

畜禽养殖非点源污染及其生态控制

朱立安^{1,2}, 王继增¹, 胡耀国^{1,2}, 程炯^{1,2}, 魏秀国^{1,2}, 张会化^{1,2}

(1. 广东省生态环境与土壤研究所, 广东 广州 510650; 2. 广东省农业环境综合治理重点实验室, 广东 广州 510650)

摘要: 畜禽养殖产生的非点源污染对水环境影响的严重性日益受到人们的重视。论述了畜禽养殖非点源污染的形成、危害及负荷计算综合非点源污染及其控制措施的研究进展, 从区域合理布局、优化管理和生态工程技术 3 个方面提出畜禽养殖非点源污染控制的方法和关键问题。

关键词: 畜禽养殖; 非点源污染; 负荷; 生态控制

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2005)02-0040-04

中图分类号: X713

Non-point Sources Pollution from Livestock and Poultry and Ecological Control

ZHU Li-an^{1,2}, WANG Ji-zeng¹, HU Yao-guo^{1,2}, CHENG Jiong^{1,2}, WEI Xiu-guo^{1,2}, ZHANG Hui-hua^{1,2}

(1. Guangdong Institute of Ecology, Environmental and Soil Sciences, Guangzhou 510650, Guangdong Province, China;

2. Guangdong Key Laboratory of Agro-environment Integrated Control, Guangzhou 510650, Guangdong Province, China)

Abstract: People are increasingly paying much attention to the serious effect of non-point sources pollution from livestock and poultry to water environment. The formation, damage to eco-environment and loading calculation of non-point sources pollution from livestock and poultry are discussed. The progress of non-point pollution and its control measures, some methods and critical problems have been brought forward about control of livestock and poultry pollution, focusing on three parts: regional proper layout, best management practice (BMP) and ecological engineering technology.

Keywords: livestock and poultry; non-point pollution; loading; ecological control

畜禽养殖是农业生产不可缺少的一部分。随着人们生活水平的不断提高,对肉、蛋、奶等畜禽产品的需求日益增加,致使畜禽生产规模不断扩大,畜禽养殖污染对环境造成的影响也日益突出。畜禽养殖污染不仅影响养殖业自身的可持续发展及经济效益,同时损害了社会效益和生态效益。因此加强畜禽污染治理刻不容缓^[1]。

畜禽养殖污染包括点源污染和非点源污染 2 种形式,以前在畜禽养殖污染治理中,往往只偏重于点源污染治理,忽视了非点源污染的管理和控制。非点源污染形成过程复杂,具有随机性、滞后性、模糊性和潜伏性等特点,在其所在集水区生态系统范围内是一个受多种因素影响并不断变化的动态系统,单一的控制技术虽然能收到一定的效果^[17,22-23],但很难达到预期的控制目标。本文根据畜禽养殖非点源污染的形成、负荷及危害特征,并综合非点源污染及其控制措施的研究进展,从区域合理布局、优化管理和生态工程技术 3 方面提出畜禽养殖非点源污染控制的方法和应注意的主要问题。

1 畜禽养殖非点源的形成特征

畜禽养殖非点源污染是指畜禽排出的粪尿等废弃物,经过雨水的冲刷,通过径流将其带入水体而造成的污染^[2]。畜禽养殖产生的非点源污染途径主要表现为 3 个方面。在饲养过程中畜禽排放的大量废弃物、食物残渣以及清洁饲养圈所产生的污泥水,直接受雨水冲刷形成地表径流,到达接纳水体形成污染;粪便在堆放和储运过程中,因降雨和其它原因进入水体;粪肥归田,如果不能充分利用,营养物随地表径流进入水体。研究表明,长江三角洲地区市郊畜禽粪便流失率为 30%~40%,畜禽粪便流失污染地表水的现象已成为长江三角洲地区最大的污染源和最引人注目的非点源问题^[4]。通过上海市郊非点源污染综合调查,黄浦江上游非点源污染物等标排放量 11 779 m³/a,其中畜禽粪尿占 48.67%,排在第 1 位^[5]。有研究表明,畜禽养殖区非点源污染物的负荷是其它土地利用方式的 10 倍^[6]。因此畜禽养殖非点源污染是区域水环境治理中一个不可忽视的方面。

