

太白山南坡低山区土壤特性与系统分类*

崔英, 常庆瑞, 李芸, 贾科利, 岳庆玲

(西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100)

[摘要] 以秦岭主峰太白山南坡基带与海拔1 600 m以下土壤为对象, 选取典型剖面进行系统的发生特性及分类研究。结果表明, 供试土壤粘化作用较强, 形成了明显的粘化层; 表层腐殖质含量较高, 土壤呈中性到微酸性反应, 盐基饱和度较低, 淋溶作用强烈; 具有温性土壤温度和湿润土壤水分状况, 其中基带土壤具有铁质特性, 属铁质湿润淋溶土, 海拔1 600 m左右的土壤属于筒育湿润淋溶土。

[关键词] 太白山南坡; 土壤发生特性; 系统分类

[中图分类号] S155.23

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2003)03-0112-05

秦岭山地是黄河水系和长江水系的重要分水岭, 是亚热带湿润气候与暖温带半湿润、半干旱气候的分界线, 同时也是我国南方和北方的一条重要地理分界线^[1]。由于秦岭所处的这种南北交接带位置的特殊性, 因而对秦岭地区的土壤及其垂直带谱的研究, 不但有重要的科学理论意义, 而且对土壤资源合理开发利用和农业生产实践, 也具有重要意义。太白山系秦岭主峰, 海拔3 767 m, 有关北坡土壤的发生特性、系统分类及其垂直带谱结构已有详细报道^[1-5], 但是在南坡还少有这方面的研究。本研究选择太白山南坡不同海拔高度带的典型土壤剖面, 进行系统的发生特性分析, 并按照中国土壤系统分类(修订方案)的原则、依据和方法^[6], 确定其分类位置和名称, 以期建立南坡土壤垂直带谱结构提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤的环境条件

供试土壤采自太白山南坡中低山区, 年平均温度8~14℃, 10℃积温3 200~4 500℃, 年降水量700~850 mm^[1], 其中剖面TS-01(海拔1 290 m)位于基带, 属于暖温带湿润山地气候; 剖面TS-02

(海拔1 550 m)为中温带湿润山地气候。植被均属于落叶阔叶林带, 是太白山树种最复杂、植被类型最多的一个带, 主要植物群落有华山松林、栎林、落叶阔叶混交林^[1]。供试土壤剖面的母岩均为花岗岩, 母质均为坡积物。

1.2 样品采集与剖面特征

土壤分析样品和比样标本按发生层次分层采集, 并按“野外土壤调查记载表”对剖面进行形态描述和景观考察记载。分析样品去除枯枝落叶、根系和石块等, 研磨过筛, 装袋备用。供试土壤剖面特征见表1。随着海拔升高, 表层土壤由淡色变为暗色, 即由剖面TS-01 浊黄橙(10YR 6/4) 剖面TS-02 浊黄棕(10YR 5/3), 这显然与腐殖质的积累有关。两个剖面的B层偏黄, 色调分别为7.5YR和10YR, 土壤干态明度和彩度, 在不同剖面间有些差异, 但层次间差异较小。

1.3 分析项目与方法

测定项目包括pH、有机质、机械组成、阳离子交换量、交换性盐基(K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+})、水解性酸、交换性酸、游离态氧化铁、活性态氧化铁、络合态氧化铁、土体矿质全量(Ca、Mg、Mn、Fe、K、Si、Al、Ti)。均用常规理化分析方法测定^[7-9]。

* [收稿日期] 2002-08-28

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(49941005, 30170790)

