

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica



第31卷 第12期 Vol.31 No.12 2011

中国生态学学会

中国科学院生态环境研究中心

科学出版社

主办

出版



中国科学院科学出版基金资助出版

# 生态学报 (SHENTAI XUEBAO)

第31卷 第12期 2011年6月 (半月刊)

## 目 次

基于植被遥感的西南喀斯特退耕还林工程效果评价——以贵州省毕节地区为例.....	李昊,蔡运龙,陈睿山,等 (3255)
扩散对破碎化景观上宿主-寄生种群动态的影响 .....	苏敏 (3265)
湿地功能评价的尺度效应——以盐城滨海湿地为例 .....	欧维新,叶丽芳,孙小祥,等 (3270)
模拟氮沉降对杉木幼苗养分平衡的影响.....	樊后保,廖迎春,刘文飞,等 (3277)
中国东部森林样带典型森林水源涵养功能.....	贺淑霞,李叙勇,莫菲,等 (3285)
山西太岳山油松群落对采伐干扰的生态响应.....	郭东罡,上官铁梁,白中科,等 (3296)
长期施用有机无机肥对潮土微生物群落的影响 .....	张焕军,郁红艳,丁维新 (3308)
云南元江干热河谷五种优势植物的内生真菌多样性.....	何彩梅,魏大巧,李海燕,等 (3315)
塔里木河中游洪水漫溢区荒漠河岸林实生苗更新.....	赵振勇,张科,卢磊,等 (3322)
基于8hm <sup>2</sup> 样地的天山云杉林蒸腾耗水从单株到林分的转换 .....	张毓涛,梁凤超,常顺利,等 (3330)
古尔班通古特沙漠土壤酶活性和微生物量氮对模拟氮沉降的响应.....	周晓兵,张元明,陶冶,等 (3340)
Pb污染对马蔺生长、体内重金属元素积累以及叶绿体超微结构的影响 .....	原海燕,郭智,黄苏珍 (3350)
春、秋季节树干温度和液流速度对东北3树种树干表面CO <sub>2</sub> 释放通量的影响 .....	王秀伟,毛子军,孙涛,等 (3358)
云南南部和中部地区公路旁紫茎泽兰土壤种子库分布格局.....	唐樱殷,沈有信 (3368)
利用半球图像法提取植被冠层结构特征参数.....	彭焕华,赵传燕,冯兆东,等 (3376)
黑河上游蝗虫与植被关系的CCA分析 .....	赵成章,周伟,王科明,等 (3384)
额尔古纳河流域秋季浮游植物群落结构特征.....	庞科,姚锦仙,王昊,等 (3391)
九龙江河口浮游植物的时空变动及主要影响因素.....	王雨,林茂,陈兴群,等 (3399)
东苕溪中下游河岸类型对鱼类多样性的影响.....	黄亮亮,李建华,邹丽敏,等 (3415)
基于RS/GIS公路路域水土流失动态变化的研究——以渝昆高速公路为例 .....	陈爱侠,李敏,苏智先,等 (3424)
流域景观结构的城市化影响与生态风险评价.....	胡和兵,刘红玉,郝敬峰,等 (3432)
基于景观格局的锦州湾沿海经济开发区生态风险分析.....	高宾,李小玉,李志刚,等 (3441)
若尔盖高原土地利用变化对生态系统服务价值的影响.....	李晋昌,王文丽,胡光印,等 (3451)
施用鸡粪对土壤与小白菜中Cu和Zn累积的影响 .....	张妍,罗维,崔晓勇,等 (3460)
基于GIS的宁夏灌区农田污染源结构特征解析.....	曹艳春,冯永忠,杨引禄,等 (3468)
底墒和种植方式对夏大豆光合特性及产量的影响.....	刘岩,周勋波,陈雨海,等 (3478)
不同施肥模式调控沿湖农田无机氮流失的原位研究——以南四湖过水区粮田为例 .....	谭德水,江丽华,张骞,等 (3488)
丛枝菌根真菌对低温下黄瓜幼苗光合生理和抗氧化酶活性的影响 .....	刘爱荣,陈双臣,刘燕英,等 (3497)
外源半胱氨酸对铜胁迫下小麦幼苗生长、铜积累量及抗氧化系统的影响 .....	彭向永,宋敏 (3504)
专论与综述	
水平扫描技术及其在生态学中的应用前景.....	胡自民,李晶晶,李伟,等 (3512)
研究简报	
昆仑山北坡4种优势灌木的气体交换特征.....	朱军涛,李向义,张希明,等 (3522)
不同比例尺DEM数据对森林生态类型划分精度的影响 .....	唐立娜,黄聚聪,代力民 (3531)
苏南丘陵区毛竹林冠截留降雨分布格局 .....	贾永正,胡海波,张家洋 (3537)
外来种湿地松凋落物对土壤微生物群落结构和功能的影响 .....	陈法霖,郑华,阳柏苏,等 (3543)
深圳地铁碳排放量 .....	谢鸿宇,王习祥,杨木壮,等 (3551)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 304 \* zh \* P \* ¥ 70.00 \* 1510 \* 35 \* 2011-06



封面图说:自然奇观红海滩·辽宁省盘锦市——在辽河入海口生长着大片的潮间带植物碱蓬草,举目望去,如霞似火,蔚为壮观,人们习惯地称之为红海滩。粗壮的根系加快着海滩土壤的脱盐过程,掉下的茎叶腐质后肥化了土壤,它是大海的生态屏障。

彩图提供:段文科先生 中国鸟网 <http://www.birdnet.cn> E-mail:dwk9911@126.com

# 基于 GIS 的宁夏灌区农田污染源结构特征解析

曹艳春<sup>1</sup>, 冯永忠<sup>2,3,\*</sup>, 杨引禄<sup>1</sup>, 杨改河<sup>2,3</sup>

(1. 西北农林科技大学林学院, 2. 西北农林科技大学农学院, 3. 陕西省循环农业工程技术研究中心, 陕西杨凌 712100)

**摘要:**在对宁夏灌区种植业、畜牧业、工业与居民生活排污源实地调查的基础上,结合各地区 2005—2008 年统计资料及已有对污染源结构的研究成果,利用统计分析和 GIS 技术方法,分析宁夏灌区种植业、畜牧业、工业与生活四方面的污染源的污染物的类型、排放方式及途径,并应用 SPSS 13.0、ArcGIS 9.3 地理信息系统空间分析软件及主成分分析和空间结构分布分析方法,研究该区农田污染源结构特征,把污染源组成分布与变化趋势采用数字化和可视化的形式展现出来,通过颜色的深浅递进将种植业、畜牧业、工业与生活四大类污染源区分出轻度、中度、重度等结构类别,最终将所研究的 4 个方面的污染源分别对应到灌区内各个县市。结果表明,宁夏灌区各项污染源的区域分布表现不同,且各县市污染程度按以下列出顺序依次递减,即,种植业污染源区域主要包括平罗县、中宁县;畜牧业污染源区域主要包括青铜峡市、吴忠市、平罗县;工业污染源区域主要包括中卫市、青铜峡市、吴忠市;生活污染源区域主要包括银川市、石嘴山市。该研究方法把青铜峡市、永宁县、银川市等灌区各县市污染源结构组成差异与变化趋势清晰地表示出来,对直观认识宁夏灌区黄河水污染源结构,寻求防治污染的方法途径有一定的引导作用,可为进一步开展农业污染综合防控,进行清洁生产,并为黄河水的污染防治提供参考。

**关键词:**宁夏灌区; 污染源; 结构特征; 生态农业

## GIS analysis of structural characteristics of pollution sources in irrigable farmland in Ningxia China

CAO Yanchun<sup>1</sup>, FENG Yongzhong<sup>2,3,\*</sup>, YANG Yinlu<sup>1</sup>, YANG Gaihe<sup>2,3</sup>

