

# 东北黑土区土壤退化及水土流失研究现状

李发鹏, 李景玉, 徐宗学

(北京师范大学水科学研究院, 水沙科学教育部重点实验室, 北京 100875)

**摘要:**东北黑土区严重的水土流失破坏了宝贵的黑土资源, 危及当地群众的生产生活条件, 恶化了生态环境, 制约了当地经济社会的可持续发展, 对我国的粮食安全构成了严重威胁。当前黑土区土壤退化及水土流失研究的领域主要集中在: 现状研究、影响因素研究以及土壤侵蚀研究。在概述当前黑土区土壤退化及水土流失研究概况的基础上, 指出应该加强研究的领域在于综合性的水土流失研究, 融雪侵蚀模拟, 先进的土壤侵蚀预报模型应用等方面。

**关键词:**黑土; 土壤退化; 水土流失; 土壤侵蚀

**中图分类号:** S157

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2006)03-0050-05

## The Status Quo of Black Soil Degradation and Water and Soil Loss in Northeast China

LI Fa peng, LI Jing yu, XU Zong xue

(College of Water Sciences, Beijing Normal University, Key Laboratory for Water and Sediment Sciences, Ministry of Education, Beijing 100875, China)

**Abstract:** Due to severe water and soil loss, the precious black soil resources is being destroyed in Northeast China. The main fields of previous studies are mainly on status quo investigation, influence, soil erosion in black soil district. On the basis of the previous studies on black soil degradation and water soil loss in Northeast China, the research fields are proposed, which include the integrated study on water and soil loss, development and application of soil erosion models, snowmelt erosion simulation etc.

**Key words:** black soil; soil degradation; water and soil loss; soil erosion

### 1 概述

我国的黑土分布于东北平原东部的山前台地和低丘上, 其主体呈弧形自北向南分布于  $43^{\circ}20' \sim 49^{\circ}40' N$ ,  $122^{\circ}24' \sim 128^{\circ}21' E$  之间。在纬向上北起黑龙江省的嫩江、龙镇, 南至辽宁省的昌图, 沿滨北及滨长铁路两侧连成一条完整的黑土地带; 在经向上西到内蒙古的布特哈旗(扎兰屯), 东达黑龙江省铁力市和宾县。此外, 在小兴安岭以东的佳木斯、集贤、富锦, 黑龙江沿江阶地的黑河, 逊克有小片黑土分布; 在吉林省东部长白山脉的山间盆地、山前台地有零星黑土分布, 如图 1 所示<sup>[1]</sup>。

东北黑土区的总土地面积为 101.85 万  $km^2$ , 其中由黑土、黑钙土、草甸黑土组成的典型黑土区面积约 17.78 万  $km^2$ 。该区地处温带大陆性季风气候区, 年均温度  $2 \sim 5^{\circ}C$ , 年均降水量 350 ~ 700 mm, 其地质结构属华夏系第二沉降带, 主要地貌类型为山前冲积洪积台地和冲积平原, 海拔 110 ~ 300 m。地貌分异规律性强, 自东向西跨越了湿润 - 亚湿润 - 亚干旱 3 个不同的自然地区, 自南而北分布有暖温带 - 中温带 - 寒温带 3 个不同的自然地带。该区植被也有较好的分异规律, 从东到西依次分布着湿润森林、半湿润草甸

草原、半干旱草原, 自南而北依次为暖温带落叶阔叶林、温带针阔混交林、寒温带针叶林; 山地向平原过渡的丘陵地带多为灌木林和人为开垦的农田景观, 也有保存完好的落叶阔叶林和高覆盖草地景观<sup>[1-8]</sup>。

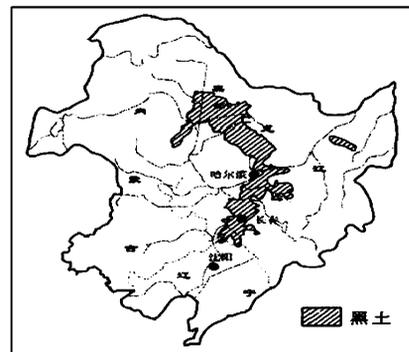


图 1 黑土分布格局示意图

东北黑土区是我国重要的工业和商品粮基地, 每年生产约 350 亿 kg 的商品粮, 而且本区还是我国甜菜、亚麻、向日葵等经济作物的主产区 and 畜牧业基地。然而, 长期的人类开发活动造成了该区生态环境的恶化。自然因素影响加上人为不

