

土壤施用有机物料后重组有机质 变化规律的探讨

I. 对有机无机复合及腐殖质结合形态的影响

姜 岩 奚 森

(吉林农业大学)

摘 要

通过在粉壤质黑钙土和粘壤质轻度盐化草甸土上进行田间、盆栽及培养试验,研究了施用各种有机物料后两年来重组有机质的变化状况。施用有机物料可以提高土壤有机质和重组有机质的含量,可以提高有机无机复合量,降低原土复合度。各种有机物料的效果并不一样,追加复合量和追加复合度均随玉米秸秆施用量的增加而提高,但复合系数却因用量的增加而降低。施用有机物料后重组有机质中各种结合形态的腐殖质在绝对含量上都明显提高,但以松结合态的增加较多,松/稳、松/紧比值提高。这种作用主要表现在施用的第一年。

随着对土壤生产力要求的提高,国内外都日益重视土壤培肥的措施,而被广泛采用的仍然是施用有机物料。从能量利用和经济效益的观点出发,考虑到土壤肥力的高低并不只是取决于有机质的含量,在某种程度上,更重要的是取决于土壤腐殖质的品质^[3,6],能否通过施用少量未腐解的有机物料来补充、更新、激活和逐渐累积土壤腐殖质,从而不断提高土壤的肥力,可以认为这是土壤培肥的一个重要课题。土壤腐殖质主要存在于有机无机复合体即重组有机质中^[7],因此,研究施用有机物料后重组有机质的变化规律,在理论上和实践上都有重要意义。本文先就土壤施用有机物料后对有机无机复合及腐殖质的结合形态的影响进行初步的探讨。

一、材料和方法

1. 盆栽试验: 供试土壤为粉壤质黑钙土和粘壤质轻度盐化草甸土(采样为0—25厘米的表土),均采自吉林省前郭县碱巴拉村。每盆装土7.5公斤,将有机物料粉碎约长2毫米与土壤混合后装盒。每盆施用硝酸铵3.2克,过磷酸钙1.6克。第一年种谷子,第二年种小麦,计产取样。黑钙土共设13个处理,分别为对照、泥炭3%(风干物占风干土重%,下同)、马粪3%、豆秸3%、锯木屑3%、酒糟3%、甜菜糖渣3%以及玉米秸秆分别为0.25%、1%、3%、5%、7%、9%;轻度盐化草甸土共设5个处理,分别对对照、泥炭3%、马粪3%、豆秸3%和玉米秸秆3%。重复三次。供试土壤及有机物料的性质见表1和表2。

2. 田间试验: 在前郭县碱巴拉村进行,供试土壤为粉壤质黑钙土(同盆栽)。设对照、泥炭、马粪、豆秸和玉米秸秆等5个处理,各种有机物料施用量为5吨/公顷,施硝酸铵300公斤/公顷,过磷酸钙225

表 1 供试土壤的基本性质

Table 1 Basic properties of soils used in the experiment

土壤类型 Soil type	有机质 (%) Organic matter	全氮 (%) Total N	全磷 (%) Total P	水解氮 (ppm) Hydroli- zable N	有效磷 (ppm) Availa- ble P	有效钾 (ppm) Available K	pH (H ₂ O)	> 0.25mm 水稳性团聚 体 (%) Water- stable aggregate	原土复合度 (%) Degree of complexing
黑钙土	1.73	0.08	0.03	86.0	8.6	160.0	8.20	0.91	84.5
轻度盐化 草甸土	4.08	0.18	0.03	159.0	7.4	165.0	8.58	2.42	73.6

表 2 供试有机物料的基本性质

Table 2 Basic properties of organic materials used in the experiment

有机物料种类 Kinds of organic materials	有机碳 (%) Organic carbon	全氮 (%) Total N	全磷 (%) Total P	C/N	腐殖化系数 Coefficient of humification
泥炭	39.83	2.21	0.09	18	0.668
马粪	28.61	1.25	—	23	0.591
豆秸	46.14	1.25	0.04	37	0.343
锯木屑	48.00	0.09	—	516	—
酒糟	41.20	2.46	0.21	17	—
甜菜糖渣	42.63	1.48	0.06	29	—
玉米秸秆	43.76	0.87	0.05	50	0.313
草木樨	45.35	2.02	0.06	23	—

