

DOI: 10.11766/trxb201706120097

宁夏中部地区典型灰钙土的发育特性及系统分类研究*

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 为了解宁夏中部地区地带性土壤——灰钙土的发育特性及其在中国土壤系统分类中的归属, 在研究区内挖掘 8 个代表性的土壤剖面, 进行剖面形态观察, 采集分层土壤样品, 测试理化性状。结果发现: (1) 灰钙土中发生的主要成土过程有: 弱腐殖质积累、弱淋溶淀积过程。(2) 8 个供试剖面中检索出的诊断依据有淡薄表层、干旱表层、锥形层、钙磐等诊断层, 黄土和黄土状沉积物岩性特征、半干润/干旱土壤水分状况、温性土壤温度状况、钠质特性、石灰性等诊断特性和钙积诊断现象等。(3) 依据《中国土壤系统分类检索(第三版)》, 可将 8 个供试剖面初步归属为锥形土、干旱土 2 个土纲, 干润锥形土、正常干旱土 2 个亚纲, 筒育干润锥形土和筒育正常干旱土 2 个土类, 普通筒育干润锥形土、钠质筒育正常干旱土 2 个亚类。依据《中国土壤系统分类土族与土系划分标准》将供试剖面初步划分为 5 个土族, 5 个土系。(4) 参比研究表明, 灰钙土在土壤发生分类和系统分类中的分类类别不是简单一对一的关系, 发生分类中相同的类别可对应系统分类中不同类别, 系统分类量化的分类指标使土壤分类更加量化, 减少了同名异土情况的发生, 提高了分类的准确性。

关键词 宁夏中部地区; 灰钙土; 诊断依据; 系统分类; 发生分类; 参比

中图分类号 S155.3 **文献标识码** A

土壤分类是土壤科学发展水平的反映、土壤信息的载体、土壤资源调查的基础、农业技术转让的依据, 也是国际交流的媒介^[1-3]。随着土壤科学研究的深入, 土壤分类也在不断地进步和发展。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]。现阶段, 江苏^[5-6]、河南^[7-8]、湖北^[9]、河北^[4, 10-11]等东部省份相继开展了土壤系统分类工作, 并建立了相应的土系, 我国中、西部地区的土系调查和土壤系统分类工作也正在开展中。

宁夏回族自治区地处我国西北, 是地带性土壤灰钙土的主要分布区域之一^[12]。灰钙土是发育在暖温带荒漠草原地带、黄土及黄土状母质上的干旱土壤^[13], 其地表有结皮, 腐殖质含量不高, 有弱碳酸钙的淋溶和淀积, 土壤剖面分化不明显。

灰钙土在宁夏境内分布广阔, 主要分布在中、北部地区, 占宁夏土壤面积的 25.2%, 与黑垆土、栗钙土、灰漠土等相接分布^[14]。自土壤分类研究工作开展以来, 虽有许多学者^[15]对分布在宁夏中部的灰钙土的形成与分类进行了一定研究, 但缺乏系统、定量的研究结果, 使得分布在该区的土壤一直存在灰钙土或棕钙土的争论。近年来, 随着人口增加和灌溉条件的改善, 灰钙土分布区已成为宁夏重点开发的耕地资源^[16]。本研究在第二次土壤普查工作的基础上, 依托土系调查工作在宁夏中部地区挖掘的典型灰钙土的代表性剖面, 对该研究区灰钙土的成土特点和发育特性进行定量的分析研究, 并尝试在该研究区建立从土纲到土系完整的系统分类, 旨在为了解该区土壤特性、评价土地资源、服务农业生产奠定基础。

* 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: 2017-06-12; 收到修改稿日期: 2017-09-14; 优先数字出版日期(www.cnki.net): 2017-09-29

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区覆盖宁夏回族自治区银川市、吴忠市和中卫市的部分辖区,其中包括盐池县、灵武市、中宁县、沙坡头区、海原县、同心县和红寺堡区,是宁夏主要的地带性土壤灰钙土的分布区域,分布经纬度介于 $105^{\circ}17'35.6''\sim 107^{\circ}13'18.8''\text{E}$, $36^{\circ}37'59.9''\sim 37^{\circ}50'21.4''\text{N}$ 。研究区属于温带大陆性气候,干旱少雨,降雨集中在夏季,年均气温为 $7.89^{\circ}\text{C}\sim 10.29^{\circ}\text{C}$,呈现北高南低的特点,年均降水量为 $193.3\sim 376.6\text{ mm}$,呈现出南高北低的特点,全年平均日照时数范围介于 $2\ 728\sim 3113\text{ h}$ 。研究区地形以山地和丘陵为主,成土母质以黄土母质

为主,海拔 $1\ 232\sim 2\ 090\text{ m}$ 。自然植被以荒漠草原类型为主,由丛生禾草和小半灌木组成,随纬度由南向北,植被组成也有较大差异^[12]。谢氏干燥度^[17]介于 $1.62\sim 2.89$ 之间。

1.2 样点布设

基于第二次土壤普查形成的宁夏土壤图,利用Arcgis9.3软件确定典型灰钙土的图斑分布,再与地貌图、土地利用图和地质图等进行叠加,采用模糊聚类和数据标准化处理的方法^[18],确定代表性的典型样点。结合Google Earth确定典型样点的可达性,并规划采样路线。野外挖掘利用GPS进行定位,按照《野外土壤描述与采样规范》划剖面层次,描述土壤剖面的形态特征,并进行石灰反应的现场速测,按照发生学层次自下而上的采集土壤样品,供实验室分析化验,剖面点的成土环境见表1。

