

不同土地利用方式下黑土土壤微形态特征研究

何海燕^{1,2} 张丹^{1*} 张瑜^{2,3} 青会^{1,2} 杨蒙岭^{1,2} 杨洋⁴

(1. 中国科学院·水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 4. 四川烟草公司宜宾市公司, 四川 宜宾 644000)

摘要: 研究了黑龙江省海伦市黑土区4种土地利用方式下黑土土壤的微形态特征, 通过分析土地利用方式对土壤微形态的影响, 为今后合理利用黑土资源提供参考。结果表明: ①黑土土壤粗颗粒矿物组合基本一致, 主要是石英和长石矿物, 偶有云母; 人类耕作活动导致土壤侵蚀加剧, 粒径较小的颗粒流失, 表土层粗颗粒的特征值(面积、周长、等圆直径、长径、短径)变大。②天然草甸黑土的土壤孔隙度很少且孔隙以管道状为主; 人类耕作活动影响的耕地、撂荒地、人工林地孔隙度较大, 且孔隙形状不规则, 呈堆集性孔隙; 退耕还林及土地撂荒对孔隙结构有改善, 孔隙度增加。③土壤形成物主要是粘土矿物, B层和C层还有一些呈絮状凝团和斑状的铁锰新生体; 土壤有机物在A层中以植物残体、腐殖质和蚯蚓排泄物为主, B层中主要是一些腐殖质絮状物和颗粒物, C层基本无有机物。④人类耕作活动影响的土壤微结构主要为填集状垒结, 天然草甸土为包膜状垒结, 微结构呈海绵状微结构。

关键词: 黑土; 土壤微形态; 土地利用方式
中图分类号: S152.2 文献标识码: A

Study of Black Soil Micromorphological Characters in Different Land-use Type at Heilongjiang Province

HE Hai-yan^{1,2}, ZHANG Dan^{1*}, ZHANG Yu^{2,3}, QING Hui^{1,2}, YANG Meng-lin^{1,2}, YANG Yang⁴

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Sichuan Chengdu 610041, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 4. Yibin Branch Company of Sichuan Tobacco Company, Sichuan Yibin 644000, China)

Abstract: To provide a reference for reasonable use of black soil resources in future, the micromorphological characters of 4 land-use type black soil in Heilongjiang province were studied. The results showed that: (i) The primary mineral components of black soil coarse particles were quartz and feldspar, with some containing mica. Accelerated soil erosion induce by human farming activities, small particles were lost, which cause the soil coarse particles features (area, perimeter, eudiometer, length, width) of surface layer larger. (ii) The porosity of natural meadow land was small and almost like pipeline. The porosity of cultivated soil, abandoned field and artificial poplar forest land was larger, and its shape was irregular and piled up. Soil porosity increased when farmland was converted to forest or uncultivated, and void structure became better. (iii) The soil pedofeature was mainly clay mineral, and some flocculent and porphyritic Fe-Mn minerals existed in B and C layers. The organic matter was plant residues (mostly plant roots), humus and earthworm excretion in A layer, some humic flocculent pos-set and particles in B layer, and no organic matter in C layer. (iv) Enaulic fabric was found in A and B layer of black soils influenced by human farming activities. C layer and natural meadow land had chitonic fabric. The micro structure of black soil was like spongy.

Key words: Black soil; Soil micromorphology; Land-use

土地资源是人类生产、生活中最基本的不可再生资源, 一些不合理的土地利用会诱发土壤问题, 如过度垦殖、水土流失、重金属及有机质污染等, 使得

地球表面可用土地资源的绝对量减少和土地质量降低, 继而直接威胁人类的生存环境、健康和安。土壤是土地的重要组成部分, 土壤微形态特征在一定程度上说明了土壤的肥力及农用地生产力水平的高低, 土地是否处于最适宜的可持续利用状态也会在土壤微结构中体现出来^[1]。我国的土壤微形态研究始于20世纪60年代, 至今相关研究主要覆盖我国西南的紫色土区^[2-7]、西北黄土区^[8-9]、南方红壤

收稿日期: 2015-07-14

基金项目: 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所方向性项目

作者简介: 何海燕(1989-), 女, 四川华蓥人, 硕士研究生, 主要从事土壤性质与土壤生态研究, E-mail: hehaieom13@mails.ucas.ac.cn, Tel: 18683613927, *为通讯作者: 张丹, E-mail: daniezhang@imde.ac.cn

区以及一些棕壤^[10]、褐土^[10-11]区域。但是对于东北黑土的微形态研究仅有高子勤等^[12]对土壤微结构的初步研究,详细研究少见文献报道。

本文以黑龙江省海伦市黑土土壤剖面为主要研究对象,在土壤理化分析的基础上,对比分析耕地、撂荒地、人工林地、天然草地 4 种不同土地利用方式的黑土土壤微形态特征,结合土壤理化现状,探讨土地利用方式对土壤微形态的影响,分析不同自然条件及人类活动对土壤的干扰作用,研究土壤的质量变化,为今后合理利用黑土资源提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

