

坡地水土流失对水体富营养化贡献的研究进展

吴希媛¹, 张丽萍^{1,2}

(1. 浙江大学环境与资源学院, 杭州 310029;

2. 中国科学院水利部水土保持研究所 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨陵 712100)

摘 要: 面源污染逐渐成为世界头号的环境问题, 而坡地水土流失伴随着化肥营养元素流失引起的面源污染更是不容忽视, 详细介绍了国内外在这一方面的研究进展, 面源污染问题的提出直至目前各种污染和流失模型的建立修正, 并提出今后水土流失将作为面源污染的重要原因及其主要的研究方向。

关键词: 水土流失; 面源污染; 水体富营养化; 模型; 治理方法

中图分类号: S157; X52

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)05-0296-03

Research Development on Effect Resulted from Loss of Soil and Water in Sloping Field to Eutrophication of Water Body

WU Xi-yuan¹, ZHANG Li-ping^{1,2}

(1. College of Environment and Resource, Zhejiang University, Hangzhou 310029;

2. Key Lab of Soil Erosion and Dryland Farming on Loess Plateau, ISWC, CAS & MWR, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Non-point source pollution is becoming more and more serious, while the fertilizer loss resulted from the loss of soil and water in sloping field has played an important role in the problem. The research development on this area is presented, as well as the foundation and correction of pollution and loss models. As a conclusion the loss of soil and water is regarded as an important reason and major research direction on non-point source pollution.

Key words: loss of soil and water; non-point source pollution; eutrophication of water body; model; control method

环境污染问题严重困扰人类的持续发展, 目前世界范围内, 点源污染的治理已经步入正轨, 成效显著, 另一方面, 面源污染则逐渐在环境治理中凸显出来。随着点源排放的逐步控制, 农业面源污染渐渐成为湖泊富营养化程度日益严重的首要贡献者。通过研究水土流失, 进而掌握面源释放规律并加以有效控制是当前湖泊水体富营养化治理所面临的重要课题^[1]。

1 水土流失、面源污染以及水体富营养化的因果效应

国内外许多河流、湖泊污染现状调查与评价数据表明在面源污染中, 降水造成的污染是主要部分^[2]。水土流失是坡地地表径流不可避免的结果, 而肥料流失又大部分归因于水土流失, 最终肥料流失带来了地下水污染的加剧和湖泊富营养化的加重。面源污染对水体的危害主要是两方面, 一是以营养型污染物污染水体, 如氮磷钾等营养元素, 一是以毒害型污染物污染水体, 如农药、除草剂以及化肥中夹带的重金属^[3]。

国外, 面源污染被认为美国环境污染的第一因素, 60% 的水资源污染来自于面源, 在污染总量中, 面源污染占 1/2 ~ 2/3, 其中, 农业的贡献率为 70% 左右。欧洲、加拿大、日

本等, 湖泊污染负荷的 50% 以上来自面源污染^[4]。国内面源污染也已经到了很严重的地步, 如 1978 ~ 1980 年对我国 34 个湖泊和水库的调查资料表明, 富营养化的水体占 14.7%; 而 1987 ~ 1989 年调查的 22 个湖泊中富营养化的已达 63%。再比如杭州市余杭区农业面源污染对整个环境污染的贡献已超过工业污染^[5]。

农村面源污染一般来自农业、森林砍伐、矿业、建筑与城市。其中农业径流的污染最为普遍^[6]。面源污染主要是指坡地中的土粒、氮磷、农药以及其它有机和无机污染物质, 通过坡地地表径流和地下渗漏, 使污染物质进入水体, 造成水体污染的过程^[7]。面源污染具有分散性、隐蔽性、随机性、不易监测、难以量化等特征。

降雨径流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水体污染^[8]。影响降雨径流污染的因素非常复杂, 但地表径流携带污染物的多少主要取决于堆积于地表面的污染量和地表径流的冲刷力(流速、动能等)。前者主要受土地利用类型(即人类活动)的影响, 后者主要受降雨径流过程的影响^[9]。

水土流失引起的农业面源污染问题是近 20 年来国际社

* 收稿日期: 2005-10-12

基金项目: 浙江省自然科学基金项目资助(编号: 401005); 中国科学院黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室基金项目(10501-113)

