

农业活动非点源污染与地下水的污染与防治

唐 莲<sup>1,2</sup>, 白 丹<sup>2</sup>, 蒋任飞<sup>2</sup>, 刘振中<sup>2</sup>

(1. 宁夏大学土木与水建学院, 宁夏银川 750021; 2. 西安理工大学水电学院, 陕西 西安 710048)

**摘 要:** 农业活动造成的非点源污染与地下水污染的关系十分密切。污染的原因是多方面的, 污染途径也各有不同, 在详细分析由农业非点源污染造成地下水污染的原因与污染途径的基础上提出了地下水系统污染的防治措施。

**关键词:** 农业非点源污染; 地下水污染; 防治措施

中图分类号: X523

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2003)04-0212-03

Effect of Agriculture Non-point Source Pollution  
on Groungwater Pollution and Contr ol Measures

TANG Lian<sup>1,2</sup>, BAI Dan<sup>2</sup>, JIANG Ren-fei<sup>2</sup>, LIU Zhen-zhong<sup>2</sup>

(1. Ningxia University, Yinchuan 750021, Ningxia, China;

2. Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, Shaanxi, China)

**Abstract:** Groundwater pollution is in close connection with the agriculture non-point pollution, such as application of chemical fertilizer and pesticide in farmland, piling of domestic animal's excrement and so on. Groungwater pollution now is an urgent problem to human life, especially in China. Therefore, much attention and measures should be taken to solve this problem.

**Key words:** agciculture non-point pollution; groundwater pollution; control measures

1 问题的提出

众所周知, 地下水资源是水资源的一个重要组成部分, 约占世界淡水资源的 2/3。在我国北方很多地方, 地下水是人们赖以生存的饮用水源, 而且, 随着社会的发展, 人们对地下水资源的数量和质量的要求越来越高。但是, 在发展的同时, 地下水的水质也在不断受到人类活动的影响和威胁, 据《欧洲环境现状报告》, 欧盟及其邻国正面临着一些严重的环境问题, 其中最紧迫的是地下水污染。地下水的污染与地表水污染相比有明显的差别, 其具体特点是: (1) 隐蔽性较强, 不易察觉; (2) 地下水一旦受到污染, 很难治理和恢复。正是由于地下水污染的这两个特点, 地下水系统污染的防治越来越受到更多人的关注。

农业活动是最大的非点源污染, 农业活动非点源污染是指人们从事农业活动时产生的非点源污染, 包括化肥、农药、畜禽粪便污染等造成的水环境污染。地下水系统作为水环境

的一部分, 其污染与农业活动非点源污染也有密切的关系。我国 1992 年调查的 32 座国家级环境考核城市的地下水都有不同程度的污染, 污染指标以硬度、硝酸盐、亚硝酸盐、氨最严重。生活污水和农业活动是污染的主要原因<sup>[1]</sup>。

2 污染物及其对地下水影响的途径

2.1 化肥

现代农业的一大标志就是化肥的大量使用, 据有关统计, 现代农业产量至少 1/4 是靠化肥获得的。氮, 磷, 钾肥是用于农业的最主要化肥, 正是由于化肥在作物增产中的重要作用, 才使化肥的生产和使用有惊人的增长。以我国来说, 1999 年使用化肥 4 124 万 t(折纯), 比 1978 年增长 362.3%, 按当年农作物播种面积计算, 平均每公顷耕地化肥的施用量为 262.4 kg, 淮河流域平均用量 415 kg/hm<sup>2</sup>, 太湖流域为 600 kg/hm<sup>2</sup><sup>[2]</sup>。但实际上, 化肥的利用率并不高, 综合各地实验结果, 我国每年农田养分被植物利用的部分很少, 氮肥的

<sup>1</sup> 收稿日期: 2003-06-14  
作者简介: 唐莲(1975- ), 女, 宁夏大学土木与水建学院讲师, 现为西安理工大学在读硕士研究生, 研究方向为环境工程。

