

侵蚀沟与耕地垄向之关系探究

李飞¹, 张树文^{1,2}, 杨久春², 卜坤², 常丽萍², 李天奇³

(1. 吉林大学 地球科学学院, 长春 130061;

2. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所, 长春 130102; 3. 河南大学, 河南 开封 475200)

摘要:沟壑侵蚀是土壤侵蚀的一个重要方面,越来越多地受到国内外学者的关注和研究。根据野外调查数据、DEM数据和 Google earth 影像数据,分析了不同海拔、坡度、坡形上侵蚀沟与耕地垄向之间的关系。结果表明:(1)总体来看,斜坡起垄的耕地内最不易形成侵蚀沟,横坡起垄的耕地内最易产生侵蚀沟;(2)在海拔小于 240 m 的耕地内,斜坡起垄能够减缓或防止侵蚀沟的产生,横坡起垄最易于产生侵蚀沟;海拔大于 240 m 的耕地内,斜坡起垄最易产生侵蚀沟,横坡起垄最不易产生侵蚀沟;(3)在 0~2°坡度上,顺坡起垄的耕地内侵蚀沟密度最大,斜坡起垄的耕地内的侵蚀沟密度最小;在 2°~6°坡度上,由于“渠系效应”的作用,横坡起垄的耕地内最易产生侵蚀沟,坡度大于 6°时,侵蚀沟最易在顺坡起垄的耕地中产生发展;(4)无论坡形如何,横坡起垄的耕地内的侵蚀沟密度都大于顺坡起垄,斜坡起垄能够有效减缓甚至防止侵蚀沟的发生发展。

关键词:侵蚀沟; 顺坡起垄; 横坡起垄; 斜坡起垄

中图分类号: S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2015)01-0001-04

Investigation of Relations Between Gully and Ridge Direction

LI Fei¹, ZHANG Shuwen^{1,2}, YANG Jiuchun², BU Kun², CHANG Liping², LI Tianqi³

(1. College of Earth Science, Jilin University, Changchun 130061, China;

2. Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences,

Changchun 130102, China; 3. He'nan University, Kaifeng, He'nan 475200, China)

Abstract: Gully erosion is an important type of soil erosion, it attains more and more researchers' concerns and researches. Based on the field survey data, DEM data and Google earth image data, we analyzed the relationship between gully and land ridge direction on different altitudes, slope gradients and slope shapes. The results showed that: (1) the land of askew ridge was most difficult to generate gully, the land of strike ridge is most easy to generate gully; (2) in the arable land where the altitude was less than 240 m, askew ridge can slow or prevent the generation of the gully, and strike ridge was most prone to gully erosion; in the arable land where the altitude was greater than 240 m, askew ridge was most prone to generate gully erosion, strike ridge was most difficult to produce erosion gully; (3) when slope gradient was less than 2°, gully density of land whose ridge was dip ridge was the greatest, and the gully density of askew ridge was the least; when the slope gradients range from 2° to 6°, the strike ridge land was most prone to generation gully erosion because of the 'channels function'; when the slope gradient was greater than 6°, gully most easily formed and developed in dip ridge land; (4) no matter what kind of slope shape was, gully density in strike ridge land was greater than in dip ridge land, and the askew ridge can effectively slow or even prevent the occurrence and development of gully.

Keywords: gully; strike ridge; dip ridge; askew ridge

侵蚀沟作为一个最关键和最具破坏性的水蚀导致了大量土壤的沉淀和退化,破坏耕地,切割地表,蚕食土地,冲走沃土,淤积河道,切断交通,造成人畜伤

亡,冲走房屋和社会公用设施等问题,越来越引起人们的关注,近年来更受到国内外学者的普遍重视^[1-4]。Valentin 等人系统地阐述了侵蚀沟的影响因素及对

收稿日期: 2014-02-10

修回日期: 2014-04-04

资助项目: 中国科学院战略性先导科研专项“过去百年增暖对北方农牧交错带格局的影响”(XDA05090310); 国家自然科学基金项目“东北地区农林交错带近百年土地利用变化数字重建及脆弱性研究”(41271416)

