

小流域非点源污染负荷流失特征监测研究

——以广东省珠海正坑小流域为例

王继增, 万洪富, 吴志峰, 卓慕宁

(广东省生态环境与土壤研究所, 广东省农业环境综合治理重点实验室, 广东 广州 510650)

摘要: 以广东省珠海正坑小流域为例, 通过对小流域次降雨事件中径流流量及其非点源污染物浓度随降雨—径流过程的变化监测研究发现, 径流初期流量急剧增加, 达峰值后逐渐衰减; 污染物浓度变化与流量变化趋势基本相似, 除可溶磷、 CO_2 和 BOD_5 在整个过程中变化比较平稳外, T-N , NH_4^+-N , T-P , NO_3^--N 以及 SS 的浓度峰值几乎同时出现, 所不同的是污染物浓度峰值均比径流流量峰值提前, 待污染物峰值出现后, 随即开始衰减。

关键词: 小流域; 非点源污染负荷; 流失特征

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2003)01-0056-04

中图分类号: S157; X131.3

Monitoring on Loss Characteristics of Non-point Source Pollutants

——An Case Study at Zhengkeng Watershed in Zhuhai City of Guangdong Province

WANG Ji-zeng, WAN Hong-fu, WU Zhi-feng, ZHUO Mu-ning

(Guangdong Institute of Eco-environment and Soil Science, Guangdong Key Laboratory of Integrated Control Agro-environment, Guangzhou 510650, China)

Abstract In the course of whole precipitation-runoff, the concentration of the non-point source pollutants in runoff changes are monitored and studied. The results are as follows: the concentration of every pollutant is high in early stage of producing flow, then tends to decline. For the soluble pollutant, the concentration ranges small, like milder waviness in the course of whole precipitation-runoff. As for difficult dissolving pollutant, particularly for total phosphorus, the concentration in the course of whole changes acutely like zigzag. This indicates that there is certain confinement to the concentration scope dissolved and achieved for dissolve component under a certain water environment condition. Its dissolving characteristics are influenced obviously possibly by the water environment condition than by the flow rate change.

Keywords watershed; non-point source pollution; loss characteristics

非点源污染是继点源污染之后又一为人们所关注的水环境问题。从 20 世纪 80 年代以来, 国内外对非点源污染已做了大量的研究工作, 但这些工作主要集中在非点源污染负荷估算模型的研究, 较少涉及非点源污染输出特征、迁移转化规律的研究。为此, 本文以广东省珠海斗门市正坑小流域为例, 开展小流域非点源污染负荷输出与流失特征的研究。

1 研究区域概况

1.1 地理位置及社会经济状况

正坑小流域位于广东省珠海斗门市乾务镇。斗门市位于珠江口西岸, 毗邻澳门。全市总人口 2.86 × 10⁵ 人, 产业结构以农业为主, 是珠江三角洲一个典

型的农业市。有丰富的水产资源和土地资源, 但与相邻的珠江三角洲其它市县相比, 经济发展相对缓慢, 城市化水平与全国平均水平相当。

1.2 自然条件

该区属于南亚热带季风气候区, 年平均气温为 22.4℃, 年降雨量 1700~2200 mm, 气候温暖, 雨量丰沛, 台风暴雨多。降雨年内分配极不均匀, 主要集中在 4~9 月, 雨量占年总量的 84%。地质上具有花岗岩节理丰富、易风化以及花岗岩风化壳结构松散的特性, 这是该区水土流失发生的强大物质基础。地带性土壤类型为湿润铁铝土(赤红壤), 原生植被类型几乎荡然无存, 大面积丘陵坡地上主要分布着次生的人工马尾松—岗松—芒箕稀树草坡群落。

收稿日期: 2002-09-20

资助项目: 广东省百项工程项目(99B05801G); 广东省农业环境综合治理重点实验室珠海市“九五”重点科技攻关项目

作者简介: 王继增(1963-), 男(汉族), 河北省人, 副研究员, 研究方向为水环境、水土保持和生态农业。电话: (020) 87024715, E-mail: jzwang@soil.gd.cn

