

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2012.02.006

博斯腾湖流域农业面源污染现状分析

赛·巴雅尔图¹, 陈敏鹏², 冯 丽¹

(1. 新疆巴音郭楞蒙古自治州博斯腾湖科学研究所, 新疆 库尔勒 841000 ;
2. 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 : 基于 2007 年博斯腾湖北 4 县农业面源污染实测资料及博斯腾湖水质历史资料, 计算了农田排渠污染物入博斯腾湖总量, 并分析了博斯腾湖流域农业面源污染的来源、季节变化特点及其影响因素。结果表明, 博斯腾湖流域农业面源污染产生的 TN、TP 和 COD 的总量分别为 5.86 万 t、1.55 万 t、10.06 万 t, 其中 95% 以上的污染物来自畜禽养殖活动和化肥的施用; 流域内产生的各种污染物主要通过 33 条排渠进入博斯腾湖, TN、TP、COD 和盐量分别占入湖总负荷量的 21%、21%、24% 和 48%, 且排放时间主要集中在每年 4—9 月; 农业面源污染加重了博斯腾湖的咸化与富营养化趋势。根据博斯腾湖流域农业面源污染的特点, 提出了推广节水灌溉、适度开发焉耆盆地地下水资源、推广平衡施肥技术等对策和建议。

关键词 : 博斯腾湖; 农业面源污染; 农田排渠; 治理对策

中图分类号 : X524 文献标识码 : A 文章编号 : 1004-6933(2012)02-0025-05

Agricultural non-point source pollution of Bosten Lake Basin

SAI Bayaertu¹, CHEN Min-peng², FENG Li¹

(1. *Institute of Lake Bosten, Bayingolin Mongolia Autonomous Prefecture of Xinjiang Uyghur Autonomous Region, Korle 841000, China* ;
2. *Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, the Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China*)

Abstract : The total amount of the pollutants from agricultural drainage into Bosten Lake was calculated, and the source, seasonal variation characteristics, and factors of agricultural pollution in the Bosten Lake Basin were analyzed based on observed data of agricultural non-point source pollution in four counties located to the north of Bosten Lake and data of water quality in Bosten Lake in 2007. The results show that the annual total amounts of TN, TP, and COD were 58 600 t, 15 500 t, and 100 600 t, respectively, and over 95% of the pollutants were attributed to stock raising and fertilizer use. The pollutants into Bosten Lake were mainly from 33 agricultural drainage channels, and TN, TP, COD, and salt accounted for 21%, 21%, 24%, and 48%, respectively, of the total annual amount of pollutants flowing into the lake. The discharge of agricultural pollutants mainly occurred from April to September. The agricultural non-point source pollution has aggravated salinization and eutrophication of Bosten Lake. Based on the characteristics of agricultural non-point source pollution in the Bosten Lake Basin, this paper provides some countermeasures and suggestions, including application of water-saving irrigation, reasonable exploitation of groundwater in the Yanqi Basin, and promotion of the technology of balanced fertilization.

Key words : Bosten Lake; agricultural non-point source pollution; agricultural drainage channel; countermeasure

近年来,面源污染已成为博斯腾湖的主要污染源,而农业生产过程中所产生的污染是最主要的污染类型,一方面农业生产过程中会向水体输入大量的氮、磷营养物质,加速了水体富营养化过程;另一方面,大量含盐量高的农田排水进入博斯腾湖,加速了水体咸化过程,导致博斯腾湖流域由“水量型缺水”逐渐演变为“水质-水量型缺水”,这必将严重地阻碍和制约整个博斯腾湖流域社会经济的发展。笔者通过对地处博斯腾湖流域的新疆巴州地区社会发展状况及博斯腾湖水质监测结果进行分析,并计算博斯腾湖流域农业面源污染的产生量及入湖量,以探讨农业面源污染对博斯腾湖水质的影响,为博斯腾湖水资源管理提供依据。