本实验研究的黑土土壤样品采自于黑龙江省海伦市。海伦市位于 E 126°38', N 47°26', 是黑土区中心地带,平均海拔 234 m,土壤为典型的中厚层黑土,黑土面积占海伦市土地总面积 63.4%。气候属温带大陆性季风气候,夏季高温多雨,冬季寒冷干燥,雨热同季,全年降水量为 500~600 mm,其中 80% 的降雨集中在 5-9 月。极端最高温度为 37℃,极端最低温度为 -39.5℃,年平均温度 2.1℃。无霜期为 120~130 d, ≥10℃ 的有效积温为 2400~2500℃。成土母质为第四纪更新世砂砾黏土层,自然植被为草原化草甸杂草,主要种植作物为大豆、玉米、小麦,种植制度以大豆—玉米—小麦轮作方式为主^[13-15],作物一年一熟。

1.2 样点分布

选取 4 种具有代表性土地利用方式的土壤剖面为采样地,它们是耕作年限为 30 年的耕地(HT1)、

撂荒 2 年的撂荒地(HT2)、20 年人工杨树林地(HT3)和天然草甸土(HT4),土壤剖面采样点分布情况见图 1。虽然采样点相隔一段距离,但所处区域的大气候基本一致。

1.3 采样及土壤理化分析

2013 年 6 月采样,剖面选择在样点中央,挖 100×200×160 cm 的样坑,平整剖面,对土壤剖面进行现场分层,观察并记录各发生层剖面性状特征(颜色描述采用标准比色卡,中国科学院南京土壤研究所制,1989),测量各发生层的厚度,然后开始采样。样品分 2 种:①全岩样品,用于土壤理化性质的分析;②土壤微形态样品,大小为 5×5×5 cm,尽可能采集比较紧实的样块。以上每种样品取 3 个,样品在室内自然风干。土壤 pH 值用 HD30 Q 型酸度计测定;根据土壤 pH 值的测定结果,黑土呈微酸性至中性,土壤有效磷的测定采用盐酸-氟化铵提取-钼锑抗比色法;土壤速效钾的测定采用乙酸铵浸提-火焰光度计法;土壤总有机碳(TOC)和全氮用 Vario Macro cube 元素分析仪测定;土壤颗粒组成的测定采用吸管法。每个实验设置 3 个重复,结果取平均值。

1.4 微形态分析

依据黑土的特性,利用不饱和聚酯树脂热固化法固化原状土壤^[12,16]。土壤经固化处理后,送至西安地质矿产研究所磨片室磨片,完成切片、粗磨片、细磨片和粘片等一系列操作后,制成厚度约 30 μm 的土壤薄片。将薄片放置于奥林巴斯 X41 偏光显微镜下观察并照相。用 Image-Pro Plus 6.0 图像处理软件定量分析土壤微形态粗颗粒和土壤孔隙特征



图 1 采样分布

Fig. 1 Sample points of soil profile in Heilongjiang province

值,采用土壤微形态分类鉴定描述系统的术语进行描述^[17-18]。为保证数据的代表性和减少数据的不均性,每个薄片在上下左右和中间共采集 5 张图像进行定量分析统计,然后平均。

2 结果与分析

2.1 土壤剖面结构和理化性质

表 1 为不同利用方式下黑土土壤剖面各层特征与理化性质。从剖面实际观察和各剖面样品分析结果看,4 种土地利用方式下的土壤剖面分异较清楚,但各发生层分界线的位置及发生层的理化性质有明显差异。

从表 1 可知,未经开垦的天然草甸土的表土层

全 N 为 6.37 g/kg、TOC 为 141.79 g/kg,高于耕作过的耕地、撂荒地和人工林地;有效 P 为 16.70 mg/kg,也高于撂荒地和人工林地,这是因为植物尤其是耕地农作物生长主要吸收消耗表土层的土壤养分,而由于作物收获导致返回土壤有机质少,土壤养分逐渐流失,C、N、P 的含量都有所降低;耕地的有效 P 含量高是由于当地农民施 P 肥的缘故;速效 K 为 28.92 mg/kg,低于其他 3 种土壤,这是由于耕作活动使土壤矿物中的 K 和被土壤胶体吸附的 K 随水稳性团聚体结构的破碎而释放。耕地土壤的 pH 值为 5.65,低于其他 3 种土壤,全 N 含量为 2.71 g/kg,略高于撂荒地和人工林地,这是因为耕地施用氮素肥料,氮素肥料引起了土壤酸化。