公斤/公顷。重复三次。第一年种玉米,第二年种小麦,计产采样,采样深度为0—20厘米。

3. 培养试验: 供试土壤为黑钙土(同前),称100克过20目的风干土样于150毫升烧杯中,加入3%草木樨(过40目,低温烘干)和0.2克硫酸铵,在40 ± 2℃条件下培养,保持较适宜的湿度。分别于0、5、10、20、40、80、120和160天取样分析。

4. 测定方法: 重组有机质的分离及有机无机复合的测定用超声波-重液分离法^[1,2]; 各种结合形态腐殖质的提取用 Sionon-Kumada 法^[11]; 各种有机碳用丘林法测定; 腐殖化系数用砂滤管法测定; 其他均按常规法测定。

二、结果与讨论

(一) 对有机无机复合的影响

施用有机物料可使重组有机质含量和有机无机复合量提高(表3)。各种有机物料的效益不一样,如泥炭的复合系数大(0.238)对提高重组有机质的作用就大;而豆秸的复合系数小(0.060)对重组有机质的作用也小。表3表明重组有机碳与复合系数有相关性,二相的相关系数(r)分别为0.899**和0.818*($n=7$)。从不同施用量的盆栽试验结果看,随玉米秸秆用量的增加重组有机碳也明显增加(图1),但复合系数却随用量的增加而降低(图2)。如玉米(1983年)秸秆的用量为0.25%时,复合系数为0.374;用量为9%时复合系数为0.209。即有机物料用量较低时,其效率较高,这与傅积平等的研究结果^[6]是

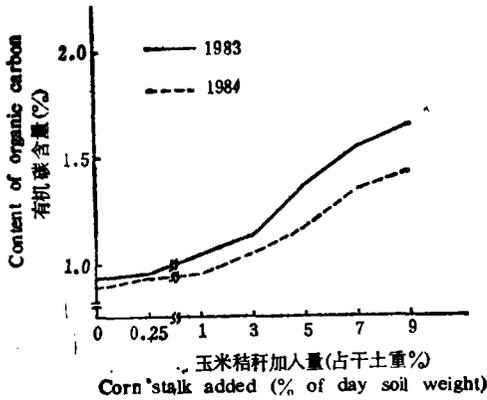


图 1 玉米秸秆加入量对复合体中碳的影响

Fig. 1 Effect of application of corn stalk on the content of organic carbon in complexes

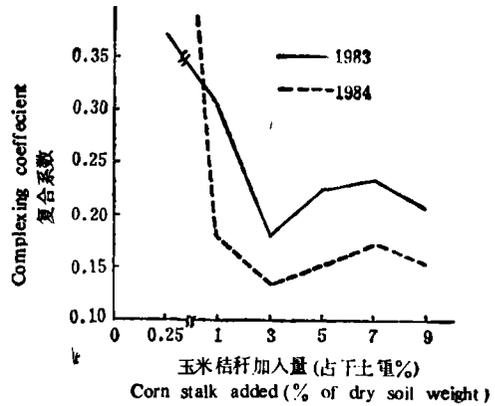


图 2 玉米秸秆加入量对复合系数的影响

Fig. 2 Effect of application of corn stalk on the complexing coefficient

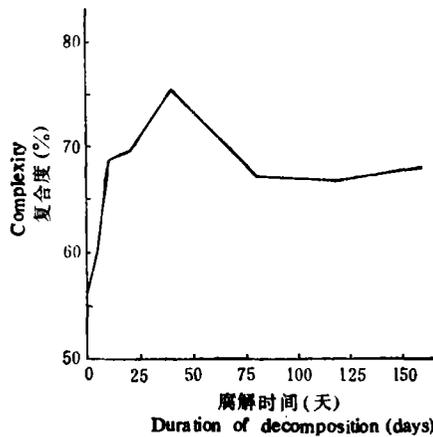


图 3 草木樨不同腐解时间对原土复合度的影响

Fig. 3 Effect of duration of sweet clover decomposition on the degree of complexity

一致的。

土壤施用有机物料后虽然重组有机质含量和复合量提高,但原土复合度却明显下降,这与以前的研究也是一致的^[6,8,9]。但本文发现第二年原土复合度除泥炭、锯木屑仍低于对照外,其余各种有机物料(包括盆栽和田间)均有所提高(表3)。原土复合度之所以在第一年下降,是因为施用有机物料所增加的有机碳有相当一部分属于轻组有机质,因而使轻组/重组比值提高,复合度下降。第二年由于轻组有机质的分解和参与有机无机复合而变得越来越少,重组有机质的含量则相对提高,因而使复合度又升高。虽然有人提出复合度与土壤肥力无直接关系^[6],但是否可以认为原土复合度的提高,可能是新鲜有机质的作用逐渐消失和土壤有机质趋于老化的表征。用草木樨所作的培养试验也表明随时间的延长原土复合度有所提高(图3),但仍然低于未施有机物料的原土复合度(84.5%)。