1 College of Forestry; Northwest A&F University, Shaanxi 712100, China

2 College of Agronomy; Northwest A&F University, Shaanxi 712100, China

3 The Research Center for Recycling Agricultural Engineering Technology of Shaanxi Province, Shaanxi 712100, China

**Abstract:** Increasing economy is worsening the pollution situation in vital and fragile irrigable farmland area in Ningxia China. To improve the production and keep sustainable development in the area, effective control of pollution is very important. However, the sources, intensity and features of pollution in the specific area are unclear which hinder the development of any measures for pollution control. Clarifying the structural characteristics of pollution sources is the key to prevent and control pollution. First, an elaborate survey was conducted to get the outline of the current situation of agricultural production in the irrigable farmland area in Ningxia. Based on the survey, and with GIS and statistic analysis of related data of onsite investigation and the statistical yearbook, the pollution sources in the area were classified as four parts including farming, animal husbandry, industry and household. The representative sources of pollution which include the fertilization of phosphorus and nitrogen in the area of crop-plantation, the quantity of excrement produced in animal husbandry, the quantity of industrial sewage in industry, the total quantity of human excrement and domestic sewage in human life were chosen as analysis of objects. Then the structural characteristics of pollution sources in this area were disclosed with complete principal component analysis and space structural distribution analysis by SPSS 13.0 and spatial analysis software for geographical information system, such as ArcGIS9.3. The scope of irrigation districts along the Yellow River was marked out in the map of the Ningxia Hui Autonomous Region. In the marked scope, the different regions was

基金项目:国家水体污染控制与治理科技重大专项(2009ZX07212-004-01-3)

收稿日期:2010-06-06; 修订日期:2010-09-14

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: fengyz@nwsuaf.edu.cn

subject to different pollution. According to the analyzing result of the statistical data of each pollution source, the selected region of map was divided and marked in different color depending on the degree of contamination. The distribution features and the shift trend of the pollution sources in different counties or cities in the area were revealed clearly. The pollution degrees in the four parts were displayed as mild, moderate, and severe in terms of gradient of color intensity, which represented the mild, moderate, and severe pollution degrees, respectively. The results indicated that: the pollution intensity and trend of changes from the four sources (farming, animal husbandry, industry and household) are quite different in each county or city. The condition of pollution in the specific region in the area are showed as following: the pollution from farming occurred mainly in Pingluo county and Zhongning county; the pollution caused by animal husbandry falls mainly in Qingtongxia City, Wuzhong city and Pingluo county; the industry pollution occurred mainly in Zhongwei city, Qingtongxia city and Wuzhong city; and the household pollution is serious in Yinchuan City and Shizuishan city. And it is also revealed by the color in the map that the degree from any pollution source in each county or city decreases in the above order in the research area. Our present method clearly denoted the structure differences and the shift trends of the pollution sources in Qingtongxia City, Yongning county and Yinchuan City, and etc. The results may provide references for agricultural pollution control, clean production and the pollution control of Yellow River in the future.

**Key Words:** Ningxia irrigation area; pollution source; structure characteristic; ecological agriculture

宁夏灌区是黄河上游最大的灌区之一,土地开发已有两千多年历史,农业经济十分发达,素有“塞上江南”之称。宁夏境内的200余条引黄灌区排水沟,在接纳大量农田使用的化肥、农药后,还要承受来自工业、生活等各方面的污染物,各排水沟排入黄河的污染物量已超过水体所能承受的环境容量,严重威胁着黄河水质安全<sup>[1]</sup>。

宁夏引黄灌区作为国内重点污染监控的区域,其包括水污染在内的环境污染问题已经逐步引起重视。阎莉等<sup>[1]</sup>同时采用黑箱模型对农业面源污染做了较为详细的研究。2007年黄河宁夏段水质为Ⅲ—Ⅳ级,主要污染物为氮、磷和 COD。宁夏灌区在农业生产过程中化肥、农药用量呈逐年加大趋势,种植业和养殖业不断发展,农田退水导致的水污染等会越来越严重<sup>[2]</sup>。农业面源和工业、城市生活点源排污,使灌区氮类污染物含量增高<sup>[3]</sup>。黄河宁夏段主要污染因子是悬浮物、氨氮、石油类等,直通黄河的排水沟除了接纳农田退水,还要接纳大量工业废水和生活污水<sup>[4-5]</sup>,污染源结构比较复杂。在地理空间分析方面,蒋勇军、Fotheringham A S 等<sup>[6-8]</sup>利用 GIS 技术做过自然灾害综合区划的研究。前人对于灌区黄河水污染现状与污染源结构已经进行了较多的研究,但尚未发现应用 GIS 技术针对宁夏灌区各县市污染源分类结构特征的研究。

鉴于污染源结构特征分析对污染防控的重要作用,本研究选取宁夏灌区的种植业、畜牧业、工业与生活四个方面,参考赵卫权等<sup>[9]</sup>、沈中原等<sup>[10-11]</sup>采用 GIS 方法所做的相关研究,应用 ArcGIS 9.3 地理信息系统空间分析软件进行污染源结构分析。其中,种植业方面农业化肥施用量与农作物种植面积影响最大,作为主要参考,畜牧业方面参考猪牛羊产生的粪便总量,工业方面重点参考工业废水排放量,生活方面参考城镇污水排放量与人粪尿的量,对各项指标分县市进行分析,将其组成分布与变化趋势在灌区地图上加以区分,以期为黄河水污染防治提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域概况

宁夏位于西北内陆,属于典型大陆性气候。多数年份的年降雨量不足 200mm,而且降雨多为暴雨,强度大,易产生地表径流,把长期积聚的各种污染物融入水体,使水质变差。宁夏的地形地貌及土壤特征导致该区域非常容易发生水土流失,全区水土流失面积达  $3.9 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,年流失泥沙量约  $1 \times 10^8 \text{ t}$ ,年流失有机质约  $1.2 \times 10^6 \text{ t}$ 、全氮  $9 \times 10^4 \text{ t}$ 、全磷  $2.5 \times 10^5 \text{ t}$ <sup>[1-2,12]</sup>。

宁夏灌区涉及青铜峡市、永宁县、银川市、贺兰县、平罗县、陶乐县、惠农县、石嘴山市以及中卫县、中宁县、

吴忠市、灵武市等11个县市的引黄灌溉部分。黄河上游宁夏段全长397 km,引黄灌区面积为 $6.6 \times 10^3 \text{ km}^2$ ,每年从黄河引水量超过 $7.0 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。据调查,宁夏水环境处于中度污染,全区平均质量级别为3.86级。其中,地表水水质受控于自然环境、工业污染、城市污水以及农田退水排放量的变化<sup>[12]</sup>。其作为引黄灌区的重要组成部分,沿河各地工业、农业、生活废弃物等经过处理或未处理直接排入黄河,造成污染。各种污染源的结构、产生过程与治理状况,可以反映出黄河水质的变化趋势。必须充分认识污染源结构特征,便于实现污染的源头防控、过程阻断、末端治理。

## 1.2 数据来源

本研究数据来源为2005—2008年《宁夏统计年鉴》<sup>[13-16]</sup>与宁夏灌区实地调查所得数据。

## 1.3 试验数据分析方法

应用SPSS与EXCEL数据处理软件、ArcGIS 9.3地理信息系统空间分析软件对种植业、畜牧业、工业与生活四项污染源结构数据逐项进行分析。

### (1) 主成分分析法<sup>[9,17]</sup>

主成分分析,数学处理是将原来多个指标线性组合,作为新的综合指标。利用主成分分析法分析污染源各项组成部分时,在已选择出主成分后,将主成分对应因子载荷矩阵的特征向量与污染源各指标值相乘,可得出各污染源的分值,再利用主成分的方差贡献率作为权数,对各项污染源的综合分值大小排名,对排名后的数据进行下一步的处理。其中权数的大小直接决定着各项污染指标对分类的影响程度大小。下文污染源结构分析中的权数由此而来。

### (2) 牲畜年粪便排量的计算

牲畜粪便包括粪和尿两部分,根据观察和以往自身涉及的相关项目研究结果,对某一体重的动物而言,其年粪便排量等于日排量的总和,即:

$$Q_m = \sum_{i=1}^n A_i \times (P_d + F_d \times l_j) \times 365$$

式中, $Q_m$ 为 $m$ 地区畜牧业生产的年粪便排量(t); $A_i$ 为第*i*类牲畜的数量(只,头); $P_d$ 为第*i*类牲畜日排粪量(kg);通过观测和统计得到。 $F_d$ 为第*i*种牲畜的日排尿量(kg);通过观测和统计得到。 $l_j$ 为第*i*种牲畜尿的粪尿转换系数,为实验室分析确定的转换系数。

