

· 监测技术 ·

平原感潮河网地区非点源污染监测方法

季晓, 徐爱兰, 陆炜

(南通市环境监测中心站, 江苏 南通 226006)

摘要:平原感潮河网地区非点源污染严重以及交叉污染等特性,造成了严重的环境污染和环境安全问题。由于非点源污染监测资料不完善,相关研究的深度、广度以及监测管理存在不足,确定非点源污染大小、少资料区域污染定量化预测等问题都是亟待解决的难点。以南通平原感潮河网地区为例,对非点源污染中的不确定性及监测方法进行探讨,提出分别针对平原河网圩区和平原河网非圩区的非点源污染监测方法。

关键词:平原感潮河网地区; 圩区; 非圩区; 非点源污染; 监测方法

中图分类号: X830

文献标识码: B

文章编号: 1674-6732(2009)02-0018-04

Non-point Pollution Source Monitoring Techniques in Plain Tidal River Networks

Ji Xiao, Xu Ai-lan, Lu Wei

(Nantong Environmental Monitoring Central Station, Nantong, Jiangsu 226006, China)

ABSTRACT: The serious non-point source pollution and cross-pollution in plain tidal river networks presented problems of environmental pollution and environmental safety. Because of deficiency in monitoring data and research, The related monitoring management is yet to be improved. Difficulties such as identifying the extent of the non-point pollution and quantitatively forecasting the pollution of regions in defect of data need to be resolved with urgency. This thesis took Nantong plain tidal river networks for example, discussed the indeterminacy of the non-point pollution and the monitoring and analyzing method, and brought forward the monitoring method towards the polder and plain areas respectively.

KEY WORDS: plain tidal river networks; polder areas; plain areas; non-point source pollution; Monitoring method

引言

发达国家的环 境现状表明,非点源污染已成为水环境的首要污染源,特别是农村生产与生活引起的非点源污染,已经开始取代点源污染,逐渐成为水体污染的重要因素^[1,2]。南通平原感潮河网地区近10年来,农业生产快速发展,但非持续、高消耗的农村生产与生活方式依然广泛存在,由此带来的农业资源与环境问题日趋突出,农业非点源污染在相当长的时期内已成为制约农业循环经济发展的重要因素之一。近年来,国内外对非点源污染进行了大量研究,已逐步由简单的实验室模型向野外区域模型、由单纯统计模拟模型向机理模型、由集总参数模型向分布式模型转变^[3-6]。由于非点源污染监测资料不完善,使其在污染研究的深度、广度,监测管理乃至污染控制等方面仍存在不足;确定农业非点源污染大小、少资料区域污染定量化预测等问题都是亟待解决的难点;因而非点源污染监测方法研究已成为环境科研和环境管理的重要内

容^[7-9]。目前,国内外对平原河网地区尤其是平原河网地区圩区的非点源污染研究还比较少,南通市开展过一点农业非点源污染的相关研究,但由于起步较晚,对平原感潮河网地区非点源污染监测和管理还缺乏整体的认识^[10-12]。而平原感潮河网地区地势低、易受潮汐影响以及交叉污染等特性,又决定了其水体环境污染必然日渐恶化。为此,笔者对非点源污染中的不确定性及监测方法进行了探讨,分别提出针对平原河网圩区和平原河网非圩区的非点源污染监测方法。

1 平原感潮河网地区非点源污染的不确定性

影响平原感潮河网地区非点源污染研究的重要因素之一就是污染源的不确定性,很难监测到某个污染源的排放量,排放源的分散性也导致其地理边

收稿日期: 2009-07-27

基金项目: 江苏省环境监测科研基金项目(0805)

作者简介: 季晓(1973—),男,江苏南通人,工程师,本科,从事环境影响评价、环境监测、非点源污染治理方面的研究。

界和空间位置的不易识别^[7]。平原河网水系河道纵横交错,小河众多,河道断面变化复杂,由于受到上游径流和下游潮汐的双重作用,水流运动复杂,更加导致了平原感潮河网地区非点源污染的不确定性。