收稿日期:2004-10-25

资助项目:广东省科技攻关项目(2003C34509, 2004B26001155);广东省自然科学基金重点项目(04101225)

作者简介:朱立安(1974—),男(汉族),河北唐山人,硕士,助理研究员,主要从事水土流失与非点源污染、环境生态学研究。电话(020) 87024715, E-mail:lazhu@soil.gd.cn。

2 畜禽养殖非点源污染的负荷估算

通过畜禽粪便排放负荷这一量化指标,可以间接衡量当地畜禽饲养密度及畜禽养殖业布局的合理性^[13]。测定畜禽养殖非点源污染负荷的常用方法有排泄系数法和畜禽污染模型法。

2.1 排泄系数法

目前我国畜禽粪便排放负荷大多采用排泄系数法,即单个养殖畜禽每天排出粪便的数量乘以区域(或养殖场)的种群数量。由于各地养殖的畜禽种类、品种、气候、喂养饲料、生长期等有差异,因此其排泄系数也略有不同^[7-8,13],然后由畜禽粪便排放负荷乘以流失率得出畜禽粪便污染负荷。畜禽粪便非点源污染负荷受降雨、养殖场地形、养殖场管理方式、土壤类型及迁移过程等多因素影响,区域流失系数需要大量实验进行实测,上海市郊畜禽粪便的流失率为30%~40%^[4]。

2.2 畜禽污染模型

地表径流是非点源污染物的运载体,当降雨径流模型输出的地表径流为零时,对水体的污染物加载量(PAL)为零,但污染物仍会在流域面上积累,即

$$PAL_{(i)} = 0$$

$$SAL_{(i)} = SAL_{(i-1)}e^{-1/c_k} + AL_{(i)}$$

式中: $PAL_{(i)}$ ——第 i 时段畜禽污染量; $SAL_{(i)}$ ——第 i 时段污染物累计量; $SAL_{(i-1)}$ ——第 i 时段以前的废弃物累积量; $AL_{(i)}$ ——第 i 时段内畜禽的排泄量; c_k ——累计污染物的衰减系数,一般为 15 d。

当产流大于零时,污染量可由下式计算:

$$PAL_{(i)} = SAL_{(i-1)} - (R_i)$$

$$SAL_{(i)} = SAL_{(i-1)}e^{-1/c_k} + AL_{(i)} - PAL_{(i)}$$

式中: (R_i) ——给定时段径流深 R_i 条件下的径流携带污染物的能力,其值除与径流深有关外,还与流域坡度等有关,一般由实验方法确定。

3 畜禽养殖非点源污染对环境的影响

畜禽养殖非点源污染对环境影响的研究报道很多^[1,4-8]。畜禽粪便中含有大量氮磷等营养元素和其它营养物质,如果不经控制随雨水径流进入生态系统,将造成环境污染和资源浪费,并且形成恶性循环,破坏生态系统。首先,造成氮磷钾等资源养分流失和降低周边土地生产力;其次,是造成水体富营养化,影响水体质量和生态功能,并且渗入到地下,污染地下水;再次,畜禽粪便中含有激素、重金属等有害物质和大量的源自动物肠道的微生物和致病菌,也会污染水

体,造成禽畜疾病流行,甚至引发公共健康问题。根据调查,1998年长江三角洲地区由于畜禽粪便流失,造成全年总氮(TN)、磷(P_2O_5)、钾(K_2O)养分流失量分别为 1.19×10^5 t, 6.9×10^4 t, 1.25×10^5 t,分别占本区全年实际化肥施用量的 3.3%, 12.2% 和 66.8%; 污染物流失负荷量: BOD_5 为 4.81×10^5 t, COD_{Cr} 为 5.35×10^5 t, NH_3-N 为 7.79×10^4 t, 粪尿量为 1.066×10^7 t^[5]。

4 畜牧养殖非点源污染生态控制

生态控制是利用生物措施和管理措施,辅助一定的工程措施,在非点源污染物的产生及传输过程中进行系统的控制和治理(以控为主,以治为辅),将非点源污染危害风险控制在最小水平。文中通过对畜禽养殖场的合理布局减少污染危害风险;通过优化管理控制其污染物的产生量;在非点源污染的传输过程中,因地制宜地利用生态措施控制。用生态措施控制畜禽养殖非点源污染有较强生态效益、经济效益和社会效益。

