

中国暖温带黑粘土的腐殖质特性 及其与土壤发生的关系

李卫东* 张明亮 逢焕成

(北京农业大学, 100094)

王庆云 杨补勤

(华中农业大学)

CHARACTERISTICS OF HUMIC SUBSTANCES AND THEIR RELATIONSHIPS WITH GENESIS OF BLACK CLAY SOILS IN WARM TEMPERATE ZONE OF CHINA

Li Weidong Zhang Mingliang and Pang Huancheng

(Beijing Agricultural University, Beijing 100094)

Wang Qingyun and Yang Buqin

(Huazhong Agricultural University)

关键词 黑粘土, 腐殖物质, 黑色胡敏酸, 光密度指数

暖温带黑粘土是我国变性土纲的一个主要类型, 在淮北平原、南阳盆地、山东胶莱平原和苏北平原均有较大面积的分布。黑粘土虽然有机质含量一般, 但土壤颜色深暗, 在耕层之下, 有一棱柱状结构的残留黑土层, 色调尤深。同时, 黑粘土土壤肥力较低, 是一种急待改良的土壤。黑粘土的这些特点, 与其有机质的特性不无关系。本文就该种土壤的腐殖质组成、胡敏酸的光密度指数及其沿剖面的分异特征进行了分析, 发现了一些特点和规律。并对其暗色的成因、剖面分异原因以及腐殖质特性与土壤肥力的关系等进行了探讨。

1 材料和方法

供试土样分别取自湖北、河南、山东、江苏、安徽等五省的主要黑粘土分布区, 共 5 个剖面。其中

* 现为中科院地理所博士后。

收到修改稿日期: 1995-12-14

B-1 至 B-4 剖面为黑粘土, W-1 剖面为一黑粘土的变异类型即白碱土。各土壤剖面的粘粒矿物均以蒙脱石为主。上样的部分理化性质见表 1。

表 1 供试土壤的部分理化性质

编号及地点	土壤类型	层次	深度 (cm)	pH	有机碳量 (g/kg)	CaCO ₃ (g/kg)	R*	粘粒含量 (g/kg)
B-1	黑粘土	A 耕层	0—20	7.6	7.98	0.4	97.5	324.6
		A _p 犁底层	20—29	7.9	5.48	0.3	97.8	325.2
		B 黑土层	29—44	7.7	7.70	0.2	97.6	416.9
湖北 枣阳	黑粘土	BC 过渡层	44—62	7.6	5.26	0	97.4	413.4
		C 砂姜层	62—100	7.6	3.78	0	98.5	399.5
		A 耕层	0—20	6.9	7.62	0	98.0	314.1
B-2	黑粘土	B 黑土层	20—50	7.7	8.64	0	98.3	395.0
		C 砂姜层	50—100	7.8	4.04	0	98.2	323.6
		A 耕层	0—17	8.2	6.40	3.2	96.4	568.6
B-3	黑粘土	AB 过渡层	17—42	8.1	6.72	1.5	96.1	518.0
		B 黑土层	42—70	8.2	6.50	1.4	95.3	436.2
		C 砂姜层	70—200	8.4	1.72	121.6	95.5	208.1
B-4	黑粘土	A 耕层	0—12	7.5	10.88	0	96.6	437.4
		A _p 犁底层	12—20	8.0	8.94	0	96.3	419.8
		B 黑土层	20—35	8.2	6.13	0	95.1	482.6
江苏 东海	黑粘土	C 砂姜层	35—	8.0	3.80	0	94.2	563.5
		A 耕层	0—18	9.6	3.32	5.4	80.4	121.9
		B 黑土层	18—43	9.2	3.10	0.6	84.5	258.8
W-1	白碱土	C 砂姜层	43—	9.0	2.03	18.3	88.3	399.8