[作者简介] 崔英(1978-), 女, 河南安阳人, 在读硕士, 主要从事土地资源与信息技术研究。

表 1 供试土壤剖面的形态描述

Table 1 Profile characters of the experimental soils

剖面编号 Profile No.	采样地点 Sample site	海拔/m Altitude	发生层 Horizon	采样深度/cm Sampling depth	颜色 Colour	质地 (国际制) Soil texture	结构 Structure	松紧度 Compactness	母质 Parent material	母岩 Parent rock	其他 Others
TS-01	周至厚畛子 Houzhenzi of Zhouzhi	1 290	A	0~ 21	10YR 6/4	粘壤土 Clayey loam	团块状 Nodule	稍松 Moderately loose	坡积物 Slope deposit	花岗岩 Granite	少量根系 Few root system
			AB	21~ 45	7.5YR 4/6	粉砂质粘壤土 Silt clay loam	棱块状 Prismatic lump	稍紧 Moderately tight	坡积物 Slope deposit	花岗岩 Granite	
			B ₁	45~ 80	7.5YR 5/6	壤质粘土 Loamy clay	棱柱状 Prism	紧实 Tight	坡积物 Slope deposit	花岗岩 Granite	
			B ₂	80~ 110	7.5YR 6/6	粘壤土 Clayey loam	棱块状 Prismatic lump	紧实 Tight	坡积物 Slope deposit	花岗岩 Granite	
TS-02	周至铁甲树 Tiejia shu of Zhouzhi	1 550	A	0~ 25	10YR 5/3	粉砂质粘壤土 Silt clay loam	团粒状 Granular	松 Loose	坡积物 Slope deposit	花岗岩 Granite	大量根系 Many root system
			AB	25~ 75	10YR 6/4	粉砂质粘壤土 Silt clay loam	棱块状 Prismatic lump	稍松 Moderately loose	坡积物 Slope deposit	花岗岩 Granite	
			B ₁	75~ 115	10YR 7/4	粘壤土 Clayey loam	团块状 Nodule	紧实 Tight	坡积物 Slope deposit	花岗岩 Granite	
			B ₂	115~ 130	10YR 6/4	粘壤土 Clayey loam	棱块状 Prismatic lump	紧实 Tight	坡积物 Slope deposit	花岗岩 Granite	

2 结果与分析

2.1 土壤的机械组成和粘化作用

供试土壤的机械组成见表 2。由表 2 可见, 供试土壤各层均以粉粒为主, 且粉粒含量 > 砂粒含量 > 粘粒含量。其中粉粒含量 360.0~ 473.1 g/kg, 粘粒含量 157.6~ 265.6 g/kg, 砂粒含量 354.0~ 504.6 g/kg。粘粒含量 TS-01 大于 TS-02, 砂粒则相反, 表现为 TS-01 小于 TS-02。剖面 TS-01 的粉/粘为 1.58~ 2.73, TS-02 为 1.84~ 2.91。因此, 供试土壤

两个剖面的粉/粘都 > 1, 说明风化程度都不高, 土壤发育较弱。供试土壤 TS-01 和 TS-02 的 B/A 粘粒比分别为 1.37 和 1.24, A/B 粉粘比分别为 1.40 和 1.58, 均大于 1.2。说明土壤剖面有较强的粘化作用发生, 根据粘化层的判定标准, 说明供试土壤形成了明显的粘化 B 层。而供试土壤剖面 TS-01, TS-02 的 A/B 粉粘比均小于 1.5, 说明供试土壤的 B 层主要为残积粘化作用的结果^[2-5]。同时, 随着海拔高度的升高, 粘粒含量减少, 粉/粘升高, 表明土壤的粘化作用减弱。

表 2 供试土壤的机械组成

Table 2 Mechanical composition of the experimental soils

剖面编号 Profile No.	发生层 Horizon	深度/cm Depth	颗粒组成/(g · kg ⁻¹) Mechanical composition			粉/粘 Silt/clay ratio	B/A 粘粒比 Clay ratio	A/B 粉粘比 Silt/clay ratio
			> 0.02 mm	0.02~ 0.002 mm	< 0.002 mm			
TS-01	A	0~ 21	379.6	427.1	193.2	2.21	1.00	1.00
	AB	21~ 45	354.0	473.1	173.0	2.73	0.90	0.81
	B ₁	45~ 80	315.7	418.6	265.6	1.58	1.37	1.40
	B ₂	80~ 110	360.1	411.5	228.4	1.80	1.18	1.23
TS-02	A	0~ 25	383.5	458.8	157.6	2.91	1.00	1.00
	AB	25~ 75	375.5	456.8	167.8	2.72	1.06	1.07
	B ₁	75~ 115	504.6	360.0	195.4	1.84	1.24	1.58
	B ₂	115~ 130	390.1	402.0	207.0	1.94	1.31	1.50

