

# 东北典型黑土区气候、地貌演化与黑土发育关系

崔 明<sup>1</sup>, 张旭东<sup>1</sup>, 蔡强国<sup>2</sup>, 王 勇<sup>3</sup>, 范昊明<sup>4</sup>, 周金星<sup>1</sup>

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 北京, 100091; 2 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101;  
3 西南大学地理科学学院, 重庆 400715; 4 沈阳农业大学 水利学院, 沈阳 110161)

**摘要:** 通过野外实地调查, 利用地层学方法结合孢粉分析结果, 研究了黑土区地层地貌的发育历史、地层序列以及古气候变化, 重建黑土、黑钙土的发育历史及发育所需的地貌、气候条件。结果表明, 黑土从温暖湿润的晚更新世早期便开始在嫩江的二、三级阶地上发育, 而黑钙土则从全新世初开始在嫩江的一级阶地上发育, 这时气候处于暖干期, 且一级阶地地势较低, 水位相对较高, 容易接受上方高地淋洗下来的钙, 从而在土壤中形成比较典型的淀积层。可见, 地貌条件及气候因素对黑土、黑钙土的形成发育起到至关重要的作用。研究结果为黑土区的水土保持及土壤改良研究提供理论基础, 同时为正确评估黑土层的侵蚀速率及制订合理的改良措施提供科学的参考。

**关键词:** 黑土; 黑钙土; 成土过程; 土壤侵蚀; 气候变化; 地貌演化

文章编号: 1000-0585(2008)03-0527-09

东北的黑土区是我国重要的商品粮基地, 黑土以其深厚的腐殖质层、高肥力、良好的理化性质及生物特性<sup>[1]</sup>, 而素有“土中之王”的美称。但经过多年不合理的开垦、耕作, 加之特有的气候、地貌条件<sup>[2~4]</sup>, 该区土壤侵蚀严重, 黑土资源出现明显的退化现象, 主要表现为黑土层逐年变薄、侵蚀沟发育、土壤结构恶化及有机质等养分含量明显降低等<sup>[5~9]</sup>。可见, 在防治水土流失的同时对土壤进行合理改良, 使黑土层逐渐增厚是实现黑土资源可持续利用的必要途径<sup>[10]</sup>。

关于黑土的发育过程及形成年代, 很少有研究者进行详细的研究, 而从一些研究者提到过的黑土区在 2500 年间<sup>[8]</sup>或者 1100 年间<sup>[11]</sup>, 形成了 60cm 左右的黑色腐殖质层, 即 20~40 年即可形成 1cm 土层, 以及黑土每形成 1cm 需要 300 年的时间<sup>[6]</sup>、300~400 年时间<sup>[5]</sup>以及 120~400 年时间<sup>[12]</sup>的观点来看, 不同学者之间的数据相差一个数量级, 并且对于各自提出的论点并没有给予充分的论证。所以, 黑土的形成、发育条件及速率成为非常值得探讨的关键问题。本文主要通过对黑土区地层地貌的发育历史、沉积物的年代划分以及古气候变化的研究, 探讨黑土及黑钙土的发育历史及发育所需的气候、地貌条件, 旨在为黑土区的水土保持及土壤改良研究提供理论基础及科学的参考。

## 1 研究区概况

东北典型黑土区(图 1)是松嫩平原的重要组成部分, 主要分布于嫩江流域, 是由集中连片的黑土、黑钙土、草甸黑土组成的。黑土土类主要集中分布于嫩江的二、三级阶地

收稿日期: 2007-08-02; 修订日期: 2008-03-05

基金项目: 国家重点基础研究发展计划 973 项目资助 (2007CB407207)

作者简介: 崔明(1979-), 女, 辽宁人, 助理研究员。研究方向为土壤侵蚀与 GIS 应用。

E-mail: flora\_cm2007@foxmail.com

上, 而黑钙土主要分布于嫩江的一级阶地即下游的冲积低平原上。本区属寒温带大陆性季风气候, 四季分明, 冬季漫长寒冷干燥, 夏季较短, 炎热多雨, 年平均气温 0.4℃左右, 冬夏温差较大。年降水量在 400~600mm 之间, 主要集中在 7、8 月份, 可达全年降水量的一半以上。

2 地貌组成与分布

嫩江及其支流共发育有三级阶地, 在河流两侧呈不对称分布 (见图 2、3), 阶地的高度、时代见表 1。

表 1 嫩江阶地高度、时代对比

Tab 1 Contrast of the height and period of each terrace of the Nenjiang River

阶地	绝对高度 (m)	相对高度 (m)	时代
一级阶地	155~ 180	10~ 15	Q3~ Q41
二级阶地	200~ 300	20~ 30	Q31~ Q32
三级阶地	300~ 380	50~ 80	Q1~ Q2