根据盆栽试验(表3)结果,有机物料的性质不同可能会影响到追加复合度^[5,6],例如酒精比泥炭和玉米秸秆具有更高的追加复合度,这说明有机物料分解的太慢或太快都可能

表 3 施用有机物料对有机无机复合的影响
Table 3 Effects of application of organic materials on the organo-mineral complexation

土 壤 Soil type	处 理 Treatment	土壤有机碳 (%) Organic carbon of soil		重组有机碳 (%) Carbon in heavy fraction		原土复合量 (%) Complexing quantity		原土复合度 (%) Complexing degree		追加复合量 (%) Complexing quantity additional		追加复合度 (%) Complexing degree additional		复合系数 Complexing coefficient	
		1983	1984	1983	1984	1983	1984	1983	1984	1983	1984	1983	1984	1983	1984
黑钙土 (盆栽)	对 照	1.05	1.07	0.93	0.88	0.91	0.86	86.8	80.8	0	0	0	0	0	0
	泥 炭	1.78	1.80	1.37	1.20	1.33	1.19	74.6	65.9	0.42	0.33	57.1	44.6	0.238	0.185
	马 粪	1.23	1.21	1.04	1.01	1.02	0.98	83.3	81.7	0.11	0.12	62.3	92.0	0.141	0.155
	豆 秸	1.24	1.19	1.00	1.07	0.99	1.05	79.9	88.1	0.08	0.19	40.3	176.5	0.060	0.148
	锯 木 屑	1.26	1.23	1.10	0.97	1.08	0.95	85.9	77.3	0.17	0.08	81.3	56.3	0.125	0.061
	酒 糟	1.37	1.31	1.15	1.13	1.13	1.10	82.5	84.1	0.22	0.24	68.1	100.0	0.195	0.215
轻度盐化草甸土 (盆栽)	甜菜糖渣	1.20	1.18	0.96	1.01	0.94	0.99	78.5	84.1	0.03	0.09	19.2	245.3	0.025	0.110
	玉米秸秆	1.37	1.25	1.14	1.05	1.12	1.03	81.9	81.3	0.21	0.16	65.6	85.2	0.180	0.136
	对 照	2.12	2.06	1.61	1.51	1.56	1.45	73.6	70.3	0	0	0	0	0	0
	泥 炭	3.18	3.03	2.10	1.98	2.02	1.87	63.3	61.6	0.46	0.42	42.7	41.6	0.257	0.236
	马 粪	2.40	2.33	1.74	1.77	1.68	1.71	70.0	73.4	0.12	0.27	42.3	97.4	0.151	0.337
	豆 秸	2.43	2.40	1.76	1.86	1.71	1.80	70.1	74.3	0.14	0.33	46.3	98.6	0.116	0.266
黑钙土 (田间)	玉米秸秆	2.97	2.38	1.77	1.79	1.72	1.71	72.5	71.8	0.16	0.26	62.8	81.3	0.136	0.224
	对 照	0.94	0.94	0.81	0.78	0.79	0.77	84.1	81.6	0	0	0	0	0	0
	泥 炭	1.48	1.28	1.05	0.99	1.06	0.97	73.7	76.4	0.27	0.21	55.7	60.6	-	-
	马 粪	0.99	0.91	0.81	0.81	0.79	0.79	79.8	86.5	0.01	0.03	1.37	-	-	-
	豆 秸	0.98	0.99	0.85	0.85	0.82	0.83	83.8	84.3	0.04	0.07	78.7	247.4	-	-
	玉米秸秆	0.98	0.92	0.82	0.80	0.81	0.79	82.9	85.2	0.03	0.02	59.5	404.3	-	-

影响追加复合度。

盆栽试验的玉米秸秆不同用量对追加复合量、追加复合度的影响分别见图 4、5。随

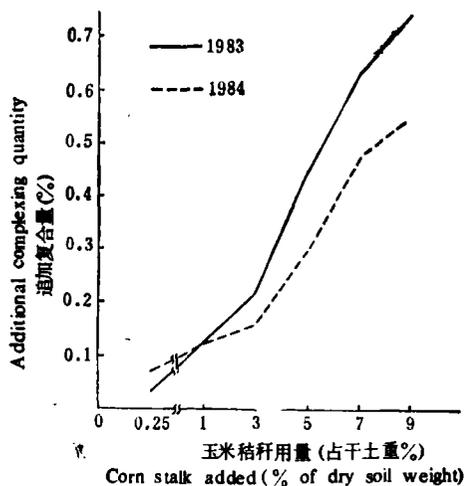


图 4 玉米秸秆加入量与追加复合量的关系

Fig. 4 Correlation between the additional complexing quantity and corn stalk added

