

# 草木栖、麦秸和泥炭在黑土中腐解 特点及对土壤肥力的影响\*

李庆民 肖仲纯

(黑龙江省农科院土壤肥料研究所)

## 摘 要

有机物料田间腐解试验表明,各地均以草木栖分解最快,麦秸次之,泥炭最慢;同一有机物料的分解速率,北部克山均比南部哈尔滨慢。腐殖化系数,各地均以泥炭最大,麦秸次之,草木栖最小;同一有机物料的腐殖化系数,北部克山均比南部哈尔滨大。三种有机物料处理黑土: 1. 提高了腐殖质的数量和品质,增加了养分贮量和保肥能力,泥炭处理优于其他处理。2. 明显地提高了胶体复合有机炭和追加复合度,草木栖处理最好,麦秸次之,再次是泥炭。3. 改善了胶体腐殖质结合形态,松结态显著增加,土壤腐殖质更加活化,复合胶体的特性也均得到了改善。

黑土是黑龙江省、吉林省的主要耕地土壤,是我国重要的商品粮基地之一。据研究<sup>[3]</sup>,黑土肥力问题在很大程度上就是土壤有机质问题,保持提高黑土肥力除保持水土、合理耕作等措施外,主要是通过增施农肥、泥炭和压绿肥、秸秆还田等途径补充更新土壤有机质。为此,我们对有机物料在黑土中腐解特点及对土壤肥力的影响进行了研究,为更好地培肥黑土提供科学依据。

## 一、试验材料和方法

供试土样采自哈尔滨的重壤质薄层黑土,有机物料选取来源广的草木栖、麦秸和泥炭(表1)。

表1 供试有机物料的有机碳和养分含量

Table 1 Content of organic matter and nutrient of organic materials

有机物料 Organic substance	有机碳(%) Total-C	全氮(%) Total-N	全磷(%) Total-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	全钾(%) Total-K <sub>2</sub> O	C/N
草木栖 Sweet clover	42.4	2.73	0.35	1.06	15.5
麦 秸 Wheat straw	41.8	0.65	0.14	1.80	64.3
泥 炭 Peat	23.8	1.23	0.03	0.90	19.3

\* 参加试验的有才希远同志;苏亚庆、张月娥同志参加了北部克山有机物料腐解试验,尹达龙同志参加了盆栽试验。

有机物料在黑土中腐解特点的试验, 采用田间砂滤管法<sup>[6]</sup>进行。土样为黑土 30—50 厘米深的心土, 有机质加入量为土样重的 5% (按纯有机质计算), 以不加有机质的为对照, 埋设在北部克山和南部哈尔滨的黑土上埋深 5—21 厘米。有机物料对黑土肥力影响的试验, 在哈尔滨采用盆钵法进行的, 土样为黑土的耕层, 有机质加入量为土样重的 5%, 以不加有机质的为对照。盆钵放在室外盆栽场, 未栽种作物, 定期等量浇水, 冬季移到温室内管理。盆钵试验自 1981 年 5 月至 1982 年 10 月末; 砂滤管试验自 1982 年 4 月至 1983 年 9 月末, 室内分析至 12 月末结束。

土壤一般理化性质测定采用常规方法, 腐殖酸组成采用焦磷酸钠提取-重铬酸钾法, 代换量采用 EDTA-铵盐快速法。

土壤复合胶体的提取和制备, 采用超声波发生器处理提取 <2 微米的胶体。

土壤胶体性质的测定, 除碳、氮、磷和代换量采用常规法外, 其他方法如下:

(1) 粘度<sup>[7]</sup>: 用毛管粘度计测定, 土壤悬液浓度为 1%, 测定时恒温 30℃。

(2) 不同结合态腐殖质的测定<sup>[8]</sup>: 取一定量样本, 用 0.1N NaOH 溶液提取, 直至无色为止, 提取液定容供测游离态和松结合态腐殖质用。继用 0.1N NaOH + 0.1N Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 反复提取至淡棕色并定容, 提取部分是联结态腐殖质。再加 0.1N NaOH + 0.1N Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 溶液, 并用超声波处理 20 分钟, 提取部分即为稳结合态腐殖质。提取后的残渣, 在 50—60℃ 烘干定碳, 即为紧结合态腐殖质。再分别吸取上述提取液, 用 1N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 调节 pH 至 7, 在水浴上蒸干定碳。

