

我国中亚热带山地土壤有机质研究

彭新华¹, 李元沅², 赵其国¹

(1. 中国科学院南京土壤研究所, 江苏 南京 210008; 2. 湖南农业大学资环学院, 湖南 长沙 410128)

摘 要: 本文研究中亚热带地区湖南连云山、万洋山各垂直地带的 A 层土壤的有机质某些性质的垂直变化规律。TC、TN、Kos、HA/FA、总酸度、羧基和酚羟基含量均表现为随海拔的增高而增加的趋势, E_4/E_6 的结果则相反。Ca 键腐殖质变化不明显, Fe、Al 键腐殖质、紧结态腐殖质均随海拔的升高而增加。 $G_0\%$ 和 $G_1\%$ 含量随海拔的升高而减小, $G_2\%$ 含量随海拔的升高而增加, G_1/G_2 比值表现为基带土壤 > 0.5 而山地土壤 < 0.5 。基带土壤中 G_2 组有机碳在复合体有机碳总量中所占的比例较小, 山地土壤中 G_2 组有机碳占的比例却最大, 都超过 50%。聚类分析表明海拔高度对低海拔和高海拔地带土壤的有机质性质的影响小于中间过渡地带。

关键词: 中亚热带, 山地土壤, 有机质, 有机矿质复合体

中图分类号: S153.6⁺21 **文献标识码:** A

土壤有机质是土壤的重要组成部分, 土壤的物理、化学、生物等许多属性都直接或间接地与有机质的存在有关。我国对水平地带性土壤和耕作土壤的有机质的组成和性质研究的较多^[1]。近年来, 山地土壤有机质的研究略见报道^[2~5], 但主要集中在有机碳、HA、FA 以及 HA 的光密度等方面的研究, 而对山地土壤有机矿质复合体及其结合形态的研究尚未见报道。土壤有机质的性质也是土壤系统分类的重要指标, 尤其是有机质性质在小尺度内变异很大的山地土壤, 显得尤为重要^[6]。

我国中亚热带地区分布面积广阔, 水热条件优越, 地形以山地、丘陵为主, 森林土壤资源丰富。针对目前中亚热带山地土壤有机质研究缺乏系统性。为此, 本文在前人的基础上, 拟通过对湖南连云山、万洋山两座山, 揭示中亚热带山地土壤有机质的性质及其随海拔的变化规律, 为我国山地土壤资源的利用与土壤系统分类提供科学依据。

1 供试材料与方法

1.1 供试材料

本文从我国中亚热带选取两座山, 即湖南连云山南坡(113.8°E, 28.5°N)、湖南万洋山西坡(114°E,

26.4°N), 各山垂直土壤的自然条件见表 1, 2, 研究对象均为各土壤样点的 A 层。

1.2 研究方法

1.2.1 有机质的测定

重铬酸钾容量法—外加加热法^[7]

1.2.2 土壤腐殖酸组分的测定

科诺诺娃法^[7], 土壤用 0.1M Na₄P₂O₇ + 0.1M NaOH (pH=13.0) 的混合液提取, 测碳得到腐殖酸; 浸提液加酸调到 pH < 1.5, 测碳得到胡敏酸(HA)。富啡酸(FA)为腐殖酸与胡敏酸之差。

1.2.3 HA 光密度 E_4/E_6 比值的测定

将土壤碱提液加酸后沉淀析出的 HA, 用蒸馏水洗涤直到微显色为止, 然后用 0.05N NaHCO₃ 溶液溶解 HA, 调 HA 的浓度为 0.136 mgC/ml 在波长 465、665 nm 测其光密度^[7]。

1.2.4 HA 含氧功能团的测定

总酸度用 Ba(OH)₂ 法, 羧基用 (CH₃COO)₂Ca 法, 酚羟基为前两者之差^[7]。

1.2.5 有机质氧化稳定性系数(Kos)

袁可能法^[8], 用 0.4N K₂C₂O₇ + 1:1 H₂SO₄ 混合液在 170 °C~180 °C 与样品共煮 5 分钟, 所氧化的有

收稿日期: 2001-04-25; 改回日期: 2001-05-10.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40071055).

作者简介: 彭新华(1972-), 男, 在读博士, 主要从事土壤物理结构方面的研究 email: xhperg@issas.ac.cn.