表 1 土壤剖面特征及理化性质

Table 1 Pedological description and physical and chemical properties of black soil

编号 No.	发生层 Horizon	深度 (cm) Depth	颜色和 结构 Color and structure	pH	有效磷 (mg/kg) Available P	速效钾 (mg/kg) Available K	全氮 (g/kg) Total N	TOC (g/kg)	颗粒组成 (%) Grain composition			
									2 ~ 0.2 mm	0.2 ~ 0.02 mm	0.02 ~ 0.002 mm	<0.002 mm
HT1	A	0 ~ 30	黑色,10YR2/1,粘壤土质地,团粒状结构,多根系	5.65	103.30	65.51	2.71	50.59	1.28	45.49	19.36	33.88
	B	30 ~ 120	灰黄棕,10YR4/2,壤粘土质地,棱块结构,黄色和棕色锈斑锈纹,中等根系	6.02	12.30	37.40	1.03	19.51	0.11	32.20	29.01	38.68
	C	120 ~ 145	黄棕色,10YR5/8,粘壤土质地,块状结构,土体紧实,基本无根系	5.99	19.10	27.78	0.61	8.74	0.32	37.44	43.09	19.15
HT2	A	0 ~ 20	黑色,10YR2/1,壤粘土质地,土壤较疏松,团粒结构,多根系	6.42	7.00	55.95	1.11	23.50	0.11	46.85	9.64	43.40
	B	20~110	黑棕色,10YR2/3,壤粘土质地,土壤较紧实,块状结构,少根系	6.39	17.60	46.87	0.69	14.69	0.11	27.18	33.93	38.78
	C	110 ~ 150	棕色,10YR4/6,粘壤土质地,土壤紧实,块状结构,无根系	6.57	23.50	46.30	0.46	4.63	0.63	37.11	38.31	23.94
HT3	A	0 ~ 30	黑色,10YR2/1,壤粘土质地,团粒结构,疏松多孔,多根系	6.25	6.80	46.98	2.22	47.38	0.32	46.23	14.58	38.87
	AB	30 ~ 60	黑棕色,10YR3/1,壤粘土质地,土壤较松,核状结构,中等根系	6.4	29.60	47.24	0.83	20.82	0.21	26.50	29.31	43.97
	B	60 ~ 150	暗棕色,10YR3/3,壤粘土质地,土壤较紧,块状结构,铁锰锈斑锈纹,根系很少	6.87	24.30	57.04	1.04	22.54	0.11	31.07	29.50	39.33
	C	150 ~ 180	黄棕色,10YR5/6,壤粘土质地,土壤紧实,粘粒结构,无根系	7.04	6.80	76.15	0.40	5.30	0.22	30.87	29.53	39.38
HT4	A	0 ~ 35	黑色,10YR2/1,粘壤土质地,土壤较紧实,粘粒结构,多毛细根系	6.07	16.70	28.92	6.37	141.79	0.00	56.93	21.53	21.53
	B	35 ~ 70	灰黄棕,10YR5/2,粘壤土质地,土壤紧实,粘粒结构,根系较少	7.01	10.30	37.35	0.48	7.97	0.21	37.02	38.63	24.14

注:表中数据为平均值;HT1 为耕地;HT2 为撂荒地;HT3 为人工林地;HT4 为天然草甸土。

Note: Mean values are in the table; HT1 for cultivated soil; HT2 for abandoned soil; HT3 for artificial poplar forest land; HT4 for natural meadow land.

表 2 不同土地利用方式下土壤粗颗粒特征

Table 2 Features of coarse particles of different land-use types in Heilongjiang province

编号 No.	发生层 Horizon	形状 Shape	面积(μm^2) Area	周长(μm) Perimeter	等圆直径 (μm) Eqdiameter	长径(μm) Length	短径(μm) Width	圆度 Roundness
HT1	A	半棱角形、半磨圆形和磨圆形	95.4	49.0	8.3	12.9	4.5	2.8
	B	半棱角形和半磨圆形	82.1	45.9	7.6	12.1	4.1	3.1
	C	半棱角形和棱角形	55.2	37.7	6.8	10.7	3.6	2.6
HT2	A	半棱角形、半磨圆形和磨圆形	119.0	54.3	8.7	13.5	4.8	3.1
	B	半棱角形和半磨圆形	72.9	43.4	7.3	11.7	3.8	2.8
	C	半棱角形和半磨圆形	94.7	53.2	7.8	12.5	3.9	3.4
HT3	A	长方形、半棱角形、半磨圆形和磨圆形	51.6	24.9	5.4	7.9	3.4	1.6
	AB	半棱角形、半磨圆形和磨圆形	37.4	20.8	4.8	6.9	3.0	1.5
	B	半棱角形和半磨圆形	42.0	21.7	4.9	7.1	3.1	1.6
	C	半棱角形和棱角形	23.1	19.8	4.2	6.4	2.5	1.8
HT4	A	半棱角形、半磨圆形和磨圆形	75.7	28.7	6.1	8.9	3.7	1.6
	B	半棱角形、棱角形	40.8	20.6	4.4	6.6	2.7	1.5

注:表中数据均为平均值;等圆直径 = 与颗粒面积相等的圆直径;圆度 = (周长 \times 周长) / (4 \times π \times 面积 \times 1.064)。

Note: Mean values are in the table; Eqdiameter is the diameter of the circle whose area is equal to the grain area; Roundness = 4 \times π \times area/perimeter.

