

长白山山脉火山喷出物发育土壤的特性及系统分类研究*

韩春兰 顾欣燕 刘杨杨 李甄冀 者 王秋兵

(沈阳农业大学土地与环境学院, 农业部东北地区土壤与环境重点实验室, 辽宁省农业资源与环境重点实验室, 沈阳 110866)

摘要 以长白山、龙岗、宽甸火山喷出物发育土壤为研究对象, 对供试土壤形态特征进行描述, 并对其 pH、有机碳、磷酸盐吸持量、铁铝氧化物、火山玻璃等性质进行测定, 按照《中国土壤系统分类检索(第三版)》的原则和方法并结合美国《土壤系统分类检索》第 11 版, 讨论了土壤的诊断层、诊断特性, 并进行了分类检索。结果表明: 火山喷出物发育的土壤未必就是火山灰土。长白山天池火山锥顶部的土壤发育程度极弱, 属于新成土; 天池火山锥底部的土壤已经形成土壤结构体, 且具有火山灰特性, 属于火山灰土; 宽甸青椅山顶部土壤以及龙岗金龙顶子底部土壤均具有火山灰特性, 检索为火山灰土; 宽甸大川头底部土壤 0.02 ~ 2 mm 粒级含量未达到火山灰特性的要求, 但具有雏形层, 检索为雏形土。

关键词 火山喷出物; 诊断层; 诊断特性; 火山灰土; 土壤系统分类

中图分类号 S155.1 **文献标识码** A

美国农业部建立的以诊断层和诊断特性为基础、以定量化为特点的土壤系统分类引领着当今世界土壤分类的发展。1987 年, 美国在《土壤系统分类检索》第 3 版^[1]中首次提出火山灰特性的概念; 同年, 国际火山灰土分类委员会 (ICOMAND) 建议将火山灰土作为一个独立的土纲 (Andisols)^[2]; 1990 年, 美国在《土壤系统分类检索》第 4 版^[3]中设立了火山灰土土纲, 充分体现了火山灰土在土壤系统分类中的重要地位。

受美国土壤系统分类的影响, 1991 年出版的《中国土壤系统分类(首次方案)》即将火山灰土设为独立土纲^[4], 2001 年出版了《中国土壤系统分类检索(第三版)》^[5]。然而, 我国对火山灰土研究薄弱, 尽管一些学者^[6-12]分别对黑龙江五大连池、吉林长白山、辽宁宽甸、云南腾冲、海南岛雷虎等火山喷出物发育土壤进行了不同程度的研究, 但大都局限于对其基本理化性质、一般矿物学性质的研究, 缺少针对火山灰土特有土壤属性的测定, 特别是缺少磷酸盐吸持量、短序矿物、金属-腐殖质络合物等重要特性的分析以及火山玻璃的

定量研究数据, 导致不能明确研究对象是否具有火山灰特性, 因而难以有充分的分类依据确定研究对象的分类位置。

本研究采集 5 个长白山山脉火山喷出物发育的土壤剖面, 根据《中国土壤系统分类检索(第三版)》^[5]和美国《土壤系统分类检索》第 11 版^[13]关于火山灰特性的界定标准和火山灰土的分类方法, 对供试土壤剖面进行分类定名, 为进一步修订和完善中国土壤系统分类提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

本研究土壤样品均采集于长白山及其余脉的火山锥上, 分属于吉林省安图县长白山天池、抚松县小沙河(长白山天池火山锥底部)、辉南县龙湾火山群(龙岗山脉金龙顶子底部)和辽宁省宽甸火山群(青椅山、大川头)。采样点具体位置见图 1, 采样点基本情况见表 1。

* 国家自然科学基金项目(41171172)、科技部国家科技基础性工作专项(2008FY110600)资助

作者简介: 韩春兰(1965—), 女, 内蒙古赤峰市人, 副教授, 主要从事土壤地理、土地资源管理等方面的教学和科研工作。E-mail: hancly@163.com

