

引用格式:方海燕,吴丹瑞.黑土区农田防护林带对小流域土壤侵蚀和泥沙沉积的影响[J].陕西师范大学学报(自然科学版),2018,46(1):104-110.[FANG H Y, WU D R. Impact of agricultural shelterbelt on soil erosion and sediment deposition at catchment scale in the black soil region, northeastern China[J]. Journal of Shaanxi Normal University (Natural Science Edition), 2018, 46(1):104-110.] DOI:10.15983/j.cnki.jsnu.2018.01.412

黑土区农田防护林带对小流域土壤侵蚀和泥沙沉积的影响

方海燕*, 吴丹瑞

(中国科学院地理科学与资源研究所, 陆地水循环及地表过程重点实验室, 北京 100101;
中国科学院大学资源与环境学院, 北京 100049)

摘要:采用 ^{137}Cs 和 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 双核素示踪方法,结合GIS技术,在典型黑土区面积为 28.5 hm^2 的小流域上,研究了林带对小流域土壤侵蚀和泥沙沉积的影响。结果发现:小流域内的林带能在一定程度上减少土壤流失,林带前、后特别是带前表现为泥沙沉积,而带后一定距离上,土壤侵蚀会加剧;坡面较缓和等高线与林带夹角较小的林带拦沙效益高;在小流域两条防护林带和沟口地埂的作用下,小流域呈现侵蚀-沉积-侵蚀-沉积的模式。近50年来,平均每年沉积在两条林带前后60 m范围内的泥沙占小流域总泥沙沉积量的18.8%;在100年的时间尺度上,平均每年沉积在林带前后的泥沙占流域年泥沙总沉积量的7%左右。在50年和100年的时间尺度上,小流域的泥沙输移比分别为53%和78%。

关键词:东北黑土区;农田防护林带;核素示踪;土壤侵蚀;泥沙沉积

中图分类号:S157.1;S727.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-4291(2018)01-0104-07

Impact of agricultural shelterbelt on soil erosion and sediment deposition at catchment scale in the black soil region, northeastern China

FANG Haiyan*, WU Danrui

(Key Laboratory of Water Cycle and Related Land Surface Processes, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

College of Resource and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Two radionuclide tracers (i. e., ^{137}Cs and $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$) were used in combined with GIS technique to investigate the impact of shelterbelts on soil erosion and sediment deposition at a catchment with area of 28.5 hm^2 in the typical black soil region, northeastern China, and some meaningful conclusions were drawn. The two shelterbelts in the catchment could reduce soil loss at a certain degree, and sediment deposition usually occurred before and behind the shelterbelts, leading to less erosion intensity before the shelterbelts. Inversely, erosion became severe behind

收稿日期:2017-07-06

基金项目:国家自然科学基金(41571271)

*通信作者:方海燕,男,副研究员,博士。E-mail:fanghy@igsnr.ac.cn

the shelterbelts at a certain distance. In comparison to the lower shelterbelt, the upper shelterbelt with local gentle topography and less angle between the shelterbelt and the contours had higher sediment trap efficiency. Impacted by the two lines of shelterbelts and the earth bank at the catchment outlet, the catchment presented an erosion-deposition-erosion-deposition pattern. In recent 50 and 100 years, the sediment amounts annually deposited along the shelterbelts at distances of 30 and 60 meters occupied 18.8% and 7% of the total deposited sediment in the catchment, respectively. The sediment delivery ratios derived by ^{137}Cs and $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ methods were 53% and 78%, respectively. Factors influencing sediment trap efficiency of shelterbelts are multiple, further study is urgently required to further discuss the impact of shelterbelts on soil erosion which affected by multiple factors.

