

承德市坝上高原典型土壤的系统分类研究*

安红艳¹ 龙怀玉^{1†} 刘颖¹ 穆真¹ 雷秋良¹ 高琳² 李军³

(1 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

(2 韶关学院, 广东韶关 512005)

(3 湖南农业大学, 长沙 410128)

摘要 中国土壤分类尚处于发生分类占主体、系统分类快速发展的并用阶段。为了解承德市坝上高原典型土壤在中国土壤系统分类中的归属, 本文在该区域钙质土、灰色森林土、黑土等发生分类土壤类型区, 选取 8 个具有典型代表性的土壤剖面, 进行土壤形成条件调查, 并分层取样进行理化性状分析。结果发现: (1) 8 个土壤剖面具有的诊断表层有: 有机表层、暗沃表层、淡薄表层; 诊断下层有: 钙积层、雏形层; 诊断特性有: 半干润土壤水分状况、湿润土壤水分状况、滞水土壤水分状况、潮湿土壤水分状况、冷性土壤温度状况、纤维有机土壤物质、半腐土壤有机物质、潜育特征、氧化还原特征、盐基饱和度。(2) 按照《中国土壤系统分类检索(第 3 版)》, 8 个土壤剖面归属为 3 个土纲(雏形土、有机土、新成土) 4 个亚纲、5 个土类、6 个亚类。按照《中国土壤分类系统》, 8 个土壤剖面归属为 5 个土纲、6 个亚纲、7 个土类、8 个亚类。(3) 8 个土壤剖面在发生分类与系统分类中发生分异的分类级别存在明显差异, 两种分类体系的不同分类级别之间关系较为复杂, 并不呈简单的、一对一的对应关系。

关键词 土壤; 诊断层; 诊断特性; 系统分类; 坝上高原**中图分类号** S155.1 **文献标识码** A

土壤分类是土壤科学水平的反映, 是土壤信息交流的媒介, 是因地制宜推广农业技术的依据^[1]。随着土壤学研究的深入和研究方法的进步, 土壤分类也在不断发展。自 1975 年美国《土壤系统分类》一书发表后, 土壤分类进入了定量化的阶段^[2]。以诊断层、诊断特性为基础, 定量化为特点的诊断分类已成为国际土壤分类的主流, 定量化、标准化和统一化已成为国际土壤分类发展的大趋势^[3]。我国也基本上建立了与我国国情相符合的中国土壤系统分类体系^[4-5], 并在全国各地积极推广应用中。目前, 我国华东^[1,6-8]、华南^[9-10]、西南^[11-12]、东北^[13-14]等地区的土壤系统分类研究均已取得了一些进展, 而且部分地区已经开展了基层分类研究, 如吸取国外经验结合中国实际所编写的《土系研究与制图表达》、《浙江省土系概要》^[15]以及近期出版的《海南省土系概要》^[16]等反映了这方面的成果。这充分说明中国土壤系统分类正在逐渐上升为一种主流土壤分类。

承德市坝上高原位于河北省北部, 是内蒙古高原向冀北山地的过渡带, 生物气候条件复杂, 土壤类型多样, 但很少看到有关该地区土壤系统分类的

研究文献。因此, 本文在前人研究的基础上, 以《中国土壤系统分类——理论·方法·实践》^[4]和《中国土壤系统分类检索(第 3 版)》^[5]为指南, 对承德市坝上高原典型土类进行系统分类研究, 旨在为丰富和完善我国土壤系统分类提供科学依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

承德市坝上高原地处坝上高原与冀北山地的结合部, 行政区划包括丰宁县、围场县北部的 10 个乡镇、6 个营牧场、3 个营林场, 西部与张家口地区坝上接壤, 东北与内蒙古自治区毗邻, 总面积 57.1 万 hm^2 。坝上高原海拔 1 200 ~ 1 800 多米不等, 其间分布着湖淖、滩地和岗梁, 地形特点是两头高, 中间低, 东北部地势高, 向西南至御道口、后沟、外沟门等地的地势低, 到西南地势较高, 高者多在 1 500 m 以上, 低者多在 1 000 m 以上。承德市坝上高原年降水量 400 ~ 470 mm, 干燥度 1.3 ~ 1.5, 降水集中于夏季, 6 ~ 8 月降水量为 280 ~ 310 mm, 雨

* 国家科技部基础性工作专项重点项目(2008FY110600)资助

† 通讯作者, E-mail: hylong@caas.ac.cn

作者简介: 安红艳(1985—), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为土壤地理学。E-mail: anny_h_y@163.com

收稿日期: 2012-05-15; 收到修改稿日期: 2012-12-21

量分布东多西少,属半湿润区。坝上风多风大,以冬春的西北和偏西风为最,频率占 82%,年大风日数 70 d 左右,一般风速 3.7 ~ 5.5 m s⁻¹,最大风速 24 m s⁻¹。坝上长期受大陆气团影响,气温较低,承德坝上年均温为 -0.3℃ ~ 4.0℃,1 月平均气温约 -12.5℃,7 月平均气温约 21.2℃,坝上低于 0℃ 的时间约 5 个月,≥0℃ 积温 2 100 ~ 2 800℃,无霜期 70 ~ 120 d,全年平均日照时数 2 600 ~ 3 000 h。承德市坝上高原由于水分条件较好,植被以草甸草原为主,也有森林草原分布,代表性草原植物有羊草 (*Ancurolopidium chinense*)、贝加尔针茅 (*Stipa bicalensis*)、线叶菊 (*Filifolium sibiricum*),森林草原地区自然植被以华北落叶松 (*Larix principis-rupprechtii*)、白桦 (*Betula platyphylla Suk*)、云杉 (*Picea asperata*)、杨树 (*Populus davidiana*) 等为主,混有樟子

