脑河谷的 8 个典型土壤剖面为研究对象, 通过野外成土因素调查与土壤形态特征观测及室内土壤物理、化学性质分析, 依据《中国土壤系统分类检索(第三版)》(简称系统分类)与《中国土壤(1998)》(简称发生分类)鉴定其类型。研究表明, 8 个剖面均为温性土壤温度状况、半干润土壤水分状况; 土壤色调为 7.5YR 和 10YR, 部分剖面表层明度和彩度均低于 3.5, 达到暗沃表层的颜色要求; 土壤颗粒组成以粉粒含量最高、砂粒次之、黏粒最低, 质地为壤土或粉质壤土; 土壤结构主要为亚角块状, 部分剖面表层为团粒结构; 部分剖面中具有腐殖质、黏粒胶膜及假菌丝体等新生体, 形成黏化层和钙积层; 均具石灰性, 主要为碱性到强碱性反应; 有机碳含量范围 1.64 ~ 61.45 g/kg, 部分剖面含量自上而下逐渐降低, 具有均腐质特性; 游离铁含量为 10.78 ~ 19.57 g/kg, 个别剖面 B 层均在 14 g/kg 以上, 具有铁质特性; 有效磷含量为 1.2 ~ 43.1 mg/kg, 个别符合肥熟表层和磷质耕作淀积层的有效磷含量要求。供试土壤在中国土壤系统分类中归属于人为土、均腐土、淋溶土和锥形土 4 个土纲的 4 个亚纲、7 个土类和 8 个亚类, 在中国土壤发生分类中属于半淋溶土纲下褐土土类的燥褐土亚类(对应于系统分类的石灰肥熟旱耕人为土、普通筒育干润锥形土和普通暗沃干润锥形土 3 个亚类)及石灰性褐土亚类(对应于系统分类的普通暗厚干润均腐土、普通筒育干润淋溶土、钙积暗厚干润均腐土、普通钙积干润淋溶土和普通铁质干润淋溶土 5 个亚类)。中国土壤系统分类具有更强的土壤类型区分能力。

**关键词:** 岷江上游; 土壤发生; 土壤系统分类; 干旱河谷

**中图分类号:** S155.3 **文献标志码:** A

## Genetic Characteristics and Taxonomy of Soils in Zagunao Area in Upper Reaches of Minjiang River

ZHAO Ganggang<sup>1</sup>, ZHANG Dongpo<sup>1,2</sup>, YUAN Dagang<sup>1\*</sup>, ZHANG Junsu<sup>1</sup>

(1 College of Resources, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China; 2 Jiange Premium Talent Service Center, Guangyuan, Sichuan 628300, China)

**Abstract:** A total of 8 typical soil profiles were selected as study objects, which are located in the Aba Tibetan and Qiang Autonomous Prefecture in Sichuan to explore genetic characteristics and taxonomy of soils in Zagunao Valley in the upper reaches of the Minjiang River. Through field survey of soil forming factors, the observation of soil morphological characteristics, and lab determination of soil physiochemical properties, soil types were determined according to *Chinese Soil Taxonomy* (CST) and *Chinese Soil Genetic Classification* (CSGC). Results showed that all the 8 soil profiles are of mesic temperature regime and ustic moisture regime. Soil hue is 7.5YR and 10YR, the values and chromas of some topsoils are lower than 3.5, meeting the color requirements of Mollic Epipedon. Silt fraction is the highest and clay fraction is the lowest, with the texture of loam or silty loam. Soil structures are mainly of sub-angular block, and the topsoils of some profiles are of aggregate structure. Moderate humic substances, clay film and CaCO<sub>3</sub> pseudomycelium are found in some layers, indicating the existence of Argic and Calcic horizons. All soils have Calcaric property, mainly with alkaline to strongly alkaline reactions, and the content of calcium carbonate equivalents is ranged from 66 to 133 g/kg. The content of soil organic carbon is ranged from 1.64 to 61.45 g/kg, showing a gradual decrease with the increase of soil depth in some profiles and indicating the existence of Isohumic property. Free iron oxide content is reached from 10.78 to 19.57 g/kg and is over 14 g/kg in some layers, indicating the existence of Ferric property.

<sup>①</sup>基金项目: 国家科技基础性工作专项(2014FY110200A12)资助。

\* 通讯作者(690654034@qq.com)

作者简介: 赵刚刚(1995—), 男, 甘肃陇西人, 硕士研究生, 主要从事土壤分类研究。E-mail: 843408398@qq.com

Olsen-P content is reached from 1.2 to 43.1 mg/kg and meets the requirements of Fimic epipedon and Agric horizon in some layers. In CST, the studied soils are belonged to 4 orders of Anthrosols, Cambosols, Argosols and Isohumisols, 4 Suborders, 7 Groups and 8 Subgroups; while in CSGC, they are belonged to Dry-brown soil subgroup of Cinnamon soil group of Semi-leached soil order (corresponding to Calcaric Fimi-Orthic Anthrosols, Typic Hapli-Ustic Cambosols and Typic Molli-Orthic Cambosols in CST) and Calcareous brown soil subgroups of the same group and order (corresponding to Typic Pachi-Ustic Isohumosols, Typic Hapli-Ustic Argosols, Calcic Pachi-Ustic Isohumosols, Typic Calci-Ustic Argosols and Typic Ferri-Ustic Argosols in CST). Thus, comparatively, CST has stronger ability to distinguish soil types compared with CSGC.