注: Q3~ Q41: 晚更新世末全新世初; Q31~ Q32: 晚更新世初、中期; Q1~ Q2: 早更新世末中更新世初。

目前保存的嫩江三级阶地为堆积阶地, 沿小兴安岭山前分布, 地形变化幅度较大, 与二级阶地是缓缓过渡, 陡坎不明显。在乌裕尔河流域表现为堆积阶地, 阶地保存较好的地区, 阶地面仍然是保持连续的平坦状态。而在通肯河流域则是基座阶地。阶地面上沟谷发育, 由于强烈切割, 地形破碎, 表现为缓丘地形, 呈波状起伏, 或呈弧丘状态。三级阶地的组成物质为下更新统的冲积洪积砂砾层, 在局部地区, 覆有薄层黄土状物质(据水文地质队资料)。阶地面上的土壤主要是黑土。

二级阶地在讷谟尔河与乌裕尔河两岸, 呈带状分布, 至中下游即城西镇以西, 支流的二级阶地便与嫩江二级阶地重合, 很难划清其中的界线。嫩江二级阶地分布得很广泛, 是堆积阶地, 为厚达 10~ 30m 的黄土状亚粘土组成的阶地, 表面不见基岩出露, 黑土就是在这种母质上发育起来的。阶地面地表切割微弱, 仅被浅凹地或宽浅的拗沟分割, 故阶地面一般起伏不大, 比较平坦开阔, 地下水埋藏一般不深, 为 6~ 15m, 阶地面的最宽处可达 100km, 陡坎一般不明显, 呈缓缓过渡; 其支流的二级阶地多呈基座阶地, 上覆薄层上更新统的冲积物, 但有时冲积物被剥蚀掉, 也常呈基岩直接裸露, 陡坎很明显, 因受新构造运动上升的影响, 冲沟更为发育, 并常出现“谷中谷”现象, 往往将地表切割呈梁谷相间的波状地形。阶地面不仅向河谷倾斜, 而且也自上游向下游倾斜, 往往同级阶地

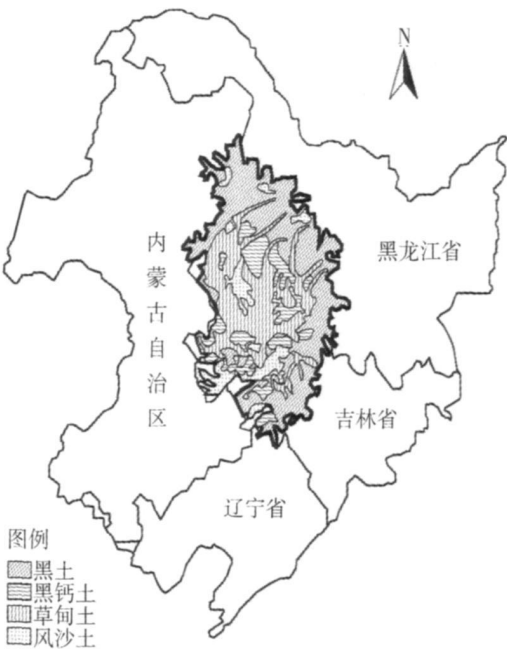


图 1 典型黑土区范围及土类分布

Fig 1 Distribution of the main soil types in the typical black soil region

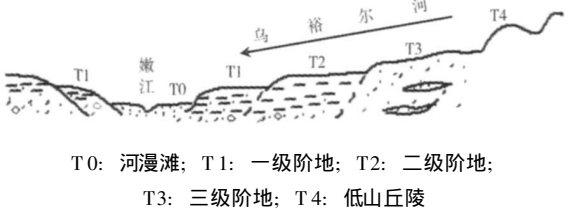


图 2 嫩江河谷横剖面示意图(引自范昊明<sup>[13]</sup>, 2005)