收稿日期: 2013-03-08; 收到修改稿日期: 2013-05-31

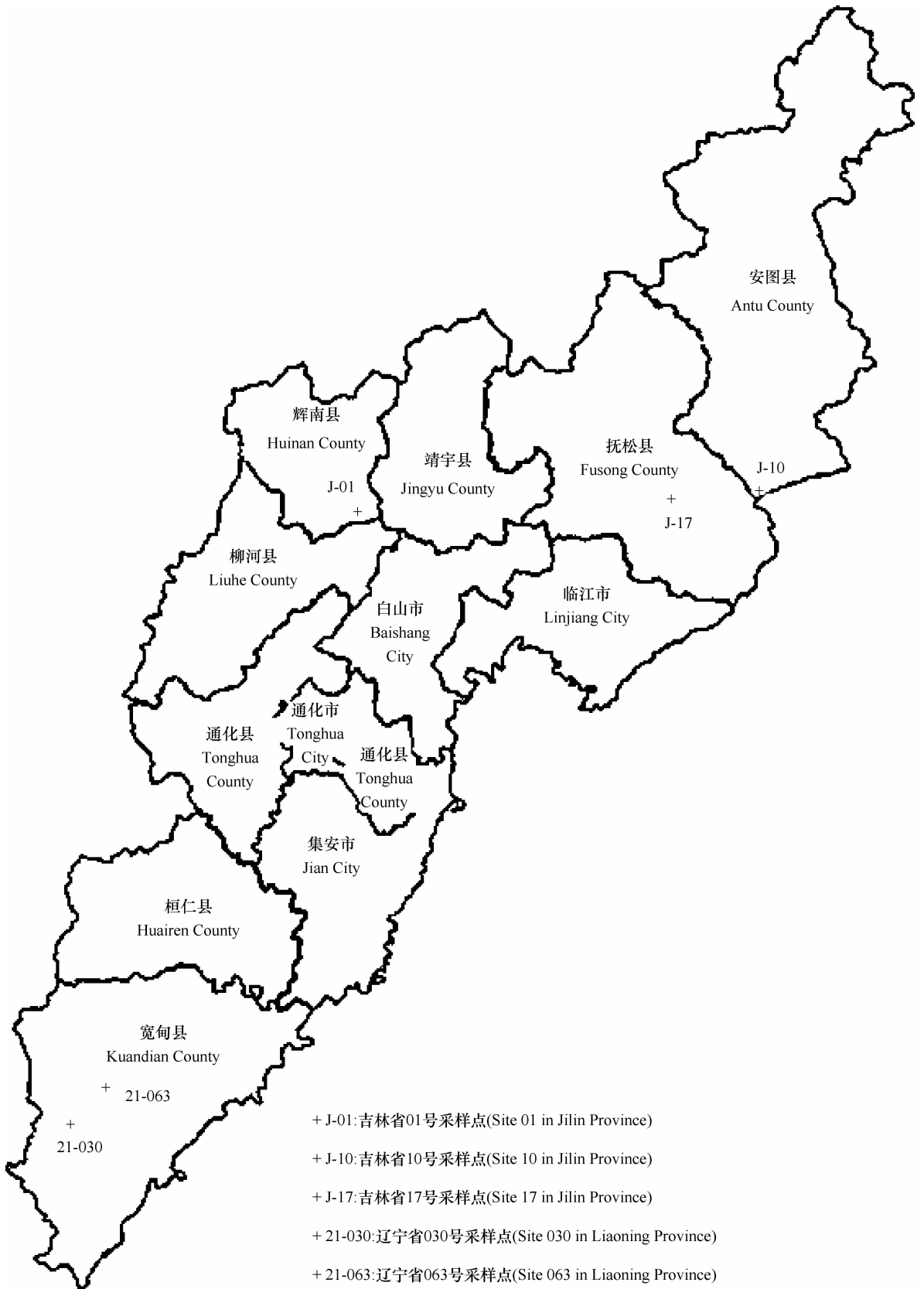


图1 研究区及样点分布示意图

Fig.1 Sampling site distribution map of the study area

表 1 供试土壤剖面基本情况

Table 1 Basic conditions of the soil profiles investigated

剖面号 Profile No.	采样地点 Sample site	地理坐标 Geographic coordinates	地形部位 Topography sites	海拔 Altitude (m)	坡度 Slope gradient (°)	成土 时间 ^[14-19] Soil age (ka)	母质 Parent material	植被 Vegetation
J-01	龙岗金龙 顶子 ^①	42°19'27.7"N 126°26'00.5"E	火山锥 ^④ 底部	639	2	1.6 ~ 1.5	玄武质 火山碎屑 ^⑧	白杨、柴桦、枫树、山榛子、乌拉 草、蕨类等 ^⑫
J-10	长白山 天池 ^②	42°01'43.4"N 128°04'00.6"E	火山锥 顶部 ^⑦	2 623	12	1.2	流纹质 火山碎屑 ^⑨	长白苔草、高山龙胆、牛皮杜鹃、 宽叶仙女木、长白红景天等 ^⑬
J-17	抚松县 小沙河 ^③	42°05'27.5"N 127°42'44.9"E	火山锥 底部 ^⑥	862	4	1.2	上部浮石, 下部玄武岩 ^⑩	胡桃楸、落叶松、枫树、矮灌 木等 ^⑭
21-030	宽甸县 青椅山 4	40°42'47.7"N 124°37'59.8"E	火山锥 顶部 ^⑦	378	9	120	气孔状玄武质 火山碎屑 ^⑪	灌木林 Shrubwood
21-063	宽甸县 大川头 5	40°48'33.5"N 124°47'53.8"E	火山锥 底部 ^⑥	382	15	120	气孔状玄武质 火山碎屑 ^⑪	落叶松、灌木林 Larix gmelinii, Shrubwood

①Jinglongdingzi in Longgang, ②Tianchi in the Changbai Mountain, ③Xiaosha River in Fusong County, ④Qingyi Mountain in Kuandian County, ⑤Dachuantou in Kuandian County, ⑥At the foot of the volcanic cone, ⑦On top of the volcanic cone, ⑧Basaltic tephra, ⑨rhyolitic tephra, ⑩pumice in the upper part and Basalt in the lower part, ⑪vesicular basaltic tephra, ⑫Populus tomentosa Carr, Betula fruticosa Pall, Acer saccharum Marsh, Corylus heterophylla Fisch (Hazelnut), Carex meyeriana, Pteridophyta etc, ⑬Carex peiktusanii Kom, Gentzana purdormii Marq, Rhododendron chrysanthum Pall, Dryas octopetala var. asiatica, Rhodiola angusta Nakai etc, ⑭Juglans mandshurica Maxim, Larix gmelinii, Acer saccharum Marsh, bush etc

采样点所处的气候条件根据中国气象科学数据共享服务网^[20], 结合供试土壤剖面的地理位置确

定与其相对应的距离最近的气象站点, 查询并计算如表 2。

表 2 供试土壤剖面的气候条件

Table 2 Climate conditions in the area of the soil profiles

剖面号 Profile No.	对应气象站 Meteorological station corresponded			多年平均 降水量 Mean annual precipitation (mm)	多年平均 蒸发量 Mean annual evaporation (mm)	多年平均 气温 Mean annual temperature (°C)	多年 40cm 平均地温 Mean annual earth temperature at 40 cm depth (°C)	多年平均 相对湿度 Mean annual relative humidity (%)	干燥度 Aridity index
	站名 Station name	地理坐标 Geographic coordinates	海拔高度 Altitude (m)						
J-01	靖宇 Jingyu	42°21'N, 126°49' E	549	764	1113	3.4	6.4	72	1.1
J-10	天池 Tianchi	42°01'N, 128°05' E	2624	1349	-	-7.4	-	73	-
J-17	东岗 Donggang	42°06'N, 127°34' E	774	816	1189	3.8	7.3	67	1.1
21-030	宽甸 Kuandian	40°43'N, 124°47' E	260	1051	1101	7.1	9.1	71	0.8
21-063									

注: 表中的气象数据均为 1971 - 2000 年的多年平均值, - 表示数据缺失; 干燥度以 Penman 经验公式计算所得 Note: The meteorological data in the table are means of the period between 1971 and 2000, - stands for unavailability of data; dryness obtained using the Penman empirical formula