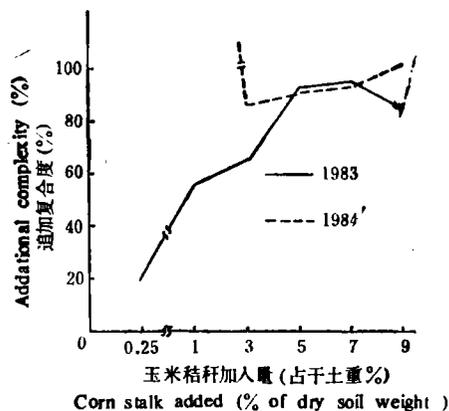


图 5 玉米秸秆加入量对追加复合度的影响

Fig. 5 Effect of application of corn stalk on the additional complexity

表 4 施用有机物料对重组有机质中腐殖质结合形态的影响

Table 4 Effects of application of organic materials on combined forms of humus in heavy fraction

土壤类型 Soil type	处 理 Treatment	松结合腐殖质 (I) C(%) Loosely combined humus		稳结合腐殖质 (II) C(%) Stable combined humus		紧结合腐殖质 (III) C(%) Tightly combined humus		I/II		I/III		II/III	
		1983	1984	1983	1984	1983	1984	1983	1984	1983	1984	1983	1984
黑钙土 (盆栽)	对 照	42.17	32.53	23.21	20.41	36.51	47.16	1.97	1.59	1.15	0.69	0.58	0.40
	泥 炭	43.64	31.78	21.60	18.97	34.76	49.25	2.02	1.67	1.26	0.65	0.62	0.39
	马 粪	42.65	29.44	18.44	20.52	38.92	50.05	2.31	1.43	1.10	0.59	0.47	0.41
	豆 秸	44.57	28.37	21.57	21.37	36.54	47.74	2.11	1.45	1.22	0.64	0.59	0.45
	锯 木 屑	40.79	32.46	20.17	24.46	39.04	43.09	2.02	1.33	1.05	0.75	0.52	0.57
	酒 糟	38.90	29.36	18.11	19.14	42.12	51.50	2.15	1.53	0.92	0.57	0.43	0.37
	甜菜糖渣	47.21	40.45	16.70	14.15	36.00	45.40	2.81	2.86	1.31	0.95	0.47	0.31
	玉米秸秆	47.59	33.55	18.51	19.55	33.93	46.90	2.57	1.72	1.40	0.71	0.55	0.76
轻度盐化 草甸土 (盆栽)	对 照	35.66	38.80	20.07	17.51	42.27	43.69	1.62	2.22	0.84	0.89	0.52	0.40
	泥 炭	37.06	35.71	21.29	20.39	39.04	43.90	1.74	1.75	0.99	0.81	0.57	0.46
	马 粪	39.37	36.07	15.77	19.99	44.87	43.92	2.50	1.80	0.88	0.82	0.35	0.45
	豆 秸	36.04	32.84	19.53	19.48	44.43	47.68	1.85	1.86	0.87	0.69	0.44	0.41
	玉米秸秆	39.87	35.20	18.62	21.29	41.51	43.51	2.17	1.65	0.96	0.81	0.45	0.49
黑钙土 (田间)	对 照	44.94	38.00	14.69	22.96	40.37	39.04	3.06	1.65	1.11	0.92	0.36	0.59
	泥 炭	52.67	34.82	17.10	20.91	32.23	44.27	3.08	1.67	1.74	0.97	0.57	0.47
	马 粪	48.23	38.61	14.69	24.96	37.09	36.43	3.28	1.55	1.30	1.06	0.40	0.69
	豆 秸	46.64	38.51	14.72	19.65	38.63	41.84	3.17	1.96	1.21	0.92	0.38	0.47
	玉米秸秆	47.02	39.94	14.92	21.68	38.07	38.38	3.15	1.84	1.23	1.04	0.39	0.57

