

# 东北几种耕作土壤中有机无机复合体的研究

高子勤

(中国科学院林业土壤研究所)

## 摘 要

本文采用超声分散法研究东北主要耕作土壤复合体的组成及其性质。不同有机质含量的土壤中, <10 微米的复合体变异较大, 其在有机质含量高的黑土中较棕壤及苏打盐土高出一倍。各粒级复合体中 C, N 和 P 储量随粒级增大而降低。黑土、白浆土以游离态和紧结态腐殖质为主, 棕壤和苏打盐土以联结态和紧结态为主。粘粒复合体与土壤中三、氧化物的比值有肥地较大的趋势。试验结果表明土壤中有有机无机的复合主要是在具有活性较高的粘粒级附近, 与有机质紧密地结合。

我国东北地区大面积的耕地是近半个世纪以来逐渐开发利用起来的。通常是土壤开垦最初的 3—4 年内, 活性腐殖质和速效养分较多, 作物的生长主要是靠土壤本身的肥力, 随着开垦年限的延长, 有机质明显的减少, 开垦廿年后土壤中有有机质的减少趋于相对稳定。如何保持与恢复这个地区土壤的肥力, 则是当前提高土壤肥力研究中的一个重要的课题。

为此, 作者在以往研究不同开垦年限黑土、白浆土等有机无机复合体和微形态特征<sup>[1]</sup>的基础上, 选择了东北地区具有代表性的四种耕作土壤, 研究其不同肥力水平下土壤有机无机复合体的组成和性质, 并对稳定性结构的形成作一简要讨论。

## 一、试验材料及方法

(一) 供试样品 黑土样品采自黑龙江省九三农管局农科所试验地, 为深厚黑土的耕作层。白浆土样品采自黑龙江省桦南县曙光农场五队土壤的耕作层。棕壤采自辽宁省昌图县太平乡二台子土壤的耕作层。苏打盐土采自吉林省郭前旗县红旗农场五队重度盐碱化荒地的表层, 以及开垦种稻 30 余年后改良较好的耕作层。它们的成土母质相同, 均为黄粘土沉积物。上述各类土壤样品中肥地与瘦地的差别, 是按常年作物平均产量高低而划分。基本性状见表 1。

(二) 测定方法 土壤有机碳采用丘林法。土壤全氮、全磷采用硫酸过氯酸消化, 凯氏法定氮, 钼锑抗法测磷。游离硅、铁、铝采用连二亚硫酸钠方法, 并应用 IL Plasma 100 型电感耦合等离子体测定。腐殖质结合形态采用 Anderson 法<sup>[4]</sup>, 有机无机复合体分离采用 Turchenek and Oades 分离原理<sup>[10]</sup>和超声波分散技术。

表 1 供试样品的肥力状况  
Table 1 Fertility condition of the soil samples

土壤 Soil	肥力水平 Fertility status	开垦年限 Years for cultivation	有机质 (%) O. M.	阳离子交换 (meq/100g) C. E. C.	历年平均产量 (jin/mu) Average output of calenden year
黑土 Black soil (嫩江)	肥地	33 年	5.78	35.84	玉米 800—1,000 小麦 500 以上
	瘦地	33 年	3.81	33.92	玉米 400—600 小麦 200—300
白浆土 Albic soil (桦南县)	肥地	22 年	2.68	24.97	玉米 1,000 小麦 400—450
	瘦地	22 年	2.77	16.89	玉米 700—800 小麦 200 左右
棕壤 Brown earth (昌图县)	肥地	80—100 年	2.35	—	玉米 1,000—1,200
	瘦地	80—100 年	1.52	—	玉米 400—500
苏打盐土 Soda solonchak (郭前旗)	肥地	25 年	2.34	13.81	水稻 800—1,000
	瘦地	3 年	1.72	—	水稻 400