收稿日期: 2005-06-29

基金项目: 北京师范大学“京师学者”特聘教授启动经费资助

作者简介: 李发鹏(1981 - ), 男, 山东费县人, 硕士生, 主要研究方向为水文学与水资源。

合理的生产活动,导致该地区土壤侵蚀非常严重,水土流失状况令人担忧。据松辽委 2002 年统计报告,区内现有水土流失面积 27.59 万  $\text{km}^2$ ,占黑土区总面积的 27%。黑土厚度已由 20 世纪 50 年代的平均 60~70 cm,下降到目前的平均 20~30 cm,而且还在以每年 0.3~1 cm 的速度在流失,有些区域已露出成土母质,丧失了农业生产能力。而每生成 1 cm 黑土层大约需要 300~500 年时间<sup>[9]</sup>,逆向流失非常可怕。

目前黑土区土壤持续恶化的形势,制约了资源的可持续利用,已经成为当地社会、经济发展的瓶颈,亟待解决。当前对黑土区土壤退化和水土流失的研究主要集中在以下几个方面:土壤退化及水土流失现状调查分析,水土流失影响因素分析研究,土壤侵蚀研究等。本文拟就以上几个方面分别展开概述,试将黑土区土壤退化及水土流失的研究现状进行总结,以为将来进一步的研究打下基础。

## 2 东北黑土土壤退化研究现状

### 2.1 物理退化

物理退化主要体现在:土地利用降低,土层变薄,土壤结构恶化等方面。据统计,黑土区内现有侵蚀沟 25 万多条,侵蚀耕地超过 39 万多  $\text{hm}^2$ 。其中,仅典型黑土区就有大型侵蚀沟 6 万余条,占地面积 4 万多  $\text{hm}^2$ ,且多呈发展趋势<sup>[10]</sup>,可利用的土地面积连年减少。另外,每年的黑土流失都使肥沃的土层变薄,表层土的年流失速度因研究者不同而稍有差异,从平均每年流失 0.3~1 cm 不等<sup>[2,8,11,12]</sup>。

原始黑土荒地具有良好的结构性状,土壤中  $>0.25$  mm 粒径的水稳性团聚体含量较高。但原始黑土一经开垦,土壤肥力诸因素便发生显著变化<sup>[13]</sup>。水稳性团聚体的含量明显下降,从而影响黑土其它物理性状和耕作特性<sup>[5,14]</sup>。随着开垦年限的增加,土壤的有机质含量减少,颜色变浅,土壤板结,容重增加,土壤的孔隙度减小,通气性降低,保水保肥性能降低,从而造成黑土的自然生产力下降。根据黑龙江省水土保持科学研究所克山实验站实地测验:开垦 80 年的黑土土壤容重由 0.79  $\text{g}/\text{cm}^3$  增加到 1.26  $\text{g}/\text{cm}^3$ ,总孔隙度由 67.9% 下降到 52.5%,最低通气度由 22.3% 减至 14.5%,水稳性团粒总量由 58.0% 减至 35.8%<sup>[10,12]</sup>,土壤物理性黏粒增多,供水能力减弱,透水能力降低。目前,黑土区已有中低产田 119.1 万  $\text{hm}^2$ ,占黑土耕地总面积的 38.6%,大多属于中、重度侵蚀和物质的投入产出失衡状态<sup>[15]</sup>。某些水土流失严重的地方甚至已露出黄土母质,基本丧失了生产能力。

### 2.2 化学退化

化学退化主要体现在:土壤养分减少,且土壤养分失调、供给能力减弱,土壤中的有害物质增多等方面。黑土有机质土壤垂直剖面分布特点如图 2 所示,土壤表层(0~20 cm)有机质聚集、含量较高,表层以下却呈现陡剧下降的趋势<sup>[5,6]</sup>。因此,黑土发生水土流失后,表层土中富含的有机质被冲走,而下层土壤的有机质含量则急剧下降。有研究表明:水土流失引起的土壤物质迁移是黑土有机质下降的主要原因<sup>[16]</sup>。据第二次土壤普查资料,吉林省黑土自然肥力较垦前下降趋势明显:耕层有机质含量由 4%~6% 降到 2%~3%<sup>[2]</sup>。虽然经过长期有机培肥,可在一定程度上减缓黑土有机质品质的退化,但很难再恢复到原来的营养水平<sup>[17]</sup>。

黑土区的环境地球化学质量总体说来是比较好的,大部分地区处于无污染的水平,只是在西北部的克山和克东一些地区处于轻度污染的水平;中度污染只出现在宾县和巴彦交接处附近的极小部分地区<sup>[18]</sup>。大部分地区的相对环境容量也是比较高的<sup>[19]</sup>,是发展绿色农业的优势条件。但是据环

境监测部门抽样检测显示:典型黑土区城郊蔬菜、作物及农田,有机农药六六六、滴滴涕、乐果、马拉硫磷、对硫磷的检出率普遍较高,甚至检出了汞、镉、铅、铜等有害重金属<sup>[20]</sup>。目前可能发生重金属污染(主要检测 Cd、Pb、Cu、Zn)的地区主要集中在城市工业区和农药化肥使用较多的城乡结合部,主要重金属污染源为工矿生产、污灌、大棚作业等。

