

水稻土的腐殖质组成*

彭福泉 吳介華

(中国科学院土壤研究所)

土壤的有机质状况与成土条件之间有着紧密的联系。借助于腐殖质组成分析法,Тюрин 确定了腐殖质形成过程的地带性规律。他指出,不同发生学土类,其腐殖质组成有着明显的不同^[1]。Кононова 把土壤腐殖质看作为一个高分子物质体系,她证明成土条件对腐殖质的影响,不仅表现在分组组成方面,而且也表现在胡敏酸的本性方面^[2]。另一方面,一些工作表明,有机质状况的不同又将对土壤形成过程和土壤性质产生不同的影响^[3]。因此,研究土壤的腐殖质状况,不仅有助于对土壤性质的了解,而且可为成土过程,从而为土壤分类提供有益的資料。

水稻土是我国最主要的土壤之一,各生物气候带均有其分布。特殊的耕作利用方式,一方面使水稻土具有某些同一的成土条件——植被、季节性的渍水与排干等;另一方面,不同生物气候带的宇宙因子及母质又很不相同。根据腐殖质形成过程制约于成土条件的观点来看,显然,阐明这些条件对土壤腐殖质的影响,应该是了解水稻土形成过程的重要方面之一。已有的工作曾经指出,我国水稻土从腐殖质组成方面的資料来看,既带有地带性的烙印,又有其共同的特点^[4]。但是上述工作还缺乏相应的旱地資料,涉及的水稻土也均集中于我国南方。本工作比较研究了我国棕壤、黄棕壤、红壤、砖红壤等几个主要土壤带的水稻土和旱地土壤的腐殖质组成,目的在于进一步探索此一问题。

一、样品和方法

供试土壤采自吉林、江苏、江西、广东和云南各省。为了便于比较,同一土壤带内的水稻土、旱地土壤和天然植被下的地带性土壤均选取发育于同一母质者。这些土壤分别位于棕壤带、黄棕壤带、红壤和砖红壤带。此外,为了了解游离碳酸钙对腐殖质组成的影响,还分析了发育于石灰性冲积母质上的两对土壤(苏 448、苏 099、苏 001; 34318、00641)。所有土样均采自耕作层或表层,其主要化学性质列于表 1。

腐殖质组成用 Кононова 修改的 Тюрин 法测定^[2]。为了进一步区分富里酸的组成,按 Тюрин 原法进行了附加测定,所有结果亦按 Тюрин 原法表示^[5]。胡敏酸钠溶液的光密度和絮凝极限用 Кононова 法测定^[2]。

二、结果和讨论

(一) 各土壤带土壤腐殖质组成的变异

土壤腐殖质组成结果列于表 2。由表 2 可见,各土壤带之间土壤腐殖质的组成互不相

* 本工作在文启孝同志指导下进行。大部分土壤样品由石华、龔子同、赵其国、徐琪等同志供给,谨致谢意。

表 1 土壤的化学性质

土壤编号	土 壤	母质或母岩	采集地点	土层深度 (厘米)	C(%)	N(%)	C/N	pH _(H₂O)	CaCO ₃ (%)
棕 壤 带									
35943	水 田	冲积物	吉林,延吉	0—11	1.76	0.153	11.6	5.77	
35953	旱 地	同 上	同 上	0—13	1.52	0.152	10.0	6.57	
黄 棕 壤 带									
01	水 田	湖积物	江苏,吴江	耕作层	4.30	0.448	9.6	5.40	
02	旱 地	同 上	同 上	同 上	0.96	0.125	7.7	5.70	
苏 448	水 田	长江冲积物	江苏,常熟	0—18	0.94	0.103	9.1	8.03	0.30
苏 099	旱 地	同 上	江苏,江阴	0—10	0.49	0.061	8.0	8.10	2.00
苏 001	自然土	同 上	江苏,南通	0—10	0.51	0.058	8.8	8.10	2.70
苏 002	自然土	下蜀系黄土	江苏,南京	0—18	1.02	0.095	10.7	5.45	
红 壤 带									
36308	水 田	第四纪红色粘土	江西,刘家站	0—15	1.17	0.141	8.3	5.36	
36425	旱 地	同 上	同 上	0—10	0.70	0.080	8.8	5.21	
34984	水 田	花岗岩	广东,石牌	0—10	0.67	0.058	11.5	5.25	
35727	自然土	同 上	同 上	0—10	1.25	0.105	11.9	5.05	
34318	水 田	珠江冲积物	广东,南海	0—16	1.66	0.167	9.9	7.65	0.16
00641	旱 地	同 上	同 上	耕作层	0.77	0.084	9.2	7.97	0.13
砖 红 壤 带									
34748	水 田	玄武岩	广东,雷南	0—18	2.25	0.183	12.3	6.86	
34758	旱 地	同 上	同 上	0—15	1.35	0.126	10.8	7.05	
35733	自然土	同 上	广东,徐闻	0—5	3.50	0.295	11.9	5.40	
35902	水 田	同 上	云南,昆明	0—10	2.63	0.268	9.8	6.71	
35900	旱 地	同 上	同 上	0—10	1.58	0.131	12.1	5.91	
35896	自然土	同 上	同 上	0—10	2.75	0.192	14.3	5.20	