非点源污染以农业面源为主,是指以降雨为载体并在降雨的冲击和淋溶作用下,通过产流和汇流过程引起的各种污染物从土壤圈向水圈的扩散。发生具有随机性,污染物的来源和排放点不固定;排放具有间歇性,污染负荷的时间变化(次降雨径流过程、年内不同季节及年际间)和空间变化幅度大;监测、控制和处理困难而复杂。由于非点源污染信息不对称和不确定,常常具有分散性、隐蔽性、随机性、不易监测、难以量化等特征,尤其是农业非点源污染涉及随机变量及随机影响大,监测管理具有较大的难度^[7]。例如,降雨量的大小和密度、温度、湿度的变化都会直接影响农药、化肥、畜禽粪便、农业废弃物对水环境的污染程度和范围。从产生和形成过程看,非点源污染与区域的降水、土壤结构、农作物类型、气候、地质地貌等密切相关,这些影响因子的不确定性决定了非点源污染的产生具有较大的不确定性。

非点源污染源主要包括乡镇降雨径流、旱地降雨径流、稻田降雨径流、畜禽养殖和渔业养殖等 5 种,其污染途径见图 1。对于南通平原闸控感潮河网地区,后 4 个部分的污染源可分别来自平原河网圩区和非圩区。圩区地势低洼,四周筑坝而围,设排涝站,涝时排涝,由此可认为圩区对外界的非点源污染负荷是通过排涝站输出,因此,圩区非点源污染监测可以选择监测排涝站的营养盐出流量。而对于平原河网区的非圩区,其水系发达,河道纵横交错,水面率较高。随降雨-径流迁移的污染物往往先在沟、渠、湖、荡等水面停留一段时间,再逐渐汇入周边河网。不同土地利用下的农田营养盐迁移特征存在显著差异,这与土壤理化性质、植被覆盖度等因素密切相关。因此,平原河网非圩区非点源污染的监测工作着重于不同土地利用下的农田营养盐迁移特征。

2 平原闸控感潮河网地区非点源污染监测方法

2.1 针对圩区的排涝事件监测方法

南通平原河网地区分里下河流域及长江流域,其中里下河流域多分布着圩区,长江流域大多为平原非圩区。南通市的圩区、低洼区主要有海安里下

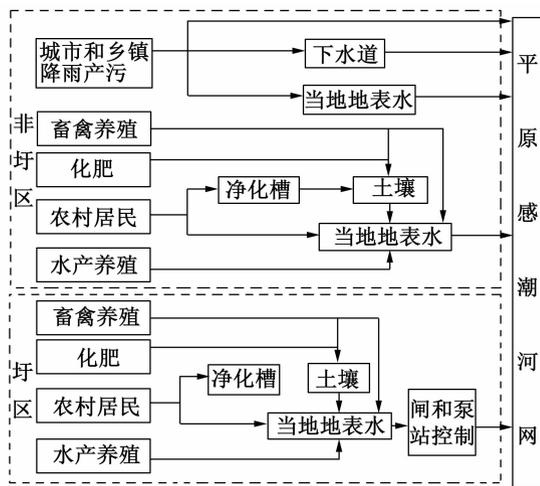


图 1 平原闸控感潮河网地区非点源污染路径

河圩区(新通扬运河以北、通榆运河以西,总面积 422 km²)、沿江圩区(江平公路以南,通扬运河以西,总面积 210 km²)、红星河低洼区(北凌河西段北部地区,总面积 72 km²)、三余团结河低洼区(红旗闸、谢家渡闸、五甲北闸、东社北闸、忠义三闸、忠义闸以东地区,总面积 220 km²)。海安里下河圩区现有防洪圩堤 750.52 km,形成独立防洪圩区 95 个。