2.2 土壤粗颗粒特征及矿物组合

不同土地利用方式下,各发生层土壤矿物组合基本一致,以石英和长石占绝对优势,很少发现其他矿物,偶有云母的残片。表2为不同土地利用方式下黑土的土壤粗颗粒特征,研究发现:4种土地利用方式下黑土的粗颗粒形状在C层主要是半棱角形和棱角形(图2)到A层逐渐被磨圆,主要为半磨圆

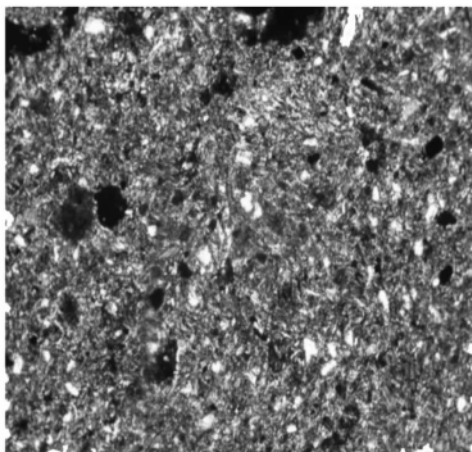
HT1; C层(正交偏光,10 \times 10)

图2 粗颗粒

Fig. 2 Coarse particles

形和磨圆形(图3);土壤粗颗粒的面积、周长、等圆直径、长径、短径在A层最大,随着深度加深,粗颗粒基本呈逐渐变小的趋势。结合表1中土壤颗粒组成分析,发现同一土壤剖面,从A层到C层,颗粒粒径范围在0.2~0.02 mm的颗粒基本呈减少的趋势,而0.02~0.002 mm的颗粒含量呈增加的趋势,可见土壤的粗颗粒特征的变化与土壤颗粒组成的变化一致。

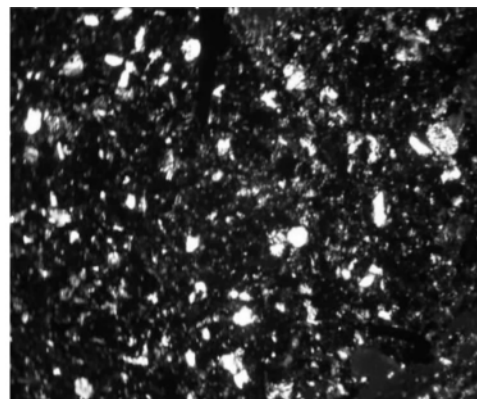
HT4; A层(正交偏光,10 \times 10)

图3 粗颗粒

Fig. 3 Coarse particles

通过显微镜观察分析可知,各剖面土壤成土母质相似,土壤粗颗粒的差异源于土地利用方式的不同,人类耕作活动的扰动作用影响较大。黑土的自然植被是草原化草甸,植被覆盖度 100%,天然草甸土是未开垦的土壤,土壤颗粒结构是在自然条件下形成的原始状态。以天然草甸土表土层的土壤粗颗粒特征值为参考,对比其他 3 种土壤,耕作土壤表土层由于受到人为扰动和外界自然条件的影响,如作物收割使地面裸露导致雨水侵蚀加剧,使得粒径较小的颗粒物侵蚀流失,而留下粒径较大的颗粒物,粗颗粒的面积($95.4 \mu\text{m}^2$)、周长($49.0 \mu\text{m}$)、等圆直径($8.3 \mu\text{m}$)等特征值明显大于天然草甸土(面积 $75.7 \mu\text{m}^2$ 、周长 $28.7 \mu\text{m}$ 、等圆直径 $6.1 \mu\text{m}$)。撂荒地和人工杨树林地在人类耕作过的土壤上发育起来,耕地撂荒后表土层仅有一些杂草覆盖,由于撂荒时间不长,覆盖度很低,其土壤颗粒继续遭到径流侵蚀破坏,表层土壤颗粒仍有增大的趋势,其粗颗粒特征值大于耕地;与耕地土壤相比,20 年人工杨树林地的植被覆盖度较高,且表土层覆盖着枯落物,降雨在地表形成的径流量很少,土壤的水土流失减轻,同时植物根系起到固定土壤的作用,表土层小颗粒得以保持,人工杨树林的土壤颗粒结构得到一定恢复。

