

## 农业污染防控与水质改善策略

许娟, 梅旭荣, 刘国强, 白薇

(中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 北京 100081)

**摘要:**我国水体污染物来自农业的污染负荷约占 30%。在提高农产品产量的同时, 农业生活及生产活动对环境产生了重大影响, 加之农业资源严重短缺, 农业污染对人民群众的饮水及粮食安全构成严重威胁。因此, 通过对农业污染产生的原因及对水环境影响进行分析, 探讨污染防控技术的重点和难点, 提出从技术、政策和立法三个角度建立污染防控与改善水质的策略体系, 将为确保我国的水安全、粮食安全与可持续发展提供良好的技术保障。

**关键词:**农业污染; 防控技术; 水质; 策略

**中图分类号:** S210.3

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1008-0864(2008)05-0019-05

## Strategies for Prevention and Control of Agricultural Pollution and Water Quality Improvement

XU Juan, MEI Xu-rong, LIU Guo-qiang, BAI Wei

(Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** About 30% of the pollution load in water is from agriculture in China. With the increase of agricultural output, agricultural life and production activities have brought great impact on environment. Together with the serious shortage of agricultural resources, agricultural pollution has severely threatened the safety of people's drinking water and grain food. Therefore, it is crucial to analyze the reason of agricultural pollution and its effect on water environment, to explore the key and difficult points of pollution control techniques, to establish a system strategy of pollution control and water quality improvement from the three angles as technology, policy and legislation. A good technical support is supplied to guarantee water safety, food safety and agriculture sustainable development in China.

**Key words:** agricultural pollution; control technique; water quality; strategies

全球范围内, 水资源的污染和清洁水源的短缺都在不断加剧。农业引起的面源污染, 指人们在从事农业活动时产生的非点源污染, 包括化肥、农药、畜禽粪便等污染物以广域的、分散的、微量的形式进入地表水及地下水造成的污染<sup>[1-3]</sup>, 这是目前公认的引起水体污染的主要来源之一<sup>[4-6]</sup>。进入 21 世纪, 我国随着人口的迅速膨胀, 经济、物质生活的高速增长, 高化肥用量的集约化农业的普及, 无论是在东南沿海等经济较发达的地区, 还是在一些较贫困的偏远地带, 许多湖泊、河流、近海域都出现了严重的富营养化问题,

严重影响了这些地区的水质。治理实践表明, 单纯控制点源污染, 不能消除水体污染, 大量的面源污染物仍会继续分散地、不间断地进入水体, 从而引起污染<sup>[7, 8]</sup>, 并且, 农业非点源污染一旦发生, 治理和控制都相当困难, 如在美国 Columbiar 河流域, 50% 的污染负荷来自面源, 致使 80% 的河流断面未能达到水质标准<sup>[9]</sup>。因此, 在有效控制点源污染的基础上, 必须加强农业面源污染的研究和治理。我国以世界 9% 的耕地、6% 的水资源和 4% 的森林资源养活了世界上 22% 的人口, 在资源相对短缺的情况下, 如何做到在提高农产品

收稿日期: 2008-05-20; 修回日期: 2008-08-25

基金项目: 国家科技重大专项项目“典型村镇饮用水安全保障适用技术与示范”(2008ZX07425), 科技部国际合作项目“农业立体污染防治技术与模式研究(2006DFB32180-01)”资助。

作者简介: 许娟, 助理研究员, 主要从事农业环境与可持续发展研究。Tel: 010-82106011; E-mail: xujuan@caiac.org.cn。通讯作者: 梅旭荣, 研究员, 主要从事农业水土资源利用和管理研究。Tel: 010-82109333

产量,提高农民的收入,确保我国粮食安全的同时,减少环境污染是我国发展的重要议题,其任务尤其艰巨。

## 1 农业污染对水环境的影响

近年的研究也已证明,农业面源污染物质的排放,是水污染尤其是水质富营养化的主要原因<sup>[10-13]</sup>。农业面源污染对地表水的影响主要表现为富营养化问题,而对地下水的影响主要是硝酸盐污染问题。

