

东北黑土漫岗区侵蚀沟发展模式研究

范昊明^{1,2},王铁良¹,蔡强国³,郭成久¹,武敏¹,周丽丽¹

(1. 沈阳农业大学 水利学院,沈阳 110161;2. 辽宁农业科学院,沈阳 110161;
3. 中国科学院 地理科学与资源研究所,北京 100101)

摘要:东北黑土漫岗区侵蚀沟发育广泛,侵蚀沟的发展已经严重影响了该区工农业生产的发展。根据东北黑土漫岗区侵蚀沟的发展阶段、形态特征、侵蚀沟底冲淤状况、侵蚀沟边坡扩展方式等,将该区侵蚀沟分为顺犁沟、浅沟、切沟、冲沟和槽沟 5 种类型。在此基础上,对侵蚀沟由顺犁沟发展至槽沟的发展过程、发展条件,以及面蚀与沟蚀的发展转化关系进行了阐述。最后,从宏观和微观两个方面阐述了侵蚀沟在东北黑土漫岗区的分布特征。

关键词:侵蚀沟;东北黑土漫岗区;土壤侵蚀

中图分类号:S157.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)06-0328-03

Gully Erosion Developing Model in the Gentle Hilly Black Soil Regions in Northeast China

FAN Hao-ming^{1,2},WANG Tie-liang¹,CAI Qiang-guo³,
GUO Cheng-jiu¹,WU Min¹,ZHOU Li-li¹

(1. College of Water Conservancy, Shenyang Agriculture University, Shenyang 110161, China;2. Liaoning Academy of Agricultural Science, Shenyang 110161, China;3. Institute of Geographical Sciences & Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: The developments of industry and agriculture have been badly restricted for the severe gully erosion in the gentle hilly black soil regions in Northeast China. The erosion gully can be classified into 5 types according to the erosion stage, the gully shape, the state of erosion or sedimentation in gully bottom, the erosion type along the gully edge, and so on. On the base, the gully erosion process, the gully erosion developing condition and the interactivity between sheet erosion and gully erosion have been described. In the end, the spatial distribution characteristics of erosion gully in the gentle hilly black soil regions in Northeast China were formulated at macroscopic view and microscopic view.

Key words: gully; the gentle hilly black soil regions in Northeast China; soil erosion

1 侵蚀沟的分类

1.1 侵蚀沟分类系统

中华人民共和国国家标准《水土保持术语》(国标) GB T20465 - 2006 中,将沟蚀(gully erosion)定义为坡面径流冲刷土体,切割陆地地表,在地面形成沟道并逐渐发育的过程^[1]。其他期刊文献对沟蚀的定义虽略有文字上的差别,但基本思想和内涵一致。目前,对于由沟蚀所形成的侵蚀沟的分类有所不同。刘秉正,吴发启在《土壤侵蚀》一书中将侵蚀沟按黄土高原侵蚀沟发展的形态与特征分为细沟、浅沟、切沟、冲沟、坳沟^[2];张洪江在《土壤侵蚀原理》一书中对于黄土高原侵蚀沟的分类将细沟去除,认为细沟是面蚀的一种,将侵蚀沟分为浅沟、切沟、冲沟和河沟。同时,该书中将土石山区侵蚀沟分为荒沟、崩岗沟和沟挂地^[3];也有人将包括细沟在内的沟道侵蚀称作“线状侵蚀”(line erosion)^[4]。

对于侵蚀沟的分类,石长金等以沟壑占地面积、年侵蚀量为主要分类指标,以侵蚀沟长度为辅助分类指标,将黑龙江省侵蚀沟分为如表 1 所示类型^[5]。但实际上,侵蚀沟在不

同的地质、地貌、土壤等条件下具有不同的发展过程模式与外观形状,黑龙江省自然条件差异较大,侵蚀沟的分类应具有区域针对性。

戴武刚等对辽西低山丘陵区侵蚀沟进行分类,所选用的 12 个分类指标分别是沟长、沟宽、沟深、沟壑占地面积、年侵蚀量、沟头前进速度、土层厚度、植被盖度、沟底比降、汇水面积、降雨量、径流深。将该区侵蚀沟分为初期“V”型发展沟、中期“U”型发展沟和后期扩展“”型稳定沟,并将 3 种类型的侵蚀沟分为土质上发展与石质上发展两大类^[6];刘增文等将黄土残塬区的沟道按沟道开析状况划分为开析型、半开析型和深切型,按地面割裂程度划分为强度割裂型、中度割裂型和弱度割裂型,按主支沟状况划分为主沟型、半主沟型和支沟型。将侵蚀沟沟头从发生学角度划分为原生侵蚀沟头和次生侵蚀沟头两类,从发育程度和活跃状况划分为顶极型、遏止型和前进型沟头^[7]。