## 二、试验结果与讨论

### (一) 土壤有机无机复合体的组成

按照 Williams 等<sup>[1]</sup>的团聚体形成图式,及 Bremner<sup>[5]</sup>提出的 <2 微米复合颗粒是形成初级结构基本颗粒的微团粒模式,比较了四种土壤复合体的组成。从图 1 可以看出,这四种土壤的复合体组成有其共性,也有其各自的特异性。

四种土壤中粘粒级 (<2 微米)复合体的含量,基本上是肥地高于瘦地。粉砂级 (2—

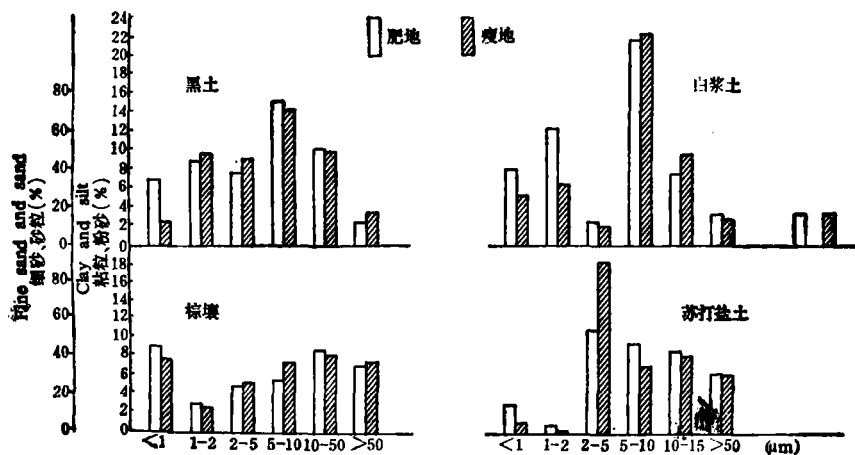


图 1 四种土壤有机无机复合体组成

Fig. 1 Composition of organo-mineral complex of four soils

表 2 有机无机复合  
Table 2 Nutrient contents in

土壤 Soil	肥力水平 Fertility status	<1( $\mu\text{m}$ )				1—2( $\mu\text{m}$ )			
		C	N	P	C/N	C	N	P	C/N
黑土 Black soil	肥地	4.28	0.23	0.12	18.61	4.54	0.31	0.24	14.65
	瘦地	2.14	0.27	0.13	7.93	2.45	0.18	0.18	13.61
棕壤 Brown earth	肥地	2.21	0.30	0.05	7.37	2.69	0.26	0.06	10.35
	瘦地	1.23	0.31	0.03	3.97	1.37	0.20	0.03	6.85
白浆土 Albic soil	肥地	3.44	0.38	0.20	9.05	3.35	0.36	0.17	9.31
	瘦地	2.78	0.35	0.15	7.94	1.96	—	—	—
苏打盐土 Soda solonchak	肥地	3.52	0.38	0.18	9.26	3.47	0.23	0.16	15.09
	瘦地	2.16	0.12	0.21	18.00	3.35	0.24	0.16	13.96

10 微米) 复合体含量则相反。从图 1 中还可以了解到棕壤的粉砂级复合体的含量, 仅为其它三种土壤的一半左右。白浆土由于长期处于潴育淋溶过程, 致使表层中粉砂级复合体含量高达 24% 左右。苏打盐土也因淹水种稻, 表层中粘粒逐渐向下层移动, 粘粒级复合体含量仅有 1—3%。如果从 10 微米以下各级复合体总含量来看, 则黑土和白浆土比棕壤和苏打盐土高一倍左右。不同土壤的复合体组成的变化, 与土壤有机质和粘粒的含量密切相关。因此, 供试土壤在复合体组成上呈现出显著的差别。

