

DOI: 10.11766/trxb201702210467

宁夏引黄灌区灌淤土的成土特点及系统分类研究*

曲潇琳 龙怀玉[†] 谢平 曹祥会 王佳佳

(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

摘要 为了解宁夏引黄灌区灌淤土的成土特点和系统分类归属, 在研究区内挖掘5个典型土壤剖面, 经过剖面形态观测和分层取样分析, 发现灌淤土主要的成土过程是人为耕作引起的土壤熟化过程、灌溉水和地下水共同作用引起的氧化还原过程以及灌溉水泥沙沉降引起的地表物理堆垫过程, 有些地方还有盐渍化过程。依据《中国土壤系统分类检索(第三版)》进行检索、鉴定, 发现5个典型剖面的诊断依据有灌淤表层、肥熟表层、雏形层等诊断层和冷性土壤温度状况、石灰性和氧化还原特征等诊断特性以及钙积现象, 5个典型剖面分别属于人为土土纲, 旱耕人为土亚纲, 灌淤旱耕人为土和肥熟旱耕人为土2个土类, 斑纹灌淤旱耕人为土、灌淤肥熟旱耕人为土和普通灌淤旱耕人为土3个亚类。依据《中国土壤系统分类土族与土系划分标准》将5个剖面按照控制层段土壤颗粒大小、矿物学类型的不同, 初步建立5个土族和5个土系。将典型剖面在不同分类系统中的位置进行参比研究, 表明发生分类与系统分类虽然并非简单一对一的关系, 但却具有优势的对应关系; 5个典型剖面在发生分类中归属为灌淤土土类, 在中国土壤系统分类归属中为灌淤旱耕人为土和肥熟旱耕人为土2个土类, 在美国土壤系统分类中归属为Inceptisols土纲, Ustepts亚纲和Haplustepts土类; 相比之下, 发生分类和美国土壤系统分类较为稳定, 量化的中国土壤系统分类分异性较大, 使分类更加全面、细化。

关键词 引黄灌区; 灌淤土; 诊断层; 诊断特性; 土壤系统分类; 参比研究

中图分类号 S155.3 **文献标识码** A

在我国干旱地区, 由于长期的人为引水灌溉导致泥沙淤积, 在耕作施肥的熟化作用下, 淤积层理消失, 形成一种土壤质地适中、土壤结构和通气状况良好的、含有较丰富有机质和养分的土壤^[1], 1978年中国土壤学会正式将这种因灌淤作用形成的土壤命名为灌淤土^[2]。在土壤系统分类方面, 1984年龚子同等^[3]将灌淤土列为人为土土纲、旱耕人为土亚纲、灌淤土土类, 李福兴等^[4]、邹德生等^[5-6]随后相继开展了河西走廊、新疆南天山乌什谷地、喜马拉雅北麓山间谷地灌淤土的基础研究, 主要总结了灌淤土的成土特点并进行了初步的系统分类研究。此外, 国际土壤资源参比基础(WRB)参照中国土壤系统分类增设了灌淤

土^[7], 但美国土壤系统分类中暂未设人为土土纲。

宁夏回族自治区地处我国西北干旱区, 属于典型的温带大陆性气候, 干旱少雨, 地势南高北低, 黄河从其中部向北穿流, 引黄灌溉可追溯至两千多年以前^[8]。古籍中有载:“(宁夏)地土大半尽属沙碱, 必得河水乃润, 必得浊泥乃沃”、“田土日高”, 充分说明了人们对于灌淤作用的认识。王吉智^[9]从发生学的角度先后阐述了宁夏引黄灌区灌淤土的形成^[1]、分类、基本性态以及合理利用措施。随后, 马玉兰和金国柱^[10]在此基础上研究了银川平原土壤的氧化还原特性; 李友宏等^[11]和尚清芳^[12]相继提出灌区土壤速效氮、有机质等养分的变异特征; 董林林等^[13]指出土壤分类是研

* 国家科技基础性工作专项(2014FY110200A07)资助 Supported by the Basic Work of the Ministry of Science and Technology of China (No.2014FY110200A07)

[†] 通讯作者 Corresponding author, E-mail: hylong@caas.ac.cn

作者简介: 曲潇琳(1991—), 女, 山东烟台人, 硕士研究生, 研究方向为土壤地理学。E-mail: quxiaolinlove@163.com
收稿日期: 2017-02-21; 收稿日期: 2017-03-24; 优先数字出版日期(www.cnki.net): 2017-04-07

究灌区土壤有机碳储量的基础。目前，我国土壤的分类研究仍处于发生分类占主导、系统分类快速发展的阶段，有关宁夏引黄灌区灌淤土的研究也多是土壤发生分类为基础，尚未建立完整的土壤系统分类。而土壤分类是认识土壤、进行土地评价、利用规划以及推广精准农业的基础，也是推动土壤科学研究定量化的基础。定量化、标准化的诊断分类已成为国际土壤分类的主流^[14]。本研究从土壤发生学角度入手，在正确认识灌区典型灌淤土的成土过程和剖面特点的基础上，鉴定出诊断层和诊断特性，依照中国土壤系统分类的检索依据和拟定指标，对宁夏引黄灌区的灌淤土进行系统分类研究，并与发生分类、美国土壤系统分类进行参比研究，以期为本区域其他方面的土壤科学研究奠定基础。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

宁夏引黄灌区素有“塞上江南”的美誉，是宁夏主要的粮、棉、油产区，这一区域广泛分布着灌淤土这一高产农田土壤类型，有悠久的灌溉

耕种历史。宁夏引黄灌区面积较大，2009年已达 $4.61 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ^[13]，包括银川市、石嘴山市、中卫市、吴忠市等4个市的引黄灌溉和扬水灌溉部分，引黄灌区年平均气温8~10℃，年平均降水量190~230 mm，地貌类型为黄河冲积平原，地势平坦，海拔1 100~1 300m，是宁夏土壤科学研究的热点区域。

1.2 样品采集与分析

将第二次全国土壤普查形成的宁夏地区的土壤图、地形地貌图、土地利用图及地质图等，在ArcGIS9.3校正后进行叠加，确定土壤协同变化的环境因子，通过模糊聚类和数据标准化处理的方法^[15]，确定典型样点，根据典型土壤图斑的分布区域，补充代表性样点，在研究区域内共采集灌淤土典型剖面5个，地理位置参见图1。

在野外利用GPS进行定位，对典型剖面进行挖掘，按照《土壤野外调查手册》描述剖面，包括土壤颜色、干湿状态、土壤结构、土壤发育程度、结持性、新生体等，进行pH、石灰反应等现场速测，按照发生学层次自下而上采集土壤样品。剖面点的成土环境条件见表1。

