

农业非点源污染的研究进展、存在的问题及发展^{*}

邓 雄

(国家环境保护总局华南环境科学研究所, 广东 广州 510655)

摘 要: 农业面源污染是水体污染中主要的问题之一。综述了当前国内外农业面源污染的研究进展, 其中包括理论研究、模型模拟研究、治理技术研究、最佳管理实践以及立法管理研究, 归纳了我国农业面源污染治理存在的主要问题, 包括国情限制、化肥和农药的难以替代性、缺乏对点源污染和非点源污染进行分类控制等。

关键词: 非点源污染; 农业; 管理

中图分类号: X592 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2007) S2-0244-04

非点源污染 (Non-point source pollution, NPSP) 或者面源污染是指时空上无法定点监测随机发生的污染物质 (如农药、化肥等) 以分散源的形式通过各种途径汇入纳污体系, 特别是指水体污染^[1-3]。NPSP成为国际上环境问题研究的活跃领域, 而农业面源污染是目前水体污染中最大的问题之一^[1-5]。美国环保局 2003 年的调查结果显示, 农业面源污染是美国水体污染的第一大污染源, 导致约 40% 的河流和湖泊水质不合格, 是河口污染的第三大污染源, 是造成地下水污染和湿地退化的主要因素^[2, 5]。在欧洲国家, 农业面源污染同样是造成水体污染的首要来源, 农业面源排放的磷为地表水污染总负荷的 24% ~ 71%。研究已经表明, 北京密云水库, 云南洱海, 上海淀山湖等水域的非点源污染比点源污染严重^[4-5]。自 20 世纪 80 年代末以来, 随着点源污染负荷的下降, 面源污染负荷的增加, 在全球范围内对农业面源污染控制已经逐步成为现代农业和可持续发展的重大主题。

1 国内外研究现状

1.1 国外研究现状

国外非点源污染研究起步于 20 世纪 60 年代。首先是美、英、日等一些发达国家率先开展, 70 年代以后在世界各地逐渐受到重视。80 年代, 农业非点源污染研究蓬勃发展。到 90 年代, 新的污染物成为研究热点。尤以美国研究的历史较长, 美国是世界上少数几个对点源和非点源污染进行全国性系统控制研究的国家之一^[2, 6]。

1.1.1 理论研究 农业非点源污染的研究主要包括其特点、类型、影响因素、污染物迁移 (流失)

机理等方面。农业非点源污染过程是个非常复杂的过程。非点源污染的特征: 不确定的时间内, 通过不确定的排放途径, 向水系排放不确定量的污染物质。农业面源污染源类型: 农业化肥农药污染、农村牲畜粪便污染、林区非点源污染。不同土地利用类型的非点源污染、负荷也明显不同。非点源污染物主要有: 营养盐、泥沙、有毒物质。营养盐包括氮、磷两类, 其形态有颗粒态和溶解态两种。泥沙的增加会降低水体的透明度, 影响水生动植物的生长, 降低浮游生物的过滤作用, 而且随泥沙而来的营养盐也是水体富营养化的长期贡献者。有毒物质包括化学有机物、重金属、农药等。

1.1.2 模型模拟研究 农业面源污染模型根据模型的复杂性和模拟技术可以分为两类: 简单负荷估算模型和机制性模拟模型。简单负荷估算模型往往是流域地形特征与污染物输出负荷之间的简单经验关系, 通常通过手工计算就可以得到结果。简单负荷估算模型主要用来对污染负荷进行年均计算, 其预测功能有限, 但对于模拟稳定的水体, 如湖泊和水库的营养物负荷和富营养化问题是足够的。当资料缺乏、经费和时间受到限制而不能用机制性模拟模型时, 可以应用这类模型。在过去几十年中提出了许多的简单负荷计算模型, 其中用的最多的是美国环保局的 Screening Procedures, 另外这类模型还有 WRENS, FHWA, WMM 等。许多学者从动态过程的角度对农业非点源污染机制进行了深入研究。20 世纪 70 年代初, 直接模拟单场暴雨和长期平均污染负荷输出污染发生、发展及影响的数学模型就已出现, 如 ARMM 模型, 之后又出现了 RUSLE, WEPP 等模型^[1-3]。另外, 还有一些政策管理模

* 收稿日期: 2007-09-07

作者简介: 邓雄 (1975 年生), 男, 博士, 副研究员; E-mail: donald@scies.com.cn

型, 包括①非点源直接管理途径; ②非点源“锦标赛”排序法 (ROT); ③间接的非点源管理途径等等。

我国进入 20 世纪 80 年代以来才逐渐认识到非点源污染问题的重要性, 还没有发展起自己独立的系统技术, 处于分散的尝试引入国外特别是美国模型的阶段。90 年代以来, 农药、化肥污染的宏观特征、影响因素研究和黑箱经验统计模型模式在农业非点源污染研究中占据了重要地位。将非点源污染负荷模型与 3S (GIS GPS RS) 技术结合, 与水质模型对接用于流域水质管理成为非点源研究的新增长点。

