

皖南山地土壤系统分类研究*

顾也萍 刘必融

(安徽师范大学, 芜湖 241000)

汪根法 胡罗生

(黄山市土肥站, 黄山市 245000)

黄宣正

(歙县土肥站, 歙县 245200)

摘要 选取皖南四座山地土壤垂直带中 19 个土壤剖面, 研究了土壤成土环境和形成特点。根据《中国土壤系统分类(修订方案)》和《中国土壤系统分类——理论·方法·实践》, 鉴定了诊断层和诊断特性, 确定供试剖面在中国土壤系统分类中的归属。自山下到山上依次为湿润淋溶土(伴有湿润锥形土)——常湿淋溶土(伴有常湿锥形土)——正常新成土亚纲。与不同分类系统中土壤类别归属作了参比, 同时也与福建、江西山地土壤作了比较。

关键词 土壤系统分类, 诊断层, 诊断特性, 皖南山地
中图分类号 S155.1

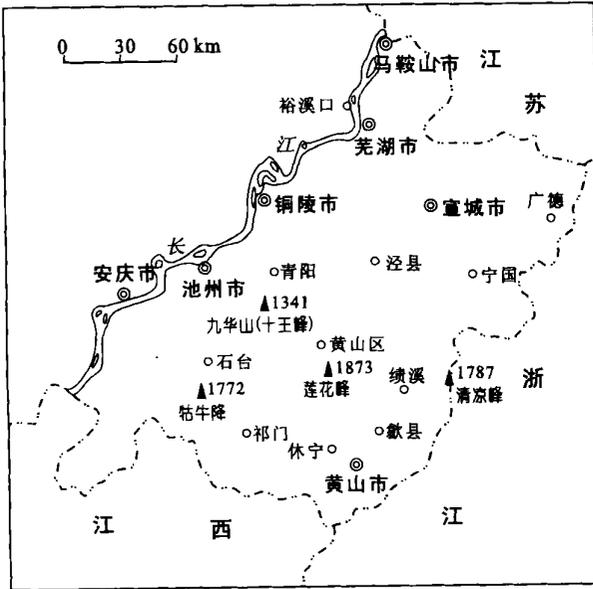


图1 皖南山地位置

Fig. 1 Location map of mountain regions in South Anhui

皖南山地位于安徽省长江以南。北接滨江平原, 东、南、西三面分别与浙西和赣东北部的低山丘陵相连(图 1), 处于我国江南丘陵的北缘, 是北亚热带与中亚热带的过渡地区。全区千米以上的岭峰有上百座, 是皖南山地的核心。皖南山地自然景观垂直变化大, 土壤的垂直分异明显, 并有部分研究报道^[1-4]。但他们都采用土壤发生分类制区分山地土壤的类型, 难以与国际上通用的诊断学分类接轨。作者曾对九华山土壤进行过研究^[5,6], 按照中国土壤系统分类(首次方案)对黄山、清凉峰土壤垂直分布进行过讨论^[7,8]。本文选择皖南四座山地, 试图依据中国土壤系统分类(修订方案)^[9]和《中国土壤系统分类——理论·方法·实践》^[10], 重新确定皖南山地土壤类型的归属, 并与不同分类系统的土壤类别归属作对比, 与国际土壤分类接轨, 而且还与福建武夷山、江西庐山土壤作比较, 讨论它们的异同。

1 成土环境

皖南山地在大地构造上属于扬子凹陷与江南台隆的过渡地带。燕山运动中, 本区发生断裂和大规模的岩浆活动, 黄山、九华山和牯牛降——大历山花岗岩体主要是此期侵入生成的。黄山和九华山耸立

* 国家自然科学基金重点项目(批准号:49831004)、安徽师范大学重点学科基金资助

收稿日期: 2001-02-20; 收到修改稿日期: 2002-01-15

在皖南中央,天目山(包括清凉峰)屹立在皖浙边境,三大山系构成了皖南三组中山地貌。山体高度在 800~1 000 m 之间,其中黄山莲花峰海拔 1 873 m,为全省最高峰,清凉峰海拔 1 787 m,为第二高峰,牯牛降海拔 1 772 m,为第三高峰,九华山十王峰海拔 1 341 m。四座山体的岩石,只有清凉峰是流纹岩和千枚岩,其它三座山地均为花岗岩。

本区属于亚热带湿润季风气候,年平均气温 16.1~7.8℃,年平均降雨量 1 500~2 450 mm(表 1),由于地势高低悬殊,气候垂直变化显著。海拔高度上升 100 m,黄山北坡气温下降 0.47℃,南坡气温下降 0.5℃;降水量随高度上升而增加。南坡递增率 75 mm/100 m,北坡递增率 83 mm/100 m,同高度北坡降水量多于南坡,气温年平均递减率南坡大于北坡。

表 1 皖南山地的气候特点¹⁾

Table 1 Climatic characters of the mountain regions in South Anhui

| 气象站或观测站 | | 年平均气温 | 一月平均气温 | 七月平均气温 | 年降雨量 | 年相对湿度 | 年日照时数 | ≥10℃积温 |
|---------------------|---------|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 站名 | 海拔 | Annual mean temperature (°C) | Mean temperature in January (°C) | Mean temperature in July (°C) | Annual precipitation (mm) | Annual relative humidity (%) | Annual sunshine duration (h) | Accumulated temperature (°C) |
| 青阳县 | 31.5 | 16.1 | 3.1 | 28.7 | 1 721 | 79.67 | 2 106.7 | 5 150 |
| 九华街 | 647 | 13.4 | 0.9 | 25.5 | 2 167.8 | 80.85 | 1 476.6 | 4 300 |
| 太平县 | 193 | 15.5 | 2.9 | 27.6 | 1 537 | 80 | 1 752.7 | 4 867 |
| 黄山光明顶 | 1 840 | 7.8 | - 3.0 | 17.6 | 2 453.5 | 76 | 1 810.2 | 2 322 |
| 歙县 | 169 | 16.4 | 3.8 | 28.0 | 1 498 | 79 | 1 954.9 | 5 164 |
| 清凉峰 ²⁾ | 1 480 | 9.83 | - 2.1 | 20.1 | 2 436 | — | — | 3 125 |
| 祁门县 | 140 | 15.6 | 3.3 | 27.3 | 1 702 | 81 | 1 908.8 | 4 897 |
| 牯牛降顶峰 ³⁾ | 1 726.6 | 9.2 | - 1.9 | 19.7 | 2 210 | 79 | — | 2 679.6 |