1.3 土地利用现状

正坑小流域面积为 143.92 hm²,土地利用现状见表 1。从表 1 可见,流域内主要土地利用类型是林地,其次为水田和果园。流域内有三口鱼塘,对非点源污染物有一定的截留作用;旱地绝大部分为菜地,常年种植蔬菜,采用畦灌畦排,排水口直接与流域沟道相通,即使在不降雨的情况下,菜地常年排出的灌溉水也造成了一定的非点源污染;果园主要分布在 < 25°的坡地上,主要种植荔枝和龙眼;水田的排水口也直接与流域沟道相通,非降雨期间的排灌水和降雨期间的地表径流均排入沟道,经流域出口排出。

表 1 正坑小流域土地利用现状

利用类型	面积 /hm ²	百分比 /%
林地	117.21	81.44
水面	0.95	0.66
水田	10.23	7.11
果园	8.77	6.09
草地	2.37	1.64
旱地	3.86	2.68
人工林	0.50	0.35
居民点	0.03	0.02
合计	143.92	100.00

2 研究方法

2.1 设置梯形量水堰

在流域出口修建梯形监测坝(底宽 3.0 m,上宽 6.6 m,高 1.8 m,边坡比 1:1)。为了达到明渠测流的要求,在监测断面上下各 20 m 范围内,清除边坡杂草,修整坡面,使边坡比达到 1:1,坡面光滑平整,确保水的流态不会发生明显变化。在监测断面设置水位标尺监测水位,并用旋杯式流速仪监测流速。同时设置自记雨量计,记录监测期间的降雨量,试验期间全年各单次降雨量(未实测部分)参照小流域附近乾务水库(距监测点约 1 km)气象水文站的记录。

2.2 样品采集与水文监测

1999 年雨季开展野外监测。在降雨后流域开始产流时即开始采样,采样间隔 5 min,同时监测记录流速、水位和流量。当降雨历时较长时,可适当增加采样间隔,如 10 min 或 30 min。但每场降雨必须采集降雨一径流全过程样品。

2.3 分析方法

水样中污染物的测定方法^[1]: T-N 用过硫酸钾氧化-紫外分光光度法, T-P 用过硫酸钾消解-钼锑抗分光光度法, NH⁺-N 用纳氏试剂光度法,

NO₃⁻-N 用酚二磺酸光度法,可溶磷用钼锑抗分光光度法, COD_{Cr} 用重铬酸钾法, BOD₅ 用碘量法(叠氮化钠修正法), SS 用滤纸法。通过监测,共取得 7 场降雨小流域通过出口断面的水位、流速、径流量以及水质分析配套数据。

3 结果与讨论

3.1 小流域降雨特征分析

3.1.1 降雨量 1999 年正坑小流域共降雨 123 次,最大降雨量为 199.9 mm(1999 年 8 月 23 日强热带风暴雨),占全年降雨量的 11.7%,最小降雨量只有 0.1 mm。全年降雨量 1707.5 mm,与小流域 12a 平均降雨量 2147.1 mm 相比,1999 年降雨比正常年份明显偏少。图 1 表明,1999 年除 8 月降雨量比 12a 8 月平均降雨量稍大外,其余各月降雨量均比 12a 平均各月的降雨量少。

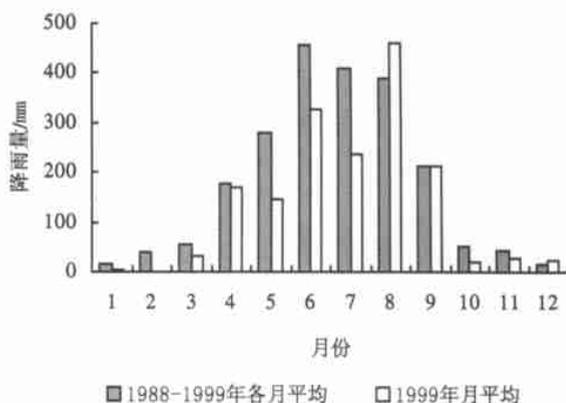


图 1 1999 年月平均降雨量与多年月平均降雨量的比较

3.1.2 降雨侵蚀力 R 值 通过计算,该区多年平均降雨侵蚀力 R 值为 366.1(采用黄炎和的 R 值计算公式计算),在全国降雨侵蚀力 R 值的分布中,该区的 R 值较大。