1.2 样品处理与测定

供试土壤样品经风干、去渣、研磨、过筛处理。

pH 采用电位法测定(水提液水土比 2.5:1, 氯化钾提液水土比 2.5:1, 氟化钠提液水土比 50:1); 有机碳含量采用元素分析仪测定; 细土中 0.02 ~ 2

mm 粒级含量采用湿筛法测定^[21]; 磷酸盐吸持量采用 Blakemore 等^[22]的单点法, 即用分光光度计测定 5.00 g 土壤样品从 25 ml 含 P 1 000 mg L⁻¹的磷酸二氢钾溶液(pH = 4.6)中吸附的磷酸盐的比例(百分数); 游离氧化铁(Fe_d)采用柠檬酸钠、连二亚硫

酸铵浸提 (DCB) - 电感耦合等离子发射光谱 (ICP-OES) 法测定; 无定形氧化铁 (Fe_o)、无定形氧化铝 (Al_o) 采用酸性草酸铵浸提 - 电感耦合等离子发射光谱 (ICP - OES) 法测定; 络合态铁 (Fe_p)、络合态铝 (Al_p) 采用焦磷酸钠浸提 - 电感耦合等离子发射光谱 (ICP - OES) 法测定; 火山玻璃含量采用氢氟酸溶解法测定^[23], 并通过偏光显微镜法^[24] 进行检验。

2 土壤特性

2.1 土壤剖面的形态特征

供试土壤剖面的形态特征见表 3。剖面 J - 01 表现出间断时间较长的 2 次火山碎屑物沉积的特征; 剖面 J - 17 是二元母质, 其余土壤剖面均为一元母质 (表 1)。J - 17 剖面下部 2Bt1、2Bt2 层结构体表面含有黏粒胶膜。J - 01、J - 10 剖面表层为块状、棱块状, 其余土壤剖面表层均为团粒状结构。土壤质地以壤土、黏壤土或黏土居多, 发生层之间除 J - 17 剖面上部外大多为平滑、清晰或突变边界, 表明土壤没有剧烈的扰动作用。21 - 030 剖面 Ah 层以下含有很多砾石 (弱风化的气孔状玄武质火山碎屑), 细土部分不超过土体体积的 30%。

2.2 基本化学性质

2.2.1 土壤 pH 供试土壤 pH(H_2O), 龙岗 J - 01 剖面介于 5.78 ~ 7.12 之间, 除 Ahb 层外均属中性, 且随深度增加表现出先减小后增大的趋势 (表 4)。长白山 J - 10、J - 17 剖面, 宽甸 21 - 030、21 - 063 剖面分别介于 5.04 ~ 6.47 和 5.88 ~ 6.52 之间, 除 21 - 030 Ah 层外均属酸性, 且 pH(H_2O) 除 J - 17 (下部) 和 21 - 030 表层外均随土壤深度增加而增大。

pH(KCl) 均小于对应层次 pH(H_2O), 说明土壤中含有一定量的交换性酸^[25-26], 各层差值大都在 0.7 ~ 1.5 个单位之间, 最大的差值为 1.82 个单位 (J - 17 2Bt2 层)。各剖面 pH(KCl) 随深度的增加表现出同 pH(H_2O) 相同的变化趋势。

pH(NaF) ≥ 9.4 是土壤交换性复合物中含大量无定型物质的特征^[1], 这一特征曾经也作为火山灰土的鉴定标准之一, 但是发育自火山物质的淋溶土也有相同的性质^[26], 因此目前已废除这一鉴定指标, 然而 pH(NaF) ≥ 9.4 仍可作为野外简易判断无定型物质多寡的参考^[27]。测试数据 (表 4) 表明, 宽甸除了 21 - 030 剖面 Ah 层外、龙岗 J - 01 剖面除了 Ahb 层外, 其他各层 pH(NaF) 均大于 9.4; 长白山天池火山锥的 2 个剖面, J - 10 剖面除 AC 层外均小于

9.4, J - 17 剖面 73 cm 内的 3 个层次均小于 9.4。

2.2.2 土壤有机碳 供试土壤有机碳含量介于 0.53 ~ 108.8 g kg⁻¹ 之间 (表 4), 属于矿质土壤。各剖面有机碳含量均呈现 Ah 层最高, 并按 A 层 - C 层的顺序依次降低的规律。

2.2.3 土壤磷酸盐吸持量 J - 10 剖面的磷酸盐吸持量在所有供试土壤中最小, 各层分析数据均 < 15%; 其次是 J - 17 和 J - 01, 但多数层次 > 25%; 宽甸 2 个剖面的磷酸盐吸持量相对较大, 均在 35% 以上 (表 4)。由此可见, 磷酸盐吸持量的大小可能与成土时间有关, 一般而言, 幼年土壤的磷酸盐吸持量低于较成熟土壤。

2.2.4 火山玻璃 火山玻璃是火山碎屑 (火山灰) 发育土壤的主要组成部分。在许多环境中, 火山玻璃风化形成短序矿物, 代表性的有水铝英石、伊毛缟石和水铁矿^[28-29]。目前国际上确定土壤火山玻璃含量的方法有显微镜计数法^[24]、重液分离法^[30] 和氢氟酸分解法^[22] 三种。由于显微镜计数法和重液分离法均存在一些缺点和争议, 而氢氟酸分解法操作简便、快速、准确, 并能适用于所有种类的玻璃而不必考虑玻璃的比重和成分^[23], 所以, 本研究采用氢氟酸分解法测定了部分样品的火山玻璃含量, 并利用偏光显微镜对测定结果进行检验。结果表明: J - 01、J - 17、21 - 030 剖面所测样品的火山玻璃含量在 26.21% ~ 69.28% 之间, 宽甸火山喷出物发育的土壤火山玻璃含量较少, 天池火山的火山玻璃含量较多 (表 4)。

2.2.5 土壤铁铝氧化物组成 用 DCB 法可同时还原、络合浸提出非晶质铁铝及晶质铁; 用焦磷酸钠可提取与有机质结合形成复合物的铁铝; 酸性草酸铵可同时提取与有机质结合形成复合物的铁铝、无定型铁铝及水铝英石和部分伊毛缟石中的铝^[31]。

由表 5 可知, 供试土壤的 Al_o 含量随深度的增加均表现出先增加后减少的趋势 (出现埋藏层或二元母质时, 即出现再一次最大值), 大部分供试土壤 Fe_o 含量随深度增加也表现出了相同的趋势, 即 AB 层或 B 层 Al_o 、 Fe_o 含量最高, 说明 AB 层或 B 层在成土过程中有更多的无定型铝、铁生成。

