

# 流域农业非点源污染的控制对策研究

张水龙<sup>1</sup>, 庄季屏<sup>2</sup>

(1 天津理工学院环境科学与安全工程学院, 天津 300191; 2 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110015)

**摘 要:** 农业非点源污染是一种分布广泛的非点源污染类型。以下河套小流域为例, 从宏观管理的角度出发, 提出了控制农业非点源污染的对策及建议, 包括强调流域生态系统的整体功能, 加强流域范围内的水、大气、土壤和其它生态资源的综合管理; 根据流域生态环境的特点, 包括受污染和破坏的程度, 编制流域保护规划; 实施以生态工程为核心的流域生态环境建设。

**关键词:** 农业非点源污染; 流域综合管理; 流域保护规划; 生态环境建设; 生态工程

**中图分类号:** S157.1; X592

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2002)04-0038-03

## Study on Control Measures of Watershed Agricultural Non-point Sources Pollution

ZHANG Shui-long<sup>1</sup>, ZHUANG Jiping<sup>2</sup>

(1 College of Environmental Science and Safety Engineering, Tianjin University of Technology, Tianjin 300191, China;

2 Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110015, Liaoning, China)

**Abstract:** Agricultural non-point sources pollution is a popular one of non-point sources pollution types. Taking Xiahetao watershed for case, in terms of macroscopical management, proposed measures and suggestions on how to control agricultural non-point sources pollution, such as strengthening the comprehensive management of water, air, soil and other ecological resources at watershed scale; making watershed protection plan; carrying out ecological environmental construction in which taking ecological engineering as a core.

**Key words:** agricultural non-point sources pollution; watershed comprehensive management; watershed protection planning; eco-environment construction; ecological engineering

### 1 引言

加强农业非点源污染研究和防治这一问题的提出, 是基于对我国农业迅速发展的现状和前景的思考。近年来我国农业中化肥、农药的投入量逐年增加。据统计(国家统计局1991)我国的粮食产量自1980~1990年提高了30%~40%, 而这一期间的化肥消耗量却增加了100%, 达到了1990年的 $26 \times 10^6 \text{ t/hm}^2$ , 众所周知, 如果在化学物质大量使用过程中缺乏有效的控制和管理, 极容易给地表水和地下水带来不可逆转的污染。对我国两条最大的河流长江和黄河中营养物质( $\text{NO}_3^-$ 和 $\text{NH}_4^+$ )分布的研究表明<sup>[1]</sup>, 在80年代 $\text{NO}_3^-$ 和 $\text{NH}_4^+$ 的含量增长了一倍, 这与我国种植业的发展趋势非常相似。事实表明, 农业在自身发展中产生的污染—农业非点源污染, 已经同其它环境污染一起加重了我国的水环境恶化。据研究<sup>[2]</sup>, 对于我国的大多数湖泊而言, 非点源污染负荷已占50%以上, 另外, 丰水期河流中污染物的增加主要来自

于非点源污染。相信随着点源治理力度的加大, 非点源污染将逐渐构成水环境污染的主要原因。因此, 加强农业非点源污染的研究和控制已成为保护我国水资源的一项紧迫任务。本文以辽宁省喀左县境内的典型农业小流域——下河套小流域为例, 探讨如何从流域的尺度上控制农业非点源污染。该研究将有助于解决大凌河上游区的生态环境问题, 同时也将对改善大凌河流域对辽东湾水域的影响起到积极作用<sup>[3]</sup>。

### 2 强调流域综合管理

流域农业非点源污染产生的本质在于过分强调农业生产活动, 对流域范围内的水、土、林等生态资源进行不恰当的开发利用, 忽视流域生态系统的整体功能, 从而对流域生态环境造成了严重的破坏和危害。因而强调流域综合管理是控制流域农业非点源污染, 改善流域生态环境的根本。