同。棕壤带的水稻土和旱地土壤具有与黑土、栗钙土相近的特征。其胡敏酸含量较高,富里酸含量较低,胡敏酸/富里酸比值在 2.5 以上。在胡敏酸中,又以第 II 组胡敏酸为主,占胡敏酸总量的 56—62%,第 I 组胡敏酸还不到第 II 组胡敏酸的一半(22—25%)。黄棕壤带的水稻土和旱地土壤,胡敏酸/富里酸比值在 0.62—1.68 之间,第 I 组胡敏酸量与第 II 组含量相近。红壤和砖红壤带除水稻土的胡敏酸/富里酸比值较高外,其旱地土壤和自然土壤的胡敏酸/富里酸比值一般较黄棕壤带为低,胡敏酸主要集中在第 I 组,第 II 组胡敏酸很少甚至没有。发育于石灰性母质上的水稻土和旱地土壤,其腐殖质组成与发育于非石灰性母质者有所不同。无论黄棕壤带或红壤带,凡发育于石灰性母质上的土壤,都没有第 I 组胡敏酸,它们都是以第 II 组胡敏酸为主,且富里酸亦以第 II 组为主。但胡敏酸/富里酸比值仍有黄棕壤带(苏 448,苏 099)大于红壤带(34318、00641)的趋势。

由表 2 资料表明,各土壤带土壤腐殖质组成由北往南,地带性十分明显。愈往南,胡敏酸/富里酸比值愈变小;同时各组胡敏酸的分配亦发生了变化,愈往南,第 II 组胡敏酸含量减少,第 I 组胡敏酸量逐渐增多。这和已有的结果是完全一致的^[1,2,5]。

Тюрин 在解释土壤腐殖质组成时,特别强调腐殖物质与土壤矿质部分的结合形式。他认为第 I 组腐殖物质(胡敏酸和富里酸,下同)是呈游离态或与游离三氧化物结合态存

表 2 腐殖质的分組組成 (占全碳%)