第一作者: 李飞(1989—),男,河南杞县人,博士,主要研究方向为土地资源管理。E-mail: tianchiwarens@sina.com

通信作者: 张树文(1954—),男,吉林长春人,研究员,主要研究方向为土地系统科学。E-mail: zhangshuwen@neigae.ac.cn

其的控制^[2],李晓燕,闫业超,王文娟等几位学者较为全面地分析了不同海拔、坡度、坡形、坡向、坡长等地形地貌因子对侵蚀沟发生发展的影响^[5-9]。东北黑土区是我国最大的商品粮基地,地貌类型为漫川漫岗,60%为坡耕地,大部分的黑土区已有几十年甚至上百年的耕种历史^[10],尤其是新中国成立以来,大规模的过度垦殖和不合理耕作,昔日有“北大仓”之称的千里沃野已存在不同程度的水土流失,沟蚀严重,且逐年向严重和剧烈侵蚀发展,密度增加,强度加强^[11]。目前,对我国东北黑土区沟壑侵蚀的研究主要集中在侵蚀沟与自然影响因素之间关系的分析以及对侵蚀沟的动态监测上,而有关侵蚀沟与人为活动造成的耕地垄向之间关系的研究甚少。本文以九台市为研究区,均匀选取了研究区内的 31 个小流域,对各个小流域内的侵蚀沟进行了详细勘察,并记录侵蚀沟两侧耕地的垄向,以此为基础,探讨了不同海拔、坡度和坡形上侵蚀沟与耕地垄向之间的关系,以便当地居民采取更为合理有效的耕种措施,减缓侵蚀沟对耕地的侵蚀。

1 研究区概况

九台市地处吉林省中部的长春平原,位于东经 125°25′—126°30′,北纬 43°51′—44°32′,属于松辽平原与长白山的过渡地带,是季风区中温带半湿润地区,四季分明,属于大陆性气候。境内地形地势呈西南东北狭长状,东南高,西北低。境内河网密布,低山耸生。一江三河(松花江、饮马河、雾开河、沐石河)纵贯南北,长白山余脉即大黑山脉横亘东西。境内平原、台地和丘陵分别占全市总面积的 44%,34%,22%。九台市幅员面积 2 875 km²(2007 年),在耕地 16.04 万 hm²,按农业人口计算,人均 0.27 hm²,其中粮豆作物面积 14.5 万 hm²,人均 0.24 hm²,市属林地面积 6.49 万 hm²,草地面积 1.31 万 hm²,水域面积 2.53 万 hm²。

2 数据来源与处理

本文的数据主要有高分辨率的 Google earth 影像、30 m 分辨率的 DEM 数据和研究区等高线数据以及野外调查得来的侵蚀沟数据。本次野外调查共选取 31 个小流域,这些小流域在研究区内均匀分布。根据垄向和等高线夹角(锐角)的大小将其分为顺坡起垄(夹角为 0~10°),斜坡起垄(10°~80°)和横坡起垄(80°~90°),从 2012 年 5 月份的高分辨率的

Google earth 影像上,人工解译出各个小流域内耕地的耕作垄向,并在野外进行了验证,正确率在 95%以上,根据调查记录对解译结果进行修正(由于有些小流域内没有耕地,以及某些小流域内的垄向无法从 Google earth 影像上解译出来,因此,可利用的只有 12 个小流域内的数据)。在野外对 31 个小流域内的侵蚀沟进行了详细的勘察,共勘测到 253 条侵蚀沟,分别记录了其沟长、上宽、下宽、最大深度、平均深度、两侧耕地垄向、发展状态等信息。将耕地垄向面状数据与侵蚀沟叠加,生成不同垄向的耕地内侵蚀沟分布图(图 1),并计算出各自的密度(图 2)。