1)引自各县、九华街、黄山光明顶气象站资料; 2)1980年绩溪县气象站在清凉峰的观测点; 3)1984年省气象局在顶峰的观测点

自然植被类型,在海拔 600~700 m 以下为常绿阔叶林带,山麓地带受人活动影响大,自然植被为各种经济林或农作物所代替。700~1 000 m 分布着常绿落叶阔叶混交林,800 m 以上山地黄山松渐见增多,1 000~1 400 m 分布有落叶阔叶林,1 400~1 600 m 地段,形成以黄山松为主的疏林地段,1 600 m 以上分布着山地灌丛和山地草甸。

2 形成特点

2.1 轻度富铝化作用

皖南山地土壤总体上处于轻度富铝化阶段。据研究^[3,5,7,8],B 层粘土矿物山麓土壤以高岭石为主,伴有蛭石和水云母,山上土壤以蛭石(绿泥石)及高岭石为主,石英有一定含量,并有三水铝石出现。土壤黏粒硅铝率在 2.20~2.58(表 2),少部分土壤<2.0,主要是与含有一定量的三水铝石有关,并非是湿热条件下高度风化的产物。B 层三氧化物有一定的富集。土体中 SiO₂ 平均含量为 588.2 g kg⁻¹(表 3),Al₂O₃ 为 201.5 g kg⁻¹,Fe₂O₃ 为 46.7 g kg⁻¹,K₂O 为 30.69 g kg⁻¹,与红壤区花岗岩发育的土壤相比^[11,12],铝和铁低于红壤区,钾则高于红壤区,硅有高有低,表现为轻度富铝化特点。按照文献[13,14]土壤元素迁移公式计算结果,如其比值为负值,该元素是累积。山下土壤中 Fe₂O₃ 富集量为-6.87%~-17.19%,Al₂O₃ 富集量为-8.03%~-28.41%。

表 2 主要发生层粘粒化学组成和分子比率

Table 2 Chemical composition and molar ratios of the soil clay fraction in the main genetic horizon

| 山地名称 Location | 经纬度 Coordinates | 剖面号 (海拔) Profile No. (Elevation) (m) | 地点 Location | 发生层 Genetic horizon | 深度 Depth (cm) | 化学组成(g kg ⁻¹) Chemical composition | | | 摩尔比率 Molar ratios | | |
|------------------|-----------------------|--|----------------|------------------------------------|---------------------|---|--------------------------------|--------------------------------|---|--|--|
| | | | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | $\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$ | $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ | $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$ |
| 九华山 | 30°26' N 117°54' E | 九-6 (180) | 红旗电站 | Bt | 12~60 | 431.8 | 324.3 | 72.8 | 1.98 | 2.26 | 15.81 |
| | | 九-7 (820) | 百岁宫 | Bt1 Bt2 | 28~46 46~80 | 446.6 459.7 | 304.8 305.3 | 80.4 79.2 | 2.13 2.19 | 2.49 2.56 | 14.83 15.35 |
| | | 九-8 (1230) | 和尚水井附近 | Bt | 42~70 | 405.5 | 305.9 | 92.6 | 1.88 | 2.25 | 11.69 |
| | | 九-9 (1340) | 十王峰 | A ₁₁ A ₁₂ | 0~15 15~25 | 509.9 353.2 | 224.5 290.3 | 82.2 103.7 | 3.14 1.68 | 3.86 2.07 | 16.56 9.08 |
| 黄山 | 30°16' N 118°10' E | 歙8 (300) | 二龙桥 | Bt | 4~60 | 384.1 | 295.9 | 87.2 | 1.86 | 2.20 | 11.74 |
| | | 歙19 (840) | 慈光阁 | Bw | 45~60 | 335.0 | 301.7 | 100.6 | 1.56 | 1.88 | 6.75 |
| | | 皖4 ¹⁾ (1410) | 半山寺 | Bt | 23~66 | 297.4 | 344.6 | 53.8 | 1.33 | 1.46 | 14.75 |
| | | 歙6 (1580) | 西海 | G | 28~48 | 230.7 | 166.0 | 40.2 | 2.04 | 2.36 | 15.30 |
| | | 皖5 ¹⁾ (1630) | 排云亭 | Bt1 | 20~65 | 356.2 | 254.8 | 61.5 | 2.06 | 2.37 | 15.45 |
| | | 歙17 (1640) | 始信峰 | B _w | 19~29 | 344.2 | 226.1 | 98.3 | 2.02 | 2.58 | 9.34 |
| | | 歙5 (1740) | 天海 | B _w | 20~28 | 265.0 | 162.5 | 114.0 | 1.99 | 2.93 | 6.20 |
| 清凉峰 | 30°07' N 118°55' E | 清3 (400) | 白石路口 | Bt1 | 57~87 | 364.2 | 260.0 | 140.8 | 1.77 | 2.38 | 6.89 |
| | | 清2 (800) | 白云庙 | B _w | 45~95 | 390.6 | 266.4 | 78.2 | 2.09 | 2.49 | 13.28 |
| | | 清1 (1210) | 中山上部 | B _w | 18~35 | 295.3 | 211.3 | 118.9 | 1.75 | 2.37 | 6.66 |
| | | 清4 (1680) | 山顶小平台 | A ₁₁ A ₁₂ | 0~20 20~28 | — — | — — | — — | — — | — — | — — |
| 牯牛降 | 30°03' N 117°28' E | 祁1 (500) | 赤岭 | B _w | 19~74 | 360.3 | 260.1 | 109.5 | 1.72 | 2.35 | 8.78 |
| | | 祁2 ²⁾ (900) | 大历尖 | B | 44~70 | 339.2 | 332.4 | 69.0 | 1.53 | 1.73 | 13.11 |
| | | 祁3 (1320) | 沥溪坞 | Bt | 15~45 | 297.9 | 228.6 | 101.5 | 1.72 | 2.21 | 7.83 |
| | | 牯9 (1700) | 主峰 | A | 0~15 | — | — | — | — | — | — |

1) 引自参考文献[2]; 2) 引自参考文献[4]

