

重庆市潜育水稻土发育特性和系统分类研究^①

李松, 慈恩*, 文婷, 连茂山, 翁昊璐, 陈林, 胡瑾

(西南大学资源环境学院, 重庆 400715)

摘要: 以重庆市境内 7 个发生分类的潜育水稻土典型剖面作为研究对象, 通过剖面形态特征观测和理化性质测定分析, 探讨其发育特性和在中国土壤系统分类(CST)中的归属。结果表明, 7 个供试剖面主要位于丘陵山地下坡、坡麓以及江河沿岸一级阶地, 质地多为粉壤土或粉质黏壤土, 不同土壤剖面中游离铁分布有较大差异, 潜育特征受到人为滞水和地下水的影响, 主要出现在耕作表层和受地下水位影响的深度范围内。依据 CST, 7 个典型剖面均具有水耕表层、人为滞水土壤水分状况、潜育特征和氧化还原特征, 但 1 个剖面虽有水耕表层但无水耕氧化还原层而隶属潜育土土纲中的石灰筒育正常潜育土亚类; 其余 6 个剖面具有水耕表层和水耕氧化还原层而分别隶属于水耕人为土亚纲中的复钙潜育水耕人为土、铁聚潜育水耕人为土和普通潜育水耕人为土亚类, 依据土族和土系划分标准, 建立了 5 个土族和 7 个土系。值得注意的是, 目前 CST 中筒育正常潜育土尚没有反映人为水耕活动影响(即水耕现象)的亚类, 因此可以考虑新增水耕筒育正常潜育土亚类。

关键词: 潜育水稻土; 发生分类; 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

20 世纪 30 年代以来, 我国土壤研究者对水稻土的形成与理化性质进行了大量的研究, 对其发育特性以及分类的研究在国际上处于领先地位, 并得到了国际土壤学家的认可^[1-3]。以诊断层和诊断特性为基础的中国土壤系统分类渐渐成为我国土壤分类工作的主流思想^[4-5]。中国土壤系统分类在世界上率先将水耕人为土作为一个独立的亚纲, 并提出将水耕表层和水耕氧化还原层作为水耕人为土的诊断层^[6-7]。

近年来, 围绕水稻土系统分类工作, 全国范围内开展了一系列相关研究, 但样点区域主要集中在安徽、福建、湖北、湖南等地^[8-22]。与全国的其他地区相比, 虽然重庆市的土壤系统分类研究已取得较大的进展^[23-25], 但多为旱地土壤, 涉及水田土壤的系统分类研究却未见相关报道。潜育水稻土是中国土壤发生分类中隶属于人为土纲-人为水成土亚纲-水稻土土类的一种亚类, 是我国低产水稻土之一, 也是增产潜力较大的水稻土之一, 已有研究揭示了潜育水稻土的成因、危害与改良途径^[26]。但迄今尚无重庆潜育水稻土系统分类方面的研究报道。为此, 本文以重庆市

潜育水稻土为研究对象, 通过野外调查和采样分析, 获取潜育水稻土的剖面形态和理化性质, 定量研究其成土特点、发育特性及其在中国土壤系统分类(CST)中的归属, 并进行了土族和土系的划分, 旨在为进一步了解重庆市潜育水稻土的发育特性, 推动重庆市土壤系统分类系统研究的进展, 以及为潜育水稻土的改良提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

重庆市地处四川盆地东部, 东南西北分别与湖北、湖南、贵州、四川及陕西接壤, 总面积为 8.24 万 km²。地貌上大致可分为东北中山区、东南中山区、中部低山丘陵区 and 渝西方山丘陵区 4 个地貌分区, 属亚热带季风性湿润气候, 年均气温大约 17 °C, 年均降水量为 1 125 mm, 年均日照时数为 1 117.6 h, 总体上梅雨天气多, 雨量充沛, 为全国年日照最少的地区之一。

1.2 研究方法

第二次全国土壤普查形成的发生分类中, 水稻土分为淹育、渗育、潜育、潜育、脱潜、漂洗、盐渍、

基金项目: 国家科技基础性工作专项(2014FY110200)和中央高校基本科研业务费专项(XDJK2017B027)资助。

* 通讯作者(cien777@163.com)