机碳作为总量(b);用 $0.2N K_2Cr_2O_7 + 1:3 H_2SO_4$ 混合液在 $130^\circ C \sim 140^\circ C$ 与样品共煮 5 分钟,所氧化的为易溶有机碳(a)。

$$K_{\alpha} = \frac{b-a}{a}$$

1.2.6 有机矿质复合体结合态分组测定

土壤通过比重为 2.0 的杜列液(HgI 和 KI 的混合液)在超声波下分离出轻组,重组用 $0.5M Na_2SO_4$ (pH7.0)浸提出 Ca 键结合态腐殖质,继续用 $0.1M Na_4P_2O_7 + 0.1M NaOH$ (pH=13.0)浸提出 Fe、Al 键结合态腐殖质,残留的为紧结态腐殖质^[9]。

1.2.7 有机矿质复合体分组

胶散法^[10] (A. φ. 丘林法),称取未过筛的风干土

样放入高型烧杯加水至规定高度,在规定时间内吸出 $< 10 \mu m$ 颗粒。如此反复操作直至悬浊液接近澄清。所提取部分即为水分散复合体(G_0)。剩余土壤用 $1N NaCl$ 淋洗直至无钙离子反应,经脱钙处理的土壤洗回烧杯中,加水至刻度,按提取 G_0 组步骤分离出钠分散复合体(G_1)。剩余土壤加水研磨不显混浊为止,经研磨所得悬浊液收集到烧杯中,加水至刻度,按提取 G_0 组步骤分离出钠质研磨分散复合体(G_2)。

1.2.8 其它常规分析项目

参照《土壤理化分析》一书。

表 1 连云山山地土壤的自然条件

Table 1 Natural conditions of mountain soils in Lianyun Mountain

编号	土壤名称	采样地点	海拔高度(m)	成土母质	植被类型
03	红壤	山田乡三角塘	140	板岩风化物	竹林
06	红壤	龙伏乡尚武组	150	花岗岩风化物	常绿阔叶林
02	红壤	山田乡善竹坡	160	板岩风化物	铁芒萁、马尾松
05	红壤	龙伏乡枫树组	160	板岩风化物	竹林
04	红壤	山田乡白泥组	188	花岗岩风化物	铁芒萁、马尾松
07	红壤	龙伏乡土地坳	369	花岗岩风化物	杉林
18	山地红壤	龙伏乡上洞村	510	花岗岩风化物	杉树、铁芒萁
10	山地红壤	龙伏乡上洞村	585	板岩风化物	杉树、铁芒萁
11	山地红壤	龙伏乡上洞村	680	花岗岩风化物	杉树、铁芒萁
15	山地红壤	龙伏乡高流湖	695	花岗岩风化物	马尾松
12	山地黄壤	龙伏乡上洞村	840	花岗岩风化物	杉树、竹林
13	山地黄壤	龙伏乡上洞村	950	花岗岩风化物	杉树、常绿阔叶林
17	山地暗黄棕壤	连云山	1100	花岗岩风化物	杉树、常绿阔叶林
16	山地暗黄棕壤	连云山	1155	花岗岩风化物	杉树、常绿阔叶林
14	山地灌丛草甸土	连云山 三清殿	1320	花岗岩风化物	灌丛

表 2 万洋山山地土壤的自然条件

Table 2 Natural conditions of mountain soils in Wanyang Mountain

编号	土壤名称	采样地点	海拔高度(m)	成土母质	植被类型
12	红壤	茶陵县马江乡	150	第四纪红土	马尾松
10	红壤	炎帝公园	260	板岩风化物	常绿阔叶林
09	红壤	炎陵县霞县镇	268	花岗岩风化物	铁芒萁、马尾松
03	山地红壤	炎陵县垅溪乡	610	花岗岩风化物	针、阔叶混交林
01	山地黄壤	桃源洞	870	花岗岩风化物	杉林、毛竹续表 2
02	山地黄壤	桃源洞	1040	花岗岩风化物	楠竹、常绿阔叶林
04	山地暗黄棕壤	青石岗林场	1116	花岗岩风化物	针、阔叶混交林
05	山地暗黄棕壤	大院农场	1293	花岗岩风化物	针、阔叶混交林
07	山地暗黄棕壤	大院农场	1426	花岗岩风化物	常绿阔叶林
06	山地灌丛草甸土	江西坳	1846	花岗岩风化物	灌丛

2 结果与讨论

2.1 土壤有机质含量垂直变化规律

从图1-a, b两座山不同垂直地带土壤的有机质含量的曲线变化来看,土壤有机质含量随着山体海拔高度的增加,呈渐增趋势,这与其他学者的研究结果一致^[2-5,11]。这说明,随着海拔升高,一方面因降水增加,植被生长好,生物积累旺盛;另一方面低温不利于有机质的矿化。但值得注意的一点是,有机质含量最高值不出现在山顶最高处,而是处于山地暗黄棕壤带,这种现象在衡山、哀牢山、戴云山、大巴山也出现。其原因是:1. 山地暗黄棕壤带处于山体最大降水带^[12],雨水充沛,有利于植物的生长;2. 山地暗黄棕壤森林植被茂密,域闭度高,林内比山地灌丛草甸土的湿度大,利于有机质的积累;3. 山顶风力大,气温低,紫外线强,加上土层发育浅,只能生长低矮灌丛,生物量少。因此山地暗黄棕壤有机质聚积量比山地灌丛草甸土要少些。

