

监测土壤流失的标线法及其测定 犁耕运移土壤的尝试

张信宝^{1,2}, 白晓永^{1,3}, 周萍¹

- (1. 中国科学院 水利部 成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041;
2. 中国科学院 地球化学研究所 环境地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002;
3. 中国科学院 研究生院, 北京 100029)

[关键词] 标线法; 土壤流失; 犁耕侵蚀; 试验研究

[摘要] 介绍了监测土壤流失和堆积的一种新方法——标线法和在贵州普定喀斯特坡地开展试验研究测定犁耕侵蚀的结果。坡度 3°、坡长 24.2 m 的石灰土旱坡地 10 次犁耕的试验结果表明: 坡顶犁耕侵蚀速率 0.67 cm/a, 和实际情况相符; 顺坡犁耕通量 52.6 kg/(m·a), 和其他研究者用小石子或 ¹³⁷Cs、²¹⁰Pbex 核素示踪法测得的值基本一致。标线法具有简便易行、价值低廉和标线隐蔽性强、不易被发现破坏的特点, 所测结果是可靠的。此法解决了侵蚀钉或标桩法可能干扰径流和风流场的问题, 且不妨碍犁耕, 可广泛应用于流水侵蚀、风蚀和犁耕侵蚀的长期监测。标线法测得的是土壤点侵蚀和堆积量值, 非常适用于侵蚀随坡长变化的研究。

[中图分类号] S157.1 [文献标识码] B [文章编号] 1000-0941(2011)07-0044-03

侵蚀钉或标桩法是一种监测地面某点土壤流失(堆积)常用的方法, 该方法简便易行, 多用于监测由流水和风力所引起的土壤流失和堆积^[1-2]。该方法存在的问题主要是: 侵蚀钉或标桩可能干扰径流和风的流场, 影响所测值的代表性, 且易丢失和损坏。由于侵蚀钉或标桩妨碍犁耕, 其方法很难应用于对

犁耕侵蚀的测定。目前, 国内外对犁耕侵蚀量的测定多采用 ¹³⁷Cs、²¹⁰Pbex 核素示踪法和小石子示踪法, 如英国、加拿大、比利时等国^[3-8] 和我国的黄土高原、川中丘陵区及重庆中梁山石灰岩山地等地区^[9-16] 对犁耕侵蚀的研究。本研究介绍我们最近研制成功的监测土壤点流失和堆积的一种新方法——标线法和该方法在贵州普定喀斯特坡地开展的测定犁耕引起的土壤再分布的试验结果。

[基金项目] 国家“973”项目(2006CB40320); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(kzcx2-yw-306)

为辅助的生态补偿基金来源。

4.5 开展黄河流域水土保持补偿试点工作

建议开展黄河流域水土保持生态补偿试点工作, 按照“谁开发、谁保护, 谁破坏、谁恢复, 谁受益、谁补偿, 谁使用、谁付费”原则, 进一步明确水土保持生态补偿的责任主体, 确定生态补偿的对象、范围。生态环境和自然资源的开发利用者要承担环境外部成本, 履行生态环境恢复责任, 赔偿相关损失, 支付占用环境容量的费用。进一步扩大水土保持生态补偿覆盖范围, 不断提高补偿标准。开展全流域的上下游、左右岸和跨行业、跨区域的水土保持生态补偿试点, 同时鼓励地方根据当地实际, 通过资金补助、定向援助、对口支援等方式, 对水土流失区域因加强生态建设造成的利益损失开展补偿试点。

4.6 加快水土保持生态补偿基础研究

积极组织科研院所、大专院校开展水土保持生态补偿基础理论、基本技术及补偿成效的基础指标体系研究, 在不同类型区对不同资源开发进行试点示范研究。从实际出发, 不断完善水土保持监督监测体系, 使之能够承担起水土流失动态预测、水土保持生态补偿科学评估、生态效益综合分析等公益性职能, 提升综合评估的科技水平, 为水土保持生态补偿理论及机制的建立提供科技支撑。

4.7 加强水土保持补偿制度的宣传和教育

如果想在水土保持生态补偿领域取得成功, 一个成功的水土保持生态补偿意识的存在是不可或缺的。事实证明, 一个受过教育并且信息充分的企业家以及对环境保护持有积极态度的企业更愿意保护环境, 提供环境服务。现实中, 水土保持生态补偿问题对于我们来说仍然是一个比较新的领域, 对其内涵的把握、补偿的理论依据、补偿的主客体、补偿途径及其标准的确定仍处在研究阶段。这些困难导致整个社会对于水土流失的生态补偿问题在认识上存在偏差, 进而导致相关的法律与政策在实践中不能得到有效的贯彻与实施。因此, 我国水土保持生态补偿的法律与政策在完善过程中, 应该注意对水土保持的相关知识如水土保持的必要性、水土保持的相关法律与政策、生态补偿意识的宣传和教育的宣传和教育。