利用率仅为 30%~35%, 磷肥为 10%~20%, 钾肥 35%~50%。剩余的养分通过各种途径, 如径流, 淋溶, 反硝化, 吸附和侵蚀等进入环境。

施入土壤的氮肥在土壤微生物的作用下, 先形成  $\text{NO}_3\text{—N}$ , 因其不被土壤胶体颗粒吸附, 很容易随水淋失, 进入地下水。当施入的氮素大于作物所需吸收量时, 就会出现氮素淋失现象。尤其是当大量硝态氮或铵态氮肥施用于作物生长期, 或降雨量大时, 以及作物被过量灌溉时, 氮的淋溶更为严重。据张玉良估计, 全世界施入土壤中的肥料大约有 30%~50% 经土壤淋溶进入地下水<sup>[3]</sup>。另外,  $\text{NO}_3\text{—N}$  进入地下水的量受气候、地下水位、土壤孔隙度、氮肥用量、作物种类、土壤质地等因素影响。孙绍荣<sup>[4]</sup>研究表明施氮量与土壤下渗水中氮的量二者呈直线相关关系。而陶思明<sup>[5]</sup>等人 1997 年对三峡库区的农业活动非点源污染调查表明, 氮肥土壤残余 34.5%, 地下水淋溶占 0.5%。

磷肥在土壤中的迁移能力很弱, 直接对地下水造成污染的可能性较小, 但磷酸盐和过磷酸盐中的常见添加剂氟磷灰石中的氟元素, 却可以在水分的淋滤作用下进入土壤和地下水。钾肥中大部分钾离子与土壤胶体结合, 发生迁移的只有氯离子, 所以, 造成地下水污染的主要是氮肥。大量氮肥的使用导致地下水中硝酸盐含量严重超标, 某些重金属离子浓度上升。地下水中  $\text{NO}_3\text{—N}$  超标问题, 普遍存在于全世界。近 20 年来, 世界各国地下水中硝酸盐浓度增高的速度大约是每年 1~3 mg/L, 丹麦地下水的硝酸盐浓度比 20~30 年前平均增加 3 倍<sup>[6]</sup>。我国陕西, 河南一些地区的肥水, 其地下水中  $\text{NO}_3$  可高达 4 000 mg/L 以上。

## 2.2 农药

据统计, 目前世界上化学农药的产量已超过 200 万 t, 品种达 1 000 种以上。我国农药的产量和使用量都居世界前列, 1997 年农药总产量为 66.6 万 t, 使用量 131.2 万 t, 平均每公顷用量 14 kg, 比发达国家高出一倍, 但利用率不足 30%。大量使用农药, 虽然控制了病虫害, 但大部分农药残留于环境中, 造成地下水的潜在的威胁。农药对地下水的影响与其在水中的溶解度、土壤胶体对其的吸附剂及土壤中微生物的降解作用有很大关系。农药的活性及其残留性也决定了农药对地下水的影响。降雨径流、淋失是农药进入地下水的主要途径。

农药对地下水的污染国内外也多有报道。1986 年, 美国已有 23 个州的地下水发现了农药污染, 最高浓度达 700 mg/kg。湖北省天门市产棉区因大量施入农药( 每年 5 000~6 000 t), 致使当地地下水受到污染, 1605 含量高达 1.125 mg/L, 超过国家标准 375 倍, DDT 含量为 0.44 mg/L, 超标 1.25 倍<sup>[7]</sup>。京津地区地下水采样点中均可检出六六六之类禁用多年的有机农药, 而 DDT 约有 1/1 000 的剂量经土壤渗入到地下水中<sup>[8]</sup>。

## 2.3 灌溉排水与污水灌溉

在干旱半干旱地区, 农业大多需要灌溉供水。长期灌溉,

尤其是传统的漫灌方式, 在提高农业生产力的同时, 也会对地下水位及水质的变化产生负面影响。一方面, 水分大量蒸发, 灌溉水的盐分积累在土壤中, 导致土壤盐渍化; 另一方面, 地下水位随灌溉排水过程上升和下降, 将积累在土壤中的盐类通过淋溶作用带入地下水, 导致地下水中含盐量上升, 水质恶化。土壤盐渍化的问题无论是在国内还是在国外, 都是比较严重的。世界上比较古老的灌区都不同程度的存在土地的盐渍化。我国西北干旱地区土壤盐碱化面积已达 200 万  $\text{hm}^2$ , 占全国盐碱化土地的 1/3, 宁夏、青海、新疆、甘肃等地都有大面积的盐渍化土壤。另外, 灌区大量使用农药和化肥等, 这些有害物质也可能随水分直接渗入地下水或慢慢淋滤进入地下水。

