

The Research Progress of the ^{137}Cs Method about Soil Erosion in Southwest

Chengyi Duan

School of Tourism and Geographical Science, Yunnan Normal University, Kunming Yunnan
Email: 1508438425@qq.com

Received: Nov. 2nd, 2018; accepted: Nov. 19th, 2018; published: Nov. 26th, 2018

Abstract

The ^{137}Cs method is a reliable, fast and economical way on the research of soil erosion. It has been applied to the research of soil erosion in southwest. This research concentrates on four aspects including soil erosion rate and the factor of influence, deposition rate, sediment source and sediment dating. The ^{137}Cs method will unite other nucleus to research on soil erosion in the future, and it will have more wide application space.

Keywords

Southwest Region, Soil Erosion, ^{137}Cs Tracing Technology

西南地区土壤侵蚀 ^{137}Cs 法研究进展

段承一

云南师范大学旅游与地理科学学院, 云南 昆明
Email: 1508438425@qq.com

收稿日期: 2018年11月2日; 录用日期: 2018年11月19日; 发布日期: 2018年11月26日

摘 要

^{137}Cs 法是研究土壤侵蚀的一种可靠、快速、经济的方法, 现已普遍应用到西南地区土壤侵蚀研究。西南地区 ^{137}Cs 研究主要集中于: 土壤侵蚀速率及影响因子、沉积速率、泥沙来源和泥沙断代等四个方面。未来 ^{137}Cs 与其他核素联合研究土壤侵蚀, 将具有更加宽阔的应用空间。

关键词

西南地区, 土壤侵蚀, ^{137}Cs 法

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

中国西南地区包括云南省、贵州省、四川省、西藏自治区、重庆市等五个省(区、市), 总面积达 232.67 万平方公里, 约占全国的 24%。该地区地形结构复杂, 以高原、山地为主, 自然地质灾害频发, 土层贫瘠, 土壤侵蚀水平较重, 水土流失量大。西南地区以坡耕地侵蚀和石漠化为主要特征的环境问题日趋严重, 西南地区的土壤侵蚀问题受到了愈来愈多的重视。

自 1877 年德国土壤学家 Ewald Wollny 的布设径流小区研究起, 关于土壤侵蚀的研究已有 140 余年。土壤侵蚀研究的传统方法包括实地调查法、径流小区法、水文法、侵蚀针法、模型估算法和遥感监测法等, 传统方法存在改变自然地形、工作效率低、研究周期长的局限性。 ^{137}Cs 法在不改变原始地貌的条件下, 通过测定土壤剖面中 ^{137}Cs 含量的分布差异, 能较快地分析一个坡面乃至一个流域中长期的土壤侵蚀、沉降的空间特征。与传统方法相比, ^{137}Cs 法具有操作简便、分析精度和量化程度较高、测定快速、费用低的优越性。国外使用 ^{137}Cs 法研究土壤侵蚀始于 20 世纪 60 年代初, 而在国内则于 20 世纪 80 年代末由张信宝等最早将该方法应用到土壤侵蚀研究中来。

2. ^{137}Cs 法的原理

2.1. ^{137}Cs 的来源

自然界中不存在天然 ^{137}Cs , 地表土壤中的 ^{137}Cs 系人为来源。 ^{137}Cs 源于 20 世纪 50~70 年代的大气核试验及 1986 年前苏联切尔诺贝利核电站泄漏产生的 ^{137}Cs , 半衰期为 30.2a。核爆炸产生的 ^{137}Cs 进入平流层后在全球范围内分布, 进入对流层后随降水或降尘到达表层土壤[1]。

2.2. ^{137}Cs 成为土壤侵蚀的示踪剂

^{137}Cs 降落到地面之后, 被土壤颗粒吸附, 且不被淋溶流失和植物吸收。 ^{137}Cs 以后的移动主要伴随土壤颗粒发生机械迁移, 故 ^{137}Cs 被用作土壤侵蚀的示踪剂。

2.3. ^{137}Cs 在土壤剖面的分布

非农耕地土壤剖面中, 0~5 cm 土壤表层的 ^{137}Cs 含量最高, 向下呈指数衰减, 20 cm 深度以下基本不含 ^{137}Cs ; 农耕地土壤剖面中, ^{137}Cs 基本均匀分布于犁耕层深度内[2]。土壤中 ^{137}Cs 的流失数量与土壤的流失数量呈正相关, 根据 ^{137}Cs 在土壤剖面中的数量同背景值对比, 进而确认采样点是侵蚀还是沉积。当土壤剖面中 ^{137}Cs 值小于背景值, 意味着该剖面处存在土壤流失; 大于背景值, 表明该剖面处有土壤沉积[3]。

