

安徽省宿松县龙感湖和黄大湖枯水期水质现状分析

洪源¹, 罗勇¹, 王钟² (1. 安徽省宿松县环境监测站, 安徽宿松 246500; 2. 环境保护部华南环境科学研究所, 广东广州 510655)

摘要 [目的]研究枯水期龙感湖和黄大湖水水质状况。[方法]通过在龙感湖、黄大湖及沿湖沟渠合理布设监测点, 根据国家标准开展水质指标分析, 通过枯水期水质状况, 探讨可能的影响因素。[结果]宿松县龙感湖、黄大湖水体总氮浓度大部分区域达到Ⅲ类, 总磷浓度基本达不到Ⅲ类, 沿湖沟渠水质基本达不到Ⅲ类。畜禽养殖、渔业粗放式发展、农村生活源是总氮和总磷主要的污染来源, 应结合自身污染程度和发展定位采取相应的污染控制策略。[结论]该研究为理清宿松水域污染现状、生态环境与渔业资源保护提供理论依据。

关键词 水质监测; 污染控制策略; 龙感湖; 黄大湖

中图分类号 X 824 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)35-0075-05

Analysis on the Current Situation of Water Quality of Longgan Lake and Huangda Lake during Low-water Period in Susong County of Anhui Province

HONG Yuan¹, LUO Yong¹, WANG Zhong² (1. Environmental Monitoring Station of Susong County, Susong, Anhui 246500; 2. South China Institute of Environmental Science, Ministry of Environment Protection, Guangzhou, Guangdong 510655)

Abstract [Objective] The research aimed to study the water quality of Longgan Lake and Huangda Lake during low-water period. [Method] The monitoring points were reasonably arranged in Longgan Lake, Huangda Lake and along the lake ditch, the water quality indicators were analyzed according to national standards, and the possible influencing factors were discussed through the water quality during the dry season. [Result] The total nitrogen concentration in the water bodies of Longgan Lake and Huangda Lake in Susong County reached the third category, and the total phosphorus concentration was basically less than Class III. The water quality along the lake ditch was basically less than Class III. Livestock and poultry breeding, extensive development of fisheries, and rural living sources were the main sources of pollution of total nitrogen and total phosphorus. Corresponding pollution control strategies should be adopted in combination with their own pollution levels and development orientation. [Conclusion] The research provides a theoretical basis for rationalizing the pollution status, ecological environment and fishery resources protection in Susong waters.

Key words Water quality monitoring; Pollution control policies; Longgan Lake; Huangda Lake

安徽省宿松县华阳湖湖群是长江中游北岸典型的通江湖泊, 构成长江三角洲经济发达地区的生态屏障和我国重要的生态功能区, 由龙感湖、黄大湖(黄湖和大官湖简称)和泊湖组成, 湖水水文特征呈周期性变化, 其水文变化造就了各种类型的湿地生境, 如涨落区、浅滩、滩涂等, 为生物发育提供了优越条件, 生物多样性丰富^[1-4], 华阳湖湖群对维持我国东部生态平衡和生物多样性保护具有重要意义^[5-6]。除生态功能外, 宿松县湖泊水质优良, 是养殖开发的优良水域, 且水域面积在全省县级行政区排名第一^[7]。2008年宿松县水产品产量达7.116万t, 其中河蟹产量2000t, 实现渔业总产值7.5702亿元, 上交渔业规费1302万元, 渔民人均纯收入6588元, 呈现出继1994年之后最好的形势^[8]。

经历20多年的水产养殖, 华阳湖湖群湖区生态逐渐被破坏^[9]。由于连年过度放养河蟹, 加上连年的洪涝灾害, 水草资源遭到严重破坏, 泊湖原有的水草资源急剧下降, 最后几乎完全消失, 出现了由草型湖泊变成藻型湖泊的明显特征^[10]。与此同时, 随着人民生活水平的提高、生活生产方式和土地利用方式的转变, 越来越多的污染物排入湖泊, 渔业资源产量受到严重威胁, 对流域生态环境的破坏越来越大^[4, 11]。该研究于2016年3月对安徽宿松县内主要湖泊和入湖河流的水质进行了监测调查, 以期了解水体现状, 及时掌握该河段的水质变化趋势, 为理清宿松水域污染现状、生