作者简介: 李松(1996—), 男, 重庆南川人, 硕士研究生, 主要研究方向为土壤发生与分类。E-mail: lisongls007@163.com

成酸 8 个亚类^[27]。其中, 潜育水稻土主要存在地下水位高、排水不畅的平原洼地或丘陵山地的冲沟槽谷^[28]。根据第二次土壤普查中重庆市的潜育水稻土

典型剖面信息^[29], 综合分析成土要素特点、土地利用现状和交通可达性, 确定了 7 个代表性潜育水稻土剖面(表 1)作为研究对象。

表 1 供试剖面的成土环境
Table 1 Forming conditions of tested soil profiles

剖面号	剖面地点	海拔(m)	地形部位	母质	土种
PS01	荣昌区盘龙镇七龙村	353	低丘坡麓	侏罗系蓬莱镇组泥岩、砂岩风化坡积物	钙质鸭屎紫泥田
PS02	垫江县澄溪镇双桂村	395	高丘坡麓	侏罗系沙溪庙组紫色泥岩风化残坡积物	鸭屎紫泥田
PS03	南川区东城街道永生社区	547	低山坡麓	三叠系石灰岩风化坡积物	鸭屎黄泥田
PS04	云阳县蕙草镇蕙草社区	699	中山下坡	三叠系石灰岩风化残坡积物	钙质烂黄泥田
PS05	忠县黄金镇双梁村	670	低山中坡	侏罗系新田沟组泥岩残坡积物	砂黄泥田
PS06	黔江区中塘乡迎新村	534	河流阶地	第四系全新统冲积物	下湿潮田
PS07	彭水县绍庆街道南村	502	河流阶地	第四系全新统冲积物	下湿潮田

野外调查采样严格参照《野外土壤描述与采样手册》(简称《手册》)^[30], 程序包括确定样点的具体位置, 记录经纬度、海拔、成土因素等信息, 挖掘土壤剖面, 分层和观测描述剖面形态特征, 按划分的发生层采集农化土样和环刀容重样, 及时运回实验室, 常温下自然风干, 去杂, 研磨过不同孔径筛以供分析使用。

干态和润态土壤颜色确定采用中国标准土壤色卡^[31], 相关理化指标的测定方法如下^[32]: pH 采用 2:1 水浸提-电位计法; 容重采用环刀法; 颗粒组成采用吸管法; 有机质采用重铬酸钾-硫酸消化法; CEC 采用 1 mol/L NH₄OAc(pH 7.0)交换法; 游离铁采用 DCB 浸提-邻菲罗啉比色法; 交换性盐基采用 1 mol/L NH₄Oac(pH 7.0)浸提-原子吸收光谱法和火焰光度法。

2 结果

2.1 成土环境

从表 1 可知, 研究的土壤剖面点所处海拔范围为 353 ~ 699 m, 其中 PS01 和 PS02 位于 500 m 以下的丘陵地区, PS03、PS04 和 PS05 位于山地地区, PS06 和 PS07 位于河流阶地。所属地形部位均较低, 主要为下坡、坡麓和低阶地。PS01 由侏罗系蓬莱镇组泥岩、砂岩风化坡积物发育而成, PS02 由侏罗系沙溪庙组紫色泥岩风化残坡积物发育而成, PS05 由侏罗系新田沟组泥岩残坡积物发育而成, PS03 和 PS04 发育于三叠系石灰岩风化残坡积物, PS06 和 PS07 发育于第四系全系统冲积物。土地利用方式均为水田, 其中 PS01、PS02、PS04、PS05 和 PS07 种植单季稻, PS03 和 PS06 为稻-油菜轮作。

2.2 土壤剖面形态及理化性质

2.2.1 土壤剖面特征 从图 1 和表 2 可知, PS05

和 PS07 土体为 A-B-C 构型, 其余剖面为 A-B 构型。剖面色调有 7.5YR、2.5Y、5Y 和 10Y, 润态明度为 3 ~ 6, 彩度除了 PS05 的 Cr 层为 6, 其余均 ≤ 3。除了 PS06 和 PS07 由于冲积物母质的不同造成色调有所不同外, 其余剖面的色调基本不变; 另外, 各剖面表层土壤与下层土壤的明度变化甚小, 润态明度比干态明度低 1 ~ 2, 彩度几乎不变。土壤结构上, PS01 的 B 层呈糊泥状无结构外, 其余剖面的各层次土壤结构发育明显, 以块状结构为主。所有供试土壤剖面均有铁锰斑纹、灰色胶膜和亚铁反应, 但铁锰斑纹、灰色胶膜的含量和亚铁反应的强度有所不同。此外, 除了剖面 PS01、PS02、PS03 和 PS04 有不同程度的石灰反应, 其余剖面无石灰反应。

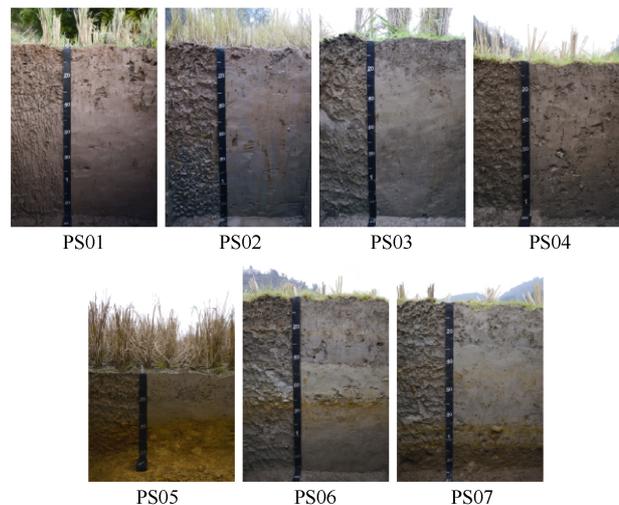


图 1 供试土壤剖面照

Fig. 1 Photos of tested soil profiles

2.2.2 土壤理化性质 由表 3 可知, 7 个供试土壤剖面 pH 介于 5.0 ~ 8.2。最低值和最高值分别出现在泥岩风化残坡积物发育的 PS05 和石灰岩风化残坡

