

黑土、暗色草甸土、白浆土腐殖質 性質的比較研究*

吳志華

(一)

土壤腐殖質在土壤形成及土壤肥力上的作用，已為許多研究者所闡明。關於土壤腐殖質本性的問題，現在亦有比較一致的認識，即它們是一類特殊的高分子化合物；不同土類中的胡敏酸，具有特征相同的基本構造骨架，即它們都有環狀碳多聚物骨架和鏈狀碳多聚物側鏈，同時都含有氮素。但是鏈的長短和性質以及分子結構縮合的程度則各類土壤中的胡敏酸又不一樣，從灰化土到黑土，胡敏酸分子是愈趨複雜，而從黑土到栗鈣土、灰鈣土，胡敏酸分子又趨簡單，富里酸分子結構的基本骨架可能和胡敏酸相同，但它們的分子更為簡單；灰化土和紅壤中的胡敏酸分子和富里酸相接近^[8-10]。

黑土的腐殖質含量高。關於黑土胡敏酸的性質，研究亦較多。草甸土及白漿土的表層亦含有多量的腐殖質，但對它們的性質還很少有研究。這裡報告的是有關蘇聯深厚黑土和我國暗色草甸土、白漿土腐殖質性質比較研究的結果。

(二)

蘇聯黑土的剖面採自庫爾斯克中央黑土禁伐區(Курский Центрально-черноземный заповедник)、斯脫連里茨卡亞草原(“Стрелецкая степь”)中央試驗站東約1公里處，為淋溶深厚黑土，地形平坦，黃土性母質。

剖面的發生層特征如下：

- A_I 0—20 厘米。深灰近乎黑色的壤土。0—8 厘米層內根極多，形成草層，小團粒結構。
- A_{II} 20—60 厘米。深黑灰色壤土。上部為小團粒結構，下部為小團塊結構。有許多蚯蚓穴，根系自上向下而減少。
- A_{III} 60—76 厘米。暗褐色壤土。有呈深色斑塊的動物穴。團塊狀結構，有許多蚯蚓穴，根系比上層少。
- B₁ 76—102 厘米。顏色不均一，暗褐與褐色相混雜，向下顏色漸淺。略呈稜柱狀團塊結構，壤土，根少，沿裂隙及蚯蚓穴積有腐殖質。
- B₂ 102—124 厘米。顏色不均一，在暗棕的底色上雜有暗灰色斑塊。壤土，沿蚯蚓穴積有腐殖質。自124 厘米起開始有石灰反應。
- C₁ 124—165 厘米。黃至淡黃色，有稀疏分布的灰色腐殖質斑點。本層是碳酸鈣積聚層，碳酸鈣

* 本文所報告的工作是在蘇聯莫斯科大學土壤教研組 E. П. Троицкий 教授指導下進行的，並得教研組其他同志的幫助。黑土樣品及有關記載是由該組 M. Т. Ястребов 同志供給的；暗色草甸土及白漿土樣品及有關記載由中國科學院林業土壤研究所曾昭順同志所供給，特此一併致謝。

呈假菌絲狀。結構不明顯，壤土。

C₂ 165—250 厘米。淡黃色壤土。碳酸鈣積聚在此層內達到最高，呈假菌絲狀及白眼狀，石灰反應到 250 厘米處開始消失。

D 250—300 厘米以下。淡黃色無石灰反應的黃土性物質。

分析所用樣品的層次及深度為：A_I(0—10 厘米)，A_{II}(30—40 厘米)及 B_I(85—95) 厘米。

我國白漿土的剖面採自黑龍江省饒河縣城西南 7 公里殘丘下部，母質為第四紀河湖粘土沉積物，地下水很深，估計在 18—20 米以下，地表有微度傾斜，不積水。但土壤排水不良，特別是 A₂ 層以下幾乎不透水，夏季雨水過多時有上層滯水。