Keywords: black soil region of northeastern China; agricultural field shelterbelt; radionuclides; soil erosion; sediment deposition

东北黑土区分布于松辽流域的黑、吉、辽、内蒙四省(区),是世界著名的三大黑土带之一。黑土区是我国重要的商品粮基地^[1],但自其开垦以来,受人类不合理的生产经营活动及自然条件等因素的影响,土壤侵蚀严重。严重的黑土层流失已危害到国家的农业粮食安全和当地的经济的发展。

东北农田防护林带建设最早可追溯到 20 世纪 50 年代^[2],随后在 1978 年国务院批准的在“三北”地区建设大型防护林规划的指引下,该区的防护林带建设得到了飞速发展^[3]。黑土区农田防护林建设是治理水土流失的一个重要途径,且防止水土流失也是我国“三北”防护林建设中的一个主要目标^[4]。东北黑土区坡面平缓,地形起伏不大,而具有一定宽度的农田防护林带将整个坡面划分为不同的地块单元,必将对该区土壤侵蚀产沙产生深刻的影响。

目前,国内外已开展了防护林产流产沙的影响研究,如农田防护林带对土壤入渗、蒸散发^[5]乃至积雪分布和融雪径流的影响^[6]。吴殿鸣等^[7]通过径流场观测发现坡地紫穗槐林带能够显著减少径流量; Lazarev^[8]指出防护林带建成后可减少地表径流 4~5 倍; Rukhovich 等^[9]发现苏联农田防护林带建设是造成侵蚀沉积格网景观的决定性因素;东北黑土区一些浅沟的形成发育与农田防护林带的布设有关系^[10];也有研究认为农田防护林带建设改变了耕作方向进而影响小流域产沙^[11]。由于土壤侵蚀产沙与空间和时间密切相关,所以农田防护林带对流域侵蚀沉积的空间影响特征还需深入,农田防护林带拦沙能力随时间的变化研究也亟待开展。

放射性同位素 ^{137}Cs 和 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 是定量研究土壤侵蚀的有效手段。 ^{137}Cs 是一种人工放射性核素,它在自然界无别的来源;而 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 是一种天然放射性核素,它们均能够在不改变原始地貌、不需要特殊野

外设施条件下准确、快速地反映侵蚀产沙的变化。此外,核素 ^{137}Cs 和 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 还能够提供过去约 50 年和 100 年尺度上的土壤侵蚀特征^[12]。目前,在黑土区利用核素法已开展了土壤侵蚀研究工作,并对林带影响有所涉及^[13],但从不同时空尺度上讨论防护林带对流域土壤侵蚀的影响研究仍涉猎甚少。因此,本研究可为小流域农田防护林带的配置及对侵蚀产沙的影响机制提供科学参考。

1 研究区与研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于黑龙江省九三农垦分局鹤山农场境内(E125.2°, N48.9°),处于黑龙江省黑河市嫩江行政范围内,属于典型黑土区。该区北依伊勒呼里山,东接小兴安岭,西邻嫩江,南连松嫩平原;地形具有坡缓坡长的特点,海拔高度为 250~383 m,坡面平缓,坡长可达 1 000~2 000 m,坡耕地坡度多为 1~3°;主要作物为小麦、大豆和玉米。在 20 世纪 70 年代,在坡面上建立了密集的防风林带网,树种主要为落叶松和青杨。为耕作方便,耕作方向与林带平行。

小流域土壤属于典型的黑土,它是由第四纪湖相冲积沉积物黄黏土发育而来。在开垦初期,土层厚度可达 80~100 cm,受人类不合理活动和土壤侵蚀的影响,目前坡耕地厚度多在 40 cm 以下,有的地方甚至裸露黄土母质。研究区属于寒温带大陆性季风气候,四季分明,冬季寒冷漫长,夏季短促且炎热多雨,年内温差大,年均气温在 0.4℃ 左右,无霜期 110~120 d,年降水量为 534 mm,汛期 6—8 月的降水量占年降水量的 65% 以上。在研究区选择的小流域面积为 28.5 hm²,土地利用为耕地,作物主要为小麦和玉米。在小流域内布设有两条林带,林带宽度约

