

文章编号 :1003-8701(2011)05-0029-04

农业利用对东北黑土黏粒矿物组成及养分的影响

郑庆福¹, 赵兰坡²

(1. 内蒙古民族大学内蒙古分析测试中心, 内蒙古 通辽 028000; 2. 吉林农业大学资源与环境学院, 吉林省生态恢复与生态系统管理省部共建国家重点实验室培育基地, 长春 130118)

摘要:为了明确农业利用对土壤的黏粒矿物组成差异及养分的影响,通过在东北黑土定点和历时8年的现代农业开垦利用,以研究东北黑土的黏粒矿物组成差异及养分的影响;经过8年的农业开垦利用后,东北黑土的风化进程加强,0.002~0.02 mm 粉粒含量显著降低($F=5.84>P_{0.01}=0.026$),而黏粒含量因水土流失,增加未达到显著;土壤交换性离子活性较强,酸化程度加重,有机质含量降低,对养分保蓄能力明显下降。土壤中的伊利石含量极显著降低($F=11.25>P_{0.01}=0.003$),而高岭石和蒙脱石含量极显著增加($F=11.67>P_{0.01}=0.003$; $F=13.89>P_{0.01}=0.001$),S/I 混层矿物含量也较8年前的高;土壤黏粒矿物是极为敏感的胶体类型,它的改变会影响土壤肥力特征。

关键词:黏粒矿物;黑土;农业利用;养分

中图分类号:S155.2+7

文献标识码:A

Effect of Agricultural Use on Clay Minerals and Nutrient of Black Soil in Northeast of China

ZHENG Qing-fu¹, ZHAO Lan-po²

(1. Analytical and Testing Center, Inner Mongolia University for Nationalities, Tongliao 028000;
2. College of Resources and Environmental Science, Jilin Agricultural University, Cultivating Base, National Key Laboratory for Jilin Province Ecological Restoration and Ecosystem Management, Changchun 130118, China)

Abstract: In order to identify the effect of agricultural use on clay minerals and nutrient of soil, the study of modern agriculture use of black soil in Northeast China has lasted for 8 years. Clay mineral composition and nutrient of black soil were investigated. The results showed that the weathering process of the black soil was strengthened. The content of silt fraction between 0.002 and 0.02mm was significantly decreased, while the content of clay fraction increase was not significant for soil erosion. Soil exchangeable ion activity was strong, degree of acidification was increased, organic matter content decreased, and the nutrient holding capability decreased. The content of illite in soil was significantly lower, while the content of kaolinite and montmorillonite were significantly increased. The content of S / I mixed-layer mineral is higher than before 8 years. Soil clay minerals were a very sensitive type colloid, and its changes affected soil fertility characteristics.

Keywords: Clay Minerals; Black Soil; Agricultural Use; Nutrient

收稿日期:2011-08-20

基金项目:国家沃土工程项目(2006BAD25B05),粮食丰产工程项目(2006BAD02A10),863项目(2006AA10A309),国家公益性行业(农业)科研专项经费项目(200903001),内蒙古民族大学博士硕士启动资金项目(BS262)

作者简介:郑庆福(1978-),男,讲师,博士,从事土壤矿物与肥力研究。

通讯作者:赵兰坡(1955-),男,教授,博士,E-mail: zhaolanpo12@163.com

1 引言

黏粒矿物是生物和水与岩石的界面过渡带,也是土壤形成的主要基质,其矿物种类组成,决定着土壤的基本特性。由于不同的黏粒矿物有着差异较大的比表面积、电荷和阳离子交换能力,对土壤养分的释放和固定作用的影响较大,尤其对钾的释放。但随着环境条件的变化,黏粒矿物组成也会发生一定的变化,从而影响土壤养分的吸持能力。2007年 Barré 通过长期施钾肥和黑麦草耗钾试验的研究,发现 2:1 黏土矿物的 c_g 与钾的施入具有显著的相关性,并认为类伊利石层间矿物是钾的存储库^[1]。Velde and Peck 对经过 83 年长期不施肥和持续的农作条件下的土壤矿物研究,发现该土壤 I/S 混层矿物中的蒙脱石的含量增加^[2]。Velde 等^[3]在研究自然草原发育的土壤剖面时,发现历经 800 年发育的土壤表层以无序的伊利石 I/S 矿物为主,而在较深的部分则以蒙脱石 I/S 矿物为主,表明农业利用对土壤黏粒矿物组成和矿质营养元素的含量产生一定的影响。而郑庆福等 (2010) 在对多年开垦利用的黑土的研究中发现,证实东北黑土中的黏粒矿物组成并不全是以蒙脱石为主,而是以 S/I 混成矿物为主,在不同作物利用下,会发生不同变化。在吉林种植玉米区域的黑土为 S/I 混成 - 伊利石 - 蛭石类型,而黑龙江种植大豆区域黑土主要以伊利石 - S/I 混成类型^[4],充分表明不同的耕作方式会对土壤黏粒矿物的组成发生重要影响,并与传统上的认识(土壤黏粒矿物不会再短时间内发生改变)相悖。因此为了明确农业利用方式对土壤黏粒矿物组成和肥力的影响,故在 2000 年和 2008 年从东北黑土多点取样分析,以其揭示传统农业和现代农业对土壤黏粒矿物及土壤养分的影响。