採剖面的地點為荒地，但植被受人為影響很大(如火燒、砍伐等)。採剖面時植被為矮小的蒙古柞、黑樺、紫椴、榛子、胡枝子及林下的草甸草本植物，剖面特征如下：

A₀ 1—2 厘米厚之殘落物層。

A₁ 0—10 厘米。此層鬆軟，植物根極多，土壤與有機質之體積比約 1:1。土為暗灰色粘壤質，呈團塊狀結構，植物根盤結成層，並多呈水平方向分布，向下層過渡極明顯，當掘開剖面時，此層象地毯一樣，可與 A₂ 層截然分開。此層顯然受下面層次透水不良的影響，已呈泥炭化。

A₂ 10—37 厘米。濕潤時淡草黃色，干後呈白色或灰白色，粉砂質粘壤土，植物根極少，有大柱狀裂縫，沿裂縫有根系分布，並有黑色腐殖質的淋洗痕跡。堅硬緊實，向下過渡明顯，透水很弱，有小型鐵子結核。

B₁ 37 厘米以下。暗棕色粘土，稜柱狀結構，結構體表面有膠膜，另有白色粉末，呈條狀及斑塊狀分布，緊實，植物根極少，透水極弱，為不透水層，夏季多雨時在此層以上形成上層滯水。

分析所用樣品的層次及深度為：A₁(0—10 厘米)，A₂(20—30 厘米)及 B₁(45—55 厘米)。

我國暗色草甸土剖面採自黑龍江九三農場，分析所用樣品的層次深度為 0—20 厘米、40—60 厘米及 75—100 厘米。

(三)

對上述土壤，進行下列的分析測定：土壤腐殖質總量，土壤全氮量，土壤腐殖質中活動性較大部分的組成測定，土壤“瀝青”部分(指有機質中能溶于酒精-苯混合液的部分)的測定及性質研究，胡敏酸及富里酸本性的研究。

土壤腐殖質總量、土壤全氮量、土壤“瀝青”含量及土壤活動性腐殖質的測定結果見表 1 及表 2。土壤活動性腐殖質是指用濃度為 0.1M 的焦磷酸鈉溶液(pH 8—8.5)提取的部分，根據阿力克賽特洛娃^[1]的意見，這樣的溶液能夠溶提游離的及與土壤礦物質呈鬆弛結合的腐殖質及其鐵-鋁-腐殖質化合物。這是土壤中活動性較大的腐殖質部分。

根據表 1 所列的分析結果，三種土壤內白漿土是比較特別的。它的表層腐殖質含量特別高，達 24.40%，而 A₂ 及 B₁ 的腐殖質含量又特別低，只 0.44%，這和白漿土的形成條件有關係，白漿土有不透水層，因此植物根系不向下伸，結集於表層中，而且白漿土有上層滯水，這種滯水呈側向流動^[1,2]，因此 A₁ 層中的可溶性有機質亦隨這種側向流水而洗失，造成表層和下面層次中腐殖質含量的驟然不同。此外，根據“瀝青”含量所占腐殖質的百分率來看，白漿土 A₂、B₁ 兩層中的腐殖質與表層中的顯然有所不同，可惜我們因為這兩層內

表1 土壤腐殖質、全氮量及“瀝青”含量

土 壤	取样深度	腐殖質总量 (%)	总 碳 量 (%)	总 氮 量 (%)	C/N	“瀝青” 含 量	
						占土壤中的 百分率	占腐殖質中的 百分率
黑 土	0—10	8.58	4.97	0.47	10.6	0.30	3.50
	30—40	5.21	3.02	0.27	11.2	0.15	2.88
	85—95	2.23	1.29	0.14	9.2	0.09	4.10
暗色草甸土	0—20	5.96	3.46	0.37	9.4	0.19	3.18
	40—60	2.51	1.45	0.15	9.7	0.07	2.79
	75—100	1.12	0.65	0.09	7.2	0.04	3.57
白 浆 土	0—10	24.40	14.15	1.15	12.3	0.73	3.00
	20—30	0.44	0.26	—	—	0.04	9.10
	45—55	0.44	0.26	—	—	0.04	9.10