4.1 区域合理布局

区域合理布局是畜禽养殖非点源污染控制的关键^[3]。根据调查分析,我国大多大规模畜禽养殖场地处居民区内;8%~10%的规模化养殖场分布在距居民水源地的距离不超过 50 m;30%~40%的规模化养殖场距离居民或水源地最近距离不超过 150 m。养殖场选址不当不仅构成了对周边环境压力,还在许多地方造成了畜禽养殖场主与周围居民的环境纠纷^[4]。

通过对畜禽养殖场合理布局,可以解决畜禽产品的供需平衡,降低成本。从环境的角度,在区域生态环境承载力的范围内,避免非点源污染造成的危害,同时调节废物的循环利用,避免废物及营养物质过剩,造成大规模的污染,降低粪便长途外运成本。因此对畜禽养殖场的选址进行总体规划,全面考虑生产布局的合理性与生态环境的同步发展;对一些环境敏感性比较高的地点(如水源保护区、河流附近、人口稠密区、生态环境脆弱区等)^[31],应严格限制畜禽养殖场的建设和发展。

4.2 废物(污染)最优管理

调查显示,目前我国规模化畜禽场的宏观环境管理水平普遍较低,全国 90% 的规模化养殖场未经过环境影响评价,60% 的养殖场缺乏干湿分离这一最为必要的污染防治措施。而且环境污染治理投资力度明显不足,80% 左右的规模化养殖场缺少必要的污染治理投资。

养殖场废弃物管理,应该改变过去仅限于末端治理模式,而采用清洁生产模式。研究建立适合我国国情的畜牧业清洁生产技术体系,从源头控制非点源污染的产生。废弃物(污染)最小化管理措施主要包括:废水最小化和循环利用、提高饲料的利用率、粪肥归田最佳管理和各种废物(污染)和对养殖场粪便处理和管理(如堆肥技术、固液分离技术等)。

现在一些发达国家开展作物营养施肥控制,环保配方技术的开发研究和田间施肥技术,以达到低耗高效,最大限度提高营养物质的利用率,减少对环境所造成的污染^[14]。

4.3 生态工程措施

非点源污染的形成不仅与物质来源密切相关,而且在更大程度上取决于非点源污染物的空间分布与迁移过程,尤其是土壤与景观(如岸边林、湿地、溪沟、池塘等)对非点源物质的截留,将极大地降低非点源污染的形成危险^[10-12]。非点源污染生态工程控制是充分利用土地、植被及水体的净化能力,截留氮、磷、泥沙等物质。目前比较通用和被人们所普遍接受的控制非点源污染的生态工程技术主要措施有植被缓冲带、水塘—湿地系统和生态农业。

4.3.1 植被缓冲带 主要包括缓冲林带和缓冲草带,植被缓冲带不仅能有效地截留污染物,而且还可以改善区域环境,增加生物多样性,增加植被覆盖率,提高抗灾能力^[18-21]。美国规定,畜牧养殖场必须配套必要的植被缓冲带^[4]。植被缓冲带无论是等高种植或在坡度小于 12° 的坡地上,对农田非点源污染都有较强的控制作用,而且两者结合应用,效果更好^[20]。在植被缓冲带对非点源污染治理中,畜禽养殖场的非点源污染负荷与缓冲带对污染负荷的承载能力是一个重要的问题,农田非点源污染控制中,缓冲草带的宽度最好在 0.75~1 m 之间,其次要加强设计和管理,防止沟蚀和绕流等不利情况的发生^[17,20]。

4.3.2 水塘—湿地系统 水塘—湿地系统在非点源污染控制中的主要功能是滞留径流污染,循环利用水和营养物质,改善周围环境,提高生物多样性等。多水塘系统能截留来自村庄、农田的 P、N 污染负荷 94% 以上^[21]。在我国南方大部分农业区域,就有许多水塘用来拦截雨水,灌溉农田^[25];水稻田—水塘湿地系统对总磷和总氮的截留率分别在 90% 和 50% 以上^[16]。同时也可以利用湿地植物,提高去污效率。研究表明,美人蕉在污水中有良好的长势,并能大大提高污水中总氮和总磷的去除率^[22]。种植菩提子和美人蕉在人工湿地系统处理西湖非点源污染源也取得了很好的效果^[23]。