2.2 土壤的化学性质

供试土壤的化学性质见表 3。由表 3 可知, 供试土壤有机质含量较高, 且表聚性明显, 原因是土壤有机质含量取决于有机质的腐殖化和矿化分解的相对

强弱及动态平衡, 供试土壤植被生长发育好, 植物根系和枯枝落叶丰富, 归还给土壤的有机物质较多, 有机质累积较强; 由于森林植被的枯枝落叶集中在地表, 所以土壤有机质表层含量较高, 向下明显降低。

其中剖面 TS-01 有机质含量低于 TS-02, 因为低海拔地区温度较高, 植被生长旺盛, 有机物质来源丰富, 但由于高温也提高了土壤微生物分解有机质的

速度, 因而土壤有机质的累积不是很强; 随海拔升高, 虽植被的残落物减少, 但微生物的分解能力衰减更快, 反而有利于有机质的累积。

表 3 土壤的一般化学性质

Table 3 General chemical properties of the experimental soils

剖面编号 Profile No	发生层 Horizon	有机质/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) O. M.	pH (H ₂ O)	交换酸/ ($\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$) Exchangeable acid	水解酸/ ($\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$) Hydrolyzable acid	阳离子 交换量/ ($\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$) CEC	盐基总量/ ($\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$) Total base	盐基 饱和度/% B. S	CEC/粘粒
TS-01	A	37.0	6.62	0.00	5.52	14.38	8.86	61.1	74.43
	AB	18.5	6.90	0.22	4.56	11.47	6.91	60.2	66.30
	B ₁	16.8	6.88	0.30	5.87	15.89	10.02	63.1	59.83
	B ₂	14.5	6.79	0.41	4.86	14.48	9.62	66.4	63.40
TS-02	A	43.9	5.94	0.00	10.07	16.92	6.85	40.5	107.36
	AB	36.1	6.23	0.54	7.33	12.69	5.36	42.2	75.63
	B ₁	18.9	6.29	0.58	4.41	10.34	5.93	57.4	48.64
	B ₂	15.4	6.37	0.48	6.19	12.69	6.50	51.2	68.63

由表 3 还可以看出, 供试土壤 pH 值为 5.94~6.90, 呈中性到微酸性反应。交换性酸不高, 水解酸也大多在 10 cmol/kg 以下。阳离子交换量较低, 为 10.34~16.92 cmol/kg , 从阳离子交换量的剖面分布来看, 剖面 TS-01 的 B 层为高值层, 与粘粒聚积层一致, 表明该地区土壤的离子交换能力主要受粘粒控制, 其他因素影响较小; 而剖面 TS-02 的表层 CEC 较高, 这与粘粒的聚积特征不一致, 但与有机质含量变化基本吻合, 表明有机质对土壤 CEC 的贡献较大。交换性盐基以钙、镁为主, 钾、钠甚少, 盐基饱和度为 40.5%~66.4%, 其中剖面 TS-01 大于剖面 TS-02, 表明随着海拔高度的升高, 土壤的淋溶作用增强, 酸度提高。从 CEC/粘粒的数值看, 供试土壤的 CEC/粘粒均大于 24 cmol/kg , 表明粘粒具有较高的活性^[6]。

2.3 土壤的氧化铁特性

氧化铁常被作为有用的指示物, 可很好地反映成土过程和成土环境^[10]。供试土壤的氧化铁特征见表 4。由表 4 可以看出, 供试土壤全铁含量为 43.72~57.40 g/kg , 且剖面 TS-01 高于剖面 TS-