表2 用0.1M焦磷酸鈉溶液提取腐殖質的分析結果

土壤及深度	土壤全碳 (%)	溶提性腐殖物質的量及組成									活动性腐 殖質碳占 土壤全碳 之百分率	
		毫 克 /100 克 土										
		总碳量	胡 敏 酸		富 里 酸		Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	R ₂ O ₃	胡敏酸		富里酸
			碳量	腐殖物 質*	碳量	腐殖物 質*				富里酸		R ₂ O ₃
黑土 0—10厘米	4.97	1029	760.6	1293	285.9	600.4	216.0	110.8	326.8	2.15	5.80	20.75
暗色草甸土 0—20厘米	3.46	674	322.6	580.7	261.5	549.2	181.2	176.2	357.4	1.05	3.17	19.41
白浆土 0—10厘米	14.15	1728	1188	2138	619.7	1301	564.0	196.0	760	1.64	3.21	12.21

* 根据胡敏酸、富里酸元素分析的結果，計算由胡敏酸碳、富里酸碳換算成腐殖物質应乘之系数而求得这里的数值。

的腐殖質含量很低，沒有进行腐殖質的大量提取，因此未能对其腐殖質的性质作进一步的研究。

从表1可以看到C/N率和瀝青在腐殖質总量中所占百分率之間有所联系，即C/N率愈小，瀝青在腐殖質总量中所占的百分率愈高。瀝青本身是不含氮的物質，但它有防腐性，是否由于瀝青的存在防止了一部分含氮物質分解的結果而发生这样的相互关系呢？这里还需要进一步的研究才能断言，但这一关系的存在是值得注意的。近来在土壤有机質的研究中往往因为瀝青部分本身的复杂性，它对其他部分有机質的关系又不明确，所以常删略不加注意；但是从这里所得結果来看，瀝青和土壤有机質的其他部分之間，是存在着一定的关系。对瀝青部分的进一步研究，因此亦值得加以注意。

我們用焦磷酸鈉溶液提取腐殖質的分析結果与阿力克賽特洛娃所得的結果相一致^[1]。三种土壤中均有活动性腐殖質，它們在腐殖質总量中所占的百分数以黑土和暗色草甸土中者相接近，而以白浆土中者最低。若以这部分腐殖質的三氧化鉄鋁飽和程度而言，則暗色草甸土中者和白浆土中者相近似，黑土中者最低。但三者都有一个共同点，即都是腐殖質鋁化合物超过腐殖質鉄化合物，只在暗色草甸土中的超过量不大，两者接近相

等;在白浆土中则铝化合物占绝对的优势。就这部分腐殖质的成分而言,则都是以胡敏酸为多,胡敏酸/富里酸的比率均大于 1,在黑土中此值最大,达 2.15。

我们对土壤瀝青部分曾进行进一步的研究,即将提取得的瀝青,按照石油瀝青的发光—瀝青分析方法^[1]进行系列分析(эталонный анализ)及毛细管(色层)分析(капиллярный анализ),对瀝青的发光颜色及亮度进行测定。结果见图 1 至图 9(色谱因制版困难未附)。

从图 1 至图 9 来看,黑土、暗色草甸土及白浆土各层中瀝青的发光性质基本上很相似,无论其毛细管(色层)发光分析的结果或发光亮度曲线都有相近似的轮廓,不过黑土中的瀝青,在发光亮度曲线上出现浓度消光的浓度极限比其他土壤中略高一些,黑土第二层甚至在浓度为 0.01 克/毫升时尚未出现浓度消光现象。

从发光的颜色来看,土壤瀝青的主要成分有类似油质瀝青(маслянистый битумы)、胶质瀝青(осмоленный битумы)及胶质地瀝青质瀝青(смолисто-асфальтовый битумы)三种,在紫外光下,它们呈现不同的颜色,例如油质瀝青随着浓度的增加,呈现:白→黄白→湖蓝白→湖蓝→蓝→绿蓝→绿色;胶质瀝青呈现:黄→橙→浅褐带黄色;胶质地瀝青质瀝青呈现:污浊的绿褐色→黑褐→黑色。瀝青的分子愈复杂,其在紫外光下所呈现的颜色愈深。

