

黑土肥力变化特点及其与土壤 复合胶体性质的关系*

李庆民 尹达龙

(黑龙江省农业科学院土壤肥料研究所)

黑土占黑龙江省耕地面积一半以上,是肥沃的土壤。但是,开垦后用养结合不好,土壤肥力呈现明显下降的趋势。本文拟从研究黑土肥力下降及其与土壤复合胶体的关系,以及有机质培肥黑土的效果及其对土壤复合胶体的影响,探索黑土肥力下降原因及培育高产黑土的技术途径,以便为快速培育高产黑土提供科学依据。为此,我们采集不同开垦年限的黑土和施用有机质不同程度培肥的黑土,进行了比较研究。

一、供试土样和研究方法

(一) 供试土样 供研究的不同耕种年限的黑土,系采自北安县赵光车站附近,地形为漫岗地,成土母质为黄土状物质。采样深度为0—30厘米。物理性粘粒(< 0.01 毫米)含量荒地为59.4%,开垦二十年的为57.7%,开垦四十年的为50.2%。不同培肥程度的黑土,系采自哈尔滨附近,地形为漫岗地,成土母质为黄土状物质。物理性粘粒都在49.5—50.8%之间。

(二) 研究方法 土壤一般理化性质的测定采用常规方法,腐殖酸组成采用焦磷酸钠提取-重铬酸钾法,代换量采用EDTA-铍盐快速法。

土壤复合胶体的提取和制备,采用揉磨,振荡等机械方法提取 < 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方法外,其他方法如下:

(1) 粘度^[6]。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^[3]。取一定量样本用0.1 NNaOH溶液提取,直至无色为止,提取液定容供测游离态和松结态腐殖质之用。继用0.1 NNaOH + 0.1 NNa₄P₂O₇反复提取至淡棕色并定容,提取部分是联结态腐殖质。样本再加0.1 NNaOH + 0.1 NNa₄P₂O₇溶液,并超声波处理20分钟,提取部分即为稳结态腐殖质。紧结态是上述提取后的残渣,在50—60℃烘干磨碎后定碳。再分别吸取上述提取液,用1 NH₂SO₄调节pH至7,在水浴上蒸干,定碳。

(3) 缓冲曲线。用稀盐酸淋洗——连续消定法^[1]。稀盐酸淋洗后,用无CO₂蒸馏水洗至无Cl⁻,再进行连续滴定。

* 王雅兰、潘惠珠同志参加部分腐殖酸和还原糖的分析。

(4) 蔗糖转化^[5]。取 2 克样品,加入 5% 蔗糖液 100 毫升,加热水解,用索姻洁法定还原糖。

(5) 磷的吸收能力^[4]。取 1 克样品,加入 P_2O_5 浓度为 50 ppm 的磷酸二氢钾溶液 25 毫升,振荡 1 小时,吸取滤液用钼兰法定量。加入量减去剩余量。

(6) 吸水量^[2]。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。

试验均采用土壤重复和溶液重复。

二、研究结果和讨论

(一) 黑土开垦后肥力下降的特点及其与土壤复合胶体的关系

1. 不同开垦年限黑土理化性质的变化

表 1 黑土有机质养分贮量和代换性能的变化

Table 1 Variation of organic matter and exchange capacity of black soils

土地利用状况 Land utilization		深度 (cm) Soil depth	有机质 (%) O.M.	全氮 (%) Total N	全磷 (P_2O_5 ,%) Total P_2O_5	全钾 (K_2O ,%) Total K_2O	代换量 (meq/100g) Exchange capacity
荒地 Virgin land		0—30	11.82	0.600	0.262	1.84	47.8
耕种年限 Cultivated years	20	0—30	7.54	0.402	0.220	1.89	40.4
	40	0—30	5.94	0.233	0.200	1.89	36.6

表 2 黑土腐殖质组成的变化

Table 2 Variation of humus composition in black soils

土地利用状况 Land utilization		深度 (cm) Soil depth	腐殖质碳 (%) Total humus-C	胡敏酸碳 Humic acid-C		富里酸碳 Fulvic acid-C		胡敏素碳 Humic-C		
				占 %	占总碳% % in total-C	占 %	占总碳% % in total-C	胡敏酸碳 富里酸碳 $\frac{\text{Humic acid-C}}{\text{Fulvic acid-C}}$	占 %	占总碳% % in total-C
荒地 Virgin land		0—30	6.86	1.704	24.8	0.977	14.2	1.74	4.179	61.0
耕种年限 Cultivated years	20	0—30	4.37	1.120	25.6	0.976	22.3	1.15	2.274	52.1
	40	0—30	3.45	1.008	29.2	0.900	26.1	1.12	1.542	44.7

