

# 综 述 土壤侵蚀与非点源污染预测控制\*

李清河<sup>1</sup>, 李昌哲<sup>1</sup>, 孙保平<sup>2</sup>, 孙立达<sup>2</sup>

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091; 2. 北京林业大学水土保持学院, 北京 100083)

**摘 要** 土壤侵蚀与非点源污染是两大重要的环境问题。讨论了这两个问题的定量化预测与控制措施, 并阐述了它们的相互关系。这有望进一步推进中国水土保持学科领域的研究内容。

**关键词:** 土壤侵蚀 非点源污染 预测 控制

文章编号: 1000-288X(1999)04-0054-04 文献标识码: A 中图分类号: S157.1, X501

## Prediction and Control of Soil Erosion and Non-point Sources Pollution

LI Qing-he<sup>1</sup>, LI Chang-zhe<sup>1</sup>, SUN Bao-ping<sup>2</sup>, SUN Li-da<sup>2</sup>

(1. *Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, PRC;*

*2. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, PRC)*

**Abstract** Soil erosion and non-point source pollution are two serious environmental issues. Researches on how to predict and control these problems are discussed. The relationship between them is also stated. This is helpful to advance the research content of the field of soil and water conservation science.

**Keywords** soil erosion; non-point sources pollution; prediction; control

随着人类经济活动的不断加剧,环境问题已引起了国际社会的广泛关注。严重的土壤侵蚀可导致生态环境恶化,土地生产潜力下降。而近年来发展迅速的城市化、农田化肥、农药剂量的急剧增加和水土流失等,使得非点源污染问题也日益突出,导致水环境污染,水质下降。

污染物的发生源可以分为点源和非点源 2 种,非点源是相应于点源的重要污染源类型,它是导致环境污染的重要因素。所谓非点源污染是指在降雨径流的淋洗和冲刷作用下,大气、地面和地下的污染物进入江河、湖泊、水库和海洋等水体而造成的水体污染,它是与水文循环早期阶段有关的现象,也可称为降雨径流污染,它是发生在整个空间范围内的污染问题<sup>[1]</sup>。而点源污染是指通过如牧场、泉水、废物处理工厂等点源集中排放废污水所造成的污染。非点源污染的重要性随点源污染控制能力的提高而逐渐表现出来,特别是当点源污染控制水平达到一定程度后,非点源污染势必成为水环境污染的主要来源。非点源污染直接影响人类生存的环境质量,污染饮用水源,引起水体的富营养化,破坏水生生物的生存环境,造成土壤生产潜力和水质下降,严重影响人民生产、生活质量和福利水平的高低。非点源污染问题在我国各大小流域地区都很普遍,尤其在自然条件恶劣、水土流失严重的农业流域地区更为严重。

土壤侵蚀是指地表土壤在水或风的作用下,发生迁移和运动的现象。当侵蚀过程进展缓慢并能够保持自然生态系统平衡时,表现为正常侵蚀,而当自然生态系统的平衡受到干扰或破坏时,则为加速侵蚀或超常侵蚀。加速侵蚀会造成土粒和化学物质迁移和运动的危险<sup>[2]</sup>。而近年来工业化和城市化的进程已经明显地加剧了侵蚀的不利后果,加速侵蚀不仅威胁到土壤,而且也影响到水质。而水是另一种自然资源,它目前正遭到侵蚀物质运移的污染。因此我们在此

谈论的土壤侵蚀主要是指加速侵蚀,土壤侵蚀导致人类生存环境的恶化,加剧了人口、粮食、资源、环境间的矛盾,同时导致大批“环境难民”的产生。严重的土壤侵蚀直接破坏自然景观连续体,威胁道路、桥梁等交通设施。因此加强流域非点源污染与土壤侵蚀研究对于环境保护和实现流(区)域治理与可持续发展具有重要的理论和现实意义。

