

# 宁夏灌区农业非点源污染情况调查与原因分析

杨淑静, 张爱平, 杨世琦, 杨正礼

(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:** 开展宁夏灌区农业非点源污染的相关研究对保护黄河水安全具有重要意义。本文主要反映宁夏灌区上世纪90年代以来农业非点源污染现状的调查结果, 揭示目前灌区的污染状况; 同时对农业非点源污染形成的主要因素进行了分析, 指出农田化肥、农药的不合理施用, 畜禽养殖、农膜残留等均产生了不同程度的农业污染, 随径流或排水进入黄河, 造成水质恶化。

**关键词:** 宁夏; 灌区; 非点源污染; 现状调查; 原因分析

**中图分类号:** X322 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)05-0256-05

长期以来, 黄河流域的农业种植都依靠黄河水的灌溉。黄河水流经宁夏内蒙段形成宁蒙灌区, 其中宁夏灌区位于宁夏回族自治区北部和西北部, 是黄河上游最大的灌区之一。但是, 随着现代农业投入的增加以及物质需求的改变, 农业生产造成的农田土壤养分流失以及对生态环境的压力越来越大, 农业生产和农业活动造成的非点源污染在环境污染中的影响也越来越凸现。农业活动在支撑了国民生活、经济发展的同时, 也给环境带来了很大的危害。据统计, 大量的农业退水携带的各种污染物排入黄河, 已经对黄河水质造成了不良的影响。2007年宁夏环境质量报告指出, 宁夏境内各排水沟均为劣V类水质, 断面超标率100%, 主要污染指标为化学需氧量(COD)、生化需氧量(BOD)和氨氮。宁夏灌区农业生产化程度高、农业要素投入大, 加之粗放农作方式普遍存在, 由此带来的农业污染也较为严重。

## 1 宁夏引黄灌区农业污染现状

### 1.1 宁夏灌区概况

宁夏回族自治区位于中国西北地区的东北部, 黄河中上游, 地处北纬 $35^{\circ}14' \sim 39^{\circ}23'$ , 东经 $104^{\circ}17' \sim 107^{\circ}39'$ 之间, 最大南北相距约465 km, 东西宽约250 km, 总面积6.64万 $\text{km}^2$ , 其中引黄灌区占宁夏全区总面积的41%<sup>[1]</sup>。宁夏地处西北内陆, 属于典型大陆性气候。由于受地形南高北低的影响, 南北气候差异较大, 具有南凉北暖、南湿北干、日照充足、风大沙多的特点。宁夏干旱少雨, 多数年份的年降雨量处于200 mm以下。随气候变化, 自然植被自南向

北为森林草原、干旱草原、荒漠草原和荒漠四类, 土壤以草原和荒漠土壤为主, 相继分布有黑垆土、灰钙土和灰漠土。引黄灌区因地下水位高和灌溉耕作, 形成潮土、灌淤土等土类。

宁夏北部引黄灌区分为青铜峡灌区和卫宁灌区, 包括贺兰山、卫宁北山山地和黄河冲积平原、山前倾斜平原, 面积1.25万 $\text{km}^2$ 。其中, 引黄灌区占宁夏总灌区面积的85%。除贺兰山区降水较丰外, 大部分地区降水在200 mm以下, 综合水资源量2.27亿 $\text{m}^3$ 。黄河宁夏段全程397 km, 年过境水量320亿 $\text{m}^3$ 。丰沛的水量和水能资源为地区各业生产提供了优越条件。宁夏地区引黄灌溉历史悠久, 灌区土地肥沃, 沟渠纵横, 现灌溉面积35.32万 $\text{hm}^2$ , 是宁夏工农业生产的精华和我国重要的商品粮基地之一, 也是黄河干流水能开发重点区域。

