秦岭北坡垂直带谱土壤腐殖质特性研究

常庆瑞 雷梅 阎湘

(西北农业大学资源与环境科学系, 陕西杨陵 712100)

摘要 土壤剖面分析得出, 秦岭北坡土壤腐殖质丰富, 胡敏素和腐殖酸含量相当, 富里酸 > 胡敏酸。除耕地外, 腐殖酸均以活性部分为主, 其中胡敏酸的游离度很低, 富里酸的则较高。随海拔升高, 土壤腐殖质含量增加, 胡敏素的比例下降, 腐殖酸特别是活性部分明显提高; 同一剖面自上而下游离腐殖酸逐渐增多。下层与上层、结合态与游离态、耕地和针叶林与灌丛草甸相比, 腐殖酸的芳化度增高。

关键词 秦岭北坡, 土壤腐殖质, 腐殖酸组分, 光学性质
中图分类号 S153.622

土壤腐殖质是非常重要的土壤物质, 对土壤的一系列性质和形态产生影响, 其数量、组成和性质可以反映一定的成土条件和过程, 是区分土壤类型的重要诊断指标之一, 同时也是土壤肥力的主要标志。因此在秦岭北坡土壤研究中, 对垂直带谱土壤腐殖质特性进行论述, 以期为山地土壤分类和土壤资源开发利用提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 成土条件

供试土壤位于秦岭主峰太白山北坡不同地貌类型和生物气候带, 各剖面土壤类型和所处的环境条件如表 1。

表 1 太白山北坡土壤类型和环境条件

剖面编号	土壤类型	地貌及海拔(m)	母岩母质	年均温(°C)	≥10°C 积温	降水量(mm)	植被
TN-01	筒育干润淋溶土	山前丘陵 720	第四纪黄土	12	4000	650 800	农田: 种植小麦、油菜、玉米, 栽植苹果、核桃、柿子、梨等
TN-02	筒育湿润淋溶土	中山 1920	花岗岩片麻岩残积坡积物	8~9	2700	800 1100	针阔混交林: 锐齿栎、华山松、辽东栎、胡枝子、绣球、华桔竹
TN-03	筒育冷凉淋溶土	中山 2730	片岩、片麻岩残积坡积物	4	2000	900	针叶林: 冷杉、云杉、密枝杜鹃、枇杷、蔷薇、菊科、禾本科草类
TN-04	暗沃寒冻锥形土	高山 3400	花岗岩碎屑残积物	-2	-	800 900	灌丛草甸: 密枝杜鹃、怀服柳、高山绣线菊
TN-05	暗瘠寒冻锥形土	高山顶 3600	片麻岩残积冰碛物	-5	-	750 800	草甸草原, 禾叶蒿草、苔草须草、早熟禾

1.2 材料与方法

供试材料 选择上述各剖面, 按诊断层次分层采集土壤样品, 作为分析材料。

测试项目和方法 有机质: $K_2CrO_7-H_2SO_4$ 氧化法; 腐殖质组成: 科诺诺娃法^[1]; 活性

收稿日期 1996-12-12

课题来源 校青年专项科研基金资助项目“秦巴山区土地开发利用研究”

作者简介 常庆瑞, 男, 1959年生, 副教授, 硕士

腐殖酸和胡敏酸光学性质,熊田法^[2]。

2 结果分析

2.1 腐殖质及其组成

供试土壤腐殖质组成如表 2 所示。

表 2 太白山北坡土壤腐殖质组成

剖面	层次		有机质 (g/kg)	有机碳 (g/kg)	胡敏酸碳		富里酸碳		胡敏素碳		PQ $\frac{HA}{HA+FA}$
	符号	深度 (cm)			含量 (g/kg)	占有机碳 (%)	含量 (g/kg)	占有机碳 (%)	含量 (g/kg)	占有机碳 (%)	
TN-01	A	0~22	13.96	8.10	1.73	21.30	1.66	20.48	4.714	58.22	0.51
	AB	22~50	10.79	6.26	1.21	19.28	1.86	29.67	3.20	51.05	0.39
	B	50~93	9.51	5.52	0.73	13.22	2.21	40.04	2.56	46.74	0.25
	BC	93~110	6.90	4.00	0.54	13.52	1.29	32.19	2.17	54.29	0.30
TN-02	A	10~17	38.01	22.05	5.25	23.83	6.18	28.04	10.61	48.13	0.46
	AB	17~28	16.40	9.51	1.50	15.78	2.89	30.35	5.15	54.14	0.34
	B1	28~43	10.83	6.28	0.91	14.41	1.74	27.71	3.64	57.89	0.34
	B2	43~71	6.10	3.54	0.31	8.80	1.03	28.98	2.20	62.22	0.23
	BC	71~102	3.22	1.87	0.14	7.32	0.86	45.75	0.88	46.93	0.14
TN-03	A	0~26	77.49	44.95	11.34	25.23	14.54	32.34	19.07	42.43	0.44
	AB	26~39	22.54	13.07	3.31	25.31	5.51	42.17	5.24	40.06	0.38
	B	39~102	10.11	5.86	0.91	15.44	2.74	46.79	2.21	37.77	0.25
TN-04	A	0~20	131.48	76.26	17.12	22.45	21.14	27.72	38.01	49.83	0.45
	AB	20~90	35.25	20.45	4.91	24.03	8.93	43.68	6.60	32.29	0.35
TN-05	A	0~18	55.65	32.28	6.88	18.46	14.04	37.67	16.36	43.87	0.33
	AB	18~53	19.59	11.36	2.42	21.30	7.81	68.71	1.14	9.99	0.23