表 2 供试土壤的剖面描述
Table 2 Morphological characteristics of tested soil profiles

剖面号	发生层次	深度 (cm)	土壤颜色		土壤结构	新生体	亚铁反应	石灰反应
			干态	润态				
PS01	Ap1	0 ~ 17	7.5YR 5/3	7.5YR 5/3	块状	铁锰斑纹	有	中
	Ap2	17 ~ 25	7.5YR 5/3	7.5YR 3/3	无	无	有	中
	Bg1	25 ~ 40	7.5YR 5/3	7.5YR 4/2	无	无	有	中
	Bg2	40 ~ 80	7.5YR 5/3	7.5YR 4/2	无	无	有	中
	Bg3	80 ~ 128	7.5YR 5/3	7.5YR 4/2	无	无	有	中
PS02	Apg1	0 ~ 12	7.5YR 6/2	7.5YR 5/2	块状	铁锰斑纹	有	轻
	Apg2	12 ~ 19	7.5YR 6/2	7.5YR 5/2	块状	铁锰斑纹	有	轻
	Bg1	19 ~ 48	7.5YR 6/3	7.5YR 5/2	块状	铁锰斑纹；灰色胶膜	有	轻
	Bg2	48 ~ 70	7.5YR 6/3	7.5YR 5/1	块状	铁锰斑纹；灰色胶膜	有	轻
	Bg3	70 ~ 130	7.5YR 7/2	7.5YR 6/1	无	无	有	轻
PS03	Ap1	0 ~ 12	2.5Y 6/2	2.5Y 5/1	块状	铁锰斑纹	无	强
	Ap2	12 ~ 19	2.5Y 6/2	2.5Y 5/1	块状	铁锰斑纹；灰色胶膜	无	强
	Br	19 ~ 50	2.5Y 6/3	2.5Y 6/1	块状	铁锰斑纹；灰色胶膜	无	强
	Bg1	50 ~ 90	2.5Y 6/3	2.5Y 5/1	块状	铁锰斑纹；灰色胶膜	有	强
	Bg2	90 ~ 110	2.5Y 6/1	2.5Y 4/1	块状	铁锰斑纹	有	强
	Bg3	110 ~ 133	2.5Y 7/1	2.5Y 4/1	块状	无	有	强
PS04	Apg1	0 ~ 13	2.5Y 6/2	2.5Y 4/2	块状	铁锰斑纹	有	极强
	Apg2	13 ~ 21	2.5Y 6/2	2.5Y 4/2	块状	铁锰斑纹	有	极强
	Br1	21 ~ 37	2.5Y 6/3	2.5Y 4/3	块状	铁锰斑纹；灰色胶膜	无	极强
	Br2	37 ~ 62	2.5Y 6/3	2.5Y 4/3	块状	铁锰斑纹；灰色胶膜	无	极强
	Bg1	62 ~ 85	2.5Y 6/3	2.5Y 4/3	块状	铁锰斑纹	有	强
	Bg2	85 ~ 109	2.5Y 5/1	2.5Y 4/1	块状	铁锰斑纹	有	强
	R	> 109	-	-	-	-	-	-
PS05	Apg1	0 ~ 19	2.5Y 6/1	2.5Y 5/1	块状	铁锰斑纹；灰色胶膜	有	无
	Apg2	19 ~ 26	2.5Y 6/1	2.5Y 5/1	块状	铁锰斑纹；灰色胶膜	有	无
	Br	26 ~ 42	2.5Y 5/1	2.5Y 4/1	块状	铁锰斑纹；灰色胶膜	无	无
	Cr	42 ~ 49	2.5Y 7/6	2.5Y 6/6	块状	铁锰斑纹	无	无
	R	> 49	-	-	-	-	-	-
PS06	Ap1	0 ~ 13	5Y 7/1	5Y 5/1	块状	铁锰斑纹	无	无
	Apg2	13 ~ 23	5Y 7/1	5Y 5/1	块状	铁锰斑纹；灰色胶膜	有	无
	Br1	23 ~ 42	5Y 7/1	5Y 5/1	块状	铁锰斑纹；灰色胶膜	无	轻
	Br2	42 ~ 62	10Y 7/1	10Y 6/1	块状	铁锰斑纹；灰色胶膜	无	无
	Br3	62 ~ 76	10Y 7/1	10Y 6/1	块状	铁锰斑纹；灰色胶膜	无	无
	Br4	76 ~ 88	5Y 7/2	5Y 6/2	粒状	铁锰斑纹	无	无
	Br5	88 ~ 131	5Y 7/1	5Y 5/1	块状	铁锰斑纹	无	无
PS07	Apg1	0 ~ 20	5Y 7/1	5Y 6/1	块状	铁锰斑纹	有	无
	Apg2	20 ~ 28	5Y 7/1	5Y 4/1	块状	铁锰斑纹；灰色胶膜	有	无
	Bg1	28 ~ 40	5Y 7/1	5Y 5/1	块状	铁锰斑纹；灰色胶膜	有	无
	Bg2	40 ~ 58	5Y 6/1	5Y 5/1	块状	铁锰斑纹；灰色胶膜	有	无
	Bg3	58 ~ 85	5Y 6/1	5Y 5/1	棱柱状	铁锰斑纹	有	无
	Bg4	85 ~ 106	2.5Y 6/3	2.5Y 5/3	块状	铁锰斑纹	有	无
	Cr	106 ~ 128	2.5Y 5/3	2.5Y 4/3	粒状	铁锰斑纹	无	轻