### (二) 各级复合体中养分的含量

从表 2 中可以看出, 有机碳在黑土肥地或瘦地各级复合体中的含量, 以 2—5 微米的细粉砂级复合体中最高。白浆土、棕壤、苏打盐土则以 <2 微米的粘粒级复合体中有机碳含量最高, 并随复合体增大而减低。黑土粘粒级 (<2 微米) 复合体中有机碳占复合体总碳的 36%, 白浆土、棕壤、苏打盐土则变动在 41—49%。<10 微米以下各级复合体有机碳总量约相当土壤复合体中有机碳的 78—92%。白浆土的比例较小, 约为 76% 左右。棕壤比例较大约为 83—93%。

各级复合体中氮、磷的含量是随粒级的增大而减少, 各土类间减低的幅度略有不同, 黑土与白浆土是随粒级的增大而有较小幅度的变动。各级复合体中的 C/N 值, 一般是肥地高于瘦地, 图 2 是肥土的各级复合体的 C/N 值, 可以看到黑土的各级复合体具有较宽的碳氮比, 这与其有机碳多数来源于粗腐殖质有关。邱凤琼<sup>[1]</sup>、武冠云<sup>[2]</sup>曾对不同肥力的黑土与棕壤进行吸附与解吸试验, 结果表明粘粒级 (<2 微米) 复合体对氮、磷有较强的吸附能力, 并随粒级增大而急剧下降, 10—50 微米级的吸附能力仅为粘粒级复合体的 1/3—1/2, 而解吸能力则比粘粒级复合体大 2—3 倍。可见粘粒级和粉砂级复合体, 在土壤养分的保蓄和供应上所起的作用是不同的。联系到图 1 所示供试土壤各级复合体的分布情况, 对它们之间在肥力上的差异, 则可得到一定的解释。

### (三) 复合体中有机质的结合形态

## 体中养分的含量(%)

organo-mineral complexes

2-5( $\mu\text{m}$ )				5-10( $\mu\text{m}$ )				10-50( $\mu\text{m}$ )				>50( $\mu\text{m}$ )			
C	N	P	C/N	C	N	P	C/N	C	N	P	C/N	C	N	P	C/N
5.79	0.25	0.45	23.16	5.16	—	0.35	—	3.98	0.18	0.07	22.11	1.25	0.08	0.15	15.63
2.84	0.23	0.20	12.35	2.66	—	0.18	—	2.22	0.16	0.15	13.88	0.23	0.12	0.20	1.92
2.41	0.32	0.05	7.53	1.88	0.20	0.03	9.40	0.52	0.06	0.02	8.67	0.21	0.03	—	7.00
1.34	0.22	0.02	6.09	0.86	0.12	0.02	7.17	0.41	0.06	0.01	6.83	0.61	0.09	—	6.78
1.87	0.23	0.10	8.13	2.25	0.25	0.12	9.00	1.44	0.14	0.07	10.29	1.89	0.23	0.20	8.22
1.90	0.23	0.12	8.26	2.14	0.22	0.11	9.73	1.23	0.12	0.07	10.25	1.47	0.16	0.15	9.19
3.49	0.37	0.18	9.43	3.07	0.36	0.16	8.53	1.60	0.20	0.08	8.00	1.66	0.16	0.07	10.38
3.04	0.39	0.19	7.79	2.48	0.33	0.15	7.52	0.84	0.14	0.05	6.00	0.53	0.02	0.03	26.50