根据分析结果,黑土表层及暗色草甸土各层的瀝青成分比较近似,但黑土第二、第三层的瀝青发光颜色较浅;白浆土瀝青成分最复杂,发光颜色较深部分增加而浅色部分仍不

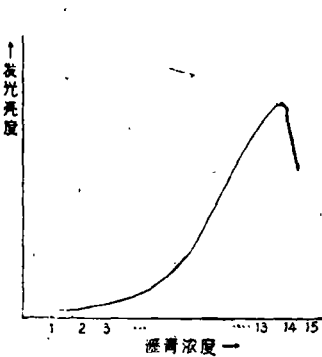


图 1 0—10 厘米层

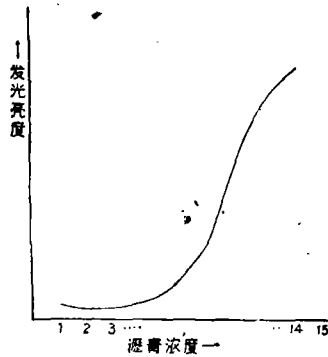


图 2 30—40 厘米层

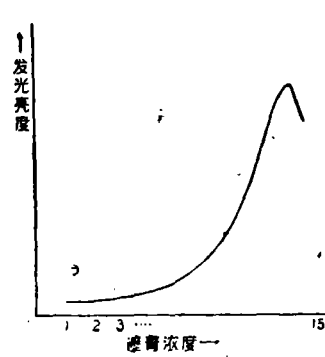


图 3 85—95 厘米层

图 1—3 黑土中瀝青的发光度曲线

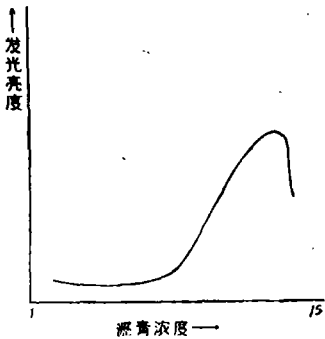


图 4 10—20 厘米层

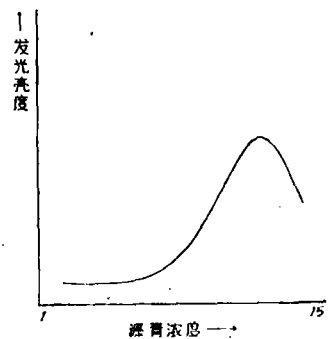


图 5 40—60 厘米层

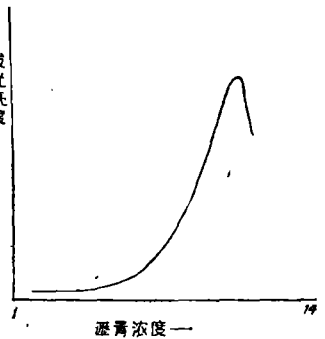


图 6 75—100 厘米层

图 4—6 暗色草甸土瀝青的发光度曲线

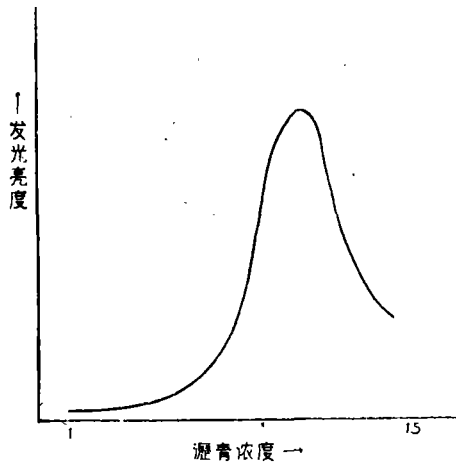


图7 0—10 厘米层

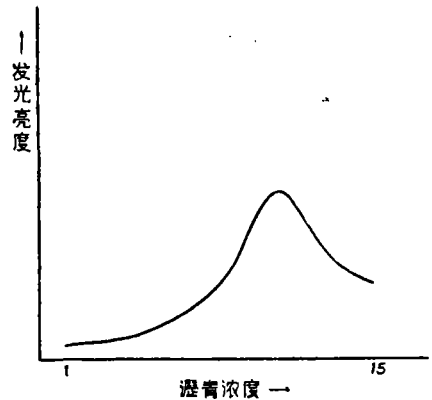


图8 20—30 厘米层

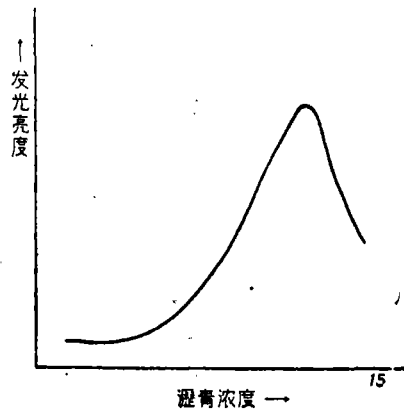


图9 45—55 厘米层

图7—9 白漿土瀝青的发光度曲綫

少，所以它的瀝青組成中由簡單到複雜的成分都有存在。根據胡敏酸碳所占腐殖質碳百分率的資料¹⁾及下面表3的元素分析結果來看，似乎土壤腐殖質愈複雜，其瀝青部分則愈簡單。例如黑土的腐殖質是最複雜的，而它的瀝青部分却較簡單，黑土第二、第三層的瀝青發光顏色最淺，它們幾乎沒有膠質地瀝青質瀝青。根據它們的發光亮度曲綫中亮度及消光極限濃度都較高來看，亦得到同樣的推論。