(3) 缓冲曲线: 用稀盐酸淋洗-连续滴定法<sup>[1]</sup>。稀盐酸淋洗后, 用无 CO<sub>2</sub> 蒸馏水洗至无 Cl<sup>-</sup>, 再进行连续滴定。

(4) 蔗糖转化<sup>[7]</sup>: 取 2 克样品, 加入 5% 蔗糖液 100 毫升, 加热水解, 用索姆洁法定还原糖。

(5) 吸水量<sup>[1]</sup>: 取一定量样品装入一端包有滤纸的细玻璃管内, 把玻璃管提高 1 厘米让其自由下落, 反复进行 100 次, 再把玻璃管置于吸水滤纸上, 吸足水分后称重。

分析测定均采用土样重复。

## 二、试验结果和讨论

### (一) 草木栖、麦秸和泥炭在黑土中腐解特点

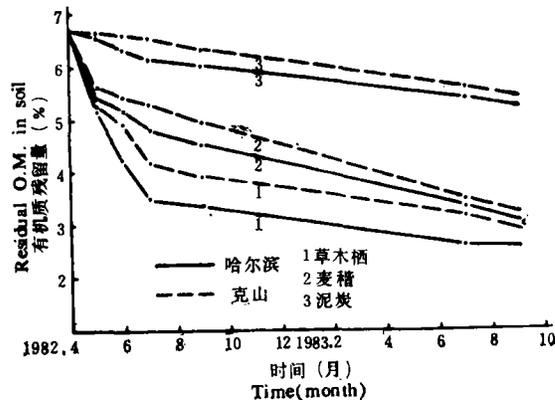


图 1 田间条件下有机物料的分解

Fig. 1 Decomposition of organic substances under field condition

图 1 表明, 不同有机物料的分解速度是有明显的差异, 这与有机物料组分不同有关。在三种有机物料中, 无论是南部哈尔滨, 或是在北部克山, 草木栖和麦秸在第 1 个月内分

解最快,以后麦秸的分解速度逐渐变慢,草木栖的快速分解速度持续到第3个月,而泥炭一开始就分解很慢。三种有机物料以草木栖分解最快,麦秸次之,泥炭分解最慢。以南部哈尔滨为例,第1个月的分解率(均以占加入有机质量的百分数计):草木栖为29.6%,麦秸为26.2%,泥炭仅为1.6%;第3个月的分解速率:草木栖为62.4%,麦秸为38.0%,泥炭为9.0%。相同的有机物料,在不同地区它们的分解速率也是有差异的,在北部克山均比在南部哈尔滨为低,这与土壤的水热条件和微生物活性等有关。因为北部气温低,土温也低,土壤水分较多,土壤微生物活动不如南部旺盛,各种有机物料的分解速率均较南部为慢。

表2 有机物料在不同腐解时间后残留碳量(占加入碳的%)

Table 2 Residual C of organic materials in soil in different period of decomposition (% of organic C originally added)

有机物料 Organic materials	哈 尔 滨 Harbin		克 山 Keshan	
	第5个月 5th month	第17个月 17th month	第5个月 5th month	第17个月 17th month
草木栖	35.0	21.4	45.0	24.8
麦 秸	58.8	29.2	64.8	33.8
泥 炭	88.2	71.6	91.6	77.6

由表2可见,三种不同有机物料在不同腐解时间后残留碳量是不相同的。分解5个月后残留的碳量(均按占加入碳量的%计):草木栖为35—45%,麦秸为59—65%,泥炭为88—92%;分解17个月后残留的碳量:草木栖为21—25%,麦秸为29—34%,泥炭为72—78%。而相同的有机物料在腐解5个月或17个月后,其残留的碳量,均以北部克山地区高于南部的哈尔滨。如上所述,有机物料在土壤中的残留碳量随有机物料种类不同,分解时间久暂和所处地区不同而异。一般常以分解一年后的残留碳量定义为腐殖化系数,用以判断有机物料对土壤有机质含量贡献大小的指标<sup>[4]</sup>。计算结果表明,各种供试有机物料的腐殖化系数差异很大,最大的与最小的差异达2—2.5倍。三种有机物料的腐殖化系数,无论是在南部哈尔滨,或是在北部克山,均以泥炭为最大,麦秸次之,草木栖最小。黑龙江省和吉林省泥炭资源丰富,充分利用泥炭资源培肥黑土,对保持提高黑土肥力,增加农产品产量是有重大意义的。黑龙江省的国营农场和北部农村,作物种植比例以小麦为主,占耕地面积半数以上,大力推广麦秸还田也是很有意义的。