表 3 供试土壤的理化性质
Table 3 Physiochemical properties of tested soil profiles

剖面号	深度(cm)	pH	容重(g/cm ³)	黏粒(g/kg)	质地	有机质(g/kg)	游离铁(g/kg)	CaCO ₃ (g/kg)
PS01	0~17	7.8	0.79	247	粉壤土	37.08	16.41	55.70
	17~25	7.8	0.97	274	粉质黏壤土	28.13	14.24	51.79
	25~40	7.8	1.08	211	粉壤土	24.56	17.12	50.74
	40~80	8.0	1.32	210	粉壤土	21.29	15.64	49.89
	80~128	8.1	1.34	209	壤土	21.72	14.19	48.86
PS02	0~12	5.7	1.09	261	壤土	22.63	12.15	11.09
	12~19	5.5	1.23	346	粉质黏壤土	26.97	13.05	11.22
	19~48	6.3	1.27	441	粉质黏土	23.89	14.26	9.90
	48~70	6.4	1.26	435	粉质黏土	22.75	13.44	12.27
	70~130	6.2	1.17	444	粉黏土	23.88	14.19	11.16
PS03	0~12	7.9	0.92	225	粉壤土	50.68	16.10	89.03
	12~19	7.8	1.11	263	粉壤土	44.11	16.04	78.89
	19~50	8.1	1.23	277	粉质黏壤土	32.84	15.86	73.08
	50~90	7.9	1.22	285	粉质黏壤土	30.42	17.17	90.07
	90~110	7.8	1.31	254	粉壤土	25.33	10.35	84.84
PS04	110~133	7.8	1.33	205	壤土	27.07	8.92	66.02
	0~13	8.0	0.97	182	粉壤土	39.96	11.48	202.41
	13~21	8.1	1.08	236	粉壤土	36.95	13.53	209.53
	21~37	8.1	1.28	227	粉壤土	28.58	15.13	198.74
	37~62	8.2	1.26	189	粉壤土	26.88	15.83	190.71
PS05	62~85	8.1	1.25	228	粉壤土	30.94	15.10	103.51
	85~109	8.0	1.26	204	粉壤土	30.54	12.64	103.11
	0~19	5.0	1.10	290	粉质黏壤土	24.39	6.32	2.48
	19~26	5.2	1.35	276	黏壤土	17.43	8.02	2.76
	26~42	5.3	1.5	269	黏壤土	12.24	16.76	2.28
PS06	42~49	5.6	1.33	247	粉壤土	3.24	36.59	4.15
	0~13	5.4	1.26	263	壤土	15.73	6.43	7.74
	13~23	6.0	1.50	272	黏壤土	14.41	11.20	8.37
	23~42	7.0	1.58	300	黏壤土	17.06	6.02	11.67
	42~62	7.1	1.63	276	黏壤土	7.09	5.72	7.71
PS07	62~76	7.1	1.63	236	壤土	5.40	19.88	9.81
	76~88	7.0	1.63	236	壤土	6.29	9.51	9.17
	88~131	6.9	1.65	292	黏壤土	8.81	4.99	9.32
	0~20	6.1	1.23	390	粉质黏壤土	26.45	7.39	7.53
	20~28	6.1	1.38	388	粉质黏壤土	25.00	7.51	6.61
PS07	28~40	7.1	1.52	357	粉质黏壤土	16.88	12.35	7.32
	40~58	7.0	1.58	326	粉质黏壤土	14.69	14.17	6.79
	58~85	6.9	1.56	332	粉质黏壤土	17.17	9.90	7.70
	85~106	7.0	1.60	289	黏壤土	8.82	20.68	7.68
	106~128	7.5	1.64	188	壤土	10.05	20.56	10.61