表 1 和表 2 结果表明,随着开垦年限的延长,土壤有机质的数量和质量明显下降。有机质贮量,开垦二十年减少 4.28%,开垦四十年减少 5.88%。荒地和开垦二十年、四十年土壤的 C/N 比依次为 11.4、10.9 和 14.9。胡敏酸碳与富里酸碳的比值由 1.74 降低到

1.12. 随着有机质数量和质量的下降, 养分贮量和保肥性能也相应下降。氮素贮量, 开垦二十年减少 0.198%, 开垦四十年减少 0.367%。磷素贮量也有类似的减少趋势, 只是减少的幅度低一些, 这可能与补充矿质磷肥有关。土壤代换量也有明显的减少。

随着开垦年限的延长和土壤有机质数量和质量的下降, 土壤主要物理性质明显改变(表3)。土壤容重增大, 总孔隙度降低, 保水通气能力下降。

表 3 黑土物理性质的变化

Table 3 Variation of physical properties of black soils

土地利用状况 Land utilization	深度 (cm) Soil depth	容重 (g/cm ³) Volume weight	田间持水量 (%) Field moisture capacity	总孔隙度 (%) Total porosity	最低通气度* (%) Minimum aeration porosity
荒地 Virgin land	0—30	0.79	57.7	67.9	22.3
耕种年限 Cultivated years	20	0.85	51.5	66.6	22.8
	40	1.06	41.9	58.9	14.5

* 按总孔隙度减去田间持水量容积 % 计算。

* Calculated by the total porosity subtracting the % of volume of field moisture capacity.

2. 不同开垦年限黑土复合胶体性质的变化

(1) 复合胶体有机质和养分的变化

表 4 黑土复合胶体有机质和养分的变化

Table 4 Variation of organic matter and nutrient of colloidal complex in black soils

土地利用状况 Land utilization	深度 (cm) Soil depth	有机质 (%) O.M.	全氮 (%) Total N	全磷 (P ₂ O ₅ %) Total P ₂ O ₅	C/N
荒地 Virgin land	0—30	11.22	0.690	0.362	9.4
耕种年限 Cultivated years	20	10.00	0.572	0.336	10.1
	40	8.63	0.471	0.333	10.6

从表 4 看出, 黑土随开垦年限的延长, 复合胶体中有机质逐渐减少, 但比土壤有机质下降幅度为小。伴随有机质的减少, 氮素含量也相应减少。复合胶体中有机质和氮素含量的高低与土壤肥力水平成正相关。复合胶体的 C/N 比值均较土壤为低, 说明腐殖化程度的加强。复合胶体中磷素含量比土壤中磷素含量高, 也随开垦年限延长而减少。

(2) 复合胶体腐殖质结合形态的变化

表 5 结果表明, 随着开垦年限的增加, 复合胶体中有机质逐渐减少、各种结合形态的腐殖质含量也相应减少。但是, 各种结合形态腐殖质的相对含量还看不出规律性的变化。

(3) 复合胶体特性的变化

表 5 黑土复合胶体腐殖质结合形态的变化

Table 5 Variation of combined forms of humus of colloidal complex in black soils

土地利用状况 Land utilization		深度 (cm) Soil depth	总碳量 (%) Total C	松结态 Loose combined form		联结态 Combined form		稳结态 Stable combined form		紧结态 Dense combined form	
				%	占总碳量% % in total C	%	占总碳量% % in total C	%	占总碳量% % in total C	%	占总碳量% % in total C
荒地 Virgin land		0—30	6.51	2.37	36.4	1.44	22.1	0.27	4.2	2.43	37.3
耕种年限 Cultivated years	20	0—30	5.80	1.85	31.9	1.56	26.9	0.33	5.7	2.06	35.5
	40	0—30	5.01	1.70	33.9	1.29	25.8	0.32	6.4	1.70	33.9

表 6 黑土复合胶体特性的变化

Table 6 Variation of properties of colloidal complex in black soils

土地利用状况 Land utilization		深度 (cm) Soil depth	代换量 (meq/100g) Exchange capacity	吸水量 (%) Moisture-holding capacity	蔗糖转化量 (%) Amount of transformed saccharose	吸磷量 (P ₂ O ₅ ,mg/100g) Amount of absorbed P	粘度 (cp.) Viscosity
荒地 Virgin land		0—30	68.14	45.94	0.48	30.5	0.8213
耕种年限 Cultivated years	20	0—30	67.23	43.18	0.50	36.1	—
	40	0—30	65.59	38.58	0.75	37.8	0.7859