注:HA为胡敏酸,FA为富里酸。

2.1.1 腐殖质数量特征 从 TN-01~04 腐殖质含量逐渐增高,特别是诊断表层上升将近 10 倍;1 m 有效土层 1 m²有机质含量依次为 14.01,16.07,36.62 和 63.63 kg。这是由于低海拔有机物来源较少,高温干燥,微生物分解强烈,有机质积累少;高海拔则相反,腐殖质合成较强。TN-05 土壤腐殖质又趋减少,其原因是该剖面所在的山顶,温度降低,湿度减小,风力强劲,植被生长受到严重限制,土壤接受的有机物质较少;再加上砾石和碎块状的冰碛物母质,微生物活动较弱,矿质化增强。

TN-02~04 腐殖质在剖面的分布是表层很高,向下锐减,表聚性明显;土表至 20 cm 与土表至 100 cm 有机质储量比 R_h 分别为 0.54,0.52,0.45 和 0.35,即灌丛草甸-针叶林-针阔叶混交林,表聚性增大。该地草甸和草原条件下发育的土壤未表现出均腐殖质特性,主要是山地土层薄,植物根系分布浅,地上部分生长旺盛,枯枝落叶集中在表层所致。

2.1.2 腐殖质组成 土壤腐殖质中不溶性大分子的胡敏素含量从 TN-01~05 逐渐减少,腐殖酸则与此相反;且两者在剖面表层差异较小,中下层不断扩大,腐殖酸增多,胡敏素减少,特别是中高山区土壤,腐殖酸达到胡敏素的 2~9 倍。

供试土壤 PQ 值绝大部分小于 0.5,即富里酸 > 胡敏酸,富里酸在腐殖酸中占优势。

随着海拔高度增加,A层土壤PQ值逐渐降低;同一剖面从上到下PQ值明显减小。反映出从低海拔暖湿的半湿润农田到高海拔冷湿的草甸草原,腐殖酸中胡敏酸不断减少,富里酸相对增加;从表层向下,腐殖质的胡敏化过程愈来愈弱。

造成腐殖质产生差异的原因是:低山丘陵区农田,人工施加了胡敏酸含量较高的有机肥,加上温暖半湿润的气候,有利于胡敏酸的聚合和缩合;随海拔升高,微生物活动受到抑制,不利于有机质的分解和聚、缩合,使腐殖质以分子较为简单的富里酸为主体。在淋溶作用下,活动性大、溶解度高的富里酸从剖面表层向下淋移强烈,富集增多。

2.2 腐殖酸组分

为了讨论方便,把腐殖酸分为两大类:活性腐殖酸和稳固态腐殖酸,前者包括游离态和与活性 R_2O_3 结合的结合态腐殖酸,后者为与 Ca^{2+} 或稳定的 R_2O_3 结合的腐殖酸。

2.2.1 胡敏酸组分 测定结果见表3,TN-01土壤主要是稳固态胡敏酸,占胡敏酸总量的85%,与罗贤安等^[3]学者的研究结果一致;TN-02~05土壤以活性胡敏酸为主,一般在60%以上,随海拔增加,活性胡敏酸比例越来越高。活性胡敏酸的游离度一般不超过34%,即以结合态为主,游离态相对较少。不同土壤游离度的变化是:从TN-01~03逐渐降低,由TN-03~05又有所增高;游离度在剖面上的分布为:TN-01表层高于下部各层,TN-02~05表层小于下层。