[作者简介] 党维勤(1966—), 男, 陕西绥德县人, 教授级高级工程师, 硕士, 主要从事水土保持试验研究及管理工作。

[收稿日期] 2011-03-15

(责任编辑 赵文礼)

1 标线法技术原理

标线法是用孔钻法或挖坑法在土壤足够深度处埋设一坚固物体,将尼龙线(标线)系于该物体上,垂直拉至地面以上,回填孔、坑,使地面以上的标线保留一定的长度。侵蚀(堆积)发生前后地面以上标线长度的差值,即为该点的土壤侵蚀(堆积)深度(图1)。其计算式为

$$\Delta H = H - H_0 \quad (1)$$

式中: ΔH 为土壤侵蚀(堆积)深度,cm; H 为侵蚀(堆积)发生后地面以上尼龙测线的长度,cm; H_0 为侵蚀(堆积)发生前地面以上尼龙测线的初始长度,cm。

尼龙标线平铺于地面,既细又柔软,对径流和风的流场基本没有影响,也不妨碍犁耕作业,因此适合测定流水和风力所引起的土壤侵蚀(堆积)及由犁耕所引起的地块内土壤的再分布。试验地块选择好后,用皮尺测量划好行(列),标定埋线位置,再打孔埋线。在试验地块边做好行(列)的标记,记录每行(列)各点距地块边的距离,便于以后寻找各点的尼龙标线。

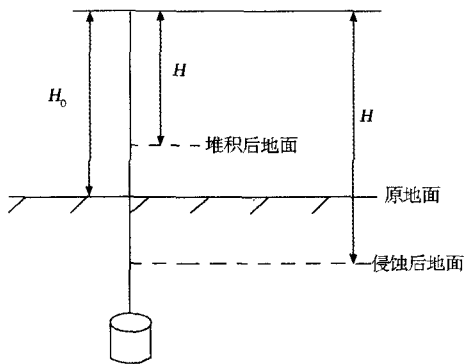


图1 标线法监测土壤流失(堆积)的基本原理示意

2 犁耕侵蚀测定试验

2009年11月,我们在贵州普定县贵阳地球化学研究所普定试验站所在的陈旗小流域开展了标线法测定犁耕侵蚀的试验研究。试验地块为流域右岸坡麓的一块缓坡旱地,地块顺坡长24.2 m,坡度3°,宽度大于50 m,土壤为黄色石灰土,种植玉米+油菜两熟作物。每年用牛犁耕两次,横坡翻耕,犁耕土堡一次翻向上坡、一次翻向下坡,犁耕深度约12 cm。试验地的玉米已收割,油菜还未种植。犁耕侵蚀试验区选择在地块中部,采用网格法布置了5列9行共45个埋线点,列距1.5 m,行距大部分为3.0 m,坡顶和坡脚处的行距略少。在试验区东约10 m的近上部坡沿处有一卧牛石,该石露出地面的高度为20 cm,据地块主人讲,此卧牛石30年前尚未露出地面。埋设于地下的为直径2 cm、壁厚3 mm、长5 cm的PVC短管,用尼龙标线系于管壁(所使用的尼龙标线为5号钓鱼线,标准直径为0.37 mm)。将PVC短管垂直放置于地面,再将相同直径的钢管置于PVC短管之上,锤击钢管将系好尼龙标线的PVC短管打入土壤,入土深度30 cm左右;提起钢管,回填土孔,用脚踏实填土后,用钢卷尺量测地面以上保留的尼龙标线长度(30 cm左右)。雇请地块主人按传统方法犁耕10次,横坡翻耕,犁耕土堡一次

翻向上坡、一次翻向下坡。犁耕的地块宽度8.5 m,略大于试验区宽度6.0 m。犁耕结束后,耙平地面,寻找到埋线点后,用脚踏实埋线点处的土壤,使土壤紧实度尽可能接近犁耕前的土壤,再用钢卷尺量测地面以上的尼龙标线长度。此次试验后,埋设的尼龙标线将长期保存,用于试验地块径流和犁耕叠加侵蚀的长期监测。