土壤粗颗粒在大小发生变化的同时,圆度也在发生变化。土壤的形成过程实质上是不稳定矿物被分解而消失或变小变圆的过程,受到风化强度的制约^[19]。耕作土壤是自然和人类活动共同作用的产物。人类耕作活动的频繁发生加强了颗粒的机械运

动,增加了磨损作用,使得粗颗粒逐渐磨圆,耕地土壤表土层圆度(2.8)大于天然草甸土(圆度 1.6)。这与庞奖励等人对我国马兰黄土区耕作土壤的粗颗粒圆度随着耕作时间延长而增大的研究结果一致^[20]。

2.3 土壤孔隙特征

表 3 为不同土地利用方式下黑土的孔隙特征。研究发现:人类耕作活动影响的耕地、撂荒地和人工林地土壤孔隙主要以堆集性孔隙(图 4)为主,孔隙形状不规则,孔隙壁粗糙,还有一些孔洞、管道状孔隙、囊状孔隙和大的裂隙,各层孔隙度变化较大。天然草甸土孔隙以管道孔隙(图 5)为主,孔隙较光滑,孔隙度较小且变化不大。

耕地土壤由于受到人类活动的频繁扰动,孔隙度变化较大,A 层为 20.11%,C 层为 11.47%,从 A 层到 C 层,孔隙度逐渐减小。这是人类耕作活动主要集中在 A 层,为利于农作物生长,对土壤进行了周期性疏松作业。撂荒地由于撂荒时间较短,孔隙形态类似于耕作土壤,但形状更加不规则,这是撂荒后自然条件下杂草生长,根系的穿插导致孔隙形态多变的缘故,有利于改善土壤的孔隙结构,撂荒地的孔隙度变大,高于耕地土壤,A 层达 23.91%。人工林地的土壤孔隙较草甸土的孔隙多且大,林地的植物根系发达且粗壮,庞大的根系穿梭于土壤中,甚至可以到达母质层,从而使得土壤结构疏松,孔隙状况得到改善,孔隙度变大,A 层孔隙度达到 48.63%。孔隙的形状和数量在一定程度上反映土壤结构

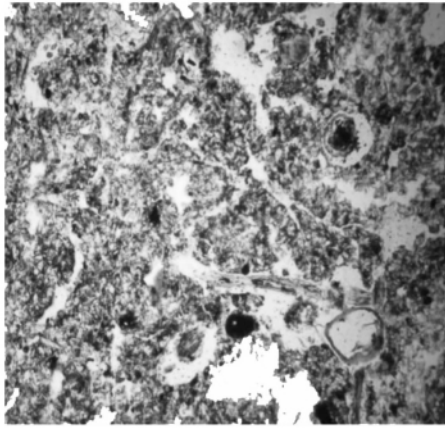
表 3 不同土地利用方式下土壤孔隙特征

Table 3 Void features of soils in different land-use type

编号 No.	发生层 Horizon	孔隙形态 Void morphology	总孔隙度 (%) Total porosity
HT1	A	堆集性孔隙,有管道孔隙,孔隙壁粗糙,孔隙连通	20.11
	B	堆集性孔隙,孔隙相通,孔隙壁粗糙	13.76
	C	管道孔隙,孔洞,简单堆集孔隙,有裂隙,孔隙不相通	11.47
HT2	A	堆集性孔隙,形状不规则,孔隙壁粗糙,孔隙间相连	23.91
	B	堆集性孔隙,形状不规则,孔隙壁粗糙,孔隙间相通,偶尔有裂隙存在	17.03
	C	简单堆集性孔隙和孔洞,形状不规则,孔隙壁粗糙	21.03
HT3	A	堆集性孔隙,孔隙壁粗糙,管道状孔隙,孔隙壁较光滑,形状不规则,且孔隙相通,少量囊状孔隙	48.63
	AB	堆集性孔隙,形状不规则,孔隙壁粗糙,分布有孔洞,还有少量的裂隙	27.54
	B	堆集性孔隙,不规则,孔隙壁粗糙,分布有少量管道状孔隙,有少量裂隙,裂隙成交叉状	19.97
HT4	A	简单堆集孔隙和孔洞,孔隙壁粗糙,偶有管道状孔隙	15.97
	A	管道孔隙,堆集性孔隙,有孔洞,孔道,孔隙相通,孔隙壁较光滑	8.60
	B	管道孔隙,偶有裂隙,孔隙较光滑,孔隙相通	8.80