在过去的水土保持学科领域中,仅把土壤侵蚀作为对地表土层的破坏而影响农业生产的现象,在评价其不良影响时,往往强调侵蚀过程对改变土壤肥力的影响,进而说明对降低农业产量的影响<sup>[3]</sup>。现在人们已开始把注意力转向侵蚀所造成的其它恶果方面,如大量沉积物所引起的环境污染、农业区域地表径流迁移化学物质所造成的水源污染等。因此土壤侵蚀本身就是一种大范围内的非点源污染。非点源污染研究应该成为水土保持学科领域的研究内容,这样也可拓宽水土保持的学科研究领域。

## 1 土壤侵蚀与非点源污染定量研究

土壤侵蚀的定量化研究着重于土壤侵蚀量预报预测模型研究,进而可以对土壤侵蚀的速率和强度进行评价。随着水土保持工作的广泛开展,人们对定量计测土壤侵蚀量的要求日趋强烈,从而开始了土壤侵蚀量预测模型的研究工作。

土壤侵蚀量是正确评价综合治理对控制水土流失的作用,衡量流(区)域综合治理好坏的一个重要指标,也是布设水土保持措施,进行流(区)域治理规划的前提和依据。土壤侵蚀量预测能为水土保持规划提供基值,为评价土壤侵蚀的速率和强度提供指标,为制定、发展和实施水土保持法规条令提供参考,以便为生产单位服务,为流(区)域综合治理及总体规划、水利水电工程与生物工程的配置设计提供科学依据<sup>[4]</sup>。因此进行土壤侵蚀定量及土壤侵蚀评价研究具有十分重要的意义。

非点源污染是导致水质污染最主要的原因之一。近年来由于农药化肥施用量不断增加,使大多数河流富营养化,并有不断加剧之势,而且由于我国大部分地区生态环境恶劣,水土流失严重。随着对可持续发展认识的不断深入,研究和控制非点源污染已日益受到人们的关注。

非点源污染的定量研究就是对非点源污染负荷进行估算。非点源污染负荷定量化是水体污染管理规划和流域环境治理的重要基础工作。要定量估算一定时段内非点源污染负荷量,最基本的方法是监测所有降水过程的径流水质。但受客观条件限制,显然这是不可能的。因此在当前的研究工作中,一般采用水文模型与污染模型相接口的方法,应用与水文模型紧密相关的模型来模拟和估算非点源污染负荷是非点源污染评价研究的基本方法之一。非点源污染研究目的就是要分析它对接纳河流、湖泊等水体的水质产生的影响。因此要了解降雨径流对河流、湖泊等水体水质变化影响的规律,只估算非点源污染负荷还不够,必须开展非点源污染负荷与接纳水体水质模型接口的工作。

非点源污染负荷的定量估算方法主要有两种:一种是通过非点源污染物输出的迁移过程模拟,估算污染物的输出量,这种非点源污染负荷模型具有较高的精度,但对基础数据、技术手段等的要求较高。一种则不考虑污染物迁移过程,通过对接纳水体水质分析,依据各影响因子,得出非点源污染物输出量的统计模型,这类模型发展较快,已有广泛应用。但加强第一种模型的研究是必然趋势,现已得到广泛重视。

对于土壤侵蚀与非点源污染的定量化研究,自从 60-70 年代以来,其研究手段也获得很大发展。在初期的定量化研究阶段,其基本数据的获取几乎完全依赖于野外实地考察和监测,基础数据收集工作的劳动强度大,效率低,周期长,费用高。并且往往由于数据资料缺乏或可靠

性差等原因,影响其量化估算精度。70-80年代以来,遥感技术、人工模拟试验技术的应用,大大提高了研究工作的效率和精度,可以获取到野外工作中无法得到的数据。80-90年代以来,GIS技术在土壤侵蚀与非点源污染研究领域开始得到应用,具有快速、灵活、人机对话、图形显示等优点的GIS技术的应用,已成为当前这两大问题研究的热点。如GIS与通用土壤流失方程式(USLE)结合可估测土壤侵蚀率和侵蚀量<sup>[4]</sup>。因此土壤侵蚀和非点源污染定量模型目前正朝着计算机化、模块化、大型化方向发展,模型也注重从机理上探讨问题,使其应用范围不断扩大,对现场数据的依赖越来越小,这也是土壤侵蚀和非点源污染研究的发展趋势,具有广阔的发展前景<sup>[5]</sup>。

