

百花山山地土壤中有有机质的垂直分布规律^①

吕贻忠 张凤荣 孙丹峰

(中国农业大学资源与环境学院 北京 100094)

摘要 本文测定了北京百花山山地典型土壤剖面各发生层的有机质含量、腐殖酸组分、可见光谱, 利用相关分析方法计算了有机质与海拔高度之间的相关系数。结果表明: 有机质与海拔高度的相关系数为 0.94, 呈显著相关水平; 各剖面土壤腐殖质分析结果表明, 该山地土壤的 HA/FA 值、 E_4/E_6 值随着海拔高度的升高而呈现上升趋势。

关键词 有机质; HA/FA; E_4/E_6 ; 北京山区

中图分类号 S153.6

不同的土壤发生过程导致土壤层次的分异而产生不同的剖面特征。在这些剖面特征中比较直观的是土壤颜色、土壤厚度、土壤结构、土壤质地等特征。这些物理特征往往是看不见的各种化学过程的反映。因此, 研究土壤发生过程中的化学特征的演变, 更有助于了解土壤形成的本质和机理。目前对于山地土壤垂直带谱分类的研究较多^[1,2], 对我国热带山地、高寒山地的有机质分布的研究也有报道^[3~5]。北京百花山山地土壤在华北地区的山地土壤中具有一定的代表性, 研究该山地土壤有机 C 的含量及组分的变化规律, 对认识山地土壤发生规律和分类有一定的科学价值。

1 土壤样品采集与分析方法

1.1 研究样区土壤立地条件概述

研究样区在距北京市区约 100 km (直线距离 70 km 左右)的北京市西部的门头沟区百花山地区。百花山属于太行山脉, 其最高峰海拔 1991 m, 是北京市的第 4 高峰, 在北方温带山地土壤垂直分布中具有一定的代表性。

百花山地区海拔高度相差很大, 随着海拔高度的增加, 气候有明显的垂直分异, 海拔每升高 100 m, 气温降低 0.6℃。同时海拔高度越高, 降雨量越大, 蒸发量减少, 土壤湿度变大, 故植被也表现一定的垂直分布规律。百花山地区山地植被从下到上可分为 3 个带: 低山灌丛和灌草丛带、中山松栎桦林带、山顶草甸带^[1]。山坡坡向的不同引起阴、阳

坡水热条件的差异是影响北京山地植被分布的重要因素。阴坡水分条件较好, 阴湿, 其森林带出现的海拔高度比阳坡低 100 多 m, 喜欢阴湿的植物群落较多。

1.2 样品的采集

在百花山附近进行了详细的土壤调查, 为了研究百花山山地垂直带谱的土壤发生过程和理化性质的差异, 在不同海拔处挖掘典型土壤剖面, 共采集 16 个土壤剖面, 并对 16 个土壤剖面进行了剖面观察描述, 按发生学层次进行土壤样品的采集; 采集后的样品风干后进行土壤有机质含量、组分的分析。本文选取 16 个剖面中 10 个典型剖面分析了土壤有机质在垂直带上的累积特征和变化规律。

1.3 样品分析方法

土壤样品风干后, 制备成 80 目的分析样品。土壤有机质的分析方法为重铬酸钾外热源氧化-硫酸亚铁滴定法、土壤有机质的分组采用丘林法 (浸提剂为 0.1 mol/L NaOH + 0.5 mol/L 焦磷酸钠^[6]), 土壤质地分析采用吸管法^[2]。

土壤腐殖质组分的测定和 HA 光密度 E_4/E_6 比值的测定: 见科诺诺娃法^[7]。

2 结果分析与讨论

2.1 垂直带典型土壤剖面的质地分析

随着海拔高度的逐渐升高, 百花山地区的土壤类型依次发生变化。根据张凤荣等^[1]的研究结果, 山地土壤土系划分主要应根据土层厚度, 所以将 16

①北京市自然科学基金重点项目(6031001)和国家自然科学基金课题(49831004)资助。

个土壤剖面分为薄、中、厚 3 个土系。其中黄安村 2 号、龙王村 3 号和张家铺子村 1 号等 3 个剖面为薄层土；黄安坨村 1 号、黄安坨村 2 号、百花山 2 号和百花山 4 号等 4 个剖面为中层土；其余的 9 个剖面为厚层土。按《中国土壤系统分类》划分，属于均腐土的剖面有 8 个，多在海拔 1200 m 以上的山地；属于新成土的剖面有 3 个，均在海拔 800 m 左右的低山，植被盖度低，这可能是人为破坏自然植被后，水土流失加速，原来的土层被冲蚀变薄，而岩石风化成土缓慢的缘故；4 个剖面属于锥形土，