注:表中总孔隙度为面积比,即土壤薄片中的总孔隙面积与总面积之比。

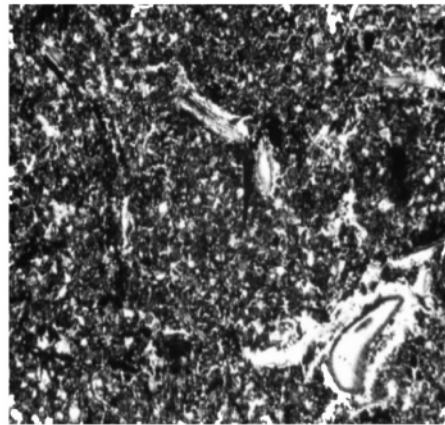
Note: Total porosity is area ratio in the table, namely the ratio of the total pore area and total area in the soil slice.



HT2; A 层(单偏光, 10×4)

图 4 孔隙结构

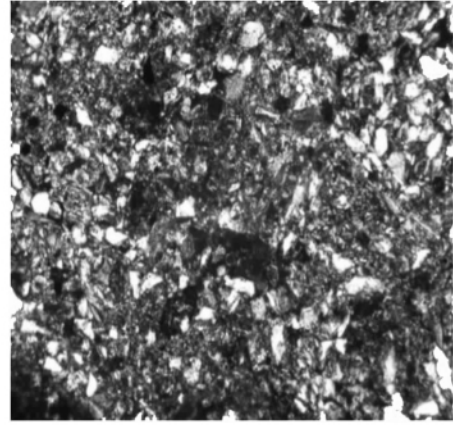
Fig. 4 Void structure



HT4; A 层(单偏光, 10×4)

图 5 孔隙结构

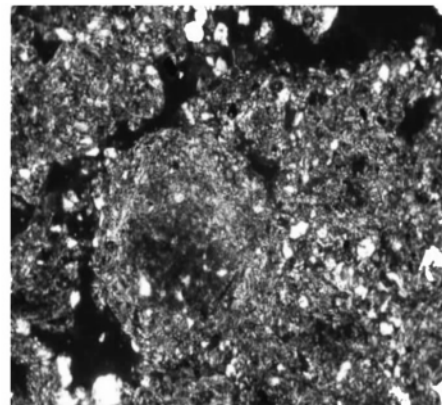
Fig. 5 Void structure



HT4; C 层(正交偏光, 10×10)

图 6 粘土矿物

Fig. 6 Clay mineral



HT3; B 层(正交偏光, 10×10)

图 7 铁锰凝团

Fig. 7 Fe-Mn nodule

的改良程度,人类停止活动后,土壤在植被的根系作用下可以使孔隙结构恢复,孔隙度增大,改善土壤的通气性和透水性。这与郭美娟研究发现关中东部合阳地区退耕还林后表层土壤孔隙度增大,且形态变得更加规则的结果一致^[21]。天然草甸土的植被为草本植物,植物根系较细且扎根不深,孔隙度很小且变化不大,A层仅8.6%,C层8.8%;由于天然草甸不受人类活动干扰,在自然力的作用下形成,因而孔隙壁较光滑。这与庞奖励等的研究结果耕作活动较少的果林地土壤孔隙壁较光滑相似,人类频繁的耕作活动使孔隙的形态、数量和空间位置不停地改变^[20]。

2.4 土壤形成物和有机质

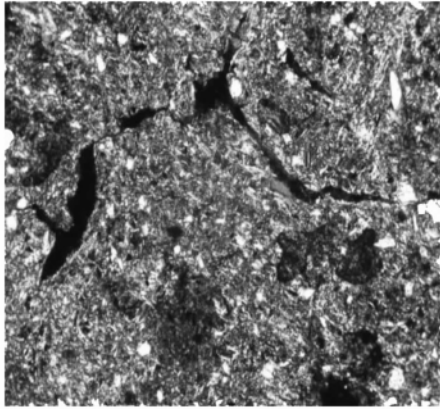
不同土地利用方式下黑土的土壤形成物主要是粘土矿物(图6),在正交偏光下呈黄色-黄褐色,从A层到C层粘土矿物逐渐增多。在显微镜下观察B层和C层土壤中有铁锰锈斑和锈纹,以铁锰凝团(图7)、铁质侵染斑(图8)的形态存在。铁锰絮状物这类土壤形成物是因土壤受到强烈湿润而又迅速

干燥,为通透性较好的土壤所特有,可以推测黑土的成土过程中干湿交替明显,这与海伦市夏季高温多雨,冬季寒冷干燥的气候相对应。

土壤有机质以植物根系(图9)、腐殖质(图10)和蚯蚓排泄物(图11)为主,植物根系多分布在表土层,呈黑色絮状物,有些呈颗粒状,B层土壤也有少量植物根系;腐殖质在显微镜下观察呈黑色絮凝状,在A层分布最多,B层也有分布,C层没有;蚯蚓排泄物呈黑色小颗粒,多分布于耕地表土层的土壤孔隙中,B层也有少量蚯蚓排泄物,但数量远小于表土层。