表1 供试土壤的成土环境

Table 1 Soil forming environment of the studied soils

剖面 编号	剖面地点	经度	纬度	海拔	土地利用 方式	地形	母质
Profile No.	Profile location	Longitude	Latitude	Elevation	Land use	Terrain	Parent material
1	盐池县青山乡高家圈村 Gaojiaquan Village, Qingshan Township, Yanchi County	$107^{\circ}13'18.8''\text{E}$	$37^{\circ}36'05.2''\text{N}$	1 535	荒地 Wasteland	丘陵 Hill	黄土状 母质 ^①
2	灵武市马家滩镇杨家窑村 Yangjiayao Village, Majiatan Township, Lingwu City	$106^{\circ}40'23''\text{E}$	$37^{\circ}50'21.4''\text{N}$	1 450	荒地 Wasteland	风积地貌 Aeolian geomorphology	黄土状 母质 ^①
3	中宁县大战场镇沟门村 Goumen Village, Dazhanchang Township, Zhongning County	$105^{\circ}36'5.6''\text{E}$	$37^{\circ}18'17.9''\text{N}$	1 358	荒地 Wasteland	丘陵 Hill	黄土 母质 ^②
4	沙坡头区蒿川乡小蒿子村 Xiaohaozi Village, Haochuan Township, Shapotou District	$105^{\circ}33'43.3''\text{E}$	$36^{\circ}48'30.6''\text{N}$	1 674	荒地 Wasteland	山地 Mountain land	黄土 母质 ^②
5	海原县盐池乡盐池村 Yanchi Village, Yanchi Township, Haiyuan County	$105^{\circ}17'35.6''\text{E}$	$36^{\circ}37'59.9''\text{N}$	2 090	荒地 Wasteland	高原 Plateau	黄土 母质 ^②
6	同心县下马关镇玉民山村 Yuminshan Village, Xiamaguan Township, Tongxin County	$106^{\circ}26'21''\text{E}$	$37^{\circ}1'13''\text{N}$	1 690	耕地 Farmland	高原 Plateau	黄土 母质 ^②
7	海原县高崖乡泛牛坡村 Fanniupo Village, Gaoya Township, Haiyuan County	$105^{\circ}56'20''\text{E}$	$36^{\circ}43'17''\text{N}$	1 880	荒地 Wasteland	山地 Mountain land	黄土 母质 ^②
8	红寺堡区南川乡康麻头村 Kangmatou Village, Nanchuan Township, Hongsibao District	$106^{\circ}57'51''\text{E}$	$37^{\circ}17'53''\text{N}$	1 440	荒地 Wasteland	丘陵 Hill	黄土状 母质 ^①

①Loess like parent material, ②Loessial parent material

1.3 样品分析

土壤基本理化指标的测试包括机械组成、pH、碳酸钙、有机碳、全氮、有效磷及矿物组成等。土壤颗粒组成采用吸管法测定，pH采用pH计（土水比1：2.5）测定，有机碳采用油浴重铬酸钾—外加热法测定，有效磷采用碳酸氢钠浸提—钼锑抗比色法测定，分析方法主要参照《土壤调查实验室分析方法》^[19]和《土壤农化分析》^[20]。土壤矿物组成及黏土矿物含量的测试委托北京北达燕园微构分析测试中心，采用X射线衍射分析法依据标准SY/T5163-2010进行测定。其中土壤矿物组成及黏土矿物含量的测定样品为供试剖面心土层土样。

2 结果

2.1 供试土壤的剖面特征

供试剖面的土体构型相似，均可划分出A-B-C层次，各层次间过渡模糊。土体颜色以黄棕色和浊黄橙为主，剖面色调为10YR，明度变化范围介于4~7，彩度变化介于3~8，同一剖面颜色较为均匀，无明显差异，不同剖面间颜色略有变化，但差异不大。供试剖面中可见的土壤结构有块状、团块状、棱块状结构及团粒、屑粒状结构等。大部分剖面有CaCO₃淀积，形态为假菌丝体，剖面淀积高度略有不同，大多为剖面30 cm以下，这与黄土/黄土状母质碳酸钙含量高及宁夏干旱少雨、降雨集中的气候特点有关。6号剖面表层受人为耕作活动的影响，可观察到农膜等侵入体，剖面40~70 cm土层内存在由碳酸钙和硫酸钙形成的丰度约为10%盘层胶结。受干旱少雨、蒸发强烈等气候因素及母质的影响，3、4号剖面土表形成地衣和苔藓共生形成的黑色干旱孔状结皮^[21]，厚度0.3~0.5 cm，覆盖率可高达30%~50%。此外，各剖面通体石灰反应以极强为主。剖面点的形态特征如表2所示。

2.2 供试土壤的机械组成特征

结合供试剖面颗粒组成数据及三角图（图1）可知，供试土壤砂粒含量介于19.23%~64.16%，粉粒含量介于26.03%~70.21%，黏粒含量介于7.84%~24.04%，各剖面的颗粒组成主要是以砂粒或粉粒为主。同一剖面不同层次土壤的颗粒组成差异影响了剖面不同层次的土壤质地类型。灰钙

土剖面各层土壤质地类型分别有砂壤土、粉壤土和壤土等三种类型，其中粉壤土为主要的质地类型。除剖面1、2号外，其余剖面土层自上而下均发生质地变异。供试样点剖面各层次间粉黏比变化范围介于1.88~7.14之间，大部分剖面随深度增加粉黏比略有增大。样点剖面黏化率的变化范围介于0.86~2.03，其中剖面5、6、8中B层土壤黏化率大于1.3，这可能是与研究区域降水量少、蒸发量大，土壤尚未完全脱盐、脱钙有关^[22]。

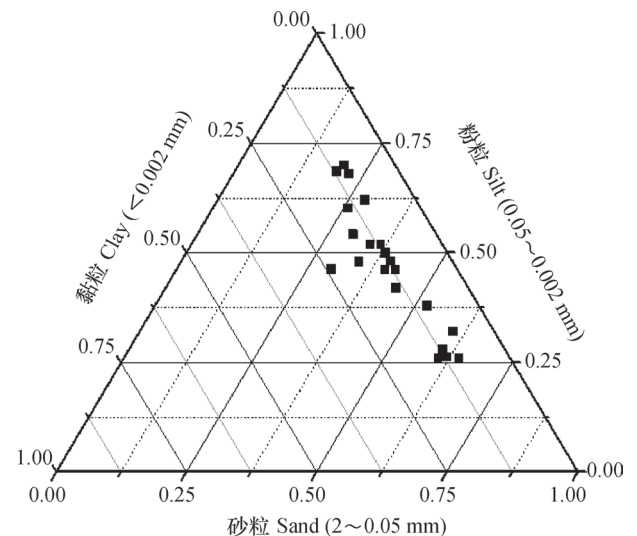


图1 供试样点土壤的颗粒组成

Fig. 1 Particle size composition of the studied soils

2.3 供试土壤的基本化学性质

土壤有机碳和全氮是土壤肥力的重要指标，土壤有机碳含有植物生长所需的多种养分，土壤全氮是反映土壤供氮水平的指标^[23]，土壤碳氮比则是表征土壤有机碳与全氮含量关系、衡量土壤碳氮营养平衡状况、反映土壤氮素矿化能力的指标^[24]。由表4数据可知，供试样点土壤有机碳和全氮含量的变化值分别介于1.03~7.02 g kg⁻¹，0.103~0.532 g kg⁻¹，且随剖面深度增加含量有所降低，具有一定的表聚性，有机碳含量的剖面变化参见图2。在供试土壤样点中，5号剖面表层有机碳、全氮含量分别为7.02 g kg⁻¹和0.532 g kg⁻¹，这与该剖面处于高海拔山体的中上部，气温相对较低，利于养分积累有关。供试样点土壤碳氮比变化范围介于7.20~21.06，其中8号土壤剖面耕层土壤C/N为15.37，不利于有机碳和全氮的分解，从而供