2 材料与方法

2.1 样品采集

样品采集于 2000 年,是在东北黑土区内,沿黑龙江省和吉林省中部的京哈铁路东西两侧,从南到北跨越 5 个纬度,取样点经区域调研和 GPS 进行定位,确定 6 个取土点,2008 年在此定位点继续采样,采集的黑土土样,均匀混合,采用四分法留取 1 kg 土样,装入经标记的自封塑料袋。

2.2 土壤理化性质测定

有机质的测定:采用重铬酸钾法 - 外加热法;速效钾的测定:采用醋酸铵溶液浸提 - 火焰光度

法测定,pH 值的测定:采用电位法;离子交换量测定:采用乙酸铵法。

2.3 XRD 衍射分析

<2 μm 黏粒的分离与提取:将耕层剔去粗的有机质残体,用 30% H_2O_2 分解有机质后离心,加少量 0.5 mol/L NaOH 溶液,调节悬液 pH 至胶体悬浮后,经超声波法(21.5 kHz,300 mA,30 min)分散后,根据 Stoke 原理所确定的沉淀时间提取小于 2 μm 黏粒,如此重复提取,直至悬液中不含小于 2 μm 黏粒为止^[5],其它粒级继续用沉降法和筛分法提取,并分别定量求出各粒级的百分数。

X 射线分析:将 <2 μm 的黏粒经连二亚硫酸钠-柠檬酸钠-重碳酸钠法(简称 DCB 法)脱铁处理后^[6],分别制成钾饱和和定向试样和镁饱和和定向试样,制成定向试样经自然风干处理后用 X 射线衍射仪(岛津 7000 型)在 $\text{CuK}\alpha$ 辐射、Ni 滤波器、40.0 kV、30.0 mA、步长为 0.04°条件下测定,然后将钾饱和和定向试样进行 2 次加热处理(马弗炉中 300°C 和 550°C 条件下加热 2 h)和镁饱和和定向试样进行甘油饱和和处理后测试^[7]。

2.4 数据处理

所得数据主要利用 SPSS18.0 的单因素进行分析,然后用 MDI Jade5.0 软件采用 9 点光滑处理和进行匹配^[8-9],依据 5 种测试条件下获得的 XRD 衍射谱进行叠加对比对黏土矿物进行鉴定。并计算了每个衍射峰的积分强度和峰高,应用沉积岩黏粒矿物相对含量 X 射线衍射分析方法在镁饱和和风干、镁甘油饱和处理和加热 550°C 处理的 XRD 衍射谱上对伊利石、蒙伊混层矿物、绿泥石、高岭石和蒙脱石进行半定量计算。

3 结果与分析

3.1 东北黑土利用时间对土壤颗粒组成的影响

由表 1 可知,东北黑土经过 8 年的农业利用后,土壤的物理结构发生了显著的变化。其中 2008 年黑土的 0.002~0.02 mm 的粉粒含量较 2000 年极显著降低($F=5.84>P_{0.01}=0.026$)。砂粒也有所降低,表明土壤较大颗粒的风化较为强烈。但土壤黏粒含量增加并未达到显著,这可能是因黑土水土流失所致。

表 1 东北黑土利用时间对土壤颗粒组成的影响

年份	<0.002 mm	0.002~0.02 mm	0.02~0.2 mm
2000	28.87aA	29.66 aA	38.67 aA
2008	32.83 aA	20.67bB	36.83 aA