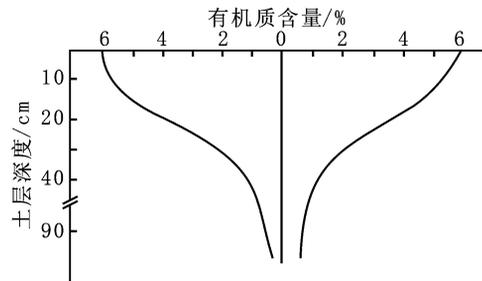


图2 黑土剖面有机质分布图

另外,除了上面提到的物理退化,化学退化外,东北地区经济发展所需生产用地、城市扩张等而使土地资源被移作它用,导致土壤发生永久性退化,这也加剧了东北黑土地退化的严峻形势。

## 3 土壤退化及水土流失的影响因素研究

### 3.1 自然因素

#### 3.1.1 气候

东北黑土区属北温带半湿润大陆季风性气候,冬季干冷,春秋两季干旱多风,干燥度(K)一般 1,夏季雨量充沛,占全年降水量的 70% 左右。

黑土区东部水蚀区多年平均降水量在 450~550 mm 之间,70%~80% 的降水集中在 6~9 月份,且历时短、降雨强度大,全年降水量的 40%~60% 为大雨或暴雨<sup>[3]</sup>。而大雨或暴雨对土体的击溅力强,径流量大,冲刷强烈,加之集雨面积大,故径流集中,冲刷力很大,往往造成严重的水土流失。另外,在春季的融雪过程中,由于积雪和表层土壤首先融化,融水难以下渗,造成融雪径流,同样产生严重的水土流失。

西部风蚀区风速较大,降水较少。年平均风速为 4.0 m/s,春季平均风速达 5.1 m/s;历年大于 5 级风日数平均为 133.9 d,春季为 56 d,占全年的 41.8%。年降水量在 300~450 mm 之间,干燥度(K)值为 1.1~1.5,十年九春旱,且干旱季节与产生起沙风速在时间上同步,为风蚀的发展创造了条件,导致该区春季风蚀强烈<sup>[3]</sup>。

黑土区日温差、年温差较大,冻融交替明显、作用时间长。春季土壤解冻时,表层土壤疏松,容易被积雪融化所产生的融雪径流冲刷,促进侵蚀沟的蔓延与发展<sup>[10,11]</sup>。据黑龙江省水保所克山试验站调查研究表明<sup>[21]</sup>,土壤冻结过程中由于水分的不断增加和冻结,体积增大约 9%,常出现冻裂现象。冻融侵蚀可使耕地中的沟壑每年扩张 30~100 cm,加剧了侵蚀的发展,对农业生产的可持续性发展危害极大。

#### 3.1.2 土壤

黑土区的土壤主要为黑土和黑钙土<sup>[3]</sup>。黑土土层一般为 30~70 cm,厚者可达 1 m 以上,主要分布在黑土区东部的水蚀区。黑钙土表层发黑、发暗,下部有一个钙积层,一般厚度为 20~50 cm,土壤团粒结构较好,含盐量低,其肥力仅次于黑土,大部分分布在黑土区西部的风蚀区,少量分布在水蚀区<sup>[2,22]</sup>。黑土、黑钙土的土层都比较薄,潜在危险度较大。两种土壤的腐殖质层有机质含量高(一般为 3~6%;高

者可达 15%)、孔隙度高(69.7%左右)、土质都比较疏松<sup>[6]</sup>,因此,抗蚀抗冲性能较差。张宪奎等对黑龙江省克山县、宾县和牡丹江市的黑土、白浆土及暗棕壤的可蚀性因子进行了实地测量,结果为:黑土 0.26;白浆土 0.31;暗棕壤 0.28<sup>[23]</sup>。该研究结果表明:腐殖质层发育较厚,有机质含量丰富的黑土区土壤可蚀性因子相对较高,抗蚀能力较差。

典型黑土区成土母质主要有 3 种:第三纪砂粒、黏土层;第四纪砂粒、黏土层;第四纪全新世砂粒、黏土层,其中以第二种分布面积最广<sup>[6]</sup>。黑土母质厚度一般为 10~40 cm,机械组成黏细,质地黏重。对处在黑土层下部的母质层而言,其透水性差,阻碍了土壤水分的下渗,使土壤水分很少通过土壤层渗透到地下去,因此很容易形成“上层滞水”现象。夏季降水集中时,土壤水分极易饱和,超渗产生较大的地表径流和冲刷,土体容易遭到侵蚀和淋溶;当土壤受到侵蚀,土层变薄时,土壤持水量会显著降低,反过来促进地表产流,又加剧了水土流失,形成一个恶性循环。