1 博斯腾湖概况

博斯腾湖地处欧亚大陆中心,光照充足,热量充沛,空气干燥,雨量稀少,湖区多年平均降水量 68.2 mm,最大降水量 105 mm,年蒸发量为 1 800 ~ 2 000 mm,为典型的内陆干旱气候。博斯腾湖分为大、小两个湖区,大湖区是博斯腾湖的主体部分;在大湖区西南部还有一连串的小湖泊和沼泽,盛长芦苇,习惯称小湖区。博斯腾湖的大、小湖区现在已经基本隔离。流入博斯腾湖的河流主要有开都河、黄水沟、清水河等,但常年性的入湖河流只有开都河。开都河在宝浪苏木分水闸处分为东、西两支,东支注入博斯腾湖的大湖区,西支注入博斯腾湖的小湖区。

由于地处焉耆盆地的最低处,博斯腾湖多年来一直是焉耆盆地的纳污区。随着博斯腾湖流域社会经济的飞速发展及人口的剧增,博斯腾湖的水环境

问题日益突出,如湖水咸化加剧^[1-2],湖泊湿地面积萎缩等^[3-4]。夏军等^[5]利用修正的卡尔森指数法对博斯腾湖水体的营养状况进行的评价结果表明:博斯腾湖水体总体已处于中富营养化状态,其主要的影因子是 TN。

从博斯腾湖大湖区 17 个监测点 1997—2009 年的水质变化数据(图 1),可以看出:1997 年以来,博斯腾湖水体中矿化度、TN、TP 及 COD_{Mn} 等污染物的浓度呈现增加趋势。总体而言,1997 年博斯腾湖水质为 III 类,属轻度污染,到 2009 年博斯腾湖水质已经达到 IV 类,属中度污染。博斯腾湖的盐污染和富营养化的程度不断加重。

2 农业面源污染的来源

博斯腾湖流域主要包括焉耆盆地内的焉耆、和静、和硕和博湖 4 个县(简称北 4 县),以及 4 个县行政区域内的农二师团场。流域内农业面源污染物的主要来源为化肥、畜禽养殖、农作物秸秆、农村生活污染及土壤盐分。

博斯腾湖流域的降雨和产流特征、土壤类型和土地利用类型导致了其农业面源污染流失和入湖特征的独特性。与南方湿润地区不同,博斯腾湖流域土地上累积的面源污染物主要通过灌溉水进入灌区排水系统,再通过明渠排水进入地表水,最终进入博斯腾湖。这种特征使得在耕地上累积的污染物随灌溉过程而流失。在农业面源污染源中,畜禽粪便和农作物秸秆能被再次利用,而化肥污染和土壤盐分是在耕地上累积的,因此化肥流失和土壤盐分会随着灌溉水进入博斯腾湖。由于博斯腾湖流域气候较