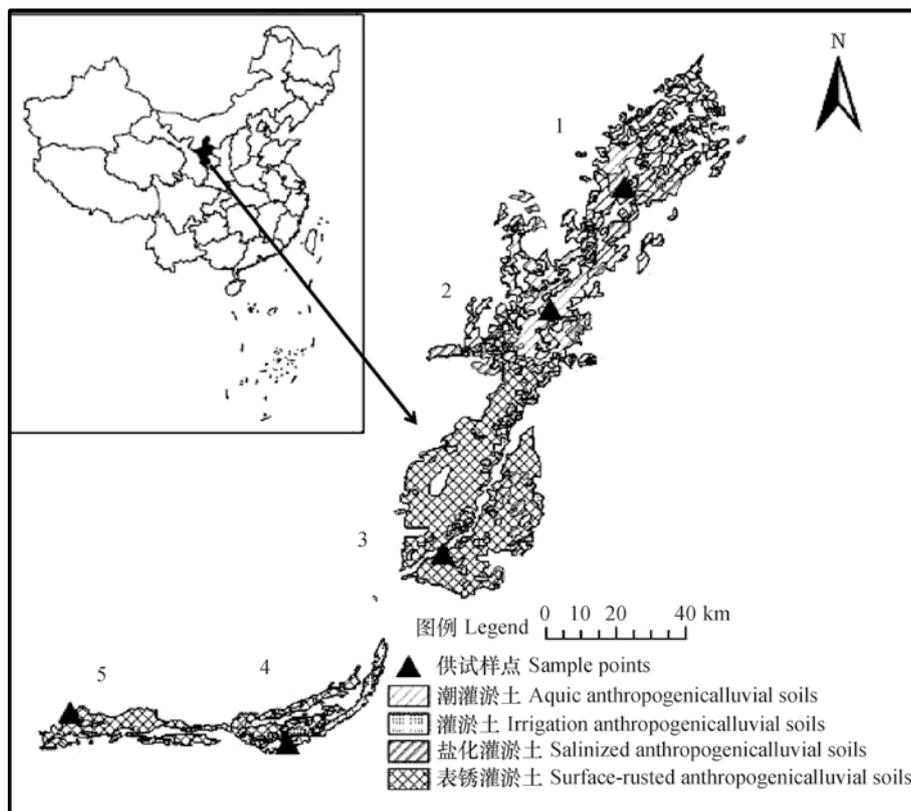


图1 样点分布的地理位置

Fig 1 Geographical locations of the profiles

表1 供试土壤的成土环境

Table 1 Soil forming environment of the studied soils

剖面编号 Profile No.	剖面地点 Profile location	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔 Elevation (m)	地形 Terrain	母质 Parent material
1	平罗县城关镇星火村 Xinghuo Village, Chengguan Township, Pingluo Country	106°34'45.0"E	38°54'17.5"N	1 093	冲积平原 Alluvial plain	灌溉淤积物 Irrigation sediment
2	贺兰县西岗镇五星村 Wuxing Village, Xigang Township, Helan Country	106°23'20.9"E	38°35'16.8"N	1 102	冲积平原 Alluvial plain	灌溉淤积物 Irrigation sediment
3	青铜峡市金积镇丁家湾子村 Dingjiawanzi Village, Jinji Township, Qingtongxia Country	106°06'43.9"E	37°57'32.4"N	1 127	冲积平原 Alluvial plain	灌溉淤积物 Irrigation sediment
4	中宁县新堡镇刘营村 Liuying Village, Xinbao Township, Zhongning Country	105°42'51.7"E	37°28'4.5"N	1 180	高丘 High hill	灌溉淤积物 Irrigation sediment
5	沙坡头区迎水桥镇河滩村 Hetan Village, Yingshuiqiao Township, Shapotou Country	105°09'21.3"E	37°32'53.8"N	1 224	冲积平原 Alluvial plain	灌溉淤积物 Irrigation sediment

土壤基本理化指标的测试包括pH、碳酸钙、有机碳、全氮、阳离子交换量(CEC);交换性钾、钠、钙、镁;颗粒组成、矿物组成等。其中,土壤的颗粒组成测定采用吸管法;有机质测定采用重铬酸钾外加热法;交换性钾钠、钙镁等盐基离子的测定采用氯化铵-乙醇交换,火焰光度计法/原子吸收分光光度法;阳离子交换量的测定采用氯化铵-乙醇交换法;pH的测定采用pH计(水土比2.5:1),分析方法参照《土壤调查实验室分析方法》^[16]和《土壤农化分析》^[17]。

2 典型土壤的剖面形态特征及理化特性

2.1 供试土壤的剖面形态特征

由表2可知,供试土壤剖面颜色以棕色为主,颜色较浅,1号剖面的色调为5YR,其余剖面的色调均为7.5YR,明度介于3~6,彩度介于3~6,剖面颜色比较均匀,各层次间差异不大。土壤结构以块状、棱块状和鳞片结构为主。在野外剖面观察中,可以看到不同时期灌溉淤积物的新旧覆盖,剖面中有瓦砾、炭块以及农膜等侵入体,并且能观察到蚯蚓粪便。各剖面通体石灰反应呈现强或极强,

表现石灰性。可见,灌淤土剖面均具有一定厚度的灌淤土层,全层在颜色、结构等方面均比较均匀。

在野外样品采集过程中,5号剖面挖掘深度在1m左右出现地下水渗水,其余剖面在挖掘深度内未见地下水。1号、4号、5号剖面土体中部均可见少量的铁锰锈斑或锈纹锈斑,其中5号剖面表层在根孔周围可见明显的根锈,且剖面下部也可观察到锈纹锈斑,1号和4号剖面土体锈斑在土层中分布具有不连续性,这可能说明1号和4号剖面的锈斑主要是由灌溉滞水所致,而5号剖面的锈斑则是由地下水位的升降变化引起的。此外,1号和5号剖面土体中上部有铁锰结核,并且土表有盐斑。综上所述,宁夏灌淤土具有地下水位高、地下水含盐量高以及气候干旱少雨、蒸发强烈的成土环境特点。

2.2 供试土壤的机械组成

土壤质地是在土壤颗粒组成基础上的量化归类,反映土壤内在肥力特征。由表3可知,典型剖面的土壤质地以粉壤土和砂壤土为主,其中2号、3号和4号剖面颗粒组成中砂粒含量超过55%,以砂粒为主,1号和5号剖面的颗粒组成则以粉粒为主。各剖面之间粉黏比变化范围大,介于1.14~47.32。1号、2号、3号和5号剖面各层次