表2 供试样点的剖面形态特征

Table 2 Morphological characteristics of the studied soil profiles

剖面 编号	层次	土壤颜色	土壤结构	矿质瘤状结核	侵入体	其他状况	石灰反应
Profile No.	Soil layers (cm)	Soil color	Soil structure	Mineral nodular concretion	Intrusive mass	Other condition	Lime reaction
1	0~30	A _h	10YR 6/6	团块状 ^① 、团粒 ^②			极强 ^⑩
	30~70	B _k	10YR 6/6	块状 ^③	CaCO ₃ 结核 ^⑥		极强
	70~120	C	10YR 5/6	块状 ^③			极强
2	0~30	A _h	10YR 6/4	块状 ^③			极强
	30~90	B	10YR 7/3	块状 ^③			极强
	90~125	C	10YR 7/3	块状 ^③			极强
3	0~30	A _h	10YR 6/6	屑粒状 ^④		干旱结皮 ^⑧	极强
	30~80	B _k	10YR 7/4	棱块状 ^⑤	CaCO ₃ 结核 ^⑥		极强
	80~140	C _k	10YR 7/6	棱块状 ^⑤	CaCO ₃ 结核 ^⑥		极强
4	0~30	A _h	10YR 6/4	棱块状 ^⑤		干旱结皮 ^⑧	极强
	30~70	B _k	10YR 6/4	棱块状 ^⑤	CaCO ₃ 结核 ^⑥		极强
	90~120	C	10YR 6/4	棱块状 ^⑤			极强
5	0~30	A	10YR 4/6	团块状 ^①			强 ^⑪
	40~80	B _k	10YR 5/6	棱块状 ^⑤	CaCO ₃ 结核 ^⑥		极强
	110~140	C	10YR 6/4	块状 ^③			极强
6	0~30	A _p	10YR 5/6	团粒 ^② 、团块状 ^①		塑料薄膜 ^⑦	极强
	40~70	B _{mk}	10YR 5/8	棱块状 ^⑤		盘层胶结 ^⑨	极强
	80~120	C	10YR 6/6	棱块状 ^⑤			极强
7	0~18	A	10YR 5/6	团块状 ^① 、块状 ^③			极强
	20~60	B _k	10YR 6/6	团粒 ^② 、块状 ^③	CaCO ₃ 结核 ^⑥		极强
	80~150	C _k	10YR 6/4	块状 ^③	CaCO ₃ 结核 ^⑥		极强
8	0~30	A _h	10YR 5/8	团粒 ^② 、团块状 ^①			极强
	30~90	B	10YR 6/4	团块状 ^①			极强
	90~150	C _k	10YR 7/3	块状 ^③	CaCO ₃ 结核 ^⑥		极强

注: _k表示碳酸盐的聚集,与钙积过程有关(_k indicates the accumulation of carbonates associated with the calcium accretion process); _m表示土层被胶结、固结、硬结(_m indicates that the soil layer is cemented, consolidated, or hardened); _p表示经耕翻或其他措施引起的扰动(_p indicates the soil disturbance caused by ploughing or other measures)

①Crumb structure, ②Aggregate structure, ③Blocky structure, ④Crumb, ⑤Lump, ⑥CaCO₃ concretion, ⑦Plastic film, ⑧Aridic crust, ⑨Pan cementation, ⑩Highly calcareous, ⑪Strongly calcareous

表3 供试土壤的机械组成特征

Table 3 Mechanical composition of the studied soil profiles

剖面编号 Profile No.	层次 Soil layers (cm)	颗粒组成 Mechanical composition (%)			质地 Soil texture	粉黏比 Silt/Clay	黏化率 B/E (A) Clay
		2~0.05 mm	0.05~0.002 mm	<0.002 mm			
1	0~30	60.12	26.05	13.83	砂壤土 ^①	1.88	1.00
	30~70	61.66	26.37	11.97	砂壤土 ^①	2.20	0.87
	70~120	59.88	28.22	11.90	砂壤土 ^①	2.37	0.86
2	0~30	27.98	62.19	9.83	粉壤土 ^②	6.33	1.00
	30~90	22.04	68.14	9.82	粉壤土 ^②	6.94	1.00
	90~125	19.96	70.21	9.83	粉壤土 ^②	7.14	1.00
3	0~30	64.16	26.03	9.81	砂壤土 ^①	2.65	1.00
	30~80	52.01	38.15	9.84	砂壤土 ^①	3.88	1.00
	80~140	34.13	52.06	13.81	粉壤土 ^②	3.77	1.41
4	0~30	37.95	50.2	11.85	粉壤土 ^②	4.24	1.00
	30~70	43.98	42.16	13.86	壤土 ^③	3.04	1.17
	90~120	39.90	48.24	11.86	壤土 ^③	4.07	1.00
5	0~30	36.14	52.05	11.81	粉壤土 ^②	4.41	1.00
	40~80	33.94	48.19	17.87	壤土 ^③	2.70	1.51
	110~140	43.92	42.21	13.87	壤土 ^③	3.04	1.17
6	0~30	60.00	28.14	11.86	砂壤土 ^①	2.37	1.00
	40~70	29.49	46.47	24.04	壤土 ^③	1.93	2.03
	80~120	29.56	54.49	15.95	粉壤土 ^②	3.42	1.34
7	0~18	39.84	46.28	13.88	壤土 ^③	3.33	1.00
	20~60	41.79	46.33	11.88	壤土 ^③	3.90	0.86
	80~150	29.78	54.32	15.90	粉壤土 ^②	3.42	1.15
8	0~30	60.00	32.16	7.84	砂壤土 ^①	4.10	1.00
	30~90	25.75	60.37	13.88	粉壤土 ^②	4.35	1.77
	90~150	19.23	68.82	11.95	粉壤土 ^②	5.76	1.52

①Sandy loam, ② Silty loam, ③Loam

给农作物养分。此外，各层土壤速效磷养分的含量范围为0.06~28.69 mg kg⁻¹，8号剖面耕地土壤的有效磷养分含量最高。

供试样点土壤pH介于7.93~9.46，呈碱性或偏碱性。由上表2可知，受气候条件和母质因素的影响，大部分剖面有碳酸钙淀积现象，结合图2可知，大部分剖面的中、下部表现出明显的钙积特征，其中剖面3、6、8层次间碳酸钙含量差异较大，达到35.4~45 g kg⁻¹，各剖面碳酸钙含量变化参见图2。

2.4 供试土壤的矿物组成特点

土壤矿物是土壤固相的主要组成部分，不仅是

植物所需矿质养分的主要来源，也是土壤微量元素的来源^[25]，此外还被用作系统分类土族的划分依据^[26]。从矿物组成类别上分析，供试剖面的矿物组成均以石英、长石等原生矿物为主，黏土矿物、次生的方解石含量次之。从组成矿物风化的难易程度上分析，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，难风化矿物总量可达59%以上。结合表3供试土壤的质地情况，依据文献^[26]检索供试土壤的颗粒大小级别并进行矿物学类型检索，通过检索将供试土壤的矿物学类型划分为硅质混合型和长石混合型两个类别，其中1、2、4、8号剖面为硅质混合型，其余剖面为长石混合型。