### 3.1.3 地形地貌因素

东北黑土区是地壳运动的下沉地带,为盆式的冲积湖积平原,地势倾向西南,以嫩江与松花江交汇处为最低。区内地貌可分为两大类:山前冲积洪积台地(即高原或漫岗)和冲积平原(即低平原或平地)。山前台地分布于黑土区的四周,冲积平原分布于中间。

在山前冲积洪积台地,地形复杂,起伏较大,地面坡度大部分为 3~8°,坡长 500~1 000 m,汇水面积大,面蚀严重,中度、强度侵蚀多发生在该区域。在遇到大雨或暴雨时,常出现细沟侵蚀,在坡面汇水线处汇流,发生较严重的沟蚀。在洪积平原区域,地面波状起伏,坡缓坡长,地面坡度大部分在 3°以下,坡长多为 800~1 500 m,由于坡面较长,在降雨量和降雨强度较大时,也易发生一定程度的水土流失<sup>[3,8,10,15]</sup>。

另外,由于不同坡向接受阳光的长短和土壤冻融的迟早不同造成土壤侵蚀程度有所差异,南坡和东坡侵蚀程度高,因此,黑土区南坡和东坡的坡度一般要比北坡和西坡陡,土层厚度一般也要比北坡和西坡厚,如此形成恶性循环,进一步加剧了该区的土壤侵蚀<sup>[6]</sup>。

### 3.2 社会因素

东北地区大部分土壤的开垦时间在 50~100 年<sup>[22]</sup>。人为耕垦的影响使土壤发生不同程度的熟化,土壤特性发生改变;侵蚀破坏性的土地利用方式则加剧了本区的水土流失;人类强烈的活动还造成东北地区生态景观结构的巨大变化<sup>[24]</sup>。

归纳起来,农业开垦造成的环境、生物、地貌和土壤的一系列变化对黑土区生态系统的影响和土壤侵蚀产生的作用,主要有两点:(1)降低了黑土区生态系统对降雨、径流、风等自然侵蚀营力的抵抗力;(2)增加了自然侵蚀营力的有效性<sup>[6]</sup>。这种降低抵抗力、增强侵蚀力的双重效应,使得农业开垦成为干扰黑土区生态系统,加速土壤侵蚀产生的决定性因素。

土地利用方式对东北黑土区水土流失的影响非常显著<sup>[25]</sup>。有研究表明:黑土区水土流失量以顺垄坡耕地最大,荒坡和横垄坡耕地次之,水平梯田,次生林地和草地基本无水土流失现象,径流量与土壤流失量之间存在着正相关关系。目前在东北地区还盛行侵蚀破坏力非常强的传统耕作方式<sup>[26]</sup>,即深耕、深翻、起垄、作物收割后地表覆盖率通常不超过 6%等措施,而为了有效减少土壤侵蚀带来的流失,北美地区已经广泛采取了保护性耕作措施,即在作物生长季节保持地表覆盖率不低于 30%,非农地的植被覆盖不低于 85%。这一措施有效的保护了北美黑土地资源,非常值得我们借鉴。

人类长期不断地开发,逐渐破坏了东北地区地表的自然植被。特别是近百年来东北人口数量激增,在黑土区东部的山前丘陵和波状平原区域,绝大部分土地已开垦为农田,毁林毁草开荒致使天然林木植被已基本绝迹,草原面积所剩无几,使得原来稳定的森林、草甸草原生态系统转化为目前脆弱的农田生态系统。失去植被涵养水源和保护土壤的作用,致使土壤遭受雨滴的溅蚀和地表径流的冲刷,水力侵蚀加重。在黑土区西部,由于超载放牧和开垦土地,使草原退化和植被破坏现象严重,削弱和丧失了植被对土壤的保护。长期的垦荒,已经使东北的黑土地在风力的吹扬下,被剥蚀殆尽,其下的厚层第四纪沙源活化,从而使东北黑土地地区成为中国目前荒漠化危机最为严重的地区<sup>[22,27,28]</sup>。

另外,黑土区也是我国重工业集聚区,其间分布着沈阳、长春、哈尔滨、吉林、四平、齐齐哈尔等大中型重工业城市。城市和工业的发展对该区的木材、矿产资源等需求量巨大,而人们在采伐、开矿、取土、挖砂、修路等生产活动过程中缺乏环境意识,进一步加剧了黑土区水土流失的发生与发展。

## 4 东北黑土土壤侵蚀研究

据全国第二次土壤侵蚀遥感调查统计,东北地区的土壤侵蚀状况见表 1。其中,水蚀区分布于黑土区东部半湿润地区,其中大小兴安岭山前丘陵状台地(俗称丘陵漫岗)和波状起伏台地(俗称漫川漫岗)区域的坡耕地和荒坡地带水蚀较为严重。风蚀区分布于黑土区西部半干旱地区,其中嫩江两岸沙地和接近内蒙古草原边缘地带的毁草开荒地和草原退化地风蚀较为严重。