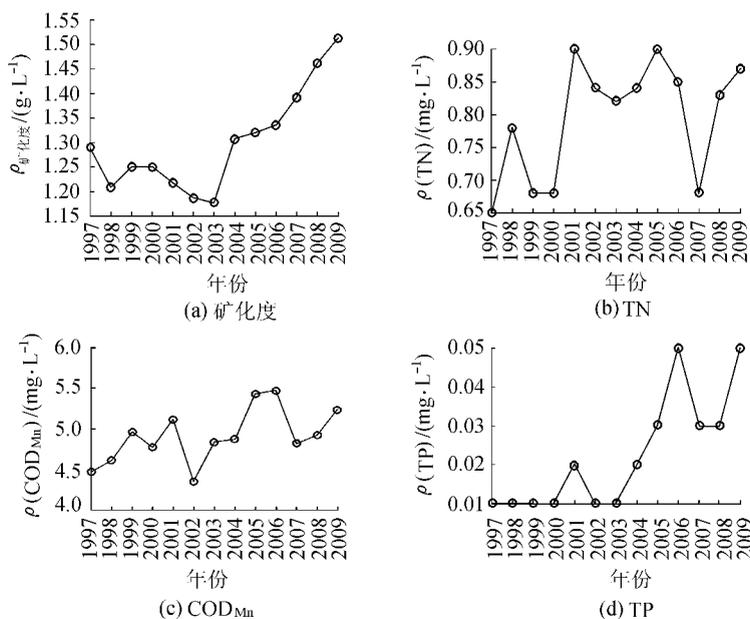


图 1 1997—2009 年博斯腾湖水体矿化度、TN、TP 及 COD_{Mn} 质量浓度的变化情况

为干燥,畜禽养殖和农作物秸秆对地表水的影响较小,但是硝酸盐等对地下水潜在的污染,从长期来看必须加以重视。

2.1 农村生活污染

2007年末北4县及农二师团场人口总数约44万人,其中农业人口占68.3%^[6]。焉耆盆地是巴州的主要农业区,焉耆县是巴州主要的粮食和甜菜产区,和静县以牧业为主,和硕县是半农半牧县。

焉耆盆地的农村地区普遍缺乏排水管网和垃圾收集系统,生活污水随地排放,垃圾随意堆放,对农村生活环境和水体造成了不利的影 响。根据农业面源排污系数^[7],可估算出2007年焉耆盆地生活污水和生活垃圾产生的TN、TP和COD分别为0.27万t、0.07万t和0.24万t。

2.2 化肥流失

焉耆盆地的种植业主要包括小麦、棉花及瓜果、蔬菜等,其农作物秸秆基本上都已被综合利用。自20世纪60年代以来,盆地农田开垦速度十分迅速,农田面积在20世纪60年代至90年代间扩张了32.8%,90年代至2000年间扩张了5.4%。盆地种植业的发展,大大促进了该地区农用化学品的施用。2007年北4县及农二师团场共施用氮肥2.69万t、磷肥1.36万t、复合肥0.87万t^[6]。估算产生的TN和TP分别为2.98万t和0.73万t^[7]。

焉耆盆地的耕地几乎都是水浇地,因此农业是主要的取水大户,农业用水量占全部用水量的90%以上。焉耆盆地农业灌溉用水浪费现象较为严重,至少1/4的水没有得到有效利用而随灌溉明渠进入博斯腾湖。化肥投入量的迅速增加、有机肥施用的减少以及化肥施用方式(表施、撒施)和灌溉方式(以漫灌为主)的不合理,导致化肥利用率较低,化肥随灌溉水流失严重。结合焉耆盆地的年降雨量和土壤性质,经过修正取TN和TP的流失率分别为12%和8%,可得2007年焉耆盆地化肥污染导致的TN和TP流失量分别为0.36万t和0.06万t。

2.3 畜禽养殖

养殖业主要包括在农区饲养的猪、禽、牛、羊等农区畜牧业和牧区养殖业。根据2007年北4县及农二师团场的畜禽养殖情况^[6],估算产生的TN、TP和COD分别为2.61万t、0.75万t和9.82万t^[7]。焉耆盆地畜禽养殖以放牧为主,草场超载畜牧带来的草地退化等生态问题日益严峻。另外,随着对牧场粪便拾捡量的减少,畜禽养殖量的增长对该地区水环境(尤其是地下水环境)的潜在影响将日益严重。

2.4 土壤盐分

博斯腾湖处在干旱半干旱地区,年降水量少,湖

泊补给水量小,湖水蒸发量大,使得盐分不断积累,湖泊矿化度较高。1997—2002年开都河流域出现连续丰水年,导致博斯腾湖水位上涨,湖水面积增大,水面蒸发量也随之增大,且因水位增高引起周围土壤排水困难,形成盐碱化土壤。博斯腾湖周边区域广泛分布着盐土、荒漠土和干旱土,这种土壤的易溶盐分随降水和地表径流进入湖中,促进了湖水矿化度上升。同时,由于农田地下水水位高,在蒸发作用下,盐分存留地表,使得土地次生盐渍化严重。从20世纪60年代开始农田排水系统逐步形成,焉耆盆地扩大垦荒,各耕地连片,洗盐再治碱,农田排水系统织补联网,使大量高浓度含盐废水排入湖区。可见,农田排渠排出的盐分对博斯腾湖的矿化度影响较大。