态环境与渔业资源保护提供理论依据。

1 资料与方法

1.1 研究区概况 宿松县位于安徽省西南部, 地处长江中游北岸, 地理坐标是115°52'~116°35'E、29°47'~30°26'N^[12]。气候为北亚热带湿润气候, 年平均气温为16.6℃, 年降水量为1410mm^[13-14]。宿松县湖泊是长江河谷洼地经长江圩堤封闭而形成的水流冲积湖, 为过水型湖泊。龙感湖是跨省湖泊, 上游湖北省黄梅县约占1/3, 下游安徽省宿松县约占2/3。黄大湖系黄湖和大官湖的合称, 西承龙感湖来水, 北通泊湖。龙感湖和黄大湖(下称两湖)兼具饮用水源、防洪灌溉、农业及渔业用水等多种功能。二郎河和凉亭河, 向南分别注入龙感湖和泊湖。流域产水经湖泊调蓄后, 流经杨湾河的杨湾闸、华阳河的华阳闸汇入长江^[15]。受地质构造的影响, 华阳湖湖群西北部河流多而长, 东南部少而短^[14]。各湖泊的相关参数见表1。

1.2 研究方法

1.2.1 监测点布设与采样方法。 鉴于龙感湖和黄大湖水体交换常年无隔断, 因此该研究范围涉及两湖沿湖主要乡镇及二郎河中下段汇水区域的乡镇, 范围包括孚玉镇、汇口镇、洲头乡、佐坝乡、许岭镇、下仓镇、千岭乡、五里乡、九姑乡等9个乡镇。于2016年3月30日—4月1日对二郎河、龙感湖、黄大湖的主要控制断面、跨界交接断面及沿湖乡镇沟渠水质进行补充监测, 监测断面设置为: 二郎河设3个点(E₁~E₃), 2个湖区设22个样点, 其中龙感湖8个(L₁~L₈)、黄大湖14个(H₁~H₁₄); 沟渠共设置28个。监测断面如图2所示。主要监测指标为总磷、总氮、高锰酸盐指数、叶绿素a等常规指

基金项目 中央级公益性科研院所基本科研业务专项(PM-zk703-201701-005, 2014ZX07206005)。

作者简介 洪源(1985—), 男, 安徽庐江人, 助理工程师, 从事环境监测研究。

收稿日期 2018-07-02

标。监测频率为1次,用于分析水体营养盐和浮游植物叶绿素a浓度的水样用2.5 L有机玻璃瓶储存带回实验室进行营养盐和叶绿素a等指标分析。

1.2.2 水质分析方法。样品带回实验室后立即进行各指标测定的预处理。其中,叶绿素a浓度测定参照陈宇炜等^[16]改进的热乙醇提取、分光光度法,比色波长为650和750 nm(岛津UV-2450型分光光度计)。叶绿素a测定时,用直径

47 mm的CF/F玻璃纤维滤膜(Whatman公司,孔径约0.7 μm)将浮游植物过滤到膜上,将滤膜置于10 mL的锥形离心管中,加盖,避光冷冻保存24 h以上。测定前,在暗光环境下,用适量90%的热乙醇研磨提取滤膜上的色素,提取液再用GF/C玻璃纤维滤膜(Whatman公司,孔径约1.2 μm)过滤后,分光光度法测定。

表1 宿松湖泊群各湖泊的形态测量学参数

Table 1 Morphological parameters of lakes in Susong Lakes Group

湖泊 Lakes	所属省县 Province and counties	地理坐标 Coordinates	面积 Area km ²	最大湖长 The longest length of lakes//km	最大湖宽 The longest width of lakes//km
黄大湖 Huangda Lake	安徽宿松县	116°23'~116°32'E、29°56'~30°05'N	299.2	22.2	12.2
龙感湖 Longgan Lake	安徽宿松县、湖北黄梅县	115°59'~116°18'E、29°51'~30°05'N	316.2	28.0	19.3