积物发育的 PS04。pH 随剖面深度逐渐增加，其中 PS01、PS03 和 PS04 呈弱碱性，其余剖面呈弱酸性或中性。容重均随着剖面深度的增加而增高，犁底层容重是耕作层容重的 1.11 ~ 1.25 倍。黏粒含量各不相

同，范围为 182.0 ~ 444.2 g/kg，最低值和最高值分别出现在 PS04 的 Ap1 层和 PS02 的 Bg3 层，对应的土壤质地分别为粉壤土和粉质黏土。有机质含量自剖面由上到下逐渐减少，其中 PS05、PS06、PS07 底层的

土壤有机质含量不足表层的 1/2。游离铁介于 4.99 ~ 36.59 g/kg, 平均为 13.42 g/kg; 其中, PS01、PS03 和 PS04 的游离铁含量均先随着深度的加深而增加, 之后随着深度增加而减少; PS02 和 PS05 的游离铁含量随着深度的加深而不断增加; PS06 和 PS07 的游离铁含量随着深度呈不规则变化。PS05、PS06 和 PS07 水耕氧化还原层游离铁大于表层(Ap1)的 1.5 倍。PS01、PS02、PS03 和 PS04 所有层次的 CaCO₃ 相当物 10 g/kg。

2.3 诊断层、诊断特性与系统分类归属

以《中国土壤系统分类检索(第三版)》^[6]为依据, 对 7 个剖面的诊断层和诊断特性的鉴定结果见表 4。所有剖面均具有水耕表层、人为滞水土壤水分状况、潜育特征和氧化还原特征, 但 PS01 由于水耕表层以下土体无结构, 不具有水耕氧化还原层, 而其余剖面

均具有水耕氧化还原层(Bg 或 Br)。另外, 其他诊断特性包括: 岩性特征: PS04 在 109 cm 处出现碳酸盐岩石质接触面, 所有土层 pH 介于 8.0 ~ 8.2, 符合碳酸盐岩岩性特征; PS06 尚残留明显的沉积层理, 25 ~ 125 cm 有机碳随深度呈不规则的减少且目前仍承受定期泛滥, 符合冲积物岩性特征。(准)石质接触面: PS04 存在石质接触面, 其下垫物质为石灰岩; PS05 存在准石质接触面, 其下垫物质为部分固结的泥质岩。土壤温度状况: 相关的 50 cm 深度土温推算方法^[33-34], 结果表明, 各个剖面点的年均土温介于 17.4 ~ 19.3 °C, 为热性土壤温度状况。石灰性: 剖面 PS01、PS02、PS03 和 PS04 中所有层次的 CaCO₃ 相当物均 ≥ 10 g/kg, 且绝大部分层次用 1:3 HCl 处理均有泡沫反应, 符合石灰性。

表 4 供试土壤的诊断层和诊断特性
Table 4 Diagnostic horizons and characteristics of tested soil profiles

剖面号	水耕表层	水耕氧化还原层	岩性特征	(准)石质接触面	土壤水分状况	潜育特征	氧化还原特征	土壤温度状况	石灰性
PS01	√				人为滞水	√	√	热性	√
PS02	√	√			人为滞水	√	√	热性	√
PS03	√	√			人为滞水	√	√	热性	√
PS04	√	√	碳酸盐岩岩性特征	√	人为滞水	√	√	热性	√
PS05	√	√		√	人为滞水	√	√	热性	
PS06	√	√	冲积物岩性特征		人为滞水	√	√	热性	
PS07	√	√			人为滞水	√	√	热性	

根据表 4 中各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)》^[6], 逐级检索确定供试剖面的系统分类高级单元(表 5)。PS01 因没有水耕氧化还原层, 但矿质土表至 50 cm 范围内有 ≥ 10 cm 的土层具有潜育特征, 归为潜育土纲, 有石灰性, 属于石灰筒育正常潜育土。其余剖面矿质土表至 60 cm 范围内有 ≥ 10 cm 的土层均有潜育特征, 均

属于人为土纲水耕人为土亚纲、潜育水耕人为土类。其中, PS04 在矿质土表至 60 cm 范围内有人为复石灰作用, 其碳酸钙含量在表层最高, >45 g/kg, 向下渐减, 属复钙潜育水耕人为土; PS05、PS06 和 PS07 水耕氧化还原层 DCB 浸提铁大于表层的 1.5 倍, 属于铁聚潜育水耕人为土; PS02、PS03 剖面分异甚弱, 属于普通潜育水耕人为土。

表 5 供试土壤系统分类高级单元划分
Table 5 High-level categories of tested soil profiles in Chinese Soil Taxonomy