表2 供试土壤的剖面特性

Table 2 Profile characteristics of the studied soils

剖面编号	层次	颜色	土体干湿状况	土壤结构	斑纹	矿质瘤状结核	地表状况	石灰反应
Profile No.	Soil layers (cm)	Color	Soil moisture regime	Soil structure	Mottling	Mineral nodular concretion	Surface condition	Lime reaction
1	0~40	5YR4/3	稍润 Slightly wet	鳞片结构 ^① 、 块状 ^②		铁锰结核 ^⑩	盐斑 Salt spots	强Highly calcareous
	40~65	5YR4/4	稍润 Slightly wet	鳞片结构 ^① 、 块状 ^②	少量铁锰锈斑 ^⑦	铁锰结核 ^⑩		强Highly calcareous
	65~100	5YR3/3	润Wet	棱块状 ^③				极强Ultra-Highly calcareous
2	0~20	7.5YR4/3	润Wet	块状 ^②				强Highly calcareous
	20~40	7.5YR4/4	润Wet	块状 ^②				强Highly calcareous
	40~80	7.5YR5/6	润Wet	块状 ^②				强Highly calcareous
3	0~20	7.5YR4/3	润Wet	块状 ^②				强Highly calcareous
	20~60	7.5YR5/4	润Wet	片状灌淤层 理 ^④ 、棱块状 ^③				强Highly calcareous
4	0~25	7.5YR4/4	稍润 Slightly wet	块状 ^②				强Highly calcareous
	25~60	7.5YR4/3	稍润 Slightly wet	鳞片结构 ^① 、 块状 ^②	少量锈纹锈斑 ^⑧			极强Ultra-Highly calcareous
	60~110	7.5YR4/6	润Wet	鳞片结构 ^① 、 块状 ^②				极强Ultra-Highly calcareous
5	0~25	7.5YR3/3	润Wet	团块 ^⑤	根锈 ^⑨			强Highly calcareous
	25~50	7.5YR4/3	润Wet	棱块状 ^③ 、 片层 ^⑥	少量锈纹锈斑 ^⑧	铁锰结核 ^⑩	盐斑 Salt spots	极强Ultra-Highly calcareous
	50~65	7.5YR6/1 (1/2) 4/4	潮Humid	棱块状 ^③	少量锈纹锈斑 ^⑧			极强Ultra-Highly calcareous

注：①Scaly structure；②Blocky structure；③Prismatic structure；④Sheet silt stratification；⑤Crumb structure；⑥Lamellar structure；⑦Iron manganese rusty spot；⑧Rust grain rusty spot；⑨Root rust；⑩Iron and manganese nodules

间粉黏比差异不大，且1号与2号剖面粉黏比较接近，5号剖面的粉黏比介于5.89~7.93，较其他3个剖面小的多。4号剖面随着深度的增加，粉黏比从62.18骤降至1.14，土壤质地由砂壤土突变为砂土。考虑到灌淤土成土时间短、母质性强，以上的数据表明宁夏不同地理位置、不同时期的灌溉落淤物质并不完全相同，而且其颗粒组分直接影响了土壤剖面的颗粒组成。

2.3 供试土壤的基本化学性质

由表4可知，5个供试剖面的pH均大于7，呈碱性或偏碱性。不同剖面之间碳酸钙含量差别较大，

介于87.9~189 g kg⁻¹。5号剖面碳酸钙含量显著高于其他4个剖面，含量介于162~189 g kg⁻¹，但却不表现为钙积，这可能归因于灌溉淤积物碳酸盐含量高和灌淤土长期大量的灌溉淋洗^[18]。在同一个剖面上，各层次间变幅不大、相对均匀，呈杂乱型递变。其中，1号剖面各层碳酸钙含量介于117~138 g kg⁻¹，层次间碳酸钙差值可达21 g kg⁻¹。

供试剖面有机碳含量具有表聚性，随剖面深度的增加有机碳含量略有下降，其中表层含量以5号剖面为最高，达到10.2 g kg⁻¹。各剖面有效磷含量的变化规律与有机碳的变化规律相似，表层含量

表3 供试土壤的颗粒组成

Table 3 Mechanical composition of the studied soils

剖面编号 Profile No.	层次 Soil layers (cm)	颗粒组成 Mechanical composition (g kg^{-1})			土壤质地 Soil texture	粉黏比 Silt/Clay
		2~0.05 mm	0.05~0.002 mm	<0.002 mm		
1	0~40	479.2	505.6	15.2	粉壤土 ^①	33.26
	40~65	188.1	795.1	16.8	粉壤土 ^①	47.32
	65~100	196.9	785.7	17.5	粉壤土 ^①	44.90
2	0~20	545.4	441.1	13.4	砂壤土 ^②	32.92
	20~40	652.5	337.8	9.8	砂壤土 ^②	34.47
	40~80	684.9	301.1	13.9	砂壤土 ^②	21.66
3	0~20	612.1	365.7	22.2	砂壤土 ^②	16.47
	20~60	623.7	360.4	15.8	砂壤土 ^②	22.81
4	0~25	545.1	447.7	7.2	砂壤土 ^②	62.18
	25~60	976.0	12.8	11.2	砂土 ^③	1.14
	60~110	644.2	300.1	55.7	砂壤土 ^②	4.72
5	0~25	272.0	630.6	97.4	粉壤土 ^①	6.47
	25~50	255.8	660.9	83.3	粉壤土 ^①	7.93
	50~65	344.7	560.2	95.1	粉壤土 ^①	5.89

注: ①Silty loam; ②Sandy loam; ③Sandy soil

表4 供试土壤的化学性质

Table 4 Chemical properties of the studied soils

剖面编号 Profile No.	层次 Soil layers (cm)	pH	CaCO ₃ (g kg^{-1})	有机碳 SOC (g kg^{-1})	全氮 TN (g kg^{-1})	碳氮比 C/N	有效磷 AP (mg kg^{-1})	阳离子交换量 CEC (cmol kg^{-1})	电导率 EC (dS m^{-1})
1	0~40	8.58	121	6.87	0.500	13.74	4.18	12.54	0.19
	40~65	8.86	138	5.88	0.604	9.74	2.84	14.58	0.27
	65~100	9.04	117	3.90	0.383	10.18	3.20	8.76	0.22
2	0~20	8.65	117	9.09	0.470	19.34	41.04	12.77	0.15
	20~40	8.68	113	5.00	0.601	8.32	7.84	8.53	0.12
	40~80	8.64	100	3.08	0.258	11.94	2.93	6.27	0.11
3	0~20	8.57	112	7.65	0.856	8.94	5.12	9.59	0.16
	20~60	8.54	87.9	3.30	0.458	7.21	1.50	8.24	0.15
4	0~25	8.44	118	6.07	0.537	11.30	18.89	5.57	0.14
	25~60	8.40	108	3.46	0.387	8.94	4.56	6.57	0.12
	60~110	7.21	91.5	2.43	0.309	7.86	0.68	5.61	0.10
5	0~25	8.00	162	10.20	0.921	11.07	34.85	10.79	1.19
	25~50	8.27	162	10.03	0.801	12.52	7.63	11.14	0.34
	50~65	8.28	189	7.47	0.758	9.85	1.08	11.44	0.31