表3 太白山北坡土壤胡敏酸组分

剖面	层次符号	活性胡敏酸						游离度 (f _{HA})	稳固态胡敏酸 占HA-C (%)
		游离态胡敏酸		结合态胡敏酸		活性胡敏酸			
		含量 (g/kg)	占HA-C (%)	含量 (g/kg)	占HA-C (%)	含量 (g/kg)	占HA-C (%)		
TN-01	A	0.071	4.14	0.182	10.53	0.253	14.67	0.28	85.33
	AB	0.015	1.24	0.072	5.93	0.087	7.21	0.17	92.79
	B	0.008	1.08	0.026	3.63	0.034	4.66	0.23	95.34
	BC	0.006	1.19	0.027	4.94	0.033	6.10	0.18	93.90
TN-02	A	0.722	13.74	2.976	56.64	3.698	70.38	0.20	29.62
	AB	0.251	16.72	0.688	45.85	0.939	62.56	0.27	37.44
	B1	0.135	14.91	0.471	52.08	0.606	66.96	0.22	33.04
	B2	0.059	18.86	0.123	39.64	0.182	58.52	0.32	41.48
	BC	0.023	17.13	0.071	51.59	0.094	68.61	0.24	31.39
TN-03	A	1.080	9.52	7.236	63.8	8.316	73.33	0.13	26.67
	AB	0.487	14.27	0.870	26.28	1.357	41.01	0.36	58.99
	B	0.279	30.81	0.535	59.10	0.814	89.94	0.34	10.06
TN-04	A	2.344	13.69	11.059	64.59	13.403	78.28	0.17	21.72
	AB	2.935	59.74	0.896	18.23	3.831	77.98	0.77	22.02
TN-05	A	1.386	20.14	4.109	59.7	5.495	79.85	0.25	20.15
	AB	1.384	57.18	0.591	24.42	1.975	81.61	0.70	18.39

注:活性胡敏酸=游离态胡敏酸+结合态胡敏酸;游离度=游离态胡敏酸/活性胡敏酸。

说明表层游离胡敏酸随湿润程度的增加减小,在强烈的淋溶作用下,由表层向下层淋

移富集,海拔愈高,淋移愈明显。TN-01 处于温暖半湿润的气候条件,有利于土壤有机质的腐解和腐殖质的缩合反应进行;加上土壤中有丰富的 Ca^{2+} 使胡敏酸絮凝,致使胡敏酸大部分与 Ca^{2+} 结合,而活性胡敏酸较少。随着海拔升高,温度降低,土壤中很少有 Ca^{2+} 存在,微生物分解和腐殖质的缩合较弱,使结构简单的游离态胡敏酸增加。

2.2.2 富里酸组分 供试土壤富里酸组分如表 4,均以活性态为主,活化度 40%~90%,并且随海拔升高而增加,特别是高海拔的土壤,活性富里酸在 80%以上。活性富里酸在剖面的分布一般亚表层最大,反映出淋溶对其的影响。活性富里酸的游离度大部分在 0.5 以上 2 表明游离态部分大于结合态部分,且在表层随海拔升高而增加;同一剖面随深度的加深而增大。原因是以稳固态存在的富里酸随着土壤发育逐渐转化为胡敏酸,使得活化度提高;同时,随着海拔升高,湿度增加,富里酸的缩合受到限制,而易溶解、流动性大、分子量小的游离态富里酸淋溶下移,在剖面中下部富集,土壤腐殖质的物质体系趋于简单化^[4]。

表 4 太白山北坡土壤富里酸组分

剖面	层次符号	活性富里酸						游离度 (f_{FA})	稳固态富里酸 占 FA-C (%)
		游离态富里酸		结合态富里酸		活性富里酸			
		含量 (g/kg)	占 FA-C (%)	含量 (g/kg)	占 FA-C (%)	含量 (g/kg)	占 FA-C (%)		
TN-01	A	0.317	19.13	0.357	21.54	0.675	40.67	0.47	59.33
	AB	0.770	41.45	0.403	21.69	1.173	63.14	0.66	36.86
	B	0.999	45.23	0.309	14.01	1.309	59.24	0.76	40.76
	BC	0.378	29.35	0.293	22.74	0.671	52.09	0.56	47.91
TN-02	A	2.156	34.87	1.850	29.93	4.006	64.80	0.54	35.20
	AB	0.992	34.35	0.943	32.68	1.935	67.03	0.51	32.97
	B1	0.687	39.46	0.522	29.99	1.209	69.45	0.57	30.55
	B2	0.347	33.82	0.188	18.37	0.535	52.19	0.65	47.81
TN-03	BC	0.337	39.37	0.255	29.85	0.592	69.22	0.57	30.78
	A	7.266	49.98	4.820	33.16	12.086	83.14	0.60	16.86
	AB	3.587	65.07	1.334	24.2	4.921	89.27	0.73	10.73
TN-05	B	0.787	28.7	0.804	29.32	1.591	58.02	0.49	41.98
	A	4.585	32.65	6.686	47.61	11.271	80.26	0.41	19.74
	AB	3.208	41.08	2.928	37.50	6.136	78.58	0.52	21.42