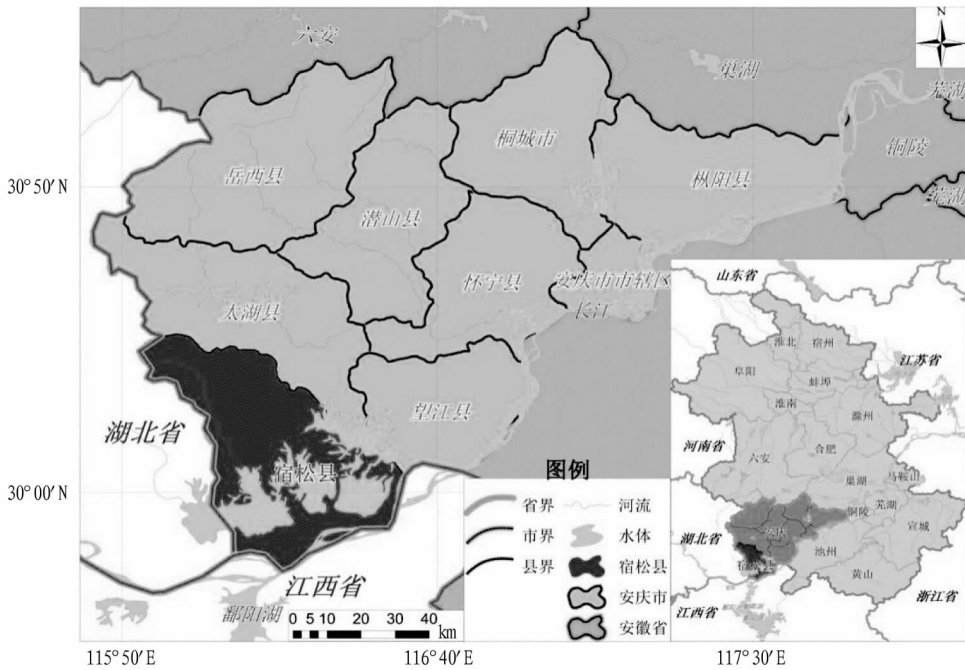


图1 宿松县地理位置

Fig. 1 Geographical location of Susong County

水体总氮(TN)、总磷(TP)浓度测定时,将采集水样混匀,分取水样25 mL进行水样消解和浓度测定。因此,TN、TP包括了藻颗粒和水体无机悬浮物种的氮、磷浓度。水体高锰酸盐指数(COD_{Mn})采用高锰酸钾氧化滴定法测定。TN浓度测定采用过硫酸钾氧化、紫外分光光度法(GB 11894—1989),测定波长选择210 nm(岛津UV-2450型分光光度计);TP浓度测定采用过硫酸钾氧化、钼锑抗显色分光光度法(GB 11893—1989),测定波长为700 nm(岛津UV-2450型分光光度计)。

2 结果与分析

2.1 湖区水质监测结果

2.1.1 高锰酸盐指数。由图3a可知,龙感湖、黄大湖高锰酸盐指数均在Ⅲ类水体标准之下,水质较好,而且湖区各点位高锰酸盐指数均在4 mg/L左右,整体相对稳定。

2.1.2 叶绿素a。由图3b可知,龙感湖、黄大湖湖区各点位之间叶绿素a浓度差距较大,尤其是L₆和L₇这两个点位之间差距最大,虽然L₆和L₇点位相距较近,但L₆位于龙感湖湖中心,而L₇位于龙感湖北部湖叉口处,可能由于上游支流带来过量氮、磷等元素导致水体富营养化、藻类大量滋生。黄大湖和龙感湖虽然连通,但两湖之间叶绿素a浓度也有较大差异,除去L₇点位,龙感湖其他区域叶绿素a浓度都较低,而黄大湖整体叶绿素a浓度都偏高,表明黄大湖水体富营养程度高过龙感湖。

2.1.3 总氮。由图3c可知,龙感湖、黄大湖水体总氮浓度大部分达到Ⅲ类水体标准,部分区域超出Ⅲ类水质指标,而在超标区域中,H₇所代表的黄大湖西南部区域最为严重,L₇所代表的龙感湖北部区域只是少量超标。L₇所代表的龙感湖北部区域处在龙感湖湖叉口,可能是上游支流汇入所带来