02。游离氧化铁的含量为 17.73~25.60 g/kg , 并且氧化铁游离度较高, 均大于 40%, 其中剖面 TS-01 的游离铁含量和铁游离度都要略高于剖面 T-02。表明随海拔高度的降低, 温度升高, 利于原生矿物风化, 释放出较多的游离氧化铁; 各剖面 B 层游离铁明显高于其他层次, 说明土壤游离铁在剖面中发生了淋溶淀积作用, 并且证明了氧化铁随粘粒而移动和富集结论。剖面 TS-01 的水合系数较剖面 TS-02 低, 即随着海拔升高, 化学风化作用减弱。活性铁含量不高, 为 3.66~5.82 g/kg , 表明土壤铁活化度亦不高, 基本变化为 16.23%~28.08%。海拔高的剖面 TS-02 的铁活化度高于海拔低的剖面 TS-01, 而铁游离度却低于剖面 TS-01, 反映出温暖湿润的气候条件下的土壤发育较好^[4]。络合铁含量为 0.14~1.14 g/kg , 络合度的变化为 0.60%~6.13%。表层的络合铁含量明显高于其他各层, 以下各层逐渐降低, 并且剖面 TS-01 的络合铁含量也明显低于 TS-02, 这是因为土壤有机质含量存在高低差异的缘故。

表 4 土壤的氧化铁形态特性

Table 4 Morphological characteristics of iron oxides in the experimental soils

剖面编号 Profile No	发生层 Horizon	全铁/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) (Fet)	游离铁/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) (Fed)	活性铁/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) (Feo)	络合铁/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) (Fep)	游离度/% Fed/Fet	活化度/% Feo/Fed	络合度/% Fep/Fed	水合系数 Hydration coefficient
TS-01	A	45.94	20.45	3.66	0.51	44.51	17.87	2.52	10.58
	AB	55.23	25.12	4.28	0.29	45.49	24.09	1.63	10.25
	B ₁	57.40	25.60	4.15	0.21	44.60	16.23	0.81	9.64
	B ₂	51.95	23.88	4.09	0.14	45.97	17.10	0.60	10.45
TS-02	A	44.00	17.73	4.80	1.09	40.30	27.07	6.13	11.25
	AB	43.72	18.73	4.79	1.14	42.84	25.60	6.11	11.17
	B ₁	44.09	17.73	4.79	0.76	40.21	27.02	4.26	8.34
	B ₂	49.92	20.74	5.82	0.46	41.55	28.08	2.23	11.21

2.4 土壤的土体化学组成

供试土壤的土体化学组成见表 5。由表 5 可见, 供试土壤矿质元素以硅、铝、铁为主, 其中 SiO_2 含量最高, 约占土壤矿质部分的 70%, Al_2O_3 次之, 再次是 Fe_2O_3 , 三者之和约占土壤矿物部分的 90%。其他元素的含量顺序依次为: $K_2O > MgO > CaO > TD_2 > MnO$ 。供试土壤的两个剖面都具有较高的硅铝率、硅铁率和硅铝铁率, 其中 SiO_2/Al_2O_3 为 7.20~9.57, SiO_2/Fe_2O_3 为 30.25~44.24, SiO_2/R_2O_3 为

5.81~7.87。表明土壤的风化度很低, 原生矿物占有相当比重, 次生粘土矿物含量较低。其中剖面 TS-01 的硅铝率、硅铁率和硅铝铁率值都低于剖面 TS-02, B 层铁铝含量相对较高, 而剖面 TS-02 的则恰恰相反, 说明随着海拔高度的降低, 温度升高, 风化作用增强, 剖面 TS-01 出现了脱硅富铝化现象; 而随着海拔高度的升高, 降水量相对增加, 剖面 TS-02 表现为较强的淋溶作用。

表 5 供试土壤的土体化学组成(占烘干土重)