## 2 土壤侵蚀与非点源污染控制

鉴于人类社会经济活动的不断扩大,人们力图有目的地、经济地利用自然资源。为了预防和减轻土壤侵蚀与非点源污染的危害,有必要采取相应的控制管理措施。它们的目的就是保护两种最有价值的自然资源(即水资源和土地资源),防止水土资源的恶化对国民经济各部门(例如农业、水资源管理和人类环境)可能产生的严重后果。

土壤侵蚀控制的基本要求是综合治理。任何水蚀过程和侵蚀控制方案的评价都应以流域作为基本单元。在流域内采取系统的措施能够适当地改善径流条件。

水土保持上的土壤侵蚀控制措施体系有土地利用规划措施、水土保持技术措施、组织管理措施、法律措施。水土保持技术措施包括:农业技术措施有深翻改土、草田轮作、修梯田、筑沟头埂等;工程措施有修建小水库、淤地坝、谷坊等;林草措施有水源涵养林、护坡林、保护和改良天然草地等。土壤侵蚀控制措施的目标,就是把侵蚀速率进而把土壤和污染物的流失量控制在地表水质标准可以接受的限度内,以及满足保护某些土地的需要。它们主要是通过两种途径来实现的,即使表土稳定化或以植被覆盖的方法来减少雨滴的打击力以保护土壤;通过降低坡度等方式减少径流流速和流量等手段来削减径流的侵蚀力。另外具有约束力的强制执行的法律法规对土壤侵蚀控制也具有显著效果。

土壤侵蚀控制技术在过去几十年里的发展和应用取得了巨大的成绩。然而在我国,侵蚀和泥沙依然是重大的全国性问题。这是由于人们不愿主动采取控制措施而造成的,但在很大程度上,也是现代社会发展的结果。人口的增长,导致对资源的过度索取,使许多已经稳定的土地又发生了土壤侵蚀<sup>[6]</sup>。同时,在非点源污染的水质控制方面迅速增长的兴趣,又对土壤侵蚀控制目标和土壤流失预测预报带来了新的要求。这就使得我们平时在流域综合治理的过程中,侵蚀控制措施不仅要使土壤免遭侵蚀,更应该把不能污染下游水质作为更深一层的目标。

根据非点源污染的含义,对非点源污染的控制管理包括两个方面:一是对污染源的控制,二是对污染物扩散途径的控制。对于污染源的控制,应根据不同的污染类型,采取不同的控制措施。例如对于农业非点源污染,应尽量减少或控制农药、化肥的施用量;城市非点源污染源包括工厂和机动车辆排放的废气、大气降尘、植物枯枝落叶、生活垃圾、建筑材料、建筑工地的泥土等。因此应保持城市地面的清洁,减少污染物的存在。另外对此还需制定合理的政策法规和实行科学的管理,例如鼓励农民采用科学的农业管理方式,发展生态农业。建立非点源污染监测与管理机构,以便在非点源污染物形成之前就消除它,以控制其污染危害。

70年代,美国在非点源污染的管理与控制实践中,提出了“最佳管理措施”(Best Management Practices-BMPs)。US EPA将其定义为:“任何能够减少或预防水资源污染的方法、措施或操作程序,包括工程、非工程措施的操作和维护程序”。它是预防或消减非点源污