表 3 土壤与母质全量组成

Table 3 Composition of total chemical element of the soils and their parent materials

| 山地 名称 Location | 剖面号(海拔) Profile No. Elevation(m) | 层次 Horizon | 深度 Depth (cm) | 主要氧化物(g kg^{-1}) Main oxides | | | | | | | | | |
|----------------------|--|----------------|---------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|-----|------|------------------|------|------------------|-------------------|-------------------------------|
| | | | | SiO ₂ | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | TiO ₂ | MnO | K ₂ O | Na ₂ O | P ₂ O ₅ |
| 九华山 | 九-6 (180) | Bt | 12~60 | 585.2 | 62.9 | 238.7 | 3.1 | 4.5 | 5.6 | 0.53 | 33.7 | — | 0.66 |
| | | C | 170 以下 | 647.3 | 61.1 | 205.8 | 0.9 | 3.4 | 6.2 | 0.69 | 34.9 | — | 0.58 |
| | 九-7 (820) | Bt | 32~90 | 665.0 | 36.3 | 190.3 | 0.7 | 5.5 | 3.9 | 1.66 | 26.4 | 4.0 | 0.05 |
| | | C | 90 以下 | 672.1 | 23.5 | 197.0 | 0.6 | 3.7 | 1.5 | 0.82 | 45.0 | 3.4 | 痕量 |
| | 九-8 (1250) | Bt | 42~70 | 613.8 | 51.8 | 170.1 | 1.0 | 4.4 | 7.4 | 0.83 | 35.2 | — | 0.92 |
| | | C | 70 以下 | 569.3 | 58.3 | 193.3 | 1.3 | 1.6 | 6.2 | 1.53 | 36.6 | — | 0.84 |
| 黄山 | 歙8 (300) | Bt | 4~60 | 464.7 | 60.5 | 267.1 | 3.7 | 11.2 | 5.9 | 0.59 | 27.9 | — | 0.51 |
| | | C | 60~100 | 490.5 | 56.9 | 248.5 | 8.5 | 10.2 | 6.0 | 0.85 | 34.4 | — | 0.50 |
| | 歙19 ¹⁾ (840) | B _w | 45~60 | 655.8 | 42.8 | 165.4 | 3.1 | 10.3 | 6.2 | 0.27 | 29.0 | — | 0.24 |
| | | C | 60~70 | 660.5 | 41.2 | 161.2 | 2.4 | 11.6 | 6.4 | 0.46 | 31.6 | — | 0.19 |
| | 歙17 (1646) | B | 19~29 | 623.2 | 42.8 | 155.5 | 2.8 | 8.3 | 4.2 | 0.35 | 32.2 | — | 0.56 |
| | | BC | 29~70 | 622.8 | 24.2 | 169.7 | 2.0 | 10.2 | 1.9 | 0.35 | 48.2 | — | 0.32 |
| 牯牛降 | 祁1 (500) | B _w | 19~74 | 648.4 | 35.1 | 161.6 | 1.5 | 15.1 | 6.2 | 0.98 | 19.5 | 4.4 | 0.57 |
| | | BC | 74~100 | 696.1 | 28.5 | 159.4 | 0.7 | 12.2 | 5.9 | 0.94 | 19.7 | 3.8 | 0.62 |
| | 祁2 (900) | B | 44~70 | 472.5 | 40.3 | 276.0 | 1.1 | 7.8 | 5.4 | 0.08 | 37.9 | 4.7 | 0.64 |
| | | BC | 70~90 | 519.6 | 38.2 | 268.7 | 3.3 | 1.3 | 3.0 | 0.08 | 48.2 | 5.2 | 0.50 |
| | 祁3 ¹⁾ (1320) | Bt | 15~45 | 565.5 | 47.8 | 189.3 | 1.8 | 8.1 | 3.7 | 0.36 | 33.5 | 2.14 | 0.85 |
| | | C | 45~76 | 613.5 | 32.0 | 179.1 | 3.3 | 4.4 | 3.0 | 0.54 | 37.1 | 3.19 | 0.66 |
| | | B | 均值 | 588.2 | 46.7 | 201.5 | — | — | — | — | 30.6 | — | — |

1) 引自参考文献[4]

游离铁(Fe)含量变化幅度 9.8~18.8 g kg^{-1} (表 4),铁游离度 30%~58%,明显低于红壤区^[11]。游离铁/粘粒值,山下土壤为 3.0%~4.8%,山上土壤为 4.4%~7.4%,山地土壤随海拔高度的增加,游离铁/粘粒值有增加的趋势,这说明山下土壤风化作用较强,游离铁/粘粒值随富铝化程度的增加而减少。

2.2 比较旺盛的生物积累

土壤有机质含量随海拔高度下降而逐渐减少,其原因一方面与水热条件差异有关,同时还与人为干扰程度相联系。土壤表层有机碳含量平均 51.2(± 0.21) g kg^{-1} ($n=15$),最高可达 123.3 g kg^{-1} (表 5),但有机质层不厚,通常在 10 cm 左右,最厚也只有 20 cm。C/N 比随海拔高度上升而变大,山麓土壤 C/N 为 4.7~10.4,山顶 C/N 为 14.8~17,这是因为海拔高度高,气温低,矿化作用慢,腐殖化系数低所造成的。

因生物富集作用,MgO 在土壤中主要表现为富集,富集量差异大,为-10.36%~233.33%。集中在-10%~50%。CaO 和 P₂O₅ 在部分土壤中也有富集。