博斯腾湖流域农业面源污染产生的TN、TP和COD的总量分别为5.86万t、1.55万t、10.06万t,95%以上的污染物来自畜禽养殖活动和化肥的施用(图2)。此外,农业不合理的灌溉方式加速了盐分从农田排渠流入博斯腾湖,这是近年来博斯腾湖水体矿化度不断升高的一个重要原因。

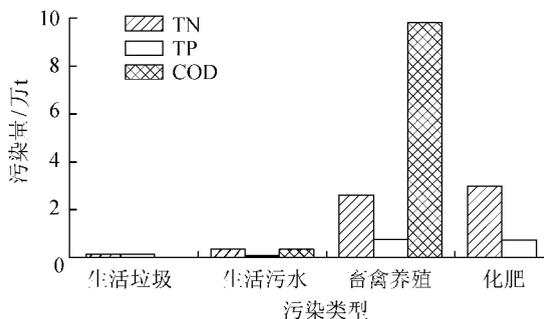


图2 博斯腾湖流域2007年农业面源污染物产生量

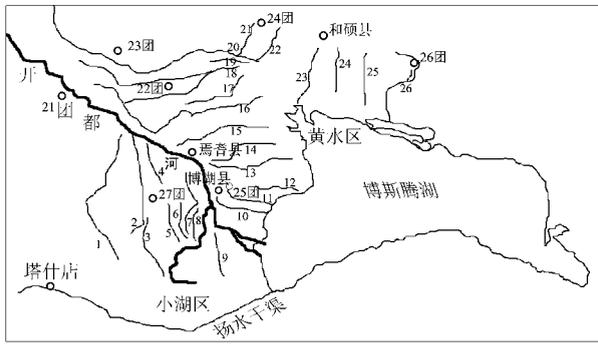
3 农业面源污染物的入湖

博斯腾湖农业面源污染物的主要入湖途径是北4县的33条农业排渠。巴州博斯腾湖科学研究所2005—2007年对其中26条排渠进行了监测,所监测的排渠情况如图3所示。在这26条排渠中,10条通过黄水区进入大湖区,7条直接排入大湖区,9条直接排入小湖区。

3.1 排渠污染物入湖量

监测数据表明,2007年排渠共向博斯腾湖排入污水3.5亿m³,其中,排入小湖区1.35亿m³,排入大湖区0.23亿m³,排入黄水区1.92亿m³。同年,上游河流(主要为开都河)入大湖水14.46亿m³,入小湖水7.43亿m³,农业排渠入湖水量占河流入湖水量的15.9%。

2007年所监测排渠对TN、TP、COD和含盐量的入湖负荷量的贡献量如表1所示。表1数据显示,



流入小湖区的排渠:1—团结总干排;2—解放一渠;3—四十里城子干排;4—27团北干排;5—27团总干排;6—水宁乡总干排;7—水宁乡东干排;8—查汗诺尔干排;9—才坎诺尔乡西干排;直接排入大湖区的排渠:10—博湖镇干排;11—25团干排;12—本布图南干排;13—东大军干排;14—哈拉因干排;25—包尔图农场干排;26—26团西干排;通过黄水区进入大湖区的排渠:15—东风干排;16—利用干排;17—北干排;18—22团南干排;19—22团北干排;20—黄水总干排;21—24团6连干排;22—24团4连干排;23—清水河农场西;24—清水河农场东干排

图3 博斯腾湖主要排渠示意图

农田排水所携带入湖的盐分占博斯腾湖入湖总量的48%,是博斯腾湖水体中盐分的主要来源。在所携带进入博湖水体的总盐量中,流入大湖区(包括黄水区)和小湖区的分别占71%和29%。

表1 博斯腾湖污染物入湖情况

污染物	入湖总量/ 万 t	经排渠进入量/ 万 t	排渠进入量 百分比/%
TN	0.270	0.060	21
TP	0.026	0.005	21
COD	8.810	2.150	24
含盐量	159.650	77.030	48