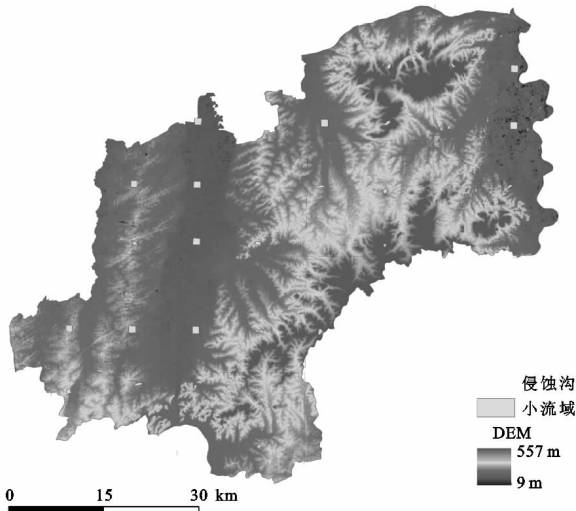


图 1 研究区概况

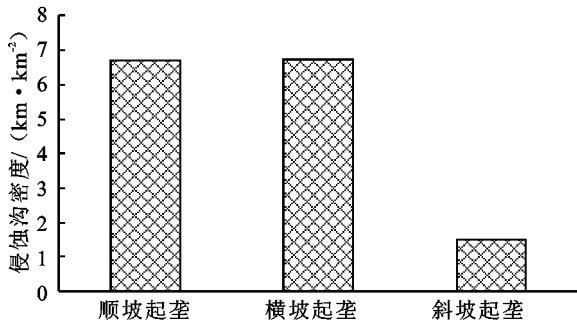


图 2 不同垄向的耕地内侵蚀沟密度

3 结果与分析

3.1 不同海拔上垄向对侵蚀沟分布的影响

根据表 1 对 DEM 数据进行重分类,得出各个小流域内海拔分级图,与耕地垄向面状数据叠加,得到不同海拔等级上的耕地垄向分布图,并计算出其面积,然后再将之与侵蚀沟数据叠加,求出不同海拔上不同垄向的耕地内侵蚀沟的长度与密度(图 3)。

表 1 海拔分级

海拔等级	1	2	3	4	5	6	7
海拔范围/m	0~180	180~200	200~220	220~240	240~260	260~280	>280

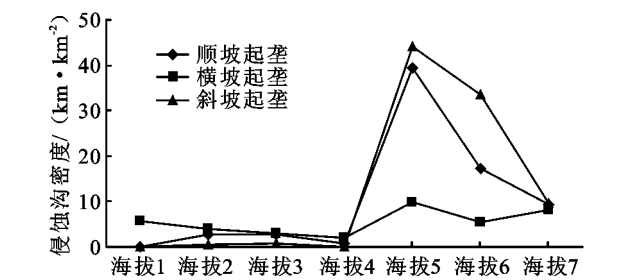


图 3 不同海拔上不同垄向的耕地内侵蚀沟密度

总体来看,无论垄向如何,侵蚀沟密度随着海拔的增加都呈现出先增大后减小的趋势,侵蚀沟密度最大处出现于 240~260 m 的范围内。220~240 m 这一海拔等级是一个转折点,小于这一等级,斜坡起垄的耕地内侵蚀沟密度甚小,也是三种耕作垄向当中侵蚀沟密度最小的一种,但是当大于这一等级时,斜坡起垄的耕地内侵蚀沟密度急剧增加,最大达到 44.0 km/km²,顺坡起垄具有相似的趋势,而横坡起垄耕地内的侵蚀沟密度变化相对较小。这可能与降雨时高海拔处的汇水较少,横坡起垄能够阻挡水流向下流动,减缓了降水汇流对土壤的侵蚀,斜坡起垄和顺坡起垄的作用则正好相反。到了低海拔处,汇水增多,可能同时把横坡垄冲开多处缺口,产生更多的侵蚀沟。另外,海拔高的区域耕地较少也可能是侵蚀沟密度较大的一个原因。由此可以看出,海拔超过 240 m 的地区已经不再适合耕种,应进行退耕还林还草,加强防治措施。因为一旦在汇水上游形成侵蚀沟,雨水汇集于此,将会进一步侵蚀低海拔处的耕地,加剧土壤侵蚀。而在低海拔处应以斜坡起垄的耕作方式为主。

3.2 不同坡度上垄向对侵蚀沟分布的影响

从 DEM 数据中提取坡度数据,根据表 2 对坡度进行分级,得到坡度分级图,将其与耕地垄向面状数据叠加,生成不同坡度上的耕地垄向分布图,并计算出其面积,然后再将之与侵蚀沟数据叠加,求出不同坡度上不同垄向的耕地内侵蚀沟的长度与密度(图 4)。