从以往研究可见,侵蚀沟的分类首先要地质、地貌、土壤等自然地理条件相似的情况下进行,因为不同条件下侵蚀

收稿日期:2007-02-06

基金项目:国家自然科学基金项目(40601054);辽宁省教育厅高等学校科学研究项目(05L403)

作者简介:范昊明(1972-),男,博士,主要从事流域侵蚀、产沙与水土保持规划方面的研究。

沟发展的过程及其表现出来的外观形象也不相同;第二对侵蚀沟的分类要充分考虑到侵蚀沟的发展阶段,不同阶段侵蚀沟的侵蚀强度有所不同,发展阶段通常可通过实地测量侵蚀量、侵蚀沟沟头溯源侵蚀的形式、沟岸侵蚀扩张的形式、沟底侵蚀或堆积的形式以及侵蚀沟的外观形态等进行判断。

表 1 黑龙江省侵蚀沟分类指标与标准

类	亚类	主要指标		辅助指标
		沟壑占地 面积/ hm ²	年侵蚀量/ t	沟长/ m
小型沟	稳定沟		< 25	
	半稳定沟	< 0.32	25 ~ 50	< 100
	发展沟		> 50	
中型沟	稳定沟		< 100	
	半稳定沟	0.32 ~ 5.50	100 ~ 500	100 ~ 500
	发展沟		> 500	
大型沟	稳定沟		< 250	
	半稳定沟	> 5.50	250 ~ 800	> 500
	发展沟		> 800	

1.2 东北黑土漫岗区自然地理条件

东北黑土漫岗区为大小兴安岭山前冲积洪积台地,是由“德北山前台地”、“克拜波状起伏台地沟壑”和“南部波状缓倾斜台地”三部分组成。该区地形起伏不大,有坡长、坡缓特点,耕地坡度一般 1~3°,大坡度在 3~6°间,一般不超过 10°,坡长多在 500~1 000 m,汇流面积大,表土疏松,底土黏重,春季融雪期产生冻土隔层,夏秋暴雨多、强度大,侵蚀沟发展很快。气候属寒温带大陆性半湿润气候区,春季多风,气温寒暑相差悬殊,气温平均为 0℃,无霜期 110~120 d。年总降水量 500~550 mm,降雨年际变化大,分布不均,集中在 7-9 月,占全年降水量的 64%。东北黑土漫岗区目前已被开垦为农耕地,是我国重要的产粮区,也是重要的亚麻、甜菜、马铃薯、向日葵等经济作物的主产区^[8]。该区水土流失是许多自然因素综合作用的结果,而不同地形类型、地形部位,其切割程度有所不同。

表 2 东北黑土漫岗区现代侵蚀沟分类

地形类型	形态特征			纵坡面特征	底部冲淤状况	边坡物质运动方式	
	深度/ m	宽度/ m	坡度				
顺犁沟	< 0.3	< 0.3 ~ 0.5	不一	V 或 U 形	与坡面一致	冲淤变换时生时消	为面蚀向沟蚀过渡的形式
浅沟	0.5 ~ 1.0	1.0 ~ 1.5	陡直	尖 V 或宽 V 形	与坡面一致	冲	不明显
切沟	1.5 ~ 2.5	1.5 ~ 4.0	陡直	V 形	与坡面基本一致,沟头开始出现跌水	冲	崩塌不明显
冲沟	3.0 ~ 5.0	4.0 ~ 6.0	直立	U 形	与坡面不一致,沟头出现明显的跌水	以冲为主,下游沟底有暂时性堆积	以崩落、滑塌为主
槽沟	3.0 ~ 6.0	8.0 ~ 25.0	30 ~ 45°	宽 U 形	自上而下逐渐变缓	下游的沟底有暂时性淤积	以土溜、泻流、崩塌为主