均具有淡薄表层和锥形层，半湿润土壤水分状况，温性土壤温度状况；1 个剖面属于淋溶土。按土壤地理发生分类划分，上述典型剖面的土壤分别属于普通褐土（黄安坨村 6 号）→山地淋溶褐土（黄安坨村 5 号）→山地碳酸盐褐土（黄安坨村 4 号）→山地生草棕壤（黄安坨村 3 号）→山地棕壤（黄安坨村 1 号、2 号、百花山村 2 号、3 号、4 号、5 号）→山地草甸土（百花山 1 号）^[1]。

表 1 是 10 个典型剖面上各层土壤的质地分析。从表 1 可以看出：各剖面土壤以壤土为主，砂粒的

表 1 百花山垂直带土壤质地分析

Table 1 Soil texture of soils in the altitudinal belt on the Baihua Mountains

剖面	层次深度 (cm)	砂粒 (g/kg)	粉粒 (g/kg)	黏粒 (g/kg)	剖面描述
百花山 1 号 (海拔 1750 m)	0~11	284.1	609.4	106.6	阳坡。非常暗的灰棕色(10YR3/2) Ah 层, 剖面为厚达 60 cm 以上的安山岩风化残坡积物, 壤土, 屑粒状结构, 无石灰反应, 含 300 g/kg 左右的岩石碎屑。
	11~31	149.6	683.8	166.6	
	31~48	135.5	661.3	203.2	
	48~60	167.4	639.4	193.2	
	60~70	163.0	628.4	208.6	
百花山 2 号 (海拔 1550 m)	0~8	463.0	389.6	147.5	阳坡。表层有厚 2~3cm 的半分解的枯枝落叶层, 石屑含量>350 g/kg, 安山岩风化物, 剖面通体无石灰反应。
	8~35	257.5	599.1	143.5	
百花山 3 号 (海拔 1490 m)	0~8	433.6	472.8	93.6	阳坡。表层有厚 3~4 cm 的半分解的松针层, 以下厚度为 60 cm 左右的黑色(7.5YR2/1)的松软 Ah 层, 团粒结构, 石屑含量 <100 g/kg, 为安山岩, 剖面通体无石灰反应。
	8~60	172.4	693.1	134.5	
百花山 4 号 (海拔 1350 m)	0~10	157.6	717.3	125.1	阳坡。表层有厚 2~3 cm 的半分解的枯枝落叶层, 以下厚度 30 cm 左右的非常暗的灰色(7.5YR3/1)的松软 Ah 层; 屑粒结构, 无石灰反应, 石屑含量 350 g/kg 左右, 安山岩风化物。
	10~30	127.8	684.2	188.1	
黄安坨 1 号 (海拔 1300m)	3~10	362.3	493.1	144.6	阴坡。表层有厚 2~3 cm 的枯枝落叶层, Ah 层为非常暗的灰棕色(10YR3/2), 团粒结构, 松软; 并无多少石块碎屑; 下伏安山岩基岩; 剖面通体无石灰反应。
	10~40	340.7	507.6	151.7	
	>40	182.9	590.5	226.5	
黄安坨 2 号 (海拔 1210 m)	0~17	216.2	611.1	172.7	阴坡。表层枯枝落叶层不明显, 并无多少石块碎屑; 下伏安山岩基岩; 通体无石灰反应。
	17~35	434.9	402.8	162.2	
黄安坨 3 号 (海拔 1130 m)	0~13	230.8	589.2	180.0	西坡。非常暗的棕色(10YR2/2) Ah 层, 屑粒结构, 松散, 石屑含量 300 g/kg(V/V)左右, 下伏安山岩基岩; 剖面通体无石灰反应。
	13~40	174.4	676.1	149.5	
	40~60	175.0	784.8	40.3	
黄安坨 4 号 (海拔 1000 m)	0~22	191.0	615.6	193.4	西坡。暗黄棕色(10YR4/6) Ah 层; 剖面通体为粉砂壤质石灰性黄土(新黄土)状物质, 强石灰性反应, 中部假菌丝体明显, 屑粒结构;
	22~40	153.1	652.3	194.6	
	40~92	184.0	600.8	215.2	
	92~140	123.4	619.9	256.7	
黄安坨 5 号 (海拔 990 m)	0~20	134.4	540.7	324.9	阳坡。暗棕色(7.5YR4/6) Ah 层; 剖面通体为粉砂壤质非石灰性黄土(老黄土), 无石灰性反应;
	20~100	173.5	562.2	264.3	
	100~130	193.0	504.9	302.2	
黄安坨 6 号 (海拔 920 m)	0~23	197.6	616.1	186.3	阴坡。有非常暗的灰棕色(10YR3/2) Ah 层, 剖面为厚达 60 cm 以上的安山岩风化残坡积物, 无石灰反应, 含 300 g/kg 左右的岩石碎屑。
	23~70	297.8	539.8	162.3	
	70~115	335.7	482.2	182.1	