表4 供试土壤的基本化学性质

Table 4 Basic chemistry characteristics of the studied soil profiles

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)
1	0~30	8.54	93.8	3.98	0.453	8.79	1.61
	30~70	8.82	105	4.27	0.466	9.14	0.82
	70~120	8.45	102	4.23	0.415	10.20	0.59
2	0~30	9.22	119	1.60	0.215	7.44	0.68
	30~90	9.46	106	1.48	0.190	7.79	0.88
	90~125	9.00	99.2	1.35	0.179	7.53	0.68
3	0~30	8.55	103.7	1.96	0.239	8.20	0.37
	30~80	9.23	143.3	1.49	0.192	7.77	1.01
	80~140	8.97	126	1.32	0.167	7.88	1.65
4	0~30	8.46	121	3.16	0.390	8.10	0.61
	30~70	8.34	126	4.50	0.442	10.19	0.83
	90~120	8.51	121	2.00	0.227	8.82	0.65
5	0~30	8.44	143	7.02	0.532	13.21	0.56
	40~80	8.60	138	2.35	0.229	10.23	0.19
	110~140	8.92	121	1.59	0.162	9.82	0.10
6	0~30	8.49	117	3.52	0.229	15.37	28.69
	40~70	8.55	162	3.35	0.225	14.89	9.77
	80~120	8.77	162	2.18	0.103	21.06	8.22
7	0~18	8.13	165	4.94	0.508	9.72	2.05
	20~60	8.15	163	2.63	0.254	10.34	1.66
	80~150	8.08	162	1.94	0.180	10.77	1.66
8	0~30	8.77	84.6	1.56	0.163	9.61	2.43
	30~90	8.67	120	1.74	0.181	9.63	2.05
	90~150	7.93	122	1.58	0.175	9.02	3.98

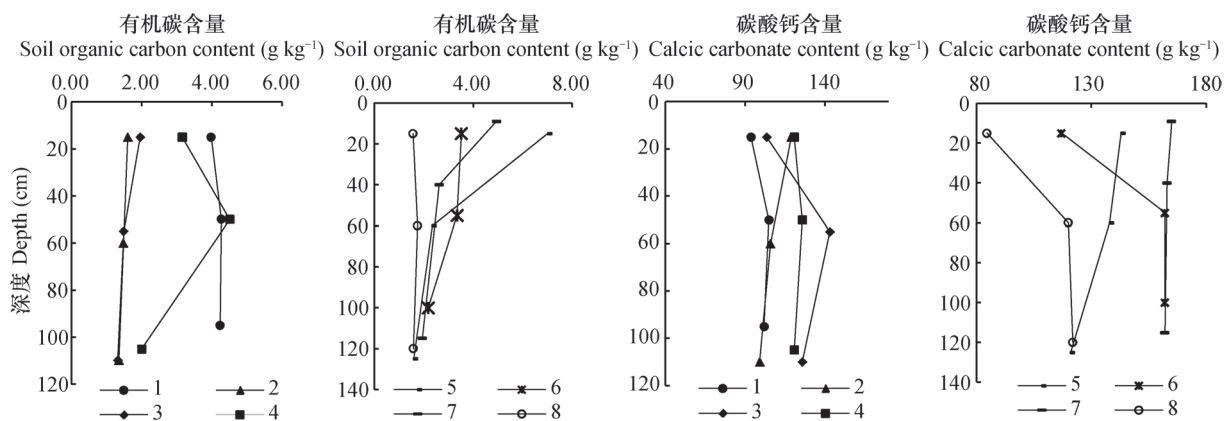


图2 供试土壤剖面不同层次有机碳和碳酸钙含量

Fig. 2 Organic carbon and CaCO₃ contents in the soil profiles relative to soil layer

表5 供试样点土壤的矿物组成

Table 5 Mineral composition of the soils in the sampling sites

剖面编号 Profile No.	石英 Quartz	斜长石 Plagioclase	微斜长石 Microcline	闪石 Amphibole	方解石 Calcite	白云石 Dolomite	黏土矿物总量 Total clay mineral	矿物类型 Mineral type
	(%)							
1	40	18	8	2	13	—	19	硅质混合型 ^①
2	46	21	5	—	12	—	17	硅质混合型 ^①
3	34	20	8	5	14	3	15	长石混合型 ^②
4	42	23	10	—	15	—	11	硅质混合型 ^①
5	33	18	8	—	14	5	21	长石混合型 ^②
6	33	21	7	5	14	—	20	长石混合型 ^②
7	39	17	13	3	14	—	15	长石混合型 ^②
8	43	16	9	—	11	—	20	硅质混合型 ^①

①Silica mixture, ②Feldspar mixture

3 供试土壤的分类归属

根据剖面的成土环境、形态特征和理化性质,依据《中国土壤系统分类检索(第三版)》^[27],检索供试剖面代表性的诊断依据:淡薄表层、干旱表层、锥形层、钙磐等诊断层,黄土和黄土状沉积物岩性特征、半干润/干旱土壤水分状况、温性土壤温度状况、钠质特性、石灰性等诊断特性以及钙积诊断现象等,经过检索可将8个供试剖面土壤划分为2个土纲,2个亚纲,2个土类和2个亚类。

3.1 供试土壤的诊断层和诊断现象

(1) 淡薄表层。根据野外剖面描述记载表,1、2、3、4、5、6、7、8号剖面土壤颜色满足搓碎土壤的润态明度 ≥ 3.5 ,干态明度 ≥ 5.5 ,润态彩度 ≥ 3.5 ,且满足表层有机碳含量 $< 6 \text{ g kg}^{-1}$ 的诊断标准,因此,认为上述剖面具有淡薄表层。

(2) 干旱表层。3、4号剖面土表有大面积分布的、厚度不等的由地衣和藻类组成的黑色干旱结皮,且存在形状不规则的裂缝,故认为上述剖面具有干旱表层。

(3) 锥形层。通过表2、表4数据可知,供试剖面均满足B层厚度 $\geq 10 \text{ cm}$,满足极细砂、壤质极细砂或更细的质地要求,发育有一定的土壤结构,供试样点的母质富含碳酸盐且存在一定程度的下移,此外不符合黏化层、灰化淀积层、铁铝层等条件,据此鉴定供试剖面土壤均发育有锥形层。

(4) 钙积现象。3和8号剖面具有一定的次生碳酸盐聚积特征,且土层间碳酸钙差量范围介于 $20 \sim 50 \text{ g kg}^{-1}$,满足钙积现象的检索指标,因此,认为3、8号剖面具有钙积诊断现象。