發光—瀝青分析在石油地質學方面的應用，雖然只有很短的歷史，但是已經得到普遍的注意並取得了一定地位。這個方法在土壤有機質的研究上，還沒有得到注意，但是根據初步研究結果，認為它是值得進一步嘗試的。因為土壤瀝青部分和腐殖質其他組成之間，存在一定的相互關係，如果能夠利用瀝青—發光分析的結果來說明土壤腐殖質的組成及性質，則比目前應用的研究土壤腐殖質的方法，將要簡捷得多。

1) 胡敏酸碳占腐殖質碳的百分率如下：

黑土 0—10 厘米层	43.4%	暗色草甸土 0—20 厘米层	45.4%
30—40 厘米层	51.3%	白漿土 0—10 厘米层	37.6%
85—95 厘米层	60.4%		

为了研究胡敏酸及富里酸的本性及性质，我们从表层土壤中提取并纯制出较大量的

表 3 胡敏酸及富里酸的元素组成

酸及来源	元素组成, % (按无灰制品计算)				C/H
	C	H	O	N	
胡敏酸					
黑土中的	59.54	4.32	34.04	2.10	13.8
暗色草甸土中的	57.74	5.13	34.83	2.30	11.3
白浆土中的	56.94	5.82	34.98	2.26	9.8
富里酸					
黑土中的	38.88*	7.16	50.39	2.57	5.4
暗色草甸土中的	42.76	7.39	47.09	2.76	5.8
白浆土中的	45.86	6.11	45.60	2.42	7.5

* 这个数值似乎偏低了一些。

胡敏酸及富里酸。胡敏酸的大量提取是按照一般应用的方法，富里酸则用沉淀胡敏酸后的酸液通过活性碳柱吸收的方法来浓缩制取^[6]。两种酸都经过渗析纯制，它们的元素组成如表 3。

腐殖质元素组成分析的结果，不论按含碳量或C/H率来讲，都表明黑土中的胡敏酸最复杂，暗色草甸土的次之，白浆土的最简单。而富里酸的情形却相反，白浆土中的最复杂，黑土中的最简单。证明光学密度的研究资料，亦得同样的结果。

胡敏酸的光学密度大于富里酸，其中黑土及暗色草甸土胡敏酸的光学密度相接近，它们的富里酸的光学密度亦相近似，而和白浆土的不同。白浆土胡敏酸的光学密度比其他土壤的胡敏酸小，而白浆土富里酸的光学密度又比其他土壤的富里酸大。这个现象和元素分析的结果是完全相