宁夏引黄灌区降水量较少, 且年际变化剧烈, 20世纪80年代以来, 宁夏引黄灌区最大降雨量发生在1992年, 降雨量为295.4 mm, 1985年和2002年的降雨量较往年偏高; 而1980年、1982年和2005年的降雨量均在100 mm以下。灌区降雨量全年分布也不均匀, 多集中在7月份左右, 汛期6~9月份的降雨量一般占全年总降雨量的70%左右。一般研究认为, 降雨是形成非点源污染的主要动力, 高强度、高集中程度的降雨形成地表径流, 使长时间积累的各种污染物随径流进入水体, 从而造成水体污染。据统计, 非汛期河流的污染物主要来自工业排放, 而汛期河流污染物主要来自农业排放。

### 1.2 灌区污染现状

灌区引黄水主要用于农业灌溉, 农灌用水占总

收稿日期: 2009-03-09

基金项目: 财政部“农业立体污染防治科学创新条件建设”(2006—2008)

作者简介: 杨淑静(1984—), 女, 山西阳泉人, 在读硕士, 研究方向为农田污染控制。E-mail: yshj-106217@163.com。

通讯作者: 杨正礼, E-mail: Yangzl@cjac.org.cn。

用水量的95%以上。1997~2006年引黄水量在84.460~70.839亿 $m^3$ 之间,10a平均引黄水量75.09亿 $m^3$ ;排黄水量在49.300~35.641亿 $m^3$ 之间,10a平均排黄水量40.58亿 $m^3$ 。排引比平均54%,逐年引排水量变化见图1。

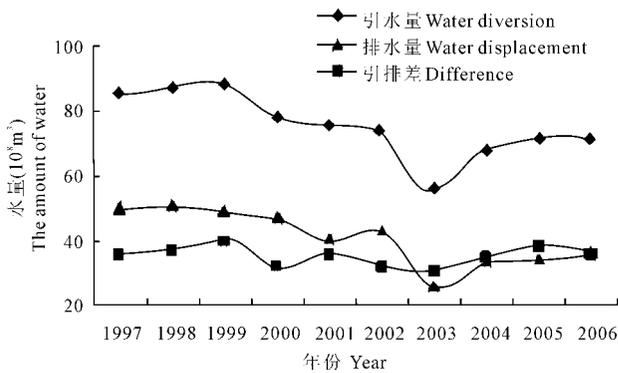


图1 宁夏灌区灌溉引排水量

Fig.1 The amount of water diversion and drainage in Ningxia irrigation district

由图1可以看出,1997~2006年间,引黄水量和排黄水量均呈现下降趋势。这主要是由于2000年以来国家对灌区引黄河水价进行调整,并加强了用水管理和节水灌溉,加之黄河来水偏枯,因此每年宁夏灌区的黄河水量分配份额降低,引黄水量减少,相应的,排水量也逐年递减。据统计,2006年宁夏引黄水量总计70.839亿 $m^3$ ,比2005年减少0.29亿 $m^3$ ;灌区各排水沟直接排入黄河水量为35.641亿 $m^3$ ,比2005年多排2.093亿 $m^3$ 。

宁夏引黄灌区中有大小排水沟近200条,城市、企业等各种废污水主要通过其中13条排污沟排入黄河。13条沟外的大小沟道灌溉期主要排水为农田退水。2007宁夏环境质量概要指出,2007年各排水沟均为劣V类水质。主要污染指标为COD、BOD和氨氮。污染最为严重的是吴忠南干沟、银新干沟、吴忠清水沟,污染指标超标均达10倍以上。据调查,国家农业科技园区位于吴忠市内,种养殖业密集,园区排出的农田退水以及养殖污水均经过吴忠清水沟排入黄河,这可能是造成吴忠清水沟污染指标超标的主要原因之一。

宁夏境内200余条排水沟在接纳大量农田使用的化肥、农药后,除少数几条排污沟有监测断面控制外,其余均无控制地排入黄河。2003年宁夏引黄灌区农灌退水面源污染造成的氨氮、总氮年入黄量分别为0.29万t、3.61万t<sup>[2]</sup>。据调查统计,2003年宁夏河段点源排入黄河的氨氮、总氮量分别为1.98万t、2.7万t,面源与点源入黄总氮数量基本相当。由