松 (*Mongolica Litv*),林下草类主要有苔草 (*Carex tristachya*)、柴胡 (*Radix bupleuri*)、冷蒿 (*Artemisia frigida*)、百里香 (*Thymus mongolicus*)、萎陵草 (*Potentilla aiscolor Bunge*) 等。土壤母质主要为花岗岩、玄武岩、流纹岩等的残积坡积物、黄土状母质和风积沙等^[17-18]。

1.2 研究方法

在第二次土壤普查形成的丰宁县⁽¹⁾、围场县⁽²⁾ 1:10 万土壤图上,结合河北省地形图(1:25 万),选取地带性土壤栗钙土、黑土、灰色森林土及微域性土壤风沙土、草甸土、山地草甸土、沼泽土的代表性图斑,根据二次土壤普查栗钙土、黑土、灰色森林土等土类的典型剖面的相对位置(土壤类型和地点一致)确定采样点。对每个土壤剖面进行详细的剖面观察描述,按发生学层次采集土壤样品,带回实验室进行理化分析,采样点环境状况见表 1。其中,土

表 1 剖面调查点的环境条件

Table 1 Environmental conditions of the soil profiles investigated

剖面 代号	剖面 地点	经纬度 Coordinates	海拔 Elevation (m)	地形 部位 Relief	坡度 Slope (°)	母岩 Parent rock	母质 Parent aterial	植被 类型 Vegetation
F-1	丰宁县大滩镇大老虎沟 Dalaohugou, Datan town, Fengning County	E116°05'05" N41°10'03"	1 495	丘陵下坡 Down slope of a hill	9.8	—	河流冲 积物 ^①	干草原 ^⑨
F-2	丰宁县大滩镇羊点 Yangdian, Datan town, Fengning County	E116°07'38.4" N41°22'08.2"	1 846	中山顶部 Mid-mountain top	10	花岗岩 Granite	残积物 ^②	山地草甸 ^⑩
F-3	丰宁县外沟门乡城子沟 Chengzigou, Waigoumen township, Fengning County	E116°46'24.2" N41°48'53.8"	1 460	中山中坡 Mid-slope of mid-mountain	24	花岗岩 Granite	残积物 坡积物 ^③	落叶阔叶林 榛子林、 矮草地 ^⑪
W-1	围场县御道口镇压代村 Yadai village, Yudaokou town, Weichang County	E117°02'34.1" N42°11'54.1"	1 301	滩地河道 Riverside flatland	2	—	河流冲 积物 ^④	草甸草原 ^⑫
W-2	围场县西龙头乡小拨 Xiaobo village, Xilongtou township, Weichang County	E116°56'27.1" N41°55'43.3"	1 048	沙丘顶 Sand dune top	15.5	—	风积沙 ^⑤	稀疏灌丛 ^⑬
W-3	围场县姜家店乡二间房 Erjianfang village, Jiangjiadian township Weichang County	E117°17'12.1" N42°24'0.4"	1 538	洼地 Depression	18	—	河流冲 积物 ^⑥	草甸草原 ^⑭
W-4	围场县姜家店乡木头土三号 Mutoutusanhao village, Jiangjiadian township Weichang County	E117°30'24.4" N42°30'19.7"	1 455	丘陵中坡 Mid-slope of a hill	9.3	玄武岩 Basalt	残积物 坡积物 ^⑦	落叶阔叶林 中草地 ^⑮
W-5	围场县哈里哈乡台子水 Taizishui, Haliha township, Weichang County	E117°28'34.6" N42°12'58.8"	1 319	丘陵冲积沟 Alluvial ditch between hills	7.8	安山岩 Andesite	洪积物 冲积物 ^⑧	草甸 灌丛矮林 ^⑯

注 Note: ① River alluvium; ② Residual deposit; ③ Residual deposit, Talus material; ④ River alluvium; ⑤ Aeolian sand; ⑥ River alluvium; ⑦ Residual deposit, Talus material; ⑧ Proluvium, Alluvium; ⑨ Steppe; ⑩ Mountain meadow; ⑪ Deciduous broad-leaved forest, Hazelnut forest, Short-grass; ⑫ Meadow steppe; ⑬ Sparse shrub; ⑭ Meadow steppe; ⑮ Deciduous broad-leaved forest, Middle grassland; ⑯ Meadow, Shrub-coppice

(1) 丰宁县经济开发办公室,丰宁县农业局. 丰宁县土壤志. 1984. Fengning Economic Development Office, Fengning County Agricultural Bureau. Fengning County soil collection (In Chinese). 1984

(2) 围场县志办公室,围场县农业局. 围场县土壤志. 1983. Weichang County Soil Collection Office, Weichang County Agricultural Bureau. Weichang County soil collection (In Chinese). 1983