由于流域内的一些工业用水、生活污水也通过各种途径排入排渠中,因此,排渠排水中除携带大量的盐分外,还携带有大量的氮、磷及有机污染物。通过排渠进入博斯腾湖水体的TN、TP、COD量分别占入湖总量的21%、21%和24%,可见排渠是博斯腾湖水体中氮、磷营养盐和有机污染物的重要来源,对博斯腾湖的水质影响较大。胡安焱^[8]应用属性识别模型进行博斯腾湖的水质评价,结果也表明影响博

表2 重点排渠入湖水量和入湖污染物负荷

排渠名称	排水构成	汇入水面	入湖水量/ 万 m ³	入湖污染物负荷/t			
				TN	TP	COD	含盐量
黄水总干排	生活污水、农田排水	黄水区	10997	182.94	19.56	9973.66	303432.30
解放一渠	农田排水	小湖区	7420	70.71	1.70	1009.89	27670.37
团结总干排	农田排水	小湖区	2760	16.82	1.18	972.80	117996.20
22团南干排	农田排水、工业污水	黄水区	2664	86.35	12.04	4889.06	59163.82
胜利干排	农田排水、生活、工业污水	黄水区	2274	139.27	10.21	2496.52	59473.86
博湖镇干排	生活、工业污水	大湖区	1265	23.61	5.44	312.86	11236.63
东风干排	农田排水	黄水区	1247	11.88	0.23	229.20	31475.86
四十里城子干排	农田排水	小湖区	889	16.94	0.30	270.95	45592.67
小计			29516	548.52	50.66	20154.94	656041.70

斯腾湖水质的主要原因是农田排水,农田排水口区域的水质尤其差。

3.2 农田排渠污染物入湖负荷的季节变化

从污染物入湖的季节变化来看,TN、TP和盐分入湖量最大的是6—9月。6—9月是当地主要的洪水期和灌溉期,此时由于许多排渠排水量和农田径流量均增加,导致地下水水位上升,将河流上游和博斯腾湖流域土地上累积的污染物及盐分带入博斯腾湖中。从农业面源污染物入湖的季节变化情况来看,COD和TN主要在4—7月入湖,4—7月也是当地农田排水量最大的4个月,农田排水带入了农田累积的大量污染物和营养物质。TP则主要集中在6—9月入湖,其中6—7月的TP入湖量主要来自工业废水和生活废水排放。

3.3 重点排渠

在直接入湖的33条排渠中,由于排污量、污染物浓度不同,对博斯腾湖水质的影响也不尽相同。对入湖水量和入湖污染物负荷贡献最大的8条排渠见表2。这8条排渠的入湖水量和各污染物入湖负荷占入湖总水量和入湖污染物总量的84%以上,其中黄水总干排入湖水量、TN、TP、COD和盐分入湖负荷量位居33条排渠之首,应将其列为重点监控对象。

4 减少农业面源污染的对策和建议

4.1 推广节水灌溉

农业引水量增加和灌溉方式不当是造成博斯腾湖各种水环境问题的主要原因^[9]。在博斯腾湖地区推广节水灌溉和农田水分管理,不仅能节约灌溉用水量,提高灌溉水保证率,还可减少水分的无效蒸发和土壤积盐,减少灌溉水的径流和渗透损失。在灌溉方式的选择上应充分考虑种植作物类型、地形和土壤类型。以种植优质鲜食葡萄、仁用杏和酿造葡萄等生态经济林为主的地区,可以采用滴灌和喷灌方式,在水源地的经济林区,由于农民经济承受能力较强,可采用滴灌技术,以利于产品质量与产量的提高,在局部地下水超采地区,滴灌可以降低灌溉定额,

减少地下水的开采 达到经济发展和生态保护双重目的 在大田作物灌区 由于农民经济承受能力较低 可采用渠道衬砌或低压管道输水 以减少输水损失。

4.2 适度开发焉耆盆地地下水资源

要解决焉耆盆地土壤盐渍化问题 并减少开都河引用水量 增加入湖淡水量 关键是要适度开发焉耆盆地地下水资源。研究表明 农田灌溉区地下水控制在 2~4m 可有效地减少土壤积盐 减少经排水进入湖体的盐量^[10]。焉耆盆地绿洲区地下水埋深一般为 1~3m 绝大多数为 1~2m 近湖区仅为 0.5m 零星分布的沼泽地随处可见。利用竖井排灌可有效降低地下水水位 减少水分无效蒸发损耗量 改善和缓解流域内土壤积盐状况 同时也可减轻灌区用水压力。