* R: 交换性 Ca²⁺ 和 Mg²⁺ 的量与交换性阳离子总量的比率。

土壤腐殖物质的分组采用波诺马廖娃等修改的丘林法^[1], 将胡敏酸分成三个组分(HA-1: 游离的及与移动性三氧化物结合的, 即棕色胡敏酸; HA-2: 与钙结合的, 即黑色胡敏酸; HA-3: 与粘粒和稳定性三氧化物结合的胡敏酸)。富里酸分成三个组分(FA-1: 游离的和与移动性三氧化物结合的, 以及与 HA-1 结合的; FA-2: 与 HA-2 结合的; FA-3: 与 HA-3 结合的)。土壤有机碳和腐殖物质各组分碳的测定全部采用重铬酸钾法。光密度指数测定采用 72-1 分光光度计。E_C = E₄₃₀ / C, E₄₃₀ 为 430nm 波长时的吸光度, C 为碳浓度 (mg/ml)。E₄ / E₆ = E₄₆₅ / E₆₆₅。

2 结果与分析

2.1 黑粘土腐殖物质的组分含量及其剖面分异

表 2 结果表明, 在胡敏酸组分中, 主要是 HA-2, 其在耕层中的相对含量为 8.0—14.0%, 黑土层中为 11.2—19.6%; HA-3 含量次之, 耕层中为 7.8—9.9%, 黑土层中则为

5.8—10.9%; HA-1, 仅在耕层中有少量存在, 其相对含量低于 2.0%。在富里酸中, 也是 FA-2 和 FA-3 为多, 而活性组分 FA-1 较少。从整体上看, 胡敏酸总量低于富里酸总量, 土壤各层的 HA/FA 大多在 1.00 以下, 黑土层则在 1.00 左右, 土壤活性腐殖物质的含量较低, 在耕层中为 5—10%。残渣重为 35—72%, 以砂姜层为最高。从剖面有机碳的绝对含量看, 土壤腐殖物质主要集中在黑土层(包括黑土层)以上, 该层以下则骤减。就腐殖物质的组分而言, 黑色胡敏酸主要富集在黑土层, 在下部层次则骤降甚至为零。HA-3 的剖面分异无一致规律, 除 B-3 剖面外, 在其它剖面砂姜层中的相对含量均高于黑土层。在富里酸中, 各组分则无明显一致的剖面分异特征。

表 2 腐殖物质的分组含量(占土壤有机碳总量的%)

编号	层次	FA(C)				HA(C)				残渣重	活性腐 殖质碳	HA FA
		FA-1	FA-2	FA-3	T*	HA-1	HA-2	HA-3	T*			
	A	8.6	14.2	9.8	32.6	tr.**	12.1	9.6	21.7	45.9	8.4	0.67
	A _p	5.6	14.2	15.4	35.2	0	16.0	7.8	23.8	41.8	5.6	0.65
B-1	B	5.0	9.9	11.9	26.8	0	16.4	5.8	22.2	51.0	5.0	0.82
	BC	5.8	12.9	11.7	30.4	0	14.0	11.7	25.7	43.9	5.8	0.84
	C	5.9	11.0	9.9	26.7	0	9.7	12.3	22.0	51.3	5.9	0.82
	A	8.8	13.7	12.9	35.4	1.7	13.7	7.8	23.2	41.4	10.5	0.66
B-2	B	7.8	15.6	11.7	35.1	0	19.6	5.5	27.1	37.8	7.8	0.77
	C	9.8	7.9	19.6	37.3	0	8.8	8.8	17.6	45.1	4.8	0.47
	A	4.6	15.1	10.4	30.1	tr.	8.0	8.4	16.4	53.2	4.6	0.54
B-3	AB	3.8	14.4	13.6	31.8	0	10.3	8.0	18.3	49.9	3.8	0.58
	B	6.4	11.3	6.2	23.9	0	11.2	9.1	20.3	55.8	6.4	0.85
	C	4.2	4.0	19.9	28.1	0	0	0	0	71.8	3.9	0
	A	7.2	11.7	10.7	29.6	1.0	11.1	9.9	22.8	48.4	8.2	0.74
B-4	A _p	6.4	12.7	15.6	34.9	1.2	11.8	9.7	22.7	42.6	7.6	0.65
	B	3.8	10.2	11.7	25.7	0	15.7	10.9	26.6	47.7	3.8	1.03
	C	4.6	8.0	6.6	19.2	0	11.0	12.3	23.3	57.5	4.6	1.21
	A	4.1	9.8	21.1	35.0	2.0	14.1	14.6	30.7	34.3	3.6	0.88
W-1	B	3.4	11.8	14.5	29.7	0	19.6	12.3	31.8	38.5	3.4	1.07
	C	6.4	4.0	4.6	15.0	0	0	13.6	13.6	71.5	6.4	0.90