作者简介: 吴希媛(1983-), 女, 山东临沂人, 浙江大学在读硕士, 主要方向是水土环境工程; 通讯作者: 张丽萍(1960-), 女, 教授, 博导。

会普遍关注的热点,而最近 10 多年里水土流失引起水体富营养化现象更是呈明显的上升趋势。因此我们迫切需要开展这方面的研究工作。

2 研究进展

因为面源污染的自身特点,人们对其的认识和研究较点源污染晚。从 60 年代后期以来,面源污染量化估算方面发展了多种数学模型,概括起来这些模型可以分为两类,一类是经验模型,一类是物理模型^[2]。

美国对面源污染研究始于 1930 年,20 世纪 60 年代以来,日、英等一些发达国家也开始了农业面源污染的研究,其研究主要集中在污染物迁移转化过程,并由此建立了许多模型^[10],如农药化肥迁移模型(AETMO)、农业径流管理模型(ARM)、区域性面源水环境响应模拟模型(ANSWERS)等。ANSWERS (Area Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation) 模型用于预报次降雨条件下的表面径流量和土壤侵蚀量和污染物流失量。ANSWERS 模型是针对欧洲平原地区的模型^[11]。

在 20 世纪 70 年代就开始重视农业面源污染,并开发出许多模型,其中农业面源污染模型 AGNPS(Agricultural Non - Point Source)^[12]是美国农业部于 1986 年提出的著名的农业面源污染模型之一。最新版本的 Ann AGNPS^[13]污染模型主要有三部分组成,径流子模型、产沙子模型、和水质子模型。

清华大学开发的面源污染过程整合模型(MPULSE),它是在美国农业部 AGNPS 模型基础上开发而成的面源污染负荷模型。模型的径流计算部分采用 SCS^[14]水文方程,土壤侵蚀模块采用改进的通用土壤流失方程 USLEM^[15],污染物被分为溶解态和吸附态进行模拟。该模型沿用了 AGNPS 分布式的模型结构,首先将研究区域划分为正方形网格,计算每个网格内的暴雨径流和面源污染产生量,然后根据流域地形数据确定每个网格的径流流向,利用网格间的上下游关系模拟污染物迁移路径,最后根据以上两个部分确定流域出口处的累积径流量和污染输出量。

美国水土保持局提出的降雨 SCS 方法(Curve number method)能反映不同土壤和地表覆盖条件对产流影响的特点,但其在我国的适用性目前尚少见研究。SCS 径流模型能反映不同土壤类型、不同土地利用方式及前期土壤含水量对降雨径流的影响,它具有简单易行,所需参数较少,对观测数据的要求不很严格的特点,是一种较好的小型集水区径流计算方法^[16,17]。

GREAMS (Chemicals Runoff and Erosion from Agricultural Management System)^[18]模型是由土壤侵蚀子模型、水文子模型、化学物质侵蚀子模型组成,用于评价田间尺度多种耕作措施下土壤侵蚀和水质状况。该模型适合于地块内面积约 5 hm² 的典型小流域,不适用于复杂的地貌状况。近年来对 GREAMS 模型进行了改进,并建立了 GLREAMS 模型,改进后的模型共由 4 个子模型组成:水动力子模型、侵蚀子模型、养分子模型和农药子模型。

总体看来,国际面源污染特征、负荷量化研究途径大体可以分为两种:直接模型和黑箱模型。前者对输入输出以及中间过程直接解剖和模拟,模型建立与应用均需实地调查,收集研究地区的有关资料,以确定模型中的参数;后者则不考虑污染物在地表的实际迁移过程,只以污染物的输出为依据,因此需要对径流地区的水质和水量进行同步监测,以

参考文献:

[1] 桂萌.滇池流域坡地大棚区面源污染控制研究[D].北京:清华大学环境科学与工程系,2002.

大量样本反映污染物输入特征^[19]。
现在面源污染量化研究多以第二种黑箱模型为目标,国内开展较多的是实地测量不同流域内或径流严重地区降雨与养分流失的相关性程度,以实地考察收集数据和人工模拟流域降雨为主要的研究手段。

3 逐步改进的控制方法

针对各种预报模型和测定模型的获得,面源污染的治理方法和途径也在不断的提出和完善。本文主要就针对水土流失而提出的面源污染治理方法加以总结。

3.1 缓冲区、水陆交错带在防治农业面源污染中的应用

所谓缓冲区就是指永久性植被区,国外许多国家在这方面开展了广泛研究。目前在美国乔治亚洲常见的控制土壤侵蚀的方法是设置塘坝、增加地面植物覆盖及种植过滤带(Vegetated filter strips)^[20]。目前肥料专家 L. B. Faucette 等认为在土壤表层施堆肥和进行覆盖,不但能有效的控制土壤侵蚀,而且还能实现废弃物的利用。正在实验开发用于此种目的的设置还有新西兰的水边休闲地(Retirement of riparian zones),英国的缓冲区(Buffer zones),中国的多水塘和匈牙利的 Kis2 Palaton 工程^[21]。英国政府建议在污染源与接纳水体之间建立缓冲区(Buffer zones)来控制农业面源污染。