表4 土壤中不同形态(Fe)的含量

Table 4 Contents of various forms of iron in the soil

| 山地名称 Location | 剖面号 (海拔) Profile No. Elevation(m) | 发生层 Horizon | 深度 Depth(cm) | Fet Fed Feo | | | Fed/ Fet Feo/Fed | | Fed/粘粒 Clay |
|------------------|---|----------------|-----------------|-----------------------|------|------|------------------|------|----------------|
| | | | | (g kg ⁻¹) | | | (%) | | |
| 九华山 | 九- 6(180) | Bt | 12~ 60 | 44.0 | 16.2 | 3.5 | 36.9 | 21.6 | 4.1 |
| | 九- 7(820) | Bt1 | 28~ 46 | 25.2 | 14.6 | 1.0 | 57.8 | 6.7 | 5.0 |
| | | Bt2 | 46~ 80 | 25.6 | 13.7 | 1.0 | 53.4 | 7.2 | 4.6 |
| | 九- 8(1230) | Bt | 42~ 70 | 36.3 | 11.1 | 5.3 | 30.7 | 47.2 | 4.4 |
| 黄山 | 歙8(300) | Bt | 4~ 60 | 42.2 | 14.5 | 2.9 | 34.2 | 20.0 | 3.5 |
| | 歙19(840) | B ₂ | 45~ 60 | 30.0 | 11.6 | 2.0 | 38.6 | 17.0 | 4.8 |
| | | B ₁ | 20~ 65 | 41.0 | 17.5 | 13.6 | 42.7 | 77.4 | 5.4 |
| | 皖5(1630) | B ₂ | 65~ 100 | 44.9 | 15.1 | 8.8 | 33.5 | 58.5 | 4.4 |
| | 歙17(1640) | B _w | 19~ 29 | 30.0 | 15.7 | 11.2 | 52.3 | 71.4 | 7.3 |
| 牯牛降 | 祁1(500) | B _w | 19~ 74 | 25.6 | 9.8 | 4.1 | 38.2 | 15.4 | 3.0 |
| | 祁2(900) | B | 44~ 70 | 28.2 | 15.9 | 1.2 | 56.58 | 7.46 | 5.5 |
| | 祁3(1320) | Bt | 15~ 45 | 32.8 | 18.8 | 7.7 | 57.3 | 42.1 | 7.4 |

2.3 比较明显的淋溶作用

皖南山地土壤在湿润气候条件下,土壤水分不断下移,风化产物化学的和物理的淋溶作用都比较强。随着海拔高度自高到低,粘粒含量逐渐增加,山下土壤中粘粒下移明显,B层粘化率大多>1.2(表5)。土壤呈酸性至强酸性反应,pH值4.5~5.5。盐基淋失较多,B层交换性盐基含量甚低,一般<5 cmol(+)kg⁻¹,盐基饱和度较低,大多<35%,交换性铝占交换性酸总量的85%~95%,说明已有相当数量的铝离子进入交换性复合体,使铝饱和度明显升高。

为阐明土壤中物质的迁移规律,采用土壤元素迁移公式^[13,14]来表示元素的淋聚特征,计算了土壤和母质的迁移量。计算出的正值和负值表示在成土过程中,土壤中某一元素对TiO₂的比值与母岩中某一元素对TiO₂的比值相比,确定该元素是淋失抑或是累积,如其比值相比为正值,该元素是淋失,负值该元素是累积。SiO₂在土壤中表现为淋溶,迁移量差异很大,主要集中在12%~60%。低于热带、南亚热带土壤中硅的迁移量^[16]。CaO在土壤中的迁移量为35.03%~81.48%,K₂O的迁移量集中在18%~70%,P₂O₅的迁移量集中在16%~30%。无论是硅、钙、镁、钾、磷在母质中都表现为淋溶,迁移量都是母质大于土壤。综上所述皖南山地土壤具有较明显的淋溶作用。

3 土壤系统分类依据

中国土壤系统分类是以诊断层和诊断特性为基础,以定量化为特点,能与国际接轨的分类方案。按照中国土壤系统分类的鉴别指标^[9,10],皖南山地研究的土壤剖面所具有的诊断层和诊断特性列于表6。

3.1 诊断层

腐殖质表层 皖南山地土壤植被保护较好,有机碳含量能满足暗沃表层指标,但土层浅薄,厚度均达不到暗沃表层要求。暗瘠表层仅出现在清4号剖面,位于山顶小平台。其他剖面均符合淡薄表层的鉴定指标。

表 5 土壤主要发生层的基本性状

Table 5 Major properties of the main horizon in the soils

| 剖面号 (海拔) Profile No. Location | 发生层 Horizon | 颜色 (干态) Color(dry) | <0.002 mm (g kg ⁻¹) | 粘粒比 Clay ratio | 有机碳 O.C. Total N | 全氮 C/N | pH 值 (H ₂ O) | 交换性酸 Exchangeable acidity $\frac{1}{3} \text{Al}^{3+}$ | 交换性盐 基总量 Total ex- changeable bases (cmol(+)kg ⁻¹) | CEC, 粘粒 Clay | CEC/ 粘粒 Clay | 盐基饱 和度 Base saturation | 铝 饱和度 Al saturation | 铝 粘粒 Al/Clay | KCl 浸提 Al 占粘粒 CEC(%) Al(KCl)/ Clay CEC | | | |
|---|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|----------------------|------------------------|--------------|-------------------------------|---|---|--------------------|--------------------|---------------------------------|------------------------------|--------------------|--|-----------------------|--------------|--------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | (g kg ⁻¹) | (%) | |
| 九-6 (180) | Bt | 亮黄棕 (10YR7/4) | 393 | 1.21 | 4.6 | 0.98 | 4.7 | 5.2 | 0.55 | 5.08 | 5.41 | 13.07 | 33.2 | 26.7 | 40.4 | 48.1 | 12.9 | 38.8 |
| 九-7 (820) | Bt1 Bt2 | 黄色 黄色 (2.5Y8/6) (2.5Y8/6) | 292 296 | 1.23 1.24 | 4.6 4.5 | 0.59 0.39 | 7.9 9.0 | 5.1 5.0 | 0.65 0.53 | 3.91 2.94 | 3.39 4.13 | 10.1 11.1 | 34.7 37.4 | 25.0 23.9 | 34.8 37.4 | 52.8 41.6 | 13.4 9.9 | 38.5 26.5 |
| 九-8 (1230) | Bt | 淡黄色 (2.5Y7/4) | 251 | 1.22 | 13.4 | 2.10 | 7.4 | 5.3 | 0.78 | 4.02 | 2.58 | 9.6 | 38.3 | 26.3 | 26.8 | 61.0 | 16.0 | — |
| 九-9 (1340) | A ₁₁ A ₁₂ | 棕黑色 浊黄棕 (10YR3/2) (10YR5/4) | 219 173 | 1.00 0.79 | 123.3 51.9 | 8.32 3.41 | 14.8 15.2 | 4.6 4.8 | 1.08 0.24 | 9.92 3.44 | 9.09 4.91 | 35.4 18.9 | 161.4 108.9 | 86.8 48.3 | 25.7 26.1 | 52.2 41.2 | 45.2 19.8 | 28.1 18.3 |
| 歙 8 (300) | Bt | 亮红棕 (5YR5/6) | 417 | 1.68 | 7.7 | 0.43 | 10.4 | 5.6 | 0.73 | 6.84 | 4.32 | 11.9 | 28.5 | 26.8 | 36.3 | 51.3 | 16.4 | 57.5 |
| 歙 19 (840) | B _w | 淡黄橙 (10YR7/6) | 245 | <1.2 | 4.5 | 0.40 | 11.3 | 6.0 | 0.30 | 7.57 | 0.91 | 8.8 | 36.0 | 34.6 | 10.4 | 89.0 | 31.1 | — |
| 皖 4 (1410) | Bt | 亮黄棕 (10YR7/6) | 307 | 2.02 | — | — | — | 5.5 | 0.10 | 2.59 | 0.77 | 3.4 | 11.2 | 10.9 | 22.4 | 77.1 | 8.4 | 75.0 |
| 歙 6 (1580) | C | 淡绿灰 (10GY7/1) | — | — | 125.6 | — | — | 4.9 | 0.59 | 7.11 | 2.92 | 10.6 | — | — | 27.5 | 52.5 | — | — |
| 皖 5 (1630) | Bt1 | 亮黄棕 (10YR7/6) | 326 | 1.86 | — | — | — | 5.3 | 0.0 | 1.95 | 0.21 | 2.2 | 6.6 | 6.6 | 9.1 | 90.0 | 6.0 | 90.9 |