3.2 东北黑土利用时间对土壤颗粒化学性质的影响

通过表 2 可知,东北黑土经过 8 年的农业利用后,对土壤颗粒化学性质的影响均较为显著。2008 年东北黑土的含水量、CEC、交换性 Ca、交换

性 Mg、盐基饱和度、交换性酸、交换性铝和交换性总酸均较 2000 年极显著增加。2008 年东北黑土的交换性 K 和 Na 较 2000 年极显著减少。由此说明农业利用对黑土土壤的钾、钠淋失较为严重,土壤矿物水化程度提高,交换性钙的富集率较高,由

表 2 东北黑土利用时间对土壤颗粒化学性质的影响

年份	含水量 (%)	阳离子交换量 cmol·kg ⁻¹	交换性阳离子 cmol·kg ⁻¹				盐基饱和度 (%)	交换性酸	交换性铝	交换性总酸 cmol·kg ⁻¹
			K	Na	Ca	Mg				
2000	3.90 aA	27.89 bB	13.06 aA	6.33 aA	0.93 bB	1.28 bB	78.58 bB	0.11 bB	0.19 bB	0.30 bB
2008	6.40 bB	35.51 aA	0.59 bB	1.28 bB	24.87 aA	6.78 aA	94.32 aA	0.16 aA	0.21 aA	0.37 aA

于无平衡离子的补充,土壤酸化程度严重。

3.3 东北黑土利用时间对土壤养分的影响

由表 3 可知,2008 年东北黑土全磷含量(TP)较 2000 年极显著降低 ($F=22.44>P_{0.01}=0.001$),全

钾含量(TK)较 2000 年极显著提高($F=15.4>P_{0.01}=0.001$),速效氮(AN)较 2000 年显著降低($F=22.44>P_{0.01}=0.001$)。其他养分的差异未达到显著,说明在农耕中,土壤有机质因种植利用受到一定破坏,但

表 3 东北黑土利用时间对土壤养分的影响

年份	pH(H ₂ O)	有机碳	全氮	全磷 g·kg ⁻¹	全钾	有效氮 mg·kg ⁻¹	有效钾
2000	6.6	16.8 aA	1.6 aA	4.9 aA	15.9 bB	137.0 aA	215.6 aA
2008	6.5	13.7 aA	2.1 aA	3.2 bB	18.9 aA	77.9 bA	229.8 aA

仍能体现农业对土壤养分利用差异。

3.4 东北黑土利用时间对土壤表层黏粒矿物组成的影响

从图 1 可知,在 2000~2008 年期间的 8 年农业利用对东北黑土黏粒矿物组成的影响较为明显,其中伊利石含量极显著降低 ($F=11.25>P_{0.01}=$

0.003),而高岭石和蒙脱石含量极显著增加 ($F=11.67>P_{0.01}=0.003$; $F=13.89>P_{0.01}=0.001$),S/I 混层矿物含量也较 2000 年的高,表明在现代农业的高强度利用下,东北黑土颗粒物理风化强烈,钾的耗竭量急剧增加,使伊利石脱钾后演化为 S/I 混层矿物,并有部分演化为蒙脱石和高岭石。

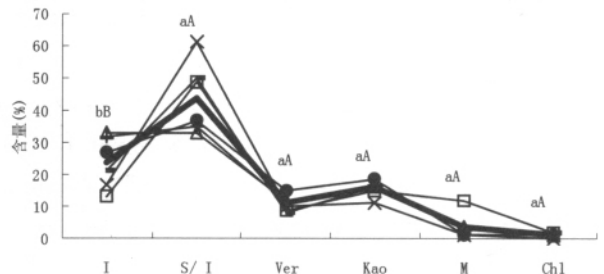
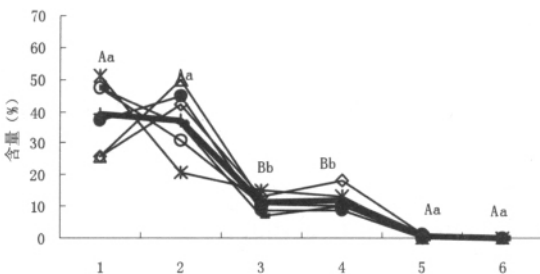


图 1 农业利用 8 年对东北黑土黏粒矿物组成的影响

4 讨论

通过历经 8 年的农业利用前后的东北黑土黏粒矿物组成对比,其结果进一步证实了 Mathe 等在局部环境条件下对近期自然拓荒利用的土壤黏土矿物研究的结果,即随着土壤利用年龄的增加,绿泥石被移除, I/S 中伊利石的含量增加^[10]。而刘永辉等人通过长期施肥对土壤黏粒矿物组成影响的研究发现,伊利石与蛭石有显著消长关系,同时也受施肥的影响^[11],说明土壤受农业利用强度加强,以及对土壤培肥的忽视,土壤的风化程度加强,黏粒矿物的风化进程加强,黏粒矿物组成在短