续表

剖面 代号 Profile No.	深度 Depth (cm)	发生 层次 Horizon	颜色(润态) Color(moist)	水分状况 Moisture condition	土壤结构 Soil structure	斑纹 Mottling	斑纹边界 对比度 Mottling contrast	胶膜 物质 Cutanic feature	胶膜对 比度 Cutanic contrast	亚铁反应 Fe ²⁺ reaction	NaF 反应 NaF reaction
W-1	0~20	A _{ar}	7.5YR 2.5/1 黑 Black	湿 Wet	中发育团块 ^①	中量铁锰 锈斑 ^⑩	明显 ^⑫	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥
	20~50	A _{ari}	5YR 2.5/1 黑 Black	湿 Wet	中发育团块 ^①	中量铁锰 锈斑 ^⑩	明显 ^⑫	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥
	50~68	C(A _{ag})	GLE Y1 2.5/N 黑 Black	湿 Wet	无 ^⑥	少量铁锰 锈斑 ^⑨	明显 ^⑫	无 ^⑥	无 ^⑥	中 ^⑬	无 ^⑥
W-2	0~35	1CA	10YR 4/4 棕 Brown	干 Dry	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥
	35~145	2C	10YR 3/3 暗棕 Dark brown	润 Moist	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥
W-3	0~20	O	2.5Y 2.5/1 黑 Black	湿 Wet	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	弱 ^⑯	无 ^⑥
	20~35	A _{eg}	GLE Y1 2.5/N 黑 Black	湿 Wet	弱发育团块 ^②	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	强 ^⑰	无 ^⑥
	35~40	1C	2.5Y 5/3 黄棕 Yellowish brown	湿 Wet	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	强 ^⑰	无 ^⑥
	40~65	A _{ebg}	GLE Y1 2.5/N 黑 Black	湿 Wet	弱发育团块 ^②	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	强 ^⑰	无 ^⑥
	65~85	A _{abg}	GLE Y1 3/N 橄榄黑 Olive black	湿 Wet	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	强 ^⑰	无 ^⑥
W-4	0~30	A	10YR/3/2 黑棕 Black brown	润 Moist	中发育团粒 ^③	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥
	30~40	E _{hq}	2.5Y 5/3 黄棕 Yellowish brown	润 Moist	弱发育团粒 ^④	少量铁锰 斑纹 ^⑨	明显 ^⑫	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	弱 ^⑯
	40~70	E _w	2.5Y 6/3 浊黄 Dull yellow	润 Moist	弱发育团块 ^②	中量铁锰 斑纹 ^⑩	明显 ^⑫	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	中 ^⑮
	70~100	B _v	10YR 6/6 亮黄棕 Bright yellowish brown	润 Moist	弱发育团块 ^②	多量铁锰 斑纹 ^⑪	明显 ^⑫	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	中 ^⑮
W-5	0~20	A ₁	2.5Y 3/2 黑棕 Black brown	润 Moist	中发育团粒 ^③	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥
	20~30	A ₂	2.5Y 3/1 黑棕 Black brown	润 Moist	中发育团粒 ^③	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥
	30~60	C	2.5Y 4/2 暗灰黄 Dark grayish brown	干 Dry	鹅卵石 ^⑤	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥	无 ^⑥

注: ① Moderately developed blocky; ② Weakly developed blocky; ③ Moderately developed granular; ④ Weakly developed granular; ⑤ Cobblestone; ⑥ None; ⑦ Few pseudomycelium; ⑧ Common pseudomycelium; ⑨ Few rust spot and streak of Fe and Mn; ⑩ Common rust spot and streak of Fe and Mn; ⑪ Many rust spot and streak of Fe and Mn; ⑫ Distinct; ⑬ Common clay; ⑭ Strong; ⑮ Middle; ⑯ Weak

2.1.2 土壤容重及颗粒组成 由表 3 可知,除了 W-3 号剖面外,8 个土壤剖面表层容重范围为 $1.16 \sim 1.61 \text{ g cm}^{-3}$,底层容重范围为 $1.34 \sim 1.72 \text{ g cm}^{-3}$ 。其中 F-3 各土层容重较小,表层为 1.16 g cm^{-3} ,底层为 1.38 g cm^{-3} ;而 W-2 各层容重较大,表层为 1.61 g cm^{-3} ,母质层为 1.72 g cm^{-3} 。这说明研究区各土类土壤容重均随剖面深度增加而增加。

土壤质地以砂壤土、砂土及壤砂土为主,其中 F-1、W-1、W-2、W-5 号剖面砂粒含量较高,均在

500.0 g kg^{-1} 以上,而 W-2 号剖面表下层与上覆土层的黏化比将接近 1.2,这可能是由于黏粒随下渗水向下淋溶淀积,也可能是由于表层受到风蚀,使表层黏粒减少,相对地使得表下层黏粒含量较高。F-2、F-3、W-4 号剖面各层粉粒、黏粒含量较高,表层质地分别为黏壤土、黏壤土、壤土。8 个剖面中除 W-2、W-3 外,各土层粉粒/黏粒都大于 1,且随剖面深度的增加,各剖面粉粒/黏粒比值有增大趋势,说明坝上高原 8 个土壤剖面风化程度都不高,随剖面深度的增加风化程度降低。

表 3 土壤容重及颗粒组成

Table 3 Soil bulk density and particle composition

剖面代号 Profile No.	深度 Depth (cm)	容重 Bulk density (g kg^{-1})	颗粒组成 Particle-size composition(g kg^{-1})			质地 Soil texture	粉粒/黏粒 Silt/Clay	黏化比 Clay ratio
			2 ~ 0.05 mm	0.05 ~ 0.002 mm	< 0.002 mm			
F-1	0 ~ 30	1.47	637.8	203.1	129.6	砂壤土 ^①	1.57	1.00
	30 ~ 58	1.38	604.2	254.7	107.5	砂壤土 ^①	2.37	0.83
	58 ~ 90	1.54	607.5	208.0	110.3	砂壤土 ^①	1.89	0.85
	90 ~ 140	1.61	396.7	337.1	172.1	壤土 ^②	1.96	1.33
F-2	0 ~ 20	1.33	244.7	458.4	238.6	黏壤土 ^③	1.92	1.00
	20 ~ 40	1.50	376.2	480.7	221.4	黏壤土 ^③	2.17	0.93
F-3	0 ~ 35	1.16	298.9	442.9	202.6	黏壤土 ^③	2.19	1.00
	35 ~ 55	1.38	549.4	306.5	160.0	砂壤土 ^①	1.92	0.79
W-1	0 ~ 20	1.47	664.8	147.9	106.9	砂壤土 ^①	3.41	1.00
	20 ~ 50	1.58	773.8	118.5	86.6	砂土及壤砂土 ^④	3.36	0.81
	50 ~ 68	1.40	—	—	—	—	2.57	—
W-2	0 ~ 35	1.61	898.4	44.9	48.7	砂土及壤砂土 ^④	0.92	1.00
	35 ~ 145	1.72	884.3	56.6	58.2	砂土及壤砂土 ^④	0.97	1.19
W-3	0 ~ 20	—	—	—	—	—	—	—
	20 ~ 35	—	—	—	—	砂壤土 ^①	—	—
	35 ~ 40	—	—	—	—	砂土 ^⑤	—	—
	40 ~ 65	—	—	—	—	砂壤土 ^①	—	—
	65 ~ 85	—	—	—	—	砂土 ^⑤	—	—
W-4	0 ~ 30	1.20	406.8	343.9	188.5	壤土 ^②	1.82	1.00
	30 ~ 40	1.44	433.4	324.0	190.6	壤土 ^②	1.70	1.01
	40 ~ 70	1.56	540.6	289.4	143.6	砂壤土 ^①	2.02	0.76
	70 ~ 100	1.62	612.6	294.3	71.2	砂壤土 ^①	4.13	0.38
W-5	0 ~ 20	1.29	672.7	206.4	90.7	砂壤土 ^①	2.28	1.00
	20 ~ 30	1.34	670.2	211.7	84.9	砂壤土 ^①	2.49	0.94