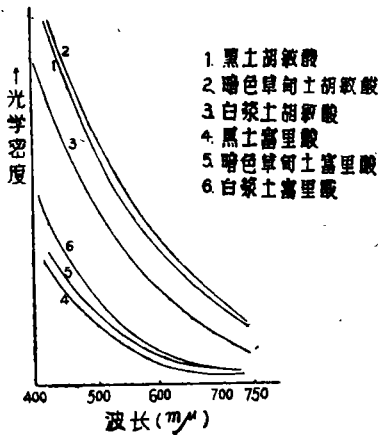


图 10 腐殖质的光学密度曲线

一致的。看来土壤腐殖质中胡敏酸愈简单，其富里酸却愈复杂；胡敏酸愈复杂，则富里酸愈简单，换句话说，在胡敏酸较简单的土壤里，其胡敏酸和富里酸比较接近，而在胡敏酸愈复杂的土壤里，则其胡敏酸与富里酸之间的差别愈大。这是因为土壤腐殖质既是一系列具有共同特征基本结构骨架的高分子化合物，胡敏酸和富里酸不过是这一系列中繁简两端的代表，那末在有利于分子高度缩合的条件下，例如黑土中，缩合程度中等的腐殖质很容易进一步缩合成为复杂的胡敏酸，只留下初生的较简单的代表及高度缩合的代表，所以胡敏酸和富里酸间的差别大。而在有滞水现象的白浆土中，则不利于分子的高度缩合，所以分子间繁简程度的分化弱，胡敏酸和富里酸之间的差别小。

X-射线测定的结果(见照片 1—6 及表 4)，与康诺诺娃所得者相一致^[9]，即表征环状碳多聚物网的 002 光带在黑土的胡敏酸中表现最明显，其次为暗色草甸土及白浆土中的胡敏酸。在所有富里酸中，则均很微弱，而表征链状碳多聚物的 γ 光带，则在黑土及暗色草甸土的胡敏酸中极弱，在白浆土的胡敏酸及所有富里酸中均较明显。

用红外光谱法所得的结果(见图 11—12)和卡萨托其金所得的相似^[7]，即所有胡敏酸及富里酸均表现有芳香族本性的 CH (在 3.3 微米处)、脂肪族本性的 CH_2 (3.42—3.5 μ)，共



表4 土壤腐殖質的X-射綫圖譜特徵

腐殖質及來源	C:H	光帶的強度和特徵	
		002 光帶	γ 光帶
胡敏酸, 黑土中的 暗色草甸土中的 白漿土中的	13.8	強(窄)	極弱
	11.3	強(擴散,寬)	極弱
	9.8	中(擴散,寬)	中
富里酸, 黑土中的 暗色草甸土中的 白漿土中的	5.4	極弱(擴散,寬)	中
	5.8	極弱(擴散,寬)	中
	7.5	極弱(擴散,寬)	強

羰基、芳香族本性的 $C=C$ ($6.2-6.3 \mu$) 及羧基中的 $C=O$ 原子團 ($5.8-5.9 \mu$)。此外, 在 $7.2-7.3 \mu$ 之間各制品均有 CH_3 的吸收帶^[3]。在 $8-10 \mu$ 之間的吸收光譜, 各制品很不一致, 一般來看, 富里酸在此區的吸收比胡敏酸較強, 這裏的吸收帶是由于芳香族化合物上有各種不同取代的結果, 雖然根據貝拉米^[4]的意見, 認為這一區的研究還不夠, 這些吸收帶亦比較不適用於分析檢定之用, 但從曲線所表現的輪廓來看, 可以推想到胡敏酸與富里酸在芳香族核上的取代不同。

(四)