染负荷使水质符合水质标准的最有效的实际措施,在控制非点源污染中占有极为重要的地位。“最佳管理措施”应符合下述要求:(1) 控制由非点源产生的污染;(2) 使水质符合一定的水质标准;(3) 在预防和消减非点源污染负荷方面是最有效的;(4) 措施切实可行。现已提出的“最佳管理措施”有:少耕法、免耕法、综合病虫害防治、防护林、草地过滤带、家畜粪肥大田合理施用等方法和措施。利用生态工程措施控制非点源污染是目前采取的另一种有效手段。此外,大多数“最佳管理措施”的有效贯彻都需要多种政策措施的支持,如法律、财政、教育等,以做到奖罚分明<sup>[7,8]</sup>。

我国具有广阔的土地面积,自然生态条件复杂,非点源污染类型多样,而且由于点源污染的治理水平还不高,非点源污染的危害性还没有充分暴露出来,对其的研究起步也较晚,有关控制管理措施方面的研究就开展得更少,所以国内目前尚缺少这方面的经验。实际上,非点源污染的防治是整个水污染控制的一个重要方面。因此,借鉴其它发达国家的经验教训,对于我国的非点源污染研究与控制管理法规条令制定具有重要意义。我国近年来也加大了对非点源污染的防治力度,对几大湖泊水系、太湖、滇池、淮海等流域都实行了污染物达标排放工程,实行治理措施,以整治我国的淡水水域水质下降状况。

### 3 相互关系

土壤侵蚀与非点源污染是一对密不可分的共生现象,特别在农业性非点源污染中,土壤侵蚀是主要的发生形式,所以土壤侵蚀是一种重要的非点源污染。不但由土壤侵蚀带来的泥沙本身就是一种非点源污染物,而且泥沙(特别是细颗粒泥沙)是有机物、金属、铵离子、磷酸盐以及其它毒性物质的主要携带者,所以土壤侵蚀会给受纳水体水质带来不良影响。

同时我们也应该注意到并非所有的侵蚀泥沙都会进入受纳水体,在泥沙从发生地到受纳水体的传输途中会发生种种损失,而且土壤侵蚀量与非点源污染负荷之间的关系也十分复杂。因此国内外学者开发了许多综合性农业非点源污染模型,把侵蚀泥沙模型作为其一个主要的子模型。由于水土流失与非点源污染之间的关系日益受到人们的重视,目前已形成了以美国通用土壤流失方程为基础的非点源污染研究方法。

纵观土壤侵蚀与非点源污染研究历程,不论是它们概念的提出,还是研究方法与发展,土壤侵蚀都要早于非点源污染。我国水土保持工作开展多年,已经取得了丰硕成果,对水土流失防治积累了丰富的经验,形成了较完整的水土流失防治措施体系,这对抑制土壤侵蚀发挥了积极的作用。由于土壤侵蚀与非点源污染的相关性,这些措施客观上对非点源污染的控制也产生了积极的效果。所以,水土保持研究对非点源污染控制工作的开展具有指导意义。

#### 参 考 文 献

- 1 沈晋,沈冰,李怀恩,等编著.环境水文学.合肥:安徽科学技术出版社,1992. 44- 117, 301- 307
- 2 捷·霍利 M,著.余新晓,陈利华,译.侵蚀与环境.北京:中国环境科学出版社,1987. 1- 3, 158- 170
- 3 英·柯克比 M J,等编著.王礼先,等译.土壤侵蚀.北京:水利电力出版社,1987. 279- 338
- 4 李清河.黄土区小流域土壤侵蚀系统模拟的研究: [学位论文].北京:北京林业大学,1998. 6- 11
- 5 王珂,许红卫,王人潮,等.应用污染模型和地理信息系统评价和管理农业非点源污染.环境污染与防治,1997,19(6): 30- 31
- 6 美国土壤保持协会编.窦葆璋译.土壤侵蚀预报与控制.北京:农业出版社,1981. 1- 10
- 7 贺缠生,傅伯杰,陈利顶.非点源污染的管理与控制.环境科学,1998,19(5): 87- 91,96
- 8 Peter M Ashton, Richard C. Underwood (ed). Non-point Sources of Water Pollution. Published by Virginia Water Resource Center and Virginia Polytechnic Institute and State University. 1975. 279- 296