注 Note: ①Sand loam; ②Loam; ③Clay loam; ④Sand or Loam sand; ⑤Sand

2.1.3 土壤化学性质 由表 4 可见,坝上高原典型土类之间土壤有机质积累存在很大差异。W-3 号剖面表层有机质高达 619.7 g kg^{-1} ,底层含量也高达 166.2 g kg^{-1} ,较其他剖面表层有机质含量还要高。F-2、F-3、W-1、W-4 号剖面表层有机质含量较高,均在 80.0 g kg^{-1} 以上,而表下层有机质含量在 57.5 g kg^{-1}

以下,有机质积累主要集中在表层。F-1、W-5 号剖面土壤表层有机质含量均在 38.9 g kg^{-1} 以上,有机质含量从表层向下逐渐减少。各剖面有机质的 Rh 值均小于 0.4,这说明各剖面有机质含量随剖面深度的增加以不同的方式减少,但从各土类 Rh 值来看,各土类有机质含量在整个剖面上未发生自上到下的陡减现象。

表 4 供试土壤的化学性质

Table 4 Soil chemical properties of the studied soil profiles

剖面 代号 Profile No.	深度 Depth (cm)	有机质 OM (g kg^{-1})	Rh	pH (H_2O)	CaCO_3 (g kg^{-1})	全氮 Total N (g kg^{-1})	C/N	交换性盐基				CEC (cmol kg^{-1})	盐基 饱和度 BS(%)	游离 氧化铁 Fe_d (g kg^{-1})
								Exchangeable base(cmol kg^{-1})						
								Ca^{2+} Mg^{2+}	K^+	Na^+	总量 Total			
F-1	0~30	38.9	0.33	7.87	3.0	1.31	17.24	16.55	0.25	0.09	16.89	17.46	96.7	8.15
	30~58	28.9		8.04	20.1	0.87	19.29	12.91	0.17	0.09	13.17	15.39	85.6	7.89
	58~90	18.1		8.28	66.1	0.61	17.13	11.64	0.13	0.09	11.86	11.89	99.8	7.14
	90~100	8.1		8.47	103.6	0.44	10.62	15.27	0.21	0.12	15.61	15.74	99.1	7.68
F-2	0~20	132.0	0.31	6.61	1.2	3.19	24.02	24.18	0.81	0.08	25.07	42.69	58.7	15.17
	20~40	33.6		6.47	1.2	0.90	21.55	11.64	0.26	0.09	11.98	20.45	58.6	—
F-3	0~35	81.6	0.28	7.77	—	2.11	22.43	26.55	0.38	0.12	27.05	31.39	86.1	12.80
	35~55	16.4		7.40	1.3	0.54	17.56	12.73	0.22	0.10	13.04	16.65	78.3	9.16
W-1	0~20	127.6	0.33	7.38	3.6	3.74	19.77	20.73	0.15	0.55	21.42	27.99	76.5	—
	20~50	57.5		7.17	0.5	0.68	49.12	11.64	0.10	0.11	11.85	12.81	92.6	—
W-2	0~35	10.0	0.12	7.36	0.8	0.58	9.96	1.09	0.10	0.05	1.25	4.37	28.5	3.79
	35~	19.7		7.25	0.7	0.41	27.93	2.18	0.13	0.06	2.37	5.59	42.3	4.91
W-3	0~20	619.7	0.23	5.30	—	11.76	30.58	15.27	0.89	0.50	16.66	32.12	51.9	—
	20~35	445.5		5.73	2.1	7.70	33.55	13.82	0.45	0.23	14.50	38.62	37.6	—
	35~40	166.2		5.45	0.6	3.16	30.53	7.27	0.25	0.15	7.67	19.71	38.9	—
	40~65	615.2		5.62	1.2	10.97	32.54	14.91	0.37	0.27	15.55	30.71	50.6	—
	65~85	365.3		5.93	0.8	4.61	45.94	10.73	0.18	0.10	11.01	24.49	44.9	—
W-4	0~30	80.0	0.38	5.97	0.9	1.65	28.06	16.55	0.32	0.19	17.05	27.14	62.8	9.43
	30~40	46.3		6.03	0.6	0.85	31.52	14.55	0.25	0.17	14.97	23.26	64.3	5.74
	40~70	24.1		5.94	0.4	0.49	28.79	7.82	0.16	0.17	8.15	14.88	54.8	6.99
	70~90	8.1		5.91	0.7	0.23	19.96	3.82	0.09	0.14	4.04	7.66	52.7	7.53
W-5	0~20	60.8	0.21	6.49	1.0	1.69	20.87	13.27	0.45	0.14	13.86	18.13	76.4	6.66
	20~30	52.7		6.51	0.7	1.35	22.70	11.82	0.26	0.14	12.21	17.74	68.8	6.67

由表 4 可知,各剖面均有碳酸钙存在,但 F-1 号剖面碳酸钙含量较高,各层含量均在 3.0 g kg^{-1} 以上,并且随剖面深度的增加而增加,出现了明显的钙积层。其他剖面 CaCO_3 含量较低,大多均在 1.0 g kg^{-1} 左右,碳酸钙含量有随剖面深度增加而减少的趋势。