土壤编号	土壤	苯-醇 提取物	脱钙 时提 取物	酸碱交 替时提 取物	胡 敏 酸				富 里 酸					胡敏酸 残渣	第 I 组胡敏酸 总量 (%)	
					I	II	III	总量	Ia	I	II	III	总量			富里酸
棕 壤 带																
35943	水 田	4.9	2.6	0.6	8.4	19.1	6.5	34.0	1.2	5.9	1.3	2.1	10.5	3.24	47.4	24.71
35953	旱 地	3.3	3.1	1.0	8.3	23.4	6.3	38.0	2.9	7.1	1.8	2.8	14.6	2.60	40.0	21.84
黄 棕 壤 带																
01	水 田	8.0	1.6	0.6	13.5	14.0	4.1	31.6	2.1	13.6	0	3.1	18.8	1.68	39.4	42.72
02	旱 地	4.9	3.9	1.0	9.0	9.0	2.4	20.4	3.9	16.7	8.4	4.0	33.0	0.62	36.8	44.12
苏448	水 田	4.6	4.4	1.3	0	17.0	2.9	19.9	0.6	5.9	11.8	2.1	20.4	0.98	49.4	0
苏099	旱 地	2.7	0	2.2	0	16.3	2.8	19.1	7.8	2.7	11.8	3.4	25.7	0.74	50.3	0
苏001	自然土	4.2	1.9	1.7	0	10.6	2.2	12.8	4.5	3.5	13.5	4.2	25.7	0.50	53.7	0
苏002	自然土	7.6	5.3	2.7	9.1	1.1	3.3	13.5	5.5	12.1	10.3	1.5	29.4	0.46	41.5	67.41
红 壤 带																
36308	水 田	4.1	5.5	1.2	12.7	1.4	1.9	16.0	5.6	15.2	0	3.2	24.0	0.67	49.2	79.38
36425	旱 地	6.7	6.6	2.4	痕迹	3.4	0.9	4.3	11.7	2.1	11.3	3.1	28.2	0.15	51.8	痕迹
34984	水 田	8.0	4.9	1.2	6.9	4.2	1.3	12.4	3.8	14.8	0.4	3.6	22.6	0.55	50.9	55.65
35727	自然土	6.8	6.9	2.2	11.4	0	0.8	12.2	9.1	13.1	0	2.9	25.1	0.49	46.8	93.44
34318	水 田	4.7	1.8	1.0	0	11.8	5.9	17.7	1.9	6.5	8.8	7.0	24.2	0.73	50.6	0
00641	旱 地	5.1	4.1	1.1	0	10.3	6.3	16.6	2.7	5.0	19.2	8.1	35.0	0.47	38.1	0
砖 红 壤 带																
34748	水 田	5.6	1.9	0.7	10.0	1.6	5.1	16.7	2.7	10.7	0	4.3	17.7	0.94	57.4	59.88
34758	旱 地	2.7	4.9	1.1	4.1	2.2	2.2	8.5	6.1	8.2	9.3	3.5	27.1	0.31	55.7	48.24
35733	自然土	5.1	4.2	2.5	5.1	0	0.4	5.5	5.7	12.3	8.2	2.6	28.8	0.19	53.9	92.73
35902	水 田	4.3	2.6	2.0	14.2	5.5	4.3	24.0	9.9	1.5	0.3	2.2	13.9	1.73	53.2	59.17
35900	旱 地	3.0	6.7	2.0	3.0	0.3	0.7	4.0	13.2	10.8	1.3	4.5	29.8	0.13	54.5	75.00
35896	自然土	4.8	5.6	2.9	5.3	0	1.1	6.4	11.9	9.2	1.8	4.3	27.2	0.26	53.1	82.81

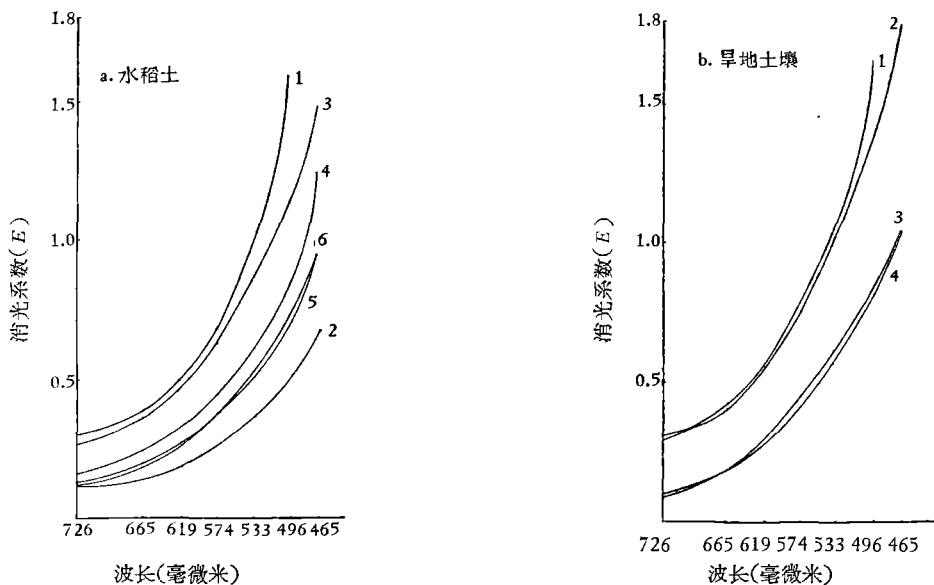
注: 各土样各组物质的实测值的总和为原土有机质总量的 93.8—101.9%, 表中所列数值均为改正值。