15 m, 分别处在小流域的上坡和下坡(图 1)。在小流域的沟口有地埂, 地埂上坡泥沙淤积现象明显。

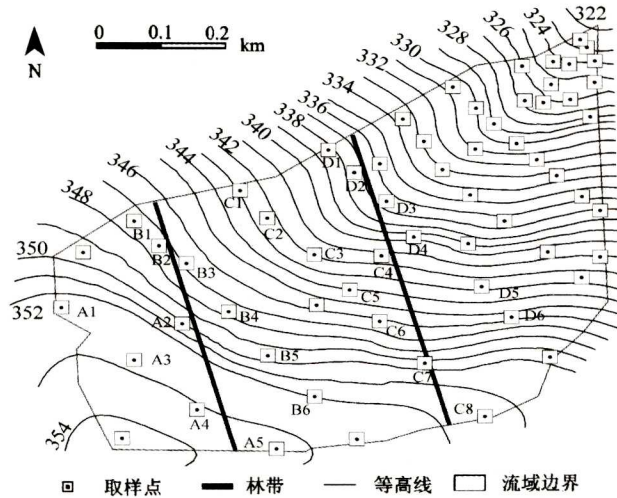


图 1 研究区小流域土壤取样点及农田防护林带

Fig. 1 The sampling points and farmland shelterbelts in the study catchment

流域边界数字代表海拔高程, 单位为 m。

1.2 样品采集与处理

2010 年 6 月底, 在小流域内采用断面结合的方法采集土壤样品, 采样间距 50~100 m。利用 5 cm 直径的土钻采集土壤样品, 采样深度视黑土层厚度而定, 坡面侵蚀区采集深度为 40 cm 左右, 沉积区 100 cm 左右, 在 61 个采样点进行了样品采集。为保证土样质量能够满足仪器测试要求, 在各采样点采集土样时, 在边长为 1 m 的三角形 3 个顶点处进行采样。

在研究区附近非侵蚀非沉积的一片林地, 采集土壤样品以确定核元素背景值。在 2010 年 6 月和 2011 年 6 月两次采样, 共采集得到 6 个土壤全样和 2 个分层土样(分层厚度为 3~5 cm), 最终得到 ^{137}Cs 和 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 的背景值^[13]。

样品采集后晾干、研磨, 过 2 mm 筛、剔除草根和石块等杂物, 称 300 g 左右供核元素测试。 ^{137}Cs 与 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 放射性活度用美国 CANBERRA 公司配备的高纯锗探头 γ 能谱仪(测定范围为 3~3×10³ keV)测定。在 662 keV 处求算 ^{137}Cs 放射性活度(Bq/kg); 在 46.5 keV 处求算 ^{210}Pb 放射性活度(Bqkg⁻¹); ^{226}Ra 不能直接测定, 但可用其子体 ^{210}Pb 和 ^{214}Bi 替代, 取两个子体的平均值即为 ^{226}Ra 的放射性活度。 ^{210}Pb 与 ^{226}Ra 的放射性活度之差即为 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 放射性活度。核素测定时间为 80 000 s 左右, 测定误差 < 8%。

1.3 土壤侵蚀与沉积速率获取

土壤侵蚀速率的获取采用 Walling 等人提出的质量平衡模型 MBM2。该模型根据样品与背景值中核素 ^{137}Cs 或 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 的活度得到耕地的土壤侵蚀与沉积强度, 目前该模型已在黑土区坡耕地得到成功应用^[13-14]。

在侵蚀样点(土壤样品核素活度小于背景值区核素活度):

$$\frac{dA(t)}{dt} = (1 - \Gamma)I(t) - \left(\lambda + P \frac{R}{d}\right)A(t), \quad (1)$$

其中: $A(t)$ 为单位面积累积 ^{137}Cs 或 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 的活度(Bq/m²), 由采样点 ^{137}Cs 或 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 活度与土钻钻头横截面积得到; R 为侵蚀强度(kg/(m²·a)); t 为 ^{137}Cs 或 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 释放至取样时的时间; d 为累积质量深度(kg/m²), λ 为 ^{137}Cs 或 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 衰变常数; $I(t)$ 为 ^{137}Cs 或 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 年沉降通量(Bq/(m²·a)), 可根据取样钻的横截面积和土壤样品重量及测定的 ^{137}Cs 或 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 浓度(Bq/kg)得到; Γ 为土壤侵蚀新沉降的 ^{137}Cs 或 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 在耕作之前被侵蚀移动的比例, P 为颗粒校正系数。

在沉积样点(土壤样品核素活度大于背景值区核素活度):

$$R = \frac{A_{\text{ex}}}{\int_{t_0}^t C_d(t')e^{\lambda(t-t')}dt'}, \quad (2)$$