续表

| 剖面号 (海拔) Profile No. | 山地 名称 Location | 发生层 Horizon (Elev- vation) | 颜色 (干态) Color(dry) | <0.002 mm (g kg ⁻¹) | 粘粒比 Clay ratio | 有机碳 全氮 | | pH 值 (H ₂ O) | 交换性酸 Exchangeable acidity $\frac{1}{3} Al^{3+}$ H ⁺ | 交换性盐 基总量 Total ex- changeable bases (cmol(+)kg ⁻¹) | CEC ₁ CEC ₂ 粘粒 粘粒 Clay Clay | 盐基饱 和度 Base saturation | 铝饱 和度 Al saturation | 铝 粘粒 Al/Clay | KCl 浸提 Al 占粘粒 CEC(%) Al(KCl)/ Clay CEC | | | | |
|-------------------------------|----------------------|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|----------------------|--------|---------|-------------------------------|--|---|---|---------------------------------|------------------------------|--------------------|--|------|-----------------------|------|------|
| | | | | | | O.C. | Total N | | | | | | | | | C/N | (g kg ⁻¹) | | |
| 嫩 17 (1640) | | B _w | 灰黄棕 (10YR5/2) | 251 | 1.17 | 41.9 | 3.33 | 12.6 | 5.5 | 0.01 | 9.89 | 2.40 | 12.3 | 49.0 | 48.9 | 19.5 | 80.0 | 39.4 | — |
| 嫩 5 (1740) | | B _w | 灰黄棕 (10YR5/2) | 270 | — | 48.8 | — | — | 5.1 | 0.90 | 9.59 | 1.53 | 12.0 | 45.0 | 41.2 | 12.7 | 86.0 | 35.5 | — |
| 清 3 (400) | | Bt1 | 亮红棕 (5YR5/8) | 365 | 1.38 | 4.2 | 0.45 | 9.4 | 4.9 | 0.64 | 13.61 | 1.66 | 15.9 | 41.0 | 41.0 | 10.4 | 89.1 | 37.3 | — |
| 清 2 (800) | | B _w | 浊棕色 (7.5YR6/3) | 240 | 1.06 | 1.75 | 1.16 | 15.1 | 5.2 | 0.47 | 8.16 | 1.38 | 10.0 | 41.9 | 39.7 | 13.8 | 85.5 | 34.0 | — |
| 清 1 (1210) | | B _w | 灰黄棕 (10YR5/2) | 328 | 0.93 | 21.9 | 1.36 | 16.2 | 5.5 | 0.53 | 8.14 | 1.41 | 10.1 | 31.0 | 29.1 | 14.0 | 84.7 | 26.4 | — |
| 清 4 (1680) | | A ₁₁ | 黑棕色 (7.5YR3/2) | 265 | 1.00 | 106.4 | 6.28 | 16.9 | 5.0 | 1.27 | 17.04 | 6.35 | 24.8 | 92.0 | 88.2 | 25.6 | 72.8 | 64.3 | 69.9 |
| 牯 1 (500) | | B _w | 黄棕色 (10YR5/8) | 329 | 1.06 | 5.1 | 0.63 | 8.1 | 4.8 | — | — | 0.66 | 9.7 | 29.5 | — | 6.8 | — | — | — |
| 牯 2 (900) | | Bt | 暗棕色 (10YR3/4) | 352 | 1.46 | 17.7 | 1.02 | 17.4 | 4.5 | — | — | 2.06 | 10.4 | 29.4 | — | 19.3 | — | — | — |
| 牯 3 (1320) | | B _w | 亮棕色 (7.5YR5/6) | 287 | 1.18 | 5.7 | 0.48 | 11.9 | 4.5 | — | — | 1.43 | 9.6 | 33.3 | — | 14.9 | — | — | — |
| 牯 9 ¹⁾ (1700) | | Bt | 黄棕色 (10YR5/8) | 255 | 1.29 | 12.4 | 1.10 | 11.3 | 4.9 | — | — | 2.98 | 8.5 | 33.3 | — | 35.1 | — | — | — |
| | | A ₁₁ | 黑色 (10YR2/1) | 150 | 1.00 | 74.1 | 4.48 | 16.5 | 4.7 | — | — | 9.40 | 17.2 | 114.4 | — | 55.0 | — | — | — |

1)引自参考文献[15]