**Key words:** Minjiang River; Pedogenesis; Chinese Soil Taxonomy; Arid valley

土壤是人类赖以生存的自然资源,土壤的形成与发育受气候、母质、地形、生物、成土年龄及人类活动等因素影响。岷江上游典型的干旱河谷地带——杂谷脑地区,是四川盆地和川西高原的过渡地带中典型的高山河谷地貌,由于其特殊的地形影响,气候干燥、降水较少,生态环境脆弱<sup>[1-2]</sup>。关于该区域的研究从 20 世纪 80 年代后开始增多,师嘉祺等<sup>[3]</sup>探讨了岷江上游杂谷脑流域的土壤特征对垂直生态环境功能的影响。刘世荣等<sup>[4]</sup>研究了杂谷脑流域生态水文过程对土地覆盖和气候变化的响应,发现了该地土壤蒸发及水分截留受垂直气候影响的幅度较大。方月等<sup>[5]</sup>探究了岷江上游河谷植物配置对周边土壤理化性质的影响。姚昆等<sup>[6]</sup>从岷江上游地区的地形、气候、植被等方面评价了该区的生态环境变化状况。陈浩等<sup>[7]</sup>探究了该地区地貌演化规律及青藏高原东缘晚新生代以来新构造活动的差异性。马晓黎和胡尧<sup>[8]</sup>开展了岷江上游土壤抗生素残留评价。

通过对该区文献资料的整理,发现前人对杂谷脑地区的植被、水文、地质及土地利用等研究较多,但对该区域土壤发生与分类尚缺少研究,土壤发生及分类的研究对于土地利用、环境保护等具有重要意义<sup>[9]</sup>,是土壤治理修复及相应植被研究的重要前提,尤其类型特征对于其农业生产、经济发展与生态环境建设具有重要作用<sup>[10]</sup>。杂谷脑河谷是当地居民重要的典型聚集区,该区的土壤调查工作显得尤为重要,本文提取《中国土系志·四川卷》<sup>[11]</sup>中阿坝藏族羌族自治州理县杂谷脑地区典型土壤调查数据,进行统计分析,研究其发生学特征,并依据《中国土壤系统分类检索(第三版)》<sup>[12]</sup>(简称系统分类)、《中国土壤(1998)》<sup>[13]</sup>(简称发生分类)确定其类型,为研究区土壤利用提供科学参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

岷江上游杂谷脑地区位于川西高原东南部,坐标

30°57'~31°28'N、101°08'~103°10'E。该区地形由于经历长期的地质构造运动,形成了以高山峡谷为主的地貌,其间有多级阶地分布,年降雨量在 600 mm 左右,主要集中在夏秋季,冬春季较少;年均日照 1 685 h 左右,河谷地带年平均气温 11 °C,属于山地高原暖温带半湿润至半干旱型气候。受垂直气候影响,自然植被由低海拔到高海拔呈旱生灌丛草被-灌木-乔灌混交过渡的垂直性分布特征<sup>[14-15]</sup>;地势平缓的台地种植有蔬菜、果树等。母质主要是洪冲积物、坡积物、黄土与黄土状物质。

### 1.2 土壤调查、采样及分析方法

土壤调查于 2014 年 4—5 月份进行,共选取 8 个代表性的土壤剖面(表 1)。在野外调查过程中,按照《野外土壤描述与采样手册》<sup>[16]</sup>选择剖面位置,借助手持式 GPS 记录所选剖面的经纬度及高程等信息,根据颜色、质地、结构、新生体、侵入体、石砾状况和石灰反应等划分土层,并进行信息描述,同时按发生层自下而上采集土壤样品。母质类型根据 1:25 万地质图结合现场观察确定,气候类型、土壤温度状况、土壤水分状况根据翁倩等<sup>[17-18]</sup>方法结合四川气候区划<sup>[19]</sup>确定,土地利用类型根据土地利用现状分类<sup>[20]</sup>和现场观察确定。

采集的土壤样品经充分混匀,挑出根系、石砾、侵入体等,自然风干后研磨,并分别过 10 目、60 目、100 目孔径筛,装袋供分析测试用。土壤颜色按照《中国标准土壤色卡》<sup>[21]</sup>进行描述,颗粒组成按美国农业部制,用比重法确定,质地类型也按美国农业部命名;pH 用电位法测定,土水比 1:2.5;有机碳用重铬酸钾-硫酸消化法测定,阳离子交换量用醋酸铵-EDTA 交换法测定,全铁用碳酸锂-ICP 法测定,游离铁用 DCB 法浸提-邻菲罗啉比色法测定,碳酸钙相当物含量用容量滴定法测定,有效磷用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定<sup>[22]</sup>。