其中: A_{ex} 为测量得到的 ^{137}Cs 或 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 面积活度与其背景值 A_{ref} 之差; $C_d(t')$ 为沉积采样点土壤核素 ^{137}Cs 或 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 的活度(Bq/kg)。

根据核素背景值和 61 个采样点核素面积活度及 MBM2(公式 1 和 2), 得到采样点的土壤侵蚀和沉积强度。

2 结果

2.1 取样点土壤侵蚀特征

利用 ^{137}Cs 示踪法发现, 小流域平均土壤侵蚀强度为 -2.2 t/(hm²·a), 变异系数为 1 395%; 侵蚀区的净侵蚀强度为 -15 t/(hm²·a), 变异系数为 86%; 而沉积区的沉积强度为 26.1 t/(hm²·a), 变异系数为 151%。相比之下, 利用 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 示踪法得到的小流域平均土壤侵蚀强度为 -3.9 t/(hm²·a), 小于 ^{137}Cs 得到的侵蚀强度, 而变异系数为 928%; 侵蚀区和沉积区的净侵蚀和沉积强度分别为

-18.9 和 31.7 t/(hm² · a), 变异系数分别为 103% 和 132%(表 1)。

表 1 利用¹³⁷Cs 和²¹⁰Pb_{ex}法得到的小流域土壤侵蚀统计特征

Tab.1 Statistical characteristics of the erosion and deposition rates derived from ¹³⁷Cs and ²¹⁰Pb_{ex} methods in the catchment t/(hm² · a)

方法	所有采样点	侵蚀区	沉积区
	平均值(标准差)	平均值(变异系数)	平均值(标准差)
¹³⁷ Cs 法	-2.2(1 395%)	-15.0(86%)	26.1(151%)
²¹⁰ Pb _{ex} 法	-3.9(928%)	-18.9(103%)	31.7(132%)
样品个数	61	42 ^a /43 ^b	19 ^a /18 ^b

注:a 代表¹³⁷Cs 法获取的样品个数,b 代表²¹⁰Pb_{ex}法获取的样品个数。

为探讨林带对土壤侵蚀的影响,根据取样点和林带位置,选取了 10 对采样点。在小流域上坡林带 4 对和下坡林带 6 对采样对比点上,两种示踪方法均显示带前土壤侵蚀强度小于林带带后的侵蚀强度(图 2)。利用¹³⁷Cs 法得到的上坡林带 4 对采样点,带前 3 个取样点显示为沉积,4 个点平均沉积强度为 8.36 t/(hm² · a),而带后的侵蚀强度为-9.23 t/(hm² · a)。

下坡林带带前的 5 个取样点也显示为沉积,平均沉积强度为 6.35 t/(hm² · a),带后侵蚀强度为-11.37 t/(hm² · a)。²¹⁰Pb_{ex}法得到的 10 对采样点带前侵蚀强度也小于林带带后的侵蚀强度,上坡林带带前和带后 6 个采样点平均侵蚀强度分别为 2.24 和 -16.9 t/(hm² · a),下坡林带带前和带后平均侵蚀强度分别为 7.47 和 -15.98 t/(hm² · a)。

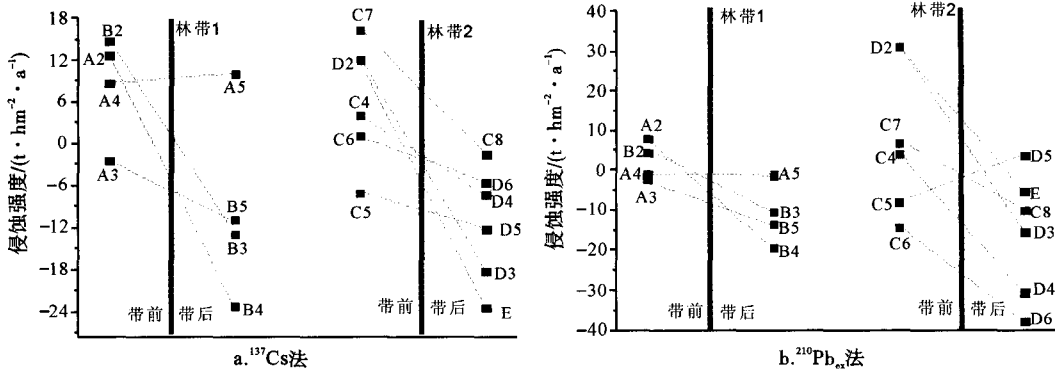


图 2 上坡(林带 1)和下坡(林带 2)林带前后典型取样点土壤侵蚀强度

Fig. 2 The rates of soil erosion for the typical sampling points before and after the upper slope shelterbelt (belt one) and the lower slope shelterbelt(belt two)