2.4. ^{137}Cs 在土壤侵蚀中的应用

^{137}Cs 法应用在土壤侵蚀定量计算的应该解决两个重要问题。

其一, 如何确定研究区域 ^{137}Cs 的背景值, 计算输出或输入土壤剖面的 ^{137}Cs 量[4]。背景值由监测的长期放射性沉降数据计算得到, 或者利用研究区域中无侵蚀且无沉积发生部位的土壤 ^{137}Cs 含量来取代。一般而言, 背景值采样点选取在历史上未发生侵蚀和沉积且未受到人类活动干扰的标准剖面。采样点可以考虑是草地、森林、上个世纪 50 年代前修建的梯田及坟地样点。 ^{137}Cs 在小范围内存在空间差异性, 因而采用多个样点的平均值才能较准确地代表该研究区域 ^{137}Cs 的背景值。

其二, 如何确定土壤的 ^{137}Cs 输入或输出量占该区域土壤 ^{137}Cs 背景值的比率与土壤侵蚀量之间的定量关系, 即土壤侵蚀估算的定量模型[4]。定量模型分为经验模型和理论模型。经验模型已经被淘汰。理论模型是在土壤侵蚀理论上, 综合分析归纳影响土壤侵蚀各因素, 建立土壤侵蚀速率与土壤剖面 ^{137}Cs 流失数量的因果联系。

2.5. ^{137}Cs 法研究土壤侵蚀的优劣势

^{137}Cs 法的独特优势: ^{137}Cs 是大气核试验产生的人工放射性核素, 其自然背景值为 0, 没有自然背景值的干扰; ^{137}Cs 化学性质稳定, 与土壤颗粒强烈吸附, 通常状况下, 某一地点 ^{137}Cs 含量的减少只与衰变和伴随土壤颗粒侵蚀流失有关; 在土壤中的 ^{137}Cs 含量比较适中, 方便样品采集和测定。 ^{137}Cs 法可以解决传统方法所不能提供的侵蚀与沉积的信息, 该技术能够判定具体颗粒侵蚀与沉积及侵蚀泥沙的来源, 还可以对土壤侵蚀的空间变化、土壤不同层次的形成年代、土壤迁移的空间分配进行研究, 并估算长期(大约 40 a)的土壤侵蚀量[5]。故该法具有可靠、快速、经济的优点。

^{137}Cs 法的局限性: ^{137}Cs 的半衰期为 30.12a, 仅适用于中长期的侵蚀量宏观计算; 由于采用表层土壤含量比较法, 对于侵蚀严重地带, 对于侵蚀严重地带, 含 ^{137}Cs 土层多侵蚀殆尽, 限制了该法的应用[6]; ^{137}Cs 最早沉降发生在 1954 年, 不可能测算更早年代沉积; 是一种间接的土壤侵蚀研究方法, 依赖各种模型将观测到 ^{137}Cs 含量分布转换为土壤侵蚀或沉积的空间再分布, 所有的转换模型都包含一定假设条件, 必然会导致研究结果的不确定性[7]。