(5) 钙磐。6号剖面土体中部存在碳酸盐、硫酸盐胶结导致的盘层胶结状况,厚度 $\geq 10 \text{ cm}$,该层厚 30 cm 与 CaCO_3 相当物 162 g kg^{-1} 的乘积 ≥ 2000 ,干时铁铲难以穿入,干碎土块在水中也不消散,判断6号剖面发育有钙磐。

3.2 供试土壤的诊断特性

(1) 岩性特征。3号剖面色调为10YR,土壤颜色自B层满足明度 ≥ 7 ,彩度 ≥ 4 且剖面上下颗粒组成均一,碳酸钙相当物 $\geq 80 \text{ g kg}^{-1}$,成土母质为黄土母质,存在黄土和黄土状沉积物岩性特征。

(2) 土壤水分状况。研究区域属于典型的温带大陆性气候,干旱少雨,因缺少土壤水分资料,因此本研究采用植被、景观或气候资料(干燥度指数)估测土壤水分状况的方法。按照文献[27]进行检索,3、4号供试剖面属于干旱土壤水分状况,1、2、5、6、7、8号供试剖面属于半干润土壤水分状况。

(3) 土壤温度状况。野外调查时获取部分剖面土层的实时温度,但检索土壤温度状况需鉴定年均土温。由于缺乏 50 cm 深度土壤温度状况的实测数据,因此本文基于国家气象信息中心提供的宁夏地面气候资料日值数据,采用年均气温估算年均

土温的方法^[28-30]。可知研究区1985年至2014年30年间年均气温范围为7.89~10.29℃,年均土温范围约为10.41~12.69℃,满足年均土温 $\geq 9^\circ\text{C}$,但 $< 16^\circ\text{C}$ ^[26],符合温性土壤温度状况的检索依据,因此认为供试剖面具有温性土壤温度状况。

(4) 钠质特性。3号剖面满足交换性钠饱和度(ESP) $\geq 30\%$ 和交换性 $\text{Na}^+ \geq 2 \text{ cmol kg}^{-1}$,2、4、5、8号剖面满足交换性钠钾镁的饱和度 $\geq 50\%$,因此2、3、4、5、8号供试剖面均具有钠质特性。

(5) 石灰性。供试剖面土表至50 cm范围内所有亚层 CaCO_3 相当物均 $\geq 10 \text{ g kg}^{-1}$,用1:3盐酸处理均有强或极强的泡沫反应,因此认为供试剖面均具有石灰性。

3.3 供试土壤的系统分类归属

根据上述检索出的诊断依据,按照文献[27]对供试剖面系统分类的高级类别进行检索,将8个供试剖面划分为雏形土和干旱土2个土纲,干润雏形土、正常干旱土2个亚纲,筒育干润雏形土和筒育正常干旱土2个土类,普通筒育干润雏形土、钠质筒育正常干旱土2个亚类。

依据文献[26]中划分土族与土系的鉴别特

征,进一步划分供试土壤系统分类基层分类单元归属——土族与土系。供试剖面控制层段内的土族颗粒大小级别除1号剖面为砂质外,其余剖面均为壤质。8个供试剖面的矿物学类型分为长石混合型和硅质混合型(表5),石灰性和酸碱反应类别均属于石灰性。供试样点土壤的年均土壤温度均介于9~16℃,属于温性土壤温度等级。综上所述,主要依据土族控制层段内土壤颗粒大小级别、不同颗粒级别的土壤矿物组成类型等的不同将8个供试剖面划分为5个不同的土族。按照土系划分选用的土壤性质差别和划分标准,将5个土族进一步划分为5个土系,如表6所示。考虑到宁夏地区村庄搬迁、流动频繁的实际情况,为方便划分土系的后续应用,在命名时尽量不以村庄来命名,主要以乡镇名称进行命名。

3.4 供试土壤在不同分类系统中的分类参比

目前,我国的土壤分类工作依然处于定量的系统分类与定性的发生分类并存的阶段^[2],土壤系统分类是现阶段从事土壤科研、教学的基础,然而已有的大量的土壤资料是在土壤发生分类的基础上积累起来的^[3],虽然定量化的系统分类是土壤分

表6 供试土壤的系统分类高级类别

Table 6 High-level categories of the studied soil sprofile in the Chinese Soil Taxonomy

剖面编号 Profile No.	中国土壤系统分类CST		
	亚类 Subgroup	土族 Soil families	土系 Soil series
1	普通筒育干润雏形土 ^①	砂质硅质混合型石灰性温性—普通筒育干润雏形土 Sandysilica mixturecalcareous mesic-TypicHapli-Ustic Cambosols	青山系 Qingshanseries
2	普通筒育干润雏形土 ^①	壤质硅质混合型石灰性温性—普通筒育干润雏形土 Loamysilica mixturecalcareous mesic-TypicHapli-Ustic Cambosols	马家滩系 Majiatanseries
3	钠质筒育正常干旱土 ^②	壤质长石混合型石灰性温性—钠质筒育正常干旱土 Loamyfeldspar mixturecalcareous mesic-Sodic Hapli- OrthicAridosols	大战场系 Dazhanchangseries
4	钠质筒育正常干旱土 ^②	壤质硅质混合型石灰性温性—钠质筒育正常干旱土 Loamysilica mixturecalcareous mesic-Sodic Hapli- OrthicAridosols	蒿川系 Haochuanseries
5	普通筒育干润雏形土 ^①	壤质长石混合型石灰性温性—普通筒育干润雏形土 Loamyfeldspar mixturecalcareous mesic-TypicHapli-Ustic Cambosols	下马关系 Xiamaguan series
6	普通筒育干润雏形土 ^①	壤质长石混合型石灰性温性—普通筒育干润雏形土 Loamyfeldspar mixturecalcareous mesic-TypicHapli-Ustic Cambosols	下马关系 Xiamaguanseries
7	普通筒育干润雏形土 ^①	壤质长石混合型石灰性温性—普通筒育干润雏形土 Loamyfeldspar mixturecalcareous mesic-TypicHapli-Ustic Cambosols	下马关系 Xiamaguan series
8	普通筒育干润雏形土 ^①	壤质硅质混合型石灰性温性—普通筒育干润雏形土 Loamysilica mixture calcareous mesic-TypicHapli-Ustic Cambosols	马家滩系 Majiatan series