### 1.3 数据处理方法

数据分析处理及图表制作采用 Microsoft Excel 2019。

表1 理县杂谷脑河谷成土因素与土壤温度和水分状况  
Table 1 Soil forming factors and soil temperature and moisture regimes of studies soils

剖面号	经纬度	海拔(m)	母质	气候	土壤温度状况	土壤水分状况	土地利用类型
51-128	31°27'27.9"N 103°10'14.7"E	1 847	洪冲积物	山地高原暖温带半湿润半干旱气候	温性	半干润	旱地
51-129	31°27'22.2"N 103°10'16.1"E	1 869	洪冲积物	山地高原暖温带半湿润气候	温性	半干润	有林地
51-130	31°27'19.7"N 103°10'12.7"E	1 903	洪冲积物	山地高原暖温带半湿润气候	温性	半干润	其他林地
51-131	31°27'17.6"N 103°10'9.8"E	1 960	黄土层上部混杂坡积物	山地高原暖温带半湿润气候	温性	半干润	草地
51-132	31°27'9.5"N 103°09'54.6"E	2 071	黄土状物质	山地高原暖温带半湿润气候	温性	半干润	其他草地
51-133	31°26'59.6"N 103°09'53.7"E	2 128	黄土状物质	山地高原暖温带半湿润气候	温性	半干润	其他草地
51-134	30°57'51.6"N 101°08'17.7"E	2 110	黄土层上部混杂坡积物	山地高原暖温带半湿润气候	温性	半干润	其他草地
51-135	31°26'34.3"N 103°09'31.3"E	2 224	黄土状物质	山地高原暖温带半湿润气候	温性	半干润	灌木林地

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤剖面形态特征及颗粒组成

土壤颜色是鉴别诊断层和诊断特性的重要指标<sup>[23-24]</sup>。从表2可知,所选8个土壤剖面色调(润态)以7.5YR和10YR为主,10YR最多,明度范围

为2~5,彩度范围为1~6。除剖面51-132在Bt2段颜色变化以外,其余剖面颜色通体均一,不同层次间差异很小。土壤质地主要为壤土及粉质壤土。土壤结构体有屑粒、亚角块状、团粒状及棱块状等形态。部分剖面有假菌丝体、腐殖质及黏粒胶膜等新生体,个别剖面如51-128有蚯蚓粪和塑料膜碎屑物。

表2 供试土壤剖面形态特征和颗粒组成  
Table 2 Profile morphologic characteristics and particle size compositions of studied soils

剖面号	发生层	深度(cm)	颜色(润)	石砾体 积占比 (%)	颗粒组成(g/kg)			质地	结构	新生体	其他
					砂粒 2~0.05 mm	粉粒 0.05~ 0.002 mm	黏粒 <0.002 mm				
51-128	Ap	0~30	7.5YR3/1	5	342	520	138	粉质壤土	屑粒		多蚯蚓粪, 少塑料膜, 石灰反应
	Bpφ	30~70	7.5YR3/2	5	390	448	162	壤土	中亚角块	中量腐殖 质-黏粒胶膜	少塑料膜, 石灰反应
	Bt	70~100	7.5YR3/3	5	384	438	178	壤土	大亚角块	少量腐殖 质-黏粒胶膜	石灰反应
	Bw	100~120	7.5YR3/4	2	458	400	142	壤土	中亚角块		石灰反应
51-129	Ah	0~15	10YR4/3	3	322	536	142	粉质壤土	小亚角块		石灰反应
	AB	15~30	10YR4/4	3	368	490	142	壤土	小亚角块		石灰反应
	Bw1	30~70	10YR5/2	5	378	458	164	壤土	大亚角块		石灰反应
	Bw2	70~90	10YR/2	8	372	454	174	壤土	大亚角块		石灰反应
	Bw3	90~120	10YR5/3	3	352	430	218	壤土	大亚角块		石灰反应
	Bw4	120~160	10YR5/3	2	354	480	166	壤土	大亚角块		石灰反应
	51-130	Ah1	0~15	10YR3/2	2	378	480	142	壤土	小团粒	
	Ah2	15~32	10YR3/3	2	418	460	122	壤土	小团粒		石灰反应
	Bw1	32~55	10YR4/3	5	342	538	120	粉质壤土	大亚角块		石灰反应
	Bw2	55~100	10YR4/4	8	362	486	152	壤土	大亚角块		石灰反应
	Bw3	100~135	10YR4/3	8	392	470	138	壤土	大亚角块		石灰反应