3. 西南地区土壤侵蚀 ^{137}Cs 法研究进展

3.1. 土壤侵蚀速率及影响因子研究进展

张信宝等在蒋家沟小流域的土壤侵蚀 ^{137}Cs 法研究时, 发现土壤侵蚀强度的顺序为裸坡地 > 农耕地 > 荒草地 > 林地[8]。随后, 张信宝等以四川盐亭、甘肃西峰梯田为例, 分析了犁耕作用对农耕地内 ^{137}Cs 再分布的影响, 计算了犁耕通量和犁耕剥蚀量, 讨论了以往 ^{137}Cs 法测算农耕地土壤侵蚀工作中未考虑犁耕作用存在的主要问题, 并提出了新的土壤侵蚀量计算公式[9]。张燕等运用 ^{137}Cs 法估算滇池流域土壤侵蚀, 发现地形地貌、土地利用方式和具体耕作措施均会改变土壤侵蚀状况, 滇池流域的土壤侵蚀速率为园地 > 旱地 > 水田[10]。张明礼等运用 ^{137}Cs 法估算昆明市呈贡县洛羊镇果林水库岸边水海子片区土壤侵蚀时, 发现坡不同部位的土壤侵蚀速率大小顺序为坡中部 > 坡下部 > 坡上部, 坡位是影响土壤侵蚀的重要因素[11]。董杰等运用 ^{137}Cs 法研究三峡库区土壤侵蚀速率时, 发现不同土地利用类型中, 土壤侵蚀强度的大小顺序为: 耕地 > 园地 > 草地 > 荒地 > 林地; 不同坡度段土壤侵蚀强度差别不大, 由强到弱依次为 $5^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 、 $0^{\circ}\sim 5^{\circ}$ 、 $25^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 、 $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 和 $>35^{\circ}$ 坡度段, 皆属轻度侵蚀[3]。张治伟等在重庆南川岩溶区的土壤侵蚀 ^{137}Cs 法研究时, 发现岩溶坡地不同侵蚀程度的土壤侵蚀强度及其特点[12]。严冬春等研究了黔中高原岩溶丘陵坡地土壤剖面中 ^{137}Cs 的分布情况, 判断 ^{137}Cs 法暂时不适合直接用于基岩型岩溶坡地土壤侵蚀速率的调查[13]。梁家伟等以贵州威宁草海小沙河流域为例, 运用 ^{137}Cs 法研究岩溶高原湿地小流域的土壤侵蚀特征[14]。高军等运用 ^{137}Cs 法研究了卧龙自然保护区的水土保持能力[15]。严平等初步查明了青藏高原土壤的 ^{137}Cs 背景值且测定了 ^{137}Cs 活度, 分析类型不同土壤的现代风蚀过, 得到

了土壤风蚀速率[16]。余洁芳等以云南富源县海田后山为例,用 ^{137}Cs 法研究红裸土时,发现红裸土景观的形成应是植被破坏后土壤侵蚀加剧的结果[17]。

3.2. 沉积速率研究进展

万国江率先运用 ^{137}Cs 法在云南洱海和贵州红枫湖沉积物做沉积速率研究[18]。李春梅等对贵州省西南部麦岗水库沉积物采用 ^{137}Cs 与 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 复合核素示踪技术研究,发现麦岗水库沉积物近几十年以来经历了从慢到快、再到慢的沉积过程[19]。

何永彬等运用 ^{137}Cs 法研究了贵州茂兰峰丛森林洼地的泥沙堆积速率,得出1963年以来坡格森林洼地的堆积速率接近于0[20]。

3.3. 泥沙来源研究进展

^{137}Cs 法是研究流域泥沙主要来源的可靠方法之一。张信宝等运用 ^{137}Cs 法研究滇东北蒋家沟流域的土壤侵蚀,分析泥石流细粒泥沙、粗粒泥沙主要来源于裸坡地[8]。文安邦等运用 ^{137}Cs 法研究了长江上游地区的土壤侵蚀状况,并调查了长江上游云贵高原区泥沙来源[21][22][23][24]。张信宝等将 ^{137}Cs 和 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 复合核素示踪法应用于川中丘陵区武家沟小流域泥沙来源的研究表明, ^{137}Cs 和 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 复合核素示踪法具有确定3种源地的泥沙来源的潜力,作者运用混合模型求得武家沟小流域林地、农地、和裸坡地的相对来沙量分别为18%、46%和36%,并认为农台地和裸坡地是流域内最重要和次重要的泥沙来源[25]。

3.4. 泥沙断代研究进展

国内万国江等首先将 ^{137}Cs 计年法应用于红枫湖沉积物剖面的侵蚀示踪研究[26]。贺秀斌等利用1970年后湖库沉积剖面中 ^{137}Cs 法浓度递减速率,得出具有较高的精确度的农耕和非农耕流域平均表层侵蚀速率的理论模型[27]。曾理等参考文献资料归纳了中国湖泊沉积物中 ^{137}Cs 的分布特点和影响因子,影响因子是地貌、海拔、纬度、降雨、植被和人为活动[28]。张信宝对国内一些湖泊沉积剖面异于典型剖面的原因、不存在1974年的次蓄积峰、青藏高原大气污染核事故的屏蔽作用三个方面进行了探讨研究[29]。齐永青等探讨了川中丘陵区 and 三峡库区塘库沉积的 ^{137}Cs 的特点,得到了1963年以来的塘库淤沙量,且依据淤积面积计算了淤沙模数,结合塘库管理和流域上游泥沙淤积情况分析了流域输沙模数和侵蚀模数[30]。