3 试验结果与讨论

各埋线点犁耕前后量测的地面以上尼龙标线长度的差值即为该点的犁耕侵蚀(堆积)深度。由图2中5列9行犁耕侵蚀(堆积)深度的平均值的顺坡变化可知,占总坡长约2/3、 $L=18.9$ m以上的地块中上部,犁耕导致土壤流失,坡顶的侵蚀深度最大,第一行平均值为-3.0 cm,顺坡向下侵蚀深度逐渐减少。以每年犁耕2次计,则10次犁耕相当于5年耕种,坡顶的侵蚀速率为0.67 cm/a,和卧牛石30年露出20 cm的实际情况相符;占总坡长约1/3、 $L=18.9$ m以下的地块下部,犁耕引起土壤堆积,堆积深度顺坡向下迅速增加,在坡脚处最大,平均值为5.7 cm。侵蚀和堆积区的坡长约分别占总坡长的2/3和1/3。犁耕也引起了土壤横坡方向的迁移,中间3列B、C、D各埋线点侵蚀、堆积深度的和分别为-4.2、-5.6和-7.8 cm,表明这3列土壤明显流失;边列A和E的和分别为7.0和10.4 cm,表明土壤有堆积。据地块主人介绍,横坡犁耕不可避免地要将地块中部的土壤搬运到地块的两侧,造成整个地块的地面呈簸箕形,中间低两边高。

行距 (m)	列距 (m)					卧牛石
	0	1.5	3.0	4.5	6.0	
1.0	-2.1	-3.4	-5.9	-6.3	2.9	卧牛石
3.9	-0.8	-4.9	-2.9	-2.2	-0.3	
6.9	-0.2	-2	-2	1.6	2.2	
9.9	-7.7	0.5	-0.2	-2.2	0	
12.9	0.3	-1.8	-3.4	0.9	-1.0	
15.9	-1.6	3.9	-2.9	-5.2	-0.6	
18.9	8.5	-2.2	-1.5	1.4	-1.4	
21.9	6.3	-0.6	2.6	1.6	4.1	
23.9	4.3	6.3	10.6	2.6	4.5	
24.2	A	B	C	D	E	

注:图中负值表示侵蚀,正值表示堆积,单位为cm。

图2 试验地横坡犁耕10次后各埋线点的土壤侵蚀(堆积)量

犁耕使得地块内土壤重新分布,但不将土壤带出地块,理论上地块内土壤流失、堆积的总量为0。根据5列各行的侵蚀(堆积)深度平均值(表1),用加权法计算了试验区单宽断面的土壤流失(堆积)体积总量。计算式为

$$\Delta W = 1/200 \times [(h_0 + h_1)L_1 + (h_1 + h_2)L_2 + \dots + (h_n + h_{n+1})L_{n+1}] \quad (2)$$

式中: ΔW 为单宽断面的土壤流失(堆积)体积总量, m^3/m ; h 为量测的各行土壤侵蚀(堆积)平均深度,cm; L 为行距,m。

表 1 试验地犁耕后标线长度随坡长的变化

项目	坡长(m)									
	1	3.9	6.9	9.9	12.9	15.9	18.9	21.9	23.9	
标线长度 变化 平均值 (cm)	量测值	-3	-2.2	0	-1.9	-1	-1.3	1	2.8	5.7
	校正值	-2.86	-2.06	0.14	-1.76	-0.86	-1.16	1.15	2.95	5.85

计算求得试验区单宽断面的土壤流失(堆积)体积总量不等于 0, 为 $-0.0328 \text{ m}^3/\text{m}$, 说明试验区存在着土壤流失。我们认为, 这是土壤假“流失”, 造成这一现象的主要原因有三: ①如前所述的横坡犁耕将部分土壤带出埋线试验区; ②用脚踏实的犁耕后埋线点处土壤的紧实度可能高于犁耕前的土壤。③测量误差, 包括读数误差和尺子平衡误差。为了计算顺坡运移土壤的犁耕通量, 取试验区单宽断面的土壤流失(堆积)体积总量 $\Delta W=0$, 对各行的侵蚀(堆积)量测平均值进行了校正。计算式为

$$h_x = h + 100 \times (0.0328/24.2) = h + 0.14 \quad (3)$$

式中: h_x 为校正后的土壤侵蚀(堆积)深度, cm。

根据校正后的各行侵蚀和堆积深度的平均值, 采用加权法计算的试验区单宽断面土壤流失量和堆积体积总量分别为 $0.208, 0.210 \text{ m}^3/\text{m}$, 两值差别不大。取两值的平均值 $0.209 \text{ m}^3/\text{m}$, 土壤容重 $\gamma = 1.2 \text{ g}/\text{cm}^3$, 1 年犁耕 2 次, 求得试验地块的顺坡犁耕通量为 $52.6 \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{a})$ 。此值和傅瓦利等用小石子示踪法测得的重庆中梁山黄色石灰土的犁耕通量值 $42.4 \sim 61.5 \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{a})$ 、缓坡地的犁耕通量值 $42.4 \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{a})$ ^[15-16] 相符, 也和其他研究者测得的黄土高原黄绵土和川中丘陵区紫色土的犁耕通量值 $24.1 \sim 67.2 \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{a})$ 相吻合^[9-14]。