4.3 推广平衡施肥技术

平衡施肥是目前国内外公认的能够有效提高农田养分利用率、控制农田养分流失的重要手段。平衡施肥技术的主要措施有 根据作物的产量水平 施用合理的养分 合理安排施肥时间和施肥方法 利用农业种植技术 提高农田养分利用率 在有机肥料作为养分来源的地方 优先施用有机肥料等。

4.4 控制畜禽养殖污染

调整畜禽养殖发展结构 积极控制畜禽养殖污染。牲畜、猪、羊、禽类粪便富含有机质、腐殖酸、氮磷等 收集后经过资源化、无害化处理可转化为高品质有机肥料 实现资源的回收利用 并获得一定的经济效益。另外 还可在焉耆盆地进一步推广沼气池建设 实现畜禽粪便的再利用。

4.5 保护天然湿地并推广人工湿地技术

博斯腾湖黄水沟地区、大湖西岸和西南小湖区 芦苇生长茂密 对博斯腾湖的水质和生态非常重要 因为芦苇和湿地中的其他生物的生长可吸附和截留氮元素 吸收磷元素 具有较强的水质净化能力 对各种工业废水、城镇生活污水和农田排水的处理效果显著^[11]。因此 应改变以往的掠夺式经营方式 保护现有的湖滨湿地资源 尤其要加大对黄水区芦苇湿地的保护和培育 发挥芦苇资源对博斯腾湖污染控制中的积极作用。人工湿地具有投资小、运行费用低和效果好等优点 尤其适合农业面源污染的处理和控制^[12-13] 可在污染较重的黄水区进行人工湿地技术的试点研究 为大规模人工湿地技术的推广奠定良好的基础。

参考文献：

[1] 赵景峰, 秦大河, 长岛秀树, 等. 博斯腾湖的咸化机理及湖水矿化度稳定性分析[J]. 水科学进展, 2007, 18(4):

475-482.

[2] 张建平, 胡随喜. 博斯腾湖矿化度现状分析[J]. 干旱环境监测, 2008, 22(1):19-23.
[3] 满苏尔·沙比提, 王雯静. 新疆湿地资源时空变化特征及其保护[J]. 水资源保护, 2007, 23(6):84-88.
[4] 杨光华, 包安明, 陈曦, 等. 新疆博斯腾湖湿地生态质量的定量评价[J]. 干旱区资源与环境, 2009, 23(2):119-124.
[5] 夏军, 左其亭, 邵民诚. 博斯腾湖水资源可持续利用: 理论·方法·实践[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
[6] 巴音郭楞蒙古自治州统计局. 巴音郭楞统计年鉴(2008年)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2008.
[7] 廖丹. 博斯腾湖水水质评价与污染源分析[D]. 成都: 四川师范大学, 2008.
[8] 胡安焱. 博斯腾湖水水质评价的属性识别模型[J]. 水资源保护, 2006, 22(6):25-27.
[9] 刘协亭, 刘腊山, 张洪斌. 博斯腾湖水环境保护防治体系与治理效果初探[J]. 新疆环境保护, 2007, 29(4):20-23.
[10] 徐燕. 博斯腾湖低水位运行水质超标的问题[J]. 地下水, 2008, 30(1):115-118.
[11] 孙玉芳, 刘维忠. 新疆博斯腾湖湿地生态系统服务功能价值评估[J]. 干旱区研究, 2008, 25(5):741-744.
[12] 宋铁红, 高金宝, 柴金玉. 人工湿地去除有机物和营养物质影响因素的研究[J]. 吉林建筑工程学院学报, 2005, 22(2):1-4.
[13] 叶春, 金相灿, 孔海南, 等. 农村面源污染型湖滨带的生态修复[J]. 水资源保护, 2007, 23(3):1-4, 23.

(收稿日期 2010-12-12 编辑 彭桃英)