目前,东北黑土区土壤退化及水土流失研究相对比较落后,研究内容主要集中在应用 GIS、RS 等新技术探查黑土侵蚀基础数据,土壤侵蚀各影响因素研究,融雪侵蚀模拟,侵蚀预报模型开发与应用等方面。

表 1 东北黑土区土壤侵蚀面积统计表

	强度		中度		轻度		总计	
	面/km <sup>2</sup>	百分比/%	面积/km <sup>2</sup>	百分比/%	面积/km <sup>2</sup>	百分比/%	面积/km <sup>2</sup>	百分比/%
水蚀	4455.6	2.2	18227.3	9.0	29195.1	14.4	51878	25.6
风蚀	3645.8	1.8	8100.8	4.0	10701.6	5.3	22448.2	11.1
总计							74326.2	36.7

注:此处的百分比为占东北典型黑土区土地面积的百分比。表中数据资料来源于参考文献[3]。

目前,GIS、RS 等新技术在东北黑土区的应用大多集中在基础数据采集方面。解运杰等建立了基于 GIS 技术的东北黑土区土壤侵蚀本底数据库,并建立了黑土区水土保持重点治理区的土壤侵蚀潜在危险程度地理信息数据库<sup>[28,29]</sup>。他们将 GIS 技术与土壤侵蚀研究初步结合在一起。胡刚等利用 GPS、GIS 技术在典型黑土区进行了沟蚀研究初探。首先用高精度差分 GPS 对各发育阶段的切沟进行反复测量,得到各切沟的基础形态数据;然后利用 GIS 强大的空间输入与编辑、组织与分析、查询与管理以及制图输出等功能生成 DEM(数字高程模型);最后从 DEM 中提取所需的各种地貌参数<sup>[30]</sup>。结果表明,通过 GPS 所采集的平面数据较好的反映了切沟本身的变化,且误差不大,具有一定的可靠性。另外,于磊等采用美国 ESRI 公司的 GIS 平台 ArcGIS 和 ArcView 评价了黑土区环境地球化学质量,进行了黑土区土壤相对环境容量空间分异特征研究<sup>[18,19]</sup>。总结以上成果可以发现,他们的研究都充分发挥了 GIS、RS 等新技术的准确、直观和便捷的优势,特别是 GIS 对空间数据的强大处理能力。但是总的看来,GIS、RS 等新技术的应用还不充分,缺乏

深层次的应用与开发。

对于东北黑土区土壤侵蚀各影响因素的研究较多,土壤、降水、水土保持措施的效益等方面都有较高水平的研究成果。

切沟侵蚀是土地退化的主要过程之一,东北地区切沟侵蚀的主要过程一般来自于沟头的溯源侵蚀<sup>[30]</sup>。据张金福等研究,黑龙江省黑土区沟壑密度为 $0.5 \sim 1.2 \text{ km/km}^2$ ,最大可达 $2.61 \text{ km/km}^2$ 。沟头每年平均侵蚀 $2 \text{ m}$ 左右,最快可达 $4 \sim 6 \text{ m}$ 。沟长一般都在 $200 \sim 100 \text{ m}$ ,深 $3 \sim 6 \text{ m}$ ,沟的四周伴有滑坡、下切、崩塌、陷穴等诸多现象<sup>[31]</sup>。沟壑演变过程为浅沟、切沟发展到冲沟阶段,主要通过沟床下切、沟壑扩张、沟头溯源前进来完成。依据沟壑的特点可以将沟壑分为发展沟、趋于稳定沟、稳定沟和主沟道四种类型,对不同的沟壑类型进行治理要依据其各自的特点采取相应的治理措施。

据张宪奎等对黑龙江省大量实测数据的统计分析:频率为 $50\%$ 的 $6 \text{ h}$ 降雨量( $\text{mm}$ )与降雨侵蚀力因子 $R$ 值的关系为:

$$R = 0.025 H^{2.114}$$

式中: $H$ ——降雨量<sup>[23]</sup>。经验证,用上式计算的 $R$ 值准确度较高,对缺少自计雨量记录地区具有较高的使用价值。作者进而使用通用土壤流失方程(USLE): $A = R K L S C P$ ,计算出黑龙江省的允许土壤流失量为 $3 \sim 5 \text{ t/(hm}^2 \cdot \text{a)}$ 。经验证检验,该流失方程的准确率在 $90\%$ 以上,其实用性是可靠的。