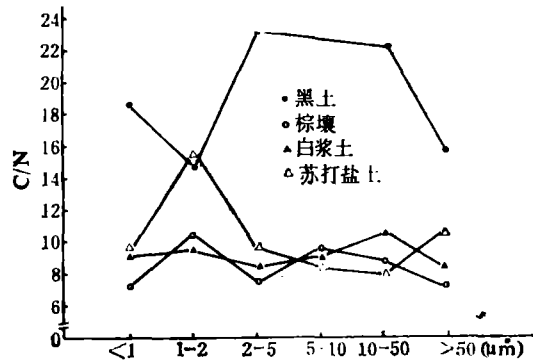


图2 土壤各级复合体中 C/N 值分配

Fig. 2 Distribution of C/N of various fractions of complex in different soils

土壤中存在不同数量的各类结合形态腐殖质,它们数量上的差异,反映了土壤中能否较多的保蓄有效养分,以及结构的稳定性。表3结果表明厚层黑土粘粒级复合体中,以游离态为主,变动在55—58%之间,紧结态占39—42%,而联结态含量极少仅1.68—2.05%。粉砂级复合体中,厚层黑土游离态腐殖质含量较苏打盐土高出两倍左右。苏打盐土的<2微米和<10微米粒级复合体中,有50%以上是紧结态,38—41%为联结态,游离态不足10%。棕壤是以紧结态为主,其三态分配的比例是5:3:2。白浆土三态比例近似于黑土。这些结果说明了黑土与白浆土所含的腐殖质是以游离态为主的结合形态而存在的。棕壤的腐殖质含量较少,其游离态数量约为黑土的14%左右。苏打盐土中的游离态不足黑土的十分之一。

前人试验已证明,粘粒矿物表面的铁、铝活性基极易与腐殖质酸相互作用,并在一定条件下,易形成新鲜的三、氧化物凝胶态与腐殖质酸缔合,形成有机无机复合体。表4

表 3 有机-粘粒级复合体中腐殖质的结合形态

Table 3 Forms of humic in organo-clay complex

土壤 Soil	肥力状况 Fertility status	土壤 有机质 (%) O. M.	<2 $\mu$ m						<10 $\mu$ m					
			A%	占总 量%	B%	占总 量%	C%	占总 量%	A%	占总 量%	B%	占总 量%	C%	占总 量%
黑土 Black soil	肥地 瘦地	5.78	2.46	58.85	0.007	1.68	1.65	39.47	0.74	24.92	0.82	27.61	1.41	47.47
		3.81	1.90	55.56	0.07	2.05	1.45	42.39	0.52	17.93	1.10	37.93	1.28	44.14
苏打盐土 Soda solonchak	肥地 瘦地	2.34	0.11	4.74	0.97	41.81	1.24	53.45	0.39	9.26	1.61	38.24	2.21	52.50
		1.32	0.17	5.41	1.06	33.76	1.91	60.83	0.29	8.84	1.37	41.77	1.62	49.39
棕壤 Brown earth	肥地 瘦地	2.35	0.36	21.92	0.57	34.33	0.74	44.38	—	—	—	—	—	—
		1.52	0.26	21.08	0.36	29.40	0.61	49.52	—	—	—	—	—	—
白浆土 Albic soil	肥地 瘦地	5.65	1.74	53.21	0.10	3.06	1.43	43.73	—	—	—	—	—	—
		3.74	0.94	44.75	0.14	6.39	1.09	49.77	—	—	—	—	—	—

A: 游离松结态; B: 联结态; C: 紧结态

结果指出,粘粒复合体中氧化铁与土壤中氧化铁的比值,是肥地大于瘦地,似乎表明粘粒中游离氧化铁的存在,可起胶结腐殖质的作用,促进结构的形成和稳定。因此,复合体中腐殖质的结合形态和游离氧化物数量上的差异,能在一定程度上反映出土壤供肥能力和结构稳固性的程度。因为土壤粘粒表面不仅含有一层简单的交换性阳离子及其键合的水分子,有利于粘团体系稳定状态的保持<sup>[11]</sup>,也有铁、铝氧化物和含水氧化物聚合膜被吸附在粘粒表面<sup>[8]</sup>,并可能键合粘粒与有机质<sup>[12]</sup>。Greenland<sup>[6,7]</sup>曾在电子显微镜下观察到硅酸盐表面有许多游离氧化铁存在,并认为大多数土壤中是以无机胶体为主,土壤中有50—80%的有机胶体是以吸附的形式结合在粘粒表面而形成有机无机复合体。Turchenek等<sup>[9,10]</sup>也曾指出占土壤全碳量的50%是集中于粘粒部分,而在粘粒级中又主要是集中于比重小的组份。这些与本文所讨论的几种不同熟化度土壤的结果基本类同。这四种土壤皆具有足够数量的有机物质和一定数量的粘粒物质,是形成稳固性团聚体的基础。以肥沃黑土为标准,土壤中粘粒级(<2微米)复合体和细粉砂级(<10微米)复合体总量超过