最高且随深度增加而降低。2号剖面表层有效磷含量最高，达到 41.04 mg kg^{-1} ，1号剖面表层含量最低，仅为 4.18 mg kg^{-1} 。各剖面全氮含量的变化范围介于 $0.258 \sim 0.921 \text{ g kg}^{-1}$ ，由土体中上部向土体下部递减。

阳离子交换量是表征土壤的保肥、供肥性能和缓冲能力的重要的化学性质^[19]。从表中数据可知，各剖面层次之间CEC变化缓慢，无明显规律，介于 $5.57 \sim 14.58 \text{ cmol kg}^{-1}$ ，均小于 20 cmol kg^{-1} ，保肥能力相对较差，各剖面交换性盐基离子均以 Ca^{2+} 为主， Mg^{2+} 次之。此外，各剖面电导率值相差不大，介于 $0.11 \sim 1.19 \text{ dS m}^{-1}$ 。

2.4 供试土壤的矿物组成特征

土壤矿物不仅是植物矿质养料的主要来源^[19]，

也被用作系统分类土族的划分依据^[20]。从剖面的矿物组成类别上分析，供试剖面2、3、4的矿物组成以石英居多，其次是黏土矿物和长石类。1号剖面则以黏土矿物居多，其次是石英、长石类、方解石。5号剖面则以长石类和黏土矿物为主。从组成矿物风化的难易程度上分析，5个供试剖面的矿物组成均以石英和长石类等不易风化的矿物为主，难风化矿物总量分别占各剖面土壤矿物组成的50%、68%、66%、71%和65%。由表3可知，供试土壤以粉壤土和砂壤土为主，根据颗粒大小级别，依据文献[20]进行矿质土壤矿物学类型检索，供试剖面的土壤矿物学类型参见表5。

表5 供试土壤的矿物组成

Table 5 Mineral composition of the studied soils

剖面编号 Profile No.	石英 Quartz	斜长石 Albite	微斜长石 Microcline	闪石 Amphibole	方解石 Calcite	石膏 Gypsum	白云石 Dolomite	黏土总量 Total clay	矿物类型 Mineral type
(%)									
1	31	14	5	—	18	—	—	34	混合型 Mixed type
2	37	23	8	5	12	—	—	16	长石混合型 Feldspar mixed type
3	42	19	5	—	14	—	—	20	硅质混合型 Silica hybridmixed type
4	31	28	12	4	10	—	—	16	长石混合型 Feldspar mixed type
5	13	31	21	—	6	4	12	27	长石型 Feldspar type

3 分类归属

3.1 诊断层及诊断特性

根据上述剖面形态和性质分析，按照《中国土壤系统分类检索（第三版）》^[21]，检索5个供试土壤剖面相应的诊断层和诊断特性如表6所示。

3.1.1 诊断层 诊断层包括位于单个土体最上部的诊断层，也包括由物质的淋溶、迁移、淀积或就地富集作用在土壤表层之下形成的诊断表下层^[21]。通过对供试剖面的形态观察和理化性质的分析，检索供试剖面以下几类诊断层：（1）诊断表层。各剖面均满足灌淤土层 $\geq 50 \text{ cm}$ ，全层在颜

色、质地、结构、碳酸钙含量等方面均一，且符合土表至 50 cm 有机碳加权平均值 $\geq 4.5 \text{ g kg}^{-1}$ 含有侵入体等拟定标准，因此具有灌淤表层。2号剖面灌淤耕作至少有60多年的历史，主要种植玉米和蔬菜，满足有机碳加权平均值 $\geq 6 \text{ g kg}^{-1}$ ，且有效磷加权平均值 $\geq 35 \text{ mg kg}^{-1}$ 等肥熟表层的拟定标准，具有肥熟表层。（2）诊断表下层。各剖面满足规定土层厚度至少 5 cm ，其他土层 $\geq 10 \text{ cm}$ ，细土质地多为砂壤土和粉壤土，具有土壤结构的发育，且不符合黏化层、灰化淀积层等条件，符合雏形层的诊断标准。2号剖面检索出肥熟表层，且满足厚度 $\geq 10 \text{ cm}$ ，有效磷 $\geq 18 \text{ mg kg}^{-1}$ ，因此具有磷质耕作

表6 供试土壤的诊断层和诊断特性

Table 6 Diagnostic horizons and characteristics of the studied soils

剖面 编号	灌淤表层	肥熟表层	雏形层	磷质耕作 淀积层	钙积现象	半干旱土壤水 分状况	冷性土壤温度 状况	石灰性	氧化还原 特征
Profile No.	Siltigicepi pedon	Fimicepi pedon	Cambic horizon	Phos-agric horizon	Calcic evidence	Ustic soil moisture regime	Frigid temperature regime	Calcaricpro perty	Redox features
1	√		√		√	√	√	√	√
2	√	√	√	√		√	√	√	
3	√		√			√	√	√	
4	√		√			√	√	√	√
5	√		√			√	√	√	√

淀积层。(3) 诊断现象。1号剖面满足钙积层的厚度要求, 碳酸钙含量介于 $117 \sim 138 \text{ g kg}^{-1}$, 层次间碳酸钙差值较下垫或上覆土层高 $20 \sim 50 \text{ g kg}^{-1}$, 故认为有钙积现象。

3.1.2 诊断特性 (1) 土壤水分状况。年内各时期土壤内或某土层内地下水或 $< 1500 \text{ kPa}$, 张力持水量的有无或多寡。研究区属于典型的温带大陆性气候, 干旱少雨, 因没有土壤水分观测资料, 而结合气候资料采用干燥度指数进行土壤水分状况的估测。干燥度指数是表征一个地区干湿程度的指标, 是年蒸散量与降水量之比。本研究借用中国科学院自然区划工作委员会1959年修正的谢良尼诺夫公式来估算土壤水分状况, 即干燥度指数 $K=0.16 * (\text{全年} \geq 10^\circ\text{C} \text{积温} / \text{全年} \geq 10^\circ\text{C} \text{期间的降水量})$, 用4.0等值线作为干旱区和半干旱地区的分界线, 与旱作农业西线相一致; 1.5等值线作为亚湿润干旱区和半干旱区分界指标; 1.0等值线作为湿润和干旱亚湿润区的分界线。谢氏干燥度与Peman公式计算的干燥度等值线基本接近^[22-23]。供试样点位于的研究区域经计算谢氏干燥度指数介于 $1.88 \sim 2.74$, 结合野外观测情况, 按照文献[21]进行检索, 供试样点属于半干旱土壤水分状况。(2) 土壤温度状况。符合冷性土壤温度状况的检索依据, 年平均土温 $< 9^\circ\text{C}$, 但夏季平均土温高于寒性土温的土壤, 因此具有冷性土壤温度状况。(3) 氧化还原特征。1号剖面中上部可见少量铁锰锈斑和铁锰结核, 4号剖面中下部可见锈纹锈斑, 5号剖面中下部可见锈纹锈斑和铁锰结核符合氧化还原特征的检索条件, 因此认为上述剖面具有