3.2 水土保持耕作的实践

为了减少由于侵蚀和径流所产生的磷素流失量,目前采取的主要水土保持耕作法包括保护性耕作、作物残茬管理、设置缓冲带和边缘区、修筑梯田、等高耕作、覆盖种植和建造小水库等。Gustafson 等人^[22]试验表明冬季种植作物或覆盖作物可以使本年内硝态氮流失量下降 75%,在后续几年内硝态氮流失量也大约降低 50%,从表 1 可以看出覆盖作物可以明显减少氮素流失量。

表 1 在瑞典西南部田间试验的氮流失量 ^[22]						
	未施用化肥		正常施用		过量施用	
	无覆盖	覆盖	无覆盖	覆盖	无覆盖	覆盖
总氮流失量	28	10	62	15	69	39
每单位产量所流失的氮量	25	4.2	12	3.3	14	8.8

3.3 前置库的应用

20 世纪 50 年代后期,前置库就开始被作为流域面源污染控制的有效技术进行开发研究。德国的 Klapper、Beuschold、Wilhelmus、Benndorf、Uhlmann、D., 丹麦的 N yholm 和前捷克的 Fiala 等先后开展了利用前置库治理水体的富营养化的研究^[23],他们的研究表明,前置库的利用对面源污染的控制,特别是对由水土流失时的养分流失带来的污染更是安全有效,具有广泛的应用前景。国内张永春^[24]较早的介绍过前置库技术,另外在滇池的面源控制中也有应用^[25,26]。

4 结 语

面源污染的防控和治理虽然在国内开展的较晚,但是毕竟在被逐步重视、研究,各种相应的措施体系也在逐步建立和完善,水土流失对面源污染和水体富营养化影响的过程及其机理也逐渐被人们认识。通过对地表径流和侵蚀泥沙中农田养分流失的分析测试,阐明流失过程对农业面源污染的贡献及其污染物对水体富营养化的影响,并从理论上对影响机理进行深入剖析,这是今后面源污染研究尚待继续深入的一个区域。