4.3.3 生态农业 生态农业能使物质在系统内多次循环,合理分配,使产生的废弃物最小化,因此对减少农村非点源污染有很好的控制作用。根据市场、地域特色等,筛选出经济效益、社会效益和生态效益都达到较满意的农林牧生态农业模式^[29]。目前我国各地都推广了一些切合当地的生态农业模式,如红壤丘陵区的“顶林、腰园、谷农、塘鱼”的模式、黄河三角洲地区的种植业—农区饲养型、台田—鱼塘型等,各地都对地域性的生态农业进行了有效的研究,对减少废弃物和非点源污染有很强的效果^[21,24,27]。通过对草—牛—沼生态农业进行了研究,使得氮素及其它营养元素在系统中得到很好的循环利用,既保护环境,又充分发挥资源的效益,同时还提供牧草所需的相当数量的肥料^[26]。

畜禽养殖非点源污染控制是一个涉及经济、社会、环境各方面的系统工程,需要在资金、管理、技术和提高环境意识等方面进行全方位的投入,需要政府与各部门之间全面合作,同时要加强环境评价和政策引导等,利用现代先进的科学手段和科学管理,在畜禽养殖场的选址、规划、污染控制中发挥更大的作用。

[参 考 文 献]

- [1] 翁伯琦. 防治畜禽养殖污染刻不容缓[J]. 农业环境保护, 2002, 22(6): 288—288.
- [2] 李定强, 王继增, 万洪富, 等. 广东省东江流域典型小流域非点源污染物流失规律的研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(3): 12—18.
- [3] 卓慕宁, 吴志峰, 王继增, 等. 珠海非点源污染控制区划[J]. 城市环境与城市生态, 2003, 16(1): 28—30.
- [4] 刘培芳, 陈振楼, 许世远, 等. 长江三角洲城郊畜禽粪便的污染负荷及其防治对策[J]. 长江流域资源与环境, 2002, 11(5): 456—460.
- [5] 杨丽霞, 苑韶峰. 养殖业与非点源污染及其治理方法探讨[J]. 饲料工业, 2002, 23(7): 20—22.
- [6] 王小燕, 王晓峰, 王振刚, 等. Nutrient Loss from Various Land Use Areas in Shixia Small Watershed of Miyun County, Beijing, China [J]. Chinese Journal of Geochemistry, 2003, 22(2): 173—178.
- [7] Vincent H. Varel, Daniel N. Miller. Effect of Antimicrobial Agents on Livestock Waste Emissions[J]. Current Microbiology, 2000(40): 392—397.
- [8] 汪清平, 王晓燕. 畜禽养殖污染及其控制[J]. 首都师范大学学报(自然科学版), 2003, 24(2): 96—101.
- [9] Ritter W F. Watershed Management and Hydrology[M]. CRC Press LLC, 2001. 136—158.
- [10] Ritter W F, Chirnside A E M. Impact of animal waste lagoons on ground-water quality [J]. Bio-Waste, 1990, 34(1): 39—54.