此可见,农业面源污染是造成灌区氮类污染物含量居高不下的一个主要原因。境内水域富营养化严重,沙湖、西湖、银湖水质年均未达到功能水体要求;全区污水灌溉面积达13000 $hm^2$ ,且还在扩大;部分地区农田土壤和水稻重金属污染有超标现象。黄河宁夏段的水质虽有好转,但黄河支流及各排水沟污染依然十分严重。各排水沟排入黄河的污染物的量已大大超过水体的自净能力,严重威胁着黄河水质安全。农业面源污染已影响到农村经济和农业的可持续发展,成为环境污染防治工作的另一个重点和难点。

## 2 宁夏灌区农业非点源污染形成原因

宁夏引黄灌区的农业生产活动,虽然支撑了宁夏社会经济的发展运作,但同时也积累了很多环境问题,产生许多负面效应。宁夏引黄灌区农业非点源污染的形成既包括客观原因,又存在人为因素的影响,多种因素综合作用。

### 2.1 主要污染成因分析

宁夏引黄灌区人口密度大,工农业相对集中,灌区农业所承担的支撑任务较重,因此为了提高农业产出,长期以来,灌区各种农业生产投入量大,加上传统的粗放型耕作方式,导致灌区农田污染物残留程度较高、营养元素流失严重、生态环境恶化程度加剧。

2.1.1 化肥污染 我国建国以来农业生产的快速发展离不开化肥投入所做的贡献,但随着生产规模 and 需求的扩大化,在追求效益的同时也随之产生了一系列环境问题。长期以来,由于施肥时间、施肥方法、施肥量的不合理,我国的肥料利用率较低,一般仅为30%~40%<sup>[3]</sup>,约有70%的化肥残留在土壤、水体和大气中,大量肥料随降雨、径流、淋溶、渗漏等途径而损失。20世纪60年代以来我国农田的化肥投入逐年增加,现已成为世界上最大的化肥生产国和消费国。据统计,在每年进入长江和黄河的氮素中,分别有92%和88%来自农业,特别是化肥氮约占50%。

目前,宁夏地区化肥施用量呈逐年增高的趋势,1990年宁夏引黄灌区施肥量为46.1万t(实物量),到2006年施肥量达到90.6万t(实物量),平均每年增加近2.6万t。据宁夏统计资料显示,2006年全区农用化肥施用量达90.6万t,其中氮肥施用量为48.2万t。按当年全区农作物播种面积112.7万 $hm^2$ 计算,全区化肥平均施用量为803.9 $kg/hm^2$ (全国平均水平为262 $kg/hm^2$ <sup>[4]</sup>),而灌区化肥平均施用量高

达  $1\ 447\ \text{kg}/\text{hm}^2$ , 为全国平均水平的 5 倍。氮肥当季作物利用率一般为  $20\% \sim 35\%$ , 按最高利用率估算, 宁夏每年氮肥流失量在 30 万 t 以上, 每年随农田退水排入黄河的纯氮有 7 万多公斤。于涛<sup>[5]</sup>在农业发展对黄河水质的影响研究中计算得出, 施入宁夏灌区的氮肥有  $20\% \sim 65\%$  流失进黄河, 并指出灌区下游石嘴山站的 TN 浓度与灌区氮肥施用量呈正相关。