2.2 林带与小流域侵蚀沉积模式

在 ArcGIS 9.3 软件中,分别将¹³⁷Cs 和²¹⁰Pb_{ex}得到的土壤侵蚀强度进行 Kriging 插值,得到小流域侵蚀和泥沙沉积的空间分布特征。图 3 显示,小流域土壤侵蚀沉积显然受到林带的影响,两种示踪法得到的小流域林带前、后及流域出口表现为沉积,而两条林带之间表现为侵蚀。野外调查发现,林带前、后特别是林带前 30 m 外,仍有泥沙沉积。

表 2 采样点空间插值后小流域土壤侵蚀与泥沙沉积统计特征

Tab.2 Statistical characteristics of soil erosion and sediment deposition derived from the interpolated sampling points in the catchment

方法	总侵蚀量/t	总沉积量/t	净侵蚀强度/ (t · hm ⁻² · a ⁻¹)	泥沙输移比/%
¹³⁷ Cs 法	236	111	-4.4	53.0
²¹⁰ Pb _{ex} 法	304	67	-8.3	78.0

通过 ArcGIS 软件统计发现,¹³⁷Cs 和²¹⁰Pb_{ex}两种方法得到的小流域总土壤侵蚀强度分别为-4.4 和 -8.3 t/(hm² · a)。¹³⁷Cs 得到的小流域泥沙年总沉积量(111 t)大于²¹⁰Pb_{ex}法得到的年总沉积量(67 t)。¹³⁷Cs 和²¹⁰Pb_{ex}两种方法得到的小流域泥沙输移比 SDR(SDR=(E-D)/E,E 和 D 分别为小流域总侵蚀量和总沉积量)分别为 53.0%和 78.0%(表 2)。

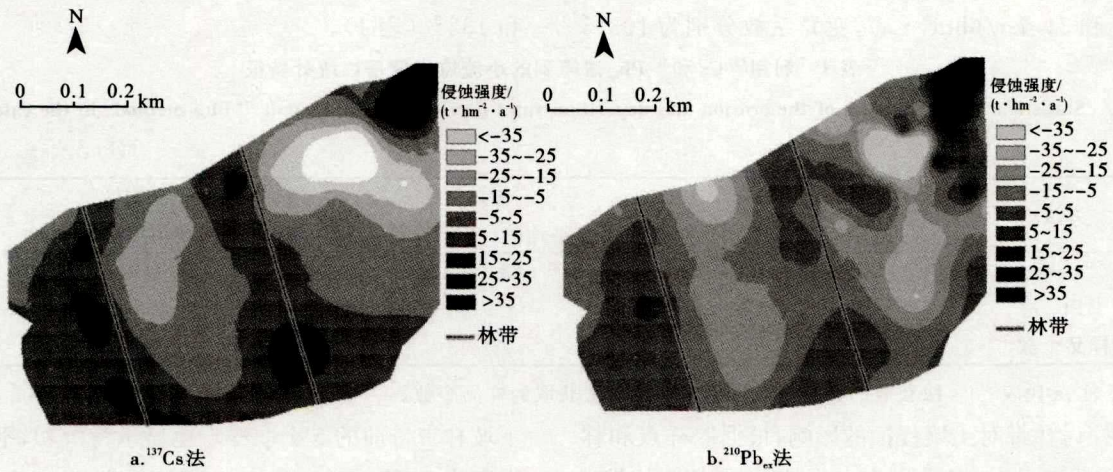


图 3 农田防护林带对小流域土壤侵蚀沉积的影响

Fig. 3 Impacts of the farmland shelterbelts on the patterns of soil erosion and sediment deposition derived from the ¹³⁷Cs and ²¹⁰Pb_{ex} methods