## (二) 草木栖、麦秸和泥炭对黑土肥力的影响

根据1981年5月至1982年10月末盆钵试验结束后土壤分析测定结果可以看出,有机物料对黑土的理化性质和复合胶体特性均有良好的影响。这一研究结果仅表明对土壤肥力的影响趋势,但在培肥黑土的实践中将起到一定的作用。

1. 对黑土理化性质的影响 表3和表4表明,各种有机物料处理黑土,提高了腐殖质含量,改善了腐殖质的品质,增加了氮磷养分贮量和保肥能力。其中泥炭处理在提高腐殖质和氮素含量以及增加胡敏酸含量和代换能力等均显著优于其他处理。

表5是有机物料处理黑土后第二年5—8月份测定土壤有效养分变化的情况。从表

表 3 黑土化学性质的变化

Table 3 Variation of chemical properties of black soils

试验处理 Treatment	有机质(%) O. M.	全氮(%) Total-N	全磷(%) Total-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	全钾(%) Total-K <sub>2</sub> O	pH	代换量(meq/ 100g) Exchange capacity
草木栖	4.29	0.298	0.129	2.69	8.0	28.5
麦 秸	4.36	0.258	0.109	2.84	7.9	29.3
泥 炭	6.78	0.384	0.106	2.47	7.3	30.9
CK	3.36	0.211	0.105	2.69	8.0	27.8

表 4 黑土腐殖质组成的变化

Table 4 Variation of humus coposition in black soils

试验处理 Treatment	有机碳(%) Organic-C	胡敏酸碳 Humic acid-C		富里酸碳 Fulvic acid-C		胡敏酸碳 富里酸碳 Humic acid-C		胡敏素碳 Humin-C	
		(%)	占总碳% (%) in total-C	(%)	占总碳% (%) in total-C	Fulvic acid-C	(%)	占总碳% (%) in total-C	
草木栖	2.49	0.33	13.1	0.37	15.0	0.87	1.79	71.9	
麦 秸	2.53	0.46	18.3	0.54	21.4	0.86	1.53	60.3	
泥 炭	3.93	0.63	15.9	0.66	17.0	0.94	2.64	67.1	
CK	1.95	0.31	16.1	0.39	20.0	0.80	1.25	63.9	

表 5 黑土有效养分动态变化 (mg/100g)

Table 5 Variation of available nutrients in black soils

试验处理 Treatment	项 目 Item	测定日期(日/月) Date of sampling				
		30/5	20/6	10/7	30/7	20/8
草木栖 Sweet clover	碱解氮	23.3	21.1	17.4	16.4	15.7
	速效磷	10.3	10.7	11.1	10.1	10.1
	速效钾	87.5	77.5	74.0	51.0	57.0
麦 秸 Wheat straw	碱解氮	23.8	21.3	19.4	18.4	18.8
	速效磷	15.6	14.8	15.2	15.2	12.6
	速效钾	85.5	82.5	54.0	57.0	49.0
泥 炭 Peat	碱解氮	25.6	24.8	20.9	22.1	22.1
	速效磷	5.4	8.1	7.0	6.0	4.8
	速效钾	29.5	28.0	29.0	31.0	27.0
CK	碱解氮	15.1	14.9	14.3	14.5	14.1
	速效磷	6.2	7.0	8.1	7.3	6.4
	速效钾	29.0	29.0	30.0	27.0	27.5