化肥流失造成农业面源污染,是水体污染的重要来源。氮和磷是其中的关键元素。农田在降雨、灌溉时产生径流会造成氮磷养分进入水体。据调查,五大湖泊、滇池、三峡库区等重要的水源地农田在过去20年中,氮、磷化肥总用量平均增加了1.3倍,农田氮、磷总养分投入量(纯)分别达到552 kg/hm<sup>2</sup>和243 kg/hm<sup>2</sup>。此外,肥料利用率低,氮肥利用率仅为30%~35%,肥料损失到水田的约占50%,旱地上为30%~40%,全国平均约45%。剩余的养分通过各种途径,如径流、淋溶、反硝化、吸附和侵蚀等进入水环境<sup>[14]</sup>。

研究发现造成地下水硝酸盐污染的主要来源也是氮肥<sup>[15]</sup>。长期使用氮素化肥的地区,地下水含氮量在逐年增高。据调查,北京地区地下水中硝酸盐含量持续升高,其增长速度达每年1.25 mg/L,污染面积已在3 000 km<sup>2</sup>以上<sup>[16]</sup>。经中国农业科学院调查表明,凡施肥量超过500 kg/hm<sup>2</sup>的北方地区,地下水的硝酸盐含量都超过饮用水标准<sup>[17]</sup>。种植业中化肥的大量投入与低效利用是农田氮磷养分损失的主要症结。

畜禽场、草场在降雨时产生径流也会造成氮磷养分进入水体,是畜牧业带来的面源污染。畜禽粪便流失已经成为污染大户,我国的规模养殖场中有2/3缺乏防污设施;每年产生约30亿t粪便,其处理率小于10%,其中1/4进入水体<sup>[18]</sup>。集约化畜禽养殖场产生的废弃物实质与农户散养的畜禽生产的粪便一样是一种资源,但目前我国还没有很好地加以利用,使资源变成了农业污染的罪魁祸首。

湖泊、河流上的家禽和水产养殖污染也触目惊心。残饵污染占投饵量的10%~40%,COD排放约500万t,接近生活污水COD排放量;投放的

鱼肥总量达200万t以上,但氮磷的利用率小于20%<sup>[19]</sup>。在水产养殖过程中,投喂的饲料残饵的发酵分解、水产动物新陈代谢过程中产生大量的氨氮、动物尸体腐败的恶臭及药物的残留等不仅污染了水环境,而且也造成了水产品产量和品质的降低。

此外,村镇由于无污水管道、处理系统和垃圾处理,使生活的固、液废弃物在降雨时因场地径流造成氮磷养分进入水体,也会对水环境造成污染。

## 2 农业面源污染的原因

农业生产从结构到模式的资源浪费是造成面源污染的根本原因。我国正处于由传统农业向现代化农业转化的初期,由于社会经济基础不同,各地区所处的农业发展阶段也有所不同。欠发达地区农业生产技术水平较低,种植业普遍采用外延式的扩大再生产、粗放经营的生产方式,不仅生产效率低,而且造成资源质量下降;发达地区普遍采用常规现代农业生产方式,大量采用化肥和农药等生产要素,农业生产率大幅度提高,产量显著增加,但由于种植规模的集约和技术与管理的集约并未同步,集约化农业(种植、养殖等的空间和产业集聚)在大幅度提高农业综合生产能力和效率的同时,也使得农业污染物在时间和空间上“集约”。

缺乏科技的应用与支持也是上述面源污染问题的重要原因。随着传统农业向现代效益农业的转变,没有及时有效地建立起适应效益农业的污染控制与管理技术手段,化肥农药的大量施用,使氮、磷等的大量流失造成污染。在现代农业体系下,农业面源污染具有随机性大、模糊性强、分布广泛、滞后严重、潜在性强等特点,与此对应的污染控制技术尚不完善。另一方面,农业产业化发展使农业生物多样性减退,农业对于污染物的自净能力下降,随着菜果花等高度集约化种植面积的大幅度增长、养殖业的快速发展、无排水系统的农村城镇化建设快速发展,水体污染中农业污染呈日趋突出的态势。

农业非点源污染问题日趋严重,但控制管理政策的研究及制定相对滞后,在很大程度上影响和制约了我国对非点源污染的预防和控制。受国情限制,政府的农业政策及环境管理政策未能在

农业环境保护方面给予关注,我国目前尚无单独的农业污染防治法及实施办法,这在一定程度上放任了农业面源污染的产生和不断加剧。

### 3 农业污染防治难点与重点

我国农业的整体水平不高,科技含量较低,特别是长期以来农业生产还相当粗放,农业科技推广体系不健全,带来的资源短缺、生态破坏和环境污染问题日益明显。广大的农村也是我国最贫困的地区,且农村人口多,占全国总人口的 56%,在资源相对短缺的情况下,如何确保粮食安全,立足国内实现粮食基本自给,保持水稻、小麦等主要口粮作物的自给率在 92%~95%,其他农产品有效供应能力得到加强,促进农民增收,又要有效遏制农业生态退化,控制农业面源污染,是我国农业发展中要面临的重大难题。