2.2 土壤有机质某些性质的变化规律

2.2.1 土壤有机质某些性质的垂直变化规律

笔者综合分析连云港、万洋山的垂直地带土壤有机质某些性质,列于表3。

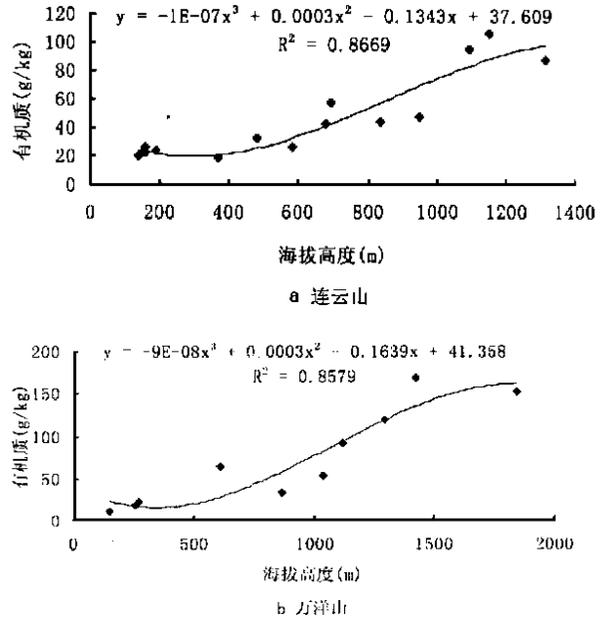


图1 有机质含量的垂直变化

Fig.1 Vertical change of the content of organic matter

表3 各垂直地带土壤有机质某些性质

Table 3 Some properties of soil organic matter in vertical zones

项目	红壤 (9) [#]	山地红壤 (9)	山地黄壤 (4)	山地暗黄棕壤 (5)	山地灌丛草甸土 (2)
HAo. c(g/kg)	1.2±0.58 [*]	2.2±1.32	3.1±0.48	9.8±2.45	10.3±3.47
FAo. c(g/kg)	4.0±0.79	5.1±3.55	8.0±4.29	7.8±1.93	7.5±0.97
HA/FA	0.42±0.13	0.48±0.12	0.47±0.21	1.34±0.55	1.42±0.64
TN(g/kg)	1.3±0.43	2.0±3.14	2.5±3.09	5.0±4.75	6.1±2.07
C/N	10.06±2.28	12.87±1.17	10.27±1.44	13.58±3.19	11.26±0.55
E ₄ /E ₆	6.26±1.18 [*]	6.45±1.81	5.99±1.43	5.56±0.91	4.83±0.03
k _{os}	0.48±0.44	0.58±0.71	0.60±0.13	0.63±0.21	0.75±0.11
总酸度(cmol/kg)	357±47	484±68	602±84	621±48	584±82
羧基(cmol/kg)	211±15.9	246±25	319±43	271±40	333±99
酚羟基(cmol/kg)	146±59.9	239±88	283±76	350±86	252±181

* 平均数±标准偏差; # 括号内为样本数

从表3可知,由基带红壤经山地红壤、山地黄壤、山地暗黄棕壤、山地灌丛草甸土,表土中腐殖质的性质变异很明显。由山麓到山顶,不仅HA、FA的含量逐渐增加,而且胡敏酸/富啡酸(HA/FA)比值也逐渐增大,反映HA的芳化度和分子量由于冷湿程度的增加而增加,腐殖质体系向复杂化方向发展。

E₄/E₆比值通常反映腐殖化程度、芳香物的缩合程度的重要指标^[11]。表3表明,HA中E₄/E₆比值随

海拔的增加而呈逐渐减小的趋势,进一步表明腐殖酸分子中的芳香环缩合度、芳化度随海拔增高而增大。

K_{os}用来衡量有机质氧化稳定性的高低,徐建民^[14]认为在气候的影响下,地带性土壤中有有机质的氧化稳定性有一定的地带规律性,即从北往南,土壤有机质的K_{os}值有渐降趋势。从表3可知,从K_{os}值变化来看,基带红壤的有机质氧化稳定性低,山地

土壤氧化稳性高,并且 K_{os} 值随海拔的升高而增加。这与徐建民结果有相似之处。袁可能^[9]也曾指出 HA/E_4 比值高的土壤,其有机质氧化稳定性就高。可见,氧化稳定性与腐殖酸的芳化度,缩合度有密切的联系。