### (3) 人粪尿年排放量的计算

根据实验中分析得出的人粪尿排放的估算方法,基本等同于前述畜牧业牲畜粪尿排放的计算方式,即:总人口与每人每天的尿和粪的排放量之和的乘积。

$$Q_h = \sum_{i=1}^n P_i \times (P_d + f_d \times l_j) \times 365$$

式中, $Q_h$ 为 $h$ 地区年总人粪尿排放量(t); $P_i$ 为第*i*类地区人口数量(人); $P_d$ 为第*i*类地区人日排粪便量(kg); $f_d$ 为第*i*类地区人日尿排放量(kg); $l_j$ 为尿与粪转换系数。

### (4) 数据的归一化处理方法—极差标准化:

$$x_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i |x_{ij}|}{\max_i |x_{ij}| - \min_i |x_{ij}|} \quad (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n)$$

经过标准化所得新数据,各要素的极大值为1,极小值为0,其余的数值均在0与1之间。

### (5) 地理信息系统空间分析软件分析

选取宁夏灌区地形图,以2007年的统计数据为基础,用ArcGIS 9.3地理信息系统分析软件将灌区各县市行政区域进行矢量化,然后把SPSS与EXCEL处理的数据集中整理,导入,按照规定的分类标准,把种植业、畜牧业、工业与生活4个方面对环境的影响因子大小分别进行整理,最终以不同的颜色深度表示出灌区污染源结构的差异,形成空间分布图。因为尚未发现应用此软件进行污染源分析的分类标准,故本研究以表1规定

相应的分类标准作为参考进行数据整理。

## 2 结果与分析

宁夏引黄灌区的污染来自工业、农业等多个方面,影响水质的因素并非孤立的,各因素之间相互作用,形成了灌区污染源基本结构。

### 2.1 种植业污染来源

灌区以耕地为主,农作物种植面积比例最大。农业生产过程中,氮磷化肥的利用效率低下,氮磷随着农田排水或地表径流进入附近的水体,可引发水体的富营养化,破坏水质<sup>[18]</sup>。本研究对氮磷化肥的施用量及与其相关的农作物种植面积作为主要对象进行分析。

#### 2.1.1 氮磷化肥施用量与农作物种植面积变化

灌区各县市氮磷施用量变化如图 1。

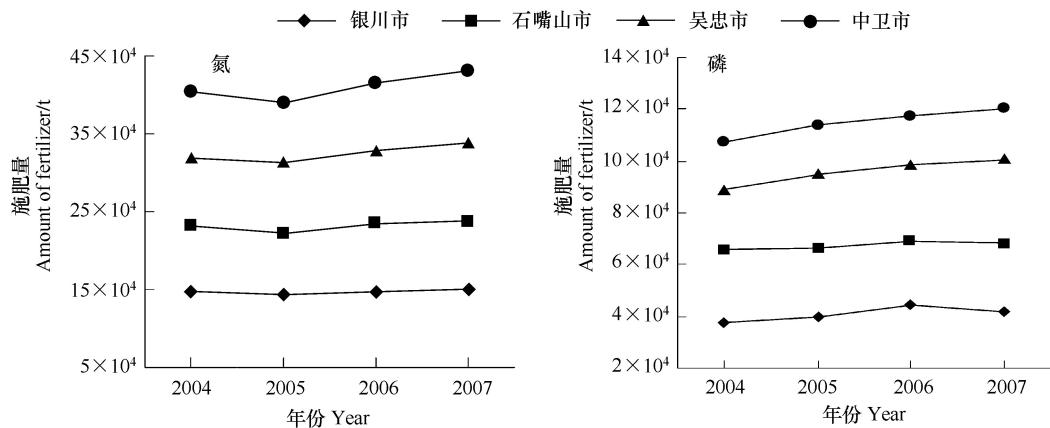


图 1 2004—2007 年宁夏灌区氮肥、磷肥施用量变化

Fig. 1 The changes of nitrogen and phosphate fertilizer application rate from 2004—2007 in irrigable farmland of Ningxia

2004 至 2007 年间灌区各县市氮磷化肥施用量整体呈上升趋势。其中银川市整体上化肥施用量有所下降,2007 年与 2005 年持平,可能与该地区限制化肥施用量及提高肥料利用率有关。石嘴山市氮磷施用量保持稳定。吴忠市与中卫市氮磷施用量平稳中逐年增加。综合观之,4 个市的氮磷施用量普遍没有明显下降的现象,过度施用的氮磷利用率低,流失严重,给农田带来的污染比较大。

从图 2 可知,银川市农作物种植面比较大,且逐年上升,2007 年达到  $1.60 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 。石嘴山市农作物种植面积比较稳定,基本保持在  $8.50 \times 10^4 \text{ hm}^2$  左右。吴忠市和中卫市农作物种植面积稳中有升。农作物种植面积与农业化肥的施用量紧密相关,一般情况下,二者呈正比例对应,在农作物种植面积增加的同时,与之相对的化肥的施用量也会随之增长,石嘴山市、吴忠市和中卫市表现出了这种差异,但是银川市在 2006—2007 年间出现了特殊情况,虽然 2007 年农作物种植面积达到峰值,但是氮磷的施用量却减少,而且不影响正常的农业生产,推测该市通过农业技术改进与综合治理,实现了肥料的减量增效。

表 1 污染结构分类标准

Table 1 Classification standard of pollution structure

分类 Classification	轻度 Mild	中度 Moderate	重度 Severe
数值范围 Range of values	0—0.3	0.3—0.6	0.6—1.0

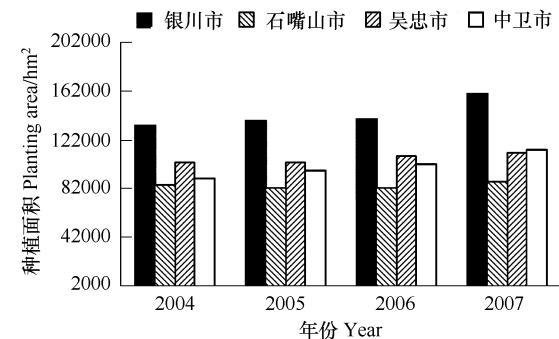


图 2 2004—2007 年宁夏灌区农作物种植面积变化

Fig. 2 The changes of planting areas of farm crops from 2004—2007 in irrigable farmland of Ningxia

### 2.1.2 宁夏灌区各县市种植业污染分布分析

种植业方面,经数据分析得出每公顷施氮量,石嘴山市最高,约为 $380\text{ kg}$ ,是我国耕地平均施氮量为 $224.8\text{ kg}/\text{hm}^2$ 的1.7倍,最少的吴忠市也以 $255\text{ kg}/\text{hm}^2$ 超过上限,每公顷施磷量,石嘴山市也以 $138\text{ kg}$ 在各县市中居于较高水平。

重点考虑氮磷化肥及与之相关的农作物种植面积相互影响产生的污染来源。利用主成分分析方法得到氮肥、磷肥、农作物种植面积的构成污染源的权数分别为0.915、0.81、0.864,按照表1规定的分类标准,将污染来源程度分为3类(以下3个方面的污染源分析原理与此相同),如图3,从中可以看出平罗县和中宁县属于重度,说明其农业化肥施用量与农作物种植面积都比较高,其中中宁县氮肥施用量 $6.90\times 10^4\text{ t}$ 与平罗县农作物种植面积 $6.63\times 10^4\text{ hm}^2$ ,分别居于各县市之首,且磷肥施用量也处于较高水平。中宁县与平罗县分别位于宁夏灌区上游和下游,是灌区污染程度监控的关键地段,减轻污染来源显得尤为重要。

### 2.2 畜牧业污染来源

牲畜养殖在宁夏灌区优化农村产业结构方面有很重要的作用,但农村牲畜养殖场所、管理等方面粗放,牲畜养殖场产生的大量粪便和污水,严重污染了临近水源,应用牲畜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<sup>[19-20]</sup>。