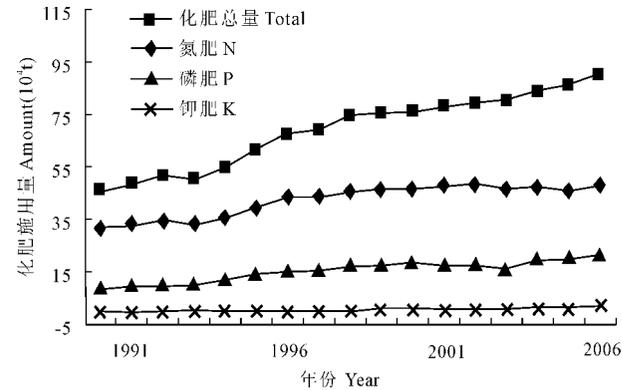


图 2 宁夏地区化肥施用量变化

Fig. 2 The amount of chemical fertilizer used in Ningxia

2.1.2 农药、农膜污染 农药施用大量超标和不合理使用是导致污染的根本原因, 据统计, 有 84% 以上的农民会超过规定标准剂量来用药, 某些高毒、高残留的农药进入环境中, 污染农作物、土壤、大气, 并随降水等污染水体。自 90 年代以来, 宁夏全区农药的施用量增长较缓, 但农药污染的情况仍然存在。虽然蔬菜主产区严格禁止有机磷、氧化乐果等高毒、高残留的农药在蔬菜上使用, 减少了主要农作物施药次数等, 但是部分设施蔬菜生产者不科学的化学防治, 使用高毒、高残留农药和施药不注意安全期的现象一直存在。据调查, 个别的设施蔬菜生产者使用农药量达  $30\ \text{kg}/\text{hm}^2$ ; 今天喷药明天出售的现象较普遍<sup>[6]</sup>。农药还会通过富集作用, 随食物链逐级传递, 致使农、畜、水产品等受到污染, 蔬菜、瓜果无法达到无公害要求。另外, 农药利用率低也是造成污染的主要原因。农药的使用不当, 致使喷洒出的农药只有极少部分能到达要防治的靶标上, 据 Metcalf (1980) 估算<sup>[7]</sup>, 从施药器械喷洒出去的农药只有  $25\% \sim 50\%$  能沉积在作物叶片上, 不足 1% 的药剂能沉积在靶标害虫上, 仅有不足 0.03% 的农药能起到杀虫作用。农药使用的低效率, 不仅浪费了农药还污染了环境。高毒、高残留农药不仅会污染土壤, 而且径流进入水体, 还会影响饮用水源、地下水等。

20 世纪 70 年代以来, 农膜在宁夏农业生产上逐步得到推广应用, 取得了显著的经济效益和社会效益。但随着农膜覆盖面积的逐年扩大, 残膜污染面积和土壤中的残留量也在逐年增加。大量的农膜残留在土壤中甚至无法降解, 不但降低了土壤的渗透性能、减少土壤含水量、削弱耕地的抗旱能力, 而且严重影响植物根系的生长发育和水肥运移, 从而造成作物减产。据统计, 90 年代以来, 宁夏全区农膜使用量呈明显的上升趋势, 1993 年全区地膜覆盖面积为  $14\ 317\ \text{hm}^2$ , 到 2003 年增加到  $74\ 171\ \text{hm}^2$ 。

2.1.3 畜禽养殖污染 改革开放以来, 中国畜禽养殖业迅速发展, 但一部分农村养殖场却存在设备简陋、管理不善的情况, 由此带来了畜禽粪便的排放和污染问题。养殖场排放出的大量废水和粪便, 堆存期间因降水而淋失出来的污染物排入到周围的土壤环境, 然后进入地表水, 造成水体污染; 应用畜禽粪便污染的灌溉水或未经无害化处理的粪肥可导致食用农产品污染; 同时, 由于水产养殖业的发展, 人工投放饵料使水体中 N 和 P 不断增加, 也是水体富营养化的物质来源。据统计资料记载, 宁夏畜禽养殖量总体呈上升趋势, 1990 年猪出栏 59.1 万头, 大牲畜存栏 74.3 万头; 2000 年猪出栏 133.5 万头, 大牲畜存栏 92.1 万头; 而到 2006 年猪出栏数达到 159 万头, 大牲畜存栏数达到 122.4 万头。