表 2 坡度分级

坡度等级	1	2	3	4	5
坡度范围/(°)	0~2	2~4	4~6	6~8	>8

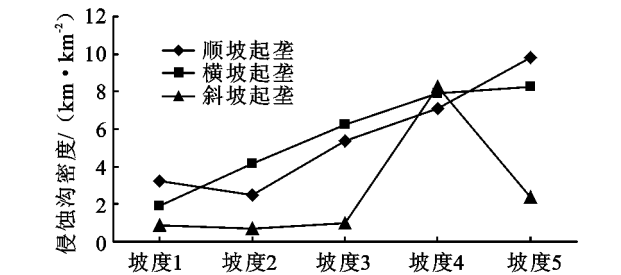


图 4 不同坡度上不同垄向的耕地内侵蚀沟密度

不同坡度上斜坡起垄耕作地区内的侵蚀沟密度变

化表现出和不同海拔上相似的趋势,即随着坡度的增加,侵蚀沟密度先增大后减小,6°~8°是其转折点。而在顺坡起垄和横坡起垄的耕地中无此趋势,其侵蚀沟密度随着坡度的增加而增大。侵蚀沟密度最大处出现在坡度大于 8°的顺坡起垄的耕地内,为 9.8 km/km²。在坡度小于 6°的耕地内,三种耕作方式相比,斜坡起垄的耕地中侵蚀沟的密度都是最小的,在 2°~4°处达到最小,为 0.7 km/km²。在 0~2°范围内,顺坡起垄的耕地中的侵蚀沟密度最大,在 2°~6°范围内,横坡起垄的耕地中的侵蚀沟密度最大。这是因为,在 0~2°范围内,横坡起垄能够阻挡降雨汇水向下流动,防止侵蚀沟的产生,即使汇水能将横坡垄冲开缺口,由于坡度较缓,也不易于产生侵蚀沟或产生的侵蚀沟较小较短,斜坡起垄则正好相反,汇水聚集在垄沟内向下冲蚀,有利于侵蚀沟的产生和发展,随着坡度的增加,侵蚀也就越严重;在 2°~6°范围内,由于“渠系效应”(在短历时暴雨的情况下,横坡垄作的坡耕地中产生的超渗径流通过以接近水平状态的缓慢流动,在脆弱处或低洼处汇集并冲开垄体形成集中股流,造成切沟)^[12],横坡垄的汇流形成的集中股流是顺坡垄的几十到几百倍,因而横坡起垄的耕地内的侵蚀沟密度是三者中最大的。因为在研究区内坡度 4°和坡度 5°等级内的地区海拔多数较高,受海拔的影响,在 6°~8°范围内,三者之间侵蚀沟密度最大的是斜坡起垄。坡度大于 8°的地区,不适宜耕种且耕地较少,不做讨论。

3.3 不同坡形上垄向对侵蚀沟分布的影响

在 DEM 数据的支持下可利用窗口分析中的邻域分析法实现对不同坡面坡形的自动获取。其公式为:

$$L=G_{ij}-\sum_{k=1}^nG_k/n$$

式中: G_{ij} ——窗口中心栅格的高程值; $\sum G_k$ ——窗口中有效栅格的高程值之和; n ——窗口中有效栅格的个数。当 $L>0$ 时,坡形为凸形坡;当 $L=0$ 时,坡形为直形;当 $L<0$ 时,坡形为凹形坡。将坡形图与耕地垄向面状数据叠加,得到不同坡形上的耕地垄向分布图,并计算出其面积,然后再将之与侵蚀沟数据叠加,求出不同坡形上不同垄向的耕地内侵蚀沟的长度与密度(图 5)。

如图 5 所示,无论在何种坡形上,斜坡起垄的耕地内的侵蚀沟密度都相对较小,横坡起垄的耕地内的侵蚀沟密度都大于顺坡起垄的耕地内的侵蚀沟密度。总体来看,凹形坡上的侵蚀沟密度最大,直形坡上的侵蚀沟密度最小。这是因为,坡形决定了沟蚀过程中地表径流是汇聚还是扩散,径流的聚集增加了下切作用,这很容易导致侵蚀沟的产生^[13]。相对于直形坡

和凸形坡,凹形坡较易汇聚径流形成侵蚀沟。同样由于“渠系效应”的作用,横坡起垄的耕地内的侵蚀沟密度大于顺坡起垄的耕地内侵蚀沟的密度。而斜坡起垄由于和顺坡流动的降雨汇流形成一个锐角夹角,既能减缓汇流向下的流动速度,又不至于使水流汇集在垄沟内而产生“渠系效应”,因而在斜坡起垄的耕地内的侵蚀沟密度最小。