表 6 土壤剖面的诊断层与诊断特性
Table 6 Diagnostic horizon and diagnostic characteristics of soils profile

| 山地名称 Location | 剖面号 (海拔) Profile No. Elevation (m) | 暗瘠 表层 Umbric epipedon | 淡薄 表层 Ochric epipedon | 雏形 层 Cambic horizon | 粘化 层 Argic horizon | 土壤水分 状况 Soil mois- ture regimes | 土壤温 度状况 Soil temper- ature regimes | 潜育 特征 Gleyic features | 腐殖 质特 性 Humic prop- erties | 铁质 特性 Feric prop- erties | 富铝 特征 Allic prop- erties | 铝质 现象 Alic evid- ence | 盐基 不饱 和 Base unsat- uration | 石质 接触 面 Lithic cont- act | |
|------------------|---|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------|--|---|--------------------------------|---|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--|---|--|
| 九华山 | 九- 6 (180) | | ✓ | | ✓ | 湿润 | 热性 | | | ✓ | | ✓ | | | |
| | 九- 7 (820) | | ✓ | | ✓ | 常湿润 | 温性 | | ✓ | ✓ | | ✓ | | ✓ | |
| | 九- 8 (1230) | | ✓ | | ✓ | 常湿润 | 温性 | | ✓ | | | ✓ | | ✓ | |
| | 九- 9 (1340) | | ✓ | | | 常湿润 | 温性 | | ✓ | | | ✓ | | ✓ | |
| 黄山 | 歙 8 (300) | | ✓ | | ✓ | 湿润 | 热性 | | | ✓ | | ✓ | | ✓ | |
| | 歙 19 (840) | | ✓ | ✓ | | 常湿性 | 温性 | | ✓ | | ✓ | ✓ | | ✓ | |
| | 皖 4 (1410) | | ✓ | | ✓ | 常湿润 | 温性 | | ✓ | | ✓ | ✓ | | ✓ | |
| | 歙 6 (1580) | | ✓ | | | 滞水 | 温性 | ✓ | ✓ | | | 未定 | | ✓ | |
| | 皖 5 (1630) | | ✓ | | ✓ | 常湿润 | 温性 | | ✓ | ✓ | | ✓ | | ✓ | |
| | 歙 17 (1640) | | ✓ | ✓ | | 常湿润 | 温性 | | ✓ | ✓ | | ✓ | | ✓ | |
| | 歙 5 (1740) | | ✓ | ✓ | | 常湿润 | 温性 | | ✓ | | | ✓ | | ✓ | |
| | 清凉峰 | 清 3 (400) | | ✓ | | ✓ | 湿润 | 热性 | | | | ✓ | | ✓ | |
| | 清 2 (800) | | ✓ | ✓ | | 常湿润 | 温性 | | ✓ | | | ✓ | | ✓ | |
| 清 1 (1210) | | ✓ | ✓ | | 常湿润 | 温性 | | ✓ | | | ✓ | | ✓ | | |
| 清 4 (1680) | ✓ | | | | 常湿润 | 温性 | | ✓ | | | ✓ | | ✓ | | |
| 牯牛降 | 祁 1 (500) | | ✓ | ✓ | | 湿润 | 热性 | | | | | 未定 | | ✓ | |
| | 祁 2 (900) | | ✓ | | ✓ | 常湿润 | 温性 | | ✓ | ✓ | ✓ | 未定 | | ✓ | |
| | 祁 3 (1320) | | ✓ | | ✓ | 常湿润 | 温性 | | ✓ | ✓ | | 未定 | | ✓ | |
| | 牯 9 (1700) | | ✓ | | | 常湿润 | 温性 | | ✓ | | | 未定 | 饱和 | ✓ | |

锥形层 主要出现在山地中、上部,在风化成土过程中基本上无物质淀积,未发生明显粘化,但有土壤结构发育的B层。歙19、歙17、歙5、清2、清1和祁1剖面符合条件。

粘化层 主要出现在山地下部和中部。有粘粒淋移淀积,首先土块结构面和孔隙壁上有明显淀积粘粒胶膜存在;其次B层与A层粘粒增量应是在均一母质上,与上覆土层粘粒比 ≥ 1.2 ,皖南山地土壤,A层粘粒大多在15%~40%,绝对增量 $> 4\%$,少数A层粘粒含量 $< 15\%$,绝对增量 $> 3\%$ 。共有9个剖面(表6)符合粘化层鉴定指标。

3.2 诊断特性

按 Penmen 经验公式估算,年干燥度 < 1 ,但每月干燥度并非都 < 1 ,皖南山地基带土壤为湿润水分状况,九-6、歙8、清3和祁1号剖面属之。根据气温垂直递减率和降水递增率推算,并参考地表植被类型,判定皖南山地海拔800m及其以上地区的土壤水分状况为“常湿润”,共有14个剖面具有常湿润水分状况,歙6剖面具有滞水土壤水分状况。

按山地气温垂直递减率和土温及气温关系推算,本区海拔770m以下为热性土壤温度状况,山下九-6、歙8、清3和祁1号剖面属之。海拔770m以上为温性土壤温度状况,有15个剖面属之。

腐殖质特性 除山下土壤(九-6、歙8、清3和牯1剖面)和牯9剖面外,都符合腐殖质特性指标,在100cm深度内土壤有机碳储量 $\geq 12 \text{ kg m}^{-2}$,盐基饱和度 $< 50\%$,B层结构体表面有腐殖质胶膜。

铁质特性 B层细土部分游离铁(Fe) $\geq 14 \text{ g kg}^{-1}$ 或游离铁占全铁 $\geq 40\%$ 。供试剖面九-6、九-7、歙8、歙17、祁2和祁3符合铁质特性鉴定指标。

富铝特性 主要出现在山地中部,粘粒 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 \leq 2.0$,歙19、皖4和祁2剖面符合条件。

铝质现象 出现在山地下部、中部和上部。阳离子交换量 $\text{CEC}_7 \geq 24 \text{ cmol(+) kg}^{-1}$ 粘粒和下列条件中任意2项: $\text{pH(KCl浸提)} \leq 4.0$;铝饱和度 $\geq 60\%$;KCl浸提Al $> 12 \text{ cmol(+) kg}^{-1}$ 粘粒;KCl浸提Al占粘粒CEC的35%或更多。皖南山地土壤除牯牛降土壤剖面因缺少KCl浸提Al和 pH(KCl) 数据,歙6剖面缺少粘粒数据不能确定外,其他14个供试剖面均符合铝质现象鉴定指标。

盐基饱和度除个别剖面牯9外,都 $< 50\%$,为盐基不饱和土壤。歙6号剖面符合潜育特征鉴定指标。歙5、清4、牯9剖面存在石质接触面。

4 供试剖面在中国土壤系统分类制中的类别归属

根据上述确定的诊断层和诊断特性,按照文献[9]和文献[10]进行类别归属(表7)。按照美国土壤系统分类(1998)^[18],世界土壤图单元(1988)^[17],对部分供试剖面进行检索定名,并与我国发生学命名(1998)^[19]作对比,结果列于表8。