* T: 总量. ** tr.: 微量.

2.2 黑粘土胡敏酸的光密度指数及其剖面分异

胡敏酸的光密度值反映了它的芳构化程度。我国一般以 E_4/E_6 值作为表征芳构化程度的指标。而波诺马廖娃等则认为, 把 E_C 值作为表征芳构化程度的指标更为适宜。分析结果发现, 黑粘土的 HA-2 的 E_C 平均值为 22.05, 与栗钙土的相近。HA-3 的 E_C 平均值为 11.19, 约为 HA-2 的 1/2。HA-1 的 E_C 值十分低, 在 4.5 以下。从提取液颜色

看,HA-2以黑色为主,HA-3以棕到棕黑色为主,而HA-1则呈黄色。颜色是胡敏酸分子芳构化程度的一种直观反映,显然,就芳构化程度来说,应为HA-2>HA-3>HA-1, E_C 值与颜色变化相符。波诺马廖娃对前苏联和东欧一些土壤腐殖物质的研究结果也是如此^[1]。而从 E_4/E_6 值来看,HA-2与HA-3之间则无明显差异,均在3.00左右,这表明用 E_C 作为表征胡敏酸芳构化度的指标比用 E_4/E_6 更为适宜。

从各个土壤剖面的 E_C 来看,均表现出明显的剖面分异(图1)。黑土层的HA-2和HA-3的 E_C 明显大于上下层,尤其比砂姜层大得多。这表明,黑土层HA-2和HA-3的芳构化程度高于上下层,尤其远高于砂姜层(某些剖面砂姜层不含HA-2和HA-3),与提取液颜色一致。从HA-2和HA-3的 E_4/E_6 值看,表现出黑土层低于上下层,也同样反映了黑土层的HA-2和HA-3芳构化程度高于上下层,但剖面变化小,不同剖面之间和同一剖面不同层次之间数值与提取液颜色不一致,也同样不及 E_C 更能有效地反映实际。