土壤中全氮(TN)含量随海拔的增加而递增很快,从基带红壤的 1.3 g/kg 增加到山地灌丛草甸土的 6.1 g/kg ,后者将近是前者的 5 倍。

胡敏酸中较活泼的功能团大部分属于含氧功能团,其中最主要的有羧基、酚羟基等,这些功能团可与土壤中的金属离子、粘土矿物、水和氧化物发生相互作用。因此,它们对土壤营养元素的保持与释放,以及对土壤中所进行的物理化学和生物化学反应都有着重要影响。从表 3 可知,总酸度、羧基、酚羟基

呈现随海拔升高有增大的趋势。

2.2.2 土壤有机质某些性质的变化幅度

分布于亚热带地区的六座山的 TC(全碳)、TN(全氮)、 E_4/E_6 随海拔增加幅度见表 4,其中所研究的两座山 TC 的递增幅度为 $3.5(4.9 \text{ g/kg}/100 \text{ m})$,这一结论与 Gallardo^[13] 提出的 $3.3 \text{ g/kg}/100 \text{ m}$ 基本一致。而有的学者的结果较大,如吴甫成^[6] 所研究的衡山为 $45.9 \text{ g/kg}/100 \text{ m}$,这可能是衡山植被生长好有关。这六座山的 TN 的递增率为 $0.12 \text{ g/kg} \sim 1.17 \text{ g/kg}$,而 E_4/E_6 比值的递减率为 $0.014 \sim 0.157/100 \text{ m}$,最大值与最小值相差十倍左右,可见不同山之间存在较大的差别。这主要是不同山的地理位置、走向、受海洋气候影响大小、植被覆盖程度等多种原因的结果。

表 4 TC、TN、 E_4/E_6 随海拔增加幅度

Table 4 Increasing rate of TC、TN、 E_4/E_6 with the ascend of altitude

	连云山	万洋山	衡山 ^[5]	戴云山 ^[4]	哀牢山 ^[2]	贡嘎山 ^[3]
TN, g/kg/100m	0.29	0.42	0.43	0.43	0.12	1.17
E_4/E_6 , 100m	-0.157	-0.047	-0.014	—	-0.074	—
TC, g/kg/100m	3.5	4.9	45.9	8.3	2.2	20.36

2.3 土壤有机矿质复合体

2.3.1 土壤有机矿质复合体分组

有机矿质复合体是普遍存在的土壤胶体,是决定土壤物理、化学及生物学性质的主要物质基础。一方面有机和矿质胶体的复合是形成土壤结构的重要机理,能维持土壤良好的通气和透水性能,使渗透度、持水性、孔性等土壤物理性状得到改善。另一方面,土壤有机矿质复合体有集中和保持土壤养分的作用,大约

50%~90%的土壤 C,60%~90%的土壤 N 和 50%~75%的土壤 P 均分布在各类有机矿质复合体中。因此研究有机矿质复合体有重要的意义^[1]。

万洋山和连云山的山地垂直带土壤的水分散复合体(G_0)、钠质分散复合体(G_1)、钠连云山和万洋山的山地垂直带土壤的水分散复合体(G_0)、钠质分散复合体(G_1)、钠质研磨分散复合体(G_2)随山地海拔高度的变化如图 2。结果表明,水分散复合体(G_0)、钠质分散复

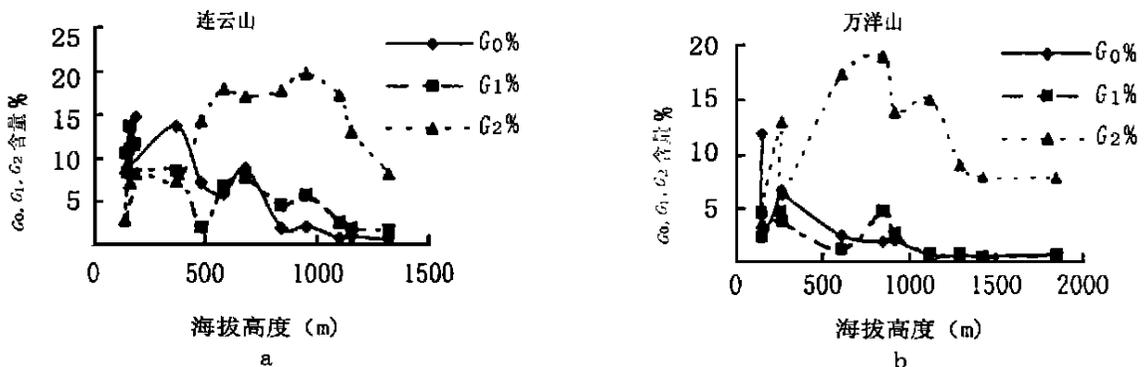


图 2 连云山、万洋山中 $G_0\%$ 、 $G_1\%$ 、 $G_2\%$ 的垂直变化

Fig. 2 Vertical change of $G_0\%$ 、 $G_1\%$ 、 $G_2\%$ in Lianyung Mountain and in Wanyang Mountain