Fe_p/Fe_o 、 Al_p/Al_o 分别表征与腐殖质复合的铁铝占活性铁铝的百分率。所有供试土壤的 Fe_p/Fe_o 均小于 0.5 且大多数均小于 0.2, 表明供试土壤活性铁多以非络合态存在; 而对于 Al_p/Al_o , 除 J - 17 外其余供试土壤均小于 0.5 且大部分均小于 0.3, 表明除 J - 17 外, 所有供试土壤的活性铝也多以非络合态存在。

表 3 供试土壤剖面的形态特征
Table 3 Morphological characteristics of the soil studied

剖面号 Profile No.	发生层 Horizon	土壤颜色 Soil colour		质地 Soil texture	结构 Soil structure	根系 Roots	边界 Boundary
		干态 Dry state	润态 Wet state				
J-01	Ah	浊黄橙①(10YR 5/3)	黑棕⑤(10YR 2/2)	壤土 Loam	小块状 Little blocky	中量极细根,少量中根 fine roots and few medium roots	清晰平滑②④
	Bw	浊黄橙①(10YR 6/3)	暗棕⑩(10YR 3/3)	壤土 Loam	小团块 Little blocky mass	很少细根和粗根 coarse roots	突变平滑⑤
	Abb	灰棕②(7.5YR 4/2)	黑棕⑤(7.5YR 3/2)	壤土 Loam	中团块 Mid-blocky mass	很少中根和细根 fine roots	清晰平滑②④
	Bwb	浊橙棕③(7.5Y 6/3)	极暗棕⑥(7.5YR 3/2)	壤土 Loam	中棱块 Mid-angular blocky	很少中根和细根 fine roots	清晰平滑②④
	C	棕灰④(10Y 4/1)	黑⑦(2.5YR 2/1)	火山渣 Scoria	中棱块 Mid-angular blocky	无 Not found	清晰平滑②④
J-10	Ah	棕灰④(10YR 6/1)	暗棕⑩(10YR 3/3)	砂壤 Silt loam	单粒 Single grain	多量极细根,少量细根 Many very fine roots and few fine roots	清晰平滑②④
	AC	浊黄橙①(10YR 7/3)	浊黄橙①(10YR 6/3)	砂壤 Silt loam	小块状 Little blocky	少量细根 Few fine roots	清晰平滑②④
	C1	浊黄橙①(10YR 7/3)	浊黄橙①(10YR 6/4)	砂土 Sand	无结构 No structure	很少极细根 Very few very fine roots	渐变平滑⑤
	C2	灰黄⑤(2.5Y 7/2)	灰黄棕⑧(10YR 6/2)	火山集块 Volcanic agglomerate	无结构 No structure	无 Not found	清晰间断⑦
	Ah	淡黄⑥(2.5YR 7/4)	橄榄棕⑨(2.5Y 4/4)	壤土 Loam	小团粒 Little aggregate	少量极细根 Few very fine roots	清晰间断⑦
21-030	AB	浊黄橙①(10YR 7/2)	浊黄棕③(10YR 5/3)	壤土 Loam	小块状 Little blocky	中量极细根,少量细、中、粗根 Moderate very fine roots, few fine, medium and coarse roots	清晰间断⑦
	Bw1	浊黄橙①(10YR 6/4)	棕③(7.5YR 4/6)	粉砂壤 Silt loam	小块状 Little blocky	中量细根 Moderate fine roots	清晰平滑②④
	Bw2	橙白⑦(10YR 8/1)	浊黄棕③(10YR 5/3)	粉砂壤 Silt loam	小块状 Little blocky	少量细根 Few fine roots	突变平滑⑤
	2AB	淡黄橙③(10YR 8/3)	亮黄棕②(10YR 6/6)	黏壤 Clay loam	小棱块状 Little angular blocky	少量细根 Few fine roots	模糊平滑②④
	2Bt1	淡黄橙③(10YR 8/3)	亮黄棕②(10YR 6/6)	黏壤 Clay loam	中片状 Mid-platy	很少细根 Very few fine roots	渐变平滑⑤
21-063	2Bt2	浊橙⑨(7.5YR 6/4)	浊棕④(7.5YR 5/4)	黏壤 Clay loam	大块状 Large blocky	无 Not found	清晰平滑②④
	Ah	暗棕⑩(7.5YR 3/4)	黑棕⑤(7.5YR 3/2)	黏壤 Clay loam	小团粒 Little aggregate	多量细根 Many fine roots	清晰平滑②④
	AB	浊红棕①(5YR 4/3)	极暗红棕②(5YR 2/3)	黏壤 Clay loam	小团粒 Little aggregate	无 Not found	清晰平滑②④
	Bw	亮红棕②(5YR 5/8)	暗红棕②(5YR 3/6)	黏壤 Clay loam	小块状 Little blocky	无 Not found	清晰平滑②④
	BC	亮红棕②(5YR 5/6)	暗红棕②(5YR 3/6)	黏壤 Clay loam	大块状 Large angular blocky	无 Not found	清晰平滑②④
21-063	C	亮红棕②(5YR 5/6)	暗红棕②(5YR 3/4)	壤质黏土 Loamy clay	无结构 No structure	无 Not found	清晰不规则⑦
	Ah	棕③(7.5YR 4/4)	暗红棕②(5YR 3/4)	壤质黏土 Loamy clay	粒状、小团粒 Single grain, Little aggregate	多量细根 Many fine roots	清晰平滑②④
	Bw1	浊棕④(7.5YR 5/4)	暗红棕②(5YR 3/4)	壤质黏土 Loamy clay	粒状、小团粒 Single grain, Little aggregate	很少细根 Few fine roots	模糊平滑②④
	Bw2	浊橙⑨(7.5YR 6/4)	暗红棕②(5YR 3/4)	壤质黏土 Loamy clay	小块状 Little blocky	很少细根 Few fine roots	清晰平滑②④
	BC	浊黄橙①(10YR 6/4)	浊红棕①(5YR 4/4)	壤质黏土 Loamy clay	中块状、大棱块 Little and large blocky	很少细根 Few fine roots	清晰平滑②④