4. ^{137}Cs 法的应用与展望

国内 ^{137}Cs 法研究土壤侵蚀至今已有30余年,发展迅速,并取得很多成果。在西南地区土壤侵蚀 ^{137}Cs 法研究中,应注重以下几个方面的研究:

1) 寻找最佳替代同位素

随着核试验的减少和 ^{137}Cs 半衰期的到来,寻找取代 ^{137}Cs 的同位素已迫在眉睫。例如 ^{210}Pb 与 ^{137}Cs 在土壤剖面中分布随深度的增加呈指数减少的相似性,以及随土壤迁移规律的一致性和仪器、测试技术的共同性, ^{210}Pb 可发展成为 ^{137}Cs 的最佳替代同位素。此外, $^{239+240}\text{Pu}$ 示踪技术也将成为一个发展方向。

2) 发展复合核素示踪技术

^{137}Cs 法有其局限性,如 ^{137}Cs 法存在核素分布差异性大的问题,复合核素示踪则可降低核素分布的差异性,提高分析精度。应用 ^{137}Cs 和 ^{210}Pb 复合示踪土壤侵蚀、估算土壤侵蚀速率,是今后发展的必然趋势。

3) 与GIS等研究方法相结合

^{137}Cs 法在西南地区土壤侵蚀研究的诸多方面上发展缓慢,如 ^{137}Cs 法在大尺度范围内的应用、土壤

侵蚀环境等方面的研究。在今后的研究中,应加强利用 ^{137}Cs 法在这些方面的定量研究工作,并与其他研究方法如GIS等相结合,相辅相成以期更深入理解土壤侵蚀作用机理,为建立西南地区土壤侵蚀物理预报模型提供支持。

4) 计算模型的验证与发展

在 ^{137}Cs 法示踪土壤侵蚀的已有研究中,对侵蚀模型所得数据验证不足。基于当前计算模型缺乏相对严格验证的问题,今后研究的重点仍是对 ^{137}Cs 法计算模型的验证和修正研究。

5. 结论

西南地区的土壤侵蚀问题突出, ^{137}Cs 法在不同小流域的适用性问题也亟待解决。应用 ^{137}Cs 法示踪土壤侵蚀,首先,应该确定 ^{137}Cs 法的适用性,即研究区内存在合适的背景值样点、研究区内含 ^{137}Cs 土层未侵蚀完全;其次,对 ^{137}Cs 法侵蚀模型所得数据进行严格验证;再次,合理地结合其他方法共同研究,例如, ^{137}Cs 法不能量化短时间内的侵蚀量,可以应用 ^7Be 示踪坡面的单次降水或季节性的土壤侵蚀。