污水的开发利用在一定程度上缓解了水资源紧张的局面, 同时, 污水中含有的大量营养元素还可以作为农业生产的肥料, 但污水灌溉的量过大或时间不恰当, 许多污水未经农作物和土壤的自然净化而直接向下入渗, 同样会导致土壤和地下水体的污染。据姜翠玲<sup>[9]</sup>等人对徐州奎河污灌区的研究表明, 污水一次性饱和灌溉虽可突发性的提高土壤肥力, 但因挥发、硝化及反硝化作用的强烈进行, 易造成氮素的流失, 引起亚硝酸根、硝酸根对地下水的严重污染。即使是符合灌溉标准的污水, 在长期灌溉的条件下, 也可能影响地下水的水质。高洪阁<sup>[10]</sup>等人对山东泰安市郊区利用生活污水和工业废水灌溉的污灌区与同样条件下的非污灌区的地下水主要水质指标进行对比研究发现, 历经 40 年(1960~2000), 无论是污灌区还是非污灌区, 地下水中各种离子含量和含盐量都有大幅度增加, 并且呈现出加速增长的趋势。非污灌区的地下水污染主要是大量施用化肥导致的; 而污灌区则是污水灌溉和化肥共同作用的结果。污灌引起的土壤和地下水的污染在我国的多个污灌区已有报道。目前我国的污灌面积约为 140 万  $\text{hm}^2$ , 其中因污灌而受重金属污染的土壤约占总面积的 64.8%, 这些重金属积累在土壤中, 一方面危害作物的生长, 影响作物的品质; 另一方面, 通过土壤非饱和带向地下水迁移, 致使地下水中重金属含量上升。西安市北郊污水集中灌区, 地下水中硝酸盐含量均大于 50 mg/kg, 最高达 600 mg/kg; 矿化度一般均大于 1.5 g/L, 最高达 2.35 g/L, 比天然水状态增高 2~3 倍; 总硬度大多大于 40 德国度, 大大超过国家饮用水规定的要求<sup>[6]</sup>。

## 2.4 畜禽养殖

我国的畜禽养殖在近 20 年发展迅速, 逐渐走向规模化、集约化, 由此而带来的环境污染问题也日益突出。早在 1989 年, 上海郊区的畜禽粪便年排放量就已超过工业废渣和生活废物的总和。目前我国畜禽粪便大部分不经处理或简单处理便被直接排放或随意堆放, 这些废弃物中含有大量的有机污染物和氮、磷、钾等营养元素, 极易随径流或雨水向土壤和水体迁移, 严重污染土壤和水环境。尤其是粪便堆放区, 其地下水中硝酸盐、硬度和细菌超标往往都和它有关。前斯洛伐克东部, 来自农场的肥料和动物粪便可能是地表水和地下水污

染的主要原因。

### 3 地下水系统污染的防治与管理

#### 3.1 加强地下水系统的跟踪监测,提高预防能力

由于地下水污染的隐蔽性和滞后性,为了及时发现并及早制止污染,长期严格的监测工作可以帮助我们把握地下水的水质、水量的动态变化,尽早发现地下水系统中污染物的来源,尽早采取整治和补救措施,将污染的时空影响范围减少到最小。

#### 3.2 农业非点源污染源的控制

##### 3.2.1 积极发展生态农业,减少污染

生态农业的核心是使农业生产中的能量和物质流动实现良性循环,实现经济和生态环境协调发展。生态农业提倡减少农业化学品如化肥、农药的投入,对农业废弃物应考虑综合利用,实现资源化处理,使其对环境的不良影响减少到最小。农业非点源污染物对地下水的污染主要途径为:通过淋溶作用,随水分向下移动,威胁地下水;通过地上、地下水体之间的联系,由受污染的地上水进入地下水系统。因此,减少污染应从这两个方面出发,减少进入地下水的源。首先从治理水土流失上入手,所有治理水土流失的措施都可以减轻地表水体的污染,都对防治农业非点源污染有效。如退耕还林、还草、还湖、在水土流失区建造水土涵养林和水土保持林,着力恢复植被,以控制水土流失,减少水土流失面积,降低进入受纳水体的营养物质的量;其次是从化肥、农药的超量使用入手,推广科学施肥,平衡施肥,减少农业化学品的投入;建设生态农业示范区,实行土壤保持耕作等。