Fig. 2 Sketch of the transverse section of the Nenjiang River

高度相差很大，因地而异，但一般是自上游向下游递减。

一级阶地在讷谿尔河流域乌裕尔河两岸呈断续条带状分布，时隐时现，嫩江两岸也是如此，经常缺失，尤其右岸保存得更不完整，面积狭窄，但在左岸的拉哈以南则是广泛分布，突然展宽成片状分布，最宽可达 150km，其分布范围大致在拉哈—富海—依龙—中和镇一线之西南，包括林甸、太康、富裕的大部分和明水的一部分。阶地面基本是坦荡广阔，地面切割微弱，略有起伏。为黄土状粉砂、亚粘土、砂和砾石组成的堆积阶地，主要发育黑钙土。地下水较浅，深小于 10m。地形微域变化，大致是由湖沼、浅凹地、平原、岗平地、沙丘、砂岗等不同的微地貌进行了不同的组合，形成了近日的地貌景观。由于地形的微域变化，从而导致其水热条件和盐分的重新分配，土壤植被也随之发生变化，因而产生农牧业的自然分异。平原北部是粮食基地和辽阔无际的草原，南部砂甸区是广阔的牧业基地。当前农业上的自然灾害，北部因地势低平，易受洪水威胁，造成内涝；而南部则受风沙、干旱的影响，从而严重制约着农牧业的发展。河漫滩的组成物质为亚砂土或亚粘土、砂和砾石。

从上面的分析来看，并不能仅仅依靠下伏地层的划分来确定上部土壤的发育时间，有必要对影响该地区土壤发育的另一个重要的环境指标古气候变化进行分析，因为黑土的下伏地层发育于中更新世。下面作者通过着重分析黑土区地层中的的孢粉组合来反演晚更新世以来的气候变化，进一步探讨黑土的发育问题。

3 典型黑土区气候、地貌演化与土壤发育

一般认为黑土是温带草原草甸条件下形成的土壤，其自然植被为草原化草甸植物，俗称“五花草塘”，母质绝大多数为黄土性粘土，土壤质地粘重，透水不良，且有季节性冻层，容易形成上层滞水，夏季温暖多雨，植物生长茂盛，地上及地下有机物年积累量非常大，秋末霜期早，植物枯死易存于地表和地下，随之气温急剧下降而使残枝落叶等有机质来不及分解，以至来年夏季土温升高时，微生物作用，使植物残体转化成腐殖质在土壤中积累，从而形成深厚的腐殖质层。在夏季多雨时期，在临时性滞水和有机质分解产物的影响下，产生还原条件，使土壤中的铁锰元素发生还原，并随水移动，至干旱期又被氧化沉淀。可见，其成土过程是一种特殊的草甸过程，主要包括腐殖质积累过程和物质的迁移与转化过程<sup>[15]</sup>。但是黑土区在历史时期曾经历过草甸草原景观，而目前本区属寒温带大陆性季风气候，也与上述黑土的成土过程相似，冬季漫长寒冷干燥，夏季较短，炎热多雨。可见，该区目前的气候特点，有利于黑土的继续发育，而自然植被大部分被农作物所代

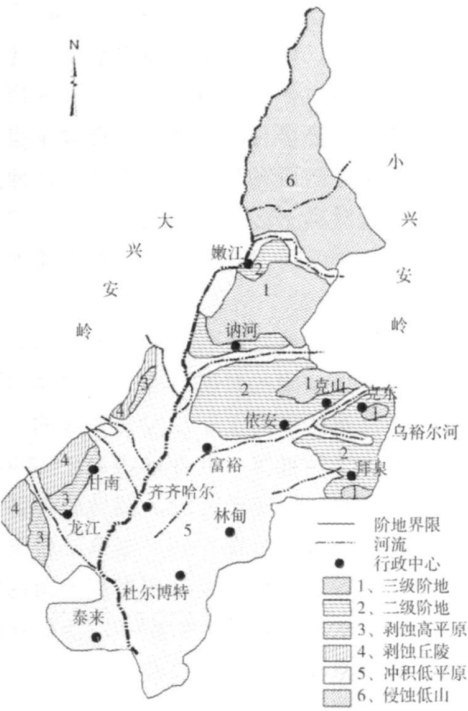


图 3 嫩江流域地貌示意图  
( 改自范昊明<sup>[14]</sup>，2005)

Fig 3 Sketch of the geomorphological types of the Nenjiang River Basin

替,并且在秋收后,土壤基本完全裸露,没有植被的残留物返回土壤,使黑土的有机质积累过程中断,加上土壤侵蚀引起的消耗,是导致黑土层变薄的主要因素。那么,如果现阶段在不影响农作物产量的情况下,采用秸秆还田来增加植被残留物返还土壤数量来进行土壤改良,需要多长时间才能发挥效果也是一个急需解决的问题。所以黑土层的发育条件、时间及速率的研究是十分必要的。而地形地貌和气候变化对土壤的发育起着重要的作用。下面通过对黑土区地层地貌的发育历史、沉积物的年代划分以及古气候变化的研究,探讨黑土及黑钙土的发育历史及发育所需的气候、地貌条件。