按照王方浩<sup>[8]</sup>等提出的我国畜禽粪便产生量估算公式:  $Q = N * T * P$ , (其中  $Q$  为年度粪便产生量,  $N$  为饲养量,  $T$  为饲养期,  $P$  为排泄系数) 进行计算, 可以得到宁夏地区畜禽粪便排放量 (饲养期与排泄系数均参照国家常用统计参数, 表 1)。

表 1 畜禽粪尿日排泄系数

Table 1 The daily excrement coefficient of fecaluria discharged from livestock

项目 Items	猪 Pig	大牲畜 Big livestock	羊 Sheep	家禽 Poultry
粪 Excrement [kg/(d·头)]	2	20	2.6	0.13
尿 Urine [kg/(d·头)]	3.3	10	—	26.3
饲养周期 Feeding cycle (d)	199	365	365	210

由图 3 可以看出, 宁夏地区的畜禽粪便排放量整体呈上升趋势, 2006 年宁夏地区畜禽粪便排放总量达 1 969.4 万 t, 根据畜禽粪便中各种污染物平均含量来估算, 2006 年宁夏地区畜禽粪便中总氮量为 468.7 万 t, 总磷量为 145.7 万 t。畜禽粪便的大量流失, 直接或间接进入农田, 然后随降雨径流或农田退水进入地表或地下水, 引起水体氨氮含量增加, 破

坏黄河水质。

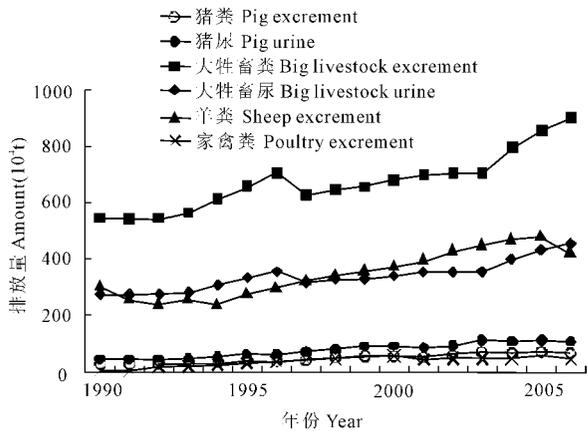


图 3 宁夏地区畜禽粪尿年排放量

Fig. 3 The amount of excrements from livestock in recent years in Ningxia

根据畜禽粪便排放中所含各种污染物的量估算出宁夏主要地区畜禽粪便中污染物平均含量如表 2。计算结果显示:在主要污染物的地区分布中,各种污染物平均含量均属吴忠市最高。主要原因可能

表 2 宁夏主要地区畜禽粪便中污染物平均含量(10<sup>4</sup> t)

Table 2 The average pollutant content of excrements from livestock in Ningxia

地区 Region	COD	BOD	NH <sub>3</sub> -N	总磷 TP	总氮 TN
银川市 Yinchuan	3.990	3.470	0.383	0.226	0.878
石嘴山 Shizuishan	1.182	1.072	0.105	0.079	0.231
吴忠市 Wuzhong	4.853	4.242	0.459	0.270	1.051
中卫市 Zhongwei	3.180	3.090	0.271	0.218	0.575

2.1.5 秸秆污染 农村没有得到合理利用的剩余秸秆,成为引发秸秆焚烧和资源浪费等问题的根源。秸秆焚烧造成空气中悬浮颗粒增多,对大气环境造成污染,并且对人的正常生产和生活造成干扰;秸秆焚烧对土壤物理性质也会造成不利影响,加重土壤板结、降低地力、加剧干旱,使农作物生长受到影响。据曹国良(2007)估算,宁夏地区近几年秸秆排放量和焚烧量基本维持恒定水平,秸秆排放量平均值为 323 万 t/a,秸秆露天焚烧量平均值为 65 万 t/a<sup>[9]</sup>。