期内可以发生显著变化,对土壤肥力也会产生持续的影响。Barré 等^[12]研究指出,秸秆还田可在一定程度上阻止伊利石向蛭石转化。从而说明,土壤经过及时培肥,也可抑制黏粒矿物的转换,从而保持土壤原有的肥沃性质。

以上这个结论也否定了人们传统认为土壤黏粒矿物是惰性的、难以变化的思维。经过研究证明,土壤黏粒矿物,区别于矿藏性的黏粒矿物,其性质不仅活泼,而且很容易发生变化。在有机质的参与下,矿物层间发生强烈的离子交换,在较少的离子回补条件下,特别是在高强度的耕作利用条件下,黏粒矿物层间离子被大量快速地交换掉,而

发生层间收缩坍塌,使黏粒矿物发生质的变化。进一步明确黏粒矿物的性质,及对土壤肥力的影响。

5 结 论

5.1 经过 8 年的农业开垦利用后,东北黑土的 0.002~0.02 mm 粉粒含量显著降低($F=5.84 > P_{0.01}=0.026$),而黏粒含量因水土流失,增加未达到显著。土壤交换性离子活性较强,均极显著增加,但因交换性 K 和 Na 显著减少,而无平衡离子的补充,土壤酸化程度加重。

5.2 东北黑土开垦利用后,其有机质含量降低,对养分保蓄的能力明显下降,而全钾和有效钾增加则因近来注重平衡施肥所致。

5.3 农业开垦利用促进土壤黏粒的物理风化强烈,钾的耗竭量急剧增加,使伊利石脱钾后演化为 S/I 混层矿物,并有部分演化为蒙脱石和高岭石,使土壤黏粒矿物组成发生显著变化。

参考文献:

- [1] Barré P., Velde B., Catel N., et al. Soil-plant potassium transfer: impact of plant activity on clay minerals as seen from X-ray diffraction [J]. *Plant Soil*, 2007(292): 137-146.
- [2] Velde B., Peck T.. Clay mineral changes in the Morrow Experimental Plots, University of Illinois [J]. *Clays and Clay Minerals*, 2002, 50 (3), 364-370.
- [3] Velde B., Goffé B., Hoellard A. Evolution of clay minerals in a chrono sequence of poldered sediments under the influ-

ence of a natural pasture development [J]. *Clays and Clay Minerals*, 2003,51(2): 205-217.

- [4] 郑庆福,刘 艇,赵兰坡,等.东北黑土耕层土壤黏粒矿物组成的区域差异及其演化[J]. *土壤学报*, 2010, 47(4): 734-746.
- [5] Holtzapffel T. Les Minéraux Argileux: Préparation, Analyse Diffractométrique et Détermination [J]. *Soc Géol Nord Publ* 1985(12): 1-136.
- [6] Mehra O P, Jackson M L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate *Clays Clay Miner.* In *Proc 7th Conf* [C]. London: Pergamon Press, 1960: 317-327.
- [7] 李学垣. *土壤化学及实验指导* [M]. 北京:中国农业出版社, 1997: 229-235.
- [8] Schellmann W. Considerations on the definition and classification of laterites. In: *Proceedings of the international seminar on laterisation process* [M]. Trivandrum: Oxford & IBH Publishing Co. 1981: 1-10.
- [9] Gribble CD. *Rutleys elements of mineralogy*. 27th ed [C]. London: Academic Division of Unwin Hyman. 1988.
- [10] Mathe V., Meunier A., Leveque F.. Anthropogenic acceleration of a natural clay mineral reaction in marshland soils (Atlantic Coast, France) [J]. *Clay Minerals*, 2007(42): 1-12.
- [11] 刘永辉,张静妮,崔德杰,等.长期定位施肥对非石灰性潮土黏粒矿物组成及主要理化性质的影响 [J]. *土壤学报*, 2006, 43(4): 697-702.
- [12] P. Barré, B. Velde, L. Abbadie. Dynamic role of illite-like clay minerals in temperate soils: facts and hypotheses [J]. *Biogeochemistry*, 2007(82): 77-88.