①TypicHapli-Ustic Cambosols, ②Sodic Hapli-OrthicAridosols

类的前进方向，但是定性的土壤发生分类在科研领域的影响根深蒂固。因此，土壤发生分类与系统分类的参比研究对于我国土壤科学的发展和科研成果

间的相互转化促进很大，现将8个供试土壤剖面在发生分类和中国土壤系统分类中的归属进行参比研究，如表7所示。

表7 供试剖面土壤发生分类与系统分类的参比结果

Table 7 Reference of the studied soil profiles between CST and CSGC

剖面编号 Profile No.	中国土壤发生分类CSGC		中国土壤系统分类 CST	
	土类 Group	亚类 Subgroup	土类 Group	亚类 Subgroup
1	灰钙土 Sierozems	灰钙土 Sierozems	筒育干润锥形土 Hapli-Ustic Cambosols	普通筒育干润锥形土 Typic Hapli-Ustic Cambosols
2	灰钙土 Sierozems	灰钙土 Sierozems	筒育干润锥形土 Hapli-Ustic Cambosols	普通筒育干润锥形土 Typic Hapli-Ustic Cambosols
3	灰钙土 Sierozems	淡灰钙土 Light Sierozems	筒育正常干旱土 Hapli-Orthic Aridosols	钠质筒育正常干旱土 Sodic Hapli-Orthic Aridosols
4	灰钙土 Sierozems	灰钙土 Sierozems	筒育正常干旱土 Hapli-Orthic Aridosols	钠质筒育正常干旱土 Sodic Hapli-Orthic Aridosols
5	灰钙土 Sierozems	灰钙土 Sierozems	筒育干润锥形土 Hapli-Ustic Cambosols	普通筒育干润锥形土 Typic Hapli-Ustic Cambosols
6	灰钙土 Sierozems	灰钙土 Sierozems	筒育干润锥形土 Hapli-Ustic Cambosols	普通筒育干润锥形土 Typic Hapli-Ustic Cambosols
7	灰钙土 Sierozems	灰钙土 Sierozems	筒育干润锥形土 Hapli-Ustic Cambosols	普通筒育干润锥形土 Typic Hapli-Ustic Cambosols
8	灰钙土 Sierozems	灰钙土 Sierozems	筒育干润锥形土 Hapli-Ustic Cambosolss	普通筒育干润锥形土 Typic Hapli-Ustic Cambosols

根据剖面形态特征、理化性质，诊断层和诊断特性的鉴定，可知8个供试土壤剖面在发育特性、剖面形态和理化性质上存在一定的差异。应用土壤发生分类可将供试土壤剖面划分为灰钙土土类和灰钙土、淡灰钙土亚类，结合表2~表4的数据分析可知，发生分类将形态、性质各异的供试剖面归属为同一土类、同一亚类，若应用中国土壤系统分类体系可将8个供试剖面划分为筒育干润锥形土和筒育正常干旱土2个土类和普通筒育干润锥形土和钠质筒育正常干旱土2个亚类，系统分类则将性质不同的土壤归属为不同的土类和亚类；由上述参比研究可知，发生分类和系统分类的参比结果不是简单一对一的关系，系统分类中不同的土类、亚类可对应发生分类中相同的土类、亚类。表明系统分类定量化的分类指标可使土壤分类更加量化，减少了同名异土情况的发生，在一定程度上提高了分类的准确性。

4 讨论

4.1 宁夏中部典型灰钙土的发育特性

作为一种典型的过渡土壤，灰钙土分布在宁夏中部黑垆土向灰漠土过渡的地区^[31]，在气候、母质、地形等五大成土因素作用下，呈现出不同的剖面形态特征。上述灰钙土样点土壤的成土母质主要是黄土或黄土状母质，地貌上多为山地和丘陵，植被减弱，主要是草本、半灌木等荒漠草原植被^[15]，因而所能够提供的土壤有机质来源较少。结合表2~表4的数据分析可知，供试样点均有一定程度的腐殖质积累，但腐殖化过程较弱、腐殖质层薄，一般厚为20~30 cm，土体颜色均匀且较浅、以黄棕色为主；受气候条件的影响，供试土壤有微弱的淋溶作用，母质中的碳酸钙随土壤水运动，又伴随土壤水的蒸发而淀积，淀积部位比较高，多个土壤剖面出现在土深30 cm左右，土体内可见明显的碳

酸钙假菌丝体；部分剖面土表有黑色的孔状干旱结皮，覆盖面积较大，这与气候条件、地衣和苔藓的生物条件以及碳酸钙胶结的化学条件^[12]等密不可分。综上所述，灰钙土发生的主要成土过程是弱腐殖质积累过程、弱淋溶淀积过程。

4.2 典型灰钙土黏化B层的判断与否

通过表3数据分析可知，5、6、8号供试剖面中的B层土壤黏化率大于1.3，按照文献[27]符合诊断表层中黏化层的拟定标准。结合剖面形态特征分析，5、6、8号供试剖面存在弱淋溶过程，但土体中未形成黏粒胶膜，不符合淋溶黏化过程，其次剖面特征也不符合残积黏化过程。此外，供试剖面的成土母质主要是黄土或黄土状母质，排除异源母质对土壤黏化率的影响，因此笔者推断灰钙土剖面土壤黏化率大于1.3的这种情况，可能是因为其一研究区降雨量少、蒸发量大，土壤未完全脱盐、脱钙，有一定的胶结作用；其二可能是与干旱气候条件下土壤颗粒的机械迁移有关，不符合黏化层的发育机制和黏化过程发生的条件，因此未鉴定有黏化层的存在和黏化过程的发生。

4.3 土壤水分与土壤温度状况

上文提到，研究区因缺少土壤水分资料，因此本研究采用植被、景观或气候资料结合干燥度指数估测土壤水分状况的方法。使用气候资料结合干燥度指数对土壤水分状况进行估测时，虽然Penman法精度较高，但计算所需的气象数据不足，而孟猛等^[17]、张煜星^[32]的研究也表明谢氏干燥度与Peman干燥度等值线基本接近。因此本文采用修正的谢良尼诺夫公式来估算土壤水分状况，通过处理研究区的气象资料计算干燥度指数即 $K=0.16 \times (\text{全年} \geq 10^\circ\text{C} \text{积温} / \text{全年} \geq 10^\circ\text{C} \text{期间的降水量})$ ，经计算研究区谢氏干燥度的范围为1.62~2.89，依据文献[27]进行土壤水分状况的检索，鉴定研究区样点均属于半干润土壤水分状况。而3、4号供试剖面土表发育有地衣、苔藓共生形成的干旱结皮，满足干旱表层的检索标准，依据植被和景观状况推测土壤水分状况为干旱土壤水分状况。这与计算结果不相符，而检索标准也未做出具体规定，出于研究区范围较大，采用气候资料结合干燥度指数对土壤水分状况进行估测时可能发生与实际土壤发育的水分状况不符的情况，因此本文在研究中优先采用土壤发育的植被和景观推断法。