合体 (G_1) 都是随海拔升高而减小, 而钠质研磨分散复合体 (G_2) 是山地土壤大于基带土壤。 G_1 组为胡敏酸钙凝聚的, G_2 组为胡敏酸铁凝聚的^[10]。在亚热带海拔 500m 以下的红壤、黄红壤的粘粒氧化物中以晶质氧化铁和氧化硅为主, 而山地土壤的粘粒氧化物以无定形氧化铁、铝和三水铝石为主, 氧化铁的活化度高^[11, 15, 16]。 Shindo^[17] 也研究得出在 Fe、Al 物质中加入有机物, 有利于有机矿质复合体的形成。因而, 有机质含量高的山地土壤无定形铁、铝较多, 有利于 G_2 组的形成。有机矿质复合体总量 ($G_0 + G_1 + G_2$)% (图 3) 是随海拔升高而呈减小趋势。从图 4 看出 G_1/G_2 比值: 基带土壤 > 0.5 , 而山地土壤 < 0.5 , 并且在山地土壤各地带中变化平稳, 含有有机质较高的山地土壤 G_1/G_2 比值低。从图 5(a, b) 可知, G_0 和 G_1 两组有机碳占复合体总有机碳的比例随海拔的升高而下降很快, 而 G_2 组有机碳占复合体总有机碳的比例随海拔的上升增加很

快。另外, 基带红壤中 G_2 组有机碳在复合体有机碳总量中所占的比例一般低于 30%。而山地土壤中 G_2 组有机碳占的比例最大, 均超过 50%。并且在山地暗黄棕壤、山地灌丛草甸土地带内, G_2 组有机碳达到 80% 以上。因而, 在基带土壤中, G_0 组和 G_1 组对土壤肥力贡献率大; 在山地土壤中, G_2 组对土壤肥力贡献率占绝对优势, G_0 和 G_1 两组作用一般低于 20%。

2.3.2 土壤有机矿质复合体中腐殖质结合形态

将两座山的土壤有机矿质复合体中腐殖质结合形态的性质列于表 5。A ϕ 丘林根据有机矿质复合体中腐殖质与矿物质的结合程度分为三种形态: 游离态腐殖质 (H_1) 以游离的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 腐殖质为主; 稳结态腐殖质 (H_2) 以活性的 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 、三氧化物腐殖质为主; 紧结态腐殖质 (H_3) 是以与土壤矿质胶体呈不可逆的化学结合为主^[8], 但 Xu Jianming^[9] 发现按丘林法去浸提这三种结合态腐殖质时, H_1 中主要是 Fe、Al 键结合的腐

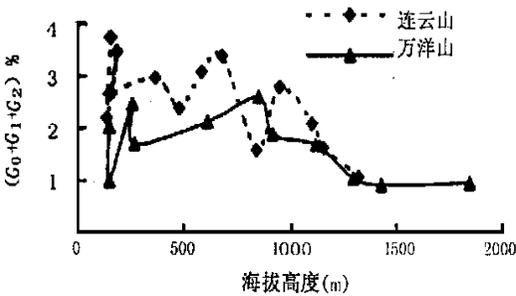


图 3 连云港、万洋山中 (G_0 、 G_1 、 G_2)% 的垂直变化
Fig. 3 Vertical change of ($G_0 + G_1 + G_2$)% in Lianyung Mountain and in Wanyang Mountain

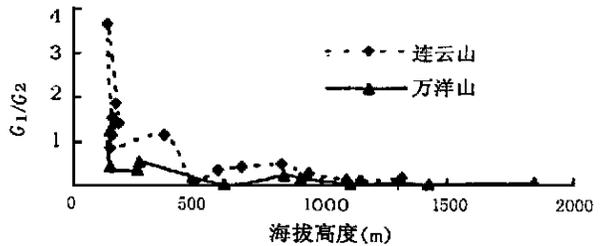
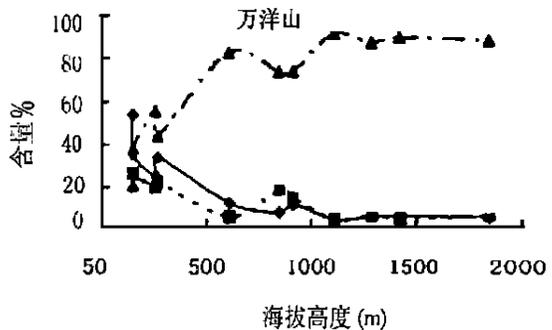
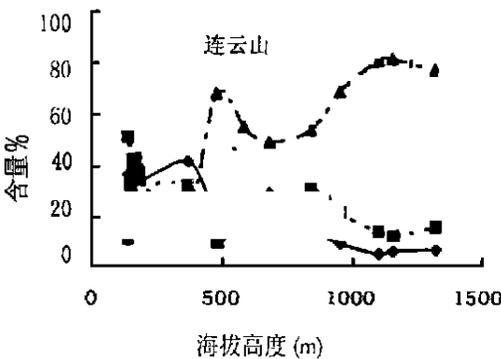