1.1.3 治理技术研究 经过 30 多年的研究, 非点源污染研究逐渐从初期的定性化研究转向量化, 统计、调查与机理研究, 再转向实用治理研究。至今, 国内外已有了众多的研究成果, 并相继运用到实践治理中。就众多的防治技术来看, 大体可以分为两大类, 即“源头” (Source) 防治技术和“径流” (Runoff) 治理技术^[5-9]。

(1) “源头”防治技术

农业非点源污染的来源是: 可被冲入径流的村庄固废、无组织排放的生活污水、地上的污水污泥、大量施肥的农田土壤等。“源头”防治方法, 主要是从污染源头控制和减少这些来源, 也就是所谓的“管道前端”防治方法——即通过生态农业技术、水土保持技术、农村生活污水生态处理技术、农村固体废物生态处理技术等来控制氮磷的排放量来减少和控制非点源污染。其中生态农业技术包括生态施肥技术、生态农药技术、畜禽粪便污染生态控制技术、生态耕作与田间生态管理技术、产业结构生态化技术等。

(2) 径流过程治理技术

“汇”治理法是相对于“源”的防治法, 也就是对“汇集过程”的治理方法, 侧重于对已流出面上污染物的去除和削减。径流污染控制的主要原理是在非点源污染物汇集的径流下方建造截留污染物和使污染物循环利用的生态设施。它针对非点源污染突发性、大流量、低浓度的特点, 控制暴雨径流。径流污染控制的生态技术有生态滞留水塘技术、生态缓冲带技术、湿地处理技术等。

1.1.4 最佳管理实践 (BMPs) 最佳管理实践 (Best Management Practices, BMP) 是预防和削减非点源污染负荷最有效的实践措施, 在控制非点源污染中占有极为重要的地位^[5]。英、美等国是最早进行 BMP 的国家。1987 年的美国水质法案 (WQA) 则明确要求各州对非点源污染进行系统的

识别和管理, 并给予资金支持。进入 90 年代, 发达国家大力推广的居前 10 位的环保型农业技术均与非点源污染治理有关。

1.1.5 立法管理研究 1972 年《联邦水污染控制法》首次明确提出控制非点源污染 [3 9]。1977 年的《清洁水法》进一步强调非点源污染控制的重要性。1979 年美国环保局提出了排污权交易法——点源—非点源排污交易法, 为解决非点源污染提供了有效途径及法律保障。1987 年, 美国国会通过了《清洁水法》(修正案), 建立了控制非点源污染的国家计划, 水资源保护法更加完善。1989 年欧盟委员会第一次明确提出非点源污染的官方文件。

1.2 国内研究进展

我国的非点源污染相关研究起步较晚, 往往局限于狭义的非点源污染的研究。研究内容涉及非点源污染负荷评价、模型介绍及模型与 GIS 结合技术等。参与人员极少, 且研究存在阶段性和孤立性, 还未形成体系, 更未延展深入到管理、政策的研究。

我国的非点源污染研究始于 80 年代的湖泊富营养化调查, 真正意义上的非点源污染研究是北京城市径流污染研究, 之后相继在上海、杭州、苏州、长沙、南京、成都等城市开展了城市非点源污染研究^[5 6 7]; 与此同时, 农村非点源污染研究先后在于桥水库、珠海前山河流域、滇池、太湖、巢湖、晋江流域、东江流域等地方开展工作^[8-11]。

2 我国农业面源污染存在主要问题

2.1 国情限制

尽管有些国家已开始对化肥等成品征收环境消费税, 这种税的广泛应用还很少, 都作为一种补充手段在进行。在我国, 拥有土地的农民并不拥有水资源, 这种产权的分离使农民缺乏治理水污染的主动性。

2.2 化肥、农药的难以替代性

虽然人们已意识到农药的残毒、致癌、人畜急性中毒及污染环境等问题, 但是现有的一些替代方法仍存在着许多问题, 不能完全取代。

2.3 缺乏对点源和面源污染进行分类控制

中国在水污染治理中存在最主要的问题是没有对点源和面源污染进行分类控制。近年来尽管中国中央与地方政府及各流域管理部门加大了治污力度, 但到目前为止, 即使在农业面源污染引起富营养化严重的流域, 对点源和面源污染也没有明确的分类和界定, 更没有按照这种分类, 制定和采用分

类控制的法规和技术标准, 实行不同的管理控制。

2.4 末端控制仍为目前流域治理建设工程的主体

自“九五”以来, 中国中央与地方政府在治污上投入了大量财力, “十五”期间国家用于环境整治的财政预算为 7 000 亿元, 占 GDP 的 1%。其中 2 700 亿元用于水污染的治理。这些投资主要用于污水处理厂及其配套工程建设。但对农业面源污染源头的控制行动计划投资甚少^[5-6]。