氧化还原特征。(4) 石灰性。供试剖面通体呈现强或极强的石灰反应, 依据表4可判断具有石灰性。

3.2 高级分类归属

根据上述诊断层和诊断特性(表6), 按照《中国土壤系统分类检索(第三版)》^[21]对供试土壤进行系统分类高级分类的检索、命名并与发生分类的分类结果进行参比, 如表7所示。

由表7可知, 5个典型剖面在土壤发生分类中归属的亚类分别是盐化灌淤土、潮灌淤土、表锈灌淤土、普通灌淤土和普通灌淤土。参考《宁夏土壤》^[18], 在第二次土壤普查时发生分类主要是依照分布地形部位的不同、种植模式的差异以及成土时间的长短等来划分灌淤土亚类, 缺乏具体、量化的指标, 在分类过程中发生导致同土异名情况的发生。在以诊断层和诊断特性为基础的中国土壤系统分类中, 5个典型剖面的亚类归属依次是斑纹灌淤旱耕人为土、灌淤肥熟旱耕人为土、普通灌淤旱耕人为土、斑纹灌淤旱耕人为土和斑纹灌淤旱耕人为土。

3.3 基层分类归属

土族和土系作为系统分类的基层单元, 反映与土壤利用管理有关的土壤理化性质的分异, 具有为土地利用和评价服务的功能。依据文献[20], 划分土族的指标包括控制层段的土壤颗粒大小级别、不同颗粒级别的土壤矿物组成类型、土壤温度等级、石灰性与土壤酸性、土体厚度等。由表7可知, 1号、4号和5号剖面均属于斑纹灌淤旱耕人为土亚类, 根据土壤颗粒大小级别与矿物组成类型的不同将1号剖面划分为壤质混合型石灰性冷性-斑纹

表7 供试土壤的高级分类检索结果

Table 7 High level classification of the studied soils

剖面编号 Profile No.	中国土壤系统分类CST		发生分类CSGC
	土类 Group	亚类 Subgroup	亚类 Subgroup
1	灌淤旱耕人为土 Siltigi-OrthicAnthrosols	斑纹灌淤旱耕人为土 MottlicSiltigi-OrthicAnthrosols	盐化灌淤土 Salinized anthropogenic-alluvial soils
2	肥熟旱耕人为土 Fimi-OrthicAnthrosols	灌淤肥熟旱耕人为土 SiltigiFimi-OrthicAnthrosols	潮灌淤土 Aquic anthropogenic-alluvial soils
3	灌淤旱耕人为土 Siltigi-OrthicAnthrosols	普通灌淤旱耕人为土 TypicSiltigi-OrthicAnthrosols	表锈灌淤土 Surface-rusted anthropogenic-alluvial soils
4	灌淤旱耕人为土 Siltigi-OrthicAnthrosols	斑纹灌淤旱耕人为土 MottlicSiltigi-OrthicAnthrosols	普通灌淤土 Anthropogenic-alluvial soils
5	灌淤旱耕人为土 Siltigi-OrthicAnthrosols	斑纹灌淤旱耕人为土 MottlicSiltigi-OrthicAnthrosols	普通灌淤土 Anthropogenic-alluvial soils

表8 供试土壤的基层分类检索结果

Table 8 Basic level classification of the studied soils

剖面编号 Profile No.	中国土壤系统分类CST		发生分类CSGC
	土族 Soil families	土系 Soil series	土种 Soil species
1	壤质混合型石灰性冷性-斑纹灌淤旱耕人为土 Loamymixedtypicalcareousfrigid-MottlicSiltigi-OrthicAnthrosols	城关系 Chengguan series	壤质厚层盐化灌淤土 Loamy thick layer salinized anthropogenic-alluvial soils
2	砂质长石混合型石灰性冷性-灌淤肥熟旱耕人为土 Sandyfeldspar mixed typicalcareousfrigid-SiltigiFimi-OrthicAnthrosols	西岗系 Xigang series	砂质厚层潮灌淤土 Sandy thick layer aquic anthropogenic-alluvial soils
3	砂质硅质混合型石灰性冷性-普通灌淤旱耕人为土 Sandysilicahybridmixedtypicalcareousfrigid-TypicSiltigi-OrthicAnthrosols	金积系 Jinji series	砂质厚层表锈灌淤土 Sandy thick layer surface-rusted anthropogenic-alluvial soils
4	砂质长石混合型石灰性冷性-斑纹灌淤旱耕人为土 Sandyfeldspar mixed typicalcareousfrigid-MottlicSiltigi-OrthicAnthrosols	新堡系 Xinbao series	砂质厚层普通灌淤土 Sandy thick layer anthropogenic-alluvial soils
5	壤质长石型石灰性冷性-斑纹灌淤旱耕人为土 Loamyfeldspartypicalcareousfrigid-MottlicSiltigi-OrthicAnthrosols	迎水桥系 Yingshuiqiao series	壤质厚层普通灌淤土 Loamy thick layer anthropogenic-alluvial soils

灌淤旱耕人为土土族，4号剖面划分为砂质长石混合型石灰性冷性-斑纹灌淤旱耕人为土土族，5号剖面划分为壤质长石型石灰性冷性-斑纹灌淤旱耕人为土土族。2号属于灌淤肥熟旱耕人为土亚类，续分为砂质长石混合型石灰性冷性-灌淤肥熟旱耕人为土土族。3号剖面属于普通灌淤旱耕人为土亚

类，续分为砂质硅质混合型石灰性冷性-普通灌淤旱耕人为土土族。上述5个剖面分别属于5个不同的土族，因而进一步续分为城关系、西岗系和迎水桥系等5个不同的土系。此外，将发生分类与系统分类的基层分类结果进行参比。

在第二次土壤普查时，发生分类划分灌淤土

土属时按照灌淤土层的厚度划分为厚层、薄层灌淤土,结合质地进一步划分土种^[18],虽然划分指标过于单一,但重视土壤的生产性能,在农业利用上辨识度较高。中国土壤系统分类划分土系的指标包括特定土层的深度和厚度,表层土壤质地,土壤中岩石碎屑、结核、侵入体,土壤盐分含量^[20, 24]等,在实际的分类工作中不需要丰富的野外经验,定量分类容易操作。