图 4 连云港、万洋山中 G_1/G_2 的
Fig. 4 Vertical change of G_1/G_2 in Lianyung Mountain and in Wanyang Mountain



—●— $G_0/(G_0+G_1+G_2)$ o. c% - - ■ - - $G_1/(G_0+G_1+G_2)$ o. c% - ▲ - $G_2/(G_0+G_1+G_2)$ o. c%

注: $\frac{G_0}{G_0+G_1+G_2} \times 100 = \frac{G_0 \text{ o. c}\% \times G_0}{G_0 \text{ o. c}\% \times G_0 + G_1 \text{ o. c}\% \times G_1 + G_2 \text{ o. c}\% \times G_2} \times 100$; G_1 、 G_2 的算法与之类似

图 5 连云港、万洋山各组有机矿质复合体有机碳的垂直变化

表5 结合态腐殖质的组成和性质

Table 5 The composition and properties of combined humus

土壤类型	Ca 键 _{o.c} g/kg	Fe、Al 键 _{o.c} g/kg	紧结态 _{o.c} g/kg	Fe、Al 键 HA/FA	重组/原土 %	重组 _{o.c} g/kg	复合度 %
红壤(9) [#]	0.40±0.18*	3.70±1.26	5.50±1.13	0.62±0.57	96.0±0.68*	10.2±1.85	85.2±8.59
山地红壤(5)	0.66±0.23	7.10±2.96	11.8±3.24	0.46±0.28	93.7±1.61	22.0±6.09	81.9±8.91
山地黄壤(4)	0.80±0.44	11.1±4.03	12.1±2.68	0.66±0.10	95.2±1.02	20.5±4.25	75.7±5.36
山地暗黄棕壤(5)	0.90±0.46	20.7±3.62	24.7±4.70	0.69±0.29	86.3±5.40	51.5±7.89	68.7±17.2
山地灌丛草甸土(2)	0.50±0.43	21.7±4.39	32.2±14.0	0.99±0.19	84.6±10.7	59.7±17.9	74.0±15.6

* 平均数±标准偏差; # 括号内为样本数

殖质,但也包含少部分Ca键结合的腐殖质。H₂则主要是Ca键结合的腐殖质。因此H₁、H₂、H₃的区分方法并不严格,为此,提出用0.5M NaSO₄浸提Ca键复合体,Fe、Al键复合体用0.1M NaOH+0.1M Na₄P₂O₇提取,本文采用此法研究山地土壤结合态腐殖质的组成和性质。

从表5可知,Fe、Al键复合体,紧结态复合体中的腐殖质均随海拔升高而增大,而Ca键复合体中的腐殖质变化小,并且紧结态复合体中的腐殖质>Fe、Al键复合体中的腐殖质>Ca键复合体中的腐殖质。这是因为在亚热带山地多雨的条件下,Ca²⁺受到强烈淋溶,从而有机体与Ca²⁺结合的很少。在Fe、Al键复合体中HA/FA的比值也随海拔升高而增大。重组/原土%随海拔升高而下降,说明轻组占的比例越来越大,即未分解和半腐解的有机残体随海拔升高而增加,这主要是低温高湿的条件下有机残体分解缓慢,积累的主要是粗有机质。而复合度%随海拔升高而减少,最低值出现在土壤TC含量最高的山地暗黄棕壤。复合度是有机质与无机胶体结合的程度,土壤含轻组

越多,复合度越低,说明轻组对复合度有影响。由此可见,在山地土壤中有机质含量越高,则轻组越多,复合度越低。

2.4 聚类分析

根据土壤有机质的某些性质(表4和表5)分别对连云港和万洋山的25个土壤进行聚类分析(图6):

1. 基带红壤为一类,如连云港的03、06、07、18、10为一类,万洋山的12、10、01为一类;
2. 山地暗黄棕壤与山地灌丛草甸土为一类,如连云港的17、16、14,万洋山的05、06、07;
3. 山地红壤、山地黄壤的聚类各有交叉,并且分类较多,说明此带区所受因素较多。

以上说明海拔高度是影响土壤有机质性质的关键因素,但对低海拔处和高海拔处土壤有机质性质的影响小于中间过渡地带,从图1中变化曲线上也看出有机质含量在低海拔和高海拔处变化较平缓,而在山地红壤和山地黄壤地带曲线较陡。可见从定量的角度,即从土壤系统分类出发,有机质的性质可以作为山地土壤划分的重要依据。