3.1.3 降雨类型的分布和发生频度 根据表 2 分析,正坑小流域 1999 年 1~10 mm 降雨的发生次数为 60 次,发生频度几乎占全年的 1/2(48.8%),是全年主要的降雨类型,但降雨总量为 268.4 mm,只占全年降雨量的 15.7%;100~250 mm 降雨的发生次数全年虽然只有 4 次,发生频度只占 3.3%,但降雨量为 588.0 mm,占全年降雨量的 34.4%。从非点源污染的角度来看,10 mm 以上降雨是小流域非点源污染发生的主要降雨类型,尤其是暴雨、大暴雨以及特大暴雨所造成的非点源污染后果更为严重。正坑小流域监测采样时的降雨情况见表 3。

表 2 正坑小流域 1999年降雨类型的分布和发生频度

降雨类型	降雨次数	降雨频度 / %	降雨量 / mm	占全年比重 %
1mm以下	27	22.0	10.2	0.6
1~ 10mm	60	48.8	268.4	15.7
10~ 25mm	18	14.6	273.1	16.0
25~ 50mm	8	6.5	230.9	13.5
50~ 100mm	6	4.9	369.9	21.7
100~ 250mm	4	3.3	588.0	34.4
250mm以上	0	0.0	0.0	0.0
合计	123	100	1 707.5	100.0

注:广东省气象台发布气象预报标准:小雨:0.1~ 9.99mm;中雨:10.1~ 24.9mm;大雨:25.0~ 49.9mm;暴雨:50.0~ 99.9mm;大暴雨:100.0~ 249.9mm;特大暴雨:250mm以上。

表 3 正坑小流域监测采样的几次降雨情况 (1999年)

采样日期	降雨量 / mm	历时 / min	起止时间	采样时间
7.90	31.8	70	8:50~ 10:00	9:04~ 11:29
7.22	12.0	209	14:16~ 17:45	14:25~ 16:45
7.23	6.3	77	12:42~ 14:00	12:58~ 14:05
7.28	16.0	80	12:40~ 14:00	13:05~ 16:05
7.31	3.4	46	9:14~ 10:00	9:20~ 10:00
7.31	1.7	35	12:25~ 13:00	12:30~ 13:00
8.13	8.6	39	14:21~ 15:00	14:25~ 15:10
8.13	4.3	86	15:34~ 17:00	15:40~ 17:20
8.22	49.6	357	16:03~ 22:00	21:05~ 22:00
8.23	147.6	840	22:00~ 12:00	9:10~ 12:00
8.23	141.4	960	12:00~ 4:00	15:35~ 17:56

3.2 小流域非点源污染特征分析

对正坑小流域的水量、水质同步监测数据进行分析处理,以采样时间为横坐标,以流量和污染物浓度为纵坐标,分别绘出 1999年 7月 9日和 7月 22日 2场降雨的径流流量和污染物浓度变化过程线。

3.2.1 径流流量与污染物浓度变化特征 从图 2可以看出,流量在 9:50左右达到峰值,而降雨是从 8:50开始的,也即降雨开始后大约 1h流量达到峰值,在此之后即开始回落,至 12:00左右,流量回落到基本平稳状态。

由图 3可看出,在整个降雨过程中,可溶磷、COD_{Cr}以及 BOD₅的变化过程相对比较平稳,而 T-N, T-P, NH₄⁺-N, NO₃⁻-N 以及 SS变化相对比较剧烈,其中 T-N, NH₄⁺-N 和 NO₃⁻-N 几乎同在 9:04左右达到峰值,而 T-P和 SS大约在 9:46达到峰值,之后,除 SS和 T-P含量下降或渐趋平稳外, T-N, NH₄⁺-N, NO₃⁻-N 浓度均在 10:2左右有所升高。究其原因,与本次降雨为间歇性阵雨有关。