(5)槽沟。随着冲沟不断扩大,边坡迅速后退,坡度变缓,不稳定的重力坡逐渐缩短,最后消失,侧蚀作用加强,直线坡便代替了陡直的沟壁,故其横剖面呈宽“U”形,边坡以土溜、泻流为主,下游沟底出现了暂时性堆积,纵剖面自上而下逐渐变缓,呈上凹形曲线,沟深为 3.0~6.0 m,宽大于 8.0

1.3 东北黑土漫岗区侵蚀沟的分类

地形地貌发育和演化,要经过长期的内外营力相互作用。东北黑土漫岗区流域现代侵蚀地形是现代流水侵蚀切割所形成和演化的地貌形态,其主要表现为具有同一形式的冲沟体系,它不同于古代侵蚀地形,后者指巨大的、具有完整水路线的凹地、干谷、宽谷、河谷体系,而且是人类开发前的正常地质或地貌过程的产物,它为现代侵蚀地形的发生、发展提供了最基本的地形条件,具有一定坡度和集水面积的谷坡及谷底即是现代侵蚀地形发育的基础。

东北黑土漫岗区现代侵蚀地形主要发生于人类种植时期,它是在具备侵蚀地形发育的各种自然条件下加入了最活跃的人为因素作用的产物。

根据现代侵蚀沟(人类活动影响条件下形成的侵蚀沟道)发育阶段和形态特点、边坡侵蚀方式及底部冲淤状况,结合原东北地理所考察结果,可将其划分为 5 个类型(表 2)。

(1)顺犁沟。是近期侵蚀地形初期阶段的一种暂时性不稳定的形态,时而消失,时而发生,在广阔的农耕地中,多顺垄而生,深度一般小于 0.3 m,宽不超过 0.5 m,平面形态呈直线形,横剖面为尖“V”形,纵剖面与地形坡面一致,沟壁陡直,以下切侵蚀和溯源侵蚀为主,沟底无堆积物。

(2)浅沟。是细沟发展而来,往往组成细沟下游的延长部分。沟深一般不大于 1.0 m,宽不大于 1.5 m,纵剖面与坡面一致,沟内以冲刷为主,处于侵蚀沟发展的活跃期。

(3)切沟。切沟比浅沟稍大些,沟深一般不大于 2.5 m,宽一般不大于 4.0 m,纵剖面与坡面基本一致,沟头开始出现跌水,沟岸出现不明显的崩塌,处于侵蚀沟发展的活跃时期。

(4)冲沟。不仅发育在坡面中下部、河谷斜坡上,也发育在干谷和宽谷的谷底上,呈套沟形式出现,平面形态很复杂,沟头有明显跌水,深一般 3.0~5.0 m,宽不超过 3.0~6.0 m,上游横剖面多呈宽“V”形,中下游多为“U”形,纵剖面与地形坡面完全不一致,多呈阶梯状,沟壁陡直,以崩落、滑塌为主,沟坡迅速后退,沟底不断加宽,此阶段仍以侵蚀为主,下游沟底有暂时性堆积。

~ 25.0 m,沟坡为 30~45°。

这里应当指出,各类型的侵蚀沟是人为地将连续发展的自然体进行的分类,进行这种划分主要是由于发生的时间和发育程度不同,这种发展阶段性是客观存在的。如前所述,现代侵蚀地形的形成和发展主要是流水侵蚀切割而成(但这并不意味着

其他动力要素不起作用),其侵蚀方式主要有两种,即面蚀与沟蚀,二者是互相转换密切相联的。面蚀可以发展到沟蚀,而沟蚀的不断发展,也为面蚀提供了新的发展条件。

2 东北黑土漫岗区侵蚀沟的发展过程

影响东北黑土漫岗区侵蚀沟作用的自然条件是多种多样的,除了地形要素外还有降水性质及强度、土壤、植被覆盖率以及冻融作用和地下水的埋藏深度等自然要素。在具备侵蚀发育的自然前提下,人为作用往往是主导因素,这是由于人类的经济活动不仅可以破坏自然平衡,如大面积的森林采伐、坡地开垦、顺坡耕作及不合理的道路布置等,促使坡面径流集中加剧沟蚀作用,而且也可以应用生物的、工程的以及耕作技术等措施减缓或防止沟蚀。