5 讨论

5.1 皖南山地土壤系统分类类别的垂直分布特点

皖南山地的成土条件和土壤类型在我国中亚热带北部湿润地区具有一定的代表性。综合四座山地的研究结果,按中国土壤系统分类制^[9,10]皖南山地土壤垂直谱为:自下而上,土壤类型(亚纲)依次为湿润淋溶土(伴有湿润锥形土)——常湿淋溶土(伴有常湿锥形土)——正常新成土(伴有常湿锥形土),正常新成土不仅在山顶,而且在陡坡有着广泛分布,局部地方出现滞水潜育土。四座山地由于经纬度差异很小,土壤类型基本一致。但氧化物迁移富集量略有差异,表现在: SiO_2 迁移量黄山 $>$ 牯牛降 $>$ 九华山, Fe_2O_3 富集量九华山 $>$ 黄山 $>$ 牯牛降, Al_2O_3 富集量黄山、牯牛降 $>$ 九华山。

5.2 与福建、江西山地土壤比较

福建武夷山纬度比皖南山地低近3度,两者主要差异表现在:(1)武夷山土壤^[20]在海拔900m以下为富铁土,皖南山地为淋溶土和锥形土,未出现富铁土。(2)武夷山山顶土壤主要为锥形土,皖南山地则主要是新成土,伴有少量锥形土。(3)武夷山土壤具有富铝特性的土壤多,有铝质现象的土壤少,具铁质特性的土壤也少,而皖南山地土壤具有富铝特性的土壤少,具有铝质现象的土壤多,具有铁质特性的土壤也比武夷山土壤多。(4)同海拔高度粘粒硅铝率武夷山土壤 $<$ 皖南山地土壤。上述差异说明武夷山土壤的风化程度和富铝化过程要比皖南山地土壤强。

表 7 供试剖面在中国土壤系统分类中的归属

Table 7 Classification of the soil profiles in the Chinese Soil Taxonomy

| 地形部位 Landform site | 剖面号(海拔) Profile No. Elevation (m) | 土纲 Order | 亚纲 Suborder | 土类 Group | 亚类 Subgroup |
|-----------------------|---|-------------|----------------|-------------|----------------|
| 山地下部 | 九- 6 (180) | 淋溶土 | 湿润淋溶土 | 铝质湿润淋溶土 | 黄色铝质湿润淋溶土 |
| | 款 8、清 3 (300)(400) | 淋溶土 | 湿润淋溶土 | 铝质湿润淋溶土 | 普通铝质湿润淋溶土 |
| 山地中部、 上部 | 皖 4 (1410) | 淋溶土 | 常湿淋溶土 | 铝质常湿淋溶土 | 强度铝质常湿淋溶土 |
| 湿淋溶土 | 九- 7、九- 8 (820)(1230) | 淋溶土 | 常湿淋溶土 | 铝质常湿淋溶土 | 腐殖铝质常湿淋溶土 |
| | 款 19 (840) | 锥形土 | 常湿锥形土 | 铝质常湿锥形土 | 强度铝质常湿锥形土 |
| | 清 2、清 1 (800)(1210) | 锥形土 | 常湿锥形土 | 铝质常湿锥形土 | 腐殖铝质常湿锥形土 |
| | 款 17 (1640) | | | | |
| | 款 6 (1580) | 潜育土 | 滞水潜育土 | 筒育滞水潜育土 | 普通筒育滞水潜育土 |
| 山地顶部 | 款 5 (1740) | 锥形土 | 常湿锥形土 | 铝质常湿锥形土 | 石质铝质常湿锥形土 |
| | 清 4、牯 9 (1680)(1700) | 新成土 | 正常新成土 | 湿润正常新成土 | 石质湿润正常新成土 |
| | 九- 9 (1340) | 新成土 | 正常新成土 | 湿润正常新成土 | 普通湿润正常新成土 |

注: 剖面祁 1、祁 2、祁 3 因缺少交换性 Al、pH (KCl) 数据, 所属土类尚难鉴定, 故在系统分类中未作归属

表 8 部分供试剖面在不同分类制中的类别对比(亚类)

Table 8 Types of some soil profiles in different classification systems (subgroup)

| 剖面号(海拔) Profile No. Elevation (m) | 发生学分类 ^[19] (1998) Genetic classification | 中国土壤系统分类 ^[10] (1999) Chinese Soil Taxonomy | 美国土壤系统分类 ^[18] (1998) U. S. Soil Taxonomy | 世界土壤图图例单元 ^[17] (1988) FAO/Unesco |
|---|---|---|---|---|
| 款 8 (300) | 黄红壤 | 普通铝质湿润淋溶土 Typ-Al ⁺ Udic Luvisols | 老成弱发育湿润淋溶土 Ultic Hapludalfs | 铁质高活性强酸土 Ferric Alisols |
| 九- 7 (820) | 黄壤 | 腐殖铝质常湿淋溶土 Hum ⁺ -Al ⁺ -Perudic Luvisols | 老成弱发育湿润淋溶土 Ultic Hapludalfs | 普通高活性强酸土 Haplic Alisols |
| 清 1 (1210) | 暗黄棕壤 | 腐殖铝质常湿锥形土 Hum ⁺ -Al ⁺ -Perudic Cambisols | 典型不饱和湿润始成土 Typic Dystrudepts | 不饱和锥形土 Dystric Cambisols |
| 皖 5 (1630) | 棕壤 | 腐殖铝质常湿淋溶土 Hum ⁺ -Al ⁺ -Perudic Luvisols | 老成弱发育湿润淋溶土 Ultic Hapludalfs | 普通高活性强酸土 Haplic Alisols |
| 牯 9 (1700) | 山地草甸土 | 石质湿润正常新成土 Lit-Ud ⁺ -orthic Entisols | 石质湿润正常新成土 Lithic Udorthents | 不饱和薄层土 Dystric Leptosols |

江西庐山纬度比皖南山地低1度,按黄瑞采^[21]、江西红壤^[22]报道经计算得知, $CEC_7 > 24 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ 粘粒,不符合低活性富铁层的鉴别指标,无富铁土。土壤类别有淋溶土、锥形土、新成土和少量潜育土,与皖南山地土壤垂直分布趋势基本一致。但两者也有差异,表现在庐山土壤游离铁含量^[22]比皖南山地土壤高,皖南山地土壤并非所有剖面都具铁质特性。