- [2] 庄源益,陶志宁,戴树桂,等.降雨面源污染及其模型研究近况[J].环境科学进展,1994,2(5):20-34.
- [3] 张志剑,胡勤海,朱荫渭.农业面源污染与水体保护[J].科技与发展,1999,(6):23-24.
- [4] 文军,骆东奇,罗献宝,等.千岛湖区域农业面源污染及其控制对策[J].水土保持学报,2004,18(3):126-129.
- [5] 潘美媛.杭州市余杭区农村面源污染状况与治理对策[J].能源工程,2003,(1):43-45.
- [6] 林芳荣,刘晨.面源污染研究的新进展[J].珠江水利水电信息,1993,(5):1-8.
- [7] 宋蕾,王永胜,张鸿涛.关中抽渭灌区面源污染对渭河水体的影响[J].环境保护,2001,(1):24-28.
- [8] 陈能汪,洪华生,张珞平,等.九龙江流域降雨径流污染特征研究[J].厦门大学学报(自然科学版),2004,43(4):537-541.
- [9] 沈晋,沈冰,李怀恩.环境水文学[M].合肥:安徽科学技术出版社,1992.44.
- [10] 刘琦,杨昌衡,刘添天.水环境面源污染控制与管理研究概述和原理[J].广州环境科学,2002,17(3):5-8.
- [11] Beasley D B, Huggins L F. AN SW ERS User 's Manual[M]. West Layette: Dept. of Agric, Eng., Purdue University, 1982.
- [12] Young, R A. A GN PS: A nonpoint source pollution model for evaluating agricultural watershed[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1989, 44 (2) : 168 - 173.
- [13] 张宏华,李蜀庆,杜军,等.农业面源污染模型 A GNPS 的应用现状及在我国应用的展望[J].重庆环境科学,2003,12,25(12):188-190.
- [14] Maidment D R. Handbook of Hydrology [M]. New York: McGraw Hill Book Company, 1992.
- [15] Kinnell P IA. U SL E2M: Empirical modeling rainfall erosion through runoff and sediment concentration [J]. Soil Society of America J., 1998, 62 (6) : 1 667 - 1 672.
- [16] William J R, Lasear, W. V. Water yield model using SCS curve numbers [J]. Journal of Hydraulics Division, 1976, 102 (9) : 1 221 - 1 253.
- [17] Bosznay M. Generalization of SCS curve number method [J]. Journal of irrigation and drainage engineering, 1989, 155 (1) : 139 - 144.
- [18] Knisel W G, et al. CREAM S: A field scale model for Chemicals, Runoff and Erosion from Agriculture Management System [R]. Cons. Res. Rep. No. 26, Washington, D. C. : Science and Education Administration, U SDA, 1983.
- [19] 章北平.东湖面源污染负荷的数学模型[J].武汉城市建设学院学报,1996,13(1):1-8.
- [20] 王薇.模拟降雨对堆肥和土壤覆盖物中养分流失量的影响[J].水土保持科技情报,2005,(1):18-19.
- [21] Yin C Q (尹澄清), Lan ZW (兰智文), Yan W J (晏维金). Retention of allochthonous nutrients by ecotones of Baiyangdian Lake. Chinese Journal of Applied Ecology (in Chinese) (应用生态学报), 1995, 6 (1) : 76 - 81.
- [22] Gustafson A, Fleischer S, Joelsson A. A catchment oriented and cost effective policy for water protection[J]. Ecological Engineering, 2000, 14 (4) : 419 - 427.
- [23] 张毅敏,张永春,左玉辉.前置库技术在太湖流域面源污染控制中的应用探讨[J].环境污染与防治,2003,25(6):342-344.
- [24] 朱联锡,卢红,蒋文举.脉冲等离子法烟气脱硫[J].中国环境科学,1994,14(4):314-316.
- [25] 向晓东,陈旺生,刘新敏.长芒刺电除尘器性能研究[J].环境科学与技术,1999,(1):4-7.
- [26] 张永春.前置库-控制水库富营养化的生态学途径综述[J].水资源保护,1989,(4):28,52-58.

(上接第 295 页)

(3) 植被与径流的关系主要反应在林分郁闭度和植被覆盖度上。在其他条件一定情况下,林分郁闭度与径流量成线性关系,植被覆盖度与径流量成负相关关系。

(4) 在黄土丘陵区,不同治理措施产生的地表径流量有很大差别,径流量大小依次为:标准小区>顺垄耕作>横垄耕作>荒坡>梯田。其中在 5 和 10 坡面,梯田的径流量为零。

(5) 通过实验初步认识到:在黄土丘陵区的临界坡度以上地区应严禁坡度开荒,并须增加植被覆盖度,提倡等高耕作,修建梯田,营造水土保持林,同时在水分条件许可时,营造水土保持林初植密度可适当加大,以促进林分尽早郁闭,以后再适时间伐或移植,这样既可使其及时发挥林分水土保持作用,又对树木高生长有益。

参考文献:

- [1] 于文忠.水文学原理[M].北京:水利电力出版社,1980.
- [2] 清华大学水力教研组.水力学[M].北京:人民教育出版社,1980.
- [3] 张增哲,余新晓.中国森林水文研究现状和主要成果综述[A].全国森林水文学术讨论会文集[C].北京:测绘出版社,1989.1-925.
- [4] 马雪华.亚热带杉木、马尾松人工林水文功能的研究[J].林业科学,1993,(3):199-206.
- [5] 日野辩雄.明解水理学[M].东京:丸善株式会社,198.3.
- [6] R P C Morgan. Soil Erosion[M]. New York: Longman Inc., 1997.
- [7] 李宪浩,芝野博文.リタ-层中な流下する雨水の理水特性[J].日林誌,1990.85-89.
- [8] 张洪江,北原曜,远藤泰造.几种林木枯落物对糙率系数 n 值的影响[J].水土保持学报,1994,8(12):4-10.
- [9] 张洪江,解明曙,杨柳春,等.长江三峡花岗岩区坡面糙率系数研究[J].水土保持学报,1994,8(3):33-38.
- [10] 张万儒,许本彤.森林土壤定位研究方法[M].北京:中国林业出版社,1986.30-36.
- [11] 杨海龙,朱金兆,毕利东.三峡库区森林流域生态系统土壤渗透性能的研究[J].水土保持学报,2003,17(3):63-66.
- [12] 吴长文,王礼先.林地土壤的入渗及其模拟分析[J].水土保持研究,1995,2(3):71-75.