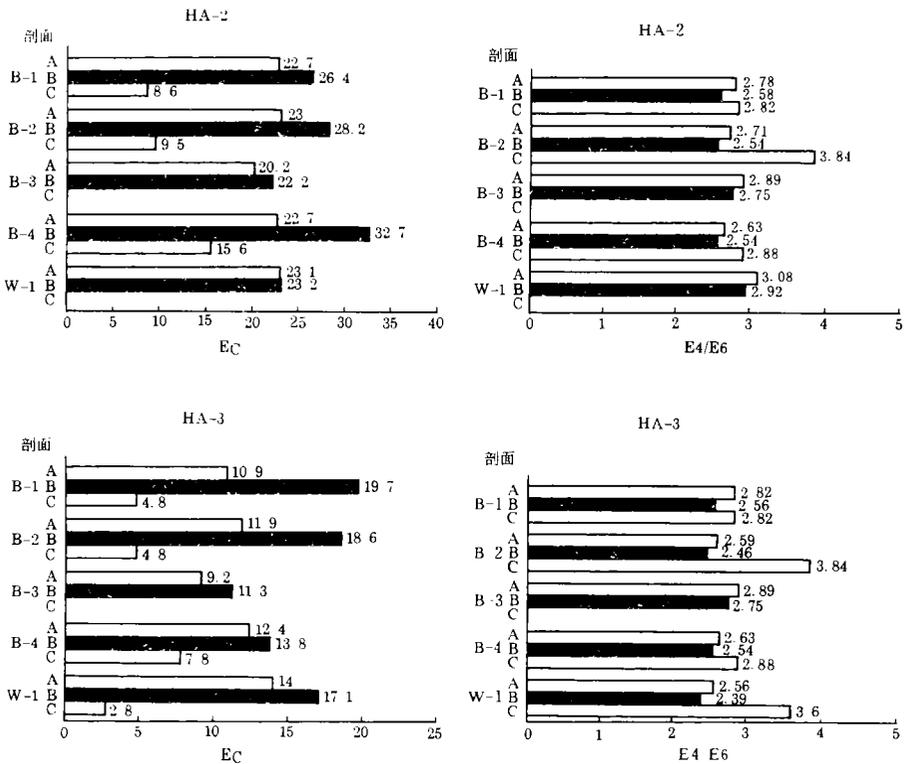


图1 胡敏酸光密度指数的剖面分异

2.3 黑粘土上发育的白碱土的腐殖物质状况

W-1号为黑粘土在发育过程中变异而成的白碱土剖面。它的许多理化性状与黑粘土相比,已发生重大变化(表1),但黑土层仍很明显。地表出现灰白色结皮,表层和黑土层因粘粒分散淋失而呈粉面状结构。黑土层pH值为9.18,呈碱性,盐分含量为2g/kg,碱化度为14.5%。只有砂姜层为粘土。

从白碱土剖面各层次的有机碳含量(表1)、腐殖物质分组结果(表2)、胡敏酸光密度

指数及其剖面分异特点(图 1)看,除有机碳绝对含量较低外,基本上与黑粘土一致。这表明黑粘土的腐殖物质即使在土壤变成碱性也难以被氧化分解而有较大改变,这从一个侧面表明了黑粘土的腐殖物质,尤其是 HA-2 和 HA-3 是来自于母质。

3 讨论

3.1 黑粘土的暗色成因

黑粘土的暗色一般认为来自有机质,但由于有机质含量并不高,因而也有人认为与锰有很大关系。笔者对黑粘土粘粒中的锰进行分析,结果表明全锰含量并不高(黑土层 $< 0.7\text{g/kg}$),游离锰(黑土层 $< 450\text{mg/kg}$)和无定形锰(黑土层 $< 300\text{mg/kg}$)也不多,有的黑粘土几乎不含游离锰,而且游离锰主要以结核和斑点状聚集。用 DCB 法将暗色胶体去铁锰后,颜色变得更深(与脱铁有关)。显然,锰对黑粘土的染色作用甚微。再对黑色胶体加 H_2O_2 去有机质后,颜色显著变浅,呈灰白色,可见黑粘土的暗色完全来自有机质。

从黑粘土剖面腐殖物质的组成、特性和剖面分异特征可知,该种土壤的胡敏酸以黑色胡敏酸为主,它具有很高的芳构化度,并在黑土层中相对富集。高芳构化度的黑色胡敏酸颜色深暗,能与土壤中丰富的钙离子形成稳定结合并难以分解和溶解,少量的存在即可将土壤染成黑色。因此,黑粘土的暗色主要是由于黑色胡敏酸的侵染所致。而黑土层颜色尤深则与黑土层黑色胡敏酸相对富集和有更高的芳构化度有关。HA-3 也有一定贡献。另外,黑粘土的腐殖物质组成和光密度指数 E_c 均与栗钙土相似,与黑钙土接近,这可能与腐殖物质的原料来源和形成历史中气候上的某些相似有关。

3.2 黑粘土腐殖物质组成与土壤肥力的关系

黑粘土的有机碳含量并不比其它邻近土壤类型(如褐土、潮土、黄棕壤等)的低,然而土壤肥力却很差,这除了与土壤质地粘重等因素有关外,有机质的质量也是一个重要原因。活性腐殖物质是腐殖质中对土壤肥力起主要作用的组分之一。黑粘土的活性腐殖物质含量相当低,占有机碳的 10% 以下。其它组分因与钙离子和粘粒矿物牢固结合以及高芳构化度等原因,而难以被分解和吸持养分元素,对土壤肥力贡献很小,这正是黑粘土缺乏速效氮和磷的原因之一。因此,就对土壤肥力贡献而言,黑粘土的腐殖物质品质是较差的。