以上分析的三個土壤, 都含有較高的腐殖質, 但這三種土壤中腐殖質的積累過程, 是

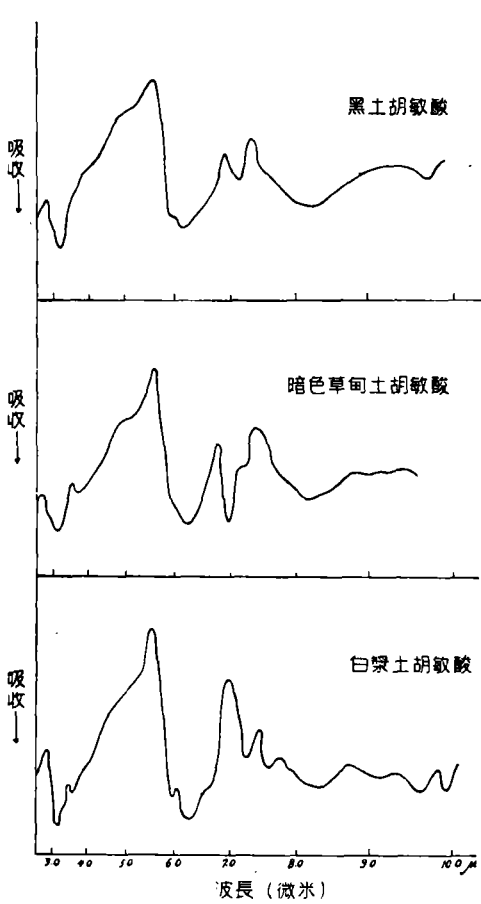


图 11 紅外光区吸收光譜(胡敏酸)

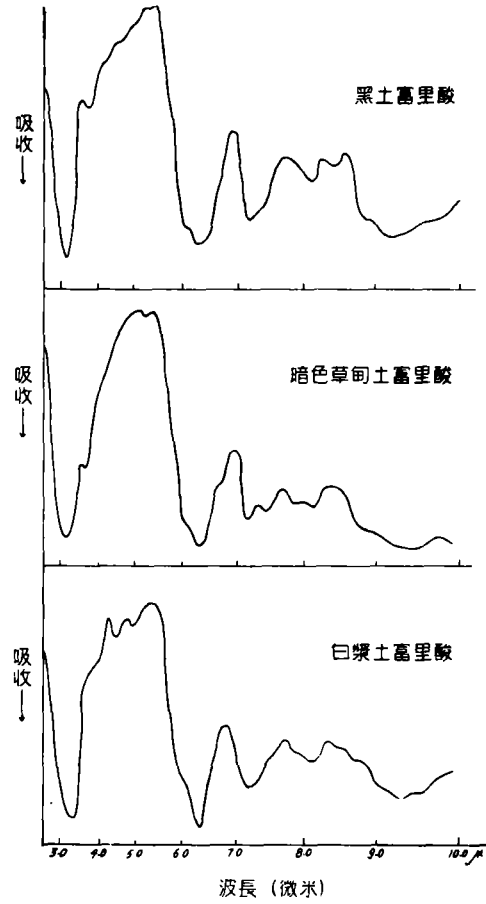


图 12 紅外光区吸收光譜(富里酸)

不一样的 (虽然草甸土和白浆土中的积累都和水分多有关系,但在前者是由于地下水位高,后者则是由于季节性的上层滞水),对这三种土壤中腐殖质的研究结果表明:黑土的胡敏酸最复杂,暗色草甸土的次之,白浆土的最简单。而各土富里酸之间的关系则恰好与此相反,黑土中的最简单,白浆土中的最复杂。从胡敏酸本性研究的结果看,白浆土胡敏酸接近于灰化土及生草灰化土的胡敏酸。

以上结果亦表明,不同土壤中的胡敏酸或富里酸具有基本的共同性,但又不完全一样。它们具有共同特征的基本构造骨架,但分子的缩合程度和结构骨架上的取代则不相同,因此它们一方面具有共同的性质,一方面这些性质的表现又不相同。例如它们在可见光区的光学密度,都是在波长短的部分(蓝色)高,波长长的部分(红色)低;但具体的光学密度曲线,又各个不同。从胡敏酸到富里酸之间,这些性质的变异亦没有骤然的质的不同界线,有呈连续的趋势。我们的资料还表明胡敏酸分子从黑土到暗色草甸土到白浆土而变简单,富里酸分子又从黑土到暗色草甸土到白浆土而变复杂。这充分说明土壤腐殖质,包括胡敏酸、富里酸在一起,为一系列分子复杂程度不同的、具有共同基本特性的高分子化合物,富里酸为其简单一端的代表,胡敏酸为其复杂一端的代表。各土壤之间腐殖质的区别在于其分子的复杂简单程度,而这种程度则决定于土壤形成的条件。