剖面号	土纲	亚纲	土类	亚类
PS01	潜育土	正常潜育土	筒育正常潜育土	石灰筒育正常潜育土
PS02	人为土	水耕人为土	潜育水耕人为土	普通潜育水耕人为土
PS03	人为土	水耕人为土	潜育水耕人为土	普通潜育水耕人为土
PS04	人为土	水耕人为土	潜育水耕人为土	复钙潜育水耕人为土
PS05	人为土	水耕人为土	潜育水耕人为土	铁聚潜育水耕人为土
PS06	人为土	水耕人为土	潜育水耕人为土	铁聚潜育水耕人为土
PS07	人为土	水耕人为土	潜育水耕人为土	铁聚潜育水耕人为土

以《中国土壤系统分类土族和土系划分标准》^[35-36]为依据, 划分基层单元土族和土系。7 个供试土壤剖面控制层段内的土壤颗粒大小级别除 PS02 为黏质

外, 其余剖面均为黏壤质。矿物学类型除了剖面 PS02 为蒙脱石混合型, 其余均为硅质混合型。石灰性和酸碱反应类别 PS01、PS02、PS03 和 PS04 为石灰性,

其他为非酸性。50 cm 深度土温介于 16~23 °C, 均属热性土壤温度状况(表 6)。综上所述, 7 个供试土壤剖面可划分 5 个土族, 按照土系划分可选土壤性质与划分标准, 7 个供试土壤剖面可划分为 7 个土系(表 7), 划分依据为: 由于 PS01、PS02、PS03、PS04 分属不同的土族, 因此可各自划为一个土系; PS05、PS06 和 PS07 虽然属于同一个土族, 但仅

PS05 成土母质为侏罗系新田沟组泥岩残坡积物, 故可划为一个土系; PS06 和 PS07 成土母质一致但土体构型不同, PS06 土体构型为 Apg1-Apg2-Br, PS07 土体构型为 Apg1-Apg2-Bg-Cr, 因此可划分为不同的土系。其土系的命名方式均采用剖面所在的乡镇或者街道来命名。本文所用的土系名称为初拟, 需要在全国对比没有重复之后才能正式确定。

表 6 供试土壤土族控制层段的鉴别特征
Table 6 Identification characteristics of soil families in control sections of tested soil profiles

剖面号	控制层段(cm)	颗粒大小级别	矿物学类型	石灰性和酸碱反应类别	土壤温度类别
PS01	25~100	黏壤质	硅质混合型	石灰性	热性
PS02	25~100	黏质	蒙脱石混合型	石灰性	热性
PS03	25~100	黏壤质	硅质混合型	石灰性	热性
PS04	25~100	黏壤质	硅质混合型	石灰性	热性
PS05	25~49	黏壤质	硅质混合型	非酸性	热性
PS06	25~100	黏壤质	硅质混合型	非酸性	热性
PS07	25~100	黏壤质	硅质混合型	非酸性	热性

表 7 供试土壤系统分类基层分类单元归属
Table 7 Soil families and series of tested soil profiles

剖面号	土族	土系	土系划分依据
PS01	黏壤质硅质混合型热性-石灰筒育正常潜育土	盘龙系	-
PS02	黏质蒙脱石混合型石灰性热性-普通潜育水耕人为土	澄溪系	-
PS03	黏壤质硅质混合型石灰性热性-普通潜育水耕人为土	永生系	-
PS04	黏壤质硅质混合型热性-复钙潜育水耕人为土	草薰系	-
PS05	黏壤质硅质混合型非酸性热性-铁聚潜育水耕人为土	双梁系	成土母质为侏罗系新田沟组泥岩残坡积物
PS06	黏壤质硅质混合型非酸性热性-铁聚潜育水耕人为土	中塘系	土体构型为 Apg1-Apg2-Br
PS07	黏壤质硅质混合型非酸性热性-铁聚潜育水耕人为土	绍庆系	土体构型为 Apg1-Apg2-Bg-Cr

3 讨论

3.1 重庆市潜育水稻土的发育特性

潜育水稻土作为一种典型的人为土壤类型, 在母质、气候、地形等五大成土因素和人为活动因素的共同作用下, 呈现出不同的剖面形态特征。上述潜育水稻土的成土母质为泥岩、石灰岩风化残坡积物以及冲积物, 位于丘陵山地下坡、坡麓以及江河沿岸一级阶地等区域。结合表 2 和表 3 的数据可知, 供试样点均有一定的潜育化过程, 由于长期渍水, 剖面以灰色为主。相较于自然土壤, 其潜育化过程除了受到地下水的影响之外, 还受到为种植水稻而人为长期蓄水的影响, 潜育特征主要出现在耕作表层和受地下水影响的深度范围内。在成土作用和母质双重影响下, 不同土壤剖面的游离铁分异有较大差异, 地下水位的高低直接影响游离铁含量在剖面中各层次间的分布和分异情况。一般而言, 由于根系残留、秸秆还田、灌