为了量化林带对流域土壤沉积的影响,结合野外调查,在 ArcGIS 中对图 3 中林带前后 30 m 和 60 m 范围的侵蚀沉积特征进行了统计(表 3)。¹³⁷Cs 法得到的小流域林带带前泥沙沉积量较多,而带后沉积量减少。上坡林带带前 30 m 范围内泥沙年沉积量为 4.94 t,带后每年有 1.26 t 的泥沙沉积。下坡林带 30 m 范围内,林带前、后泥沙年沉积量分别为 4.95 t 和 2.64 t。采用 ²¹⁰Pb_{ex} 示踪法得到的林带前后沉积量较小,上坡林带带前和带后泥沙年沉积量

分别为 1.51 t 和 0 t,下坡林带带前和带后泥沙年沉积量分别为 1.0 t 和 0.33 t。在林带前后 60 m 的距离上,利用 ¹³⁷Cs 和 ²¹⁰Pb_{ex} 两种示踪法得到的泥沙年沉积量也有类似规律。此外,随着距林带距离的增加,土壤侵蚀强度也加大。¹³⁷Cs 法发现,在上坡林带前后 30 m 和 60 m 范围内,土壤侵蚀强度分别为 -0.03 和 -2.62 t/(hm²·a)。在下坡林带上,相应范围内的土壤侵蚀强度分别为 -0.57 和 -2.87 t/(hm²·a)。

表 3 林带前、后总侵蚀强度和年沉积量特征

Tab. 3 The rates of soil erosion and annual amounts of sediment deposition before and after the shelterbelts

林带位置	方法	距林带距离/m	带前		带后		带前+带后	
			总侵蚀强度/ (t·hm ⁻² ·a ⁻¹)	沉积量/ (t·a ⁻¹)	总侵蚀强度/ (t·hm ⁻² ·a ⁻¹)	沉积量/ (t·a ⁻¹)	总侵蚀强度/ (t·hm ⁻² ·a ⁻¹)	沉积量/ (t·a ⁻¹)
流域	¹³⁷ Cs 法	30	3.34	4.94	-3.41	1.26	-0.03	6.20
		60	2.90	8.51	-7.45	1.81	-2.62	10.32
上坡	²¹⁰ Pb _{ex}	30	-1.19	1.51	-8.53	0	-4.86	1.51
		60	-1.25	2.78	-13.14	0	-7.58	2.78
流域	¹³⁷ Cs 法	30	2.56	4.95	-3.89	2.64	-0.57	7.59
		60	1.35	7.16	-6.93	3.29	-2.87	10.45
下坡	²¹⁰ Pb _{ex}	30	-3.12	1.0	-8.61	0.33	-5.79	1.33
		60	-3.73	1.44	-10.32	0.33	-7.15	1.96

注:正值表示沉积,负值表示侵蚀。

3 分析

3.1 林带泥沙拦截能力

东北农田防护林带是“三北”防护林的重要组成部分,小流域林带形成一个具有一定宽度的地梗,从而能够减小上坡坡面上含沙水流的能量,使得部分

泥沙在带前沉积,而带后水流流速的减小也使得侵蚀速率减小甚至有部分泥沙沉积(图 2 和图 3)。Verstraeten 等^[15]通过 WaTEM/SEDEN 模型,采用有、无林带情景模拟法得到了河岸林带的拦沙效益。本文采用核素示踪技术虽然无法得到有、无林带下小流域土壤流失量,但可以根据两种示踪法表

征其减沙效益的相对大小。研究区林带是在 20 世纪 70 年代种植,而 ^{137}Cs 这种人工放射性核素在 1954 年开始降落,到 1963 年降落达到峰值,它反映的是 1954 年以来的土壤侵蚀特征;而 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 则反映 100 年时间尺度(即 1910 年至 2010 年取样时间)的土壤侵蚀特征。因此,通过二者反映的林带两旁侵蚀速率的相对变化,能够间接反映林带拦沙能力。对于上坡林带,在林带前、后 30 m 的距离上,侵蚀速率从 -0.03 减小到 $-4.86 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,减沙效率为 99.4%;下坡林带 30 m 距离上,侵蚀强度从 -5.79 减少到 $-0.57 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,减沙效率为 90.2%。相应地,在林带前、后 60 m 的范围内,上、下坡林带减沙效率分别为 65.4%和 59.9%。因此,可以看出下坡防护林带的拦沙效益较小。Verstraeten 等^[15]发现 0.014 km^2 的流域内,整个流域林带的拦截效率达到 78%,与本研究得到的结果相差不大;坡面愈缓,林带的拦截效率越大,且林带与等高线的夹角越大,上坡水流在林带前的汇聚越严重,有流量经过的林带长度越短,林带拦沙效率减小。图 1 显示 D3 采样点上部林带水流汇集处水流冲刷能力增加,林带拦沙效益减小,引起林带下方水流侵蚀和挟沙能力增强,侵蚀加剧。正是林带的拦沙作用,使得小流域呈现侵蚀与沉积交替出现的空间变化模式。在流域沟口,虽然坡度有所增加,但是较高的地埂和长期的泥沙沉积作用,泥沙再次出现沉积。