玉米秸秆用量的增大追加复合量提高,二者呈极显著相关 ($r = 0.870^{**}$, $n = 12$),这与傅积平等的研究结果^[6]也是一致的。但我们发现追加复合度也随玉米秸秆用量的增加而增大,这可能是因为随用量的增加,追加复合量的增加速度大于有机碳的增加速度,所以追加复合度提高。我们还发现,第二年追加复合度一般比第一年大,这可能是因为非复合碳比复合体中的碳分解快的原因,在第二年甚至会出现有机碳的增值小于追加复合量的增加,而使追加复合度出现 $> 100\%$ 的现象。

(二) 对腐殖质结合形态的影响

施用有机物料后,重组有机质中各种结合形态的腐殖质的绝对含量均有提高,但百分含量的变化却不一致(表4)。就不同种类有机物料而言,松结合态腐殖质(I组,热NaOH提取)在第一年除酒糟和锯木屑外均提高,玉米秸秆和豆秸提高的较多,泥炭和马粪提高的较少(盆栽)。第二年除玉米秸秆、甜菜略高于对照外,其他均低于对照。值得注意的是,甜菜糖渣在两年中都有明显作用。黑钙土与轻度盐化草甸土田间和盆栽试验的结果基本一致。稳结合态腐殖质(II组,热 $\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7 + \text{NaOH}$ 提取)各处理在第一年均低于对照,以酒糟、甜菜糖渣、马粪和玉米秸秆为最明显,但田间试验没有降低,第二年盆栽有升高的趋势。紧结合态腐殖质(在上述条件下浸提不出来的残渣碳,即胡敏素)的变化,取决于上述两组变化的总和。第一年盆栽酒糟、锯木屑和马粪增加,而田间试验均降低,第二年盆栽和田间大都有升高的趋势。总的看来,松/紧、松/稳比值的提高以甜菜糖渣和玉米秸秆作用最大,泥炭在第一年的作用不算大,但第二年效果较好。

就玉米秸秆的不同用量来说,随用量的增多在第一年松结合态腐殖质先提高,用量超过5%时又降低。稳结合态腐殖质比松结合态的变化更规律些,随用量的增加而减少。松/紧和松/稳比值随用量而变化(图6),第二年松/紧和松/稳比均无明显差异。

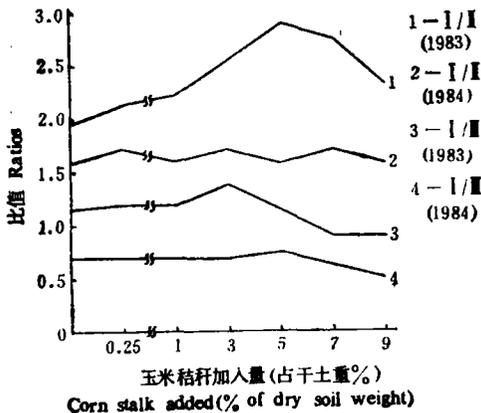


图6 玉米秸秆加入量对松/紧(I/III)和松/稳(I/II)比值的影响

Fig. 6 Effect of application of corn stalk on the ratios of loosely to tightly combined humus (I/III) and loosely to stably combined humus (I/II) in heavy fraction of chernozem

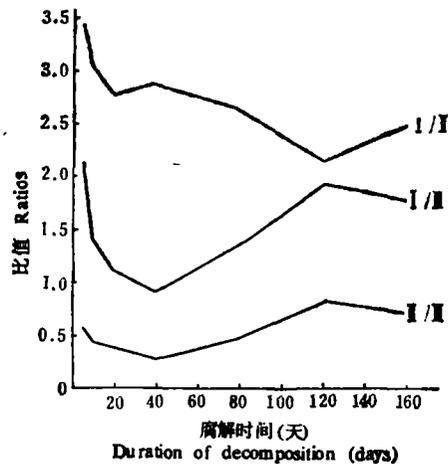


图7 草木樨不同腐解时间对腐殖质结合形态的影响

Fig. 7 Effect of duration of sweet clover decomposition on the binding status of humus in heavy fraction of chernozem

用草木樨作的培养试验表明,随培养时间的延长,在 5 天时松结合态腐殖质的绝对含量最多,以后逐渐降低,40 天以后又略有升高。稳结合态腐殖质在 40 天以前下降,以后又上升。因此松/稳比随时间延长而下降,而松/紧和稳/紧比则以 40 天为界,先下降而后提高(图 7)。