4 讨论

4.1 引黄灌区典型土壤的主要成土特点

灌淤土的形成是一个较为漫长的过程,虽然多数剖面已不见淤积层理,但结合表2的数据分析可知灌溉淤积物的组分直接影响土壤的颗粒组成和质地,证明了灌溉落淤对土表不断的堆垫和抬升作用,现在这种作用也还在进行着。在剖面的野外采集过程中,可见灌区干渠、支渠纵横分布,其中多个剖面在挖掘时1m深即可见地下水,说明灌区土壤的灌溉水源充足,水分条件相对较好。在宁夏干旱少雨、蒸发强烈的气候因素影响下,灌水和地表排水的交替进行,使土体内水分条件不断发生变化,土体内氧化还原特征明显,在土体的不同深度淀积形成锈纹锈斑和铁锰结核等新生体,同时土壤盐渍化也就非常容易发生了。在长期的耕作影响下,落淤物质与植物残留根系、肥料不断融合,结合表4的分析可知灌淤土层的有机质和各养分元素含量水平相对较高。此外,在土体的不同部位可见瓦砾、炭块以及农膜等侵入体。

综合以上5个灌区典型灌淤土的剖面形态特征和理化性质,可以认为宁夏引黄灌区灌淤土主要的成土过程是人为耕作引起的土壤熟化过程、灌溉水和地下水共同引起的氧化还原过程以及灌溉水泥沙沉降引起的地表物理堆垫过程,有时候还有盐渍化过程。

4.2 不同土壤分类系统的分类对比

中国土壤系统分类与发生分类均以发生学思想为指导,土壤发生分类主要根据土壤形成条件中有较大差异的成土因素或成土条件进行高级分类单元的划分,具有一定的成土规律^[19]。中国土壤系统分类则以诊断层和诊断特性为基础进行量化的分类,而诊断层和诊断特性是五大成土因素综合用的结果,反映一定土壤形成和发育的规律^[25]。

5个典型剖面受气候、地形、母质、时间和生物等五大成土因素的影响具有相似的成土环境和成土过程,虽具有不完全相同的剖面特征,但5个典型剖面在中国土壤系统分类和发生分类中均属于人为土土纲,具备参比的优势基础。通过分类检索和表7的数据分析,可知两个分类系统中量化的中国土壤系统分类可以减少分类过程中的混淆情况,提高分类的准确性。

中国土壤系统分类与美国土壤系统分类二者的共同点是以诊断层和诊断特性为基础,以土壤自身属性为依据,划分土壤的分类系统,但却服务于不同的国情。结合典型剖面的数据分析,依据文献^[26],检索了典型剖面在美国土壤系统分类中的诊断层和诊断特性(表9)。由于美国土壤系统分类中暂未设人为土土纲,经过检索,发现5个典型剖面在美国系统分类中近似的土纲级别属于Inceptisols始成土,亚纲级别属于Ustepts干润始成土,土类级别则为Haplustepts筒育干润始成土。结合文献^[27]的研究可知,发生分类的灌淤土与美国土壤系统分类制中始成土土纲的参比程度较高,说明上述的分类参比具有较高的可信度。

不同的分类体系之间的参比研究要注重“把握特点、占有资料、着眼典型”^[28-29]。土壤发生分类、中国土壤系统分类和美国土壤系统分类的高级单元均包括土纲、亚纲、土类和亚类。中国土壤系统分类和美国土壤系统分类均是依据主要成土过程产生的诊断层和诊断特性来划分土纲,因此土纲是两个分类系统的重点,均比较稳定。结合表7可知,5个典型剖面在中国土壤系统分类中归为灌淤旱耕人为土和肥熟旱耕人为土两个土类,土类级别开始出现分异,5个供试剖面在发生分类上均属于灌淤土土类,在土类级别上相对稳定,而在美国土壤系统分类中检索到土类级别仍相对稳定。相较之下,量化的中国土壤系统分类的分异级别高,发生分类和美国土壤系统分类则较为稳定。

4.3 土壤系统分类检索指标的修订建议

在中国土壤系统分类中,检索灌淤肥熟旱耕人为土的条件是肥熟灌淤人为土中有灌淤现象,却未提及符合灌淤表层的情况。而且在灌淤旱耕人为土中也可以检索出肥熟灌淤旱耕人为土,这样存在着两个属于不同土类、名称却十分相似的亚类——“肥熟灌淤旱耕人为土”、“灌淤肥熟旱耕人为土”,存在一定程度的混淆,如同发生分类中广为

表9 供试土壤在美国土壤系统分类中的位置

Table 9 Position of the studied soils in the US Soil Taxonomy

编号 Profile No.	人为表层 Anthropic epipedon	耕作层 Agrichon rizon	质地突变 Abrupt textural	游离碳酸盐 Free carbonates	耐风化矿物 Resistentmi nerals	滑擦面 Slicken sides	半湿润土壤水 分状况Ustic soil moisture regime	冷性土壤温 度状况Frigid temperature regime	美国土壤系统 分类土类 Group of soil taxonomy
1	√	√		√	√	√	√	√	Haplustepts ^①
2	√	√		√	√	√	√	√	Haplustepts ^①
3	√	√		√	√	√	√	√	Haplustepts ^①
4	√	√	√	√	√	√	√	√	Haplustepts ^①
5	√	√		√	√	√	√	√	Haplustepts ^①

注：①简育干润始成土

诟病的“红黄壤”、“黄红壤”，况且“肥熟灌淤旱耕人为土”、“灌淤肥熟旱耕人为土”的剖面形态、利用性能等并没有明显差别。因此，建议修订或取消“肥熟灌淤旱耕人为土”、“灌淤肥熟旱耕人为土”这两个分类级别，以提高分类的准确性。

土族和土系是系统分类的基层单元，兼具为土地利用和评价服务的目的性。在土族的划分过程中，土壤的矿物学类型是一项重要的指标，结合表5的数据分析可知，依据土壤矿物组成的不同，将典型剖面划分为混合型、长石混合型等4种不同的矿物学类型，结合土壤颗粒大小级别将5个典型剖面初步划分为5个不同的土族。而通过上文分析，5个典型剖面具有相似的成土环境、成土过程、剖面形态特征，在生产性能和农业利用上也不存在明显的差别，可见土壤的矿物组成并不是决定土地利用和生产性能的关键因素，将矿物学类型作为划分土族的主要依据可能会导致土族的过度分异，同时考虑到矿物学指标测试繁琐，在野外无法进行初步判断，因此建议在土族划分依据中修订或取消矿物学类型这一指标。