2.5 土壤微垒结和微结构

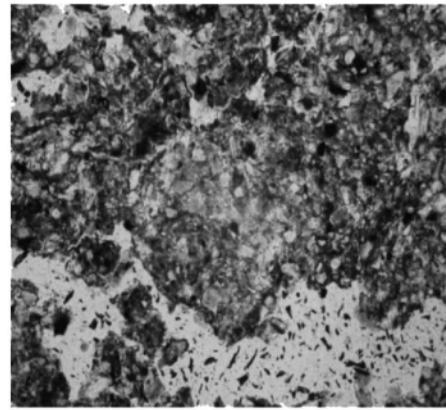
研究发现,人类耕作活动影响的耕地、撂荒地和人工林地的A层和B层微垒结构主要为填集状垒结(图12),由粗颗粒形成骨架,中间的空隙中,部分填充了细粒质的集合体,无填充的粗颗粒则相互支撑;C层为包膜状垒结(图3),粗粒质被细粒质物质包被,粘土矿物将较大的粗颗粒包被。不受人类活动影响的天然草甸土的微垒结构为包膜状,粗粒质完全或部分被较细粒物质包被。



HT3; C 层(正交偏光 10 × 10)

图 8 铁锰侵染体

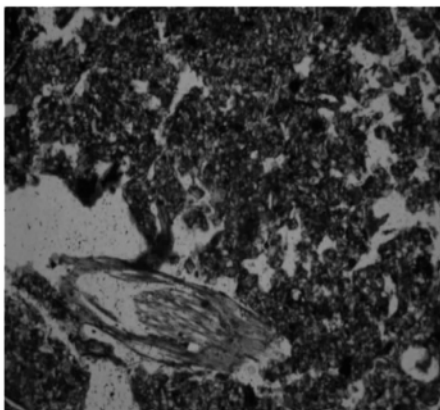
Fig. 8 Fe-Mn inocula



HT1; A 层(单偏光 10 × 4)

图 11 蚯蚓排泄物

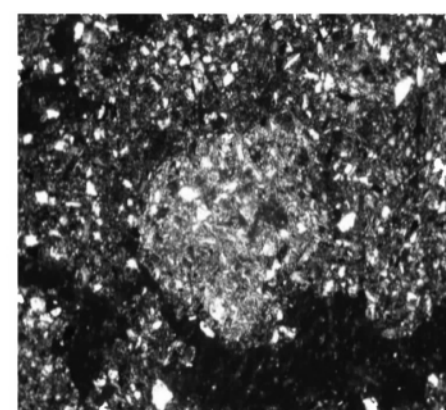
Fig. 11 Earthworm excretion



HT3; A 层(单偏光 10 × 4)

图 9 植物残体

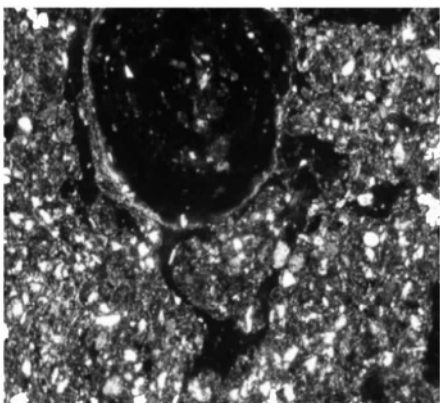
Fig. 9 Plant residue



HT1; A 层(正交偏光 10 × 10)

图 12 填集状垒结

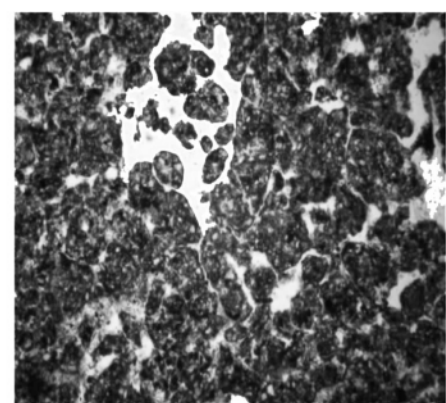
Fig. 12 Enaulic fabric



HT3; A 层(正交偏光 10 × 10)

图 10 腐殖质

Fig. 10 Humus



HT1; B 层(单偏光 10 × 4)

图 13 海绵状结构

Fig. 13 Spongy

黑土的土壤微结构体由大小不等的浑圆形或椭圆形团聚体组成,团聚体由黑色小颗粒连接,呈海绵状微结构(图 13),团粒间不完全分离,孔隙多且相通,结构疏松但不松散,土壤有良好的通气性和持水性。这与高子勤等人的研究结果一致^[12]。