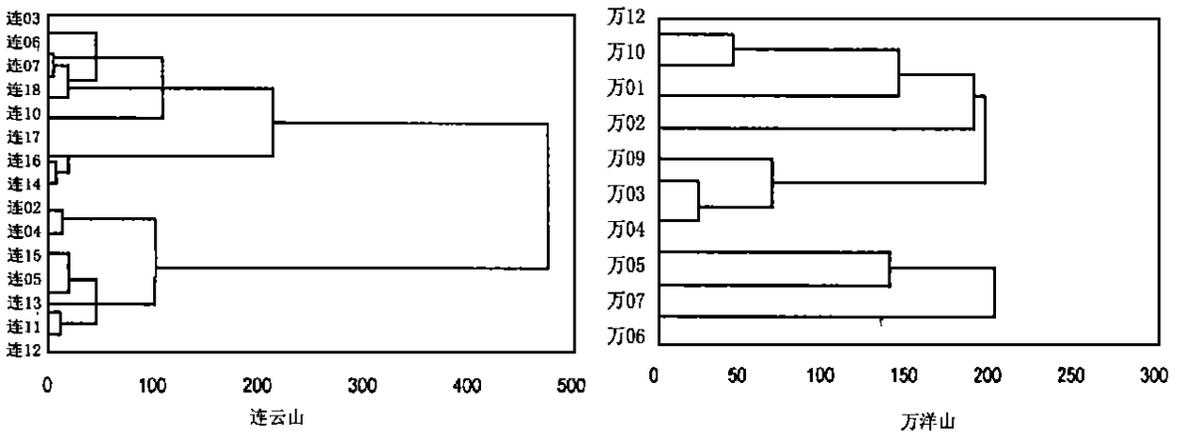


图6 连云港、万洋山山地土壤有机质某些性质的聚类分析

Fig. 6 Cluster analysis for some properties of mountain soil in Lianyung Mountain and in Wanyang Mountain

3 小结

综上所述, 本文主要讨论了中亚热带连云山、万洋山的有机质性质和有机矿质复合体的垂直变化规律。研究结果如下:

1. 有机质性质随海拔的升高向复杂化方向发展;
2. G_0 组和 G_1 组的含量随海拔的升高减小, 而 G_2 组含量与之相反, $(G_0 + G_1 + G_2)\%$ 的总量仍然是随海拔的增加而减小的规律。 G_1/G_2 的比值表现为基带土壤 > 0.5 , 而山地土壤 < 0.5 。在基带土壤中, G_0 组和 G_1 组对土壤肥力贡献率大; 在山地土壤中, G_2 组对土壤肥力贡献率占绝对优势, G_0 和 G_1 两组作用一般 $< 20\%$;
3. Ca 键腐殖质含量少, 且其海拔变化不明显, Fe, Al 键腐殖质、紧结态腐殖质均有随海拔的升高而增加的趋势。
4. 根据聚类分析的结果, 山地土壤有机质的性质和有机矿质复合体的性质可以作为山地土壤划分的重要指标。

参考文献:

- [1] 熊毅, 李庆逵. 中国土壤[M]. 北京: 科学出版社, 1987. 390~417.
- [2] 徐跃, 张世聪. 哀牢山北段土壤腐殖质组成的垂直分布和腐殖质特性的研究[J]. 生态学杂志, 1989, 8(2): 5~9.
- [3] 王良健. 贡嘎山东坡森林土壤有机质的垂直分布规律研究

[J]. 国土与自然资源研究 1994, 3: 29~33.

- [4] 郭成达. 戴云山土壤腐殖质的初步研究[J]. 土壤, 1984, 16(2): 48~52.
- [5] 吴甫成. 衡山山地土壤有机质的研究[J]. 湖南师范大学学报, 1997, 20(1): 85~90.
- [6] 龚子同等. 中国土壤系统分类[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [7] 严昶升. 土壤肥力研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1988.
- [8] 袁可能. 土壤有机矿质复合体研究, I 土壤有机矿质复合体中腐殖质氧化稳定性的初步研究[J]. 土壤学报, 1963, 11(3): 286~292.
- [9] Xu Jianming, Yuan Keneng. Dissolution and Fraction of Calcium-Bound and Iron- and Aluminum-Bound Humus in Soils[J]. Pedosphere, 1993, 3(1): 75~80.
- [10] 熊毅, 等. 土壤胶体-土壤胶体研究法[M]. 北京: 科学出版社, 1985. 40~67.
- [11] 何忠俊, 马路军. 大巴山北坡土壤特性及其垂直分布[J]. 西北农业大学学报, 1998, 26(1): 82~88.
- [12] 周淑贞. 气象学与气候学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1985. 244~245.
- [13] Gallardo H, Lancho J F. Relationship between Soil O. M Content and Altitude in the El Jerte River Valley Centent Spain[J]. Anales De Edafologiy Agrobiologia, 1986, 45(4-6): 843~846.
- [14] 徐建民, 袁可能. 我国地带性土壤有机质氧化稳定性的研究[J]. 土壤通报, 1995, 26(1): 1~3.
- [15] 徐风琳, 李学恒, 黄巧云. 鄂湘两省土地土壤粘粒矿物的研究, II 莽山北坡土壤中的粘粒矿物[J]. 土壤学报, 1992, 29(1): 48~55.
- [16] 赵其国, 等. 江西红壤[M]. 南昌: 江西科学技术出版社, 1988. 60~197.
- [17] Shindo H, Huang P M. Catalytic Effects of Manganese (IV), Iron (III), Aluminum and Silicon Oxides on the Formation of Phenolic Polymers[J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1984, 48: 927~934.