注:活性富里酸=游离态富里酸+结合态富里酸;游离度=游离态富里酸/活性富里酸。

2.3 腐殖酸光学性质

2.3.1 光密度值 胡敏酸的光密度,特别是 E_4 的光密度值能很好地表征腐殖酸的结构特征和芳化度^[4,5]。供试土壤胡敏酸的消光系数如表 5,6,诊断表层的光密度值为 TN-01 $>03 >02 \approx 04$,同一剖面表层光密度 $<$ 中下层光密度。表明人工耕作培肥的土壤腐殖质结构复杂,芳化度高;针叶林的次之,阔叶林和灌丛草甸的腐殖质结构较为简单,缩合程度小,芳化度低。表层土壤胡敏酸结构简单,随剖面层次加深,腐质化时间增长,结构愈复杂,芳化度愈高。其中结合态胡敏酸的结构比游离态的更复杂,芳化度更高,分子量更大。

2.3.2 E_4/E_6 值 从供试土壤 E_4/E_6 值来看,游离态胡敏酸的 E_4/E_6 值高于结合态胡敏酸的 E_4/E_6 值;同一土壤剖面由诊断表层向下, E_4/E_6 值减小。反映出结合态胡敏酸的

腐殖化度高于游离态的腐殖化度,土壤层次愈深,土壤腐殖化的时间愈久,腐殖化度愈高。

表5 太白山北坡土壤游离态胡敏酸的消光系数

剖面	层次	波长 λ (nm)							$\frac{E_{485}}{E_{665}}$	
		726	665	619	590	574	537	496		465
TN-01	A	0.0013	0.0017	0.0026	0.0028	0.0031	0.0042	0.0059	0.0077	4.56
	AB	0.0077	0.0087	0.0102	0.0113	0.0120	0.0141	0.0179	0.0179	2.45
	B	0.0126	0.0139	0.0155	0.0165	0.0173	0.0190	0.0222	0.0255	1.83
	BC	0.0066	0.0073	0.0087	0.0094	0.0102	0.0120	0.0162	0.0178	2.45
TN-02	A	0.0006	0.0010	0.0016	0.0018	0.0020	0.0026	0.0036	0.0046	4.78
	AB	0.0073	0.0116	0.0180	0.0207	0.0230	0.0286	0.0394	0.0503	4.34
	B ₁	0.0118	0.0124	0.0179	0.0203	0.0223	0.0275	0.0368	0.0463	3.74
	B ₂	0.0068	0.0086	0.0110	0.0121	0.0131	0.0154	0.0199	0.0244	2.86
	BC	0.0115	0.0115	0.0129	0.0144	0.0146	0.0161	0.0204	0.0236	2.05
TN-03	A	0.0007	0.0014	0.0021	0.0028	0.0032	0.0041	0.0058	0.0077	5.62
	AB	0.0026	0.0047	0.0078	0.0086	0.0095	0.0112	0.0166	0.0216	4.57
	B	0.0071	0.0114	0.0177	0.0203	0.0226	0.0289	0.0411	0.0531	4.65
TN-04	A	0.0005	0.0010	0.0016	0.0020	0.0022	0.0029	0.0040	0.0051	5.27
	AB	0.0012	0.0019	0.0031	0.0035	0.0039	0.0048	0.0069	0.0093	4.96
TN-05	A	0.0015	0.0030	0.0056	0.0060	0.0066	0.0078	0.0114	0.0156	5.15
	AB	0.0020	0.0045	0.0088	0.0092	0.0101	0.0119	0.0173	0.0237	5.31