土壤温度状况是指土表下50 cm深度处或浅于

50 cm的石质或准石质接触面处的土壤温度。中国土壤系统分类课题组推荐使用公式：年均土壤温度（50 cm）=年均土壤温度（40 cm）+ [年均土壤温度（80 cm）-年均土壤温度（40 cm）] / 4，来估算土壤温度状况。但是基于宁夏各气象站点缺乏土壤温度状况的实测数据，仅少数年份获取了0 cm地温的实际情况，因此本研究在估算土壤温度状况时采用冯学民和蔡德利^[28]建立的全国范围年均气温与年均土壤温度的回归方程，对研究区的50 cm深年均土温进行估算，结果为11.41~12.69℃，但大部分站点估算的50 cm深年均土温的数值较实测的0 cm年均地温数值高，与土体实际相悖。若采用曹祥会等^[30]在河北省建立的年均气温与年均土温的回归方程进行估算，估算结果较冯学民和蔡德利^[28]建立的回归方程，更符合研究区域土体的实际情况。宁夏地区缺乏气象和土温资料，也仅能依据其他学者的研究资料进行推断土壤温度状况。

4.4 盐基饱和度、钠质特性等检索指标的修订建议

检索供试土壤高级分类单元时，笔者发现检索土壤盐基饱和度、钠质特性等指标时土壤系统分类检索中仅提供了适用醋酸铵浸提法测试结果的检索标准，而宁夏地处我国西北，土壤以碱性或石灰性土壤为主，测试土壤盐基饱和度、阳离子交换量等一系列相关指标时，若采用醋酸铵浸提法则会因碳酸盐的大量存在导致测试结果偏大，因此在测试过程中需要用氯化铵代替醋酸铵浸提，但文献[27]中提供的检索指标仅针对醋酸铵浸提法并未对氯化铵浸提法测试的盐基饱和度、钠质特性等作出具体规定，因此建议完善指标的检索依据。

5 结论

综合上文的分析，可知作为宁夏中部地区典型的地带性土壤，灰钙土发生的主要成土过程是弱腐殖质积累过程、弱淋溶淀积过程。8个供试剖面检索出代表性的诊断依据包括淡薄表层、干旱表层、锥形层、钙磐等诊断层，黄土和黄土状沉积物岩性特征、半干润/干旱土壤水分状况、温性土壤温度状况、钠质特性、石灰性等诊断特性和钙积诊断现象等。依据《中国土壤系统分类检索（第三版）》，可将8个供试样点初步归属为锥形土、干旱土2个土纲，干润锥形土、正常干旱土2个亚纲，筒育干润锥形土和筒育正常干旱土2个土类，普通

简育干润雏形土、钠质简育正常干旱土2个亚类。依据《中国土壤系统分类土族与土系划分标准》将典型剖面按照土族控制层段内土壤颗粒大小级别、土壤矿物学类型的不同初步建立5个土族, 续分为5个土系。参比研究表明, 灰钙土在土壤发生分类和系统分类中的分类类别不是简单一对一的关系, 发生分类中相同的类别可对应系统分类中不同的类别, 系统分类量化的分类指标使分类更加量化, 减少了同名异土情况的发生, 在一定程度上提高了分类的准确性。

参考文献

- [1] 胡宏祥, 於忠祥, 汪景宽, 等. 2种土壤分类体系的比较及其展望. 安徽农业科学, 2002, 30 (5) : 670—672
Hu H X, Yu Z X, Wang J K, et al. Comparison of two kinds of soil classification systems and the prospects of soil classification (In Chinese). Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2002, 30 (5) : 670—672
- [2] 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
- [3] 龚子同, 陈志诚, 骆国保, 等. 不同尺度的中国土壤系统分类参比. 土壤, 2004, 36 (6) : 584—595
Gong Z T, Chen Z C, Luo G B, et al. Classification of soils in different scales in China (In Chinese). Soils, 2004, 36 (6) : 584—595
- [4] 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
- [5] 雷学成, 潘剑君, 黄礼辉, 等. 土系划分方法研究——以江苏省新沂样区为例. 土壤, 2012, 44 (2) : 319—325
Lei X C, Pan J J, Huang L H, et al. Research on soil classification in Xinyi County, Jiangsu Province as an example (In Chinese). Soils, 2012, 44 (2) : 319—325
- [6] 王虹, 黄标, 孙维侠, 等. 江苏省如皋市土系及其生产性能和生态环境特征. 土壤学报, 2012, 49 (5) : 862—874
Wang H, Huang B, Sun W X, et al. Soil series of Rugao Country, Jiangsu and their productivity and eco-environmental characteristics (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2012, 49 (5) : 862—874
- [7] 鞠兵, 吴克宁, 李玲, 等. 河南省土壤系统分类中典型土系简介. 土壤通报, 2015, 46 (1) : 4—13
Ju B, Wu K N, Li L, et al. Description of typical soil series of soil taxonomy in Henan Province (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 2015, 46 (1) : 4—13
- [8] 鞠兵, 吴克宁, 李玲, 等. 河南省典型土系的特定土层特征与分类研究. 土壤学报, 2016, 53 (1) : 48—57
Ju B, Wu K N, Li L, et al. Characteristic horizons and classification of soil series typical of Henan Province (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2016, 53 (1) : 48—57
- [9] 蔡崇法, 胡泳海, 王庆云. 武汉市典型地区土系的研究. 土壤通报, 2001, 32 (2) : 49—52
Cai C F, Hu Y H, Wang Q Y. Research on soil series in the typical area of Wuhan City (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 2001, 32 (2) : 49—52
- [10] 安红艳, 龙怀玉, 张认连, 等. 冀北山地5个土壤发生学分类代表性剖面在系统分类中的归属研究. 河北农业大学学报, 2012, 25 (4) : 26—32
An H Y, Long H Y, Zhang R L, et al. The belonging of 5 representative genetic soil profiles in the North of Hebei in Chinese Soil Taxonomy (In Chinese). Journal of Agricultural University of Hebei, 2012, 25 (4) : 26—32
- [11] 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
- [12] 胡双熙, 张维祥, 张建明, 等. 青甘宁地区灰钙土的成土特点. 兰州大学学报, 1990, 26 (3) : 127—136
Hu S X, Zhang W X, Zhang J M, et al. The distribution and soil-forming characteristics of sierozem in Qinghai and Gansu Provinces and Ningxia Autonomous Region of China (In Chinese). Journal of Lanzhou University, 1990, 26 (3) : 127—136
- [13] 张凤荣. 土壤地理学. 北京: 中国农业出版社, 2001
Zhang F R. Soil geography (In Chinese). Beijing: China Agriculture Press, 2001
- [14] 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