表 4 粘粒级有机无机复合体中游离氧化物

Table 4 Free oxide in organo-mineral complex

土壤 Soil	肥力水平 Fertility status	有机质 (%) O. M.	粘粒中游离的氧化物(%) Of free oxide in clay			粘粒复合体中 $Fe_2O_3$ 土壤中 $Fe_2O_3$ $Fe_2O_3$ in clay complex $Fe_2O_3$ in soil
			$SiO_2$	$Fe_2O_3$	$Al_2O_3$	
黑土 Black soil	肥地 瘦地	5.78	0.131	2.58	0.065	3.68
		3.81	0.048	2.90	0.049	3.11
棕壤 Brown soil	肥地 瘦地	2.35	0.054	3.24	0.082	3.00
		1.52	0.039	3.20	0.092	2.85

30% 时, 似可认为土壤达到熟化的指标。

### 参 考 文 献

- [1] 邱凤琼等, 1983: 棕壤磷有效度与微团聚体中磷相关性研究。土壤通报, 第 5 期, 21—23 页。
- [2] 武冠云, 1982: 不同肥力棕壤及其微团聚体的氮素特征及供氮性能。土壤通报, 第 3 期, 6—9 页。
- [3] 高子勤等, 1982: 东北几种耕作土壤的微形态特征。土壤学报, 第 19 卷 1 期, 85—91 页。
- [4] Anderson, D. W., Paul, E. A. and Arnaud, R. J., 1974: Extraction and characterization of humus with reference to clay-associated humus. *Canad. J. Soil Sci.*, 54: 317—323.
- [5] Edwards, A. P. and Bremner, J. M., 1967: Microaggregates in soils. *J. Soil Sci.*, 18: 6—73.
- [6] Greenland, D. J., Oades, J. W. and Sherwin, T. W., 1968: Electron-microscope observations of iron oxides in some red soils. *J. Soil Sci.*, 19: 123—126.
- [7] Greenland, D. J. and M. H. B. Hayes., 1981: *The Chemistry of Soil Processes*. Wiley, Chichester, New York.
- [8] Russell, E. W., 1971: Soil structure: Its maintenance and improvement. *J. Soil Sci.*, 22: 137—151.
- [9] Turchenek, L. W. and Oades, J. M., 1974: Size and density fractionation of naturally occurring organomineral complexes. *Trans. 10th Inter. Congr. Soil Sci.*, 2: 65—72.
- [10] Turchenek, L. W. and Oades, J. M., 1979: Fractionation of organo-mineral complexes by sedimentation and density techniques. *Geoderma*, 21: 311—343.
- [11] Williams, B. G., Greenland, D. J. and Quirk, L. J. P., 1967: The effect of polyvinyl alcohol on the nitrogen surface area and pore structure of soils. *Aust. J. Soil Res.*, 5: 77—83.

## STUDY ON ORGANO-MINERAL COMPLEXES OF SOME CULTIVATED SOILS IN NORTHEAST CHINA

Gao Ziqin

(*Institute of Forestry and Soil Science, Academia Sinica*)

### Summary

Composition and properties of organo-mineral complexes of four cultivated soils (black soils, albic soils, brown earth and soda-solonchaks) were studied by ultrasonic dispersion method. Results showed that the content of the complex of  $<10\mu$  varied greatly with organic matter content in the soils, e. g., that in black soils was two times as much as that in brown earths and soda-solonchaks. The contents of C, N and P in the complexes varied with the size of the complexes. The organo-mineral complexes in black soils and albic soils were loosely or tightly combined with humus, while those in brown earth and soda-solonchaks were usually in associated or tightly combined forms. The ratio of sesquioxides in clay complex to those in soil tended to be greater in more fertile soils.