### 3.1 早更新世

根据嫩江地区地貌类型及地层的时代顺序,可以看出该区的地貌发育共经历了11个侵蚀与夷平相间的时期(表2)。松嫩平原的地形地貌是在中生代燕山运动形成的一个内陆凹陷盆地的基础上逐步发育形成的。始新世到渐新世的构造运动使山区相对上升,侵蚀复活,从地貌推算,上升量达300~350m,盆地凹陷下沉,积水成湖,堆积加强,平原与山地从此发生明显的分异。随后的中新世,是自新生代以来地壳第二次趋于稳定,这就是布西地面的夷平时期。到了新第三纪末期的上新世,布西面明显上升,河流侵蚀加强,嫩江下切成谷。在嫩江及其各支流上游的横剖面上,仍然保留着典型的古老侵蚀谷形态。

第四纪初期,早更新世平原四周水流均向盆地中心汇集形成了向心水系,之后汇集南流,这时嫩江是向心状水系当中的一条比较大的河流<sup>[16]</sup>,与其他河流共同作用,形成了广大的冲积-洪积平原,并堆积了厚度比较均一的砂和砂砾层,平均厚度约60m左右(钻孔资料),下部为灰白色,上部呈棕红色。从岩性的反映来看,说明当时的气候上曾经历过一次轻微的湿热变化,即由冷湿到湿热的过程,根据孢粉组合分析(见表3),早更新世(2.48~0.8 MaB.P.)总体上说,气候变化主要是从干冷向暖湿逐渐过渡。早更新世早期,松嫩平原气候温凉、偏干,大兴安岭山前地带为冰缘气候,孢粉组合分析草本植物花粉占95%以上<sup>[17]</sup>,以蒿属(*Artemisia*)、藜科(*Chenopodiaceae*)为主,形成疏林草原景观<sup>[11]</sup>。到了中期,气候变得温凉,并且比早期湿润一些,属于半干旱气候,景观类型也由早期的疏林草原过渡到桦林草原。早更新世晚期,区内气候进一步向温湿、半湿润方向发展,根据孢粉组合分析为稀疏针、阔叶林分布的草甸草原景观<sup>[11]</sup>。由于气候湿热,该区水文网发育,水流作用强烈,所以平原区在这个时期属于快速加积区,加积的速率超过成壤速率,所以,虽然是草甸草原景观,但地层主要是河流堆积的砂砾层。在小兴安岭山前的克山、嫩江地区,由于地壳处于相对下降的状态,古嫩江穿过小兴安岭北段向南流时,在这里普遍发育了厚达30~50m的克山-老莱组河流堆积砂砾层,并覆盖于第三纪河湖相地层之上,构成了第四纪初期辽阔完整的东北冲积大平原,也就是三级阶地抬升前的原始地面。而在嫩江西侧,大兴安岭山麓的龙江、甘南地区,在构造运动相对稳定的条件下,发育了狭窄条带状山前剥蚀地面(近河谷侵蚀面),与上述克山堆积面共同构成嫩江统一的剥蚀-堆积地面。早更新世末或中更新世初,新构造运动加剧,嫩江平原边缘的大小兴安岭山前地带克山-龙甘地面随着山地的强烈隆升而抬高,河流迅速下切,嫩江便形成了自己的三级阶地。由于小兴安岭的迅速不对称上升,克山地区上升达80~100m,而西部龙甘地区,上升幅度只有25~40m。也正是由于东西不等量的抬升,嫩江河床向西迁移(小兴安岭西北段隆起),其东侧支流乌裕尔河、讷莫尔河随之侵蚀克山堆积面而诞生。龙甘剥蚀面与此同时因遭受河流切割形成台地,并在台地下方沿河发生局部山前堆积——白土山堆积,数米至数十米厚,岩性为白色砂砾岩,夹粘土透镜体,该地层