圩区与外界河道的水量交换方式有两种:地表水交换和地下水交换。圩区地表径流汇至圩内河道再通过泵站排涝至外河,圩区地下水可以与外界自由交换。这里只考虑地表水交换,当圩区的水位达到一定高度时,圩区的排涝站抽水至外河。造成水位升高的主要原因是降雨径流。研究典型降雨条件下圩区排涝时营养盐的迁移特征对于明确各形态营养盐的迁移过程具有重要意义。

圩区一般选择在降雨的次日进行排涝,排涝时控制水位使其恢复到降雨产流前蓄水河道的水位。因此,可以认为圩区某次降雨事件的次日排涝量即为圩区该次降雨产生的径流总量。因此,可以选择在典型圩区进行野外原位试验,分析圩区降雨事件发生后圩区地表水排涝营养盐迁移特征。试验控制排涝时间为降雨产流发生 24 h 后。在圩区两个排涝站出口位置前的蓄水河道(或水库)定期测定水位。分别记录每场降雨前及降雨产流事件发生 24 h 后的水位,待蓄水河道(或水库)水位恢复到降雨产流前水位时停止排涝。

圩区营养盐流失量与径流量存在相关性。在研究两者的相关性之前,首先对这两个变量进行时间和空间的单位化处理,引入营养盐迁移通量和径

流通量的概念。

2.1.1 营养盐迁移通量和径流通量

营养盐迁移通量指单位时间圩区单位面积的营养盐迁移量;径流通量指单位时间圩区单位面积的径流量。

圩区一般选择在降雨的次日进行排涝,规定两个参数的计算时间为降雨产流开始到圩区开始排涝为止,控制该时间间隔为24 h,排涝时通过水位控制使圩区水位恢复到降雨产流前。因此,可以认为圩区该次降雨事件后的次日排涝量即为圩区产生的径流量。泵站排涝过程中所取水样的水质基本反映了径流样本的水质情况。

假设某圩区有两个排涝站,按(1)式和(2)式计算营养盐迁移通量和径流通量。

$$\phi = \left[\sum_{i=1}^{N_1-1} \left(\frac{C_{1i} + C_{1(i+1)}}{2} \right) \cdot Q_1 \cdot t_1 + \sum_{i=1}^{N_2-1} \left(\frac{C_{2i} + C_{2(i+1)}}{2} \right) \cdot Q_2 \cdot t_2 \right] / (A \cdot T) \quad (1)$$

$$R = (P_1 + P_2) / (A \cdot T) \quad (2)$$

式中: ϕ ——营养盐迁移通量, $g/(hm^2 \cdot h)$; C_i, C_{i+1} ——径流中营养盐的质量浓度, mg/L ; A ——圩区面积, hm^2 ; T ——降雨产流至圩区开始排涝的时间, h ; t ——泵站排涝时间, h ; Q_1 ——1#排涝站的排涝流量, m^3/s ; Q_2 ——2#排涝站的排涝流量, m^3/s ;

R ——径流通量, mm/h ; N ——样品数量; P_1 ——1#排涝站该次降雨排涝事件的排涝量, m^3 ; P_2 ——2#排涝站该次降雨排涝事件的排涝量, m^3 。

2.1.2 次降雨径流平均浓度 EMC

在任意一场排涝事件中,由于河道演进以及水力的随机性变化,会导致出流中营养盐的浓度随时间呈现较大的波动。所以往往采用“次出流平均浓度 EMC(Event Mean Concentration)”来反映次降雨事件中营养盐的平均浓度水平,定义为一次排涝引起的某种营养盐的迁移量除以该次排涝的出流量,实质上代表了一次出流的瞬时污染物浓度的流量加权平均值。根据定义,EMC 等于营养盐迁移通量除以出流量,如(3)式所示:

$$\bar{C} = \phi / r \quad (3)$$

式中: ϕ ——营养盐迁移通量, $g/(hm^2 \cdot h)$; r ——径流量, mm/h 。

2.2 针对非圩区的径流小区监测方法

由于土壤侵蚀日趋严重,土壤肥力逐渐下降,

农田对化学肥料、农药的依赖性越来越强,农田中的化学肥料及残留农药会在降雨径流的动力作用下,以径流及泥沙为载体,大量进入下游地区,造成下游地区非点源污染,不利于地表生态平衡的发展及人类的身体健康。但目前我国对非点源污染监测内容尚无具体的规定,监测手段、监测方法没有形成标准化,从而导致监测结果的不可靠性和区域间监测结果的非对比性。笔者提出径流小区的研究手段,对监测小区、监测装置,样品采集、处理、分析过程,以及各种非点源污染物的定量计算过程进行设计,实践了平原河网非圩区非点源污染的监测。

平原河网地区农业活动比较频繁,特别是河网水系周围的非圩区,由于距离河岸较近,在降雨条件下随径流流失的农田营养盐是河网非点源污染物的重要来源。因此,位于平原感潮河网地区的河岸附近的典型非圩区作为研究农田营养盐迁移特征的典型试验区具有很好的代表性。

大量研究表明,不同土地利用下的农田营养盐迁移特征存在显著差异,这与土壤理化性质、植被覆盖度等因素密切相关^[13-15]。因此,研究不同土地利用方式对土壤养分迁移特征的影响对于建立可持续的土地利用模式具有重要的指导意义,同时,也可对定量估算土壤养分迁移通量提供重要的理论依据。

目前,定量研究不同土地利用下的农田营养盐迁移特征多采用以下两种方法。其一是选择有代表性的小流域,通过分析河道水质的变化间接反映小流域农田营养盐的迁移特征^[16,17]。其二是建立人工控制的径流小区直接研究营养盐的迁移特征和机理,这种方法又可细分为两种类型。一是利用人工降雨装置模拟自然降雨条件,其优点在于试验条件易于控制,便于研究不同地形特征和降雨条件对氮素迁移的影响。二是在自然降雨条件下,进行长期的野外原位试验^[18],其试验条件更接近于真实环境,试验结果能更加准确地反映农田营养盐随地表径流迁移的时空变化特征。目前有关径流小区的试验研究多采用人工降雨法,采用长期野外原位试验进行自然降雨条件下营养盐迁移特征的研究较少^[13,19]。

在南通典型河流通吕运河沿岸的典型非圩区,我们选择了有代表性的土地类型进行长期野外原位试验,揭示自然降雨条件下地表径流营养盐浓度

的频率分布特征,对比分析各种营养盐形态随空间的迁移特征。在试验小区选择4种有代表性的土地利用类型建立试验小区,如水田、菜地、林地、玉米地等。试验小区四周均有农沟包围,在农沟中采集径流样本,试验小区的面积通过实测得到。通过在4块径流试验小区进行自然降雨条件下营养盐随地表径流迁移特征的研究,记录降雨量,同时采集径流小区的径流样本,分析各种形态营养盐的含量,最后,进行自然降雨条件下各种土地利用类型农田营养盐迁移特征的研究,分析各种形态营养盐流失量与径流量、土地利用类型以及施肥量的关系。测量各小区每场降雨径流的径流量,采集径流样本,该样本的浓度即为次降雨径流平均浓度EMC。由于不同场次降雨的强度随时间呈显著变化,而且流域内不同时期的施肥情况各异,使得地表径流所引起的污染物浓度的随机变化不仅表现在一场降雨径流过程中,而且也表现为不同场次降雨径流EMC值的随机性变化。因此,对于多场降雨径流事件,往往采用“多场降雨径流平均浓度”(Site Mean Concentration, SMC)代表某一地点的长期径流平均浓度,以每场降雨的径流量为权重按(4)式计算SMC。

$$SMC = \frac{\sum_{i=1}^n (W_i \times EMC_i)}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (4)$$