王平等定量研究了东北黑土区广泛应用的水土保持树种——胡枝子(Lespedeza)的水土保持效益<sup>[32]</sup>。结果发现:胡枝子水流调节林带具有显著的阻滞地表径流作用,林带宽度为 $2 \text{ m}$ ,间距为 $30 \text{ m}$ (3坡耕地)、 $22.5 \text{ m}$ (5坡耕地),可降低流速 $23.91\%$ 和 $26.34\%$ 。可见,胡枝子水流调节林带可显著提高水分的入渗情况和土壤抗冲性。胡枝子林带内表层土壤冲刷系数是对照坡耕地的 $20.3\% \sim 23.9\%$ ,林带控制的坡耕地冲刷系数亦明显低于对照坡耕地。同时,它们还具有明显的保土作用,保土率达 $70\%$ 以上,且有减缓田面坡度的作用。

另外,有研究表明:温带地区年土壤流失量的 $50\%$ 以上都发生在冻土层解冻时期;经冻融交替的土壤比没有经过冻融交替的土壤流失量增加 $24\% \sim 90\%$ <sup>[33,34]</sup>。而松花江流域的降雪量占全年降水量的比例平均为 $15\%$ ,最大可达 $40\%$ 。降雪主要集中在 $11$ 月至翌年的 $3$ 月。由于冬季约 $5$ 个月的积雪在春季 $4,5$ 月两个月内迅速融化,容易形成融雪径流,在水文观测资料中可明显地看出流量和输沙量的双峰现象<sup>[35]</sup>。因此,在东北部分地区开展融雪侵蚀、冻融侵蚀研究十分有必要。

沟壑冻融侵蚀是一个缓慢的侵蚀过程,同时与重力侵蚀交织在一起。据调查分析,冻融作用是沟壑冻融侵蚀的主要的最初营力,是重力作用的先决条件,而其最终形态往往是重力侵蚀。东北黑土区的沟壑冻融侵蚀主要有沟岸冻裂、沟岸融滑、沟壑融塌、沟坡融泻等过程<sup>[21,36]</sup>,各过程带有其独特的侵蚀特点,在模拟研究中应该加以区别。

相比于黑土区土壤侵蚀各影响因素的研究,黑土区土壤侵蚀预报模型的开发和应用研究要明显滞后,目前还缺乏涉及各个相关领域的综合性研究。而且,目前应用到黑土区的土壤侵蚀模型还主要停留在集总式模型阶段,还没见到哪位学者将分布式土壤侵蚀模型应用到该区域。

目前仅有为数不多的研究者将土壤侵蚀模型应用到东北黑土区。刘森等在定量研究大兴安岭呼中地区土壤侵蚀状况时,首次将RUSLE模型应用到林区的土壤侵蚀研究<sup>[37]</sup>。最后结果表明:呼中地区的水土保持状况比较好,在

土地裸露为 $10\%$ 的情况下,平均土壤侵蚀量为 $0.4499 \text{ t/(hm}^2 \cdot \text{a)}$ ,最大值为 $83.0105 \text{ t/(hm}^2 \cdot \text{a)}$ ,总水土流失量为 $427537.5 \text{ t/a}$ ,绝大部分地区的水土流失量在 $3.5 \text{ t/(hm}^2 \cdot \text{a)}$ 。在无人干扰和火烧的情况下,坡度坡长因子对水土流失量的影响最大;水土流失较严重地区绝大部分集中在采伐迹地和火烧迹地,且以火烧迹地为最严重,特别是在坡度较陡的山坡地区,是水土流失最严重的区域。YANG等用RUSLE模型研究了吉林省黑土区降雨侵蚀土壤退化状况<sup>[26]</sup>。最后结果表明,在全部耕地种植玉米并保证其产量的情况下,每年流失表土约 $4 \sim 45 \text{ t/hm}^2$ ;而在全部耕地种植大豆并保证其产量的情况下,每年流失表土约 $8 \sim 90 \text{ t/hm}^2$ 。本区黑土A层流失率因土种和耕作方式不同而从 $0.5 \text{ mm/a}$ 到 $4.5 \text{ mm/a}$ 不等。

对适用于东北黑土区的土壤侵蚀模型开发,可以查到的成果更是凤毛麟角。关志成等在水文物理及冰雪水文的有关理论上,参照国内外非寒区流域模型(新安江模型、水箱模型、萨克拉门托模型)的结构,开发了具有物理基础的概念性寒区流域水文模型<sup>[38]</sup>。根据寒区特性,该模型考虑的主要功能有:积雪与融雪水的模拟、雨夹雪的分配比例模拟、土壤水分运移的模拟、冻土冻结与融化过程模拟、流域蒸散发折减系数时变性、冻融期产流损失分布。将模型应用到人类活动较少的黑龙江省敦化流域后,结果显示:模型是有效的,春汛的径流深成果具有较好的精度,总体效果比新安江模型有了很大的改善;模型的结构是合理的,采用蓄满产流机制基本符合寒区的湿润、半湿润地区的产流特性。