续表 2

剖面号	发生层	深度 (cm)	颜色(润)	石砾体 积占比 (%)	颗粒组成(g/kg)			质地	结构	新生体	其他
					砂粒 2~0.05 mm	粉粒 0.05~ 0.002 mm	黏粒 <0.002 mm				
51-131	Ah1	0~25	7.5YR2/2	2	318	536	146	粉质壤土	小团粒		石灰反应
	Ah2	25~70	7.5YR3/3	0	331	504	165	粉质壤土	小团粒		石灰反应
	AB	70~100	7.5YR4/2	0	328	506	166	粉质壤土	中亚角块		石灰反应
	Bk	100~130	7.5YR3/2	0	334	502	164	粉质壤土	中亚角块	很少假菌 丝体	石灰反应
	Btk	130~150	7.5YR4/3	0	282	492	226	壤土	大亚角块	中量假菌 丝体	石灰反应
	Bw	150~200	7.5YR5/3	0	298	526	176	粉质壤土	大亚角块		石灰反应
51-132	Ah	0~20	7.5YR4/3	2	314	510	176	粉质壤土	小亚角块		石灰反应
	AB	20~40	7.5YR4/4	2	274	540	186	粉质壤土	中亚角块		石灰反应
	Bw1	40~60	7.5YR4/6	2	320	480	200	壤土	大亚角块		石灰反应
	Bw2	60~80	7.5YR5/4	2	300	494	206	壤土	大亚角块		石灰反应
	Bt1	80~100	7.5YR5/3	2	280	462	258	壤土	大亚角块	中量黏粒 胶膜	石灰反应
	Bt2	100~120	7.5YR4/3	2	236	498	266	壤土	大亚角块	中量黏粒 胶膜	石灰反应
	Bt3	120~140	10YR4/3	2	298	482	220	壤土	大亚角块	少量黏粒 胶膜	石灰反应
	Bw3	140~170	10YR4/4	2	282	550	168	粉质壤土	大亚角块		石灰反应
51-133	Bw4	170~190	10YR4/6	2	342	470	188	壤土	大亚角块		石灰反应
	Ah1	0~20	7.5YR2/2	5	396	480	124	壤土	小团粒		少塑料膜, 石灰反应
	Ah2	20~40	7.5YR3/3	5	292	538	170	粉质壤土	小团粒		石灰反应
	Bk	40~80	7.5YR3/3	5	300	534	166	粉质壤土	小团粒	多量黏粒胶 膜, 少量假菌 丝体	石灰反应
	Btk	80~105	7.5YR4/3	5	340	472	188	壤土	中亚角块	多量黏粒胶 膜, 中量假菌 丝体	石灰反应
	2Bt	105~135	7.5YR4/4	2	318	510	172	粉质壤土	中亚角块	多量黏粒 胶膜	石灰反应
	2Bw1	135~165	7.5YR4/6	2	334	480	186	壤土	大亚角块		石灰反应
51-134	2Bw2	165~210	7.5YR4/4	8	408	426	166	壤土	大亚角块		石灰反应
	Ah	0~20	7.5YR3/2	<2	386	432	182	壤土	小亚角块		石灰反应
	Bw1	20~50	7.5YR4/3	<2	362	472	166	壤土	小亚角块		石灰反应
	Bw2	50~80	7.5YR4/4	<2	398	422	180	壤土	中亚角块		石灰反应
	Bw3	80~110	7.5YR4/6	<2	340	496	164	壤土	大亚角块		石灰反应
	Btk	110~160	7.5YR4/3	0	260	460	280	壤土	大亚角块	多量黏粒胶 膜, 中量假菌 丝体	石灰反应
51-135	Bw4	160~200	7.5YR4/6	0	300	554	146	粉质壤土	大棱块		石灰反应
	Ah	0~20	7.5YR3/1	2	358	448	194	壤土	小团粒		石灰反应
	Bt1	20~40	7.5YR4/3	2	288	472	240	壤土	中亚角块	中量腐殖质- 黏粒胶膜	石灰反应
	Bt2	40~80	7.5YR4/4	2	276	510	214	粉质壤土	大亚角块	中量黏粒胶膜	石灰反应
	Bt3	80~120	7.5YR5/4	2	298	478	224	壤土	大亚角块	中量腐殖质- 黏粒胶膜	石灰反应
Bw	120~150	7.5YR4/4	5	284	510	206	粉质壤土	大亚角块		石灰反应	

各剖面中石砾含量低,均在8%以内,剖面51-131除表层外,未见石砾。土壤颗粒组成总体上表现为粉粒、砂粒含量较高,黏粒含量较低(大多在150~180 g/kg),黏粒含量有随海拔升高而增加的趋势。

## 2.2 土壤基本化学性质

研究区土壤基本化学性质如表3所示。8个典型土壤剖面各发生层的pH均大于7.4,最高为8.8,平均值为8.3,总体呈碱性到强碱性;剖面51-128、51-129、51-132、51-134从表层至深层,pH逐渐变大,其余剖面无明显规律。土壤有机碳含量范围1.64~61.45 g/kg,平均值为10.23 g/kg,表层普遍高于下层,但表层有机碳含量不随海拔升高而产生有规律变