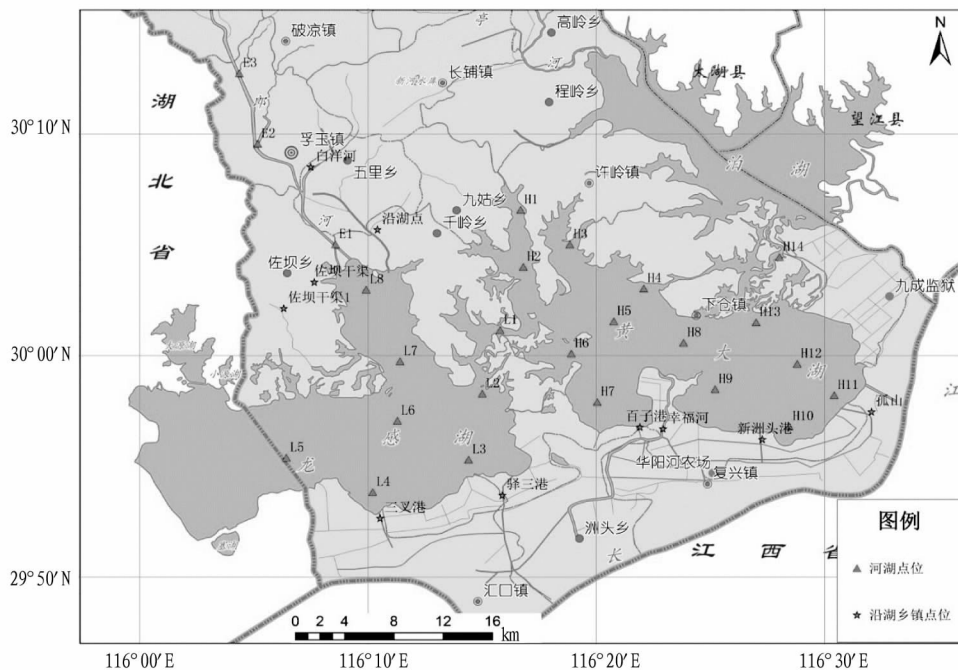


图2 补充调查监测点位分布

Fig.2 Locations of supplementary survey monitoring points

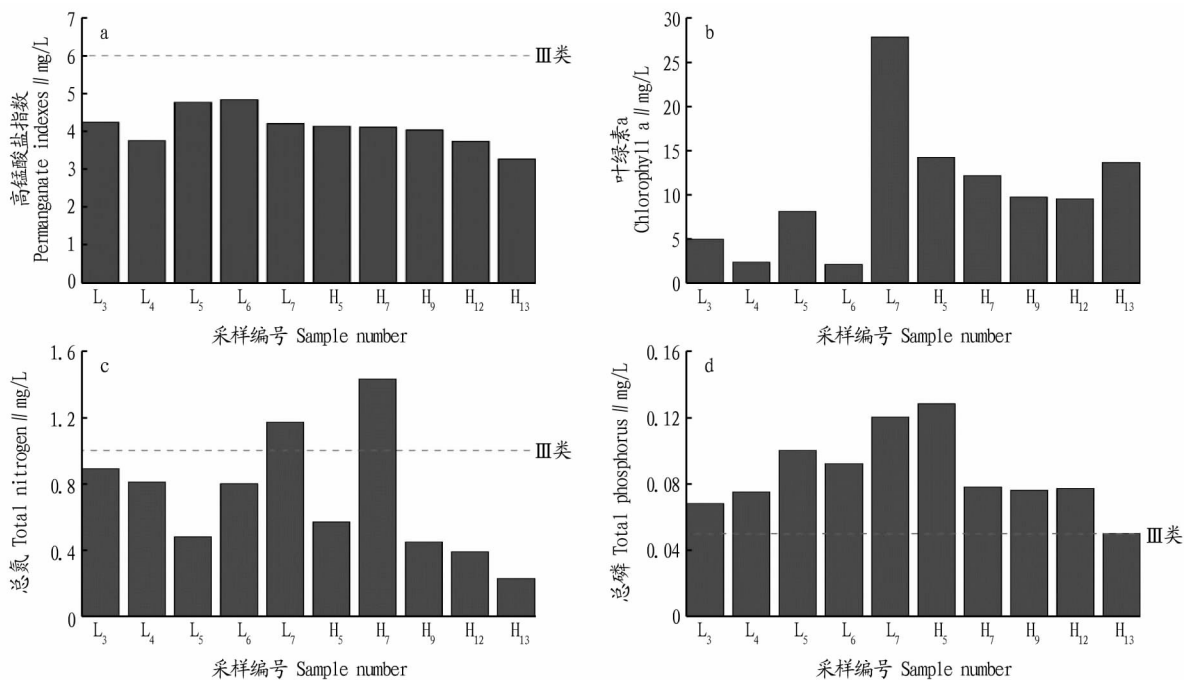


图3 龙感湖、黄大湖湖区高锰酸盐指数(a)、叶绿素a(b)、总氮(c)和总磷(d)浓度变化

Fig.3 Concentration changes of permanganate indexes (a), chlorophyll a (b), total nitrogen (c), total phosphorus (d) in Longgan Lake and Huangda Lake area

的过量氮元素导致水体总氮超标。H₇处在黄大湖西南部区域,此处区域沿湖岸边农田较多,南部又有华阳河农场,农业发达,农业面源污染严重。

2.1.4 总磷。由图3d可知,龙感湖、黄大湖湖区总磷浓度全部超出Ⅲ类标准,部分区域甚至超出了Ⅳ类标准。龙感湖、黄大湖沿岸农田较多,农业面源污染严重,长期残留在土壤中的磷元素经雨水汇入湖区,又沉积到底泥中,经搅动又

汇入湖水中,导致湖区水体总磷严重超标。除此之外,L₇区域处于龙感湖上游湖叉口,上流支流汇入湖区也带来大量磷元素,导致此区域总磷浓度较其他区域更高,而H₅区域有围网养鱼,并且此区域靠近下仓镇区,人口密集,生活污水排放量大,部分生活污水直接排入湖区,也可能是此处总磷浓度超出Ⅳ类水体的原因。