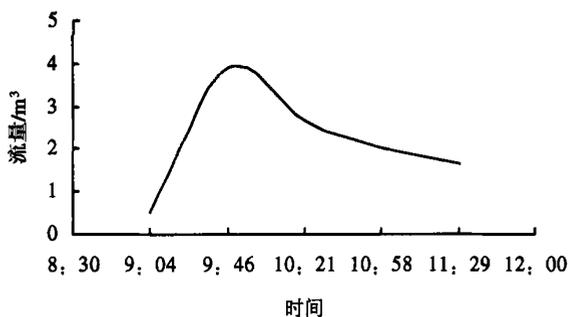


图 2 流量过程线 (19990709)

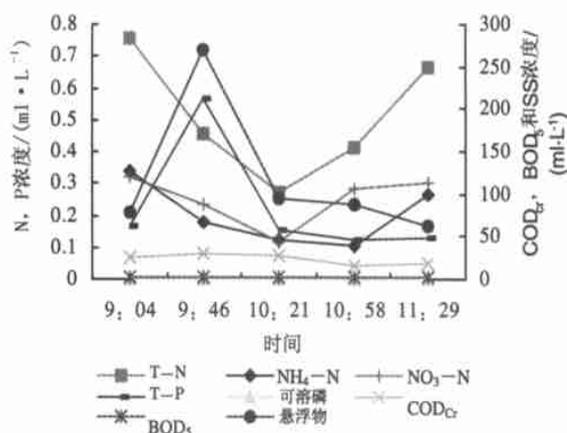


图 3 降雨后非点源污染浓度的变化 (19990709)

从自记降雨记录中发现,本次降雨大约在 10:00 停止了 20min 左右,随后又开始降雨,且降雨强度大于上半段。由此可以认为,造成 T-N, NH₄⁺-N, NO₃⁻-N 浓度在达到峰值之后又有升高的原因,可能是由于下半段降雨将土壤中已溶解出来但尚未被冲刷的污染物重新冲入沟道的缘故。

3.2.2 污染物浓度达到峰值后的衰减规律 正坑小流域由于集水面积小 (143.92hm²),降雨量集中,汇流迅速,流量过程线表现为陡涨陡落 (见图 4)。

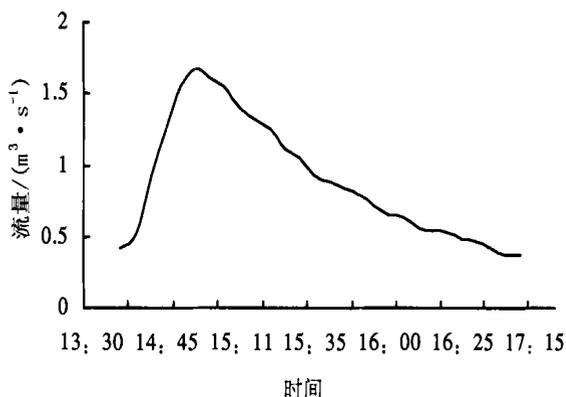


图 4 流量过程线 (19990722)

在径流初期,流量急剧增加,在 0.5~1.0h 内即达峰值,然后逐渐衰减。污染物浓度变化与流量变化趋势基本相似,除可溶磷、 COD_{Cr} 和 BOD_5 在整个降雨过程中变化比较平稳外, T-N 、 NH_4^+-N 、 T-P 、 NO_3^--N 以及 SS 的浓度峰值几乎同时出现(图 5),所不同的是污染物浓度峰值均比径流流量峰值提前(前者出现在 14:25 左右;后者在 14:58 左右)