3.2 土壤侵蚀和沉积时间变化

^{137}Cs 和 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 两种示踪素能够分别示踪约 50 年和 100 年的土壤侵蚀强度。表 3 表明,在 50 年的时间尺度上,小流域整体的土壤侵蚀强度较小,小流域沉积量增加。由于 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 反演的侵蚀速率大体上涵盖 1910 年到取样时间的尺度,而该区开垦时间在 1950 年前后,林带种植的时间在 1970 年。因此,林带建立之前 20 年时间里小流域没有任何水土保持措施,使得 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 反演得到的小流域总体土壤侵蚀强度较大。在 ^{137}Cs 法下,沉积在两条林带前、后 60 m 范围内的泥沙为 20.87 t,占小流域总沉积量的 18.8%,而 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 方法下林带前、后 60 m 范围内总的泥沙沉积量为 4.74 t,仅为流域总沉积量的 7%。然而,在下坡林带后方,每年夏季暴雨后,常有浅沟发育,说明目前仅靠林带不能有效减少水土流

失。在距离研究区不远的九三农场鹤北小流域,现有林带作用下的全流域起垄耕作比全部横坡耕种土壤流失量要大^[11]。为了耕作上的方便,研究区耕地起垄方向常与林带平行,表明当林带与等高线垂直或夹角较大时,林带甚至还会加速土壤侵蚀。

3.3 研究的局限性

本研究在一个面积较小的农耕地小流域内开展,土地利用类型单一,流域内仅有两条林带。虽然本文探讨了林带的布设位置、林带拦沙效益及对流域产沙的影响,然而影响林带拦沙效益的因素多样,除林带所处的地形外,流域土地利用和水土保持措施的实施对林带拦沙效益也会有影响^[16]。此外,研究区林带分布广,在更大的空间尺度上,林带常成网状格局^[17];因此,林网的多少、所处位置和流域空间尺度大小必将影响林带的拦沙效益^[18]。本研究采用的核素示踪方法,只能比较不同林带拦沙效益的相对大小。模型是预报水土流失、指导水土保持措施配置的有效工具之一,国内外多采用模型研究植被过滤带^[19]、草皮泄水道^[20]以及河岸林带^[15]等带状水土保持措施对侵蚀产沙的影响工作,下一步在开展多影响因素下林带拦沙效益的研究时,应采用模型工具。

4 结论

本文采用双核素示踪技术(^{137}Cs 和 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$),结合 GIS 技术,在面积为 28.5 hm^2 的黑土区农耕地小流域上,在 50 年和 100 年的时间尺度上,开展了农田防护林带对小流域土壤侵蚀和泥沙沉积的影响研究。

林带两旁特别是带前常表现为泥沙沉积。黑土区农田防护林带能在一定程度上拦截泥沙,坡面较缓和等高线与林带夹角小的情况下林带拦沙能力大。在夹角较大的地方,林带对水流的汇聚作用,使得林带拦沙效益减小;林带后方较大的水流,常会引起更大的侵蚀,在强降雨下导致浅沟的发育。

在研究区小流域两条防护林带的作用下,小流域侵蚀沉积呈现侵蚀-沉积-侵蚀和再沉积的空间分布模式。受农田防护林带的影响,小流域总体侵蚀强度减小,近 50 年和 100 年来,小流域的泥沙输移比分别为 53.0%和 78.0%。