#### 2.1 流域综合管理的概念

流域管理是指将流域看做一个复杂的自然社会系统, 从

\* 收稿日期: 2002-08-25

作者简介: 张水龙, 男, (1970-), 山西省洪洞县人, 副教授, 博士, 现在天津理工学院环境科学与安全工程学院从事教学和科研工作。

河流的源头到入海口, 包括形成河流的整个汇水区都是一个整体, 在管理上应统筹考虑。流域管理的思想早在上世纪就出现了<sup>[4]</sup>, 但主要是关于如何有效地利用水资源进行发电、航运、防洪、灌溉以及供给饮用水。到本世纪后, 随着生态环境问题的突出, 流域管理的概念也发生了演变, 逐渐转向强调流域范围内水、大气和生态资源的综合管理, 强调流域生态系统的整体功能。流域综合管理的优点在于多单位协调, 统一目标和项目, 资料共享, 省钱省力; 解决存在问题的办法也不再是水资源利用的某个单方面, 或仅仅是污染控制, 而是在一个更高的层次, 从流域生态系统上来考虑, 如流域生态系统的恢复等。

## 2.2 流域综合管理的实现

实现流域综合管理, 牵涉到不同地区的不同部门之间的利益, 要真正做到统一协调, 可能存在着一定的困难, 在充分估计到目前困难的同时, 我们不妨通过以下的途径来进行, 一方面紧紧依赖于现有的各级流域管理机构, 加大工作力度, 理清纷杂的地区、部门关系, 严格按有关政策、规定, 依法对流域进行管理; 另一方面通过一些成功的流域综合管理项目, 由局部到全部, 推动全流域的综合管理工作。具体地讲, 就是根据流域的结构特点, 可以将全流域综合划分为不同级别的管理单元<sup>[5]</sup>, 结合实际需要或正在进行的科研工作, 选择合适的次级流域进行流域综合管理的探讨, 并将成功的经验推向全流域。

## 3 实施流域保护规划

### 3.1 流域保护规划编制的一般程序

为了控制农业非点源污染对流域水环境的危害, 有效地保护和重建区域水体生态系统, 开展并实施流域保护规划最有效的途径之一。流域保护规划编制的一般程序一般以下几个工作步骤<sup>[6]</sup>: 首先, 收集必需的流域信息以及明确流域保护中存在的主要问题。第二, 水质现状监测。第三, 目标以及解决方案的确定。第四, 流域保护规划的编写。最后, 规划的成功与否, 应由有关机构进行评审决定。规划者可以根据评审者的意见, 对规划中的内容进行修改完善, 直至通过, 方能付诸实施, 并在实施中进一步调整完善。

### 3.2 实例——下河套流域保护规划

3.2.1 目的 下河套流域地处辽西低山丘陵半干旱区, 是一个以农业生产活动为主的小流域。该流域生态环境脆弱, 突出的问题有: 人为活动以及破坏频繁, 水土流失严重, 过量的泥沙和营养物质的流失可能会增加下游水体环境的恶化; 农林交替无序, 开垦强度大, 包括因开垦导致河边栖息地的破坏; 近年来农业生产活动中化肥、农药大量施用引起的非点源污染潜在威胁; 利用类型单一, 经营粗放, 生态平衡失调等等, 这些问题已严重影响到流域生态系统的整体功能, 急需得到保护和恢复, 为此开展流域保护规划工作十分重要。

3.2.2 流域概述 下河套小流域面积约 33 km<sup>2</sup>, 处于大凌河流域的上游区, 大面积的低山丘陵岗地, 使之成为典型的低丘型流域。其主要特征是: 生态环境比较脆弱, 易遭到破

坏; 构成影响大流域生态状况的非稳态地理单元; 成为下游淤泥性悬移物质的主要输送源。由于地处易旱区, 该流域水资源比较紧张, 河流多为季节性河流, 有限的水资源多用于饮用水和农业灌溉。流域内的土地利用类型比较单一, 呈现斑块小而多的格局。植被破坏严重。此外, 该流域的社会经济发展水平较低, 经济开发活动仅限于农业。

### 3.2.3 流域水资源现状

近年来随着流域人口的增加和经济开发活动的增强, 流域水资源的现状不容乐观。存在的问题主要有以下几个方面:

首先, 流域水资源的补充有限。该流域水资源的补充主要靠天然降雨, 年降雨量 400~500 mm 之间, 且年蒸发量大。另一方面流域地下水位较深, 储量有限。

第二, 该流域蓄水能力较差。该流域土层瘠薄, 植被破坏严重, 截留保蓄功能较差。在雨季山洪频繁, 不但造成该流域水资源调节的不平衡, 而且使人畜生命财产受到威胁。

第三, 流域的水质状况不容忽视。尽管流域内没有由于工业产生的点污染源, 但是非点源污染对水质的影响却是普遍的, 包括农药化肥大量施用中产生的流失; 侵蚀引起的泥沙及土壤中营养元素的流失; 农户不合理堆肥产生的肥分流失等。由泥沙、营养元素及有毒农药造成的水污染趋向不但影响到本流域饮用水的供求, 而且会增加下游用水的不便。

3.2.4 目标和控制要求 流域保护目标的制定, 应视流域社会经济发展水平和对生态环境的要求而定, 具有一定的阶段性。另外, 流域保护总目标可分为分步目标加以实施。确定五年间, 下河套流域保护总目标为: 减少泥沙流失量 50%; 在流域范围内适当减少化肥农药的使用量; 减少在公用饮用水中污染物出现的数量和浓度; 加固河流两岸, 减少河岸冲刷。

3.2.5 流域非点源污染的控制 流域中的非点源污染主要来自于农业生产活动, 尤其是不合理的土地利用方式。对其控制主要从源和汇两个方面来考虑, 包括: 实施总量控制, 结合土地利用规划, 将消减量分配至最小的管理单元甚至地块水平; 控制化肥农药的使用; 控制农户的堆肥及畜禽养殖中产生的污染物; 加强河流两岸栖息地的保护; 实施最佳管理措施(BMPS)。

### 3.2.6 流域保护实施计划

(1) 控制化肥农药施用所造成的非点源污染。目前, 化肥施用形成的非点源污染的原因之一在于化肥的利用率不高。因此应设法提高其利用率, 减少通过各种途径的损失。同时, 要通过合理的 N-P-K 比例及有机-无机肥料的配合施用提高肥料的肥效。具体地讲有四个方面: 第一, 因土因作物施肥, 提高肥料的利用率。第二, 优化氮磷钾肥和有机肥之间的比例, 适当增加钾肥和有机肥的比重。第三, 提高施肥技术。提倡深施, 旱地土壤应施入 10~12 cm 土层。第四, 选用化肥新品种, 如合适的复合肥和长效肥。

(2) 规范农户堆肥、垃圾及其它固体废弃物的处置方法。目前, 流域内农户的堆肥场、垃圾堆随意设置, 一般在庭院及其附近, 也有不少在大路边沟渠旁, 遇降雨一方面造成污染

物的渗漏,另一方面污染物随径流直接进入河流。因而,必须规范堆肥垃圾的放置,实施科学管理,严格控制固体废弃物直接排入河流,减少由之引起的环境污染问题。

(3) 实施多种水土流失控制措施,进行水土资源综合管理。下河套流域水土流失比较严重的地区主要在上游的下店和卢子沟。采取重点治理,全面预防。具体地讲,第一,坚持以小流域为基本单元,优先治理那些水土流失严重、产沙量大,危害严重的流域。建议综合配置水土保持措施,封山育林,以保护为主,随恢复的程度逐步开发,第二,对于坡度平缓丘地水土流失区,应采取改良土壤,整治土地,大力发展经济林,第三,对于荒坡地和退耕还林还草的坡耕地,可挖鱼鳞坑水平阶水平沟等措施植树种草,采用工程措施与生物措施相结合的方式,第四,河岸带生态系统的恢复。严禁乱开垦土地,挤占河道;加固河岸,防止河岸崩塌或河岸受冲刷引起的水土流失;建设防冲堤岸林,培植岸边草滤带,优化岸边林草地生态系统,控制泥沙及污染物进入河流。

3.2.7 监测及评价 详细的非点源污染监测包括,断面的布设,取样时间及监测项目的确定等。根据下河套流域的实际情况,实行分流域和河段进行监测和评价。监测项目分别为: pH 值,总氮(TN),氨氮( $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ),硝态氮( $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ),亚硝酸( $\text{NO}_2^-$ ),全磷(TP),可溶磷(SP),化学需氧量(COD),溶解氧(DO),五日生化需氧量( $\text{BOD}_5$ ),悬浮物(SS),细菌总数等12项。对河流水体水质评价方法采用下述两种方法:综合污染指数法和有机污染综合指数法。