土壤代换量的大小,取决于粘粒及有机质的含量和性质及其相互结合状况。同一类型土壤代换量的大小,常与其有机质和粘粒含量呈正相关。表 6 结果表明,随着开垦年限的延长,土壤有机质和粘粒逐渐减少,复合胶体的代换量呈不太明显的减少趋势。另外,随着有机质和粘粒的减少,复合胶体的吸水量显著下降,保水保肥能力减弱。同时,对磷的吸收能力不断加强,磷的有效性有不断降低的趋势;对蔗糖的转化量也有加强的趋势。这可能与土壤有机质腐殖化程度增强有关。

黑土开垦后,随着腐殖质数量和质量的下降,复合胶体的粘度呈下降趋势,这可能与复合胶体团聚化作用下降有关。

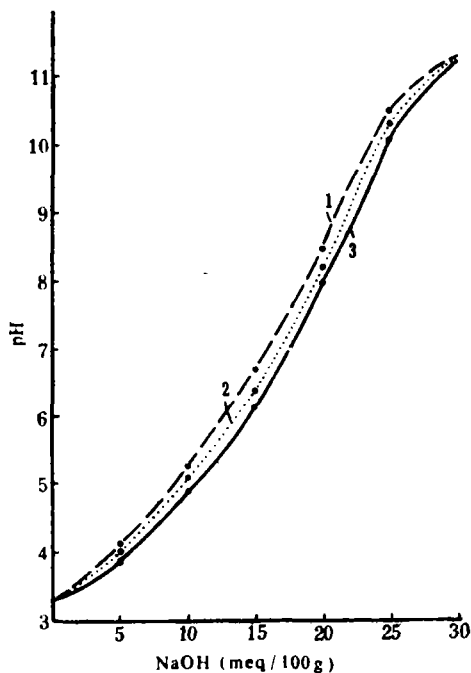
土壤有机质有较大的缓冲力,图 1 表明,随着开垦年限的延长与土壤有机质的不断消耗,复合胶体的缓冲能力也有所下降。

(二) 有机质培肥黑土的效果及其对土壤复合胶体性质的影响

1. 不同培肥程度黑土理化性质的变化

表 7 和表 8 结果表明,通过补充有机质来培肥的黑土,氮素贮量随土壤有机质含量和质量的提高成正相关的增加。磷素贮量也有类似的增长趋势。代换量随着培肥程度的提高而增加。

表 9 结果表明,随着土壤有机质数量和质量的提高,土壤物理性质和水分物理性质均得到明显的改善。土壤水稳团粒总量有了较大幅度的提高,土壤变得松软,保水通气性能



1. 开垦四十多年 2. 开垦二十多年 3. 荒地
Cultivated for 40 years Cultivated for 20 years Virgin land

图 1 不同开垦年限黑土复合胶体缓冲曲线

Fig. 1 Titration curve of colloidal complex of black soils in different cultivated years

表 7 不同培肥程度黑土有机质养分贮量和代换性能的变化

Table 7 Variation of organic matter and exchange capacity of black soils with different fertility

土地利用状况 Land utilization		深度 (cm) Soil depth	有机质 (%) O.M.	全氮 (%) Total N	全磷 (P ₂ O ₅ ,%) Total P ₂ O ₅	全钾 (K ₂ O%) Total K ₂ O	代换量 (meq/100g) Exchange capacity
培肥程度 Soil fertility level	好的 Higher	0—30	6.86	0.373	0.234	2.41	39.8
	较好的 Moderate	0—30	3.81	0.203	0.150	2.61	31.2
	较好的 Moderate	0—30	3.43	0.206	0.152	2.56	27.5
	未培肥的 Lower	0—30	2.43	0.153	0.092	2.56	26.0