2.2 二郎河及乡镇沟渠水质监测结果 二郎河及乡镇沟渠

水质监测结果见表2。入湖支流水质基本达不到Ⅲ类,部分支流水质为劣Ⅴ类。其中,五里、九姑入湖沟渠水质最差,各监测点水质均为劣Ⅴ类,佐坝、千岭、洲头、许岭部分沟渠是劣Ⅴ类,沿湖8个乡镇中,唯有下仓和汇口2个乡镇入湖沟渠水质较好。在劣Ⅴ类水体中,超标最严重指标是总磷、总氮,古河、龙洋嘴河、沙港河、洪武庙河、洲头港、长堰沟、长龙嘴沟的总磷均超过0.4 mg/L(地表水Ⅴ类限值)。入湖沟渠基本达不到Ⅲ类,水体经沟渠直接汇入湖泊,导致湖泊水质

变差。入湖沟渠水质较差有2个方面原因,一是人口集中乡镇生活污水排入就近沟渠,汇入河流后进入湖泊;二是农业面源污染,农业灌溉排水及降雨径流所携带的氮、磷等营养盐汇入沟渠,又经沟渠汇入到湖区。

2.3 主要水环境问题诊断和识别 根据此次研究结果中显示出来的主要污染物及其污染情况,结合宿松的经济社会发展现状,对宿松县域内主要湖泊以及入湖河流的主要水污染现状进行考察,认为宿松湖泊主要水环境问题包括以下几方面。

表2 入湖河流与沟渠水质(2016年3月)

Table 2 Water quality of incoming rivers and channels(March 2016)