#### 3.1 农业污染防治的难点

农业系统是复杂的生态系统,农业污染是复杂的复合污染<sup>[20, 21]</sup>,其防治是一项复杂的系统工程,不仅涉及技术层面还涉及到宏观经济政策及管理层面的问题。以往的单项治理技术虽然在解决特定污染方面具有一定作用,但面对当今农业复杂污染的局面,已经远远不能有效解决问题。

**3.1.1 农业污染物量大面广与集中控制产生矛盾** 在我国农村地区,由于农户的众多性和分散性,使得政府对农村资源环境利用和保护的监测和管理成本大大增加。且污染源多、面广、治理难度大。特别是畜禽养殖污染物排放量大,处理技术水平低下,就浙江省畜禽养殖来说<sup>[22]</sup>,养殖场遍布于各(镇)、村,且规模化程度不高,虽有利于污染物的综合利用,但给直接排放的污染物的集中治理带来了难度。

**3.1.2 农业高增长与低污染的矛盾** 增施化肥是我国温饱工程的主要技术政策之一。化肥的投入是我国农业可持续发展必不可少的物质投入,也是提高农业生产率的重要手段。过量施用化肥造成土壤肥力持续下降,为维持农田生产能力,更加依靠化肥、农药等农业投入品,形成恶性循环,导致农田土壤生态环境的严重恶化。

**3.1.3 农业产业结构升级与资源短缺的矛盾** 对农村“三次产业”结构进行调整,促进其优化升级,实现产业结构的合理化,是农业进步、农民增

收和农村发展的主要手段。中国是一个资源极为短缺的国家,特别是耕地和水资源极度短缺。目前我国人均耕地不到 0.08 公顷,相当于世界人均耕地的三分之一;水资源人均拥有量约为 2 200 m<sup>3</sup>,不足世界四分之一,是全世界水资源严重短缺的国家之一。在这种情况下,要想在有限的资源空间中,生产出更多、更优的农产品,就不得不提高农业的投入。还有一个问题令人担忧,就是在新时期,中央提出出来要加快城市化,加快产业结构调整 and 升级。城市化是需要发展空间的,发展空间就是要消费土地、水资源等,这将使我们目前短缺的资源更加短缺。这是发展农业值得关注的重大问题。

**3.1.4 惩罚与激励的矛盾** 在国家不增加技术和资金投入前提下,既要激励农民提高农产品产量,增加收入,又要减少农业径流造成的流域水质污染,就要限制农药和化肥的使用,如采用工业污染的惩罚措施,对农民的生产行为进行惩罚,但是这样可能会打消农民生产的积极性,也并不能从根本上遏制农业污染。

#### 3.2 农业污染防治的重点

农业污染物实质上是放错了地方的“资源”,要解决农业污染,关键是资源高效和循环利用,并在农业发展中解决问题。因此,农业污染防治的重点应是弄清楚农业特征污染物排放特征与负荷,构建基于水生态分区和维持目标生产能力的污染物排放控制标准,研发污染物源头控制的替代和农业污染物的循环利用技术,构建激励与补偿机制等技术和政策体系,制定明确面源污染防治的法律法规,从技术、政策和立法三个层面上推动农业面源污染的预防与控制。

## 4 农业污染防治与水质改善策略

对农业污染的防控应采取综合路线,实行“源头控制、过程阻断、末端治理”策略。在源头控制环节,应实施氮、磷减量化控制,基于特定生产目标和流域污染负荷控制的农业结构升级等策略;在过程阻断环节,应发挥农业生态系统自净功能,利用生物多样性对污染物排放进行生物阻断与吸附等;末端治理策略,包括农业“废弃物”肥料化、饲料化、资源化循环利用,污染的生物净化与修复等。