但该模型毕竟还只是一个初级模型,需要进一步研究、充实的内容还很多,如融雪出流系数的变化等;许多过程如春季开河方式对径流的影响等还没有纳入到该模型,无法在模型中体现出来;模型的日时间尺度与汛期预报的时段尺度也不统一,在尺度转换过程中参数和状态变量的过渡转换也需要深入分析。

## 5 结 语

本文主要讨论了目前对东北黑土区土壤退化与水土流失研究的概况。总结可知:东北黑土区多年的水土流失研究已经取得了大量的研究成果,特别是在土壤退化及水土流失成因和影响因素方面取得了许多高水平的研究成果,对治理黑土退化及水土流失提供了强有力的理论与技术支持。但随着东北地区社会、经济条件的迅速改变,要求改变目前黑土日益恶化的趋势的呼声越来越高,这也就要求我们必须加强某些方面的研究以减缓当前黑土流失的恶化趋势。总结前人的研究,需要我们完善和加强的地方主要有以下几个方面。

(1)加强东北黑土的定量研究和土壤侵蚀预报模型的开发与应用。目前许多研究人员只是定性的描述黑土的变化及其影响因素等,缺乏必要的技术支持;而且有相当一部分研究工作还停留在基础数据分析阶段,对基础数据的深度挖潜还有待深入。土壤侵蚀预报模型的应用相对滞后于其它地区,且目前所应用的模型多停留在集总式模型阶段。这就需要进一步加大土壤侵蚀模型的引进力度,特别是基于物理过程的分布式模型的引进。在这方面我们可以借鉴黄土高原土壤侵蚀研究的成功经验,将适合于中国北方的模型先引进来,继而发展成具有东北地域特色的土壤侵蚀预报模型。

(2)加强多领域的合作研究。目前黑土的研究多集中在单一特定领域,如土壤物理、化学结构以及土壤肥力研究,生态植被分布的研究,植物水土保持效果的研究等,尽管许多研究成果已经给黑土区的生产带来了不错的效益,但这种单

一领域内的研究已经不适应现阶段东北经济快速发展的新要求了。这就需要我们加强多领域内的综合性研究,综合土壤、生态、生物、水利等多学科知识开展合作研究,以应对目前东北大开发的新局势、新要求。