#### 2.2.1 牲畜粪便排放量变化

在长期的观测和统计中,基本得出了牛、羊等牲畜某种体重标准的粪便排放参数(表2)<sup>[21]</sup>。

表2 各类主要牲畜粪、尿排泄参数

Table 2 Parameters of major livestock's manure and urine excretion

畜禽种类 Animal species	体重 Weight /kg	日排粪量 Per day fecal index /(kg/d)	日排尿量 Per day voided volume /(kg/d)	年排粪量 Per year fecal index /(kg/a)	年排尿量 Per year voided volume /(kg/a)
牛 Cattle	500	34	34	12410	12410
猪 Pig	50	6	15	2190	5475
羊 Sheep	15	1.5	2	548	730

尿与粪的折算系数 $I_j=0.2$ 。

根据计算公式可以推算出宁夏灌区牲畜粪便排放量。观察近年来灌区各县市牲畜存栏量变化趋势,推算出牲畜产生的粪便总量变化(图4)。牛粪便排放总量,银川市和吴忠市基本同步增加,并于2007年出现减少趋势,银川市为 $7.46\times 10^6\text{ t}$ ,吴忠市为 $6.17\times 10^6\text{ t}$ 。石嘴山市在2005年减少到 $3.23\times 10^6\text{ t}$ 后,近两年又逐步回升。而中卫市则逐年增加。猪的粪便排放总量,4个市基本都在平稳中出现减少趋势,以中卫市最为明显,从2004年的 $7.06\times 10^6\text{ t}$ 降至2007年的 $4.73\times 10^6\text{ t}$ 。羊的粪便排放总量,银川市和吴忠市变化趋势基本一致,石嘴山市与中卫市变化趋势基本一致,并于2007年大幅减少。整体上,牛、猪、羊的粪便排放给环境带来的潜在影响已经表现出明显

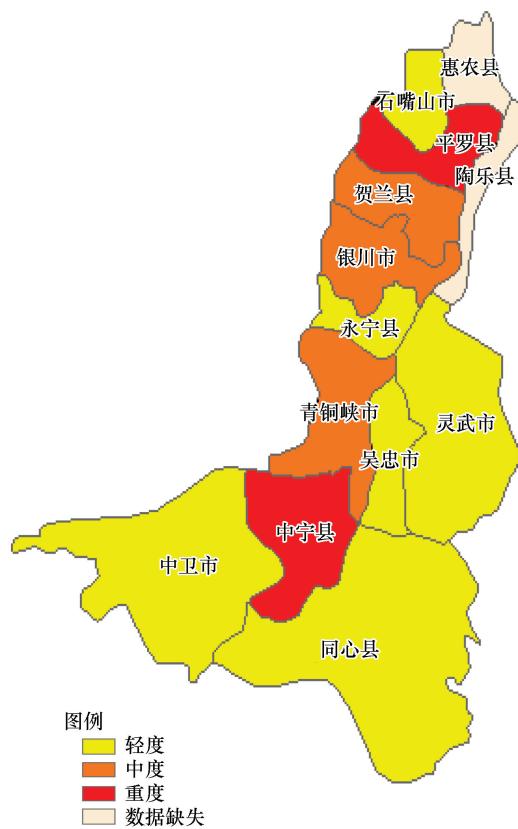


图3 宁夏灌区各县市种植业污染分布

Fig. 3 Distribution of crop-plantation pollution in irrigable farmland of Ningxia

图中同心县只包括红寺堡管委会区域,吴忠市只包括利通区

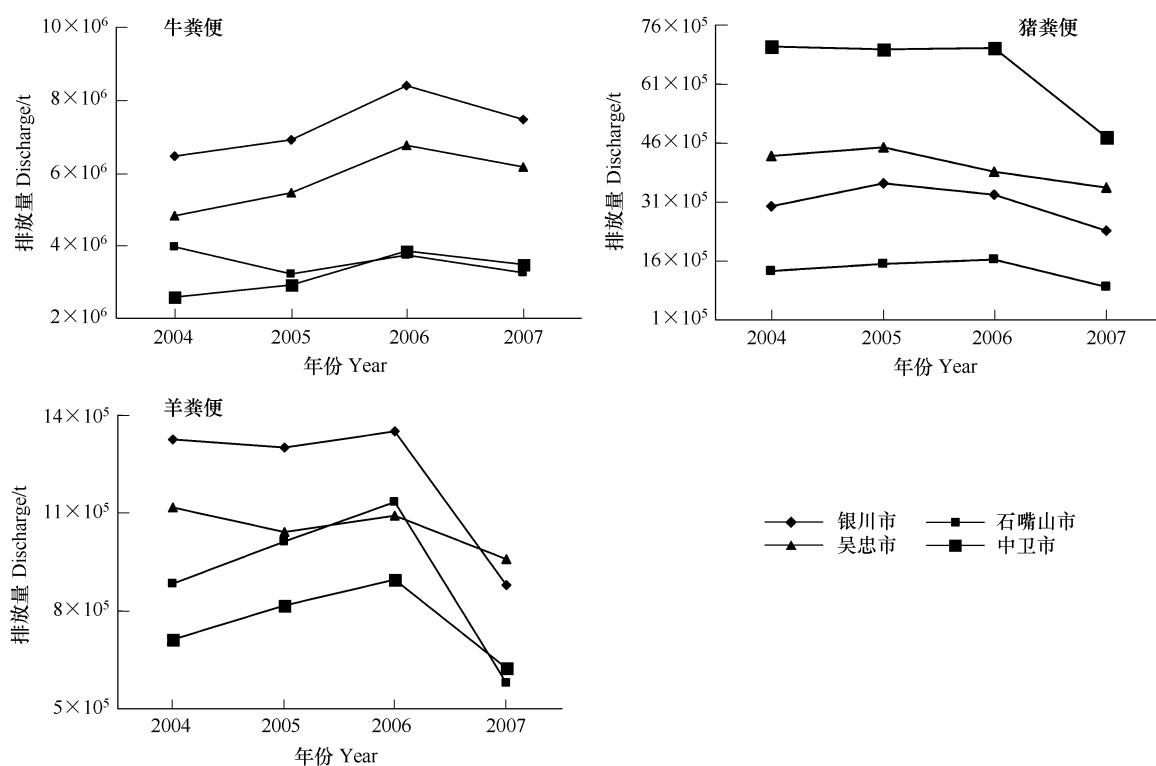


图 4 2004—2007 年宁夏灌区牛、猪、羊粪便排放量变化

Fig. 4 The changes of discharge of cattle, pig and sheep manure rate from 2004—2007 in irrigable farmland of Ningxia

的下降走势,预计今后几年也不会出现太大变化。

## 2.2.2 宁夏灌区各县市畜牧业污染分布分析

畜牧业方面,如图 5,重点考虑当年牛、猪、羊产生的粪便总量。分析得到牛、猪、羊粪便总量构成畜牧业污染源的权数分别为 0.528、0.775、0.896,从图中可以看出平罗县、青铜峡市和吴忠市属于重度,主要表现在其牛、猪、羊产生粪便总量都比较高,其中吴忠市与平罗县牛粪便总量分别以  $3.86 \times 10^6$ t 与  $2.55 \times 10^6$ t 居于各县市前 2 位,青铜峡市猪产生粪便总量较高,为  $2.83 \times 10^6$ t,羊产生粪便总量以  $4.24 \times 10^5$ t 只居于各县市之首。结合实地调察认为属于重度的 3 个县市畜牧业较为发达,在畜牧养殖的过程中,大量粪便处理不到位,排放随意,没有能够实现资源化是造成这种情况的主要原因。