注：砂粒(1~0.05 mm); 粉粒(0.05~0.002 mm); 黏粒(<0.002 mm)。

平均含量为 228 g/kg, 粉粒的平均含量为 592 g/kg, 黏粒平均含量为 180 g/kg。安山岩属于中性火山喷出岩, 主要由 700 g/kg 左右的斜长石和 300 g/kg 左右的角闪石组成, 也含有少量的石英和正长石; 调查剖面的质地多为壤质土或粗骨壤质土。黄安坨 4 号剖面通体为粉砂壤质石灰性黄土(新黄土)状物质, 强石灰性反应, 中部假菌丝体明显, 屑粒结构, 土层厚度 >150 cm。除此之外, 多数剖面土壤较薄, 下伏基岩为安山岩。在海拔较低处的黄安坨剖面 6 号和百花山剖面 4 号的下部有高达 300 ~ 350 g/kg 的安山岩砾石碎屑, 为典型的坡积物。

2.2 百花山地区土壤有机质的垂直分布特征

随着海拔高度的增加, 表层土壤有机质的含量呈明显的增加趋势。从表 2 可以看出, 山顶处土壤表层中的有机质含量最高, 达 92.7 g/kg, 远远高于京郊农田土壤的有机质含量, 据调查, 上世纪 90 年代京郊露地菜地土壤有机质含量平均值为 27.1 g/kg^[8]。可见山顶低温和潮湿气候显著地促进了土壤有机质的积累。而较低海拔处的土壤有机质含量显著降低, 表层土壤中有有机质含量最低的是海拔 990 m 处的黄安坨 5 号剖面, 其表层中的土壤有机质含量仅为 9.0 g/kg, 仅为山顶 1 号剖面表层中土壤有机质含量的 1/10, 二者相差十分悬殊, 这充分说明了海拔高度的变化对土壤有机质累积过程的显著影响。

表 2 百花山山地土壤剖面上各层土壤有机质含量及其特征值

Table 2 Soil organic matter contents and their characteristic values in soil layers of the soil profiles on the Baihua Mountain