得到较大的加强。

2. 不同培肥程度黑土复合胶体性质的变化

(1) 复合胶体有机质和养分的变化

表 10 结果表明,随着黑土有机质含量的提高,复合胶体中有机部分不断增加。同时,氮、磷含量也相应增加。复合胶体中有机质和氮磷含量的高低与土壤肥力水平成正相关。

表 8 不同培肥程度黑土腐殖质组成的变化

Table 8 Variation of humus composition in black soils with different fertility

土地利用状况 Land utilization		深度 (cm) Soil depth	腐殖质碳 (%) Hu- mus-C	胡敏酸碳 Humic acid		富里酸碳 Fulvic acid		胡敏素碳 富里酸碳 Humic acid-C Fulvic acid-C		胡敏素碳 Humic-C	
				%	占总碳% % in total-C	%	占总碳% % in total-C	%	占总碳% % in total-C	%	占总碳% % in total-C
培肥程度 Soil fertility level	好的 Higher	0—30	3.979	1.405	35.3	0.801	20.1	1.75	1.773	44.6	
	较好的 Moderate	0—30	2.210	0.507	22.9	0.339	15.3	1.50	1.364	61.8	
	较好的 Moderate	0—30	1.989	0.368	18.5	0.313	15.7	1.18	1.308	65.8	
	未培肥的 Lower	0—30	1.409	0.254	18.0	0.311	22.1	0.82	0.844	59.9	

表 9 不同培肥程度黑土物理性质的变化

Table 9 Variation of physical properties of black soils with different fertility

土地利用状况 Land utilization		深度 (cm) Soil depth	容重 (g/cm ³) Volume weight	田间持水量 (%) Field moisture capacity	总孔隙度 (%) Total porosity	最低通气度* (%) Minimum aera- tion porosity	水稳团粒总量 (%) Waterstable aggregate
培肥程度 Soil fertility level	好的 Higher	0—30	0.85	40.7	66.1	31.8	66.1
	较好的 Moderate	0—30	1.06	33.2	59.2	24.3	64.3
	较好的 Moderate	0—30	1.11	31.3	57.1	21.7	62.6
	未培肥的 Lower	0—30	1.26	26.6	52.5	19.3	43.1

* 同表 3。

表 10 不同培肥程度黑土复合胶体有机质和养分的变化

Table 10 Variation of organic matter and nutrient of colloidal complex in black soils with different fertility

土地利用状况 Land utilization		深度 (cm) Soil depth	有机质 (%) O.M.	全氮 (%) Total N	全磷 (P ₂ O ₅ %) Total P ₂ O ₅	C N
培肥程度 Soil fertility level	好的 Higher	0—30	9.95	0.601	0.380	9.6
	较好的 Moderate	0—30	5.47	0.309	0.244	10.2
	较好的 Moderate	0—30	4.45	0.271	0.196	9.5
	未培肥的 Lower	0—30	4.16	0.250	0.166	9.6

(2) 复合胶体腐殖质结合形态的变化

表 11 不同培肥程度黑土复合胶体腐殖质结合形态的变化

Table 11 Variation of combined forms of humus of colloidal complex in black soils with different fertility

土地利用状况 Land utilization		深度 (cm) Soil depth	总碳量 (%) Total C	松结态 Loose combined form		联结态 Combined form		稳结态 Stable combined form		紧结态 Dense 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
培肥程度 Soil fertility level	好的 Higher	0—30	5.77	1.46	25.3	2.06	35.7	0.31	5.4	1.94	33.6
	较好的 Moderate	0—30	3.17	0.34	10.7	1.19	37.5	0.29	9.2	1.35	42.6
	较好的 Moderate	0—30	2.58	0.26	10.1	0.99	38.4	0.22	8.5	1.11	43.0
	未培肥的 Lower	0—30	2.41	0.26	10.8	0.92	38.2	0.18	7.5	1.05	43.6

表 11 结果表明,随着土壤有机质的补充与更新,土壤腐殖质呈现活化的趋势,复合胶体各种结合形态的腐殖质含量都有提高,相对含量松结态的有增加的趋势,紧结态的有减少的趋势。

(3) 复合胶体特性的变化

表 12 不同培肥程度黑土复合胶体特性的变化

Table 12 Variation of properties of colloidal complex in black soils with different fertility

土地利用状况 Land utilization		深度 (cm) Soil depth	代换量 (meq/100g) Exchange capacity	吸水量 (%) Moisture-holding capacity	吸磷量 (P ₂ O ₅ ,mg/100g) Amount of absorbed P	蔗糖转化量 (%) Amount of transformed saccharose	粘度 (cp.) Vicocity
培肥程度 Soil fertility level	好的 Higher	0—30	74.15	43.42	4.5	0.39	—
	较好的 Moderate	0—30	62.53	42.41	8.7	0.46	—
	较好的 Moderate	0—30	61.51	36.02	14.2	0.45	0.8024
	未培肥的 Lower	0—30	60.08	35.48	40.9	0.48	0.8019