## 2.3 工业污染来源

工业污染源包括农产品加工业在内的工业生产过程中会产生大量废水,废水含有大量可降解的有机物质和有毒成分,这些废水排放到沟渠,直接或间接对黄河水造成污染。

### 2.3.1 工业废水排放量变化

如图 6 所示,灌区 4 市工业污水排放逐年递增,虽然银川市在 2007 年有所下降,为  $5.19 \times 10^7$ t,但排放量仍然比较

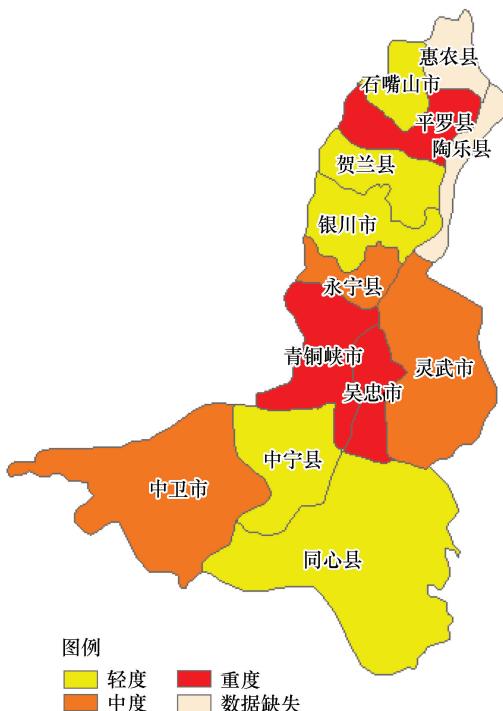


图 5 宁夏灌区各县市畜牧业污染分布

Fig. 5 Distribution of animal husbandry pollution in irrigable farmland of Ningxia

大。而其它3市递增趋势明显,吴忠市已经于2007年达到 $6.59 \times 10^7$ t的峰值。此现象表明在各地大力发展工业的同时,不可避免的工业废水等废弃物随之增加,并有继续上涨的趋势。中卫市作为传统的工业地区仍需要加强废水的治理,其它3市工业发展力度走势明显,建议因地制宜,稳住规模,重视环境因素,提高污水治理技术水平。

### 2.3.2 宁夏灌区各县市工业污染分布分析

工业方面,如图7,重点考虑当年工业废水排放产生的污染来源。按照表1分类标准分析,可以看出中卫市、青铜峡市、吴忠市属于重度,说明其工业废水排放量比较高,其中,中卫市工业污水排放量为 $5.03 \times 10^6$ t,高居于各县市之首,与其工业化程度较高紧密相关,以工业作为支柱产业的中卫市,工业三废,尤其是废水废液对黄河的污染不容忽视。石嘴山市、贺兰县、灵武市、中宁县、同心县等同属轻度,原因是其经济支柱以非工业为主,如灵武市,其农业发展占主导地位,保持地区特色发展最重要,防止盲目工业化等产生负面的环境影响。

### 2.4 生活污染来源

据水利部门测算,2010年宁夏沿黄地区工业和城镇用水需求将占到总用水量的10%左右,在黄河水分配额受到严格限制的情况下,新增部分只能通过农业节水和远期的南水北调来解决。无论是农村还是城市,生活用水量提升,随之生活污水的排放也与日俱增。调查发现灌区各县市普遍存在生活污水不合理排放,故影响到黄河水质安全,为灌区农业的发展带来隐患。

#### 2.4.1 宁夏灌区各县市生活污染分布分析

人类直接排放的大量粪尿给环境带来很大压力。实验中经过长期的观测和统计,一个体重为50kg的人,每天排泄粪0.5 kg、尿1 kg,即每年每人排粪量182.5 kg、排尿量365kg<sup>[22]</sup>。

宁夏灌区城镇生活污水排放量变化趋势如图8,银川市作为省会城市,城镇人口所占比例大,废水产生量比较大,生活污水排放量 $8.0 \times 10^7$ t左右,居于各市之首,2006年变化稍有下降后仍出现上涨趋势。石嘴山市、吴忠市、中卫市依次下降,且排放量处于较低水平,年际变化较为稳定。可见人口数量与生活污水排放量呈正比例相对应,人口基数大不可避免的要产生大量的生活废弃物。

#### 2.4.2 宁夏灌区各县市生活污染分布分析

生活方面如图9,重点考虑当年城镇生活污染及人口方面。分析得出城镇生活污染与人粪尿构成污染源的权数同为0.994,从图中可以看出银川市属于重度,其中城镇生活污水排放量 $8.05 \times 10^7$ t、人口数量 $9.22 \times 10^5$ 人居于各县市之首。人口数量大是银川市的人口基本特征,人粪尿的排放量也随之处于较高水平。石嘴

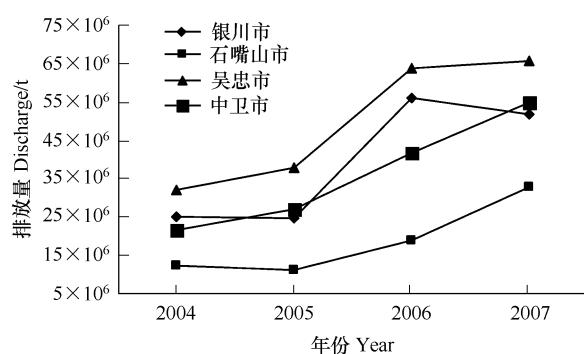


图6 2004—2007年宁夏灌区工业废水排放量变化

Fig. 6 The changes of total discharge of industrial sewage rate from 2004—2007 in irrigable farmland of Ningxia

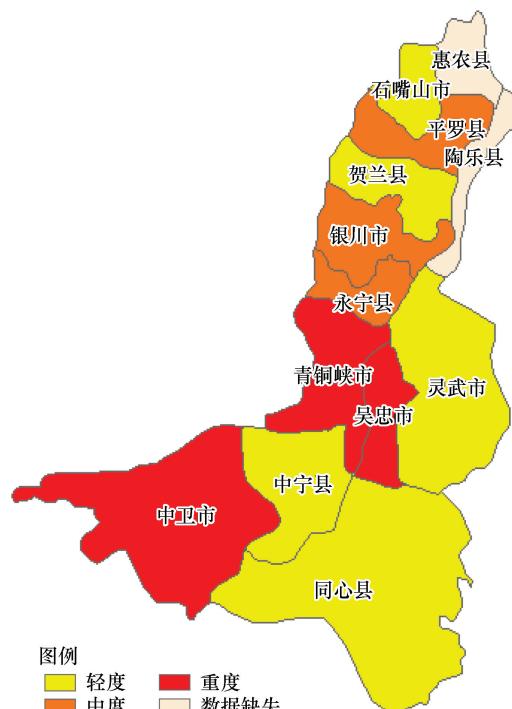


图7 宁夏灌区各县市工业污染分布

Fig. 7 Distribution of industry pollution in irrigable farmland of Ningxia

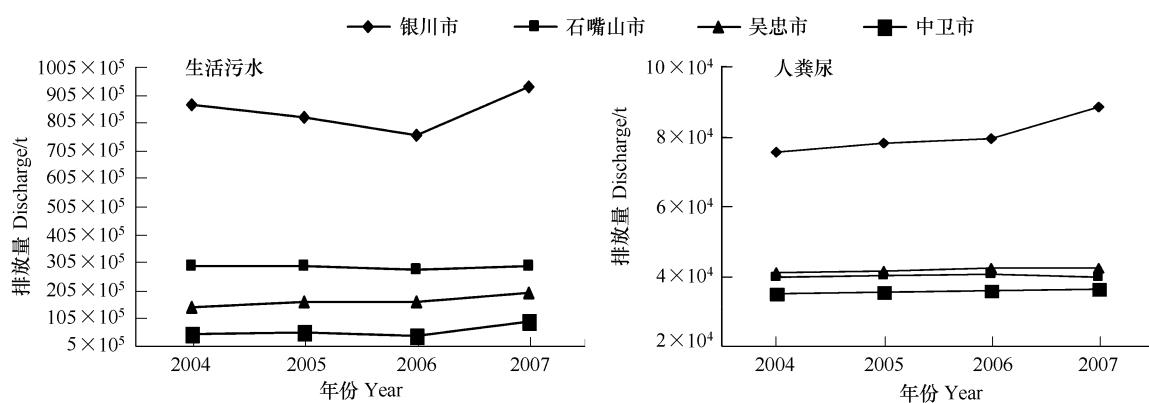


图 8 2004—2007 年宁夏灌区生活污水与人粪便排放量变化

Fig. 8 The changes of discharge of domestic sewage and human feces manure rate from 2004—2007 in irrigable farmland of Ningxia

山市、吴忠市、中卫市 2 项数据依次降低,排于银川市之后。其中中宁县虽然人口数量排在中卫市之后,为  $3.03 \times 10^5$  人,但是城镇生活污水排放量  $1.99 \times 10^6$  t,属于各县市中较低的水平,可见人口组成、人的素质、城镇生活水平以及生活废弃物的无害化处理技术应用等其它因素也会对此产生很大影响。