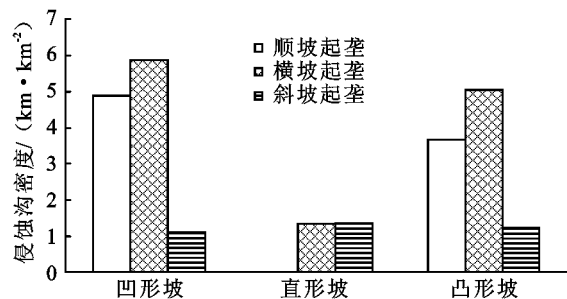


图5 不同坡形上不同垄向的耕地内侵蚀沟密度

4 结论

总体来看,斜坡起垄的耕地内最不易形成侵蚀沟,横坡起垄的耕地内最易产生侵蚀沟。在海拔小于240 m的耕地内,斜坡起垄能够减缓或防止侵蚀沟的产生,横坡起垄最易于产生侵蚀沟;海拔大于240 m的耕地内,斜坡起垄最易产生侵蚀沟,横坡起垄最不易产生侵蚀沟。在 $0\sim 2^\circ$ 坡度上,顺坡起垄的耕地内侵蚀沟密度最大,斜坡起垄的耕地内的侵蚀沟密度最小;在 $2^\circ\sim 6^\circ$ 坡度上,由于“渠系效应”的作用,横坡起垄的耕地内最易产生侵蚀沟,坡度大于 6° 时,侵蚀沟最易在顺坡起垄的耕地中产生发展。无论坡形如何,横坡起垄的耕地内的侵蚀沟密度都大于顺坡起垄,这说明,斜坡起垄能够有效减缓甚至防止侵蚀沟的发生发展。然而,无论采取何种垄向的耕作方式,随着海拔、坡度的增加,侵蚀沟产生的几率都逐渐增加,而侵蚀沟一旦形成,很难治理恢复,退耕还林还草对减缓侵蚀沟的发展收效甚微。因此,应当减少或停止将陡

坡或海拔较高的林地、草地、荒地等开垦为农田,防止侵蚀沟的产生。

参考文献:

- [1] Salleh K O, Mousazadeh F. Gully erosion in semiarid regions[J]. Procedia Social and Behavioral Sciences, 2011,19:651-661.
- [2] Valentin C, Poesen J, Li Yong. Gully erosion: Impacts, factors and control[J]. Catena, 2005, 63(2/3): 132-153.
- [3] 王文娟,张树文,李颖,等. 东北黑土区近40年沟谷侵蚀动态及影响因素分析[J]. 水土保持学报, 2009, 23(5): 51-54.
- [4] Marzolf I, Poesen J. The potential of 3D gully monitoring with GIS using high-resolution aerial photography and a digital photogrammetry system[J]. Geomorphology, 2009, 111(1/2): 48-60.
- [5] 李晓燕,王宗明,张树文,等. 东北典型丘陵漫岗区沟谷侵蚀动态及空间分析[J]. 地理科学, 2007, 27(4): 531-536.
- [6] 闫业超,张树文,岳书平. 克拜东部黑土区侵蚀沟遥感分类与空间格局分析[J]. 地理科学, 2007, 27(2): 193-199.
- [7] 闫业超,张树文,李晓燕,等. 黑龙江克拜黑土区50多年来侵蚀沟时空变化[J]. 地理学报, 2005, 60(6): 1016-1020.
- [8] 王文娟,邓荣鑫,张树文. 东北典型黑土区40 a来沟蚀空间格局变化及地形分异规律[J]. 地理与地理信息科学, 2012, 28(3): 68-71.
- [9] Gábris G, Kertész Á, Zámbo L. Land use change and gully formation over the last 200 years in a hilly catchment[J]. Catena, 2003, 50(2/4): 151-164.
- [10] 刘晓昱. 黑土流失与整治[J]. 水土保持研究, 2005, 12(5): 128-152.
- [11] 李浩,张兴义,刘爽,等. 典型黑土区村级尺度侵蚀沟演变[J]. 中国水土保持科学, 2012, 10(2): 21-28.
- [12] 孟令钦,李勇. 东北黑土区坡耕地侵蚀沟发育机理初探[J]. 水土保持学报, 2009, 23(2): 7-11.
- [13] 李天奇. 东北黑土区侵蚀沟成因与模型研究[D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2012.