## 2.2 污染形成背景

2.2.1 农村经济落后、发展缓慢 中国农村遍布各省市自治区,其经济水平和发展程度存在很大差异。我国的农业主要是靠农民来进行一系列活动,由于长期以来农民环保意识比较薄弱,因此单纯依靠加大化肥、农药的投入去追求经济效益而忽略环境效益的情况不可避免。这是产生我国农业问题的客观原因,单靠技术难以解决。

2.2.2 农业产业结构不合理,生产方式粗放 传统

是吴忠市辖区内包含一个国家农业高新技术示范园区,养殖业规模较大,集约化程度较高。

2.1.4 生活废弃物及污水灌溉 随着农村城市化的发展,农村生活垃圾和废水的排放量以及种类也随之大幅度增加,但废弃物收集和处理设备却在很多地区还没有或不完善。大量的生活垃圾随意堆放,其渗漏液污染地表水和地下水,散发的恶臭污染大气。污水灌溉带来的环境问题也不容忽视,废污水中确实含有一些作物需要的营养元素,如氮、磷、钾、硼等,经过适当处理的污水回田后,在一定程度上提高了土壤肥力,但目前很多地区还存在着大量未经处理的污水直接用于农田灌溉的情况,污水水质严重超标,盲目的污水回灌导致了一些地区的土壤有毒有害物质积累,土壤受到不同程度的污染;同时未被土壤、作物吸收的 N、P 等元素以及有毒有害物质随径流进入地表水、地下水,造成严重污染,直接危害着饮水和食物安全。自 2000 年以来,宁夏地区生活污水排放量呈上升趋势,这与地区人口变化及生活水平上升等因素有关。

的生产方式所造成的农业生产结构不合理和资源过度开发,再加上人为破坏,也都加重了农业非点源污染的程度<sup>[10]</sup>。长期以来宁夏地区的农业以种植业、畜牧业为主,一直采用传统的农业产业结构,致使对化肥、农药、地膜等有大量的需要。为满足区域较快的人口增长所需要的粮食消费需求,在现有的农业产业结构和经营方式相对粗放、落后条件下,只能通过大量增施化肥、农药和地膜的使用来实现农业增产,施肥方式不科学,必然导致化肥利用率低,流失量增加,反而造成土壤肥力降低、结构板结和致使农业面源污染不断加重。也由于缺乏新技术的推广和普及,为满足眼前利益和生计,农户只能选择非环保的农业生产行为。

2.2.3 政策法规不健全,技术、设施装备滞后 农业非点源污染的特点决定其难以监测和控制,统一、有效的防治技术规范不易出台,从而农业非点源污染的情况无法得到有效治理。当前宁夏地区的农业环保法规不健全,急需出台农业面源污染防治专项

法规。农业环保政策上缺乏激励机制,对积极参与治理农业面源污染的行为没有补偿、奖励的政策激励。地方性环境保护法律法规可操作性差、执法不严的现象普遍存在。农村的环保设施以及环保人员配备不足,其环境问题也没有引起足够的重视<sup>[11]</sup>。环保机构职能不健全,一是环保机构在环境保护中的职能作用没有得到重视和发挥,二是县级环境职能部门存在专业技术人员配备严重不足,环境监测技术水平低,监测设施仪器简陋不齐全等问题。面源污染的调查、防治和面源污染环境影响评价等工作因缺乏必要的技术、设施保障而尚未系统开展,对农村环境建设缺乏统一规划。有关部门与农民缺乏联系,对农民的不规范生产、经营行为缺乏监督,也不能提供如何科学地进行绿色生产的技术指导。另外,我国农技推广中还存在很多问题,比如投入强度低,经费使用不合理,推广人员庞杂、素质不高<sup>[12]</sup>。