沟蚀作用是面蚀作用进一步发展的结果,所以它往往伴随着加速面蚀的出现而产生。应该说明的是,沟蚀和面蚀并不存在一条十分严格的界限,它们在现代侵蚀地形发育过程中是相互联系密不可分的,因此由散漫的坡面径流转为线状径流是个逐步演绎过程。面蚀和沟蚀的过渡阶段是细沟-顺犁沟阶段,细沟在平面形态上多呈网辫状的小痕迹,时而消失,时而出现,是一种暂时性的不稳定形态,但是随着细沟、顺犁沟的合并、加深和延长,便发展到沟蚀作用的初期阶段,即较稳定的浅沟阶段,浅沟地形的出现已影响到坡地耕作,此阶段的侵蚀方式已经明显属于沟蚀作用。浅沟进一步扩展,沟头开始出现跌水,这便是切沟阶段。切沟形成的重要标志,即其纵剖面逐渐脱离了坡面形态。切沟发展到冲沟阶段时,沟头出现了明显跌水,重力作用在边坡物质的运动中占据了主导地位,沟壁陡直,强烈的崩塌和滑塌促使沟坡迅速后退。伴随土溜、泻流等重力侵蚀作用,便在沟坡形成不稳定的台阶和竖沟,这标志着进入槽沟阶段。槽沟再继续发展,沟底下切力减弱,沟坡坡长不断增加,坡度变缓,边坡物质移动的主要营力-重力逐渐被流水侵蚀代替,面蚀作用又将以沟坡为基础重新起作用。

这里应当说明的是,东北黑土漫岗区谷坡上的侵蚀沟与谷底特别是主谷谷底侵蚀沟的发展具有不同的发展前景:一般谷坡现代侵蚀沟多以冲沟阶段告终(亦有个别至槽沟阶段),这是受集水面积所限的必然结果。然而谷底的槽沟由于其集水面积十分广大,一旦获得经常性水流或切穿地下含水层则有可能直接发展成为河流,如克山县东大沟目前已具有了河流特征。在现代侵蚀地形发展的一般规律中,实际上存在着许多特殊性,如果条件适宜,如坡度陡,坡面组成物质松散及集水区很大的情况下,则沟蚀的初期阶段可以非常短暂,如克山、拜泉地区这种情况较多,在较陡的黑土坡耕地上,有时一次暴雨即可形成切沟或冲沟。如课题组对鹤山农场部分侵蚀沟的监测显示,2002年10月至2003年9月间,不同沟道沟头前进了7.7~29.2 m,发展迅速。

另外,侵蚀沟发展到冲沟与槽沟阶段时,溯源侵蚀与冻融侵蚀作用非常明显。该区土壤特性和自然环境为土体产生冻融侵蚀提供了条件,平均冻深2.7 m左右,冻速约为0.75 mm/h,沟道横断面近似矩形,沟坡很陡,沟坡下部地带的土体含水量较大,冰晶体排列方向与沟壁平行,融化的水流在冻融界面难于下渗,融化的土体常以薄片状脱离未融土体而剥落。在壁立状的沟坡上,常发生土体塌落现象,因为,

在融化过程中,土体水平冻胀力呈跳跃式的衰减,这种衰减形式出现在融冻界面上时,就会使已融土体处于不稳定状态。当融化土体沉降较强时,大块的土体塌落即可能发生,并堆积在沟底。雨季水力侵蚀把沟底的堆积土体冲走,使沟道重新恢复矩形。如此往复直至侵蚀沟趋于稳定。

3 东北黑土漫岗区侵蚀沟的分布特征

对现代侵蚀沟的形成因素和发育过程的分析,总结出东北黑土漫岗区现代侵蚀沟的空间分布规律有以下几点:

(1)区域分布上,侵蚀沟在流域中游堆积台地(如克山、拜泉、依安)发育强烈,这是由于综合自然条件及人为影响不同。这一区域降水以暴雨形式居多,黑土母质透水性差,耕作历史较久。

(2)沟蚀大多出现在面蚀强烈地段,从大范围来说沟蚀主要出现在河流不对称河谷较陡的一侧。

(3)从小范围来看,沟蚀主要出现在古代侵蚀谷(未受人类活动影响前形成的侵蚀沟,较现代侵蚀沟更为宽阔,常称之为干谷、宽谷)的底部河谷坡上,这是因为切割于原始堆积面的古代侵蚀谷为后期侵蚀复活提供了汇水面积和一定坡度的坡面,冲沟以前的各类型侵蚀沟(顺犁沟-冲沟)主要出现在谷坡上;冲沟以后的侵蚀沟(冲沟-槽沟)则主要出现在谷底(尤其是主谷谷底)形成套沟,而冲沟则可以在不同情况下出现。