## 2.5 宁夏灌区各项污染源结构分布特征

结合前述分析,将 4 项污染源处理后的数据归类为种植业、畜牧业、工业与生活 4 大类污染源。对比综合处理,可得到污染源空间分布图 10。各类污染源在各县市的分布差别明显。

最终得出 11 个县市的污染源结构情况,种植业污染源方面平罗县、中宁县、银川市、青铜峡市、贺兰县属于重点预防和治理的区域;畜牧业污染源方面青铜峡市、吴忠市、平罗县、灵武市属于重点防控区域;工业污染源方面中卫市、青铜峡市、吴忠市属于重点防控区域;生活污染源方面银川市、石嘴山市属于重点防控区域。

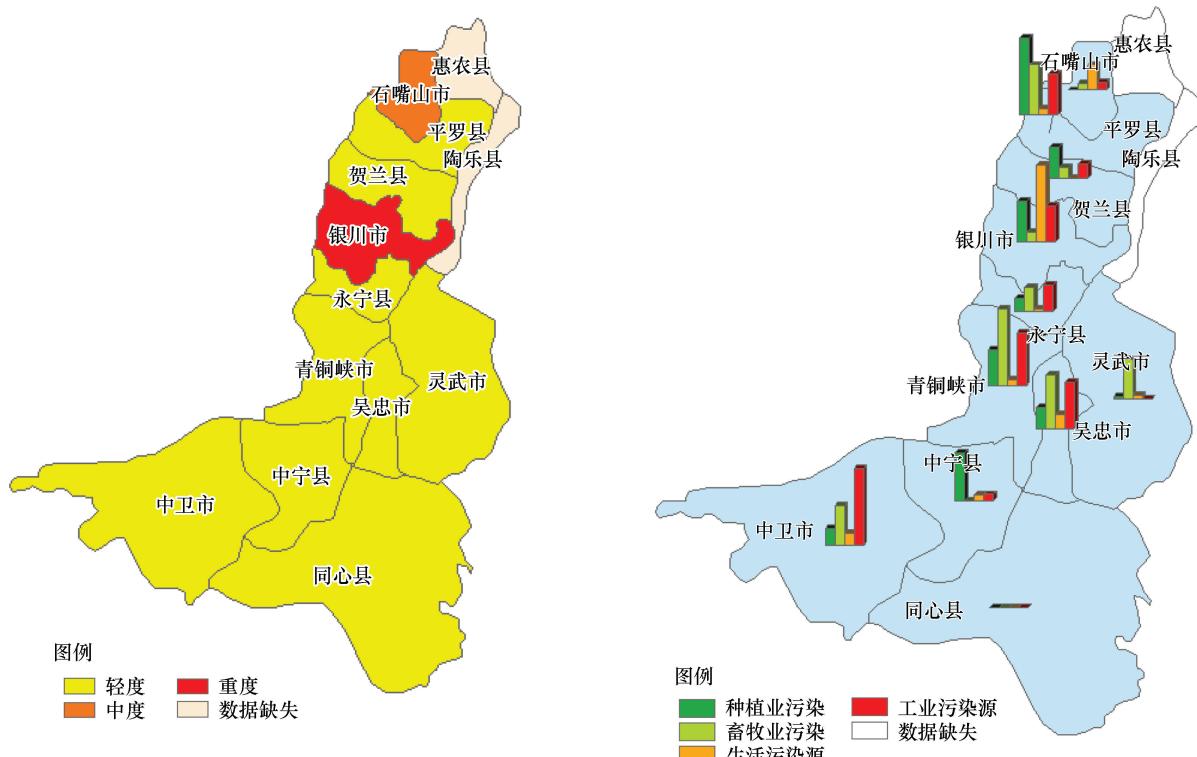


图 9 宁夏灌区各县市生活污染分布

Fig. 9 Distribution of domestic sewage pollution in irrigable farmland of Ningxia

图 10 宁夏灌区各县市四项污染源结构分布

Fig. 10 Structural distribution of the four parts of pollution sources in irrigable farmland of Ningxia

### 3 结论与讨论

污染源分析,需要进行污染源调查与评价,通过调查,掌握污染源的类型、数量及其分布,掌握各类污染源排放污染物的种类、数量及其随时间变化状况。通过评价,确定一个区域内的主要污染物和主要污染源,然后提出切合实际的污染控制和治理方案<sup>[23-24]</sup>。

宁夏灌区农田污染源结构组成中,种植业方面,化肥利用率低,造成资源的浪费,加之大规模的农作物种植,使之成为重要的污染源。畜牧业中忽视粪便处理,各种废弃物随意堆积、丢弃,经过降雨、风化等自然因素及人为因素,以各种成分排放到环境中造成污染。生活污染主要为人粪尿及生活污水,处理不力排放会产生各种污染物。工业废弃物的污染以工业废水废液的排放最为直接。由于各县市自身的环境条件、经济发展的状况不同,使4大类污染源结构组成各异。如何明确污染治理方向,需要认清是哪一种污染源占主要位置,所以污染源结构的分析显得很必要。

应用SPSS、GIS等技术方法研究结果表明:宁夏灌区黄河水污染源结构复杂,灌区各县市4类污染源结构组成有较为明显的区域差异,地图中已经明确表示出各县市需要重点监控的污染来源(图10):沿黄河流向分析可以得出,中卫市为工业污染源,同心县由于涉及范围较小,各项污染源差异不大,中宁县为种植业污染、青铜峡市、吴忠市和永宁县为畜牧业污染源与工业污染源,灵武市为畜牧业污染源,银川市为生活污染源,贺兰县为种植业污染源,平罗县为种植业污染源与畜牧业污染源,石嘴山市为生活污染源。本研究只是表示出了各县市之间污染源的差异,并规定出轻、中、重度,但由于尚未对污染物的物理化学生物特性进行分析,故不能直接表明给黄河水带来的污染也按照此程度划分。

通过对灌区污染源的分布分析,得出的结果与预期情况基本一致,认为灌区经济发展结构是产生这种污染源结构的重要原因,各县市产业发展侧重点不同,对环境影响各异,例如银川市,大量的人口产生的生活污染对周边环境产生很大破坏,来自于不同县市不同种类的污染,使灌区水源承受着各种环境压力,水中复杂的污染成分使水体极易出现富营养化,危害水中生物。恶化的水质会严重影响灌区农业的发展。污染源的状况和环境质量决定着生态质量,灌区生态平衡需要各种生态系统的稳定来维持,而水质好坏直接决定当地生态环境的优劣。需要采取各种措施,维护灌区生态平衡,从源头上阻断或者减少污染物的来源,例如,生活污染方面,采用高负荷处理、标准脱氮处理等技术,实现在减少能量消耗同时,氧化分解粪尿中有机物,对其进行完全脱氮,或者作为肥料应用于种植业亦可实现资源化,减轻污染。因此,认清灌区各种污染源,并利用相关技术手段,不仅对搞好灌区农业生产有很大帮助,也会极大地改善灌区黄河水质及当地的生态环境。

本研究在对宁夏灌区污染源结构分析中采用GIS的技术方法,分析污染源排放的污染物的类型、排放方式、途径,把污染源组成部分与变化趋势采用数字化和可视化的形式展现出来,对直观认识宁夏灌区黄河水污染源结构,寻求防治污染的方法途径有一定的引导作用,但,本研究对各种污染源排放污染物的种类、数量及污染源的位置等尚未统计分析,对灌区现有的污染负荷,污染源产生的实际环境效应尚未通过实验证实,需要在今后的工作中进一步加以探索分析。

**致谢:**Fenmeng Zhu博士、胡银岗教授、张春杨博士、杨延征、张科等对论文写作给予帮助,在此一并致谢。

#### References:

- [1] Yan L, Huang J H, Zhang J J, Guan X J. Study on irrigation return flow pollution in irrigated area of Ningxia influencing water quality of the Yellow River. *Yellow River*, 2007, 29(3): 35-36.
- [2] Zhang A P, Yang S Q, Zhang Q Z, Yang S J, Yang Z L. Influencing factors and countermeasures of irrigation return flow pollution in Ningxia Yellow River water irrigable district. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2008, 16(4): 1037-1042.
- [3] Sun Z F, Ma J J. Current situation and countermeasures of agricultural pollution in Ningxia. *Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology*, 2005, (3): 27-29.
- [4] Xiong W, Xiao Y Q. Distribution and pollution of water source in Ningxia. *West-China Exploration Engineering*, 2005, 17(10): 232-233.
- [5] Chen H X, Gao J H, Li Q. Research on water resources in Ningxia. *Journal of China Hydrology*, 2006, 26(5): 65-67.
- [6] Jiang Y J, Kuang M S, Li L L, Feng S G, Fang J J, Gao F L, He L Y, Cao X L, Yang D Z. GIS-Based comprehensive regionalization and assessment to natural disaster in Chongqing. *Journal of Southwest China Normal University: Natural Science*, 2003, 28(4): 627-631.
- [7] Fotheringham A S, Densham P J, Curtis A. The zone definition problem in location-allocation modeling. *Location Analysis*, 1995, 3(1): 64-64.