①Dull yellow to orange, ②Gray-brown, ③Dull orange to brown, ④Brown-grey, ⑤Grey-yellow, ⑥Pale yellow, ⑦Orange to white, ⑧Yellowish to orange, ⑨Dull red to brown, ⑩Bright red to brown, ⑪Brown, ⑫Dull brown, ⑬Dull brown, ⑭Dull brown, ⑮Dark-brown, ⑯Very dim brown, ⑰Dark, ⑱Grey-yellow to brown, ⑲Olive brown, ⑳Bright yellow to brown, ㉑Very dark red to brown, ㉒Dark red to brown, ㉓Red-brown, ㉔Clear smoothness, ㉕Abrupt smoothness, ㉖Gradual smoothness, ㉗Clear interruption, ㉘Fuzzy smoothness, ㉙Clear irregularity

表 4 供试土壤基本化学性质

Table 4 Basic chemical properties of the soil studied

剖面号 Profile No.	发生层 Horizon	深度 Depth (cm)	pH			有机碳 Organic carbon (g kg ⁻¹)	磷酸盐吸持量 Phosphate retention content (%)	0.02 ~ 2 mm 粒级 Particle size composition during 0.02 ~ 2 mm (g kg ⁻¹)	火山玻璃含量 Volcanic glass content (%)
			H ₂ O	KCl	NaF				
J-01	Ah	0 ~ 19	6.75	5.64	10.40	67.53	29.71	679.4	47.75
	Bw	19 ~ 34	6.50	5.19	10.80	60.31	42.68	534.7	58.50
	Ahb	34 ~ 45	5.78	4.88	9.28	108.80	30.80	323.2	42.02
	Bwb	45 ~ 60	6.65	5.41	10.87	74.39	43.12	803.1	51.75
	C	60 ~ 144	7.12	6.07	9.49	6.18	16.64	983.5	49.63
J-10	Ah	0 ~ 15	5.32	4.15	8.40	39.83	13.22	-	-
	AC	15 ~ 39	6.19	5.14	9.49	11.07	9.51	-	-
	C1	39 ~ 78	6.46	5.40	9.19	4.29	7.08	-	-
	C2	78 ~ 100	6.47	5.73	8.59	1.53	7.83	-	-
J-17	Ah	0 ~ 4	5.99	4.85	8.99	50.43	18.67	495.4	60.00
	AB	4 ~ 50	5.84	4.92	8.80	22.24	30.89	652.6	67.41
	Bw1	50 ~ 73	5.52	4.25	9.20	20.74	35.94	693.6	69.28
	Bw2	73 ~ 106	5.70	4.43	10.50	8.70	22.13	-	-
	2AB	106 ~ 124	5.81	4.49	10.80	0.79	29.61	-	-
	2Bt1	124 ~ 147	5.04	3.64	9.89	0.53	21.88	-	-
	2Bt2	147 ~ 177	5.30	3.48	9.21	0.73	25.30	-	-
21-030	Ah	0 ~ 8	6.52	5.72	9.3	98.14	38.97	336.6	35.81
	AB	8 ~ 17	5.88	5.12	9.61	56.46	50.22	350.2	40.88
	Bw	17 ~ 45	5.89	4.82	10.33	8.62	52.18	399.7	26.21
	BC	45 ~ 75	6.04	4.92	9.9	2.98	40.65	372.4	39.95
	C	75 ~ 95	6.15	5.02	9.82	2.20	35.57	333.4	-
21-063	Ah	0 ~ 37	6.00	4.82	10.76	41.25	79.67	257.1	-
	Bw1	37 ~ 71	6.29	5.09	11.05	27.64	85.59	271.4	-
	Bw2	71 ~ 113	6.37	5.09	11.10	21.49	85.59	294.5	-
	BC	113 ~ 140	6.41	4.87	11.03	7.54	72.26	295.7	-

注: - 表示未测 Note: - stands for not tested

$(Fe_d - Fe_p)/(Fe_o - Fe_p)$ 的值可以表征土壤中
铁的主要存在形式,其比值 > 2 时,以晶质铁为主;
比值 $1 \sim 2$ 时,以非晶质铁为主,比值为 1 时,为非晶
态^[31]。J-01、J-10、J-17、21-030 土壤中
铁主要以非晶质铁为主,21-063 土壤中
铁以晶质铁为主。

3 土壤系统分类

3.1 土壤诊断层、诊断特性讨论

3.1.1 诊断表层 剖面 J-01 土体层(A+B)厚
度 34 cm,表层厚度 > 18 cm,搓碎土壤的润态明
度 < 3.5 ,干态明度 < 5.5 ;润态彩度 < 3.5 ,有机
碳含量 > 6 g kg⁻¹,但是盐基饱和度 $< 50\%$
(测定值为 28.34%),土壤结构(小块状)较暗沃
表层差,因此

剖面 J-01 具有暗瘠表层;剖面 21-030 土体层(A
+B)厚度为 75 cm,尽管表层颜色和有机碳含量符
合暗沃表层条件,但表层厚度 < 25 cm,具有淡薄
表层;剖面 J-17 因表层搓碎土壤润态明度 ≥ 3.5 ,
干态明度 ≥ 5.5 ,具有淡薄表层。即,剖面 J-01
具有暗瘠表层,剖面 J-17、21-030 具有淡薄
表层。

3.1.2 诊断下层 剖面 J-01 Bw、Bwb 层,J-17
Bw1、Bw2 层,21-030 Bw 层,21-063 Bw1、
Bw2 层均有土壤结构发育并至少占土层体积的
50%,符合厚度 > 10 cm,且底部至少在土表
以下 25 cm 处,质地分别为壤土、粉砂壤、黏壤
和壤质黏土,不符合黏化层、灰化淀积层、铁
铝层和低活性富铁层的条件。因此,J-01、J-17、
21-030、21-063 剖面具有雏形层。