研究区 8 个剖面 pH 在 5.30~8.47 之间,除了 F-1 号剖面为碱性反应外,其他多数剖面表现为中

性或微酸性反应。其中 F-1 号剖面 pH 在 8 左右,剖面上下层之间 pH 变化不大,但表现出随剖面深度的增加而增加的趋势,这可能是由于剖面中碳酸钙含量较高,在半干旱的气候条件下,碳酸钙向下淋溶淀积造成的。其他剖面 pH 均在 7.77 以下,有随剖面深度增加而减小的趋势。

该区各剖面之间 CEC 值变化较大,在 4.37~

42.69 cmol kg^{-1} 之间,土体发育程度较低的 W-2, CEC 值表层小于下层,其它土类 CEC 值均有随剖面深度增加而减少的趋势。这与有机质的剖面分布规律相一致,这说明有机质和黏粒含量对 CEC 含量有很大影响。8 个剖面中土壤交换性盐基组成均以 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 为主,以 Na^{+} 含量最低,不超过 0.55 cmol kg^{-1} ,盐基饱和度均较高,在 28.5% ~ 99.8% 之间。

从表 4 还可见,各土类中游离铁含量不高,均在 15.17 g kg^{-1} 以下,其中 W-2, W-4 号剖面游离氧化铁有随剖面深度增加而增加的趋势,说明游离氧化铁在剖面中发生了淋溶淀积。

2.2 土壤发生分类归属

按照《中国土壤分类系统》^[21],根据以上野外观测及物理化学指标的分析,8 个土壤剖面在发生分类中归属为 5 个土纲、6 个亚纲、7 个土类、8 个亚类,土纲分别是:钙层土、半水成土、半淋溶土、半水成土、初育土、水成土、半淋溶土、半水成土;亚纲分别是:半干旱钙层土、淡半水成土、半湿温半淋溶土、暗半水成土、土质初育土、矿质水成土、半湿温半淋溶土、暗半水成土;土类分别是:栗钙土、山地草甸土、灰色森林土、草甸土、固定风沙土、沼泽土、黑土、草甸土;亚类分别是:栗钙土、山地草原草甸土、灰色森林土、潜育性草甸土、草原固定风沙土、草甸沼泽土、黑土、草甸土。

2.3 土壤诊断层和诊断特性

诊断层和诊断特性是鉴别土壤类型和进行系统分类的依据,按照《中国土壤系统分类检索(第 3 版)》^[5],对 8 个剖面的各项指标进行检索,所得诊断层和诊断特性如下所示:

2.3.1 土壤诊断表层 (1)有机表层:W-3 号剖面表层经常被水饱和,表层水藓纤维按体积计 > 75%,表层厚度为 20 cm,且土壤有机质含量高,达 619.7 g kg^{-1} ,黏粒含量不高,属于有机表层。(2)暗沃表层:F-1、F-2、F-3、W-4、W-5 号剖面腐殖质层厚度为 20 ~ 30 cm,表层土壤润态明度和彩度均小于 3.5,表层有机质含量均在 38.9 g kg^{-1} 以上,土壤结构为团粒或团块状,土壤表层盐基饱和度均大于 50%,故属于暗沃表层。W-1 号剖面表层厚度为 50 cm,表层土壤湿态明度和彩度小于 3.5,有机质含量为 127.6 g kg^{-1} ,盐基饱和度大于 50%,土壤结构为团块,属于暗沃表层。(3)淡薄表层:W-2 号剖面表层有机质含量为 10.0 g kg^{-1} ,大于 6.0 g kg^{-1} ,但土壤表层颜色为 10YR 4/4,土壤润态明度和彩度

均大于 3.5,表层土壤盐基不饱和,为 28.5%,且 W-2 号剖面土壤结构发育较差,属于淡薄表层。

2.3.2 土壤诊断表下层 (1)钙积层:F-1 号剖面 B_k 层较厚,达 82 cm。野外可见结构体内外有大量假菌丝体,未形成胶结或硬结土层。经测定 B_k 层的平均 CaCO_3 含量为 84.9 g kg^{-1} ,较上覆土层高 64.8 g kg^{-1} ,且该土层平均黏粒含量为 141.2 g kg^{-1} ,小于 180 g kg^{-1} ,颗粒大小为砂质,符合钙积层的条件。(2)锥形层:风化成土过程中形成的无或基本上无物质淀积,未发生明显黏化,带棕、红棕、红、黄或紫等颜色,且有土壤结构发育的 B 层^[5]。8 个土壤剖面中 F-3、W-1、W-4 号剖面符合锥形层的鉴定指标。

2.3.3 土壤诊断特性 (1)纤维有机土壤物质:W-3 号剖面经常被水分饱和,0 ~ 20 cm 土层土壤搓碎后的纤维含量按体积计占 3/4 以上,将滤纸插入用饱和焦磷酸钠溶液与该土层土壤物质制成的泥浆中,显示的颜色为 5Y 8/2,符合纤维有机土壤物质条件。(2)半腐土壤有机物质:W-3 号剖面 20 ~ 35 cm 土层土壤搓碎后的纤维含量按体积计介于 1/6 ~ 3/4 之间,将滤纸插入用饱和焦磷酸钠溶液与该土层土壤物质制成的泥浆中,显示的颜色为 10YR6/4,颜色较暗,符合半腐土壤有机物质条件。(3)潜育特征:W-1 号剖面 50 ~ 68 cm 土层土壤颜色为 GLEY12.5/N,有少量锈纹锈斑和中等强度的亚铁反应,故认为其具有潜育特征。W-3 号剖面 20 cm 以下经常处于水分饱和状态,20 cm 以下土壤颜色为 GLEY 12.5/N 或 GLEY 13/N,无明显的锈纹锈斑,有强的亚铁反应(铁氰化钾反应),符合潜育特征的条件。(4)氧化还原特征:W-1 号剖面由于位于河流旁边,受地下水的季节性影响,0 ~ 50 cm 有中量明显的锈纹锈斑,具有氧化还原特征。W-4 号剖面受冻层的影响,在 40 cm 以下也有明显的锈纹锈斑,也具有氧化还原特征。(5)盐基饱和度:盐基饱和度是指吸收复合体 K、Na、Ca、Mg 的饱和程度,研究区 8 个土壤剖面中,W-2 号剖面、W-3 号剖面的表层以下土层盐基饱和度均小于 50%,属于盐基不饱和,其余层次和剖面的土壤为盐基饱和。(6)土壤温度状况:供试土壤地处中温带地区,坝上高原年均温较低,低于 8℃^[17,22]。根据温带地区土壤温度大约等于年均气温加 2℃的规律,可确定各剖面点在 50 cm 处或浅于 50 cm 处土壤温度状况级别^[23]。本文中各剖面所在地年均土温大于 0℃,小于 8℃,但夏季平均土温均大于 14℃^[22],符合冷性