- [ 8 ] Mark T J T, Cees J V W. Deterministic modeling in GIS-based landslide hazard assessment// Carrara A, Guzzetti F, eds. Geographical Information System in Assessing Natural Hazards. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995.
- [ 9 ] Zhao W Q, Guo Y. Analysis of hazards social vulnerability in Chongqing based on the principle component analysis method and GIS technology. Research of Soil and Water Conservation, 2007, 14(6) : 319-322, 325-325.
- [ 10 ] Shen Z Y, Li Z B, Wu J H, Li B B. Fractal characteristics of regional land use/land cover based on GIS technique. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008, 24(8) : 63-67.
- [ 11 ] White R, Engelen G. Cellular automata and fractal urban form: a cellular modeling approach to the evolution of urban land-use patterns. Environment and Planning A, 1993, 25(8) : 1175-1199.
- [ 12 ] Xie X M, Zhao W J, Pei Y S, Qin D Y, Yu F L, Wang L. Optimize the Allocation of Water Source of Ningxia and Study on Sustainable Development. Zhengzhou: Yellow River Conservancy Press, 2002 : 14-14, 21-21, 24-24, 135-135.
- [ 13 ] Statistic Bureau of Ningxia Hui Autonomous Region. Ningxia Statistical Yearbook (2005) : CD Edition. Beijing: China Statistics Press, 2005.
- [ 14 ] Statistic Bureau of Ningxia Hui Autonomous Region. Ningxia Statistical Yearbook (2006) : CD Edition. Beijing: China Statistics Press, 2006.
- [ 15 ] Statistic Bureau of Ningxia Hui Autonomous Region, Ningxia Investigation Team, National Statistic Bureau of China. Ningxia Statistical Yearbook (2007) : CD Edition. Beijing: China Statistics Press, 2007.
- [ 16 ] Statistic Bureau of Ningxia Hui Autonomous Region, Ningxia Investigation Team, National Statistic Bureau of China. Ningxia Statistical Yearbook (2008) : CD Edition. Beijing: China Statistics Press, 2008.
- [ 17 ] Feng L H, Ma W Y. Application of principal component analysis in evaluation of areas comprehensive strength. Geography and Geo-Information Science, 2004, 20(6) : 73-75.
- [ 18 ] Roland D A, Gordon R W, Rao S K. Phosphorus solubilization and its effect on the environment. Proceedings Maryland Nutrition Conference for Feed Manufacturers, 1993, (4) : 138-145.
- [ 19 ] Kong Y, Han L J. Environmental contamination from animal faeces in China and control countermeasures. Journal of China Agricultural University, 2002, 7(6) : 92 -96.
- [ 20 ] Wang F H, Ma W Q, Dou Z X, Ma L, Liu X L, Xu J X, Zhang F S. The estimation of the production amount of animal manure and its environmental effect in China. China Environmental Science, 2006, 26(5) : 614-617.
- [ 21 ] Zhang W D, Liu S Q, Zhou B, He C Y. Organic waste resources and their biogas potentiality in rural areas of China. Resources Science, 1997, (1) : 67-80.
- [ 22 ] Feng Y Z, Yang S Q, Ren G X, Hu L W, Yang G H. Opportunity and challenge of biogas industry under the double background of environmental and energy problem. China Biogas, 2005, 23(3) : 32-33.
- [ 23 ] Cui L F, Yang Z S, Huang Z F. Evaluation of Environmental Influence and Analysis of Case. Beijing: Standards Press of China, 2005 : 50-50, 53-53, 120-120, 132-132.
- [ 24 ] Cao Y L, Li C M, Kan P. Evaluating and clustering analysis of non-point source pollution in Chongqing Three Gorges Reservoir Region. Journal of Agro-Environment Science, 2007, 26(3) : 857-862.

#### 参考文献:

- [ 1 ] 同莉, 黄锦辉, 张建军, 管秀娟. 宁夏农灌退水对黄河水质的影响研究. 人民黄河, 2007, 29(3) : 35-36.
- [ 2 ] 张爱平, 杨世琦, 张庆忠, 杨淑静, 杨正礼. 宁夏灌区农田退水污染形成原因及防治对策. 中国生态农业学报, 2008, 16(4) : 1037-1042.
- [ 3 ] 孙正风, 马京军. 宁夏农业面源污染现状与防治对策. 宁夏农林科技, 2005, (3) : 27-29.
- [ 4 ] 熊伟, 肖云清. 宁夏水资源的分布与污染. 西部探矿工程, 2005, 17(10) : 232-233.
- [ 5 ] 陈红翔, 高继红, 李琼. 宁夏水资源问题研究. 水文, 2006, 26(5) : 65-67.
- [ 6 ] 蒋勇军, 况明生, 李林立, 冯绍国, 方佳军, 高方立, 何凌云, 曹晓林, 杨定中. 基于地理信息系统的重庆市自然灾害综合区划及评价. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2003, 8(4) : 627-631.
- [ 9 ] 赵卫权, 郭跃. 基于主成份分析法和 GIS 技术的重庆市自然灾害社会易损性分析. 水土保持研究, 2007, 14(6) : 319-322, 325-325.
- [ 10 ] 沈中原, 李占斌, 武金慧, 李斌斌. 基于 GIS 的流域土地利用/土地覆被分形特征. 农业工程学报, 2008, 24(8) : 63-67.
- [ 12 ] 谢新民, 赵文骏, 裴源生, 秦大庸, 于福亮, 汪林. 宁夏水资源优化配置与可持续利用战略研究. 郑州: 黄河水利出版社, 2002 : 14-14, 21-21, 24-24, 135-135.
- [ 13 ] 宁夏回族自治区统计局. 宁夏统计年鉴 (2005) (光盘版). 北京: 中国统计出版社, 2005.
- [ 14 ] 宁夏回族自治区统计局. 宁夏统计年鉴 (2006) (光盘版). 北京: 中国统计出版社, 2006.
- [ 15 ] 宁夏回族自治区统计局, 国家统计局宁夏调查总队. 宁夏统计年鉴 (2007) (光盘版). 北京: 中国统计出版社, 2007.
- [ 16 ] 宁夏回族自治区统计局, 国家统计局宁夏调查总队. 宁夏统计年鉴 (2008) (光盘版). 北京: 中国统计出版社, 2008.
- [ 17 ] 冯利华, 马末宇. 主成分分析法在地区综合实力评价中的应用. 地理与地理信息科学, 2004, 20(6) : 73-75.
- [ 19 ] 孔源, 韩鲁佳. 我国畜牧业粪便废弃物的污染及其治理对策的探讨. 中国农业大学学报, 2002, 7(6) : 92 -96.
- [ 20 ] 王方浩, 马文奇, 窦争霞, 马林, 刘小利, 许俊香, 张福锁. 中国畜禽粪便产生量估算与环境效应. 中国环境科学, 2006, 26(5) : 614-617.
- [ 21 ] 张无敌, 刘士清, 周斌, 何彩云. 我国农村有机废弃物资源及沼气潜力. 自然资源, 1997, (1) : 67-80.
- [ 22 ] 冯永忠, 杨世琦, 任广鑫, 胡良温, 杨改河. 双重背景下发展沼气产业的机遇和挑战. 中国沼气, 2005, 23(3) : 32-33.
- [ 23 ] 崔莉凤, 杨忠山, 黄振芳. 环境影响评价和案例分析. 北京: 中国标准出版社, 2005 : 50-50, 53-53, 120-120, 132-132.
- [ 24 ] 曹彦龙, 李崇明, 阚平. 重庆三峡库区面源污染源评价与聚类分析. 农业环境科学学报, 2007, 26(3) : 857-862.

# ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31 ,No. 12 June ,2011 ( Semimonthly )

## CONTENTS

Effect assessment of the project of grain for green in the karst region in Southwestern China: a case study of Bijie Prefecture .....	LI Hao, CAI Yunlong, CHEN Ruishan, et al (3255)
The effect of dispersal on the population dynamics of a host-parasite system in fragmented landscape .....	SU Min (3265)
The effect of spatial scales on wetland functions evaluation: a case study for coastal wetlands in Yancheng, Jiangsu Province .....	OU Weixin, YE Lifang, SUN Xiaoxiang, et al (3270)
Effects of simulated nitrogen deposition on nutrient balance of Chinese fir ( <i>Cunninghamia lanceolata</i> ) seedlings .....	FAN Houbao, LIAO Yingchun, LIU Wenfei, et al (3277)
The water conservation study of typical forest ecosystems in the forest transect of eastern China .....	HE Shuxia, LI Xuyong, MO Fei, et al (3285)
The ecological responses of <i>Pinus tabulaeformis</i> forests in Taiyue Mountains of Shanxi to artificial Harvesting .....	GUO Donggang, SHANGGUAN Tieliang, BAI Zhongke, et al (3296)
The influence of the long-term application of organic manure and mineral fertilizer on microbial community in calcareous fluvo-aquic soil .....	ZHANG Huanjun, YU Hongyan, DING Weixin (3308)
Endophytic fungal diversity of five dominant plant species in the dry-hot valley of Yuanjiang, Yunnan Province, China .....	HE Caimei, WEI Daqiao, LI Haiyan, et al (3315)
Seedling recruitment in desert riparian forest following river flooding in the middle reaches of the Tarim River .....	ZHAO Zhenyong, ZHANG Ke, LU Lei, et al (3322)
Scaling up for transpiration of <i>Pinaceae schrenkiana</i> stands based on 8hm permanent plots in Tianshan Mountains .....	ZHANG Yutao, LIANG Fengchao, CHANG Shunli, et al (3330)
Responses of soil enzyme activities and microbial biomass N to simulated N deposition in Gurbantunggut Desert .....	ZHOU Xiaobing, ZHANG Yuanning, TAO Ye, et al (3340)
Effects of Pb on growth, heavy metals accumulation and chloroplast ultrastructure of <i>Iris lactea</i> var. <i>Chinensis</i> .....	YUAN Haiyan, GUO Zhi, HUANG Suzhen (3350)
Effects of temperature and sap flow velocity on CO <sub>2</sub> efflux from stems of three tree species in spring and autumn in Northeast China .....	WANG Xiuwei, MAO Zijun, SUN Tao, et al (3358)
The soil seed bank of <i>Eupatorium adenophorum</i> along roadsides in the south and middle area of Yunnan, China .....	TANG Yingyin, SHEN Youxin (3368)
Extracting the canopy structure parameters using hemispherical photography method .....	PENG Huanhua, ZHAO Chuanyan, FENG Zhaodong, et al (3376)
The CCA analysis between grasshopper and plant community in upper reaches of Heihe River .....	ZHAO Chengzhang, ZHOU Wei, WANG Keming, et al (3384)
Community structure characteristics of phytoplankton in argun River Drainage Area in autumn .....	PANG Ke, YAO Jinxian, WANG Hao, et al (3391)
Spatial and temporal variation of phytoplankton and impacting factors in Jiulongjiang Estuary of Xiamen, China .....	WANG Yu, LIN Mao, CHEN Xingqun, et al (3399)
Effect of bank type on fish biodiversity in the middle-lower reaches of East Tiaoxi River, China .....	HUANG Liangliang, LI Jianhua, ZOU Limin, et al (3415)
Study on dynamic changes of soil and water loss along highway based on RS/GIS: an example of Yujing expressway .....	CHEN Aixia, LI Min, SU Zhixian, et al (3424)
The urbanization effects on watershed landscape structure and their ecological risk assessment .....	HU Hebing, LIU Hongyu, HAO Jingfeng, et al (3432)
Assessment of ecological risk of coastal economic developing zone in Jinzhou Bay based on landscape pattern .....	GAO Bin, LI Xiaoyu, LI Zhigang, et al (3441)
Impacts of land use and cover changes on ecosystem service value in Zoige Plateau .....	LI Jinchang, WANG Wenli, HU Guangyin, et al (3451)
Effect of chicken manure application on Cu and Zn accumulation in soil and <i>Brassica sinensis</i> L. ....	ZHANG Yan, LUO Wei, CUI Xiaoyong, et al (3460)
GIS analysis of structural characteristics of pollution sources in irrigable farmland in Ningxia China .....	CAO Yanchun, FENG Yongzhong, YANG Yinlu, et al (3468)
Effects of pre-sowing soil moisture and planting patterns on photosynthetic characteristics and yield of summer soybean .....	LIU Yan, ZHOU Xunbo, CHEN Yuhai, et al (3478)
<i>In situ</i> study on influences of different fertilization patterns on inorganic nitrogen losses through leaching and runoff: a case of field in Nansi Lake Basin .....	TAN Deshui, JIANG Lihua, ZHANG Qian, et al (3488)
Effects of AM fungi on leaf photosynthetic physiological parameters and antioxidant enzyme activities under low temperature .....	LIU Airong, CHEN Shuangchen, LIU Yanying, et al (3497)
Effects of exogenous cysteine on growth, copper accumulation and antioxidative systems in wheat seedlings under Cu stress .....	PENG Xiangyong, SONG Min (3504)
<b>Review and Monograph</b>	
The horizon scanning technology and its application prospect in Ecology .....	HU Zimin, LI Jingjing, LI Wei, et al (3512)
<b>Scientific Note</b>	
The gas exchange characteristics of four shrubs on the northern slope of Kunlun Mountain .....	ZHU Juntao, LI Xiangyi, ZHANG Ximing, et al (3522)
Effect of DEM data at different scales on the accuracy of forest Ecological Classification system .....	TANG Lina, HUANG Juecong, DAI Limin (3531)
Canopy interception of rainfall by Bamboo plantations growing in the Hill Areas of Southern Jiangsu Province .....	JIA Yongzheng, HU Haibo, ZHANG Jiayang (3537)
Effects of exotic species slash pine ( <i>Pinus elliottii</i> ) litter on the structure and function of the soil microbial community .....	CHEN Falin, ZHENG Hua, YANG Bosu, et al (3543)
The carbon emission analysis of Shenzhen Metro .....	XIE Hongyu, WANG Xixiang, YANG Muzhuang, et al (3551)

# 2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊\*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

\*《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次, 全国排名第 1; 影响因子 1.812, 全国排名第 14; 第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊; 中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生态学报  
(SHENGTAI XUEBAO)  
(半月刊 1981 年 3 月创刊)  
第 31 卷 第 12 期 (2011 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA  
(Semimonthly, Started in 1981)  
Vol. 31 No. 12 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址: 北京海淀区双清路 18 号 邮政编码: 100085 电话: (010) 62941099 www. ecologica. cn shengtaixuebao@ rcees. ac. cn	Edited by Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010) 62941099 www. ecologica. cn Shengtaixuebao@ rcees. ac. cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址: 北京海淀区双清路 18 号 邮政编码: 100085	Sponsored by Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科学出版社 地址: 北京东黄城根北街 16 号 邮政编码: 100717	Published by Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科学出版社 地址: 东黄城根北街 16 号 邮政编码: 100717 电话: (010) 64034563 E-mail: journal@ cspg. net	Distributed by Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010) 64034563 E-mail: journal@ cspg. net
订 购	全国各地邮局	Domestic All Local Post Offices in China
国 外 发 行	中国国际图书贸易总公司 地址: 北京 399 信箱 邮政编码: 100044	Foreign China International Book Trading Corporation Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广 告 经 营	京海工商广字第 8013 号	
许 可 证		