溉等影响, 植稻土壤表层的有机质含量较高。PS04 的 CaCO₃ 含量明显高于其他剖面, 且上层土壤的 CaCO₃ 含量远大于下层, 有人为复钙过程, 主要是由于人为长期施用石灰或者引用石灰岩溶洞水灌溉。

3.2 重庆市潜育水稻土的系统分类

依据中国土壤系统分类的原则和方法, 7 个供试潜育水稻土剖面高级分类单元可划分为两个土纲(人为土、潜育土), 4 个亚类(表 5), 基层分类单元可建立 5 个土族, 7 个土系(表 7)。影响重庆市潜育水稻土系统分类高级单元划分的主要因素为: 人为活动。水稻土是受人为活动影响最深刻的土壤, 人类通过灌溉、排水、耕作、平整土地、施肥等措施培育和发展的水耕人为土的特有性状。此外, 耕作制度的演进直接影响到水耕人为土的形成和发育, 水稻连作田和水、旱轮作在氧化还原过程中显然不同, 从而影响到水耕人为土的分类。地形条件。重庆市境内地形起伏较大, 山区的土壤水分状况受到地形的影响特别

大,地形部位位于丘陵山地起伏地形的中下坡或坡麓以及平坦地形的低阶地的土壤更容易长期被水饱和,从而使土壤发生强烈氧化还原的潜育特征。此外,PS01 地处低丘坡麓低洼地段,在长年人为滞水情况下,导致土壤发育差,呈泥糊状,没有满足水耕氧化还原层所要求的“有发育明显的棱柱状和/或角块状结构”^[6],被归为潜育土纲。但潜育土纲下却没有针对含有水耕表层的分类检索条件,这可能会影响到潜育水稻土系统分类高级单元对农业生产的实际指导价值。针对这一问题,结合本文调查结果,建议在石质筒育正常潜育土亚类之后增设水耕筒育正常潜育土亚类,以解决潜育土纲下的亚类划分不能体现潜育水稻土的水耕表层的问题。但需要指出的是,受本次调查样点数和区域的限制,这一建议还有待进一步验证、完善。

4 结论

因人为活动及地形等的差异,重庆市地区潜育水稻土发育特性有别于自然土壤。土壤质地多为粉壤土或粉质黏壤土,表层有机质积累明显。其次,不同土壤剖面中游离铁分布有较大差异,潜育特征受到人为滞水和地下水的影响,主要出现在耕作表层和受地下水位影响的深度范围内。7个供试潜育水稻土剖面可划分为2个土纲,4个亚类,可归为5个土族,划为7个土系。针对具有水耕表层但无水耕氧化还原层的潜育水稻土,建议在CST中新增水耕筒育正常潜育土亚类。

参考文献:

- [1] 李庆逵. 中国水稻土[M]. 北京: 科学出版社, 1992
- [2] ISSS/ISRIC/FAO. World reference base for soil resources 2014[R]. Rome: World Soil Resources Reports 106, 2015
- [3] 龚子同, 陈志诚, 张甘霖. 世界土壤资源参比基础(WRB): 建立和发展[J]. 土壤, 2003, 35(4): 271-278
- [4] 张甘霖, 朱阿兴, 史舟, 等. 土壤地理学的进展与展望[J]. 地理科学进展, 2018, 37(1): 57-65
- [5] 龚子同, 王志刚, Jeremy L D, 等. 20世纪美国土壤学家对中国土壤地理学的贡献[J]. 土壤通报, 2010, 41(6): 1491-1498
- [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, 陈子诚. 土壤发生与系统分类[M]. 北京: 科学出版社, 2007
- [8] 李德成, 张甘霖, 王华. 中国土系志·安徽卷[M]. 北京: 科学出版社, 2017
- [9] 章明奎, 麻万诸. 中国土系志·福建卷[M]. 北京: 科学出版社, 2017
- [10] 卢瑛. 中国土系志·广东卷[M]. 北京: 科学出版社, 2017
- [11] 王天巍. 中国土系志·湖北卷[M]. 北京: 科学出版社, 2017
- [12] 彭涛, 欧阳宁相, 张亮, 等. 湘东板页岩发育水耕人为土的土系分类初探[J]. 湖南农业科学, 2017(5): 43-47, 52
- [13] 满海燕, 黄运湘, 盛浩, 等. 湘东两类母质发育水田土壤的发生特性及其系统分类[J]. 浙江农业学报, 2018, 30(7): 1194-1201
- [14] 冯旂, 周清, 张伟畅, 等. 长沙市不同类型水耕人为土的理化性质研究[J]. 湖南农业科学, 2016(5): 41-44
- [15] 翟橙, 周清, 张伟畅, 等. 湖南长沙地区第四纪红土发育的水稻土在中国土壤系统分类中的归属[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(3): 224-230
- [16] 欧阳宁相, 张杨珠, 盛浩, 等. 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[J]. 土壤, 2018, 50(4): 841-852
- [17] 漆智平, 王登峰, 魏志远. 中国土系志·海南卷[M]. 北京: 科学出版社, 2018
- [18] 黄标, 潘剑君. 中国土系志·江苏卷[M]. 北京: 科学出版社, 2017
- [19] 杨金玲, 等. 中国土系志·上海卷[M]. 北京: 科学出版社, 2017
- [20] 陈小梅, 姚玉才, 麻万诸, 等. 闽浙两省水耕人为土的优势类型及其分布特点研究[J]. 土壤通报, 2016, 47(5): 1025-1028
- [21] 麻万诸, 章明奎. 中国土系志·浙江卷[M]. 北京: 科学出版社, 2017
- [22] 姚玉才, 邱志腾, 杨良觐, 等. 贵州省典型水耕人为土的发生学性状与系统分类研究[J]. 土壤通报, 2018, 49(2): 253-259
- [23] 胡瑾, 慈恩, 连茂山, 等. 重庆市全新统冲积物发育土壤的系统分类研究[J]. 土壤, 2018, 50(1): 202-210
- [24] 慈恩, 唐江, 连茂山, 等. 重庆市紫色土系统分类高级单元划分研究[J]. 土壤学报, 2018, 55(3): 569-584
- [25] 连茂山, 慈恩, 唐江, 等. 渝东北中山区典型土壤的系统分类[J]. 浙江农业学报, 2018, 30(10): 1729-1738
- [26] 熊明彪, 舒芬, 宋光煜, 等. 南方丘陵区土壤潜育化的发生与生态环境建设[J]. 土壤与环境, 2002, 11(2): 197-201
- [27] 全国土壤普查办公室. 中国土种志(1-6卷)[M]. 北京: 农业出版社, 1993-1996
- [28] 四川省农牧厅&四川省土壤普查办公室. 四川土壤[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1997
- [29] 四川省土壤普查办公室四川省农牧厅. 四川土种志[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1994
- [30] 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, 2017

- [31] 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[M]. 南京: 南京出版社, 1989
- [32] 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
- [33] 张慧智. 中国土壤温度空间预测与表征研究[D]. 南京: 中国科学院南京土壤研究所, 2008
- [34] 冯学民, 蔡德利. 土壤温度与气温及纬度和海拔关系的研究[J]. 土壤学报, 2004, 41(3): 489-491
- [35] 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[J]. 土壤学报, 2013, 50(4): 826-834
- [36] 李德成, 张甘霖. 中国土壤系统分类土系描述的难点与对策[J]. 土壤学报, 2016, 53(06): 1563-1567

Genetic Characteristics and Soil Taxonomy of Gleyic Paddy Soils in Chongqing

LI Song, CI En^{*}, WEN Ting, LIAN Maoshan, WENG Haolu, CHEN Lin, HU Jin
(College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: Seven profiles of typical gleyic paddy soils in Chongqing were selected as study objects, their morphological characters were observed in the field and physiochemical properties were measured in the lab. The genetic characteristics were discussed and the taxonomy were determined according to Chinese Soil Taxonomy (CST). The results showed that the tested soil profiles are mainly located in the hilly slopes or foots and the first terraces along the rivers. The textures are mostly silt loam or silty clay. The free iron is jointly affected by the formation process and parent materials, and are obviously different in profile distribution of the tested soil profiles. The gleyic features are doubly affected by artificial stagnant water and groundwater, mainly occur in the depth range of the plough layer and are affected by the groundwater level. According to CST, all tested soil profiles have anthrostatic epipedon, anthrostatic moisture regime, gleyic features and redoxic features, one tested profile has no hydric horizon and is sorted into Calcic Hapli-Orthic Gleysols, the other tested profiles have hydric horizon and are sorted into Recalcic Gleyi-Stagnic Anthrosols, Fe-accumulic Gleyi-Stagnic Anthrosols and Typic Gleyi-Stagnic Anthrosols, respectively. According to the establishing standards of soil family and series, the 7 tested soil profiles were sorted into 5 soil families and 7 soil series. It is worth noting that paddy soil may have anthrostatic epipedon, gleyic features but no hydric horizon and only can be sorted into Hapli-Orthic Gleysol, but no current soil subgroup in this soil group could reflect the characteristic of hydroponic cultivation, thus, the new subgroup of Anthrostatic Hapli-Orthic Gleysol is proposed to be added into the group of Hapli-Orthic Gleysol in CST.

Key words: Gleyic paddy soil; Genetic classification; Soil taxonomy; Diagnostic horizons; Diagnostic characteristics; Chongqing