化,说明该区域气候及植被不是影响有机碳的主要因素,可能主要是受人类活动的影响。CEC<sub>7</sub>在3.52~30.83 cmol/kg,呈随土层深度增加而降低的趋势,其中剖面51-135表层含量最高,其值达到30.83 cmol/kg。各剖面间的游离铁含量为10.78~19.57 g/kg,铁游离度为31.52%~43.75%,存在较大差异,在同一剖面内各发生层间也无明显规律可循。不同剖面之间碳酸钙相当物含量为67~133 g/kg。有效磷在土壤表层存在聚集现象,其含量总体上随着剖面深度增加而逐渐降低,51-128有效磷含量远高于其他剖面,最高达43.1 mg/kg,是种植果树和蔬菜大量施肥造成的。

表3 供试土壤化学性质  
Table 3 Chemical properties of studied soils

剖面号	发生层	深度 (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	有机碳 (g/kg)	CEC <sub>7</sub> (cmol/kg)	游离铁 (g/kg)	铁游离度 (%)	碳酸钙相当物 (g/kg)	有效磷 (mg/kg)
51-128	Ap	0~30	8.0	21.07	13.27	13.45	38.16	91	36.9
	Bpφ	30~70	8.3	9.35	9.05	11.24	33.25	102	43.1
	Bt	70~100	8.4	5.21	8.65	15.25	38.43	85	10.1
	Bw	100~120	8.4	5.12	7.00	15.76	41.37	84	9.4
51-129	Ah	0~15	8.0	11.79	6.73	13.06	37.11	116	7.4
	AB	15~30	8.2	7.12	5.30	11.59	36.26	123	1.9
	Bw1	30~70	8.3	3.93	3.52	11.52	37.54	122	1.6
	Bw2	70~90	8.3	4.19	3.99	10.78	36.33	125	1.2
	Bw3	90~120	8.3	3.80	4.96	11.19	35.56	122	1.2
	Bw4	120~160	8.6	3.25	4.46	11.82	34.89	128	1.7
51-130	Ah1	0~15	8.4	21.28	16.24	11.72	39.76	113	7.4
	Ah2	15~32	8.3	20.33	11.84	11.56	39.82	107	3.1
	Bw1	32~55	8.5	4.50	5.06	11.39	38.42	122	1.6
	Bw2	55~100	8.0	2.29	4.71	11.74	34.90	112	2.7
	Bw3	100~135	8.2	3.92	4.22	11.51	34.12	109	2.7
51-131	Ah1	0~25	8.4	19.49	14.61	15.26	42.72	109	7.6
	Ah2	25~70	8.2	17.09	14.51	15.44	40.58	112	9.4
	AB	70~100	8.2	13.89	11.85	15.36	42.83	127	8.1
	Bk	100~130	8.3	10.19	10.09	14.46	38.92	114	2.0
	Btk	130~150	8.3	4.61	7.61	15.61	43.75	123	2.1
	Bw	150~200	8.6	3.80	5.41	12.76	37.46	122	2.4
51-132	Ah	0~20	7.7	12.90	8.59	13.64	42.72	116	4.8
	AB	20~40	8.0	5.89	7.13	13.62	38.32	119	2.3
	Bw1	40~60	8.3	3.21	6.42	13.38	39.09	129	6.6
	Bw2	60~80	8.4	3.42	6.41	14.31	36.03	127	2.8
	Bt1	80~100	8.4	3.42	7.02	14.62	40.37	131	1.3
	Bt2	100~120	8.4	3.51	8.14	15.76	38.90	127	1.8
	Bt3	120~140	8.5	2.82	5.69	15.30	37.11	123	2.6
	Bw3	140~170	8.5	3.10	5.84	15.99	38.35	103	2.8
Bw4	170~190	8.3	2.91	5.34	14.36	37.27	102	3.5	

续表 3

剖面号	发生层	深度 (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	有机碳 (g/kg)	CEC <sub>7</sub> (cmol/kg)	游离铁 (g/kg)	铁游离度 (%)	碳酸钙相当物 (g/kg)	有效磷 (mg/kg)
51-133	Ah1	0~20	8.1	43.73	23.45	17.24	40.08	77	13.0
	Ah2	20~40	7.7	40.84	16.59	18.20	40.99	75	12.8
	Bk	40~80	7.4	26.51	11.82	19.57	43.71	67	10.9
	Btk	80~105	8.4	8.12	10.43	11.41	32.57	130	3.3
	2Bt	105~135	8.7	3.62	5.20	11.14	36.03	127	3.2
	2Bw1	135~165	8.5	2.21	5.80	12.55	35.71	126	3.9
	2Bw2	165~210	8.5	1.64	3.74	11.51	31.52	125	1.3
51-134	Ah	0~20	8.3	20.21	14.18	12.64	41.12	133	9.6
	Bw1	20~50	8.7	10.05	4.94	12.58	41.54	130	5.1
	Bw2	50~80	8.8	4.02	5.65	12.13	38.42	132	1.5
	Bw3	80~110	8.8	3.10	7.74	14.38	39.14	125	2.2
	Btk	110~160	8.8	2.46	5.91	15.52	43.56	130	1.9
51-135	Bw4	160~200	8.8	1.82	4.71	12.78	36.73	118	1.4
	Ah	0~20	8.1	61.45	30.83	14.52	39.43	108	24.8
	Bt1	20~40	8.6	11.30	9.82	15.43	41.11	131	3.5
	Bt2	40~80	8.4	6.49	9.20	14.22	40.21	133	1.4
	Bt3	80~120	8.7	4.28	7.02	15.10	40.39	131	2.1
Bw	120~150	8.4	1.73	5.55	14.11	37.98	120	1.8	