在的; 第 II 组腐殖物质是与钙结合的; 第 III 组腐殖物质则是与稳定态的三氧化物结合的^[6]。上述发育于石灰性母质上的土壤, 没有第 I 组胡敏酸的事实似乎也支持了 Тюрин 的这些观点。但是更多的材料表明, 腐殖物质是一类高分子化合物, 其溶解度既取决于与矿质部分的结合方式, 又取决于其本身的化学性质^[7,8]。复杂程度较高的腐殖物质, 在碱液中的溶解度常较低。因此各土类腐殖质组成的不同, 与其说是其与不同矿质部分结合方式的反映, 毋宁说是它们本身性质的不同及其与矿质部分的不同结合形式的综合指示。

可以认为, 胡敏酸/富里酸比值的大小固然大体上反映了整个腐殖物质体系的复杂程度, 各组腐殖物质的分配情况, 同样也是区分土壤腐殖物质体系的一种标志。因此, 上述依棕壤带—黄棕壤带—红壤带及砖红壤带的序列, 胡敏酸/富里酸比值逐渐减少, 第 I 组胡敏酸量逐渐增多的结果似乎可以解释为土壤腐殖物质体系依此序列而逐渐趋于简单化。

关于腐殖物质体系依棕壤带至砖红壤带而逐渐简单化的结论还可以从胡敏酸的光密度的结果得到证明。已经知道, 胡敏酸的光密度值常可作为胡敏酸分子的复杂程度的指

标,分子的复杂程度愈高者,光密度值愈大。由图 1 可見,各土壤带胡敏酸的光密度值依棕壤带至砖紅壤带的次序而漸趋减小。棕壤带水稻土(01)胡敏酸的光密度值特低,可能是由于該土壤系沅田型土壤所致。值得注意的是,砖紅壤带水稻土的胡敏酸/富里酸比值(0.94—1.73)虽然較黃棕壤和紅壤带高,但其胡敏酸的光密度值却最低(图 1)。



(1) 35943(吉林); (2) 01(江苏); (3) 36308(江西);
(4) 34984(广东); (5) 34748(广东); (6) 35902(云南)。

(1) 35953(吉林); (2) 02(江苏);
(3) 34758(广东); (4) 35900(云南)。

图 1 不同土壤带水稻土和旱地土壤胡敏酸的光密度

因此,似乎可以作出这样的結論: 无论是水稻土、旱地土壤和自然植被下的土壤,其整个腐殖物质体系均由北往南逐渐趋于简单; 水稻土虽然是受人类活动影响最为强烈的土壤,人类的活劫尽管使水稻土的腐殖物质有了較大的改变,但是并不曾使之具有完全相同的特征,不同地带的水稻土其腐殖质状况仍然反映出明显的地带性特征。

(二) 水稻土腐殖质组成的特点

虽然,如上所述,水稻土的腐殖质组成因土壤带而有不同,但是,詳細研究表 2 中的資料,可以发现,水稻土的腐殖质组成仍有其共同的特点。

比較表 2 中各同一土壤带內的水稻土、旱地土壤和自然土壤的腐殖质组成,可以看到它們之間有着相当大的差别。无论在黃棕壤带、紅壤带或砖紅壤带,与天然植被下的土壤相比,熟化土壤(水稻土、旱地土壤)的胡敏酸含量均显著增多,胡敏酸/富里酸比值亦显著增大,同时,第 I 組胡敏酸占胡敏酸总量的百分数則降低(見表 2 最后一栏)。这表明在长期种植作物的情况下,土壤的腐殖质形成过程发生了很大的改变。

这种改变尤以水稻土表现最为突出。对比各同一土壤带內水稻土、旱地土壤和天然植被下土壤的資料,可以观察到,水稻土除脱鈣时提取物、酸碱交替时提取物的含量較其他两种土壤少以外,其 Ia 組和第 II 組富里酸量也常較低;反之,其第 I 組和第 III 組胡敏酸含量一般均高于相应的旱地土壤和自然土壤(第 II 組胡敏酸变化不明显),这样就使得