(4)古代侵蚀谷水路系统中的自然汇水线以及谷坡凹地的集水线是现代侵蚀沟发育的有利部位。

(5)对于坡耕地侵蚀沟的出现主要决定于坡度和人为作用。对非直线坡而言,侵蚀沟主要出现于坡耕地的中、下部。人为作用主要表现在顺坡垄和顺坡道路甚至顺坡林带的影响上。据调查,这一区域内相当数量的侵蚀沟都是顺垄而生、顺路而生的。

(6)不同类型的侵蚀沟在空间分布上是互相联系具有一定配置关系,因为,现代侵蚀沟的发育表明,不同类型的侵蚀沟代表着不同的发育阶段,而在同一个侵蚀沟体系中也可以包括不同发育阶段的侵蚀沟类型。如切沟的上游往往是浅沟和细沟,冲沟的上游或支脉往往是切沟等。

4 总结

东北黑土区是我国重要的粮食和工业生产基地,目前,黑土区土壤侵蚀严重,尤其在黑土漫岗区,侵蚀沟的发育严重地威胁到了该区工农业的发展。对东北黑土漫岗区侵蚀沟的分类和发展模式、发展过程进行研究,将有助于针对侵蚀沟发展的特点制定相应的沟蚀防治措施。本文在前人工作的基础上,根据侵蚀沟的发展阶段、形态特征、侵蚀沟底冲淤状况、侵蚀沟边坡扩展方式等,将东北黑土漫岗区侵蚀沟分为顺犁沟、浅沟、切沟、冲沟和槽沟5种类型,分别对每种类型侵蚀沟的宽、深、顺沟坡度、横剖面形态、纵剖面特征等形态特征,以及侵蚀沟底部的冲刷与淤积特征,侵蚀沟岸的扩张、侵蚀表现特征等进行了描述。在此基础上,对侵蚀沟由顺犁沟发展至槽沟的发展过程、发展条件,以及面蚀与沟蚀的发展转化关系进行了阐述。从侵蚀沟的区域分布上来看,东北黑土漫岗区侵蚀在台地上发展剧烈;侵蚀沟的发展又受到古代侵蚀谷的影响,古代侵蚀谷成为现代侵蚀沟发展的重要场所;另外,在面蚀充分发育的地段,为侵蚀沟的发展

(下转第 334 页)

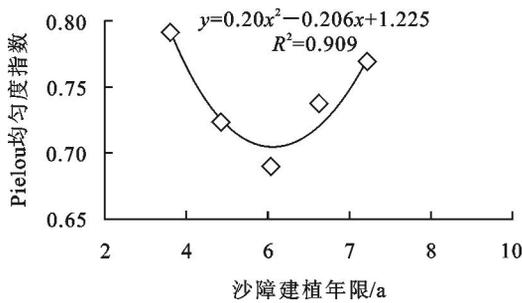


图 5 不同年限沙障人工群落物种均匀度变化

型。第 3~5 年呈下降趋势,第 6~7 年又逐渐增高。这说明沙障群落第 3~5 年的时间内,属于植物入侵的初期阶段,植物的入侵使得物种数量增加,但入侵植物的分布不均且常呈团块状分布,株体弱小而生物量少,而此时人工引入的灌木物种正值速生期,生物量不断增加,其优势地位不断加强,成为群落的优势种,导致物种均匀性下降。而第 6~7 年沙障群落内由于入侵物种的分布不断扩展以及生物量的增加,与此同时,杨柴更新苗的大量出现与生物量的增加,使得物种均匀度增加。需特别指出的是,此时人工栽植的杨柴出现了严重枯死枝现象,其生物量严重下降,这些变化的结果,直接导致了人工引入植物(黄柳和杨柴)优势地位的下降,从而群落均匀度增加。可见,均匀度的这种变化趋势反映出了沙障群落中人工栽植物种占据优势地位的特点和群落内部结构的变化(作者另文介绍)。

4 结 论

(1) 在流动沙丘上建植植物再生沙障,由于沙障的作用使得流动沙丘的流动性降低,为植物的入侵和定居创造了条件,植物的入侵使得沙障群落的物种组成、科属组成和生活型组成与对照流动沙丘(群落)相比显著增加,这为沙障群落的形成和演替奠定了基础。