表 2 嫩江流域地文期划分表  
Tab. 2 Physiographical periods of the Nenjiang River Basin

地文期	兴安 夷平期	兴安后期 (依安堆积)	布西夷平期 (大安堆积)	嫩江侵蚀期 (太康堆积)	克山堆积期 (龙甘侵蚀)	乌裕尔河侵蚀期 (白土山堆积)	富海 堆积期	双阳河 侵蚀期	林甸 堆积期	松花江 侵蚀期	现代 堆积期
构造 运动 及幅度	兴安 相对稳 定期	山地上升 300~350m, 盆地下沉 150~250m	相对稳定	山地上升 100~150m, 盆地下沉 100~200m	嫩江东侧的 克山、洮河一带 下沉 30~50m, 龙江、甘南地区 相对稳定	克拜地区 以北到小兴 安岭北段上 升 80~100m, 大兴安岭山前上升 25~40m	洮河—依安— 线西南相对 下降	富海地面 上升 25 ~35m	富裕—林甸 一线西南 下沉 15 ~35m	嫩江平原普 遍上升 8~12m	
侵蚀或 堆积 状态	大范围的 剥蚀	兴安面抬升遭受 侵蚀,盆地下沉 接受沉积	河谷侧蚀, 山坡后退, 盆地内局 部堆积	布西期滨谷 夷平地面遭受 侵蚀,平原 沿河堆积	克拜、洮河地区 河流以堆积 为主,龙甘一带 以侵蚀剥蚀 作用为主	松嫩平原北部普 遍发生侵蚀作 用,在山前(大小 兴安岭)的河口 地带发生局部堆积	平原堆积范围 相对缩小	侵蚀	堆积范围进 而缩小	普遍侵蚀	
地貌	兴安准 平原化	广阔夷平, 地面开始分 野,形成山地、 平原的地 貌格局	山地范围缩小, 平原面积加大	平原面积相对 缩小,滨谷夷 平面上升	克拜堆积地面 和龙甘剥蚀面 共同构成古嫩江的 统一基准面	克拜堆积面上 升形成阶地, 龙甘剥蚀面 上升形成台地	形成第二级阶 地堆积面	富海地面 上升形成第 二级阶地	形成林甸 堆积地面	林甸面上升 形成第一级 阶地	沙丘覆 盖的河 流湖沼 平原
地层		盆地内发育 依安、乌云组 湖相地层	平原的局部 地区发育大安、 孙吴组湖相层	太康组河 相地层	克山、老莱组 的河流相地层 广泛发育	山前河流的 局部堆积白 土山组	黄棕色亚 粘土及下部 的砂砾层,平 原中心湖相层		棕黄色亚 砂土及下部 砂、砂砾层	河、湖及风 沙堆积层	
时代	白垩纪末到 古新世	始新世到 渐新世	老第三纪末 到新第三纪初	上新世	第四纪更早 新世初期	早更新世 晚期到中 更新世初期	中更新世	中更新世晚 期至晚更 新世初	晚更新世	晚更新 世后期	全新世

向盆地中部渐变为湖相粘土，时代约为 2.48~1.82MaB.P.，属早更新世早期。

表 3 松嫩平原更新世孢粉地层简表（摘自夏玉梅等<sup>[17]</sup>）

Tab 3 Strata of the Songnen Plain according to pollen (abstracted from Xia Yumei)

时代	序列	孢粉组合	植被	气候状况
晚更新世	10	蒿-藜-禾本科	蒿类禾草（冰缘）草原	干冷
	9	A 松-桦-蒿	松桦林草原	温凉半湿润
		B 松-云杉-卷柏-阴地蕨	暗针叶林草原	冷湿
	8	蒿-藜-水龙骨	蒿类草原	干冷
中更新世	7	松-桦-柳-禾草类	阔叶疏林+草原	温和半湿润
	6	松-云杉-藜-禾草类	暗针叶林+草原	冷湿（低温期）
	5	松-桦-榆-菊	阔叶疏林草甸草原	温和半湿润
	4	麻黄-桤柳-藜	南部草原、北部桦林草原	干冷
早更新世	3	云杉-柳-杂草类	阔叶疏林草原	温和半湿润
	2	桦-蒿-禾草类	桦林草原	温凉半干旱
	1	蒿-菊-藜	疏林草原	寒冷干旱