- [15] 王吉智. 灰钙土与棕钙土的比较, 兼论宁夏中北部的地带性土壤. 宁夏农业科技, 1986 (6): 23—26
Wang J Z. The comparison between sierozems and brown calcic soils, and the zonal soils in the north-central part of Ningxia (In Chinese). Ningxia Agricultural Science and Technology, 1986 (6): 23—26
- [16] 金国柱, 马玉兰. 宁夏淡灰钙土的开发和利用. 干旱区研究, 2000, 17 (3): 59—63
Jin G Z, Ma Y L. Development and utilization of light sierozem in Ningxia (In Chinese). Arid Zone Research, 2000, 17 (3): 59—63
- [17] 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
- [18] 杨琳, 朱阿兴, 秦承志, 等. 一种基于样点代表性等级的土壤采样设计方法. 土壤学报, 2011, 48 (5): 938—946
Yang L, Zhu A X, Qin C Z, et al. A soil sampling method based on representative grade of sampling points (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2011, 48 (5): 938—946
- [19] 张甘霖, 龚子同, 等. 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, et al. Soil survey laboratory methods (In Chinese). Beijing: Science Press, 2012
- [20] 鲍士旦. 土壤农化分析. 北京: 中国农业出版社, 2000
Bao S D. Soil agrochemistry analysis (In Chinese). Beijing: China Agriculture Press, 2000
- [21] 龚子同, 雷文进, 陈鸿昭. 中国的干旱土. 干旱区研究, 1988 (2): 1—9
Gong Z T, Lei W J, Chen H Z. Arid soils of China (In Chinese). Arid Zone Research, 1988 (2): 1—9
- [22] 俞震豫. 粘化作用及其在土壤分类中的意义. 土壤通报, 1985, 16 (4): 164—168
Yu Z Y. The role of viscosity and its significance in soil classification (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 1985, 16 (4): 164—168
- [23] 李菊梅, 王朝辉, 李生秀. 有机质、全氮和可矿化氮在反映土壤供氮能力方面的意义. 土壤学报, 2003, 40 (2): 232—238
Li J M, Wang Z H, Li S X. Significance of soil organic matter, total N and mineralizable nitrogen in reflecting soil N supplying capacity (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2003, 40 (2): 232—238
- [24] 张春华, 王宗明, 居为民, 等. 松嫩平原玉米带土壤碳氮比的时空变异特征. 环境科学, 2011, 32 (5): 1407—1414
Zhang C H, Wang Z M, Ju W M, et al. Spatial and temporal variability of soil C/N ratio in Songnen Plain Maize Belt (In Chinese). Environmental Science, 2011, 32 (5): 1407—1414
- [25] 李小虎, 张新虎, 郑朋, 等. 土壤矿物学研究综述. 甘肃地质学报, 2003, 12 (1): 37—42
Li X H, Zhang X H, Zheng P, et al. Advance on the research of soil mineralogy (In Chinese). Acta Geologica Gansu, 2003, 12 (1): 37—42
- [26] 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): 827—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): 827—834
- [27] 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, CAS. Keys to Chinese Soil Taxonomic Classification (In Chinese). 3rd ed. Hefei: University of Science and Technology of China Press, 2001
- [28] 冯学民, 蔡德利. 土壤温度与气温及纬度和海拔关系的研究. 土壤学报, 2004, 41 (3): 489—491
Feng X M, Cai D L. Soil temperature in relation to air temperature, altitude and latitude (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2004, 41 (3): 489—491
- [29] 董宇博, 陆晓辉, 王济. 贵州省土壤温度状况估算. 地球与环境, 2016, 44 (2): 243—247
Dong Y B, Lu X H, Wang J. Prediction of soil temperatures in Guizhou Province, China (In Chinese). Earth and Environment, 2016, 44 (2): 243—247
- [30] 曹祥会, 雷秋良, 龙怀玉, 等. 河北省土壤温度与干湿状况的时空变化特征. 土壤学报, 2015, 52 (3): 528—537
Cao X H, Lei Q L, Long H Y, et al. Spatio-temporal variation of soil temperature and soil moisture regime in Hebei Province (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2015, 52 (3): 528—537
- [31] 王吉智. 兰、宁、内蒙地区的灰钙土及棕钙土. 土壤通报, 1987, 18 (6): 248—251
Wang J Z. Sierozems and brown calcic soils in Lanzhou, Ningxia and Neimeng (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 1987, 18 (6): 248—251
- [32] 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

Genetic Characteristics and Classification of Typical Sierozem in Central Ningxia, China

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 explore genetic characteristics and ascription in the Chinese Soil Taxonomy of sierozem, a zonal soil typical of Central Ningxia, 8 representative soil profiles were dug for examination and analysis in the study area. 【Method】 Firstly, sites for the eight soil profiles were defined with the aid of Arcgis 9.3 and GPS; profiles dug out for examination, description and characterization; and then soil samples collected from each soil layer of the profiles for analysis of physicochemical properties. 【Result】 From morphological characterization of the soil profiles and analyses of the soil samples, it was learnt that the main soil forming processes of the typical sierozem involved weak humus accumulation process, and weak eluviation-illuviation processes. By referring to and identification in line with “the Keys to the Chinese Soil Taxonomy (third Edition)”, it was found that the eight profiles had the following diagnostic horizons and characteristics, ochric epipedon, aridic epipedon, calcipan, loess and loess-like deposits, ustic/aridic soil moisture regime, mesic temperature regime, sodic feature and calcareous property, and calcic accumulation. In the Chinese Soil Taxonomy, the 8 soil profiles could tentatively be sorted into the soil order of Cambosols and Aridosols, the soil group of Hapli-Ustic Cambosols and Hapli-Orthic Aridosols, and the subgroup of Typic Hapli-Ustic Cambosols and Sodic Hapli-Orthic Aridosols. According to the standard for classification of soil families and soil series in the Chinese Soil Taxonomy, the 8 soil profiles could tentatively be sorted into five soil families, i.e. Sandysilica mixture calcareous mesic-Typic Hapli-Ustic Cambosols, Loamysilica mixture calcareous mesic-Typic Hapli-Ustic Cambosols, Loamy feldspar mixture calcareous mesic-Sodic Hapli-Orthic Aridosols, Loamysilica mixture calcareous mesic-Sodic Hapli-Orthic Aridosols and Loamy feldspar mixture calcareous mesic-Typic Hapli-Ustic Cambosols, and five soil series, i.e. Qingshan series, Majiatan series, Dazhanchang series, Haochuan series and Xiamaguan series. 【Conclusion】 The reference studies of the eight 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. While the same types of soil in the Genetic Classification System may correspond with several type in the Chinese Soil Taxonomy. The quantitative norms in the Chinese Soil Taxonomy make soil classification more quantified, thus improving the accuracy of soil classification and eliminating the phenomena of different soils having the same soil name.

Key words Central Ningxia; Sierozem; Diagnostic horizons and characteristics; Chinese Soil Taxonomy; Genetic Classification; Reference research

(责任编辑：檀满枝)