从表 12 中可以看出,随着黑土培肥程度的提高和土壤有机质的不断增加,复合胶体的代换量也逐渐提高。同时,复合胶体的吸水能力也不断加强。这说明补充更新有机质提高了黑土复合胶体的保水保肥性能;同时复合胶体对磷的吸收能力明显降低,即磷的有效性显著提高;复合胶体对蔗糖的转化能力也有降低的趋势,这可能与土壤有机质腐殖化

程度有关,一般土壤腐殖化程度高对蔗糖的还原能力强。随着土壤有机质数量的增加和品质的改善,复合胶体的粘度略有增加的趋势。

图 2 表明,随着土壤培肥程度的提高与有机质含量的增加,复合胶体的缓冲能力有所提高。

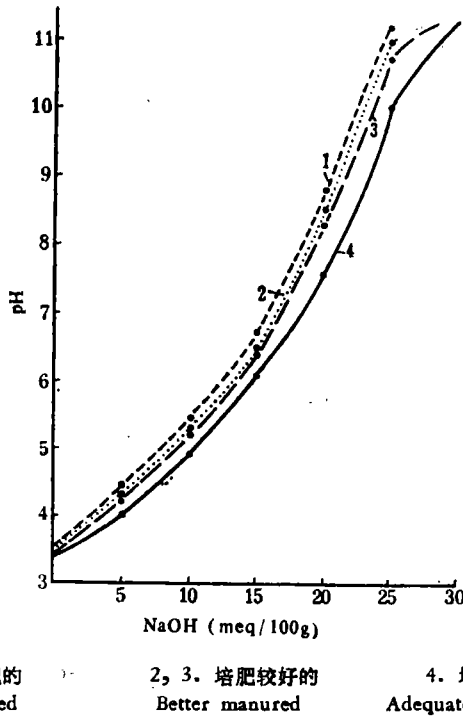


图 2 不同培肥程度黑土复合胶体缓冲曲线

Fig. 2 Titration curves of colloidal complex of black soils with different fertilities

三、结 语

黑土随着开垦年限的增加,加之用养结合不好,土壤有机质数量和质量不断下降,其他主要土壤肥力指标也相应地下降。同时,土壤复合胶体性质降低,有机部分和养分含量减少,缓冲性能降低,对磷的吸收能力增强,保水保肥能力下降等。黑土肥力呈现下降趋势。

随着有机质补充更新,数量和质量的提高,黑土其他主要土壤肥力指标也相应地提高。同时,土壤复合胶体性质得到了改善。提高了有机部分和养分含量以及磷的有效性,增加了缓冲性能,改善了腐殖质的结合形态和保水保肥能力等等。黑土肥力向着不断提高的方向发展。

研究结果表明,黑土肥力问题在很大程度上就是土壤有机质问题。补充更新有机质是快速培育高产黑土的有效途径。

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, 22—23 页。
- [3] 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。
- [4] 陈家坊、杨国治, 1962: 江苏南部几种水稻土的有机-矿质复合体性质的初步研究。土壤学报, 第 10 卷 2 期, 184 页。
- [5] 弘法健三等, 1966: 腐殖粘土复合体に関する研究(第 5 報)腐殖粘土复合体の物理化学的性质。日本土壤肥科学杂志, 第 37 卷第 5 号, 287 页。
- [6] 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 VARIATION OF BLACK SOIL FERTILITY IN RELATION TO THE PROPERTIES OF SOIL COLLOIDAL COMPLEX

Li Qing-ming and Yin Da-long

(*Institute of Soil and Fertilizer, Heilongjiang Academy of Agricultural Science*)

Summary

Owing to long duration of cultivation and mismanagement of black soils, the quantity and quality of organic matter and other main indices of soil fertility were decreased gradually. At the same time the properties of colloidal complex, contents of organic matter and nutrients, buffer capacity and water- and nutrient-holding capacity were decreased, and the absorbing capacity of phosphorous was increased.

While with the increasing of the quantity of organic matter and regeneration and improvement in the quality of organic matter in soil by application of organic manure, some indices of soil fertility were increased correspondingly. At the same time the properties of the colloidal complex were improved, the contents of organic matter and nutrients, availability of phosphorous, buffer capacity, water- and nutrient-holding capacity were increased, and combined status of humus was also improved, which brought about the promotion of the fertility of black soils.

The results obtained mentioned above indicate that the question of fertility of black soils is to a great extent that of soil organic matter. Continuous addition and regeneration of organic matter is an effective way to promote the fertility of black soils.