表 5 供试土壤铁铝氧化物特征

Table 5 Iron and aluminum oxide characteristics of the soil studied

剖面号 Profile No.	发生层 Horizon	深度 Depth (cm)	Al _o (g kg ⁻¹)	Al _p (g kg ⁻¹)	Al _p /Al _o	Fe _d (g kg ⁻¹)	Fe _o (g kg ⁻¹)	Fe _p (g kg ⁻¹)	Fe _p /Fe _o	Al _o + 1/2Fe _o (%)	(Fe _d - Fe _p)/ (Fe _o - Fe _p)
J-01	Ah	0~19	28.11	2.58	0.09	20.79	13.49	1.52	0.11	3.49	1.61
	Bw	19~34	43.35	2.73	0.06	28.08	18.67	2.00	0.11	5.27	1.56
	Ahb	34~45	15.17	2.83	0.19	16.82	11.59	2.19	0.19	2.10	1.56
	Bwb	45~60	66.02	3.43	0.05	35.33	23.94	2.46	0.10	7.80	1.53
	C	60~144	10.02	0.70	0.07	5.38	3.67	0.56	0.15	1.19	1.55
J-10	Ah	0~15	2.77	1.14	0.41	5.74	4.00	0.33	0.08	0.48	1.48
	AC	15~39	3.84	0.57	0.15	7.26	5.14	0.17	0.03	0.64	1.43
	C1	39~78	3.83	0.39	0.10	8.57	6.77	0.16	0.02	0.72	1.27
J-17	Ah	0~4	3.44	1.79	0.52	6.45	2.7	1.18	0.44	0.48	3.46
	AB	4~50	4.70	3.10	0.66	6.71	3.36	1.03	0.31	0.64	2.44
	Bw1	50~73	11.46	5.72	0.50	6.60	6.22	2.55	0.41	1.46	1.10
21-030	Bw2	73~106	4.37	2.22	0.51	4.43	3.18	1.01	0.32	0.60	1.58
	2AB	106~124	5.36	8.50	1.59	15.03	11.21	5.47	0.49	1.10	1.66
	2Bt1	124~147	4.73	1.63	0.35	16.28	12.08	0.72	0.06	1.08	1.37
	2Bt2	147~177	4.33	2.49	0.57	24.64	16.24	1.41	0.09	1.25	1.57
	Ah	0~8	12.54	1.75	0.14	26.41	15.00	0.92	0.06	2.00	1.81
21-063	AB	8~17	16.11	2.84	0.18	23.69	18.27	1.44	0.08	2.52	1.32
	Bw	17~45	14.46	1.20	0.08	28.74	18.34	0.75	0.04	2.36	1.59
	BC	45~75	8.42	0.53	0.06	21.32	14.01	0.30	0.02	1.54	1.53
	C	75~95	7.41	0.63	0.09	19.78	12.97	0.36	0.03	1.39	1.54
	Ah	0~37	30.90	7.98	0.26	19.50	9.98	2.47	0.25	3.59	2.27
21-063	Bw1	37~71	39.37	9.48	0.24	18.91	9.10	3.76	0.41	4.39	2.84
	Bw2	71~113	35.88	9.76	0.27	17.24	10.36	4.16	0.40	4.11	2.11
	BC	113~140	27.45	3.46	0.13	16.20	8.02	1.24	0.16	3.15	2.21

3.1.3 诊断特性 根据 Penman 经验公式, 计算出 J-01 和 J-17 剖面所处位置的年干燥度均为 1.1 (表 2), 处于 1~3.5 之间, 属于半干润土壤水分状况; 宽甸 21-030、21-063 两个剖面所处位置的年干燥度为 0.8 (小于 1), 但 1-5 月和 10 月的干燥度均大于 1, 属于湿润土壤水分状况; J-10 剖面所处的站点数据不全, 依据其位置及其他气象数据和周围站点数据比较, 推断 J-10 剖面所处位置属于湿润土壤水分状况。

土壤温度状况采取大多数文献引用的在年均气温基础上加 2.5 °C 的标准来估算^[32], 则 J-01、J-10、J-17 和辽宁宽甸 2 个剖面所处位置的土壤温度依次为 5.9、-4.9、6.3 和 9.6 °C。根据《中国土壤系统分类检索(第三版)》对土壤温度状况的确定标准, J-10 所处位置土温 < 0 °C, 属于寒冻土壤温度状况; J-01、J-17 所处位置, 因 0 °C < 土温 <

8 °C, 再考虑矿质土壤夏季平均土温情况, 确定为冷性土壤温度状况; 宽甸两个剖面所在位置, 8 °C < 土温 < 15 °C, 属于温性土壤温度状况。

J-01、J-17、21-030 剖面所有各层均符合细土部分有机碳含量 ≤ 250 g kg⁻¹ 且 0.02~2 mm 粒级含量 ≥ 300 g kg⁻¹ (表 4), 21-030 剖面全部层次以及 J-01 剖面的 0~60 cm、J-17 剖面的 4~73 cm 均符合磷酸盐吸持量 ≥ 25%, Al_o + 1/2Fe_o ≥ 0.4%, 火山玻璃含量 ≥ 5% 且 (Al_o + 1/2Fe_o) × 15.625 + 火山玻璃含量 ≥ 36.25% 之条件 (表 4 和表 5)。因此, 21-030 剖面全部层次、J-01 剖面 0~60 cm、J-17 剖面 4~73 cm 均具有火山灰特性。

J-01 剖面符合整个 Bw 层、Bwb 层细土部分 DCB 浸提游离铁 ≥ 14 g kg⁻¹ (游离 Fe₂O₃ ≥ 20 g kg⁻¹) 条件; 21-030 剖面符合土壤基质色调为

5YR,和整个 Bw 层细土部分 DCB 浸提游离铁 ≥ 14 g kg⁻¹ (游离 Fe₂O₃ ≥ 20 g kg⁻¹) 等条件,因此, J-01、21-030 剖面均具有铁质特性。

各剖面诊断层和诊断特性见表 6。

表 6 供试土壤剖面的诊断层及诊断特性

Table 6 Diagnostic horizons and diagnostic characteristics of the soil profiles

剖面号 Profile No.	暗脊 表层 Umbric epipedon	淡薄 表层 Ochric epipedon	锥形层 Cambic horizon	半干润土壤 水分状况 Ustic soil moisture regime	湿润土壤 水分状况 Udic soil moisture regime	寒冻土壤 温度状况 Gelic soil temperature regime	冷性土壤 温度状况 Frigid soil temperature regime	温性土壤 温度状况 Mesic soil temperature × regime	火山灰特性 Andic property	铁质特性 Ferri property
J-01	√		√	√			√		√	√
J-10					√	√				
J-17		√	√	√			√		√	
21-030		√	√		√			√	√	√
21-063			√		√			√		