3.2 中更新世

中更新世（0.8~0.2 MaB.P.）小兴安岭继续向西南倾斜，嫩江西移到依安-富海一带，由于平原边缘随小兴安岭的继续强烈隆升，故以侵蚀剥蚀为主，第四纪古嫩江发育了第二套沉积地层，在依安县的富海剖面较典型，厚达 30~60m 的黄棕色黄土状亚粘土堆积和下部砾质砂、砂砾层，构成地层的双层结构，并向嫩江下游渐渐过渡为湖相沉积，主要是由于平原中心相对沉降形成了湖盆，湖盆中则沉积了 10~56m 厚的灰-灰黑色的湖相淤泥层，富含有机质，并将下更新统的砂砾层深埋其下。中更新世的气候经历了从干冷到暖湿的变化，不同的是中间经历了一段冷湿的过程。早期，松嫩平原古气候转为干冷，但是与早更新世早期相比要相对暖一些，孢粉组合中草本植物花粉高达 70 % 以上<sup>[17]</sup>，以蒿属、藜科为主，木本植物花粉主要为桦属（*Betula*）、云杉（*Picea*），东北地区的南部属草原景观，北部属桦林草原景观。随后气候变得温和一些，属于温和半湿润气候，但是在接下来的时期，气温降低，气候进入冷湿阶段，景观类型也由阔叶疏林草甸草原转为暗针叶林草原<sup>[8]</sup>。中更新世晚期，气候温暖湿润，孢粉组合为以蒿、藜、阔叶林占优势，草本植物花粉含量有所下降，木本植物花粉含量有所增加，以桦属、榆属（*Ulmus*）、椴属（*Tilia*）为代表，并有水生植物花粉和大量盘星藻（*Pediastrum*）出现，湖沼发育，构成阔叶疏林草甸草原景观<sup>[11]</sup>。中更新世晚期至晚更新世初期，嫩江河床进一步西移，乌裕尔河南部的富海堆积面遭受侵蚀，双阳河在此基础上发育起来，并在依安、富海和拉哈一带形成高 25~35m 的嫩江第二级阶地，成为目前乌裕尔河和双阳河之间的分水高地。同时，乌裕尔河和讷谟尔河也下切形成了自己的阶地，平原中心的湖泊则随着周围的抬高而略有轻微上升，加之气候变干转冷逐渐消亡。可见，这一时期三级阶地表面上以剥蚀侵蚀为主，不具备土壤成土过程需要的较为稳定的自然环境。

3.3 晚更新世

晚更新世，嫩江已移到平原中心消亡的湖泊上，并在其上堆积了晚更新世末、全新世初的具有明显结构的冲积层——黄土状粉砂土、砂和砾石，形成广阔的泛滥平原。嫩江下游左侧的富裕、林甸广大地区，堆积了厚达 15~35m 的浅黄色土状地层和下部岩性变化

较大的砂和砾质砂层。晚更新世晚期至全新世初期, 因构造运动, 小兴安岭继续向西南掀斜, 嫩江也不断的西移, 随着嫩江的侵蚀, 林甸堆积面相对上升了 8~10m, 成为嫩江的第一级阶地, 阶地前缘与河漫滩一般呈缓坡过渡。

晚更新世早期气候温和凉爽, 以蒿属、藜科为主, 木本植物花粉以松属 (*Pinus*) 为主, 构成针叶林草原景观; 晚更新世中期, 气候湿润, 仍以蒿属、藜科占优势, 但水生香蒲 (*Typha*) 大量出现, 木本植物花粉主要为栎属 (*Quercus*)、榆属和柳属 (*Salix*), 为阔叶林草原景观; 晚更新世晚期, 气候波动比较频繁, 先由冷湿变为温暖, 后又变为干冷, 呈现了暗针叶林草原景观——桦林草原或蒿草草原景观和草甸草原景观的演变序列。在武木冰期气候的影响下, 东北地区冰缘现象、冰缘动物和冰缘植物的广泛出现, 标志着在晚更新世晚期东北平原处于冰缘环境<sup>[17]</sup>。

可见, 中更新世晚期至晚更新世初期, 嫩江的二级阶地已经抬升形成, 这时接受流水侵蚀作用。但是从二级阶地现在的保存情况来看, 阶地面连片分布面积较大, 保存比较完整, 可见晚更新世时侵蚀情况并不是很严重, 应该只是在上升初期侵蚀较为严重, 而后期则趋于平静, 主要表现为河谷开拓, 谷坡后退, 而阶地面并没有受到大的改变, 这时气候条件开始变湿润, 植物生长旺盛, 土壤就开始发育, 并且, 不仅发育在由黄土状亚粘土、砂及砂砾组成的二级阶地地面上, 在由河流相堆积的砂砾层组成的三级阶地地面上也有土壤发育。并且二、三级阶地的地势比较高, 所以, 土壤中的碳酸盐被淋洗, 致使黑土的剖面上下都没有碳酸盐反应。在晚更新世晚期, 气候变得恶劣, 植被生长受到限制, 同时, 由于处于冰期, 海平面下降导致侵蚀基准面下降, 河流开始下切; 另一方面, 小兴安岭在晚更新世末全新世初又开始抬升, 所以, 阶地面在晚期一直处于侵蚀状态, 土壤停止发育甚至被侵蚀。