#### 4.1 构建污染防控技术性体系

要建立农业污染防控技术体系,现阶段主要任务包括:①初步查明典型农业生态系统污染物(COD、氮、磷)负荷排放特征,建立面源污染负荷估算方法、风险评估技术;②研发农田污染负荷管理与削减技术,建立农田减氮、控磷、污染物截留与过程阻断相结合的生态配置模式;③研发农田污染径流净化技术,形成农田面源污染过程最佳控制的技术体系;④研发集约化养殖业废弃物固液分离、资源化利用等污染净化和清洁生产关键技术及设备,形成养殖废弃物无害化与循环利用技术系统等。其中涉及的关键技术有:①典型农业生态系统农业特征污染物排放特征的识别、污染负荷估算方法和农业污染风险评估指标体系;②基于流域污染负荷控制和农业发展预期目标的农业污染排放控制指标和分级控制标准;③农业特征污染物源头控制与削减方案,如:低污染负荷产业结构,农业投入品减量化与低污染替代技术;④丰富农业生物多样性、种植制度、生物篱、吸附带等农业污染径流净化技术体系;⑤集成农业废弃物资源循环利用技术,发展农业污染物生物循环利用技术;⑥逐步完善农业清洁生产机制等。这些技术也将为制定农业污染治理相关的法律法规和政策提供技术支持。

#### 4.2 构建农业污染防控的政策体系

以农业面源污染防治和保护水环境为重要的战略目标,构建优化产业结构与农业结构政策,建立适合我国国情的控制农业非点源污染的经济政策体系,主要包含三个方面:①基于限制和约束功能的税费政策;②基于引导和鼓励功能的补贴、补偿及其他优惠政策;③基于流域的使污染削减且成本最小化的排污权交易市场等。

#### 4.3 构建农业污染防控的立法体系

构建农业污染防控的立法体系包括:①建立从农业生产投入品到食品加工和饮食业等各个环节法律法规及配套制度,如:防治化肥和农药面源污染的专项法,着重控制化肥和农药生产、销售、施用等各个环节;为畜禽粪便无害化处理立法,从源头有效控制农村污染;②进一步完善农业环境保护法和食品安全法等相关的农业水污染控制法规和条例,建立严格法律制度。

#### 4.4 强化农业环境管理

政府和环境保护部门要充分运用法律、经济、

行政和技术手段保障农业生态环境建设的顺利进行,加大执法力度,严厉打击破坏生态环境的犯罪行为。对保护农业生态环境的生产方式和方法给予推广和奖励,做到“有法可依,有法必依,违法必究,执法必严”,切实保护农业环境。同时,加强农产品质量的监督检查,建立客观、公正、科学、可信的农产品质量监督检查体系,促进绿色产业的发展,从源头上防止农业的面源污染。

#### 参 考 文 献

- [1] 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.
- [2] 赵本涛. 中国农业面源污染的严重性与对策探讨[J]. 环境教育, 2004, 11: 70 - 71.
- [3] Ribbe L, Delgado P, Salgado E, et al.. Nitrate pollution of surface water induced by agricultural non-point pollution in the Pocolchay watershed, Chile[J]. Desalination, 2008, 226(1 - 3): 13 - 20.
- [4] James R K, Isaac J S. Water resources and the land-water interface[J]. Science, 1978, 201(4352): 229 - 234.
- [5] Mats D, Christer N. Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world[J]. Sciences, 1994, 266(5186): 753 - 762.
- [6] 崔 键, 马友华, 赵艳萍, 等. 农业面源污染的特性及防治对策[J]. 中国农学通报, 2006, 22(1): 335 - 340.
- [7] Castillo M M, Allan J D, Brunzell S. Nutrient concentrations and discharge in a midwestern agricultural catchment [J]. Environ. Qual., 2000, 29(4): 1142 - 1153.
- [8] 曹仁林, 贾晓葵. 我国集约化农业中氮污染问题及防治对策[J]. 土壤肥料, 2001, 3: 3 - 6.
- [9] 王海云, 王 军. 农业面源对水环境污染及防治对策[J]. 环境科学与技术, 2006, 29(4): 53 - 56.
- [10] 陈英旭, 李文红, 施积炎, 等. 农业环境保护[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007, 166 - 172, 188 - 192.
- [11] 贾 蕊, 陆 迁, 何学松. 我国农业污染现状、原因及对策研究[J]. 中国农业科技导报, 2006, 8(1): 59 - 63.
- [12] 黄晶晶, 林超文, 陈一兵, 等. 中国农业面源污染的现状与对策[J]. 安徽农学通报, 2006, 12(12): 47 - 48.
- [13] 王景屹. 我国农村产业结构的变化和发展状况[J]. 锦州师范学院学报, 2003, 25(3): 72 - 74.
- [14] 章力建, 黄修桥, 仵 峰, 等. 农田灌溉系统中的立体污染及防治对策[J]. 灌溉排水学报, 2005, 24(6): 1 - 5.
- [15] 唐 莲, 白 丹, 蒋任飞, 等. 农业活动非点源污染与地下水的污染与防治[J]. 水土保持研究, 2003, 10(4): 212 - 214.
- [16] 冯锦霞, 朱建军, 陈 立. 我国地下水硝酸盐污染防治及评估预测方法[J]. 地下水, 2006, 28(4): 58 - 62.
- [17] 张维理, 田哲旭, 张 宁, 等. 我国北方农用氮肥造成地下水硝酸盐污染的调查[J]. 植物营养与肥料学报, 1995, 1(2): 80 - 87.
- [18] 张 力. 为畜禽排污现状十分惊人, 正成为中国新的污染大户破题——养殖业与种植业要“破镜重圆”[J]. 中国动物