水稻土的富里酸量较后两种土壤少得多,而胡敏酸则相反,因此,无论在那一个土壤带内,常以水稻土的胡敏酸/富里酸比值为最大。例如在黄棕壤带,水稻土、旱地土壤和自然土壤的该数值分别为 1.68、0.62 和 0.46;在广东砖红壤带这些数值分别为 0.94、0.31 和 0.19。

水稻土的胡敏酸/富里酸比值较高,显然和水稻土特有的较强烈的渗洗作用有关。这从上面提到的水稻土中 Ia 组富里酸、脱钙时提取物等含量常较旱地土壤及自然土壤的为低的事实可以得到证明。已经知道,这些组分大都是一些简单的化合物,移动性较强, Ia 组富里酸的淋失,自然将使水稻土的胡敏酸/富里酸比值增大。但是,这并不是水稻土胡敏酸/富里酸比值增高的唯一原因。由表 2 可见,水稻土中胡敏酸含量的增高,在这方面也起着重要的作用。例如,发育于第四纪红色粘土上的旱地土壤,其胡敏酸量为 4.3%,但相应的水稻土则为 16.0%;发育于玄武岩风化物上的旱地土壤和自然土壤,其胡敏酸量仅分别为 8.5 和 5.5%,但相应的水稻土则为 16.7%。

胡敏酸/富里酸比值较高的事实表明,水稻土的整个腐殖物质体系较相应的旱地土壤和自然土壤为复杂。这看来可以作为水稻土腐殖质的第一个特点。已有的工作指出,土壤胡敏酸/富里酸比值的大小常与胡敏酸的复杂程度呈正相关^[2]。即是说,有利于胡敏酸累积的成土条件,常有利于胡敏酸分子的进一步复杂化。但是,各土壤胡敏酸光密度和絮凝极限值的材料却未能证实这一点。由图 2 和表 3 可见,在所研究的土壤中,无论何种土壤带、发育于何种母质上的水稻土,其胡敏酸的光密度值常较相应的旱地土壤和(或)自然土壤者为低,絮凝极限值则常较高。这一点是和水稻土中一般含有大量的第 I 组胡敏酸

表 3 胡敏酸钠溶液的絮凝极限值*

土壤编号	土 壤	立 即	2 小时	2+ 小时
棕 壤 带				
35943	水 田	无	8	4
35953	旱 地	无	7	4
黄 棕 壤 带				
01	水 田	无	无	无
02	旱 地	无	8	6
红 壤 带				
36386	水 田	无	无	无
36425	旱 地	无	16	9
35727	自 然 土	无	10	5
34318	水 田	无	无	14
00641	旱 地	无	19	8
砖 红 壤 带				
34748	水 田	无	无	9
34758	旱 地	无	20	7
35733	自 然 土	无	无	14
35902	水 田	无	无	15
35900	旱 地	无	13	7
35896	自 然 土	无	12	6