##### 3.2.2 污染源的控制

农田投入养分过大,大部分盈余的养分并未在生产上起作用,而是最终进入土壤和水环境,造成水环境的污染。超量施肥现象在我国的农业区十分普遍,对水环境的威胁也最大。因而,防治重点应在减量提效上。应从技术上指导农民,讲清各种化肥的作用原理,严格控制氮肥的使用量,平衡氮,

磷钾的比例,提高利用率,减少流失量。将畜禽粪便等有机肥料作为农业生产的肥料最大限度使用起来,实现有机肥资源化利用,减量化处置。

对于农药目前的不可替代性,提倡农业综合防治。包括:<sup>1</sup> 农业防治,即利用耕作,栽培,育种等农事措施来防治农作物病虫害;<sup>2</sup> 生物防治与基因工程,利用生物技术和基因技术防治农业有害生物;<sup>3</sup> 物理技术等,如应用光、电、微波、超声波、辐射等物理措施来控制病虫害。

污水灌溉是废水资源化的重要途径,但污水灌溉的负面效应也应引起注意。应从影响污染物迁移的因素入手,考虑污水的成分、保证灌溉水质符合农灌标准、控制灌溉定额、充分考虑污灌区的地质状况,保证污水灌溉的安全性。

#### 3.3 非点源污染转移过程的控制

对于这些营养元素随水流渗漏而造成的对地下水的污染,主要应从污染物迁移的载体—水上去考虑。目前有许多研究人员在研究灌水方式、灌水量对污染物在土壤中的迁移规律的影响时发现,采取节水灌溉方式,如滴灌、喷灌等可有效降低这些物质的流失,减少肥料用量,提高植物的利用率。有研究表明,当水田灌溉用水量减少 31%~36% 时,地表排水减少了 78%~90%,氮素负荷减少了 76%~80%,渗漏水氮素负荷量减少了 34%~40%,而作物减产仅占 6.7%~8.1%。

#### 3.4 综合防治管理

从政治、经济、法律各个角度出发,采取有力措施,控制和防治非点源污染。加大舆论宣传力度,提高人们,特别是广大农民对非点源污染的认识;引导农民科学种田,施肥,喷洒农药等,尽量减少由于农事活动的不科学而造成的资源的浪费和环境中残余污染物的增加。制定相关法律,法规,加强管理,控制农药、化肥中对环境有长期影响的有害物质的含量,控制规模化养殖畜禽粪便的排放。建立健全非点源污染的检测,研究机制,为更有效的防治提供科学的理论依据。

#### 参考文献:

[1] 朱铁群.我国水环境农业非点源污染防治研究简述[J].农村生态环境,2000,16(3):55- 57.  
[2] 张从.中国农村面源污染的环境影响及控制对策[J].环境科学动态,2001(4):10- 13.  
[3] 张玉良.农业化学与生物圈[J].Water Resource Research,1979,15,139- 147.  
[4] 孙绍荣.不同氮肥施用量对土壤及小麦产量和品质的影响[A].施肥与环境学术讨论会论文集[C].北京:中国农业科技出版社,1992.85- 88.  
[5] 陶思明.中国的有机食品及其产业化发展[J].环境保护,1998(4):38- 40.  
[6] 李瑞芝.地下水污染及其防治措施的分析[J].内蒙古农牧学院学报,1995,16(1):103- 105.  
[7] 徐谦.我国化肥和农药非点源污染综述[J].农村生态环境,1996,12(2):39- 43.  
[8] 易秀.农事活动对水资源的非点源污染问题[J].西安工程学院学报,2001,23(2):42- 45.  
[9] 姜翠玲,等.污水灌溉土壤及地下水三氮的变化动态分析[J].水科学进展,1997,8(2):183- 187.  
[10] 高洪阁,等.污灌区与非污灌区的地下水主要水质指标变化趋势及对比研究[J].环境污染治理技术与设备,2002,3(6):25- 28.