序号 No.	点位名称 Name of sites	总氮 Total nitrogen mg/L	总磷 Total phosphorus mg/L	化学需氧量 Chemical oxygen demand mg/L	氨氮 Ammonia nitrogen mg/L	水质类型 Water quality category
1	二郎河下游	0.815	0.086 4	ND	0.364	Ⅲ类
2	二郎河中游	1.120	0.066 0	ND	0.167	Ⅲ类
3	二郎河上游	0.815	0.066 0	ND	0.222	Ⅲ类
4	刘河	6.790	0.121 0	25.3	2.170	劣Ⅴ类
5	古河	5.240	0.354 0	23.8	1.390	劣Ⅴ类
6	刘家河沟	10.500	0.100 0	41.0	9.040	劣Ⅴ类
7	沙河	3.170	0.127 0	21.8	0.665	劣Ⅴ类
8	帅堰	4.110	0.140 0	34.0	2.430	劣Ⅴ类
9	新兴港河	1.140	0.306 0	19.0	0.608	Ⅴ类
10	龙洋嘴河	1.340	0.969 0	21.2	0.988	劣Ⅴ类
11	梁岭村水库下沟渠	0.861	0.140 0	28.4	0.530	Ⅳ类
12	联合水库下游入库叉口	0.973	0.119 0	24.2	0.289	Ⅳ类
13	联合水库下游2公里	1.430	0.106 0	24.2	0.534	Ⅳ类
14	洪岭厂边河沟	0.954	0.103 0	20.7	0.427	Ⅳ类
15	沙港河	2.710	0.937 0	21.0	1.110	劣Ⅴ类
16	杨湖沟	1.210	0.103 0	20.8	0.390	Ⅳ类
17	玉泉水厂入湖湖叉	0.555	0.873 0	18.2	0.438	劣Ⅴ类
18	洪武庙河	0.471	0.825 0	15.2	0.294	劣Ⅴ类
19	烂草沟	1.000	0.153 0	29.1	0.418	Ⅳ类
20	中湖圩沟	0.666	0.107 0	16.4	0.303	Ⅲ类
21	三叉港	0.536	0.121 0	17.7	0.455	Ⅲ类
22	驿三港	0.564	0.127 0	13.3	0.501	Ⅲ类
23	坝头港	0.936	0.090 3	25.0	0.311	Ⅳ类
24	洲头港	3.640	0.525 0	10.7	0.661	劣Ⅴ类
25	长家湖	0.564	0.162 0	11.5	0.318	Ⅲ类
26	毛塘	1.000	0.229 0	25.1	0.534	Ⅳ类
27	堰头	0.573	0.295 0	11.1	0.342	Ⅳ类
28	凤凰圩	0.490	0.354 0	12.2	0.329	Ⅴ类
29	长堰沟	1.320	0.552 0	66.6	0.547	劣Ⅴ类
30	长龙嘴沟	0.490	0.416 0	12.2	0.331	劣Ⅴ类
31	郭屋沟	0.527	0.150 0	ND	0.209	Ⅲ类

注:ND为未检测出结果,表示所测指标浓度低于检测下限值

Note:ND is the undetected result, indicating that the measured index concentration is lower than the lower limit of detection

2.3.1 农业面源污染严重。两湖流域内耕地面积共有5.2万hm²以上,耕作方式以水稻、谷物连作,一年两熟制为主,沿江平原连片种植优质棉。特别是围圩种田,携大量氮磷污染物的农业灌溉用水直排湖区^[17]。经测算^[17],肥料年施用量总计7.75万t,经折纯后使用氮肥和磷肥352.95 kg/hm²。目前流域内生产方式落后,一方面缺乏农业缓冲带等工程性削减措施,同时也缺乏系统的非工程性农田

最佳管理措施,可以预计,在未来一段时间农田施肥量巨大的现实仍难以改变,农田面源污染对湖泊生态环境构成极大压力。

2.3.2 畜禽养殖污染未得到有效控制。经初步测算^[17],宿松两湖流域内生猪养殖量达6.7万多头,羊约1万头,鸡约49万只。规模化养殖企业的养殖排泄物尚未能全部做到减量化和资源化利用,大部分处理设施简易,沿湖地区更有养