(3)加强融雪侵蚀的研究。目前,我国对融雪侵蚀的研究整体比较落后,这对降雪量占很大比例的东北地区发展很不利,这是我们需要加强的一个重要方面。其研究内容应该主要包括融雪径流的产生及其形成的土壤侵蚀量,冻融过程导致土壤性状的变化,以及由此造成的对土壤可蚀性的影响等方面<sup>[35]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 崔海山,张柏,于磊,等. 中国黑土资源分布格局与动态分析[J]. 资源科学, 2003, 25(3): 64 - 68.
- [2] 何艳芬,马超群. 东北黑土资源极其农业可持续利用研究[J]. 干旱区资源与环境, 2003, 17(4): 24 - 28.
- [3] 王玉玺,解运杰,王萍. 东北黑土区水土流失成因分析[J]. 水土保持科技情报, 2002, (3): 27 - 29.
- [4] 王岩松,沈波. 松辽流域景观分类研究[J]. 水土保持科技情报, 2001, (6): 36 - 38.
- [5] 于丹,沈波,谢军. 东北黑土区水土流失危害及其防治途径[J]. 水土保持通报, 1992, 12(2): 25 - 34.
- [6] 范昊明,蔡强国,王红闪. 中国东北黑土区土壤侵蚀环境[J]. 水土保持学报, 2004, 18(2): 66 - 70.
- [7] 吴正方. 东北地区植被过渡带生态气候学研究[J]. 地理科学, 2002, 22(2): 219 - 225.
- [8] 解运杰,等. 东北黑土区地域界定及其水土保持区划探析[J]. 水土保持通报, 2005, 25(1): 48 - 50.
- [9] 张秀池. 松嫩流域水土流失原因分析[J]. 国土与自然资源研究, 2000, (1): 35 - 36.
- [10] 刘丙友. 典型黑土区土壤退化及可持续利用问题探讨[J]. 中国水土保持, 2003, (12): 28 - 29.
- [11] 陆继龙. 我国黑土的退化问题及可持续农业[J]. 水土保持学报, 2001, 15(2): 53 - 55, 67.
- [12] 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[J]. 中国水土保持, 2003, (11): 7 - 8.
- [13] 汪景宽,王铁宇,张旭东,等. 黑土土壤质量演变初探 I——不同开垦年限黑土主要质量指标演变规律[J]. 沈阳农业大学学报, 2002, 33(1): 43 - 47.
- [15] 宇万太,沈善敏,张璐,等. 黑土开垦后水稳性团聚体与土壤养分的关系[J]. 应用生态学报, 2004, 15(12): 2287 - 2291.
- [16] 杨学明,张晓平,方华军,等. 20年来部分黑土耕层有机质和全氮含量的变化[J]. 地理科学, 2004, 24(6): 710 - 714.
- [17] 王铁宇,颜丽,关连珠,等. 长期定位监测黑土有机物质的变化[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23: 76 - 79.
- [18] 于磊,张柏,宋开山. 基于 GIS 的黑土区环境地球化学质量评价[J]. 干旱区资源与环境, 2004, 18(2): 23 - 26.
- [19] 于磊,张柏. 基于 GIS 的黑土区土壤相对环境容量空间分异特征研究[J]. 土壤学报, 2004, 41(4): 511 - 516.
- [20] 郭观林,周启星. 中国东北北部黑土重金属污染趋势分析[J]. 中国科学院研究生院学报, 2004, 21(3): 386 - 392.
- [21] 刘绪军,景国臣,齐恒玉. 克拜黑土区沟壑冻融侵蚀主要形态特征初探[J]. 水土保持科技情报, 1999, (1): 28 - 30.
- [22] 衣保中. 近代以来东北平原黑土开发的生态环境代价[J]. 吉林大学社会科学学报, 2003, (5): 62 - 68.
- [23] 张宪奎,许靖华,卢秀琴,等. 黑龙江省土壤流失方程的研究[J]. 水土保持通报, 1992, 12(4): 1 - 9.
- [24] 孙广友,王海霞,于少鹏,等. 强胁迫力使脆弱环境突变——松辽平原百年开发史例证[J]. 第四纪研究, 2004, 24(6): 664 - 671.
- [25] 李明贵,李明品. 呼盟黑土丘陵区不同土地利用水土流失特征研究[J]. 中国水土保持, 2000, (10): 23 - 26.
- [26] X M Yang, X P ZHANG, W Deng, et al. Black Soil Degradation by Rainfall Erosion in Jilin, China[J]. Land Degrad. Develop., 2003, (14): 409 - 420.
- [27] 尹怀宁,汤姿,吕芳. 东北平原西部近百年来生态环境退化机制分析[J]. 水土保持研究, 2003, 10(4): 190 - 192.
- [28] 解运杰,王玉玺,张韬鹏. 基于 GIS 技术的东北黑土区土壤侵蚀本底数据库创建[J]. 黑龙江水利科技, 2002, (4): 3 - 5.
- [29] 解运杰,王岩松,白建宏,等. 东北黑土区水土流失重点治理区农耕地侵蚀现状及潜在危险程度分析[J]. 水土保持研究, 2004, 11(2): 78 - 80.
- [30] 胡刚,伍永秋,刘宝元,等. GPS 和 GIS 进行短期沟蚀研究初探——以东北漫川漫岗黑土区为例[J]. 水土保持学报, 2004, 18(4): 16 - 19, 41.
- [31] 张金福,李奎奎,刘绪军. 黑龙江省黑土区沟壑侵蚀的危害及其治理[J]. 水土保持科技情报, 1999, (3): 52 - 53.
- [32] 王平,温玉柱,张晓梅. 胡枝子水流调节林带保持水土效益研究[J]. 黑龙江水利科技, 2000, (1): 6 - 7.
- [33] B S Sharratt, M J Lindstorm, G R Benoit, et al. 北美黑土带解冻期水土流失[J]. 水土保持科技情报, 2001, (4): 1 - 4.
- [34] Jane C Froese, Richard M Cruse, Mohammadreza Ghaffarzadeh. 冻融侵蚀机理[J]. 水土保持科技情报, 2001, (3): 26 - 28.
- [35] 林燕,谢云,王晓岚. 土壤水蚀模型中的融雪侵蚀模拟研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(3): 16 - 20.
- [36] 景国臣. 冻融侵蚀的类型及其特征研究[J]. 中国水土保持, 2003, (10): 17 - 18.
- [37] 刘森,胡远满,徐崇刚. 基于 GIS、RS 和 RUSLE 的林区土壤侵蚀定量研究——以大兴安岭呼中地区为例[J]. 水土保持研究, 2004, 11(3): 21 - 24.
- [38] 关志成,段元胜. 寒区流域水文模拟研究[J]. 冰川冻土, 2003, 25(增刊 2): 266 - 272.

(4)加强 GIS、RS 等新技术的应用。相比于其它地区,东北黑土区在这方面也相对比较落后,这就直接影响了黑土区基础研究的精度与效率,进而削弱了研究成果对环境、经济、社会发展的促进作用。

总之,东北黑土区有很多课题需要我们来研究解决。目前,东北黑土地不断加剧的水土流失状况,已经引起了政府有关部门、专家、学者的高度关注。随着东北黑土区水土流失综合治理防治试点工程的启动,东北黑土区水土流失防治工作进入了一个新的发展阶段,相信在不久的将来,东北黑土地恶化的趋势会得到有效的缓解。