### 3.4 全新世

全新世以来, 因新构造运动影响, 嫩江在西移过程中又不断沉积, 另外, 由于在全新世早期 (11000~7500a.B.P.) 东北平原气候转为暖干, 西北部山区的冰雪融化, 河流发育, 冲—洪积物广布, 形成了现代的河漫滩, 并在太康一带遗留下许多废弃河道, 形成今日的湖泊, 此外由于嫩江的淤积量大于乌裕尔河, 故嫩江河床相对抬高, 对乌裕尔河发生顶托, 在乌裕尔河下游林甸地区, 由于快速下降, 使乌裕尔河逐渐脱离嫩江, 加之全新世初气候曾一度出现过干旱时期, 水量减少, 水流至下游便分散消失在平原上, 故形成无尾河, 并将其携带的物质大量堆积在平原上。由于气候变干, 并在盛行的西北风和东南风的影响下, 吹扬了河漫滩和一级阶地的细粒物质形成了西部的风沙地貌。全新世中期 (7500~2500 a.B.P.) 为暖湿草原期, 该区呈疏林草原景观, 在水网低地以芦苇、沼泽植物为主, 沙漠面积较现代小。特别是 5500~4500 a.B.P. 气候温暖湿润, 为沼泽泥炭形成的高峰期, 泥炭的有机质含量很高。一级阶地上大部分的沙丘被固定了。所以, 在嫩江河漫滩及下游的广阔低平原上, 发育了以河流堆积为主的湖沼, 风沙等多种成因的混合堆积。全新世晚期 (2500~1100 a.B.P.) 气候变得干旱, 由疏林草原景观演变为半干旱草原景观, 泥炭发育迟缓, 面积大大缩小, 仅在风成沙层中夹有少量的淤泥质泥炭<sup>[17]</sup>。

这个时期, 由于气候比较干旱, 土壤中的钙化过程比较明显, 当富含重碳酸盐的下淋溶液由于土粒的吸收和蒸发等作用而变干时, 重碳酸盐就以碳酸盐的形式淀积于土体中的一部分, 形成石灰斑或各种形状的石灰结核, 这是黑钙土剖面重要的发生学特征。另外, 一级阶地地势比较低, 接受了来自上方高地的碳酸钙及其他盐碱物质, 所以在这一级

阶地上发育了具有碳酸盐反应的黑钙土。与此同时, 二级和三级阶地上的黑土也在发育。因为这两级阶地地势较高, 一直处于轻度侵蚀状态, 而由于黑土区独特的地貌特点, 黑土层被侵蚀后, 大部分侵蚀物质并没有搬运很远, 而是就近堆积在坡底或坡中坡度较小的地方<sup>[2,3]</sup>, 所以, 这一时期, 黑土在形成的同时也经历一个在坡面上重新分配的过程<sup>[18]</sup>。

## 4 结论

通过分析嫩江地区的各种地层, 重建了该地区地质地貌的发育历史发现, 黑土层是在中更新世后发育起来的, 根据嫩江地区更新世以来的气候变化情况, 在综合地貌发育及古气候变化资料的基础上, 认为黑土与黑钙土是在两个不同的时期先后在嫩江的二、三级和一级阶地上形成的, 自从中更新世末、晚更新世初, 二级阶地形成以后, 阶地面遭受一个较短的快速侵蚀时期后, 开始趋于稳定, 这时气候转暖, 黑土即开始在二、三级阶地上发育, 但是到了晚更新世晚期, 山地抬升, 加上气候变干冷, 侵蚀复活, 土壤停止发育甚至被侵蚀。到了全新世, 气候转暖变干, 黑土在二、三级阶地上继续发育, 但在一级阶地上则发育了黑钙土。由此可以看出, 黑土的形成是一个漫长的过程, 根据上面的分析可以看出, 晚更新世以来, 气候条件适合黑土土壤发育的时期大概有 6 万年的时间, 按照黑土形成初期黑土层厚度平均为 100cm 推算, 形成 1cm 黑土层需要 600 年的时间, 而垦前的黑土层是黑土已经在坡面实现再分配的结果, 所以, 真正形成 1cm 黑土层的时间应该比 600 年短, 300~ 400 年左右比较合理。但是要具体确定黑土层形成的时间, 还需要采用更为准确的测年技术及方法, 所以应不断深入研究, 以保护好黑土资源, 从而实现黑土资源的可持续利用和发展。