* 按每升含 0.136 克胡敏酸溶液中所需 CaCl₂ 毫当量数计算。

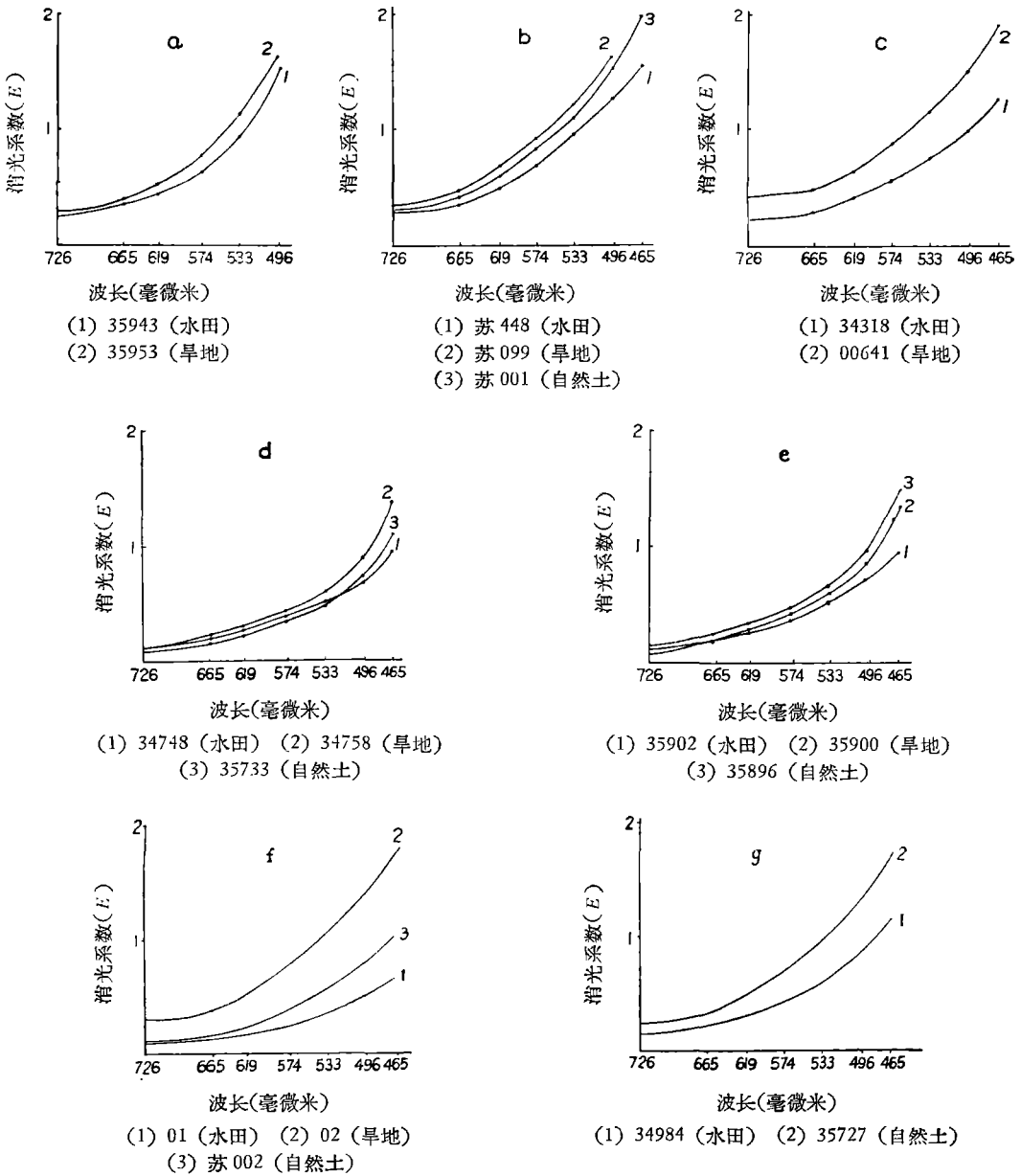


图2 胡敏酸的光密度

的事实相一致的。这说明水稻土的胡敏酸尚停留在較低的腐殖化阶段。胡敏酸的腐殖化程度較低,是水稻土腐殖质的第二个特点。

Kosaka 根据甲氧基含量的測定結果也曾指出,水稻土胡敏酸的腐殖化程度較低,它的甲氧基含量常較一般旱地土壤者高^[9]。

为什么水稻土胡敏酸处于較低的腐殖化阶段呢? 这可能有下列的几个原因。首先,在漬水条件下,有机质的矿化作用較弱。例如,表1中水稻土的有机质含量較相应的旱地土壤为高,看来,至少部分地即是由于这个原因所致。矿化作用較弱,意味着微生物的活

性較低,这可能是胡敏酸分子不能进一步复杂化的原因之一。其次,从化学上看,过多的水分将阻碍缩合作用的进一步进行,这也可能是水稻土胡敏酸較相应的旱地土壤为简单的一个原因。最后,水稻土中除作物的根茬外,还不断有其他新鮮的或(和)腐熟的有机物质加入,腐殖物质处在不断的更新过程中,新形成的腐殖物质应当是复杂程度較低的物质。总起来說,水稻土胡敏酸較简单似乎是与水稻土的特殊成土条件、特别是渍水条件有关。但是,为什么水稻土中的胡敏酸量却增多呢?对于这个问题,目前还找不到合理的解释,这有待于对水稻土腐殖质的特征作进一步的研究。