剖面	层次 (cm)	有机质 (g/kg)	E ₄ /E ₆	HA/FA	pH
百花山 1 号 (海拔 1750 m)	0~11	92.7	6.10	1.52	6.63
	11~31	65.3	5.31	1.37	6.79
	31~48	42.0	4.88	1.36	6.76
	48~60	22.7	4.56	1.26	7.26
	60~70	19.1	2.99	0.83	7.05
百花山 2 号 (海拔 1550 m)	0~8	81.4	4.68	1.54	6.38
	8~35	6.69	4.23	1.23	6.79
百花山 3 号 (海拔 1490 m)	0~8	75.1	5.57	1.62	6.72
	8~60	6.77	2.37	0.72	7.11
百花山 4 号 (海拔 1350 m)	0~10	68.2	4.64	1.28	6.78
	10~30	42.4	2.78	0.59	6.89
黄安坨 1 号 (海拔 1300m)	3~10	61.3	3.13	1.38	8.68
	10~40	52.8	-	-	7.82
	>40	28.3	-	-	6.26
黄安坨 2 号 (海拔 1210 m)	0~17	5.09	4.03	1.08	7.17
	17~35	9.8	3.12	1.36	7.52
	35~40	9.8	3.12	1.36	7.52
黄安坨 3 号 (海拔 1130 m)	0~13	32.5	5.82	1.56	7.67
	13~40	29.2	-	-	7.24
	40~60	20.4	-	-	7.23
黄安坨 4 号 (海拔 1000 m)	0~22	22.6	3.94	1.45	8.35
	22~40	23.6	-	-	8.69
	40~92	6.8	-	-	7.37
	92~140	5.4	-	-	8.23
黄安坨 5 号 (海拔 990 m)	0~20	9.0	2.64	1.36	7.65
	20~100	5.1	-	-	7.99
	100~130	4.1	-	-	7.99
黄安坨 6 号 (海拔 920 m)	0~23	36.1	2.68	0.81	7.17
	23~70	12.4	-	-	6.63
	70~115	1.9	-	-	7.91

土壤表层中有机质含量与海拔高度有极显著正相关关系。对所采用的 10 个典型剖面所分析的表层厚度,除黄安坨 5 号剖面为 22 cm 外,其余均在 10 cm 左右。由于土壤有机质含量均随着土壤剖面深度的增加而强烈变化,在同一地区,用大致相同厚度的表层土壤的有机质来分析海拔高度与有机质之间的关系具有一定的可比性。从表 3 可看出,土壤有机质和海拔高度强烈地正相关,相关系数高达 0.94 ($n=10$),其相关曲线见图 1。

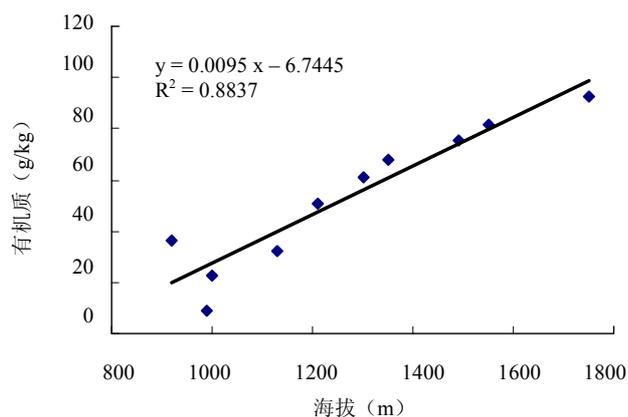


图 1 土壤有机质与海拔高度的相关关系 ($n=10$)

Fig. 1 Correlation of SOM with the altitude

造成土壤有机质上述变化概率的主要原因是水热条件与植被类型。首先是随着海拔高度的变化,影响土壤有机质积累的土壤水热条件发生有规律的变化。在山地,往往随着海拔高度的升高,气温和降雨量都逐渐增加,山地降雨量与土壤有机质含量有显著的相关关系^[7]。土壤有机物质的降解主要受微生物活动的控制。土壤湿度和温度是影响微生物活动的主要因子。随着海拔高度的上升,气温和土壤温度逐渐减低,海拔高度每上升 100 m,温度降低 0.6 °C;随着土壤温度的降低可能导致微生物活动的减弱,使有机质降解速率减小而促进有机质的积累。其次,随着山体海拔高度的升高,山地的立地气候条件不断地发生变化,从而导致不同海拔处的植被类型发生有规律的变化。在百花山地区,山地植被从下到上可分为 3 个带:低山灌丛和灌草丛带、中山松栎桦林带、山顶草甸带。不同的植被类型,其生物量和凋落物数量有较大的差异,凋落物的组成也有较大的差异,同时能够进入土壤中的有机物数量也有较大的差异。森林植被的生物量较大,尤其是落叶阔叶林每年能形成大量的凋落物,但森