## 参考文献:

- [1] 崔明, 蔡强国, 范昊明. 东北黑土区土壤侵蚀研究进展. 水土保持研究, 2007, 14(5): 29~ 34
- [2] 崔明, 蔡强国, 范昊明, 张永光. 漫岗黑土区坡耕地中雨季浅沟发育机制. 农业工程学报, 2007, 23(8): 59~ 65
- [3] Cui Ming, Cai Qiangguo, Zhu Axing, *et al.* Soil erosion along a long slope in the gentle hilly area of black soil region in Northeast China, *Journal of Geographical Sciences*, 2007, 17(3): 375~ 383
- [4] 于磊, 张柏. 中国黑土退化现状与防治对策. 干旱区资源与环境, 2004, 18(1): 99~ 103
- [5] 沈波, 范建荣, 潘庆宾, 等. 东北黑土区水土流失综合治理试点工程项目概况. 中国水土保持, 2003, 11: 7~ 8
- [6] 刘丙友. 典型黑土区土壤退化及可持续利用问题探讨. 中国水土保持, 2003, 12: 28~ 29
- [7] 范昊明, 蔡强国, 王红闪. 中国东北黑土区土壤侵蚀环境. 水土保持学报, 2004, 18(2): 66~ 70
- [8] 崔海山, 张柏, 于磊, 等. 中国黑土资源分布格局与动态分析. 资源科学, 2003, 25(3): 64~ 68
- [9] Hu Gang, Wu Yongqiu, Liu Baoyuan, *et al.* Short-term gully retreat rates over rolling hill areas in black soil of Northeast China. *Catena*, 2007, 71: 321~ 329
- [10] 崔明, 蔡强国, 范昊明. 典型黑土区小流域秸秆直接还田技术在土壤改良中的应用. 中国水土保持科学, 2006, 4(5): 56~ 59
- [11] 林年丰, 汤洁, 卞建民, 等. 东北平原第四纪环境演化与荒漠化问题. 第四纪研究, 1999, 5: 448~ 455.
- [12] 阎百兴, 汤洁. 黑土侵蚀速率及其对土壤质量的影响. 地理研究, 2005, 24(4): 499~ 506
- [13] 范昊明, 蔡强国, 崔明. 东北黑土漫岗区土壤侵蚀垂直分带性研究. 农业工程学报, 2005, 21(6): 8~ 11
- [14] 范昊明. 东北黑土区典型流域沙量平衡研究. 博士学位论文, 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京, 2005
- [15] 熊毅, 李庆逵. 中国土壤(第三版). 北京: 科学出版社, 1990 117~ 118
- [16] 杨秉康, 等. 松辽水系的变迁. 地理研究, 1983, 2(1): 48~ 56
- [17] 夏玉梅, 汪佩芳. 松嫩平原晚第三纪~ 更新世孢粉组合及古植被与古气候的研究. 见: 中国东北平原第四纪自然环



境形成与演化. 哈尔滨地图出版社, 1991. 12~ 32

[18] 张科利, 彭文英, 王龙, 等. 东北黑土区土壤剖面地温和水分变化规律. 地理研究, 2007, 26(2), 314~ 320

## Relationship between black soil development and climate change and geomorphological evolution in Northeast China

CUI Ming<sup>1</sup>, ZHANG Xu-dong<sup>1</sup>, CAI Qiang-guo<sup>2</sup>, WANG Yong<sup>3</sup>,  
FAN Hao-ming<sup>4</sup>, ZHOU Jinxing<sup>1</sup>

(1 Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China;

2 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

3 College of Geography Science, Southwest University, Chongqing 40075, China;

4 College of Water Resources, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

**Abstract:** Soil on slopes of the gentle hilly black soil region in Northeast China, one of the most important bases of cash rice, degraded seriously after dozens of years of intensive cultivation. The thickness of soil humus layer becomes thinner and less fertile year after year. So it is very essential to deepen the researches of soil restoration and improvement after severe soil erosion. A nalysis of main reasons for black soil degradation revealed that the cultivation activities halted the accumulation of organic matter and then baffled the soil development which cannot compensate the decrease of the thickness of soil humus layer caused by soil erosion. Soil developing process and conditions are the most important foundation for soil restoration. So the developing history of black soil and chernozem was reconstructed and the geomorphological and climatic factors, which were the key factors affecting the formation of black soil, were analyzed through studying both the formation time of the underlying strata and the local climate change history since the late Pleistocene. The conclusion is that black soil and chernozem formed in different periods, from early period of late Pleistocene and the beginning of Holocene respectively. The former period was warm and wet, while the latter period was warm and dry. And they formed in different places, the black soil was mainly distributed on the second and the third terraces and the chernozem on the first terrace of the Nenjiang River, which is lower than the distributing places of black soil and can accept more carbonate from the highland to form the characteristic illuvial layer. The processes of the soil formation were very slow, so it is hard to restore. These results provide important basis for forulating policies to improve the quality of soils in the region.

**Key words:** black soil; chernozem; process of soil formation; soil erosion; climate change; geomorphologic evolution