中可以看出,在供应有效养分能力方面,除泥炭处理供应有效性磷、钾的能力与对照相比无差异外,其余均有明显的提高。供给有效氮的能力,草炭处理最好,草木栖和麦秸处理近似,但草木栖处理后期有明显的降低趋势。供给有效磷的能力,麦秸处理最好,草木栖处理次之。草木栖处理的全量氮磷均优于麦秸处理,而供应有效氮磷却不如麦秸处理,这可能与草木栖的易分解组分多已在前期大量分解有关。供给有效钾的能力,草木栖和麦秸处理相似。表6说明,有机物料处理黑土均改善了土壤物理性质,土壤水稳性团粒显著增多,保水通气性能得到了明显的改善。其中麦秸处理最好,泥炭处理次之,再次是草木栖。在提高水稳性团粒总量方面,麦秸和草木栖处理优于泥炭处理,这可能是麦秸、草木栖处理产生较多的新鲜腐殖质,而泥炭受形成条件影响稳定组分多的缘故。

表6 黑土物理性质的变化

Table 6 Variation of physical properties of black soils

试验处理 Treatment	容重 (g/cm <sup>3</sup> ) Volume weight	田间持水量 (%) Field of water capacity	总孔隙度 (%) Total porosity	最低通气度* (%) Minimum aeration porosity	水稳团粒总量 (%) Water stable Aggregate
草木栖	1.00	36.9	61.0	24.1	81.5
麦 秸	0.90	40.8	64.3	27.5	89.3
泥 炭	0.95	39.3	62.6	25.3	63.6
CK	1.23	25.7	50.1	18.5	48.9

\* 按总孔隙度减田间持水量容积%计算。

表7 黑土有机无机复合状况

Table 7 The status of organo-mineral complexes of black soils

试验处理 Treatment	原 土 Original sample		重 组 Heavy fraction		追加复合度 Complexing degree additional (%)
	(g)	C %	(g)	C %	
草木栖	5.00	2.49	4.67	2.20	76.7
麦 秸	5.00	2.54	4.69	2.18	69.1
泥 炭	5.00	3.93	4.59	3.07	59.4
CK	5.00	1.96	4.70	1.71	—

## 2. 对黑土复合胶体特性的影响

(1) 对黑土有机无机复合状况的影响: 土壤胶体包括有机胶体和无机胶体,二者多以有机无机胶体复合状态存在,所以研究各种有机物料与土壤的相互作用,有助于阐明各种有机物料的改土作用。表7表明,各种有机物料处理黑土,复合有机碳均有明显的增加,追加(增值)复合度都在59%以上,说明三种有机物料改土作用都好。但是比较起来,草木栖处理的有机无机复合状况最好,其次是麦秸处理,再次是泥炭处理。出现

上述差异的原因,可能是草木栖易分解的组分多,较快地进行分解合成,使有机无机复合状况更好;泥炭由于受形成条件的长期作用,比较稳定的组分多,分解速度慢,因此,有机无机复合状况不如草木栖和麦秸。

有机物料处理土壤,腐殖质不仅可与粘粒相互融合,而且可以提高土壤结构的稳定性。我们测定了水稳性复合体和水分散复合体,结果差异不明显。

从黑土复合体的腐殖质结合形态(表 8)来看,各种有机物料处理的黑土,松结态的腐殖质均有显著的增加;紧结态的腐殖质明显地减少。显然,有机物料处理后的黑土腐殖质更加活化,这与增加多量的新鲜腐殖质有关。各有机物料处理间无显著的差异。

表 8 黑土复合胶体腐殖质结合形态的变化

Table 8 Variation of combined forms of humus in black soils

试验处理 Treatment	总碳量 (%) Total-C	松结态 Loosely combined form		联结态 Combined form		稳结态 Stably combined form		紧结态 Tightly combined form	
		(%)	占总碳% % in total-C	(%)	占总碳% % in total-C	(%)	占总碳% % in total-C	(%)	占总碳% % in total-C
草木栖	3.77	0.467	12.4	1.15	30.4	0.334	8.9	1.82	48.3
麦 秸	4.08	0.603	14.8	1.31	32.0	0.378	9.3	1.79	43.9
泥 炭	4.30	0.581	13.5	1.44	33.4	0.599	14.0	1.68	39.1
CK	3.19	0.312	9.8	0.427	13.4	0.257	8.1	2.19	68.7