式中: W_i ——第 i 场降雨的径流量, m^3 ; EMC_i ——第 i 场降雨的“次降雨径流平均质量浓度”, mg/L ; n ——降雨场次。

3 结论

由于非点源污染发生的不确定性、影响因素的复杂性及监测研究方法的局限性,从而给流域非点源模拟、监测与控制造成一定的困难。今后,尚须进一步深入研究,确立一种适合于平原感潮河网地区圩区和非圩区非点源污染采样及监测的指导方法,以解决实际流域中采样点和采样信息类型的监测时空分布问题,以期较以往的定性采样指导更具有可操作性,对典型流域非点源污染产污规律及污染控制研究具有实际的指导意义。

[参考文献]

[1] Hassen M, Fekadu Y, Gete Z. Validation of an agricultural non-point source (AGNPS) pollution model in Kori watershed,

- South Wollo, Ethiopia [J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2004, 6(2): 97-109.
- [2] Nigussie H, Fekadu Y. Testing and evaluation of the agricultural non-point source pollution model (AGNPS) on augucho catchment, western hararghe, Ethiopia [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2003, 99: 201-212.
- [3] Leon L F, Soulis E D, Kouwen N, et al. Nonpoint source pollution: A distributed water quality modeling approach [J]. Water Research, 2001, 35: 997-1010.
- [4] Kao J, Lin W L, Tsai C H. Dynamic spatial modeling approach for estimation of internal phosphorus load [J]. Water Research, 1998, 32(1): 47-54.
- [5] Aly I, Kadi E I, Ling G. LPM-N: A lumped parameter model for nitrogen leaching in agricultural lands [J]. Ground Water, 1999, 37(1): 30-32.
- [6] Andrus M. Integration of GIS and a dynamic partially distributed model for non-point source [J]. Pollution Management, 1996, 33(33): 211-218.
- [7] 薛联青, 郝振纯, 李丹, 等. 农业非点源污染随机监测方法的探讨 [J]. 水电能源科学, 2008, (2): 34-36.
- [8] 薛联青, 霍太英, 李丹, 等. 基于参数外延的农业非点源污染随机监测方法 [J]. 环境保护, 2008, (24): 46-48.
- [9] 张锋, 王岩松, 李世泉, 等. 水土流失面源污染监测设计 [J]. 东北水利水电, 2008, 26(4): 52-54.
- [10] 王腊春, 彭鹏, 周寅康, 等. 湿润地区平原圩区产流机制研究 [J]. 南京大学学报, 1997, 33(1): 156-160.
- [11] 詹红丽. 大型圩区水环境随机模拟模型及应用研究 [D]. 南京: 河海大学博士学位论文, 2005.
- [12] 曾德付. 基于GIS下太湖流域典型圩区农业非点源污染研究 [D]. 北京: 河海大学水利水电工程学院, 2005.
- [13] 黄漪平, 范成新, 濮培民, 等. 太湖水环境及其污染控制 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [14] 孟庆华, 杨林章. 三峡库区不同土地利用方式的养分流失研究 [J]. 生态学报, 2000, 20(6): 1028-1033.
- [15] 杨金玲, 张甘霖. 亚热带地区土地利用对磷素径流输出的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2003, 22(1): 16-20.
- [16] 杨金玲, 张甘霖, 张华, 等. 丘陵地区流域土地利用对氮素径流输出的影响 [J]. 环境科学, 2003, 24(1): 16-23.
- [17] 李俊然, 陈利顶, 郭旭东, 等. 土地利用结构对非点源污染的影响 [J]. 中国环境科学, 2000, 20(6): 506-510.
- [18] Barton A P, Fullen M, Mitchell D J, et al. Effects of soil conservation measures on erosion rates and crop productivity on subtropical ultisols in Yunnan Province, China [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2004, 104(2): 343-357.
- [19] Kumar R, Ambasht R S, Srivastava A, et al. Reduction of nitrogen losses through erosion by leonotis nepetaefolia and sida acuta in simulated rain intensities [J]. Ecological Engineering, 1997, 8(3): 233-239.