### 2.3 诊断层及诊断特性

诊断层和诊断特性是鉴别土壤和参与基础分类的重要依据, 根据《中国土壤系统分类检索(第三版)》<sup>[12]</sup>, 参照系统分类的定量细化规则, 杂谷脑河谷典型土壤剖面的诊断层和诊断特性见表 4。

**2.3.1 诊断层** 1) 诊断表层。51-130、51-131、51-133 这 3 个剖面土体厚度均大于等于 75 cm, 厚度  $\geq 25$  cm 的表层土壤润态明度和润态彩度均小于

3.5, 有机碳  $\geq 6$  g/kg, pH  $\geq 7.5$ , 盐基饱和, 团粒结构, 定为暗沃表层。剖面 51-129、51-132、51-134、51-135 不满足暗沃表层条件而诊断为淡薄表层。剖面 51-128 靠村庄较近, 长期种植水果、蔬菜, 施用大量化肥和有机肥, 有机碳含量较高, 平均值为 10.19 g/kg, 大于等于 6 g/kg, 在 0~25 cm 发生层中有效磷加权平均值(36.9 mg/kg)  $\geq 35$  mg/kg, 满足肥熟表层的标准。

表 4 土壤的诊断层和诊断特性

Table 4 Diagnostic horizons and diagnostic features of studied soils

剖面号	暗沃 表层	淡薄 表层	肥熟 表层	锥形层	磷质耕作 淀积层	黏化层	钙积层	土壤水分 状况	土壤温度 状况	均腐殖质 特性	铁质 特性	石灰性
51-128			√		√	√		半干润	温性			√
51-129		√		√				半干润	温性			√
51-130	√			√				半干润	温性			√
51-131	√						√	半干润	温性	√		√
51-132		√				√		半干润	温性			√
51-133	√					√	√	半干润	温性	√		√
51-134		√				√	√	半干润	温性			√
51-135		√				√		半干润	温性		√	√

2) 诊断表下层。剖面 51-128 在肥熟表层中且厚度  $\geq 10$  cm, 有效磷含量  $\geq 40$  mg/kg, 故具有磷质耕作淀积层。剖面 51-128、51-132、51-133、51-134、51-135 等 5 组剖面均可见黏粒胶膜, 且厚度  $\geq 15$  cm, 黄土为主要母质发育的 51-131 剖面, 虽无黏粒胶膜, 但其上覆淋溶层总黏粒含量为 14.6%~16.5%, 其

130~150 cm 范围内黏粒绝对增量大于 3%, 相对增量也大于 20%, 诊断为黏化层。剖面 51-131、51-133、51-134 中有厚度  $\geq 15$  cm 碳酸钙相当物含量为 50~150 g/kg, 具有中量假菌丝体, 且比下垫或上覆土层高 10%, 故具有钙积层。剖面 51-129、51-130 的土壤厚度  $\geq 25$  cm, 质地为壤土或粉质壤土, 土壤结构

发育,未发生明显黏化,具有雏形层。

**2.3.2 诊断特性** ①土壤水分状况:8个剖面年干燥度均较高,介于1.0~3.5,属半干润土壤水分状况。②土壤温度状况:所有剖面的年均土温均大于等于9℃且小于16℃,属温性土壤温度状况。③均腐殖质特性:剖面51-131、51-133有机质含量随深度增加而逐渐下降,土表至20cm与土表至100cm的腐殖质储量比 $\leq 0.4$ ,且腐殖质层中C/N $< 17$ ,可判定均腐殖质特性。④铁质特性:剖面51-135整个B层游离铁含量 $\geq 14$ g/kg,有铁质特性。⑤石灰性:8个剖面通体均有石灰反应,碳酸钙相当物含量均高于10g/kg,因此均具有石灰性。