发光瀝青分析法的用于土壤腐殖質研究是一个新的嘗試,根据初步所得資料,认为有进一步研究的价值。

紅外光譜法用于土壤腐殖質的研究,亦仅是最近的事,估計它在研究土壤腐殖質結構方面,将得到更广泛的注意。

参 考 文 献

- [1] 曾昭順:关于白浆土的形成問題。土壤集刊 1, 1958。
- [2] 黃瑞采:江苏淮北丘陵低崗的白浆土。哈尔滨全国土壤普查會議文件, 1959。
- [3] 黃鳴龙編著:紅外綫光譜与有机化合物分子結構的关系。科学出版社, 1958。
- [4] Александрова, Л. Н.: Органо-минеральные соединения и органо-минеральные коллоиды в почве. 1959 (尚未发表)。
- [5] Беллами, Л.: Инфракрасные спектры молекул. Москва, 1957。
- [6] Forsyth, W. G. C.: Studies on the more soluble complexes of soil organic matter. The Biochem. Jour. Vol. 41, No. 2, 1947。
- [7] Касаточкин, В. И. и Зильбербранд О. И.: Рентгенография и инфракрасная спектроскопия в применении к исследованию строения гумусовых веществ. Почвоведение, № 5, 1956。
- [8] Кононова М. М.: Проблема почвенного гумуса и современные задачи его изучения. Москва, 1951。
- [9] Кононова, М. М.: Гумус главнейших типов почв СССР, его природа и путь образования. Доклады VI международному конгрессу почвоведов. АН СССР, 1956。
- [10] Кононова, М. М.: Важнейшие итоги исследований почвенного гумуса. Почвоведение, №. 11, 1957。
- [11] Флоровская В. Н.: Люминесцентно-битуминологический метод изучения и поисков нефтяных месторождений. Москва, 1954。

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЧВЕННОГО ГУМУСА ЧЕРНОЗЕМЫ (КУРСКОЙ ОБЛАСТИ СССР) ТЕМНО-ЛУГОВЫХ И БЭЙЦЗЯНСКИХ ПОЧВ (СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ, КНР)

У Джи-хуа

Черноземы из «Стрелецкой степи» СССР, Темно-луговые и Бэйцзянские почвы из Северо-восточной части КНР были исследованы по общему содержанию гумуса, азота, по количеству и составу свободных гумусовых веществ, по природе и составу их гуминовых кислот и фульвокислот.

Эти почвы содержат значительно высокое количество гумуса, особенно в Бэйцзянских почвах, оно достигает до 24.4% в верхних горизонтах, что свидетельствует о заторфованности и накоплении сырого гумуса, а в нижних горизонтах, оно резко падает. Содержание гумуса в черноземах и темно-луговых почвах снижается постепенно с глубиной.

Свободные гумусовые вещества содержатся во всех этих почвах. В черноземах и луговых почвах они составляют около 1/5 от общего гумуса, а в бэйцзянских почвах значительно меньше (12.21%). Отношение *гуминовые кислоты*: Фульвокислоты во всех случаях больше единицы.

Было показано, что чем меньше отношение C/N, тем больше содержатся битумов в гумусе.

Результаты, полученные по люминесцентно-битуминологическому методу изучения почвенных битумов, показывают, что битумы в разных почвах имеют подобное люминесцентное свойство но состав битумов в бэйцзянских почвах сложнее чем в других почвах. Вместе с результатами приводит к выводу что, чем более сложные битумы имеются в почвах, тем проще ее гуминовые кислоты.

Было также проведены и элементарный анализ, оптическое, рентгенографическое, и инфракрасное спектроскопическое исследование по гуминовым кислотам и фульвокислотам этих почв. Результаты наши доказывают, что гуминовые кислоты и фульвокислоты имеют общий тип структуры. Отличая деталями строения основного ядра, степенью конденсации, они являются представителями системы полимерных и гетерогенных соединений. Гуминовые кислоты в черноземах доказываются самыми сложными, в темно-луговой почвах проще, а в бэйцзянских почвах еще проще. Картина у фульвокислот как раз наоборот самые сложные фульвокислоты наблюдаются в Бэйцзянских почвах, а в темно-луговых проще, и в черноземах еще проще. По видимому чем сложнее гуминовые кислоты имеются в почвах, тем проще её фульвокислоты.

Природа и свойство гуминовых кислот в бэйцзянских почвах более близка к гуминовым кислотам подзолистых почв, чем к гуминовым кислотам черноземов.