5.3 对中国土壤系统分类类别鉴定的修订建议

按照文献[10]类别鉴定提出如下修订建议。

(1) 在亚热带湿润气候条件下,尤其在北亚热带与中亚热带过渡地区,发育成淋溶土的可能性较大,淋溶土鉴别也就成为亚热带土壤系统分类中经常遇到的问题。分布在山地丘陵的土壤,由于遭受侵蚀,剥蚀作用原表土层(淋溶层)往往被冲刷,使心土层出露在地表,致使B层粘粒含量比值达不到1.2的指标,粘粒绝对增量也达不到要求,但在土壤结构体表面仍存在明显的淀积粘粒胶膜。因此,建议调整淋溶土检索顺序,把大形态上结构体表面有明显粘粒淀积胶膜放在第一,即把最重要鉴别指标放在首位,将粘化率 ≥ 1.2 ,粘粒绝对增量和厚度指标放在第二位,这样在检索时比较清楚,也不容易产生误解。

(2) 在常湿淋溶土亚纲之下在文献[10]中未设铁质常湿淋溶土土类。皖南山地土壤中有7个剖面具有铁质特性,因7个剖面又具有铝质现象,在归属时都归入“铝质”土类。如只有铁质特性,没有铝质现象的土壤,由于目前没有“铁质”土类,只能归到“筒育”土类。在文献[9]中设立了铁质常湿淋溶土土类。建议应恢复铁质常湿淋溶土土类。

(3) 发育于亚热带山地中、上部的淋溶土和锥形土,有些土壤在强淋溶作用下,使粘土矿物中含有一定量的三水铝石,使粘粒硅铝率 ≤ 2.0 ,具有富铝特性^[9,10],在常湿淋溶土亚纲下,将有富铝特性的土壤单独列入“强度”土类,而在湿润淋溶土和常湿锥形土、湿润锥形土亚纲下未设“强度”土类,使具有富铝特性的土壤只能归入“其他”土类,建议同样也应增设“强度”土类。

中国土壤系统分类在广泛应用后,不断修订,使之更加严密和完善。

致谢 本文承中国科学院南京土壤研究所陈志诚先生指导。土样分析得到浙江农业大学、杭州土壤测试中心和浙江农科院的帮助,在此一并致谢。

参考文献

1. 戴昌达,文振旺,张俊民. 黄山土壤的垂直分布和基本性质. 土壤学报, 1958, 6(1): 54~ 63
2. 四省边界土壤联合考察组. 苏、浙、皖、赣边界山地土壤的特征及其分类研究. 土壤学报, 1986, 23(4): 368~ 374
3. 钱国平,曹树钦. 皖南山地主要土壤的特征和分类问题. 土壤学报, 1992, 29(3): 318~ 327
4. 安徽省土壤普查办公室. 安徽土壤. 北京: 科学出版社, 1996
5. 顾也萍. 九华山之土壤. 土壤学报, 1987, 24(4): 378~ 387
6. 顾也萍. 九华山土壤分类研究新进展. 土壤通报, 1999, 30(3): 97~ 100
7. 顾也萍,黄宣正,胡罗生,等. 黄山土壤特性及分类. 土壤, 1991, 23(5): 246~ 252
8. 顾也萍,刘承鹏,黄宣正. 清凉峰土壤分类研究. 安徽师大学报(自然科学版), 1994, 17(2): 54~ 58
9. 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著. 中国土壤系统分类(修订方案). 北京: 中国农业科技出版社, 1995
10. 龚子同等主编. 中国土壤系统分类——理论·方法·实践. 北京: 科学出版社, 1999
11. 龚子同等著. 华中亚热带土壤. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1983
12. 李庆逵,主编. 中国红壤. 北京: 科学出版社, 1983
13. 李庆逵等. 矿质部分全量分析计算问题的讨论. 土壤分析法. 北京: 中国科学技术出版社, 1958
14. Nikiforoff C C, Drosdoff M. Genesis of a claypan Soil: I. Soil Sci., 1943, 55: 459~ 482
15. 吴有正,潘宝林. 牯牛降的土壤. 韩也良主编. 牯牛降科学考察集. 北京: 中国展望出版社, 1990. 87~ 102
16. 王景,林景亮,庄卫民. 福建红壤和砖红壤性红壤的发生和分类的探讨. 土壤学报, 1987, 24(4): 352~ 359
17. FAO/Unesco. Soil Map of the World, Revised Legend. Rome, 1988
18. Soil Suarvey Staff. Key to Soil Taxonomy(8th Edition). USDA. Washington D. C., 1998
19. 全国土壤普查办公室. 中国土壤. 北京: 中国农业出版社, 1998

20. 陈健飞. 武夷山土壤形成特点与系统分类. 土壤通报, 2000, 31(3): 97~ 101
21. 黄瑞采, 戴朱恒, 陈邦本, 等. 庐山区土壤的特性. 土壤学报, 1957, 5(2): 117~ 135
22. 赵其国, 谢为民, 贺湘逸. 江西红壤. 南昌: 江西科学技术出版社, 1988

TAXONOMIC CLASSIFICATION OF SOILS IN THE MOUNTAIN REGIONS IN SOUTH ANHUI

Gu Ye-ping Liu Bi-rong

(*Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241000, China*)

Wang Gen-fa Hu Luo-sheng

(*Soil Fertilizer Station of Huangshan City, Huangshan, Anhui 245000, China*)

Huang Xuan-zheng

(*Soil Fertilizer Station of Shexian County, Shexian, Anhui 245200, China*)

Summary

This paper deals mainly with soil-forming factors and characters of the mountains in South Anhui. According to the "Chinese Soil Taxonomy (Revised proposal)", and the "Chinese Soil Taxonomy (theory-method-practice)", diagnostic horizons, diagnostic characteristics and attribution in soil taxonomic classification of nineteen soil profiles distributed vertically in the mountain regions. Results showed that Udic Luvisols (Udic Cambisols), perudic Luvisols (perudic Cambisols) and oithic Entisols (perudic Cambisols) were distributed in sequence from foot to top. Comparisons were also made with the soils in the mountain regions in Jiangxi and Fujian in terms of attribution in the Chinese Soil Taxonomy and between attribution of the soils in different soil classification systems.

Key words Soil taxonomy, Diagnostic horizon, Diagnostic characteristics, Mountains in South Anhui