农田防护林带影响小流域侵蚀的因素复杂,本

研究林带条数偏少、流域面积偏小、林带与流域地形的位置及土地利用结构相对简单,未来需要从更大的空间尺度上,采用模型方法,进一步开展多因素作用下林带对流域侵蚀产沙的影响及尺度效应等研究工作。

参考文献:

- [1] 李鹭,段兴武. 利用黑土层厚度评价东北黑土区土壤生产力[J]. 水土保持通报,2014,34(1): 154-159.
- [2] 向开馥. 东北地区西部和内蒙古东部防护林研究[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,1989.
- [3] 朱俊凤. “三北”防护林地区的自然资源与综合农业分区[M]. 北京:中国林业出版社,1985.
- [4] 李峰,单保林,毕广有,等. 论生态修复在黑龙江省水土流失治理工程中的优化作用[J]. 防护林科技,2008,86: 96-97.
- [5] RYSZKOWSKI L, KEDZIORA A. Modification of water flows and nitrogen fluxes by shelterbelts[J]. Ecological Engineering,2007, 29: 388-340.
- [6] KORT J, COLLINS M, DITSCH D. A review of soil erosion potential associated with biomass crops[J]. Biomass and Bioenergy,1998, 14(4): 351-359.
- [7] 吴殿鸣,薛建辉,吴永波. 生态防护林减轻农田氮素面源污染的研究进展[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2011, 35(6): 134-138.
- [8] LAZAREV M M. Transformation of the annual water budget of soils under shelterbelts[J]. Eurasian Soil Science, 2006,39(12): 1318-1322.
- [9] RUKHOVICH D I, SIMAKOVA M S, KULYANITSA A L, et al. Impact of shelterbelts on the fragmentation of erosional networks and local soil waterlogging[J]. Eurasian Soil Science,2014, 47(11): 1086-1099.
- [10] 苏子龙,崔明,范昊明. 东北漫岗黑土区防护林带分布对浅沟侵蚀的影响[J]. 水土保持研究,2012, 19(3): 20-23, 29.
- [11] 张天宇. 东北漫岗黑土区农田防护林对水土流失的影响[D]. 北京:北京师范大学地理学与遥感科学学院,2007.
- [12] GASPAR L, NAVAS A, WALLING D E, et al. Using ^{137}Cs and $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ to assess soil redistribution on slopes at different temporal scales[J]. Catena,2004, 102: 46-54.
- [13] FANG H Y, SHENG M L, TANG Z H, et al. Assessment of soil redistribution and spatial pattern for a small catchment in the black soil region, Northeastern China; using fallout $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ [J]. Soil and Tillage Research, 2013,133: 85-92.
- [14] WALLING D E, HE Q, APPLEBY P C. Conversion models for use in soil-erosion, soil redistribution, and sedimentation investigations[M]//ZAPATA F. Handbook for the assessment of soil erosion and sedimentation using environmental radioactivity. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2002: 111-164.
- [15] VERSTRAETEN G, POESEN J, GILLIJNS K, et al. The use of riparian vegetated filter strips to reduce river sediment loads: an overestimated control measure? [J]. Hydrological Processes, 2006,20: 4259-4267.
- [16] QUI ONERO-RUBIO J M, NADEU E, BOIX-FAYOS C, et al. Evaluation of the effectiveness of forest restoration and check-dams to reduce catchment sediment yield[J]. Land Degradation and Development,2016, 27(4):1018-1031.
- [17] ZHENG X, ZHU J J, XING Z F. Assessment of the effects of shelterbelts on crop yields at the regional scale in Northeast China[J]. Agricultural Systems, 2016, 143: 49-60.
- [18] VANMAERCKE M, POESEN J, GOVERS G, et al. Quantifying human impacts on catchment sediment yield; a continental approach[J]. Global and Planetary Change, 2015,130:22-36.
- [19] WHITE M J, ARNOLD J G. Development of a simplistic vegetation filter strip model for sediment and nutrient retention at the field scale[J]. Hydrological Processes, 2009, 23: 1602-1616.
- [20] FIENER P, AUERSWALD K. Influence of scale and land use pattern on the efficacy of grassed waterways to control runoff[J]. Ecological Engineering, 2006, 27: 208-218.

[责任编辑 程琴娟]