此外，通过对剖面形态特征的描述和分析，可知1号和5号剖面地表可见盐斑，存在一定的盐碱化问题，经检索不满足盐积层或碱积层的检索标准，也不符合土系划分依据中盐化土壤的盐分含量要求，没有其他可供参考的标准来划分基层分类，因而在土族和土系划分时没有体现盐碱特征，不能有效指导因地种植的农业生产利用。因此，建议系统分类划分基层分类的标准作进一步完善，加强对生产性能的考虑，以便更好地服务农业生产。

5 结 论

5个典型剖面上检索出代表性的诊断依据有灌淤土层、肥熟土层、雏形层、耕作淀积层等诊断层和半湿润土壤水分状况、冷性土壤温度状况、石灰性、氧化还原特征等诊断特性以及钙积现象。依据《中国土壤系统分类检索（第三版）》，5个典型剖面属于旱耕人为土亚纲，斑纹灌淤旱耕人为土、灌淤肥熟旱耕人为土、普通灌淤旱耕人为土等3个亚类。依据《中国土壤系统分类土族与土系划分标准》将典型剖面按照控制层段的土壤颗粒大小级别、土壤矿物组成类型的不同初步建立5个土族和5个土系。参比研究表明，宁夏引黄灌区的灌淤土在发生分类和中国土壤系统分类中的位置并非简单一对一的关系，虽然发生分类以定性为主，系统分类重视定量，但是两个分类系统均以发生学思想为指导，况且5个典型剖面具有相似的成土环境和成土过程，因而在参比研究时具有优势的对应关系。通过比较典型剖面在不同体系中的分类类别可知，发生分类和美国土壤系统分类较为稳定，定量化的中国土壤系统分类分异性较大，使分类更加全面、细化。

参 考 文 献

- [1] 王吉智. 宁夏土壤的形成作用. 华中农业大学学报, 1989 (S1): 38—44
Wang J Z. Soil formation process for soils in Ningxia (In Chinese). Journal of Huazhong Agricultural University, 1989 (S1): 38—44
- [2] 龚子同, 赵其国, 曾昭顺, 等. 中国土壤暂行分类草

- 案. 土壤, 1979, 11 (5): 168—169
- Gong Z T, Zhao Q G, Zeng Z S, et al. Chinese soil classification (draft) (In Chinese). Soils, 1979, 11 (5): 168—169
- [3] 龚子同, 张甘霖, 王吉智, 等. 中国的灌溉人为土. 干旱区研究, 2005, 22 (1): 4—10
- Gong Z T, Zhang G L, Wang J Z, et al. Formation and taxonomy of irrigation-silted soils in China (In Chinese). Arid Zone Research, 2005, 22 (1): 4—10
- [4] 李福兴, 陈隆亨, 赵飞虎, 等. 河西走廊灌溉旱耕人为土的特性及其分类参比. 土壤, 1999, 31 (4): 202—207
- Li F X, Chen L H, Zhao F H, et al. Characteristics and classification reference of Siltigi-Orthic Anthrosols under irrigation and dredging in Hexi Corridor (In Chinese). Soils, 1999, 31 (4): 202—207
- [5] 邹德生. 西喜马拉雅北麓山间谷地农业区灌淤土的形成特点. 土壤学报, 1993, 30 (3): 324—332
- Zou D S. Characteristics of warped irrigated soil formation in agricultural areas of some valleys at the Northern foot of the Western Himalayas (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 1993, 30 (3): 324—332
- [6] 邹德生, 李荣, 顾国安, 等. 新疆南天山乌什谷地灌淤土及其在土壤系统分类中的地位. 土壤, 1995, 27 (1): 6—11
- Zou D S, Li R, Gu G A, et al. Irrigation silting soil in Wushi Valley of South Tianshan Mountains and its position in soil taxonomy (In Chinese). Soils, 1995, 27 (1): 6—11
- [7] ISSS, ISRIC, FAO. World reference base for soil resources. Wageningen/ Rome, 1998
- [8] 史成华, 龚子同. 我国灌淤土的形成和分类. 土壤学报, 1995, 32 (4): 437—448
- Shi C H, Gong Z T. Formation and classification of irrigation-warping soils in China (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 1995, 32 (4): 437—448
- [9] 王吉智. 宁夏引黄灌区的灌淤土. 土壤学报, 1984, 21 (4): 434—437
- Wang J Z. Irrigating warped soil in irrigation area of the Yellow River in Ningxia autonomous region (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 1984, 21 (4): 434—437
- [10] 马玉兰, 金国柱. 银川平原土壤氧化还原特性的研究. 土壤通报, 1997 (1): 12—15
- Ma Y L, Jin G Z. Study on redox characteristics of soil in Yinchuan Plain (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 1997 (1): 12—15
- [11] 李友宏, 董莉丽, 王芳, 等. 宁夏银北灌区灌淤土营养元素空间变异性研究. 干旱地区农业研究, 2006, 24 (6): 68—72
- Li Y H, Dong L L, Wang F, et al. Spatial variability in nutrients of irrigation-silted soil in North Yinchuan, Ningxia (In Chinese). Agricultural Research in the Arid Areas, 2006, 24 (6): 68—72
- [12] 尚清芳. 宁夏引黄灌区灌淤土土壤养分空间变异性研究. 兰州文理学院学报 (自然科学版), 2012, 26 (3): 63—68
- Shang Q F. Spatial variability in nutrients of irrigation-silted soil in Ningxia (In Chinese). Journal of Lanzhou University of Arts And Science (Natural Sciences Edition), 2012, 26 (3): 63—68
- [13] 董林林, 于东升, 张海东, 等. 宁夏引黄灌区土壤有机碳密度时空变化特征. 生态学杂志, 2015, 34 (8): 2245—2254
- Dong L L, Yu D S, Zhang H D, et al. Spatio-temporal variation in soil organic carbon density in irrigated region of Ningxia (In Chinese). Chinese Journal of Ecology, 2015, 34 (8): 2245—2254
- [14] 安红艳, 龙怀玉, 刘颖, 等. 承德市坝上高原典型土壤的系统分类研究. 土壤学报, 2013, 50 (3): 448—458
- An H Y, Long H Y, Liu Y, et al. Taxonomic classification of the typical soils on Bashang Plateau of Chengde (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2013, 50 (3): 448—458
- [15] 杨琳, 朱阿兴, 秦承志, 等. 基于典型点的目的性采样设计方法及其在土壤制图中的应用. 地理科学进展, 2010, 29 (3): 279—286
- Yang L, Zhu A X, Qin C Z, et al. A purposive sampling design method based on typical points and its application in soil mapping (In Chinese). Progress in Geography, 2010, 29 (3): 279—286
- [16] 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
- [17] 鲍士旦. 土壤农化分析. 第3版. 北京: 中国农业出版社, 2000
- Bao S D. Soil agrochemistry analysis (In Chinese). 3rd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2000
- [18] 王吉智. 宁夏土壤. 银川: 宁夏人民出版社, 1990
- Wang J Z. Ningxia soil (In Chinese). Yinchuan: Ningxia People's Press, 1990
- [19] 黄昌勇, 徐建明. 土壤学. 第3版. 北京: 中国农业出版社, 2010
- Huang C Y, Xu J M. Pedology (In Chinese). 3rd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2010
- [20] 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
- [21] 中国科学院南京土壤研究所土壤系统分类组, 中国土壤系统分类课题协作组. 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
Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences. Keys to Chinese Soil Taxonomic Classification (In Chinese). 3rd ed. Hefei: University of Science and Technology of China Press, 2001
- [22] 张煜星. 中国荒漠化气候类型的分布. 干旱区研究, 1998 (2) : 46—50
Zhang Y X. Distribution of climatic type of Chinese desertification (In Chinese). *Arid Zone Research*, 1998 (2) : 46—50
- [23] 孟猛, 倪健, 张治国, 等. 地理生态学的干燥度指数及其应用评述. 植物生态学报, 2004, 28 (6) : 853—861
Meng M, Ni J, Zhang Z G, et al. A review on dryness index of geocology and its application (In Chinese). *Acta Phytocologica Sinica*, 2004, 28 (6) : 853—861
- [24] 杜国华, 张甘霖, 龚子同. 论特征土层与土系划分. 土壤, 2001, 33 (1) : 1—6
Du G H, Zhang G L, Gong Z T. Discussion on special soil layers and soil series (In Chinese). *Soils*, 2001, 33 (1) : 1—6
- [25] 王秀丽, 张凤荣, 奉婷, 等. 北京普通褐土发生分类与系统分类的对比及其发生探讨. 土壤通报, 2014, 45 (3) : 513—518
- Wang X L, Zhang F R, Feng T, et al. Comparison and classification of occurrence and classification of common cinnamon soil in Beijing (In Chinese). *Chinese Journal of Soil Science*, 2014, 45 (3) : 513—518
- [26] Soil Survey Staff. Keys to Soil Taxonomy. 12th ed. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 2014
- [27] 史学正, 于东升, 孙维侠, 等. 中美土壤分类系统的参比基准研究: 土类与美国系统分类土纲间的参比. 科学通报, 2004, 49 (13) : 1299—1303
Shi X Z, Yu D S, Sun W X, et al. Reference standard study on soil classification system in China and America: Comparison between soil group and soil class of American Soil Taxonomy (In Chinese). *Chinese Science Bulletin*, 2004, 49 (13) : 1299—1303
- [28] 龚子同, 张甘霖, 陈志诚, 等. 以中国土壤系统分类为基础的土壤参比. 土壤通报, 2002, 33 (1) : 1—5
Gong Z T, Zhang G L, Chen Z C, et al. Soil reference on the bases of Chinese Soil Taxonomy (In Chinese). *Chinese Journal of Soil Science*, 2002, 33 (1) : 1—5
- [29] 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. 土壤, 2003, 35 (4) : 271—278
Gong Z T, Chen Z C, Zhang G L. World reference base for soil resources (WRB): Establishment and development (In Chinese). *Soils*, 2003, 35 (4) : 271—278