#### 4 加强流域生态环境建设

下河套流域虽小,却是一个复杂的自然社会复合生态系统,流域生态环境建设是一项巨大的系统工程,在建设既要考虑经济效益,社会效益,又要兼顾生态效益,生态工程是流域生态环境建设的有效手段。生态工程致力于设计或重建可持续发展的生态系统,以取代单纯的人工生态系统。具体地讲,生态工程就是应用生态系统中物种共生与循环再生的原理,结合系统工程的最优化方法设计的分层多级利用物质的生产工艺系统<sup>[7]</sup>。生态工程非常灵活,一方面它不受地域限制,可以充分利用区位优势,另一方面它又不受行业约束,可充

分结合行业特点,打破部门分割,因而被广泛应用于流域中的农业、林业、生态恢复、废水处理等方面。

下河套流域中主要的经济活动是农业生产,大力发展农业生态工程,进行生态设计,不但是优化协调环境与发展,更是加强流域生态环境建设的有效途径。

##### 4.1 流域农业发展现状

该流域社会经济发展缓慢,农业生产水平落后,传统农业长期以来占据统治地位,在此基础上发展的生态模式有间作套种、立体种植等,其特点是简单粗放,凭经验积累发展,但它在一定范围内仍是比较完善和有效的。近年来随着生态潮的涌起,生态工程在理论与设计方面都得到了发展,如以套种为基础的春麦套种玉米模式,从品种的选择,施肥到各种自然资源和农业资源的优化组合,都进行了解一系列的科学研究,结果产量得到大幅增加。但是这类生态工程的特点是仍属简单的组合,仅限于种植业生产,没有更深层次的发展,制约了生态工程优势的进一步发挥。

##### 4.2 依靠科学的生态工程设计,努力发展生态工程

下河套流域光热资源丰富,拥有多种立地条件,在近年大力发展农、林、果、牧的基础上,生产了丰富多样的农产品。但是正如玉米的生产一样,高产并没有带来高效,制约了当地经济的进一步发展。要解决这一问题,必须依靠良好的生态工程设计。以该区主栽作物玉米为例,可设计包括副产品利用、饲料开发、肥料生产及工业原料转化的生态工程。

#### 5 小结

下河套流域作为一个典型的农业流域,历经长期的开发,如今面临着水资源紧张、水土流失、农业非点源污染潜在威胁等问题,流域生态环境更加脆弱。控制流域农业非点源污染,协调农业与流域生态系统的关系,已成为当前迫切的任务。本文从流域管理、流域规划及流域生态环境建设三个方面提出了相应的对策和建议,其要点包括强调流域生态系统的整体功能,加强流域范围内的水、大气、土壤和其它生态资源的综合管理;根据流域生态环境的特点,包括受污染和破坏的程度,编制流域保护规划;实施以生态工程为核心的流域生态环境建设。

#### 参考文献:

- [1] Jing, Z, et al Nationwide river chemistry trends in China: Huanghe and Changjiang AMB D [J]. 1997, 24(5): 274- 278
- [2] Jin, et al Nonpoint source nutrient load from a subcatchment with a rice cultivation and mulitpond system. J. Environ. Sci (China) [J]. 1992, 64(2): 27- 41.
- [3] 张水龙 大凌河流域农业发展对辽东湾地区水环境的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2001, (1): 37- 41.
- [4] Doppet, B. et al Entering the watershed, a new approach to save Americas river ecosystem s[M]. Island Press, Washington, D. C. 1993
- [5] 张水龙, 等 农业非点源污染的空间单元划分方法[J]. 水土保持学报, 2000, 14(6): 30- 34
- [6] 韦保仁 美国的流域保护方法(WPA) [J]. 环境科学进展 1998, 6(6): 56- 60
- [7] 马世骏, 李松华 中国的农业生态工程[M]. 北京: 科学出版社, 1987. 1- 10