土壤温度状况。(7)土壤水分状况:F-1、W-2号剖面年干燥度均小于3.5,均属于半湿润土壤水分状况。F-2号剖面是在高寒湿润、草甸植被下形成的山地土壤,位于山顶,海拔在1846m,降水主要集中于夏季,年干燥度为0.9~1.1,接近1.0,具有湿润土壤水分状况。F-3剖面是在温带半湿润森林草原下形成的土壤,海拔在1460m,其干燥度为0.9~1.1,接近于1.0,认为其具有湿润土壤水分状况。W-4号剖面是温带半湿润草甸草原下形成的土壤,其干燥度为0.9~1.0,野外观察发现,该剖面土体上部存在冻层,而土体下部存在氧化还原特征,故认为W-4号剖面具有滞水土壤水分状况。而W-1、W-3、W-5号剖面70%的土体被地下水饱和呈还原状态,属于潮湿土壤水分状况。

2.4 土壤系统分类归属

依据8个剖面诊断层和诊断特性的分析,按照《中国土壤系统分类检索(第3版)》^[5]对供试土壤进行了系统分类检索。研究发现,8个供试土壤剖面在中国土壤系统分类中归属于3个土纲、4个亚纲、5个土类、6个亚类,其中F-1为钙积暗沃干润锥形土,F-2为石质湿润正常新成土,F-3为暗沃冷凉湿润锥形土,W-1为普通湿润正常新成土,W-2为普通干润正常新成土,W-3为半腐纤维正常有机土,W-4为暗沃冷凉湿润锥形土,W-5为石质湿润正常新成土。

3 讨论

系统分类包括土纲、亚纲、土类、亚类四个高级分类单元和土族、土系两个基层分类单元,高级分类已经建立起了检索系统^[4,5],本文通过分析研究基本确定了承德市坝上高原典型土壤的高级分类名称。但是至今还没有全国统一的基层分类检索系统,即:各个亚类继续划分土族、土系的指标尚未确定,然而由于基层分类包含多种与生产应用密切相关的信息而显得非常重要。锥形土、新成土是承德市坝上高原的典型土壤类型,那么应该依据哪些指标划分该区土壤的土族、土系呢?

前人的研究表明土族主要是根据地区性成土因素或土地利用管理引起的土壤重要理化属性的分异进行续分,这些土壤属性不仅要相对稳定,而且要与植物生长也密切相关^[24]。据此,控制层段内的土壤颗粒大小级别、不同颗粒级别的土壤矿物组成类型、土壤温度状况、土壤酸碱性等可作为划分土族的指标,其中,颗粒大小、矿物组成、土壤温度

状况等作为划分土族的指标已经被普遍应用^[25]。承德坝上高原位于内蒙古高原的东南缘,年均气温较低,地形波状起伏,坝上高原中部主要由岗坡、滩地、湖泊组成,母质类型多样,受地形、母质、气温的影响,各土类的颗粒大小、矿物组成存在很大差异,是造成亚类内土壤分异的重要因素,因而它们可以作为划分土族的指标。此外,承德坝上高原有些锥形土控制层段内的土壤遇冷HCl冒气泡,呈石灰性,而有些没有石灰性,故认为石灰性也可以作为锥形土划分土族的依据。总体而言,承德坝上高原温度差异并不明显,从气温推算的土壤温度状况均属于冷性土壤温度,显然利用该指标无法对亚类进行区分,因此建议土壤温度状况不作为承德坝上高原土族、土系的划分指标。

前人研究表明,土系的划分主要是根据土体控制层段内特征土层的种类、厚度、排列、理化性状的相似程度^[25]。本研究中,各土壤类型的特征土层,除包括高级分类中有机表层、暗沃表层、淡薄表层、钙积层外,还包括既具有氧化还原特征又符合暗沃表层的斑纹腐殖质层、石砾层、氧化还原特征和潜育特征所在的土层(>10cm),这些特征土层的组合、厚度及上界所在的深度均可作为进一步细分的指标。其中,暗色腐殖质层是锥形土的一个重要土层,承德坝上高原腐殖质层厚度在20~50cm之间,故建议将腐殖质层分为薄层(<20cm)、中层(20~40cm)、厚层(>40cm)三类。砾石层也是坝上高原中山、丘陵地区土壤普遍存在的特征土层,主要位于剖面底部,根据该区土壤深度较浅、砾石含量较高的特点,认为砾石层应定义为:以2mm~10cm的石砾为主的土层,石砾的形状和大小不等,占容积50%以上,厚度>10cm。根据砾石层上界出现的深度分浅位(0~30cm)、中位(30~60cm)、深位(60~100cm)三个级别。钙积层是该区栗钙土的一个重要特征土层,钙积层一般出现在40cm以下,厚度20~50cm不等,因此,如果使用钙积层作为划分土系的指标,建议根据其上界出现的深度分为浅位(<50cm)、中位(50~100cm)、深位(>100cm),根据钙积层的厚度分为薄层(<20cm)、中层(20~50cm)、厚层(>50cm)三类。