虽然在渍水条件下,土壤胡敏酸一般較为简单,但是,发育于含有游离碳酸鈣母质上的土壤腐殖质分析結果指出,在黄棕壤带和紅壤带,游离碳酸鈣的存在,可以在一定程度上提高胡敏酸的品質,这不仅表现在胡敏酸的分組分配上,胡敏酸的光密度值同样也指出这一点。同一土带内,发育于非石灰性母质上的水稻土其胡敏酸的光密度值較发育于石灰性母质上的水稻土者为低(图 2b、f 和 c、g)。可能,施用石灰是改善上述土壤带内水稻土腐殖质品質的一种途径。

摘 要

研究了棕壤、黄棕壤、紅壤和砖紅壤等四个土壤带内水稻土、旱地土壤和自然植被下的土壤的腐殖质組成及胡敏酸的特点。不同土壤带的水稻土,其腐殖质組成各不相同,反映出明显的地带性。但是,它們有着渍水条件所带来的某些共同的特征:与同一土壤带的旱地土壤和(或)自然土壤比較,其胡敏酸的相对含量显著增高,但缩合度略低。土壤中游离碳酸鈣的存在可能有助于提高腐殖物质体系的复杂程度。

参 考 文 献

- [1] Тюрин, И. В.: Географические закономерности гумусообразования. Труды юбил. сессии, посвящ. столетию со дня рождения В. В. Докучаева, Изд-во АН СССР, стр. 85—101, 1949.
- [2] Кононова, М. М.: Проблема почвенного гумуса и современные задачи его изучения. Изд-во АН СССР, 1951.
- [3] Пономарева, В. В.: О роль гумусовых веществ в процессах почвообразования (к теории образования дерново-подзолистых и серых лесостепных почв). Проблемы почвоведения, стр. 59—76, М., Изд-во АН СССР, 1962.
- [4] 中国科学院农业丰产研究丛书編輯委员会編:水稻丰产的土壤环境。220—228 页,科学出版社,1961。
- [5] Тюрин, И. В.: К методике анализа для сравнительного изучения состава почвенного перегноя или гумуса. Труды почв. Ин-та им. В. В. Докучаева, АН СССР, 38: 5—21, 1951.
- [6] Тюрин, И. В.: Некоторые результаты работ по сравнительному изучению состава гумуса в почвах СССР. Труды почв. Ин-та им. В. В. Докучаева, АН СССР, 38: 22—32, 1951.
- [7] Александрова, Л. Н.: Гумус как система полимерных соединений. Труды юбил. сессии, посвящ. столетию со дня рождения В. В. Докучаева. Изд-во АН СССР, стр. 225—231, 1949.
- [8] Тюрин, И. В. и Найбенова, О. А.: К характеристике состава и свойства гуминовых кислот, растворимых в разведенных щелочах непосредственно и после декальцирования. Труды почв. Ин-та им. В. В. Докучаева, АН СССР, 38: 59—64, 1951.
- [9] Kosaka, R. and Honda, C.: Methoxyl content of humus. Soil and Plant food, 2: 59—62, 1956.

COMPOSITION OF HUMUS IN PADDY SOILS

PANG FU-CHUAN AND WU CHIAI-HWA

(Institute of Soil Science, Academia Sinica)

SUMMARY

The composition of the humus of paddy soils developed under four different bioclimatic zones was studied. It is compared with the humus composition of corresponding soils under dry farming or/and under natural vegetation. Results obtained showed that both the humic acid/fulvic acid ratio and the degree of humification of humic acid decrease regularly in the following order: brown earth zone—yellow brown earth zone—red soil zone and lateritic soil zone. In the same bio-climatic zone, the humus of paddy soils is characterized with a higher humic acid/fulvic acid ratio and a lower degree of humification as compared with other soils. It was suggested that the water-logged condition of paddy soils favours the accumulation of humic acid but retards it from further condensation.