目前已经认识到, 一些流域在城区面源治理中仅有污水处理厂, 并不能解决根本问题, 只有通过排水管网, 将城区面源转化为排污管方式的点源之后, 才能有效地通过污水处理厂进行末端控制。因而近年来在城区面源的治理中, 开始逐步增加排水管网及污水处理厂配套工程的建设。但是, 对提高农业面源污染的源头控制能力建设, 特别是针对农村生活污水、农村种养殖造成的水体富营养化的控制, 相关投资仍然十分少。

2.5 各流域进行农业面源污染控制的科技基础性工作严重不足

许多国家的实践已经证明, 面源污染控制的关键措施之一是制定和执行限定性农业生产技术标准。中国目前虽然也颁布了一些农业环境方面的法规, 但多数是参照国外修订的框架来规定的。由于缺少必要的试验工作, 实际上目前各省、各流域也不能就一些最重要的生产过程制定适合本地农民执行的技术标准。

2.6 流域治理中缺少对农村和农业面源污染源头控制的监督体系和奖惩措施

有效的监督机制对执行环境法规有着重要作用。对面源污染的控制, 则需要源头控制的监督体系和相应机制。中国目前无论是在重要的水源保护区, 还是水体污染已很严重的流域和高污染风险地区, 均无源头控制的监督体系和相应的奖惩措施, 对农民和农村农资供销专业户不规范的生产、经营行为缺乏指导和监督。

3 相关领域科研发展趋势

非点源污染模型的发展需要大量实测资料进行验证并确定参数, 但目前所能得到的资料无论数量上还是质量上都还不能满足, 大量的资料依靠野外考察测量是非常困难的。RS (遥感) 技术的出现为此提出了解决问题的有效途径, 遥感的宏观性、

短周期性以及人力、物力、财力和时间上的节约性为模型的发展创造了有利条件^[8]。GIS (地理信息系统) 具有强大的数据处理功能, 使人们能够对 RS 技术采集来的地理空间数据进行分析处理, 推动了模型研究的发展。研究非点源污染模型与 RS GIS 技术的结合成为当今国际上的重点。AGNPS 与 GIS 的结合是当今这一模型的研究热点^[8-9]。非点源污染定量模型同时是环境管理、环境评价等模型的基础, 各种模型之间的对接研究并溶入到同一 3S 体系之中, 将是今后研究的主要趋势。

参考文献:

- [1] LINE D F, MCLAUGHN R A, OSMOND D L, et al. Non-point source[J]. *Water Environment Research*, 1998, 70(4): 895-911.
- [2] WOLFEM L, Hydrology C // RITTER W F, SHIRMOHAMMADI A. *Agricultural Nonpoint Source Pollution*. London: LEWIS Publishers, 2000. 1-28.
- [3] MAGETTE W L, Monitoring C // RITTER W F, SHIRMOHAMMADI A. *Agricultural Nonpoint Source Pollution*. London: LEWIS Publishers, 2000. 205-328.
- [4] MOSTAGHMI S. Best management practices for nonpoint source pollution control: Selection and assessment [C] // RITTER W F, SHIRMOHAMMADI A. *Agricultural Non-point Source Pollution*. London: LEWIS Publishers, 2000. 257-304.
- [5] 张维理, 武淑霞, 冀宏杰, 等. 中国农业面源污染形势估计及控制对策 I. 21 世纪初期中国农业面源污染的形势估计 [J]. *中国农业科学*, 2004, 37(7): 1008-1017.
- [6] 张维理, 冀宏杰, KOLBE H, 等. 中国农业面源污染形势估计及控制对策 II. 欧美国家农业面源污染状况及控制 [J]. *中国农业科学*, 2004, 37(7): 1018-1025.
- [7] JAMESON D G, FEDRA K. The “water wars” decision support system for river basin planning: Conceptual design of hydrology [J]. *Journal of Hydrology*, 1996(177): 163-175.
- [8] W NIGE, WILLIAM L, POETER, EILEEN P, et al. UNCERT: geostatistics, uncertainty analysis and visualization software applied to groundwater flow and contaminant transport modeling [J]. *Computers & Geosciences*, 1999, 25(4): 365-376.
- [9] SOVAN L, MRRHXU G, JEANLUC G. Predicting stream nitrogen concentration from watershed features using neural networks [J]. *Water Research*, 1999, 33(16): 3469-3478.

The Research Progresses, Problems and Prospects of Non-Point Source Pollution

DENG Xiong

(South China Institute of Environmental Sciences, State Environmental Protection
Administration of China (SEPA), Guangzhou 510655, China)

Abstract One of the most important factors contributing to the deterioration in water quality is agricultural non-point source pollution. The research progresses of agricultural non-point source pollution are summarized in this paper, including the theoretic research, model study, control technique research, Best Management Practices, legislation research, etc. The problems existing in the control of agricultural non-point source pollution are also put forward in this paper, including the limitations of the current situations of China, the difficulties to take the place of chemical fertilizer and pesticide with the other low-polluted products, and the lack of the distinguished control between the non-point source pollution and point source pollution, etc.

Key words non-point source pollution, agriculture, management