Table 5 Chemical composition of the experimental soils

剖面编号 Profile No.	发生层 Horizon	$SiO_2/$ ($g \cdot kg^{-1}$)	$Al_2O_3/$ ($g \cdot kg^{-1}$)	$Fe_2O_3/$ ($g \cdot kg^{-1}$)	$K_2O/$ ($g \cdot kg^{-1}$)	$MgO/$ ($g \cdot kg^{-1}$)	$CaO/$ ($g \cdot kg^{-1}$)	$TD_2/$ ($g \cdot kg^{-1}$)	$MnO/$ ($g \cdot kg^{-1}$)	硅铝率 (Sa)	硅铁率 (Sf)	硅铝铁率 (Saf)
TS-01	A	762.2	135.3	45.94	19.00	18.00	21.15	7.58	0.91	9.57	44.24	7.87
	AB	697.8	132.2	55.23	18.46	24.02	-	7.80	1.17	8.97	33.70	7.40
	B ₁	651.1	153.8	57.40	20.07	22.77	11.77	8.19	1.06	7.20	30.25	5.81
	B ₂	639.7	146.8	51.95	21.68	22.81	15.65	8.37	1.12	7.41	32.84	6.05
TS-02	A	654.4	135.1	44.00	17.38	19.60	19.06	6.43	1.08	8.24	39.66	6.82
	AB	676.6	135.3	43.72	17.92	19.13	22.56	9.20	1.15	8.50	41.27	7.05
	B ₁	701.2	139.8	44.09	19.53	19.26	9.81	8.32	1.32	8.52	42.41	7.10
	B ₂	723.3	147.7	49.92	20.61	13.71	3.29	8.49	1.27	8.32	38.64	6.85

2.5 系统分类

供试土壤的诊断层诊断特性及类型归属详见表 6。由表 6 可以看出以下几点:

2.5.1 诊断层与诊断特性 诊断表层: 供试土壤剖面 TS-01 土壤表层厚度 21 cm, 有机质含量 37.0 g/kg, 干态明度 6, 属淡薄表层; 供试土壤剖面 TS-02 土壤表层厚度 25 cm, 有机质含量 43.9 g/kg, 干态明度 5, 盐基饱和度 40.5%, 属暗瘠表层。

诊断表下层: 供试土壤 B 层的粘粒含量明显高于上覆土层, 且 B/A 粘粒比 > 1.2; B 层厚度大于 30 cm。因此剖面 TS-01 和剖面 TS-02 具有粘化层。

诊断特性: A. 土壤温度状况: 根据气候资料的估算, 剖面 TS-01 处于暖温带湿润山地气候带, 年平均气温 10~12, 50 cm 处土温 12~14, 即年均土温 8, 但 < 15, 属温性土壤温度状况。

剖面 TS-02 处于中温带湿润山地气候带。年平均气温 8~10, 50 cm 处土温 10~12, 年平均土温 8, 但 < 15, 属温性土壤温度状况^[11]。

B. 土壤水分状况: 根据气象资料和 Penman 经验公式 $D = E_T/P$ 估算, 供试土壤所在地区年干燥度 0.5~1.0, 但每月干燥度并不都小于 1, 为湿润土壤水分状况^[11]。

C. 盐基饱和度: 供试土壤剖面 TS-01 盐基饱和度 > 50%, 属于盐基饱和土壤。剖面 TS-02, A 层和 AB 层盐基饱和度 < 50%, 属于盐基不饱和土壤, B 层盐基饱和度 > 50%, 属于盐基饱和土壤。

D. 铁质特性: 供试土壤剖面 TS-01 的整个 B 层游离氧化铁的含量都 > 20 g/kg, 且游离度 > 40%, 具有铁质特性。

表 6 供试土壤的诊断层诊断特性及类型归属

Table 6 Diagnostic horizons, characteristics and taxonomic classification

剖面编号 Profile No.	诊断表层 Diagnostic surface horizon	诊断表下层 Diagnostic surface horizon	诊断特性 Diagnostic characteristics	土壤类型 Soil type
TS-01 (1 290 m)	淡薄表层 Ochr epipedon	粘化层 A rgic horizon	温性土壤温度状况, 湿润土壤水分状况, 盐基饱和, 铁质特性 Mesic soil temperature regime, Udic soil moisture regime, Base saturation, Ferric property	普通铁质湿润淋溶土 Typ Fer Udic Luvisols
TS-02 (1 550 m)	暗瘠表层 Umbric epipedon	粘化层 A rgic horizon	湿润土壤水分状况, 表层: 盐基不饱和, B 层: 盐基饱和 Udic soil moisture regime, Surface layer: Base-unsaturated, B layer base: base saturation	普通筒育湿润淋溶土 Typ Hap Udic Luvisols