用有机物料培肥土壤时,关于土壤腐殖质结合形态的研究曾有过一些报道,但由于结合形态的划分标准不一致,难于进行严格比较。例如有人认为施用有机物料后松/紧比值会提高^[2,5,10],也有人认为会降低^[11]。本试验结果则表明不仅可以使松/紧比提高,而且还能明显地提高松/稳比。我们认为这都说明了由于施用有机物料使土壤腐殖质得到了更新与活化,第二年这两项指标恢复到原来土壤的水平或更低,说明有机物在这方面的作用主要表现在第一年。

三、小 结

1. 施用有机物料培肥土壤时,可以提高重组有机质的含量,改善重组有机质中的腐殖质的结合形态,还可以提高有机无机复合量,而由于轻组有机质的增加而降低了原土复合度。

2. 有机物料的作用主要表现在第一年,从能量和经济有效的观点,要维持地力常新,宜向土壤每年加入一定量的未腐解的有机质(如用作物秸秆过量则影响当年产量)。少量的有机物料既可以每年不断更新与活化土壤中已渐老化的腐殖物质,而每年持续施用亦可达到增加土壤有机质含量的目的。

3. 试验中所用的几种有机物料对培肥土壤均有较好的效果,但在使用上有值得注意的差异。泥炭、酒糟对积累有机质,提高复合量,降低复合度方面作用较大,而玉米秸秆、豆秸在提高腐殖质松/紧和松/稳比值方面作用突出。在有条件的地方两者宜混合施用。

参 考 文 献

- [1] 丁庆堂等, 1984: 泥炭对棕壤腐殖质组成的影响。土壤肥力论文集,中国科学院林业土壤所编, 164—170 页。
- [2] 刘忠翰等, 1984: 稻草、紫云英对土壤复合体性质的影响。土壤学报,第 21 卷 1 期, 10—20 页。
- [3] 姜岩等, 1965: 施用有机肥料对黑土的培肥作用。吉林农业大学科学研究论文集,第三辑, 93—98 页。
- [4] 黄不凡, 1984: 绿肥、麦秆还田培养地力的研究。I. 对土壤有机质和团聚体性状的影响。土壤学报,第 21 卷 2 期, 113—122 页。
- [5] 傅积平等, 1978: 绿肥对粘质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] 傅积平等, 1983: 太湖地区水稻复合胶体的特性。土壤学报,第 20 卷 2 期, 112—127 页。
- [7] 腊塞尔 E. W., (谭世文等译, 1979), 1973: 土壤条件和植物生长。219 页, 科学出版社。
- [8] 熊毅, 1982: 有机无机复合与土壤肥力。土壤,第 14 卷 5 期, 161—167 页。
- [9] 蒋剑敏等, 1984: 砂姜黑土与风化煤的复合。土壤学报,第 21 卷 4 期, 410—417 页。
- [10] Kawaguchi, K. et al., 1969: Forms and dynamic nature of humus in paddy soil: 2. Effect of lime and farmyard manure dressing on humus composition. J. Sci. Soil Manure, 40: 221—227.
- [11] Kumada, K. et al., 1967: Humus composition of mountain soils in central Japan with special reference to the distribution of P type humic acid. Soil Sci. Plant Nutr. 13(5): 151—158.

EFFECT OF APPLICATION OF ORGANIC MATERIALS ON THE PROPERTIES OF HUMIC SUBSTANCES IN ORGANO-MINERAL COMPLEXES OF SOILS

I. EFFECT OF ORGANIC MATERIALS ON THE ORGANO-MINERAL COMPLEXATION AND FORMS OF HUMUS

Jiang Yan and Dou Sen

(Jilin Agricultural University)

Summary

This paper deals with the effect of application of organic materials on the properties of humic substances in organo-mineral complexes (organic matter in heavy fraction) of silt loamy chernozem and clay loamy light saline meadow soil with field, pot and culture experiment for two years. The results obtained are summarized as follows:

When organic materials applied to the soils the contents of organic matter in soils and in complexes were markedly increased. The effects of various organic materials were in the following sequence: peat > distiller's grains > sawdust > corn stalk > soybean stalk > horse excrement > sugar-beet residues.

The quantity of organo-mineral complexation was raised and the degree of organo-mineral complexation in soils was dropped due to application of organic materials. The effects of various organic materials were different. Both of additional quantity of organomineral complexation and the additional degree of organo-mineral complexation were increased, but the coefficients of complexation were decreased with increase of corn stalk applied.

The content of various combined humus in heavy-fraction were increased greatly by applying organic material. The ratio loosely to stably combined humus was dropped with the duration of decomposition.