参考文献

- [1] 唐强,鲍玉海,贺秀斌,等. 土壤侵蚀监测新方法和新技术[J]. 中国水土保持科学, 2011, 9(2): 11-18.
- [2] 张信宝,贺秀斌,文安邦,等. 侵蚀泥沙研究的 ^{137}Cs 核示踪技术[J]. 水土保持研究, 2007, 14(2): 152-154.
- [3] 董杰,杨达源,周彬,等. ^{137}Cs 示踪三峡库区土壤侵蚀速率研究[J]. 水土保持学报, 2006, 20(6): 1-5, 66.
- [4] 刘磊. 云南呈贡地区土壤侵蚀的 ^{137}Cs 示踪研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2008.
- [5] 王向荣,华璐,何婷婷. 基于 ^{137}Cs 示踪技术的土壤侵蚀研究进展[J]. 首都师范大学学报: 自然科学版, 2006, 27(6): 86-91.
- [6] 宋炜,刘普灵,郑良勇. 核素示踪在土壤侵蚀研究中的应用[J]. 水土保持研究, 2002, 9(1): 17-21.
- [7] 魏彦昌,欧阳志云,苗鸿,等. 放射性核素 ^{137}Cs 在土壤侵蚀研究中的应用[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(3): 200-206.
- [8] 张信宝,汪阳春,李少龙,等. 蒋家沟流域土壤侵蚀及泥石流细粒物质来源的 ^{137}Cs 法初步研究[J]. 中国水土保持, 1992(2): 28-31.
- [9] 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): 2072-2076.
- [10] 张燕,彭补拙,陈捷. ^{137}Cs 示踪法估算滇池流域土壤侵蚀[J]. 核农学报, 2005, 19(2): 125-128.
- [11] 张明礼,杨浩,高明,等. 利用 ^{137}Cs 示踪技术研究滇池流域土壤侵蚀[J]. 土壤学报, 2008, 45(6): 1017-1025.
- [12] 张治伟,傅瓦利,张洪,等. 岩溶坡地土壤侵蚀强度的 ^{137}Cs 法研究[J]. 山地学报, 2007, 25(3): 302-308.
- [13] 严冬春,文安邦,鲍玉海,等. 黔中高原岩溶丘陵坡地土壤中的 ^{137}Cs 分布[J]. 地球与环境, 2008, 36(4): 342-347.
- [14] 梁家伟,戴全厚,张曦,等. ^{137}Cs 技术研究岩溶高原湿地小流域土壤侵蚀特征[J]. 核农学报, 2014, 28(1): 0116-0122.
- [15] 高军,欧阳志云. ^{137}Cs 在卧龙自然保护区土壤中的分布特征[J]. 中国水土保持, 2006(12): 31-33.
- [16] 严平,董光荣,张信宝,等. ^{137}Cs 法测定青藏高原土壤风蚀的初步结果[J]. 科学通报, 2000, 45(2): 199-204.
- [17] 余洁芳,王嘉学,许路艳,等. 基于 ^{137}Cs 示踪法的滇东喀斯特“红裸土”景观形成的侵蚀证据研究[J]. 中国农学通报, 2015, 31(24): 195-198.
- [18] 万国江. 现代沉积年分辨的 ^{137}Cs 计年: 以云南洱海和贵州红枫湖为例[J]. 第四纪研究, 1999(1): 73-80.
- [19] 李红梅,王红亚. 贵州省西南部麦岗水库沉积物的 ^{137}Cs 与 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 测年与沉积速率研究[J]. 水土保持通报, 2010, 30(2): 215-219.
- [20] 何永彬,李豪,张信宝,等. 贵州茂兰峰丛森林洼地泥沙堆积速率的 ^{137}Cs 示踪研究[J]. 地球与环境, 2009, 37(4): 366-372.
- [21] 文安邦,张信宝,王玉宽,等. 长江上游云贵高原区泥沙来源的 ^{137}Cs 法研究[J]. 水土保持学报, 2000, 14(2): 25-27, 103.

- [22] 文安邦, 刘淑珍, 范建容, 等. 雅鲁藏布江中游地区土壤侵蚀的 ^{137}Cs 示踪法研究[J]. 水土保持学报, 2000, 14(4): 47-50.
- [23] 文安邦, 张信宝, 王玉宽, 等. 长江上游紫色土坡耕地土壤侵蚀 ^{137}Cs 示踪法研究[J]. 山地学报, 2001, 19(S1): 56-59.
- [24] 文安邦, 张信宝, 张一云, 等. 云南东川泥石流沟与非泥石流沟 ^{137}Cs 示踪法物源研究[J]. 泥沙研究, 2003(4): 52-56.
- [25] 张信宝, 贺秀斌, 文安邦, 等. 川中丘陵区小流域泥沙来源的 ^{137}Cs 和 ^{210}P 双同位素法研究[J]. 科学通报, 2004, 49(15): 1537-1541.
- [26] 万国江, 林文祝, 黄荣贵, 等. 红枫湖沉积物 ^{137}Cs 垂直剖面的计年特征及侵蚀示踪[J]. 科学通报, 1992, 37(9): 1490-1493.
- [27] 贺秀斌, 张信宝, Walling, D.E. 基于湖库沉积剖面 ^{137}Cs 变化的流域表层侵蚀速率计算模型[J]. 自然科学进展, 2005, 15(4): 495-498.
- [28] 曾理, 吴丰昌, 万国江, 等. 中国地区湖泊沉积物中 ^{137}Cs 分布特征和环境意义[J]. 湖泊科学, 2009, 21(1): 1-9.
- [29] 张信宝. 有关湖泊沉积 ^{137}Cs 深度分布资料解译的探讨[J]. 山地学报, 2005, 23(3): 294-299.
- [30] 齐永青, 张信宝, 贺秀斌, 等. 川中丘陵区 and 三峡地区小流域侵蚀产沙的塘库沉积 ^{137}Cs 断代[J]. 地理研究, 2006, 25(4): 641-648.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2330-1724, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ojs@hanspub.org