表 9 黑土复合体特性的变化

Table 9 Variation of properties of colloidal complex in black soils

试验处理 Treatment	有机质 (%) O. M.	全 氮 (%) Total-N	全 磷 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %) Total-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	代换量 (meq/100g) Exchange Capacity	吸水量 (%) Moisture holding capacity	粘 度 (CP.) Viscosity
草木栖	6.50	0.624	0.269	61.0	—	0.845
麦 秸	7.03	0.517	0.236	61.8	54.1	0.825
泥 炭	7.40	0.603	0.230	64.0	52.1	0.825
CK	5.50	0.470	0.232	60.2	50.5	0.800

(2) 对黑土复合胶体特性的影响: 表 9 是有机物料处理黑土 18 个月对土壤复合体特性的影响情况。它表明,复合体中有机部分和氮磷含量与土壤相比有很大的提高,有机质约提高 0.5 倍,氮磷贮量均提高 1 倍多,代换性能也有加强,说明复合胶体在土壤肥力中具有重要作用。同时还可看到,经过有机物料处理的黑土复合体,有机质和氮磷提高的程度和未经处理的对照土壤复合体提高的程度近似,即分别为 0.5 倍和 2 倍左右,这说明,在较短的时间内,有机与无机部分就得到很好的融合,土壤获得培肥,泥炭处理的复合

体有机部分增加不太多,这和前面提到的有机无机复合状况不如其他处理的结果是一致的。

复合胶体的吸水量随有机质含量的提高而增加,说明保水能力有所加强。看来,复合体中的有机质可能有增加胶体的活性容积和吸持水分的作用。

复合胶体的粘度和吸水量类似,也随有机质含量的增加而提高,这可能是由于复合体的有机质增加胶体的活性容积和持水力从而增加了复合体的粘度。粘度可看作分散相水化和吸留水增加活性容积的函数,在某种程度上说明有机胶体在分散度上的影响。粘度的增加说明胶体絮凝增加,反之说明胶体分散。所以有机物料处理黑土使粘度增大也可说明团聚化的增加。

复合胶体对蔗糖的转化能力没有明显的差异。复合胶体的缓冲能力差异也不明显。

### 参 考 文 献

- [1] 于天仁编著,1976:土壤电化学性质及其研究法(修订本)。337和349页,科学出版社。
- [2] 马毅杰、李述刚、王周琼,1979:风化煤对土壤胶体特性的影响。土壤学报,第16卷1期,83—92页。
- [3] 李庆民、尹达龙,1982:黑土肥力变化特点及其与土壤复合胶体性质的关系。土壤学报,第19卷4期,358页。
- [4] 林心雄、程励励、施书莲、文启孝,1980:绿肥和蒿秆等在苏南地区土壤中的分解特征。土壤学报,第17卷4期,322页。
- [5] 傅积平、张敬森,1978:绿肥对淤土及其复合胶体性质的影响。土壤学报,第15卷1期,83—92页。
- [6] 林心雄、程励励、徐宁、文启孝,1981:田间测定植物残体分解速率的砂滤管法。土壤学报,第18卷1期,97—102页。
- [7] 弘法健三等,1966:腐殖粘土复合体に関する研究(第5報)腐殖质粘土复合体の物理化学的性质。日本土壤肥科学雜誌,第37卷第5号,287页。
- [8] Валезин. С. А. 著(姚允斌译),1953:用毛细管粘度计测定粘度。物理化学和胶体化学实验,132页。商务出版社。

## THE CHARACTERISTICS OF DECOMPOSITION OF SWEET CLOVER, WHEAT STRAW AND PEAT IN BLACK SOIL AND THEIR EFFECT ON SOIL FERTILITY

Li Qingmin, Xiao Zhongchun

*(Soils and Fertilizers Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences)*

### Summary

Results of field experiment applying sweet clovers, wheat straw and peat in black soil showed that there were significant differences among the rates of decomposition of the organic materials. The decomposition rate of sweet clover was greater than those of the other two organic materials, and that of peat was the lowest either in the black soil of Harbin or in that of Keshan. The humification coefficient of peat in the soil was the highest, that of wheat straw the second, and that of sweet clover the lowest.

Experimental results also showed that application of the organic materials increased the contents of humus and nutrients, improved the retention ability of the soil for nutrients, and increased the total C and additional complexing degree of organo-complexes in soil. It was also found that the content of loosely combined humus was increased, that of closely-combined humus was decreased, and the humus was activated by application of organic materials, and the colloidal characteristics and the fertility of the black soil were improved.