棕色胡敏酸在剖面中并不移动。从棕色胡敏酸仅出现于耕层可知,黑粘土的棕色胡敏酸并非母质形成时的遗留物,而是后来侵入的有机物质腐殖化所形成的。这种后来侵入的有机物质也使黑粘土耕层的活性腐殖物质含量明显高于下部层次。这反过来表明了增施有机肥是改善黑粘土有机质组成、改善土壤肥力状况的良好措施之一。

3.3 黑粘土腐殖物质剖面分异的原因

黑粘土腐殖物质组分和颜色的剖面分异,与其母质遗留特征、各组分的剖面移动性及其氧化程度有关。黑土层及以上层次有较多腐殖物质,这本身在黑粘土母质形成时就已具有^[2],下部层次所含有的腐殖物质,则主要是沿剖面下移的。黑土层腐殖物质较少受植被和人为因素影响,因而更好的保持其母质残留的特征。耕层腐殖物质芳构化度低,颜色

偏浅,可能是由于通气良好、氧化分解较强所致。黑粘土呈中性至偏碱性反应,盐基饱和度高,土壤富含钙离子,有些土壤还含有活性碳酸钙,而黑色胡敏酸对钙有很强的化学亲和势,这使土壤中高芳构化度的黑色胡敏酸得以以饱和钙盐的形式存在而难以溶解移动。只有一些芳构化度较低黑色胡敏酸才以不饱和钙盐的形式沿剖面移向下层,但若遇高含量的活性碳酸钙,移动也就会终止。这可能正是 B-3 剖面黑土层与砂姜层分界截然,而其它剖面则会在黑土层和砂姜层之间出现指状过渡的原因。另外,剖面中含有活性碳酸钙的黑粘土,可能由于较多黑色胡敏酸是处于钙饱和状态而不易移动,所以使黑色胡敏酸的芳构化度沿剖面分异不够明显(如 B-1、B-3 以及 W-1)。

参 考 文 献

1. B.B.波诺马廖娃等(魏开涓译)、1987: 腐殖质与土壤形成,105—144页,农业出版社。
2. 李卫东等、1992: 砂姜黑土、黑土层母质起源的探讨。土壤环境变化(龚子同主编),75—78页,中国科学技术出版社。

通 告

《土壤学报》是中国科学引文数据库首批收录的 315 种期刊之一。

《中国科学引文索引》印刷版和光盘版已于近日出版。若想了解以上两种产品的详细情况及引文数据库的服务情况,可与中国科学引文数据库联系。

联系地址: 北京中关村科学院南路 8 号

中科院文献情报中心中国科学引文数据库课题组

邮编: 100080 **电话:** 62564354 **传真:** 62566846

新书介绍

中国科学院南京土壤研究所李锦等编著的《土壤制图》即将出版发行。该书在作者长期工作实践、认识和吸收国内外制图经验的基础上,系统地总结和论述了土壤制图的理论、方法和应用。全书共十一章。第一章简述土壤制图的目的、任务,土壤图分类,土壤制图国内外发展历史、现状及趋势。第二、三章全面阐述土壤制图的理论、原则和内容,程序和方法。第四、五章分论大、中、小比例尺土壤制图的目的和范围,调查制图的程序和方法。第六章综述土壤系列图的编制原则和方法,不同种类系列成图的制图目的、成图特点、编制方法。第七、八、九章论述土壤航、卫片目视判读的原理、方法和调查制图程序,遥感磁带数据和信息系统在土壤制图中的应用。第十章土壤图质量的评价,并分述大、中、小比例尺图质量评价的侧重点。第十一章阐述土壤制图成果应用的范围、效果和实例。

该书可供农、林、牧、水利等生产部门以及从事土壤、地理、地质、生物、生态、资源、环境、地图、测绘工作的专业人员和有关大、专院校的师生参考。