林土壤的凋落物主要集中在土壤表面,而草类植物具有较大的根茎比,每年进入土壤的凋落物中死亡的根系占有较大的比例,灌木根茎比居于二者之间。由于凋落物在空间上的分布不同,表层土壤腐殖质层的厚度和含量都有较大的差异^[10]。

从表 2 可以看出,在山顶草甸植被下,土壤有机质含量最高。山顶的主要植物有菊科、蓟科,水蓼,苔草等,属于“五花草甸”类植被,植被盖度 100%。植株生长茂盛,生物量较大,山顶温度低,土壤有机质的降解速率较低,导致表层土壤中的有机质含量很高;土壤有机层深厚,在土壤剖面 70 cm 处,土壤有机质含量仍达 19.1 g/kg。在百花山 2 号至黄安坨 2 号剖面点植被均为中山松栎桦林带,乔木,主要植物有华北落叶松、杂有桦,其郁闭度 90% 以上;林下植被为灌木胡枝子、草本苔草等,植被盖度 100%;地表均有 2~3 cm 的枯枝落叶层,故表层土壤有机质含量较高,但其亚表层土壤有机质含量急剧减少,表现出森林土壤有机质剖面分布的典型特征。从山顶再往下,植被类型属于中山灌草丛带,由于植物的根茎比增大,地表凋落物数量减少,而地下根系的凋落物增加,使得表层的枯枝落叶明显减少,因此其表层土壤有机质含量也明显降低,只有山地草甸的 1/3~1/10;但有机质在剖面上的垂直变化比较平缓,表层与亚表层的土壤有机质含量相差不大。

该山地土壤有机质含量的垂直变化受质地的影响较小。从表 3 可以看出:该山地土壤表层有机质含量与黏粒含量呈较强的负相关关系,而与砂粒含量呈较强的正相关关系。这可能是由于所有剖面的土壤质地比较接近,均属于壤质或粗骨壤质土壤,质地对土壤养分累积的影响没有海拔的影响大,从而造成有机质与海拔高度成正比,而与黏粒含量呈反比;黏粒与海拔高地也呈反比,而砂粒则相反。一般在相同的气候条件下,土壤有机质含量与土壤中的黏粒含量呈正相关。该山地土壤有机质的累积与黏粒含量没有表现出正相关关系,说明在山地垂直带上,影响土壤有机质积累的因素主要是立地的水热条件与植被类型。而且由于径流侵蚀作用,土壤黏粒含量与海拔高度的相关关系和有机质与海拔高度的相关关系相反,从而掩盖了黏粒对土壤有机质积累的影响。

该地区土壤多呈中性反应,与土壤有机质及腐殖质特征值之间没有明显的相关关系。从表 2 可以

看出,土壤剖面多数为中性反应,pH 值在 6.26~8.69 之间。剖面调查也表明多数剖面通体没有石灰反应。黄安坨 4 号剖面的母质通体为粉砂壤质石灰性黄土(新黄土)状物质,强石灰性反应,中部假菌丝体明显,因而土壤的 pH 值较高。相关分析表明土壤有机质、腐殖质组分及其光谱特征值与 pH 之间没有明显的相关性(表 4)。但并不说明土壤 pH 值对

土壤有机质和腐殖质的组成和性质没有影响。一般在中性或微碱性条件下,土壤处于盐基饱和状态,胶体上大量的 Ca、Mg 离子的存在有利于土壤腐殖质分子的缩合,形成较大分子量的化合物,因而其 HA/FA 值较大,土壤 pH 值太高或太低都不利于腐殖质分子的缩合。所调查剖面表层土壤的 HA/FA 值除黄安坨 6 号略低于 1.0 外,其他都>1.0(表 2)。

表 3 百花山垂直带表层土壤有机质特征与海拔高度、颗粒组成之间的相关系数(n=10)

Table 3 Correlation coefficients of soil organic matter characters with elevation and soil particle composition (n=10)