4 结 语

(1) 用标线法测定土壤侵蚀简便易行、投入低, 标线隐蔽性强、不易被发现破坏。测得的试验地块坡顶的犁耕侵蚀速率和实际情况相符, 地块的顺坡犁耕通量和其他研究者用小石子或 ^{137}Cs 、 ^{210}Pb 核素示踪法测得的犁耕通量基本一致, 说明了这种方法的测定结果是可靠的。

(2) 标线法解决了侵蚀针或标桩法可能于扰径流和风流场的问题, 又不妨碍犁耕, 可广泛应用于流水侵蚀、风蚀和犁耕侵蚀的长期监测。标线法测得的是土壤点侵蚀(堆积)量值, 有别于径流小区测得的是面平均侵蚀情况, 非常适用于侵蚀顺坡变化的研究。

【参考文献】

- [1] Kirkby M J, Morgen R P C. Soil Erosion [M]. Chichester, UK: John Wiley & Sons Ltd, 1980.
- [2] 卜兆宏, 刘绍清, 周伏建, 等. 水土流失定量遥感方法及其应用的研究[J]. 土壤学报, 1997, 34 (3): 235 - 245.
- [3] Walling D E, Quine T A. Use of caesium-137 to investigate patterns and rates of soil erosion on arable fields [C]//Soil Erosion on Agricultural Land. Chichester, UK: John Wiley & Sons Ltd, 1990: 33 - 53.
- [4] Lobb D A, Kachanoski R G, Miller M H. Tillage translocation and tillage erosion on shoulder slope landscape positions meas-

ured using ^{137}Cs as a tracer [J]. Canada Journal of Soil Science, 1995, 75 (3): 211 - 218.

- [5] Quine T A, Govers G, Walling D E, et al. Erosion processes and landform evolution on agriculture land-new perspectives from ^{137}Cs measurements and topographic-based erosion modeling [J]. Earth Surface Processes and Landforms, 1997, 22 (3): 799 - 816.
- [6] Lindstrom M J, Schumacher J A, Schumacher T E. A tillage erosion prediction model to calculate soil translocation rates from tillage [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2000, 58: 105 - 108.
- [7] Schumacher T E, Lindstrom M J, Schumacher J A, et al. Modeling spatial variation in productivity due to tillage and water erosion [J]. Soil Tillage Research, 1999, 51 (2): 331 - 339.
- [8] Covers G, Lobb D A, Quine T A. Tillage erosion and Translocation: emergence of a new paradigm in soil erosion research [J]. Soil and Tillage Research, 1999, 51 (1): 167 - 174.
- [9] Zhang X B, Walling D E, Quine T A, et al. Use of reservoir deposits and Caesium-137 measurements to investigate the erosion response of a small drainage basin in the rolling Loess Plateau region of China [J]. Land Degradation & Development, 1997, 19 (3): 1 - 6.
- [10] 张信宝, 李少龙, Quine T A, 等. 犁耕作用对 ^{137}Cs 法测算农耕地土壤侵蚀量的影响 [J]. 科学通报, 1993, 38 (22): 2072.
- [11] Quine T A, Walling D E, Zhang X B, et al. Investigation of soil erosion on terraced fields near Yanting, Sichuan Province, China, using Caesium-137 [C]. Wallin D E, Davies T R, Hasholt B. Erosion, Debris Flows and Environment in Mountain Regions, 1992: 155 - 168.
- [12] 张建辉, 李勇, David A L, 等. 我国南方丘陵区土壤耕作侵蚀的定量研究 [J]. 水土保持学报, 2001, 15 (2): 1 - 4.
- [13] 王占礼, 邵明安, 雷廷武. 黄土区耕作侵蚀及其对总土壤侵蚀贡献的空间格局 [J]. 生态学报, 2003, 23 (7): 1328 - 1335.
- [14] 苏正安, 张建辉, 周维. 川中丘陵区耕作侵蚀对土壤侵蚀贡献的定量研究 [J]. 山地学报, 2006, 24 (Z1): 64 - 70.
- [15] 贾红杰, 傅瓦利. 岩溶区坡地耕作侵蚀过程中的土壤再分布研究 [J]. 土壤, 2008, 40 (6): 986 - 991.
- [16] 傅瓦利, 贾红杰, 张文晖, 等. 岩溶山区土壤耕作侵蚀研究——以重庆市中梁山为例 [J]. 中国岩溶, 2006, 25 (2): 152 - 156.

【作者简介】张信宝(1946—), 男, 江苏镇江市人, 研究员, 博导, 主要从事土壤侵蚀与水土保持研究工作。

【收稿日期】2011-02-15

(责任编辑 赵文礼)