Studies on Organic Matter of Mountain Soil in Mid-subtropical Zone in China

PENG Xin-hua¹, LI Yuan-yuan² and ZHAO Qi-guo¹

(1. Institute of Soil Science, Chinese Academy of Science, Nanjing 210008;

2. Department of Resource and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha, 410128 China)

Abstract: A study was carried out to know the vertical change of the properties of mountain soils in Mid-subtropical zone in China with altitude. Sampling the surface soils from the south slope of the Lianyun Mountain and the west slope of the Wanyang Mountain in Hunan province, this paper reveals the properties of organic matter including TC, TN, Kos, HA/FA, total acidity, carboxyl group and phenolic hydroxyl group increase with the ascend of altitude, but the E_4/E_6 ratio is opposite. The content of the calcium-bound humus is low, and doesn't show the obvious change with the altitude. And the contents of the iron- and aluminum-bound humus and the tightly combined humus increase with the rise of altitude.

The amount of $G_0\%$ and $G_1\%$ decreases whereas the amount of $G_2\%$ increases with the rise of altitude. The ratio of G_1 to G_2 is higher in basic soil than in mountain soil. The former is more than 0.5, and the latter is less than 0.5. The percentage of G_0 and G_1 organic carbon in the total organic carbon of organo-mineral complexes decreases quickly with the rise of altitude, but that of the G_2 fraction is opposite. In basic soil, the organic carbon of G_2 fraction is less than that of the other two fractions, and it is the most content of the three fractions in mountain soil, which is more than 50%. Therefore the G_0 and G_1 fractions contribute much to the soil fertility in basic soil, and so does the G_2 fraction in mountain soil. Cluster analysis is used in the Liyun mountain soils and the Wanyang mountain soils respectively. The properties of soil organic matter in bottom and upper zone of the mountain are more influenced by the altitude than in middle zone.

Key words: mid-subtropical zone, mountain soil, organic matter, organo-mineral complexes

《山地学报》征订征稿启事

《山地学报》系中国自然科学核心期刊、中国科技论文统计源期刊、中国科学引文数据库源刊, 已入“万方数据资源系统 (ChinaInfo) 数字化期刊群”, 并入编《中国学术月刊(光盘版)》和《中国期刊网》。被多种文摘类刊收录, 曾获全国、中国科学院、四川省优秀科技期刊奖。

《山地学报》是目前我国唯一专门报道山地科学研究理论与山区开发、环境整治、生态建设实践相结合的综合性科技期刊。内容涵盖自然科学与人文科学两大门类中与山地有关的多学科知识, 重点报道山地资源开发与山地生态环境演变、山区工程建设与山地灾害防治(滑坡、泥石流、水土流失、山洪等)、山区社区发展与城镇规划、山区经济发展与产业结构调整等领域的理论文章、应用技术、研究和实验方法、管理经验等内容。适合于从事上述工作的科技人员、决策者、管理干部和大专院校师生阅读、参考; 适合于各级综合图书馆(室)、政府的国土资源、水利电力、农林牧等部门的资料(信息)室收藏。

《山地学报》为双月刊, 8个印张, 彩色图片封面, 不定期增设理论前沿、研究方法、实用技术、学术动态、新书介绍和书评等栏目。定价不定, 仍为每期10元, 由四川省德阳市邮政局发行, 全国各地邮局均可订购, 也可来函直接向本刊编辑部订购。

联系地址: 成都市一环路南二段10号中科院成都山地所《山地学报》编辑部

联系人: 冯海燕 联系电话: (028) 5223826 邮编: 610041

E-mail: SDYA@chinauournal.net.cn 或 Hyfeng@imde.ac.cn Http: //WWW.CNKI.NET/SDYA

欢迎订阅, 欢迎赐稿。欢迎刊登文字或图片信息。