- [11] 陈利顶,傅伯杰,张淑荣,等. 异质景观中非点源污染动态变化比较研究[J]. 生态学报, 2002, 22(6): 808—816.
- [12] Ebbert J C, Kim M H. Soil processes and chemical transport[J]. Environ Qual. 1998(27): 372—380.
- [13] Stow C A, Borsuk M E, Stanley D W. Long-term changes watershed nutrient input and river export in the Neuse River, North Carolina[J]. Water Research, 2001, 35(6): 1489—1499.
- [14] 朱有为,段丽丽. 浙江省畜牧业发展的生态环境问题及其控制对策[J]. 环境污染与防治, 1998, 21(1): 40—43.
- [15] Teira-Esmatges M R, Flotats X. A method for livestock waste management planning in NE Spain [J]. Waste Management, 2003, 23: 917—932.
- [16] 晏维金,尹澄清,孙濮,等. 磷氮在水田湿地中的迁移转化及径流流失过程[J]. 应用生态学报, 1999, 10(3): 312—316.
- [17] 倪九派,傅淘,卢玉东,等. 缓冲带在农业非点源污染防治中的应用[J]. 环境污染与防治, 2002, 24(4): 229—232.
- [18] Roberston J G, Eknert B, Ihse M. Habitat analysis from infrared aerial photographs and the conversion of birds in Swedish agricultural landscapes [J]. A Mbio, 1990, 19: 195—203.
- [19] Bren L J. A case study in the threshold measures of hydrologic loading in the design of stream buffer strips[J]. For Ecol Manage, 2000, 132: 243—257.
- [20] Dillaha T A, Reneau R B, Mostaghimi S, et al. Vegetative filter strips for agricultural non-point source pollution control[J]. Trans Am Soc Agric Eng, 1989(32): 513—519.
- [21] 尹澄清,毛战坡. 用生态工程技术控制农村非点源水污染[J]. 应用生态学报, 2002, 13(2): 229—230.
- [22] 李芳柏,吴启堂. 无土栽培美人蕉等植物处理生活废水的研究[J]. 应用生态学报, 1997, 19(4): 36—39.
- [23] 王小珺,徐青山,葛滢. 人工湿地对西湖非点源污染源的治理研究[J]. 2001, 18(6): 6—10.
- [24] Lu L - K. Soil science and plant nutrition principles and fertilizer application, Beijing [M]. Chemical Industry Press(in Chinese). 1998.
- [25] 王明珠. 我国南方低丘陵红壤区立体农业模式[J]. 热带亚热带土壤科学, 1998, 7(4): 263—266.
- [26] 刘经荣,石庆华,谢国强,等. 草—牛—沼生态系统中氮的循环和沼气综合利用的探讨[J]. 江西农业大学学报, 2003, 25(2): 267—269.
- [27] 陈随军,潘伟光. 农业结构调整中区域优势的正确认识与发挥[J]. 农业现代化研究, 2000, 21(6): 221—225.
- [28] 许学工. 黄河三角洲的适用生态农业模式及农业地域结构探讨[J]. 地理科学, 2000, 20(1): 27—33.
- [29] 王继增,李定强,等. 扬子坑流域水土流失综合治理开发模式初探[J]. 水土保持研究, 1996, 3(6): 77—82.
- [30] 吴文良. 我国不同类型区生态农业县建设的基本途径与典型模式[J]. 生态农业研究, 2000, 8(2): 6—9.
- [31] 张淑荣,陈利顶,傅伯杰. 农业非点源污染敏感性评价的一种方法[J]. 水土保持学报, 2001, 15(2): 56—59.

(上接第30页)

由于绿化系统优化的目的是提高雨水的利用效率,依据微观的理论解决宏观的问题,涉及的学科很多,有生态的、水文的和气候的等多个方面。因此本研究仅仅是对抗旱树种柽柳进行集雨绿化系统优化模式的初步分析和探讨,重在理论分析和模型上,实例分析仅仅具有方法运用的参考。

[参 考 文 献]

- [1] 山仑,陈国良. 黄土高原旱地农业的理论与实践[M]. 科学出版社, 1993. 1—10
- [2] 王百田. 干旱半干旱地区集流造林工程设计[J]. 水土保持通报, 1993, 13(7): 60—66.
- [3] Th. M. Boers, Degraaf M. A linear regression mode combined with a soil water balance mode to design micro-Catchments for water harvesting in arid zones[J]. Agricultural Water Management, 1986(11): 187—203.
- [4] Ali Reza Sepaskhah, Hamid Reza Fooladmand. A computer model for design of micro-catchment water harvesting systems for rain-fed vineyard[J]. Agricultural Water Management, 2003(6): 1—18.
- [5] 李小雁. 干旱半干旱过渡雨水集流实验与微型生态集雨模式[C]. 全国百篇优秀博士论文, 2000. 31—35.
- [6] 王斌瑞,王百田. 黄土高原径流林业[M]. 北京:中国林业出版社, 1996. 97—300.
- [7] 裴步祥. 蒸发和蒸散的测定与计算[M]. 高原气象出版社, 1989. 58—63.
- [8] 赵文智,程国栋. 干旱区生态水文过程研究若干问题评述[J]. 科学通报, 2002, 46(22): 1850—1856.
- [9] 余新晓. 黄土地区防护林体系根际区土壤水分平衡研究[C]. 中国水土保持学会青年学术研究会, 水土保持科学研究与发展. 北京:中国林业出版社, 1993. 41—50.
- [10] 韩仕峰,黄旭. 黄土高原的土壤水分利用与生态环境的关系[J]. 生态学杂志, 1993, 12(1): 25—28.