保健,2007,9:59-61.

- [19] 国家统计局. 中国环境统计 2000[M]. 北京: 中国环境出版社, 2001.
- [20] 章力建, 朱立志. 农业立体污染综合防治的技术经济战略思路[J]. 内蒙古财经学院学报, 2006, 4: 5-11.

- [21] 章力建, 蔡典雄, 王小彬, 等. 农业立体污染及其防治研究的探讨[J]. 中国农业科学, 2005, 38(2): 350-357.
- [22] 欧阳晓光, 何革华. 高度重视农业和农村发展中的环境问题[J]. 中国科技论坛, 2007, 5: 109-113.

## 第五届全国青年生态学工作者 2008 年学术研讨会通知

为了积极响应党的十七大提出的建设“生态文明”的号召, 进一步加强我国青年生态学工作者之间的合作与交流, 促进我国生态学的蓬勃发展, 由中国生态学会青年工作委员会主办, 中国科学院华南植物园、华南农业大学、广东省生态学会共同承办的第五届全国青年生态学工作者 2008 年学术研讨会拟于 2008 年 11 月 15~16 日在广州市召开。会议将针对新形势下的生态学发展动向与热点问题以及新的历史阶段国民经济建设与社会发展对生态学理论与技术的需求进行研讨。会议面向全国所有从事生态学研究、教学和科普工作的中青年科学工作者及研究生。

### 一、会议中心议题

生态学的新理论和新方法;  
全球变化与节能减排;  
生态恢复与生态系统健康;  
长期生态学研究;  
生物入侵与生态安全;  
生物多样性保护及其可持续利用;  
区域生态建设与可持续发展;  
循环经济与生态文明建设;  
生态学教学与人才培养。

### 二、会议时间

拟定于 2008 年 11 月 15~16 日举行。会后将组织与会代表考察鼎湖山国家级自然保护区和中国科学院鹤山丘陵综合试验站(这两者也都是国家级野外生态台站), 野外考察时间。

### 三、会议地点

广东省广州市, 会议举办地址拟设在燕岭大

厦(四星级宾馆)。

### 四、会议征文征集

大会向参会者征集论文或墙报。论文内容包括题目、作者、工作单位、中文摘要、关键词、英文摘要、正文、参考文献、作者简介等几部分(请参考《应用生态学报》格式)。引用文献时应在文中标出。字数要求在 5 000~6 000 字左右。会前拟出版会议论文摘要集, 会后将组织专家对参会论文进行遴选, 被筛选上的论文拟在《应用生态学报》上正式发表。

### 五、会议联系人

1. 姜立军、郑 华(北京联系人)

地 址: 北京市海淀区双清路 18 号

中国科学院生态环境研究中心  
(100085)

电 话: 010-62849101; 010-62849815

E-mail: esc@rcees.ac.cn;

zhenghua@rcees.ac.cn

2. 任 海、赵 平(广州联系人)

地 址: 广州市天河区兴科路 723 号

中国科学院华南植物园(510650)

电 话: 020-37252916; 020-37252881

E-mail: renhai@scib.ac.cn

zhaoping@scib.ac.cn

3. 章家恩(广州联系人)

地 址: 广州市天河区五山街华南农业大学  
热带亚热带生态研究所(510642)

电 话: 020-85283203

E-mail: jeanzh@scau.edu.cn