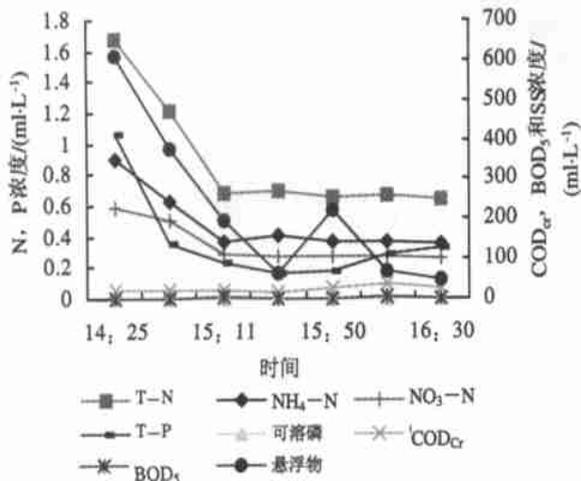


图 5 降雨后非点源污染物浓度的变化 (19990722)

污染物浓度在降雨 10 min 后即达到峰值,随即开始衰减;而径流流量大约在降雨 40 min 后才达到峰值。据研究,城市暴雨径流污染物浓度在达到峰值后表现为随时间呈指数衰减的变化规律^[2],流域农田

非点源污染物的浓度变化也有类似规律^[3]。由于采样密度受客观条件的限制,正坑小流域径流污染物浓度在达到峰值后的衰减规律,有待进一步研究。

3.2.3 溶解性与非溶解性污染物浓度变化的差异
上述特性在非溶解性悬浮物中表现特别显著。这是因为悬浮物主要是一些细小颗粒,这些细小颗粒在降雨过程中,随着降雨的冲刷呈悬浮的形式一起迁移。因此,非溶解性污染物的输出量主要受降雨和径流的影响,与径流量的大小及其对地表的冲刷力成正比。对于溶解性污染物,如 NH_4^+-N 、 NO_3^--N 等,其浓度多呈锯齿状波浪形变化(其它几场降雨污染物浓度变化过程线同样表现出这一特征),表明其溶解性受水环境条件的影响可能大于流量变化对它的影响。

虽然暴雨过程中溶解性和非溶解性的污染物在浓度变化上存在明显差异,但各种污染物的浓度变化曲线与流量变化曲线在形式上基本一致,说明在各种影响因素中,径流量对污染物浓度的变化起着决定作用,两者可能存在着密切的线性相关。

[参 考 文 献]

- [1] 国家环境保护局编.水和废水监测分析方法[M].北京:中国环境科学出版社,1998.
- [2] 吴林祖.杭州城市径流污染特征的初步分析[J].上海环境科学,1987(6): 33-36.
- [3] 朱萱,鲁纪行,等.农田径流非点源污染特征及负荷定量方法探讨[J].环境科学,1985,6(5): 6-11.

《水土保持经济学》出版发行

由兰州大学出版社出版发行的《水土保持经济学》是我国该领域第一部专门研究水土保持经济问题和计量方法的专著。该书在系统阐述水土保持基本经济理论的基础上,重点阐述了如何利用技术经济学、系统科学的理论、手段和方法定量分析、计算和评价水土保持综合效益这一十分复杂的问题,因而具有很强的实用性。全书共分九章,25万字。

内容包括:(1)水土保持经济学的研究内容和性质;(2)水土保持基本经济知识;(3)水土保持生态经济观;(4)水土保持效益分析计算;(5)资金时间价值折算及应用;(6)水土保持国民经济评价;(7)水土保持投入产出分析;(8)水土保持不确定性分析;(9)水土保持综合评价方法。

该书作者现为甘肃工业大学基础科学系和区域规划研究所以及应用数学研究所副教授,博士研究生。此书是作者根据自己在原甘肃水利水电学校等单位已使用多年的教学讲义和科研成果的基础上,参阅了国内外大量文献资料历经数载完善撰写的。后又经多位专家审核,并由著名地学专家、兰州大学博士生导师张林源教授主审。水利部水土保持司副司长刘震高级工程师为该书撰写了序言,并给予高度评价和鼓励。

该书内容丰富,方法新颖,分析实例多。可作为大专院校水土保持、土地规划、环境工程、水工管理、区域规划和应用经济学等专业的教材和参考书。《水土保持经济学》书号为 ISBN7-311-01153-1/X.4,单价 14.5 元。欲购此书者可与《水土保持通报》编辑部联系。