## 2.4 土壤分类与参比

根据诊断层与诊断特性,参照《中国土壤系统分类检索(第三版)》<sup>[12]</sup>对典型剖面进行检索、命名并确定其高级分类单元和基层分类单元,在中国土壤系统分类中将8个典型剖面判定为4个土纲、4个亚纲、7个土类和8个亚类。剖面51-128具有肥熟表层和磷质耕作淀积层、石灰性,鉴定为石灰肥熟旱耕人为土。剖面51-131、51-133均具有厚度 $> 50$ cm的暗沃表层和均腐殖质特性、半干润土壤水分状况,鉴定为

暗厚干润均腐土;剖面51-133具有钙积层,鉴定为钙积暗厚干润均腐土;而剖面51-131无钙积层、黏化层、氧化还原特征等,鉴定为普通暗厚干润均腐土。剖面51-132、51-134、51-135具有半干润土壤水分状况,在125cm范围内存在黏化层,鉴定为干润淋溶土;剖面51-134具有钙积层而无氧化还原特征,划分为普通钙积干润淋溶土;剖面51-135具有铁质特性,无氧化还原特征,鉴定为普通铁质干润淋溶土;剖面51-132无其他诊断层或诊断特性,鉴定为普通筒育干润雏形土。剖面51-129、51-130具有半干润土壤水分状况,雏形层,鉴定为干润雏形土;剖面51-130具有暗沃表层,无灌溉现象、铁质特性、氧化还原特征,鉴定为暗沃干润雏形土,同时无钙积层、超钙积层或钙磐,鉴定为普通暗沃干润雏形土;根据检索,剖面51-129为普通筒育干润雏形土。

根据《中国土壤》<sup>[13]</sup>,8个剖面的发生分类在土纲上均为半淋溶土,在亚纲上均为半温暖温半淋溶土,在土类上均为褐土;剖面51-128、51-129、51-130所处海拔较低,年均气温高,降水量更低,而蒸发量和干燥度更高,亚类为燥褐土;其他剖面亚类均为石灰性褐土(表5)。

表5 典型剖面在中国土壤系统分类中的归属  
Table 5 Soil types in Chinese Soil Taxonomy and Chinese Soil Genetic Classification

剖面号	系统分类 <sup>[12]</sup>				发生分类 <sup>[13]</sup>	
	土纲	亚纲	土类	亚类	亚类	土类
51-128	人为土	旱耕人为土	肥熟旱耕人为土	石灰肥熟旱耕人为土	燥褐土	褐土
51-129	雏形土	干润雏形土	筒育干润雏形土	普通筒育干润雏形土	燥褐土	褐土
51-130	雏形土	干润雏形土	暗沃干润雏形土	普通暗沃干润雏形土	燥褐土	褐土
51-131	均腐土	干润均腐土	暗厚干润均腐土	普通暗厚干润均腐土	石灰性褐土	褐土
51-132	淋溶土	干润淋溶土	筒育干润淋溶土	普通筒育干润淋溶土	石灰性褐土	褐土
51-133	均腐土	干润均腐土	暗厚干润均腐土	钙积暗厚干润均腐土	石灰性褐土	褐土
51-134	淋溶土	干润淋溶土	钙积干润淋溶土	普通钙积干润淋溶土	石灰性褐土	褐土
51-135	淋溶土	干润淋溶土	铁质干润淋溶土	普通铁质干润淋溶土	石灰性褐土	褐土

## 3 讨论

本研究区位于杂谷脑河谷海拔1847~2224m范围,高差377m,随海拔增加,气温降低,降水和空气湿度增加,植被呈旱生灌丛草被-灌木-乔灌混交逐步过渡特点<sup>[14-15]</sup>,土地利用方式也因气候、地形、交通条件等而不同。各样点间气候、植被、土地利用方式差异性,造就了不同的土壤性质及类别特征。剖面51-128处于二级阶地,其海拔较低,地势平坦,交通方便,是当地居民的主要聚集区,其土地利用主

要以果园、菜园为主,经耕作、施肥及灌溉等人类活动的强烈干预,形成人为土。剖面51-129、51-130因耕作等所处位置坡度较大,土壤侵蚀较严重,只能形成雏形土。剖面51-131、51-133由于其海拔相对较高,气温降低,降水增加,蒸发量降低,气候略湿润,腐殖化作用较强,形成深厚的暗沃表层,发育暗厚干润均腐土。其他剖面,海拔较高,湿度增大,黏粒发生淋溶淀积,形成淋溶土。随海拔高度上升,呈现出“人为土-雏形土-均腐土-淋溶土”的分布特征,母质、地形、气候及人为活动的主导作用各不相同。

中国土壤系统分类主要根据诊断层和诊断特性,逐级检索确定土纲、亚纲、土类、亚类<sup>[25-26]</sup>,研究区所选的 8 个典型剖面鉴定为人为土、均腐土、淋溶土和锥形土共 4 个土纲及相应的 4 个亚纲、7 个土类和 8 个亚类。而中国土壤发生分类主要根据土壤形成过程中的成土因素及推断的成土过程进行高级分类单元的划分,8 个剖面只划分出 1 个土纲(半淋溶土纲)、1 个亚纲(半温暖温半淋溶土亚纲)、1 个土类(褐土)和 2 个亚类(燥褐土和石灰性褐土)。由此可见,中国土壤系统分类较发生分类区分能力更强,能更好地体现研究区土壤分布特征,为土地利用与管理提供更加丰富的信息。