综上所述,承德市坝上高原地区,可用于划分土壤基层分类的指标包括:颗粒大小、矿物类型、土壤石灰性、有机表层、暗沃表层、淡薄表层、钙积层、斑纹腐殖质层、石砾层、氧化还原特征和潜育特征所在的土层的排列、厚度及上界所在的土壤深度。

4 结 论

由于受气候、植被、地质地貌变异的影响,坝上高原 8 个土壤剖面的形成过程和剖面特征有各自的特点。但总体上坝上高原表层土壤结构发育较好,有机质含量较高,但土壤质地以砂壤土、砂土及壤砂土为主,游离铁含量较低,说明土壤风化程度不高。按照《中国土壤分类系统》,承德市坝上高原 8 个剖面可归属为 5 个土纲,即钙层土、半水成土、半淋溶土、初育土、水成土,6 个亚纲,7 个土类,8 个亚类。

按照《中国土壤系统分类检索(第 3 版)》进行检索,承德市坝上高原 8 个剖面可划为 3 个土纲分别为:雏形土、有机土、新成土;4 个亚纲分别为:干润雏形土、湿润雏形土、正常新成土、正常有机土;5 个土类分别为:暗沃干润雏形土、冷凉湿润雏形土、湿润正常新成土、干润正常新成土、纤维正常有机土;6 个亚类分别为:钙积暗沃干润雏形土、暗沃冷凉湿润雏形土、石质湿润正常新成土、普通湿润正常新成土、普通干润正常新成土、半腐纤维正常有机土。

8 个土壤剖面在两种分类体系中发生分异的分类级别存在差异,发生分类中不同的土类在系统分类中也可归为同一类别。这说明发生分类与系统分类之间的对应关系较为复杂,并不呈简单的、一对一的对应关系。承德市坝上高原地区,颗粒大小、矿物组成、石灰性可以作为划分土族的指标,而有机表层、暗沃表层、淡薄表层、钙积层、斑纹腐殖质层、石砾层等特征土层的排列、厚度及上界所在的土壤深度可作为进一步细分的指标。

参 考 文 献

[1] 慈恩,高明,于群英. 安徽省沿淮地区几种主要土壤诊断特性和系统分类研究. 土壤通报, 2005, 36(1): 19—22. Ci E, Gao M, Yu Q Y. Diagnostic characteristics and taxonomic classification of some main soils along Huaihe River region in Anhui Province (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 2005, 36(1): 19—22

[2] 龚子同,陈志诚,骆国保,等. 中国土壤系统分类参比. 土壤, 1999, 31(2): 57—63. Gong Z T, Chen Z C, Luo G B, et al. Reference to Chinese Soil Taxonomy Classification (In Chinese). Soils, 1999, 31(2): 57—63

[3] 郭琳娜,何忠俊,龙兴智,等. 玉龙雪山土壤发生特性及其系统分类研究. 广西农业科学, 2009, 40(9): 1177—1183. Guo L N, He Z J, Long X Z, et al. Genetic characteris-

tics and taxonomy of soil in the Yulong Snow Mountain (In Chinese). Guangxi Agricultural Sciences, 2009, 40(9): 1177—1183

- [4] 龚子同. 中国土壤系统分类—理论·方法·实践. 北京: 科学出版社, 1999: 23—28. Gong Z T. Chinese Soil Taxonomic Classification—Theory, method and practice (In Chinese). Beijing: Science Press, 1999: 23—28
- [5] 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(第 3 版). 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2001. Research Group and Cooperative Research Group on Chinese Soil Taxonomy. Index on Chinese Soil Taxonomy (third version) (In Chinese). Hefei: University of Science and Technology of China Press, 2001
- [6] 刘德辉,尹力初,刘友兆,等. 江苏省江宁县土壤系统分类中基层分类的研究. 南京农业大学学报, 2001, 24(2): 66—70. Liu D H, Yin L C, Liu Y Z, et al. Soil taxonomy at lower category in a typical area located at Jiangning County of Jiangsu Province (In Chinese). Journal of Nanjing Agricultural University, 2001, 24(2): 66—70
- [7] 李德成,张甘霖,龚子同. 我国砂姜黑土土种的系统分类归属研究. 土壤, 2011, 43(4): 623—629. Li D C, Zhang G L, Gong Z T. On taxonomy of Shajiang black soils in China (In Chinese). Soils, 2011, 43(4): 623—629
- [8] 陈健飞. 福建省土壤分类参比与土壤系统分类检索. 地球信息科学, 2002, 4(1): 66—70. Chen J F. Study on soil classification correlation and keys to soil taxonomical classification of Fujian Province (In Chinese). Geo-Information Science, 2002, 4(1): 66—70
- [9] 陈志诚,赵文君,龚子同. 海南岛土壤发生分类类型在系统分类中的归属. 土壤学报, 2003, 40(2): 171—177. Chen Z C, Zhao W J, Gong Z T. Correlation of soil taxa of Hainan Island between Chinese soil genetic classification and Chinese Soil Taxonomy (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2003, 40(2): 171—177
- [10] 黄玉溢,陈桂芬,刘斌,等. 广西猫儿山土壤形成特征及其系统分类. 中国农学通报, 2010, 26(11): 188—193. Huang Y Y, Chen G F, Liu B, et al. Formation characteristics and taxonomy of soils in Maoer Mountains in Guangxi (In Chinese). Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(11): 188—193
- [11] 何晓玲,尹林克,严成,等. 天山中部北麓丘陵地带土壤发生特性与系统分类. 土壤通报, 2006, 37(5): 833—836. He X L, Yin L K, Yan C, et al. Genetic characteristics and taxonomy of highland soil in the north front of the central Tianshan Mountain (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 2006, 37(5): 833—836
- [12] 夏建国,邓良基,张丽萍,等. 四川土壤系统分类初步研究. 四川农业大学学报, 2002, 20(2): 75—80. Xia J G, Deng L J, Zhang L P, et al. Study on soil taxonomy in Sichuan (In Chinese). Journal of Sichuan Agricultural University, 2002, 20(2): 75—80
- [13] 张伟娟,辛刚. 中国土壤系统分类及在大庆市的应用研究.