Pedogenesis and Taxonomy of Anthropogenic-alluvial Soil in the Ningxia Yellow River Irrigation Zone

QU Xiaolin LONG Huaiyu[†] XIE Ping CAO Xianghui WANG Jiajia

(*Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China*)

Abstract 【Objective】 In order to better understand pedogenesis and taxonomy of the anthropogenic-alluvial soil in the Yellow River Irrigation Zone of the Ningxia Hui Autonomous Region, five typical soil profiles were prepared by pit-digging with the aid of ArcGIS software and GPS in the zone for studying. 【Method】 From the data collected during the soil-series surveys of Ningxia in recent years after 2014 and the data and information acquired through profile observation and analysis of samples collected from the profiles by layer, it was found that the anthropogenic-alluvial soil was formed through mellowing processes triggered by artificial cultivation, redox process caused jointly by irrigation and groundwater, sedimentation of silt in irrigation water, and salinization process, as well, in some areas. 【Result】 By referring to and identification in line with “the Keys to the Chinese Soil Taxonomy (third Edition) ” , it was found

that the five typical profiles had the following diagnostic horizons and characteristics, siltigic epipedon, fimic epipedon, cambic horizon, and ustic soil moisture regime, frigid temperature regime, calcareous property, redox features and calcic evidence. In the Chinese Soil Taxonomy, the five typical profiles could be sorted into the soil order of Anthrosols, the suborder of Orthic Anthrosols, the soil groups of Siltigi-Orthic Anthrosols and Fimi-Orthic Anthrosols, and the subgroups of Mottlic Siltigi-Orthic Anthrosols, Siltigi Fimi-Orthic Anthrosols and Typic Siltigi-Orthic Anthrosols. According to the criteria for classification of soil families and soil series in the Chinese Soil Taxonomy, the five soil profiles were sorted divided into five soil families, i.e. loamy mixed type calcareous frigid-Mottlic Siltigi-Orthic Anthrosols, sandy feldspar mixed type calcareous frigid-Siltigi Fimi-Orthic Anthrosols, sandy silica mixed type calcareous frigid-Typic Siltigi-Orthic Anthrosols, Sandy feldspar mixed type calcareous frigid-Mottlic Siltigi-Orthic Anthrosols and Loamy feldspar type calcareous frigid-Mottlic Siltigi-Orthic Anthrosols, in the light of their soil particle size composition and mineral composition, and then further into five soil series, such as Chengguan series, Xigang series, Jinji series and so on. **【Conclusion】** In addition, the reference studies of the five soil profiles in different soil classification systems show that between the two soil classification systems, the Chinese Soil Genetic Classification and the Chinese Soil Taxonomy, does not exist any simple one to one relationship, the corresponding relationship between the two is significant. In the Chinese Soil Genetic Classification, the five soil profiles all belong to anthropogenic-alluvial soil, while in the Chinese Soil Taxonomy, they are sorted into 2 soil groups, and in the US Soil Taxonomy into the soil order of Inceptisols, the suborder of Ustepts and the soil group of Haplustepts. The comparison shows that the Chinese Genetic Classification and the US Soil Taxonomy are relatively stable in classification, whereas the quantitative Chinese Soil Taxonomy is more differentiable, thus making the classification more complete and detailed.

Key words Yellow River Irrigation Zone; Anthropogenic-alluvial soil; Diagnostic horizons; Diagnostic characteristics; Chinese Soil Taxonomy; Reference study

(责任编辑: 檀满枝)