2.2.4 环保资金匮乏,投入不足 环保资金政府投入不足,对引自黄河的灌溉水源重视和治理不够,未能及时建设足够的畜禽排泄物处理设施和广大农村生活污水处理设备;由于资金的制约,至今还未全面解决各类废弃物的分选和建设合格的垃圾处理设施。这种市政环境设施现状自然不利于规范农户对生活污水、废弃物和牲畜禽排泄物等合理处理,如随处倒垃圾或焚烧垃圾等。目前如有利于解决农村能源和畜禽排泄物等环境问题的“两池一改”和沼气池、牲畜舍、厕所和温室大棚配套的能源生态模式的“三位(四位)一体”等项目无法广泛实施,主要原因正是资金不足。

### 3 小 结

由于几十年来宁夏灌区农业的发展,尤其是灌溉用水量巨大和氮肥施用量的不断增加,加之不科

学的灌溉方式和氮肥利用率低下,导致宁夏灌区非点源污染比较严重,对黄河水质的影响凸显。结合宁夏灌区农业生产的特点来看,造成宁夏灌区农业非点源污染的主要来源为化肥、农药、畜禽养殖以及污水灌溉。相关法规政策的缺失、设备设施的不健全以及环保资金投入不足等都是形成宁夏灌区当前污染状况的原因。因此,科学利用黄河水资源和保护黄河水资源,科学施用化肥并提高化肥利用率,完善污染处理设施设备,健全环保法规政策,加强政府职能等都是实现宁夏灌区乃至全黄河流域的可持续发展的必然要求。

### 参 考 文 献:

- [1] 霍庭秀,张亚彤,杨 峰.黄河宁夏灌区引退水及水质概况[J].内蒙古水利,2004,96(1):77-80.
- [2] 闫 莉,黄锦辉,张建军,等.宁夏农灌退水对黄河水质的研究[J].人民黄河,2007,29(3):35-36.
- [3] 申玉熙,王维岗.新疆农业面源污染与控制[J].新疆农业科技,2006,(6):34-35.
- [4] 陈同斌,曾希柏,胡清秀.中国化肥利用率的区域分异[J].地理学报,2002,57(5):531-538.
- [5] 于 涛,陈静生.农业对黄河水质和氮污染的影响[J].干旱区资源与环境,2004,18(5):1-7.
- [6] 孙正风,马京军.宁夏农业面源污染现状与防治对策[J].宁夏农林科技,2005,(3):27-29.
- [7] 徐志英,蒋思霞.农药环境污染问题及可持续治理对策[J].安徽农业科学,2005,33(10):1994-1995.
- [8] 王方浩,马文奇,窦争霞,等.中国畜禽粪便产生量估算与环境效应[J].中国环境科学,2006,26(5):614-617.
- [9] 曹国良,张小曳,王亚强,等.中国区域农田秸秆露天焚烧排放量的估算[J].科学通报,2007,52(15):1826-1831.
- [10] 吴 迪,何俊壮.鞍山市农业面源污染及其防治对策[J].安徽农业科学,2006,34(13):3168-3170.
- [11] 黄雪萍.农业面源污染原因分析及控制对策[J].安徽农学通报,2006,12(5):45-46.
- [12] 朱兆良,David Norse,孙 波,等.中国农业面源污染控制对策[M].北京:中国环境科学出版社,2006:1-12.

## Investigation of agricultural non-point source pollution in Ningxia irrigation district and analysis of its factors

YANG Shu-jing, ZHANG Ai-ping, YANG Shi-qi, YANG Zheng-li

(Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, CAAS, Beijing 100081, China)

**Abstract:** The research on ANSP in Ningxia irrigation district has a practical significance on pollution control and protection of the Yellow River water safety. Mainly through the investigation on ANSP in Ningxia irrigation district, it revealed the current pollution status in the district and analyzed the main factors of forming agricultural non-point source pollution. Then it pointed out that with the runoff or drainage into the Yellow River, different agricultural pollution from agricultural fertilization, pesticide application, intensive culture and plastic film, etc. resulted in deterioration of water quality.

**Keywords:** Ningxia; irrigation district; agricultural non-point source pollution; present situation; factor analysis