- 黑龙江八一农垦大学学报, 2009, 21(1): 12—14. Zhang W J, Xin G. Chinese soil taxonomy and the applied research in Daqing (In Chinese). Journal of Heilongjiang August First Land Reclamation University, 2009, 21(1): 12—14
- [14] 韩春兰, 王秋兵, 孙福军, 等. 辽宁朝阳地区第四纪古红土特性及系统分类研究. 土壤学报, 2010, 47(5): 836—846. Han C L, Wang Q B, Sun F J, et al. Properties and taxonomy of quaternary paleo-latosol-like soils in Chaoyang area Liaoning Province (in Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2010, 47(5): 836—846
- [15] 张保华, 何毓蓉. 中国土壤系统分类及其应用研究进展. 山东农业科学, 2005(4): 76—78. Zhang B H, He Y R. Soil phylogenetic classification and its application progress in China (In Chinese). Shandong Agricultural Sciences, 2005(4): 76—78
- [16] 龚子同, 张甘霖, 漆智平. 海南岛土系概论. 北京: 科学出版社, 2004. Gong Z T, Zhang G L, Qi Z P. Introduction of Hainan Island Soil Series(In Chinese). Beijing: Sciences Press, 2004
- [17] 李承绪, 丁鼎治, 杨思治, 等. 河北土壤. 河北: 河北省土壤普查办公室, 1989: 1—492. Li C X, Ding D Z, Yang S Z, et al. Hebei Province soil (In Chinese). Hebei: Hebei Province Soil General Survey Office, 1989: 1—492
- [18] 李盼威. 河北坝上高原与冀北山地交错带木本植物区系研究. 河北: 河北师范大学生命科学学院, 2006. Li P W. Study on the flora of woody plants and vegetation in the transition zone of Bashang Plateau and Jibei Mountainous region in Hebei (In Chinese). Hebei: College of Life Science, Hebei Normal University, 2006
- [19] 鲍士旦. 土壤农化分析. 北京: 中国农业出版社, 2000: 30—34. Bao S D. Soil agrochemistry analysis (In Chinese). Beijing: Chinese Agriculture Press, 2000: 30—34
- [20] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978: 136—140. Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences. Soil physical and chemical analysis (In Chinese). Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1978: 136—140
- [21] 全国土壤普查办公室. 中国土壤分类系统. 北京: 农业出版社, 1993: 1—145. Chinese Soil General Survey Office. Chinese soil classification system (In Chinese). Beijing: Agriculture Press, 1993: 1—145
- [22] 张树珊, 房利民, 李大林, 等. 塞罕坝气温变化规律的研究. 河北林果研究, 2003, 18(3): 231—233. Zhang S S, Fang L M, Li D L, et al. Studies on the temperature variation regularities in Saihanba area (In Chinese). Hebei Journal of Forestry and Orchard Research, 2003, 18(3): 231—233
- [23] 张凤荣, 王印传, 李红, 等. 北京百花山地区土系鉴定及其在不同土壤分类体系中的分类与制图参比. 山地学报, 2002, 20(2): 164—169. Zhang F R, Wang Y C, Li H, et al. The series identification and classification and mapping references based on different classification systems for soils in Baihuashan, Beijing region (In Chinese). Journal of Mountain Science, 2002, 20(2): 164—169
- [24] 武继承, 郑惠玲, 汪立刚, 等. 豫东平原开封样区土壤基层分类研究. 河南农业科学, 2002(12): 29—32. Wu J C, Zheng H L, Wang L G, et al. Study on soil series classification in Kaifeng plot area in the east of Henan Province (In Chinese). Henan Agricultural Sciences, 2002(12): 29—32
- [25] 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

TAXONOMIC CLASSIFICATION OF THE TYPICAL SOILS ON BASHANG PLATEAU OF CHENGDE

An Hongyan¹ Long Huaiyu^{1†} Liu Ying¹ Mu Zhen¹ Lei Qiuliang¹ Gao Lin² Li Jun³

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

(2 Shaoguan University, Shaoguan, Guangdong 512005, China)

(3 Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract Soil classification in China is still at its developing stage where the soil genetic classification system remains to be in dominance, while the Soil Taxonomy System is developing rapidly in China. In order to know how the typical soils on the Bashang Plateau in Chengde are classified in the Soil Taxonomy System, 8 typical soil profiles were collected in genetic soil regions, such as chestnut soil, grey forest soil, black soil, et al, and their soil forming environments were investigated, and then soil samples were taken from various soil layers of the soil profiles for analysis of physical and chemical properties. Results showed that (1) the diagnostic surface horizons of 8 soil profiles are Histic epipedon, Mollic epipedon and Ochric epipedon; the diagnostic subsurfaces are Calcic horizon and Cambic horizon; the diagnostic characteristics are Ustic soil moisture regime, Udic soil moisture regime, Stagnic soil moisture regime, Aquic soil moisture

regime, Frigid soil temperature regime, Fibric soil materials, Hemic soil materials, Gleyic features, Redox features and Base saturation. (2) Based on the “Key to the Chinese Soil Taxonomy (Third edition)”, the 8 soil profiles could be sorted into three Orders (Isohumosols, Histosols and Primosols), four Suborders, five Groups, and six Subgroups. However, based on the Genetic Soil Classification System, they fell into 5Orders, 6Suborders, 7Groups and 8Subgroups. (3) The differentiations of the classification of the 8 profiles between the two classification systems varied significantly with classification level, and the relationships between the various classification levels of CSGC and CST are complicated ones rather than the simple one-to-one type.

Key words Soil; Diagnostic horizon; Diagnostic characteristic; Soil taxonomy; Bashang plateau

(责任编辑:汪枳生)