	海拔	有机质	E ₄ /E ₆	HA/FA	砂粒	粉粒	黏粒
海拔	1.00						
有机质	0.94*	1.00					
E ₄ /E ₆	0.71*	0.60*	1.00				
HA/FA	0.55	0.31	0.66*	1.00			
砂粒	0.65*	0.63*	-0.11	-0.20	1.00		
粉粒	-0.30	-0.26	-0.10	0.11	-0.83*	1.00	
黏粒	-0.73*	-0.75*	0.34	0.20	-0.59*	0.03	1.00

注: * 表示 5%置信水平下显著相关,下同。

表 4 各层土壤有机质含量、腐殖质特征值与 pH 之间相关系数(n=18)

Table 4 Correlation coefficients of soil organic matter content and humus characters with pH (n = 18)

	有机质	E ₄ /E ₆	HA/FA	pH
有机质	1			
E ₄ /E ₆	0.59 *	1		
HA/FA	0.44 *	0.72 *	1	
pH	-0.34	-0.36	0.10	1

土壤腐殖化过程是土壤的重要成土过程,腐殖质的积累主要受土壤湿度、温度及地表凋落物数量的影响。一般用胡敏酸与富里含量之比(HA/FA)来表示土壤腐殖质的组分特征。百花山山地土壤从山脚到山顶,其成土的立地条件从暖干逐渐向湿冷过渡。湿冷条件有利于腐殖质向分子量大、结构复杂化、芳化程度高的方向发展^[4]。

从表 2 可以看出,在各土壤剖面上,腐殖酸的 HA/FA 值和 E₄/E₆ 值呈下降趋势,这主要是由于在土壤中富里酸的迁移性比胡敏酸高,容易从剖面上部向下部移动。在由基带普通褐土经山地淋溶褐土、山地生草棕壤、山地棕壤到山地草甸土的垂直带谱中,表土中腐殖质的性质变异很明显。由山麓到山顶,不仅有机质含量增大,而且 HA/FA 比值也逐渐增大,反映腐殖质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。

分析表明随着海拔高度的升高,土壤腐殖质的 E₄/E₆ 比值区域减小。土壤腐殖质分子量的大小与其分子结构的复杂程度可以从其光谱学特性得到反映,E₄/E₆ 值通常是反映胡敏酸的腐殖化程度、芳香物缩合程度的重要指标。胡敏酸的 E₄/E₆ 值越大,其芳香化程度越高,分子结构愈复杂。表 2 表明,HA 中 E₄/E₆ 比值随海拔的增加而呈逐渐增大的趋势,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。

该地区土壤有机质和各项指标间的相关关系不同。通过对 E₄/E₆ 值和 HA/FA 值的相关分析可知,二者具较明显的正相关关系,决定系数 R² 为 0.48 (n = 20); 而有机质含量与 HA/FA、E₄/E₆ 值之间没有明显的相关性,这与该山地土壤表层中半腐解物质

或枯枝落叶数量差异较大有关。在腐殖酸中胡敏酸分子结构比富里酸分子复杂的多,因此其芳化程度比富里酸大,随着海拔高度的升高,在腐殖酸组成中,不仅胡敏酸的比例有逐渐上升的趋势,而且其芳化度也有逐渐升高的趋势。所以, E_4/E_6 值和 HA/FA 值具有较显著的正相关关系。胡敏酸和富里酸本质上是分子量不同的腐殖酸,它们在结构单元上是相似的。 HA/FA 比值的大小实际上受腐殖酸分子缩合和降解动态平衡过程的影响。一方面百花山山体上下的植被组成有明显的差异,山体上部以草本植被为主,而山体中部和下部以灌木和乔木为主,基部以农作物为主。木质素含量多的有机质在真菌的酸性降解下易形成小分子量的富里酸;山下自然土壤开垦为农田后,在翻耕等人为扰动下,通气性增加,可能加速大分子腐殖酸的降解而变为小分子量的腐殖酸,从而导致腐殖酸特征的变化^[11]。原生林砍伐后演变成次生林,土壤有机质和养分都会发生明显的退化^[12, 13]。