表 7 供试土壤剖面系统分类检索结果

Table 7 Soil Taxonomy of the soil profiles

剖面号 Profile No.	土纲 Order	亚纲 Suborder	土类 Group	亚类 Subgroup
J-01	火山灰土①	湿润火山灰土④	筒育湿润火山灰土⑦	普通筒育湿润火山灰土⑩
J-10	新成土②	正常新成土⑤	寒冻正常新成土⑧	火山渣寒冻正常新成土⑪
J-17	火山灰土①	湿润火山灰土④	筒育湿润火山灰土⑦	普通筒育湿润火山灰土⑩
21-030	火山灰土①	湿润火山灰土④	筒育湿润火山灰土⑦	普通筒育湿润火山灰土⑩
21-063	锥形土③	湿润锥形土⑥	酸性湿润锥形土⑨	普通酸性湿润锥形土⑫

①Andosols, ②Primosols, ③Cambosols, ④Udic Andosols, ⑤Orthic Primosols, ⑥Udic Cambosols, ⑦Hapli-Udic Andosols, ⑧Geli-Orthic Primosols, ⑨Acidi-Udic Cambosols, ⑩Typic Hapli-Udic Andosols, ⑪Cinderic Geli-Orthic Primosols, ⑫Typic Acidi-Udic Cambosols

4 结 论

长白山天池火山锥顶部土壤的风化发育程度极弱,还未形成土壤结构体,也未达到火山灰土的鉴定标准,检索为新成土;其底部土壤发育程度相对较高,符合火山灰特性的条件,检索为火山灰土。宽甸青椅山顶部土壤以及龙岗金龙顶子底部土壤均具有火山灰特性,检索为火山灰土。宽甸大川头底部土壤 0.02~2 mm 粒级含量未达到火山灰特性要求,但具有锥形层,检索为锥形土。

火山喷出物发育的土壤未必就是火山灰土。火山喷出物在土壤发生过程中,首先发育成新成土;随着发育程度的加深会形成土壤结构体,进而发育成火山灰土或锥形土;以后,还会形成发育程度更高的土壤类型。火山灰特性是确定火山喷出

3.2 供试土壤的系统分类

根据《中国土壤系统分类检索(第三版)》并结合美国《土壤系统分类检索》第 11 版对供试土壤剖面进行系统分类检索,分类结果见表 7。

物发育土壤属于火山灰土还是锥形土的决定性标准,而火山灰特性存在与否取决于成土母质的物质组成特征,主要体现为土壤的颗粒组成、无定型黏矿物和火山玻璃的含量。

参 考 文 献

- [1] USDA/SMSS. Keys to Soil Taxonomy by Soil Survey Staff. 3rd ed. Ithaca, New York: Cornell University, 1987: 19—20
- [2] 国际火山灰土分类委员会. 袁国栋. 译. 建议新设土纲——火山灰土纲. 土壤学进展(特刊). 1987: 20—26. ICOMAND. Yuan G D. trans. Suggest increasing order-Andosols (In Chinese). Soil science progress (Special issue), 1987: 20—26
- [3] USDA/SMSS. Keys to Soil Taxonomy by Soil Survey Staff. 4th ed. Blacksburg, Virginia: Virginia Polytechnic Institute and State University, 1990: 23—24, 129—158
- [4] 中国科学院南京土壤研究所土壤系统分类课题组, 中国土壤系统分类协作组. 中国土壤系统分类(首次方案). 北京: 科学出版社, 1991. Chinese Soil Taxonomy Research Group, In-