(2) 在沙障建植后第 3~7 年时间内,沙障群落的物种丰富度变化呈对数式增加趋势。除人工引入(栽植)的物种外,自然植物种的丰富度变化也呈对数式增加趋势,也就是说,自然植物的入侵表现为对数式的增加规律,而且增加的幅度不大,比较平稳。

(3) 3~7 a 沙障群落的两个综合多样性指数 Shannon-Wiener (H') 和 Simpson (D') 都呈对数式增加趋势,与物种丰富度增加的趋势相同。多样性变化的幅度不大,说明此阶段沙障群落多样性的演替比较平稳。

(4) 沙障建植后,3~7 a 沙障群落的均匀度的变化趋势与物种丰富度和多样性的变化趋势显著不同,呈二项式的“V”型趋势。这种变化反映出了沙障人工群落、人工栽植物种在群落中占据优势地位的自身特点和群落内部结构的变化。

参考文献:

[1] 常兆丰,刘虎俊.河西走廊 50 年治沙措施应用中出现的问题及未来思路[J].中国沙漠,2001,21(增):87-91.

[2] 董鸣.陆地生物群落调查观测与分析[M].北京:中国标准出版社,1996

[3] 冯学赞,张万军,曹建生,等.接坝地区沙地植被恢复与重建技术研究[J].水土保持研究,2004,11(3):73-75

[4] 高琼,黄富祥.毛乌素沙地不同防风材料降低风速效应的比较[J].水土保持学报,2001,15(1):27-30.

[5] 黄富祥,高琼.毛乌素沙地不同防风材料降低风速效应的比较[J].水土保持学报,2001,15(1):27-30.

[6] 靳有光,石永梅.黄柳生物再生网障在乌兰布和沙区的推广应用与栽培技术[J].内蒙古林业科技,2004(4):51-53.

[7] 李新荣.干旱沙区土壤空间异质性变化对植被恢复的影响[J].中国科学(D辑),2005,35(4):361-370.

[8] 马克平.北京东灵山地区植物群落多样性的研究:丰富度、均匀度和物种多样性指数[J].生态学报,1995,15(3):573-583.

[9] 孙荣华,刘玉山,刘志和,等.沙质荒漠化土地生物沙障结构与配置技术研究[J].林业科学研究,2006,19(1):125-129.

[10] 张铜会,赵哈林,常学礼,等.科尔沁沙地采用人工植被对流沙治理的技术[J].中国沙漠,2000,20(增):48-52.

[11] 吴征镒.中国植被[M].北京:科学出版社,1980.

[12] Li X R,Zhou H Y,Wang X P,et al. The effects of sand stabilization and revegetation on cryptogam species diversity and soil fertility in the Tengger Desert, Northern China [J]. Plant and Soil, 2003, 251:237-245.

[13] Sala O E,Lauenroth W K,Golluscio R A. Plant functional types in temperate semiarid regions [M]// Smith T M, Shugart H H, Woodward F I. Plant Functional Types. Cambridge:Cambridge University Press,1997:217-233.

[14] 葛颂,王可青,董鸣.毛乌素沙地根茎灌木羊柴的遗传多样性和克隆结构[J].植物学报,1999,41(3)301-306.

(上接第 330 页)

创造了条件。除诸多自然因素对侵蚀沟的发展影响外,人类活动更起到了重要的作用,侵蚀沟在东北黑土漫岗区多发源于顺垄耕作的垄沟;另外,由于道路的汇水冲刷作用,该区侵蚀沟也多顺路而生,有些情况下,甚至顺林带而生。

参考文献:

[1] GB T20465-2006,水土保持术语[S].

[2] 刘秉正,吴发启.土壤侵蚀[M].西安:陕西人民出版社,1997.

[3] 张洪江.土壤侵蚀原理[M].北京:中国林业出版社,2000.

[4] Francisco J, Jimenez Hornero, Ana Laguna, Juan V. Grañdez. Evaluation of linear and nonlinear sediment

transport equations using hillslope morphology[J]. Catena, 2005, 64:272-280.

[5] 石长金,温是,何金全.侵蚀沟系统分类与综合开发治理模式研究[J].农业系统科学与综合研究,1995,11(3):193-197.

[6] 戴武刚,张富.辽西低山丘陵区侵蚀沟壑分类的研究[J].水土保持科技情报,2002(1):34-35.

[7] 刘增文,李雅素.黄土残塬区侵蚀沟道分类研究[J].中国水土保持,2003(9):28-30.

[8] 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.