2.5.2 土壤类型的归属 按照《中国土壤系统分类(修订方案)》进行检索定名,供试土壤均有粘化层,属淋溶土纲。它们均有湿润水分状况,属于湿润淋溶土亚纲。剖面 TS-01 具有铁质特性,归属于铁质湿润淋溶土土类,剖面 TS-02 无其他附加诊断特性,故归属于筒育湿润淋溶土土类。最后根据是否偏离中心概念,是否具有附加过程的特性和是否具有母质残留的特性划分亚类。检索结果两个剖面的土类均只有一个普通亚类,最终检索结果见表 6。

3 结 论

太白山南坡低山区土壤主要理化性质随着海拔高度的升高呈有规律的变化:粘粒的含量相对减少;

土壤呈中性到微酸性反应,并且随海拔的升高,pH 值逐渐降低;盐基饱和度减小,出现了盐基不饱和状态;有机质含量随海拔的升高而增加;土壤全铁、游离氧化铁含量都随海拔升高而降低;土体中 Al_2O_3 相对比较稳定。太白山南坡中低山土壤具有明显的粘化过程、腐殖质化过程和较好的脱硅富铝化作用,淋溶作用强烈,风化发育程度较弱;并且随着海拔高度的升高,土壤的风化发育程度降低,粘化作用减弱,而腐殖化和淋溶作用加强。以《中国土壤系统分类(修订方案)》为依据,供试的太白山南坡两个剖面的土壤分别归属于铁质湿润淋溶土和筒育湿润淋溶土亚类。

[参考文献]

- [1] 陕西土壤普查办公室 陕西土壤[M]. 北京: 科学出版社, 1992
- [2] 常庆瑞,冯立孝,李 岗 太白山北坡垂直带土壤发生特性和系统分类——棕壤、暗棕壤[A]. 现代土壤科学研究[C]. 北京: 农业科技出版社, 1994
- [3] 常庆瑞,李 岗,朱永利,等. 太白山北坡垂直带土壤发生特性和系统分类——腐棕土[J]. 西北农业大学学报, 1995, 23(4): 69- 73
- [4] 常庆瑞,冯立孝,雷 梅 太白山北坡基带土壤发生特性和系统分类[J]. 西北农业大学学报, 1996, 24(4): 50- 54
- [5] 常庆瑞,雷 梅,冯立孝. 秦岭北坡土壤发生特性与系统分类[J]. 土壤学报, 2002, 39(2): 227- 235
- [6] 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(修订方案)[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1995
- [7] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978
- [8] 南京农业大学. 土壤农化分析[M]. 第 2 版. 北京: 农业出版社, 1998
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 第 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000
- [10] Schwemann U. The effect of pedogenic environments on iron oxide minerals[J]. A dvance in Soil Science, 1985, 1: 171- 200
- [11] 陈建飞. 土壤水分和温度状况的估算[J]. 土壤, 1989, 21(3): 160- 162

Genetic characteristics and taxonomy of low zone soils on the southern slope of the Taibai Mountain

CUI Ying, CHANG Qing-ru, LI Yun, JIA Ke-li, YUE Qing-ling

(College of Resource and Environment, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Two soil typical profiles of base zone and zone with an altitude < 1 600 m on the southern slope of the Taibai Mountain were selected to carry out system study. The results showed that the experimental soils have strong clayization, have already formed Argic Horizon; and have the nature of high surface humus, medium and slight acid reaction, low BS, strong soil leaching; mesic soil temperature regime and Udic soil moisture regime. The base zone soil has Ferric property. According to the Chinese Soil Taxonomy (Revised Proposal), the base zone soil belongs to FerUdic Luvisols group and the soil of 1 600 m belongs to HapUdic Luvisols group on the southern slope of the Taibai Mountain.

Key words: southern slope of the Taibai Mountain; soil genetic characteristics; taxonomic classification