- stitute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Cooperative Research Group on Chinese Soil Taxonomy. Keys to Chinese Soil Taxonomy (1st scheme) (In Chinese). Beijing: Science Press, 1991
- [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: 70—71, 91—92, 108—110. Chinese Soil Taxonomy Research Group, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Cooperative Research Group on Chinese Soil Taxonomy. Keys to Chinese Soil Taxonomy (In Chinese). 3rd ed. Hefei: University of Science and Technology of China Press, 2001: 70—71, 91—92, 108—110
- [6] 刘朝端. 云南省腾冲县火山灰土的发生特性. 土壤学报, 1985, 22(4): 377—389. Liu C D. Genetic characteristics of Andosols in Tengchong County, Yunnan Province (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 1985, 22(4): 377—389
- [7] 赵其国. 中国的火山灰土. 土壤学报, 1988, 25(4): 323—329. Zhao Q G. Andosols in China (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 1988, 25(4): 323—329
- [8] 贾文锦. 辽宁宽甸盆地火山灰土的基本性状及其形成特点. 土壤通报, 1990, 21(3): 103—107. Jia W J. General and formation characteristics of Andosols in Kuandian Basin, Liaoning Province (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 1990, 21(3): 103—107
- [9] 赵兰坡, 杨学明, 丁桂云, 等. 长白山及五大连池火山灰土基本特性的研究. 吉林农业大学学报, 1992, 14(2): 47—54. Zhao L P, Yang X M, Ding G Y, et al. General characteristics of Andosols in Changbaishan and Wudalianchi (In Chinese). Journal of Jilin Agricultural University, 1992, 14(2): 47—54
- [10] 谢萍若, 张国枢, 胡思敏, 等. 我国火山灰土诊断特性的初步研究//中国土壤系统分类进展. 北京: 科学出版社, 1993: 292—302. Xie P R, Zhang G S, Hu S M, et al. Preliminary study of diagnostic characteristics of Andosols in China (In Chinese)//Advance in Chinese Soil Taxonomic Classification. Beijing: Science Press, 1993: 292—302
- [11] 谢萍若, 张国枢, 胡思敏, 等. 我国东北地区火山灰土的矿物性质与诊断特性//中国土壤系统分类新论. 北京: 科学出版社, 1994: 329—335. Xie P R, Zhang G S, Hu S M, et al. Mineralogical properties and genetic characteristics of Andosols in the northeast area, China (In Chinese)//Recent Treatises on Chinese Soil Taxonomic Classification. Beijing: Science Press, 1994: 329—335
- [12] 骆国保, 黄标. 五大连池火山灰土的诊断特性和系统分类. 土壤学报, 1995, 32(增刊): 127—132. Luo G B, Huang B. Diagnostic characteristics and taxonomy of Andosols in Wudalianchi (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 1995, 32(supplement): 127—132
- [13] USDA/NRCS. Keys to Soil Taxonomy. 11th ed. Washington, DC, 2010: 15—16
- [14] 魏海泉, 刘若新, 樊棋诚, 等. 长白山天池火山——多成因中央式火山. 地质论评, 1999, 45(增刊): 257—262. Wei H Q, Liu R X, Fan Q C, et al. The Tianchi volcano in the Changbai Mountains, Northeast China: A polygenetic central volcano (In Chinese). Geological Review, 1999, 45(Suppl.): 257—262
- [15] 刘嘉麒. 中国火山. 北京: 科学出版社, 1999: 1—219. Liu J Q. Volcanoes in China (In Chinese). Beijing: Science Press, 1999: 1—219
- [16] 崔钟婵, 金东淳, 李霓. 长白山天池火山公元 1199—1200 年大喷发历史记载的发现及其意义. 岩石学报, 2000, 16(2): 191—193. Cui Z X, Jin D C, Li N. The historical record discovery of 1199—1200AD large eruption of Changbaishan Tianchi volcano and its significance (In Chinese). Acta Petrologica Sinica. 2000, 16(2): 191—193
- [17] 吉林省地质局. 靖宇县幅(1:20 万)区域地质调查报告. 1979. Jilin Provincial Geological Bureau. Report of regional geological survey of Jingyu County map (1:200 000) (In Chinese). 1979
- [18] 刘祥, 向天元. 中国东北中部地区新生代火山和火山碎屑堆积物资源与灾害. 长春: 吉林大学出版社, 1997: 83—105. Liu X, Xiang T Y. Cenozoic volcanoes and pyroclastic deposits in Northeastern China: Resources and hazards (In Chinese). Changchun: Jilin University Press, 1997: 83—105
- [19] 郑瑞伦, 邹天人. 宽甸火山群地质遗迹的地质特征与特殊性. 地质与资源, 2006, 15(1): 75—77. Zheng R L, Zou T R. Geological characteristics and particularity of volcanoes geological relics in Kuandian (In Chinese). Geology and Resources, 2006, 15(1): 75—77
- [20] 中国气象科学数据共享服务网. 中国地面气候标准值年值数据集(1971—2000 年). <http://cdc.cma.gov.cn/dataResult.do>, 2005-04-25. China Meteorological Data Sharing Service System. China international exchange station ground-standard values of the annual value of climate data sets (1971-2000). <http://cdc.cma.gov.cn/dataResult.do>, 2005-04-25
- [21] Busacca A J, Marks H M, Rossi R. Volcanic glass in soils of the Columbia Plateau, Pacific Northwest, USA. Soil Science, 2001, 65: 161—168
- [22] Blakemore L C, Searle P L, Daly B K. Methods for chemical analysis of soils//Lower Hutt, NZ. NZ Bureau Scientific Report 80, NZ Soil Bur, 1987: 44
- [23] Lowe D J, Green B E. A hydrofluoric acid dissolution method for determining volcanic glass content of Tephra-derived soils (Andisols). Soil Chemistry and Mineralogy, 1992, 30: 573—581
- [24] Eden D N. A standard method for determining volcanic glass content in Andosols//DSIR Land Resources Scientific Report No. 2. Lower Hutt, New Zealand: DSIR Land Resources, 1992: 5—12
- [25] Shoji S, Ono T. Physical and chemical properties and clay mineralogy of Andosol from Kitakami, Japan. Soil Science, 1978, 126: 297—312
- [26] Shoji S, Suzuki Y, Saigusa M. Clay mineralogical and chemical properties of nonallophanic Andept (Andosols) from Oregon, USA. Soil Science Society America Journal, 1987, 51: 986—990
- [27] Furkert R J, Fieldes M. Allophane in New Zealand soils. Soil

- Science, 1969, 103: 133—141
- [28] Lowe D J. Controls on the rates of weathering and clay mineral genesis in airfall tephras: A review and New Zealand case study//Colman S M, Dethier D P. Rates of chemical weathering of rocks and minerals. Orlando: Academic Press, 1986; 265—330
- [29] Wada K. Minerals formed and mineral formation from volcanic ash by weathering. Chemical Geology, 1987, 60: 17—28
- [30] Yamada I, Shoji S. Heavy solution method for determination of volcanic glass content in tephras and tephra-derived soils. Soil Science and Plant Nutrition, 1990, 36: 505—509
- [31] 谢萍若. 中国东北土壤化学矿物学特性. 北京: 科学出版社, 2010; 54—65. Xie P R. Chemical and mineralogical properties of the Northeast soils in China (In Chinese). Beijing: Science Press, 2010; 54—56
- [32] 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 of Liaoning Province (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2010, 47(5): 836—846

PROPERTIES AND TAXONOMY OF SOILS DEVELOPED FROM VOLCANO EJECTA INCHANGBAI MOUNTAINS

Han Chunlan Gu Xinyan Liu Yangyang Li Zhen Ji Zhe Wang Qiubing

(College land and Environment, Shenyang Agricultural University, The Ministry of Agriculture in Northeast Area Key Laboratory of Soil and Environment, Liaoning Province Key Laboratory of Agricultural Resources and Environment, Shenyang 110866, China)

Abstract Soils developed from volcano ejecta in Changbai, Longgang and Kuandian were studied for description of morphological properties of the soils and for determination of pH, organic carbon, phosphate retention, iron-aluminium oxides and volcanic glass. Besides, diagnostic horizons, diagnostic characteristics and taxonomy of the soils were discussed in reference to according to the principles and methods of the “Keys to Chinese Soil Taxonomy (3rd ed) and the “Keys to US Soil Taxonomy (The USA 11th ed)”. Results show that soils developed from volcano ejecta should not necessarily be classified as Andosols. The soil on the top of the volcanic cone, Tianchi of the Changbai mountain is poorly developed and should be classified as Primosols, while the soil at the foot of the cone is well-structured and characterized by volcanic ash and hence should be classified as Andosols. The soils on top of the Qingyi mountain in Kuandian and at the foot of the Longgang maintain all display features of volcanic ash and should be classified as Andosols. The soil at the foot of the Da-chuantou maintain in Kuandian falls short of the index of volcanic ash in content of 0.02 ~ 2 mm particles, but it displays a clear Cambic horizon, so it should be classified as Cambosols.

Key words Volcano ejecta; Diagnostic horizons; Diagnostic characteristics; Andosols; Soil Taxonomy

(责任编辑: 檀满枝)