由于研究区基础资料较少,受地势、交通、安全性等因素限制,在较高海拔地区及危险地带未设置采样点,土壤类型可能存在遗漏。然而,本研究能为后续研究提供一定参考,也为后续土壤调查积累了一定的经验。

#### 4 结论

杂谷脑河谷土壤形成受母质、地形、气候、生物、人类活动等影响,部分性质随海拔上升或下降而产生规律性变化,部分性质不具规律性;土壤系统分类类型随海拔上升呈“人为土-锥形土-均腐土-淋溶土”的分布特征,发生分类类型呈“燥褐土-石灰性褐土”分布特点。根据诊断层及诊断特性,所选的 8 个典型剖面在中国土壤系统分类中归属为 4 个土纲、4 个亚纲、7 个土类和 8 个亚类,在发生分类中只有 1 个土纲、1 个亚纲、1 个土类、2 个亚类。中国土壤系统分类具有更强的土壤类型区分能力,可为土壤利用与管理提供更加丰富的信息。

#### 参考文献:

- [1] 黄海,石胜伟,谢忠胜,等.杂谷脑河流域暴雨型泥石流沟地貌特征分析[J].水土保持通报,2012,32(3):203-207.
- [2] 刘勇,赵志军,李才林,等.川西高原杂谷脑河阶地的形成[J].地理学报,2006,61(3):249-254.
- [3] 师嘉祺,余恩旭,徐亚莉,等.气候变化下西南亚高山森林景观恢复效果模拟预测——以岷江杂谷脑河上游流域为例[J].应用与环境生物学报,2021,27(3):716-724.
- [4] 刘世荣,刘兴良,孙鹏森,等.岷江上游森林植被水源涵养机制与功能提升关键技术及应用[N].成都:四川省林业科学研究院,2018.
- [5] 方月,魏强,赵健,等.成兰铁路干旱河谷段边坡创面不同恢复阶段的生物多样性[J].应用与环境生物学报,2022,28(3):1-10.
- [6] 姚昆,周兵,何磊,等.岷江上游地区生态环境脆弱性变化研究[J].河南理工大学学报(自然科学版),2020,39(6):78-87.
- [7] 陈浩,董廷旭,李勇,等.岷江上游流域地貌发育阶段[J].四川师范大学学报(自然科学版),2021,44(5):694-698.
- [8] 马晓黎,胡尧.岷江上游流域土壤抗生素残留评价研究[J].安徽农学通报,2021,27(12):99-101.
- [9] 关欣,张凤荣,李巧云,等.南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.
- [10] 周如玉,文星跃,李卫朋,等.发育于晚更新世成都“褐色黏土”的土壤发生学特征及其环境响应[J].土壤通报,2019,50(5):1016-1025.
- [11] 袁大刚.中国土系志·四川卷[M].北京:龙门书局,2021.
- [12] 中国科学院南京土壤研究所土壤系统分类课题组.中国土壤系统分类检索 3 版[M].合肥:中国科学技术大学出版社,2001.
- [13] 全国土壤普查办公室.中国土壤[M].北京:中国农业出版社,1998.
- [14] 四川省《理县志》编纂委员会.理县志[M].成都:四川民族出版社,1997.
- [15] 于江涛.理县志[M].北京:方志出版社,2013.
- [16] 张甘霖,李德成.野外土壤描述与采样手册[M].北京:科学出版社,2016.
- [17] 翁倩,袁大刚,李启权,等.四川省土壤温度状况空间分布特征[J].土壤通报,2017,48(3):583-588.
- [18] 翁倩,袁大刚,张楚,等.四川省土壤水分状况空间分布特征[J].土壤,2017,49(6):1254-1261.
- [19] 张宝堃.四川气候区域[J].气象学报,1941(S1):111-144,214.
- [20] 陈百明,周小萍.《土地利用现状分类》国家标准的解读[J].自然资源学报,2007,22(6):994-1003.
- [21] 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编制.中国标准土壤色卡[M].南京:南京出版社,1989.
- [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] 陈剑科,袁大刚,晏昭敏,等.测色仪与中国标准土壤色卡测定土壤颜色比较——以川中丘陵区为例[J].土壤学报,2019,56(1):78-89.
- [24] 余星兴,袁大刚,陈剑科,等.基于 Munsell 颜色的土壤游离铁预测研究[J].土壤学报,2021,58(5):1322-1329.
- [25] 龚子同,张甘霖,陈志诚.土壤发生与系统分类[M].北京:科学出版社,2007.
- [26] 龚子同.中国土壤系统分类:理论·方法·实践[M].北京:科学出版社,1999.