3 结 论

(1) 人类耕作活动对黑土的剖面分异和理化性质有显著影响,导致养分流失和土壤酸化。

(2) 黑土土壤粗颗粒矿物组合基本一致,主要是石英和长石矿物,偶有云母。耕作活动导致水土

流失加剧,粗颗粒的特征值(面积、周长、等圆直径、长径、短径、圆度)由于较小颗粒的流失而变大。

(3)天然草甸黑土的土壤孔隙度很少且孔隙以管道状孔隙为主;受到人类耕作活动影响的土壤孔隙度较大,且孔隙形状不规则,呈堆集性孔隙,孔隙壁粗糙;退耕还林及土地撂荒对孔隙结构有改善,孔隙度增加。

(4)人类活动影响的耕地、撂荒地和人工林地的A层和B层微垒结构主要为填集状垒结,有粗颗粒的C层,天然草甸土为包膜状垒结;黑土的微结构呈海绵状微结构。

(5)黑土的土壤形成物主要是在B层和C层的粘土矿物中有一些呈絮状凝团和斑状的铁锰新生体;土壤有机物在A层中以植物残体、腐殖质和蚯蚓排泄物为主,B层中主要是一些腐殖质絮状物和颗粒物,C层基本无有机物。

参考文献:

- [1]石莹,王数,张晓娜,等.北京小西山前洪积扇不同土地利用方式下的土壤微形态特征[J].中国农业大学学报,2014,14,19(2):118-124.
- [2]秦鱼生,涂仕华,王正银,等.长期定位施肥下紫色土土壤微形态特征[J].生态环境学报,2009,18(1):352-356.
- [3]何毓蓉.四川盆地紫色土分区培肥的土壤微形态研究[J].土壤通报,1984,15(6):236-266.
- [4]何毓蓉.四川盆地丘陵区侵蚀紫色土微形态特征及水土保持意义[J].中国水土保持,1985,3(36):2-7.
- [5]何毓蓉,潘乐华,文安邦.四川盆地丘陵区紫色土退化研究—II.紫色土退化的微形态特征[J].资源开发与保护杂志,1990,6(2):67-70.
- [6]何毓蓉,黄成敏,徐建忠.湘赣浙滇川紫色土微形态比较研究[J].山地研究,1996,14(增刊):9-13.
- [7]何毓蓉,黄成敏,官阿都.中国紫色土的微结构研究—兼论在ST制土壤基层分类上的应用[J].西南农业学报,2002,15(1):65-69.
- [8]周自翔.西安黄土台塬土壤微形态特征研究与土地利用关系[D].西安:陕西师范大学,2006.
- [9]唐克丽.武功黄土沉积中埋藏古土壤微形态及其发生学[J].科学通报,1981(3):177-179.
- [10]费振文.山东地区棕壤和褐土微形态特征的研究[J].土壤,1983(5):188-191.
- [11]谢萍若,左敬兰,国际翔.我国辽西几种褐土的微形态研究[J].土壤学报,1985,22(2):177-181.
- [12]高子勤,安桂茹.东北几种耕作土壤的微形态特征[J].土壤学报,1982,19(1):85-91.
- [13]孟凯,张兴义,隋跃宇,等.黑龙江海伦农田黑土水分特征[J].土壤通报,2003,34(1):11-14.
- [14]何萍萍,于镇华,王银锁,等.垦殖与自然恢复黑土土壤微生物量碳和土壤酶活性的季节性变化[J].农业系统科学与综合研究,2011,27(3):361-365.
- [15]李欣宇,宇万太,李秀珍.遥感与地统计方法在表层土壤有机碳空间格局研究中的应用比较[J].农业工程科学,2009,25(3):148-152.
- [16]中国科学院南京土壤研究所土壤微形态实验室.用不饱和聚酯树脂制备土壤薄片的方法[J].土壤,1976(5-6):329-336.
- [17]Bullock P, Fedoroff N, Jongerius A, et al. Handbook for Soil Thin Section Description [M]. Wolverhampton, England: Waine Research Publications, 1985: 115-230.
- [18]Stoops G. Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections [M]. Madison, Wisconsin, USA: Soil Science Society of America, Inc., 2003.
- [19]庞奖励,黄春长,查小春,等.关中地区两种不同农业管理方式下土壤微形态特征[J].中国农业科学,2007,40(11):2518-2526.
- [20]庞奖励,黄春长,张旭,等.白鹿原人工果树林地土壤和农耕地土壤微形态对比研究[J].土壤学报,2007,44(5):792-800.
- [21]郭美娟.关中东部合阳地区土壤微形态对退耕还林的响应研究[D].西安:陕西师范大学,2008.

(责任编辑 陈虹)