殖废水直接排入湖泊的情况。散户畜禽养殖量大、分布区域广,农户分散饲养均无处理设施,禽畜粪便排入河流、湖泊,对湖泊氮磷营养负荷贡献较大。

2.3.3 生活污水处理率低。目前,宿松县已投产并正常运行生活污水处理厂仅有1座,设计规模为2万 t/d ,主要处理县城所在地阜玉镇约10万居民产生的生活污水。根据实际调研发现,该污水处理厂虽然实现了满负荷运行,但由于县城老城区污水管网大都为雨污合流,因此存在进水浓度较低的问题,污水处理效率偏低。在农村地区,生活垃圾、生活污水、畜禽养殖和农业废弃物没有得到处理,随意堆放在道路两旁、田边地头、水塘沟渠或直接排放到河渠等水体中,污水乱泼、垃圾乱倒、粪土乱堆、柴草乱垛、畜禽乱跑的情况严重。各个乡镇生活垃圾处理,尚处在“村收集、镇转运、县处理”的初期阶段,收集、清运都难以做到彻底,尤其是离县城较远的沿湖乡镇,垃圾转运确实存在路途较远的问题,就地简易填埋的现象并不少见,造成二次污染。

2.3.4 内源负荷严重。自20世纪90年代以来,龙感湖、黄大湖开始出现围网养殖,目前80%以上的湖面处于围网养殖开发状态,即使2016年底实现全部围网拆除,但经历20余年的围网养殖,人工投放、投饵、投肥后大量氮、磷等营养物质随颗粒物沉积到底泥中,再通过静态或动态内源释放模式进入水体中。

2.3.5 湖泊淤积严重,湖容缩小。入湖河流所携带泥沙沉积于湖泊,加之在湖区围垦形成圩区并进行农业耕作,使湖泊面积渐趋萎缩,严重影响湖区的行洪,并破坏湖泊的生态系统完整性。1990—2010年华阳河湖群地区湖泊、河流和河滩面积以及湿地总面积都呈现出逐时期减少的趋势^[11,18]。同时,随着居民开发能力的增强,围湖造田、破坏湖滨湿地等造成水土流失加剧,沉积物质量累积速率加快。

2.3.6 工业点源污染治理水平有待提高。宿松县经开区以纺织服装服饰业、纺织业和农副食品加工业为主^[19],上述行业产生工业废水量少,主要为员工生活污水。临江产业园有部分造纸、皮革等水污染大户企业,该园区按照规划及项目环境影响评价的要求,实行了“企业预处理、复兴污水处理厂深度处理”的二级处理模式,且企业污水收集管网一律实行架空摆布、不允许埋地敷设,经复兴污水处理厂处理达标后排向长江,对湖泊影响较小。

2.3.7 渔业粗放发展,湖泊过度利用。在20世纪90年代以前,两湖养殖模式是天然放养为主,自20世纪90年代施行国有水面使用权承包制度以来,围网养殖与网箱养鱼大量出现,在黄大湖3.4万 hm^2 水面上已经占据50%的面积,严重阻碍水体自然交换,影响湖泊自净能力,大大超过湖泊的环境容量。另外,围网养鱼会造成湖区定居性经济鱼类产卵、索饵、洄游区域的隔离,破坏湖泊水生态系统的均衡^[9,20]。大量投放蟹类,造成湖泊水生植物植被破坏严重,生境碎片化,生物多样性下降,生态系统稳定性降低^[21]。根据有关资料和从现场调查、沿湖干部群众反映的情况来分析,宿松县20世纪90年代以来在大湖引入和人工投放河蟹,对湖泊原

有的生态环境确实产生了很大的影响^[7]。

3 结论

龙感湖和黄大湖是华阳河湖群的重要组成部分,湖区常年平均水深不足3m,近年的粗放式开发(围网养殖)及围湖造田,使得湿地面积严重萎缩,生态系统服务功能逐步退化。加之社会经济发展和人民生活方式的改变,流域内污染负荷上升较快,湖区水环境质量日益下降。该研究结果显示,龙感湖、黄大湖水体总氮浓度大部分达到Ⅲ类水体标准,在超标区域中,黄大湖西南部区域最为严重,龙感湖北部区域只是少量超标;龙感湖、黄大湖湖区总磷浓度全部超出Ⅲ类标准,部分区域甚至超出了Ⅳ类标准。入湖支流沟渠水质基本达不到Ⅲ类,部分支流沟渠水质为劣Ⅴ类。