表6 太白山北坡土壤结合态胡敏酸的消光系数

剖面	层次	波长 λ (nm)							$\frac{E_{485}}{E_{665}}$	
		726	665	619	590	574	537	496		465
TN-01	A	0.0017	0.0029	0.0045	0.0054	0.0060	0.0076	0.0100	0.0124	4.28
	AB	0.0021	0.0030	0.0043	0.0050	0.0055	0.0067	0.0086	0.0104	3.41
	B	0.0053	0.0093	0.0144	0.0172	0.0192	0.0242	0.0319	0.0393	4.24
	BC	0.0016	0.0027	0.0043	0.0052	0.0058	0.0073	0.0097	0.0120	4.38
TN-02	A	0.0005	0.0007	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0019	0.0024	3.39
	AB	0.0118	0.0196	0.0306	0.0344	0.0379	0.0455	0.0601	0.0754	3.83
	B ₁	0.0105	0.0175	0.0276	0.0305	0.0335	0.0397	0.0525	0.0664	3.80
	B ₂	0.0114	0.0185	0.0311	0.0333	0.0363	0.0419	0.0598	0.0727	3.92
	BC	0.0379	0.0617	0.1045	0.1120	0.1240	0.1453	0.1959	0.2572	4.17
TN-03	A	0.0012	0.0021	0.0036	0.0038	0.0042	0.0050	0.0067	0.0088	4.27
	AB	0.0027	0.0048	0.0091	0.0089	0.0097	0.0106	0.0145	0.0198	4.16
	B	0.0144	0.0222	0.0369	0.0378	0.0407	0.0452	0.0602	0.0786	3.53
TN-04	A	0.0005	0.0009	0.0015	0.0018	0.0020	0.0025	0.0034	0.0044	4.80
	AB	0.0018	0.0028	0.0057	0.0053	0.0057	0.0058	0.0078	0.0110	3.89
TN-05	A	0.0008	0.0014	0.0027	0.0026	0.0028	0.0029	0.0040	0.0057	4.11
	AB	0.0238	0.0325	0.0516	0.0516	0.0553	0.0601	0.0776	0.1018	3.13

3 结 论

1) 秦岭北坡基带耕种条件下的土壤, 腐殖质含量低, 在剖面上分布较为均匀, 其中胡敏素占 50% 以上; 腐殖酸中胡敏酸含量较高, 且以稳固态为主, 活性腐殖酸极少。腐殖酸的结构复杂, 缩合程度较高, 分子量大, 芳化度高。

2) 森林植被下的土壤, 腐殖质含量较高, 表聚性明显, 其中腐殖酸大于胡敏素, 胡敏酸小于富里酸, 并且活性态高于稳固态, 游离态大于结合态。特别是针叶林下的土壤, 游离态富里酸很高, 腐殖酸的结构复杂, 芳化度较高。

3) 草甸草原植被下土壤的腐殖质特性不同于水平地带相同植被的: 腐殖质含量丰富, 有一定表聚性, 其中腐殖酸高于胡敏素, 且以富里酸为主, 活性态占很大比重; 表层结合态胡敏酸较高, 下层游离态胡敏酸占优势; 腐殖质的分子量小, 结构较简单, 芳化度低。

4) 由表层向下, 富里酸含量增加, 胡敏素减少, 胡敏酸中与 Ca^{2+} , R_2O_5 结合的部分升高; 腐殖酸的分子量变大, 结构趋于复杂, 芳化度提高。

致谢: 承蒙资环系冯立孝教授悉心指导, 特此致谢!

参 考 文 献

- 1 科诺诺娃 M M 著, 周社恺译. 土壤有机质. 北京: 科学出版社, 1962
- 2 熊田恭一著, 李庆棠译. 土壤有机质的化学. 北京: 科学出版社, 1981
- 3 罗贤安, 李香兰. 太白山山地土壤腐殖质的研究. 土壤学报, 1979, 16(4): 339~350
- 4 彭福泉, 高坤林, 车玉萍. 我国几种土壤中腐殖质性质的研究. 土壤学报, 1985, 22(1): 64~73
- 5 王家玉, 计小江. 多熟制稻田腐殖质特性的研究. 土壤通报, 1986, 17(3): 110~114

A Study on the Specific Properties of Soil Humus in the Altitudinal Belt of Mountain's Qinling Northern Slope

Chang Qingrui Lei Mei Yan Xiang

(Dept. of Resource and Environment Science, Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract There is an abundance of humus in the altitudinal belt of Qinling's northern slope. Humic acid and humin are well matched in content as well. And fulvic acid is more than HA. The majority of humic acid is the free part, among which the free degree of HA is very low, but that of fulvic acid is rather high. While the elevation heightens, the content of soil humus increases and humin decreases; but the humic acid, especially the free part, improves evidently. The free degree of humic acid enhances gradually from above to below in the profile. The aromatization of lower level strata, combined form, plough land and coniferous are more complicated than that of upper-level strata, free form and thicket meadow.

Key Words northern slope in qinling, soil humus, humic acid composition, optics character