该地区土壤有机质各指标与海拔高度之间具有显著的正相关关系。从表 3 还可以看出: HA/FA 和 E_4/E_6 值与海拔高度之间仅表现为较强的正相关关系;说明随着海拔高度的升高,土壤腐殖质中胡敏酸的比例增加,而且芳化程度升高。尽管有机质的含量与土壤黏粒之间没有表现出正相关关系,但 E_4/E_6 值、 HA/FA 值与黏粒含量呈正相关关系,与砂粒含量呈负相关关系,这说明土壤黏粒可以促进腐殖酸分子的缩合,有利于大分子胡敏酸的形成。在该山地土壤系列中,质地较细土壤中的腐殖质的 HA/FA 值较高。因此,分析土壤腐殖质的特征值对正确分析土壤有机质内在本质是必要的手段和方法。

3 结论

通过以上分析,对于本文分析的百花山地区山地土壤系列,其土壤有机 C 累积过程有以下几点特征:

(1) 在一定的海拔范围内,随着山体海拔高度的上升,从基带土壤普通褐土→淋溶褐土→山地粗骨褐土→山地生草棕壤→山地棕壤→山地草甸土,土壤有机质含量有升高的趋势;相关分析表明表层土壤有机质含量、全 N、全 P 与海拔高度成显著正相关关系,这是由于随着海拔高度的升高,气温和土壤温度逐渐降低,土壤湿度增大,有机质的累积

速率增大,有利于土壤有机质的积累。

(2) 土壤随着海拔高度的升高,土壤的水气热条件不断发生变化,从而导致土壤腐殖质性质的变化。从山地基带土壤普通褐土开始到山顶草甸土,土壤腐殖质的 HA/FA 值、 E_4/E_6 值有上升的趋势,说明随着山体海拔高度的上升,腐殖质结构趋于复杂化,缩合度和芳化度提高。

(3) 在该地区,土壤腐殖质的 E_4/E_6 值和 HA/FA 值之间呈显著的正相关关系,且与黏粒含量呈正相关关系,与砂粒含量呈显著负相关关系。

参考文献

- 1 张凤荣,王印传,李红.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
- 2 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
- 3 王凉健.贡嘎山东坡森林土壤有机质的垂直分布规律研究.国土与自然资源研究,1994,(3):29~33
- 4 彭新华,李元沅,赵其国.我国中亚热带山地土壤有机质研究.山地学报,2001,19(6):489~496
- 5 陈庆强,孙彦敏,沈承德,彭少麟,易惟熙,姜漫涛,李志安.华南亚热带山地土壤有机质更新特征的定量研究.地理科学,2002,22(2):196~201
- 6 文启孝.土壤有机质研究法.北京:农业出版社,1984
- 7 蒋端生.南岳森林土壤有机质的研究.湖南农业科学,2001(2):26~29
- 8 樊淑文.北京近郊菜田土壤养分及施肥情况.蔬菜,1999,(6):25
- 9 乔本梅,安守文.西太行山中段森林土壤有机质的研究.山西农业大学学报,1994,14(3):326~328
- 10 柯夫达著(陆宝树,周礼凯,李玉山译).土壤学原理.北京:科学出版社,1981
- 11 Yang YS, Chen GS, Yu XT. Soil fertility in agroforestry system of Chinese fir and villous amomum in subtropical China. Pedosphere, 2001, 11(4): 341~348
- 12 庞学勇,刘世全,刘庆,林波,吴彦,何海,包维楷.川西亚高山人工云杉林地有机物和养分库的退化与调控.土壤学报,2004,41(1):126~133
- 13 田昆,贝荣塔,常凤来,陆梅,莫剑锋.香格里拉大峡谷土壤特性及其人为活动影响研究.土壤,2004,36(2):203~207

ALTITUDINAL DISTRIBUTION OF SOIL ORGANIC MATTER IN SOILS ON BAIHUA MOUNTAINS

LV Yi-zhong ZHANG Feng-rong SUN Dan-feng

(*College of Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing 100094*)

Abstract Analysis of characteristics of the soils on the Baihua Mountains in the suburbs of Beijing was conducted by determining SOM contents, HA/FA and E_4/E_6 ratios in soil genetic layers. The results revealed that the SOM, total N and total P were strongly correlated with the altitude. SOM showed a good correlation with the altitude ($r = 0.94$). Clay content affected SOM accumulation.

Key words Soil organic matter, HA/FA, E_4/E_6 , Beijing mountainous areas