宿松渔业资源是安徽省淡水渔业经济的重要组成部分,加之宿松河湖群水环境形势依然严峻。因此对宿松境内水域发展提出如下建议:①强化工业污染源防治,从严控制重污染行业的项目准入,专项整治重污染行业和环保不达标的工业企业。严格禁止建设不符合产业政策的项目。②加快乡镇污水处理设施建设,关键是通过工程措施削减入河污染负荷,重点任务是加快城镇污水处理厂(站)及其配套管网的建设,并对无法进入集中污水厂(站)的分散废水采取因地制宜的处理措施。③切实推进垃圾处理设施与收集转运系统建设,宿松县目前仅有一座垃圾卫生填埋场,一部分就近自行挖坑填埋,沿路、沿河及河道内垃圾堆积,严重影响河流水质和人居环境。④控制农业面源污染,推行精准化施肥,测土配方施肥,将化肥农药使用、病虫害防治、高标准农田建设、土地开发整理等产生的环境影响控制到最低。

参考文献

- [1] 高攀,周志泽,马淑勇,等. 浅水湖泊植被分布格局及草-藻型生态系统转化过程中植物群落演替特征:安徽菜子湖案例[J]. 湖泊科学, 2011, 23(1): 13-20.
- [2] 刘雪花,赵秀侠,高攀,等. 安徽菜子湖浮游植物群落结构的周年变化(2010年)[J]. 湖泊科学, 2012, 24(5): 771-779.
- [3] 施葵初. 安徽湿地[M]. 合肥:合肥工业大学出版社, 2003.
- [4] 朱文中,周立志. 安庆沿江湖泊湿地生物多样性及其保护与管理[M]. 合肥:合肥工业大学出版社, 2010.
- [5] 何家庆. 安徽枞阳湿地植被及植物资源的研究[J]. 植物科学学报, 2000, 18(4): 291-301.
- [6] 许李林,徐文彬,孙庆业,等. 升金湖植物区系及其群落演变[J]. 武汉植物学研究, 2008, 27(3): 264-270.
- [7] 徐桂珍,江珊,李继红,等. 宿松地区河蟹池塘养殖模式调查与经济效益分析[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(26): 176-178.
- [8] 唐吕军. 宿松县渔业可持续发展探析[J]. 现代农业科技, 2009(17): 379, 381.
- [9] 夏治俊,蒋志冠,谢涵,等. 华阳湖群鱼类功能群及其对围网养殖的响应[J]. 生态学杂志, 2018, 37(2): 438-445.
- [10] 祖国掌,陈必胜,刘全美. 宿松县泊湖生物资源修复与渔业利用协调发展效果分析[J]. 中国渔业经济, 2008, 26(2): 22-24.
- [11] 卢书兵,杨琳琳,李波,等. 华阳河湖群地区土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2015, 51(4): 412-417.
- [12] 张胜华,赵丽娜,田焕新,等. 安徽宿松华阳河湖群水生植被恢复试验研究[J]. 生物学杂志, 2017, 34(4): 69-75.
- [13] 刘靓靓. 安徽宿松华阳河湖群和升金湖自然保护区维管植物研究[D]. 合肥:安徽大学, 2016.
- [14] 何来宝. 宿松县水土流失现状分析与综合治理[J]. 安徽林业, 2010(1): 52-53.

1.3 数据处理 采用 Excel 2010 软件处理数据,方差分析和相关性分析采用 SAS 9.0 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 稻米对硒的吸收和利用 在水稻成熟期取样,测定稻米硒含量,得到不同硒含量土壤和施用硒肥条件下,大米对硒的吸收转化率。由表 2 可知,不同小区的大米硒含量为 0.07~0.15 mg/kg,均达到富硒稻的标准。小区 HW₁-1、HW₂-1、HW₃-1、EW₁-1、EW₂-1、EW₃-1 未喷施硒肥,故大米中硒含量均来自土壤。根据每个小区土壤硒含量计算,土壤硒转移到大米中的转化率分别为 41.24%、36.54%、36.23%、37.21%、39.80%、38.04%,平均达 38.18%。小区 HW₁-2、HW₂-2、HW₃-2、EW₁-2、EW₂-2、EW₃-2 在水稻齐穗期喷施硒肥,去除从土壤中吸收的硒外,大米对喷施硒肥的转化吸收率分别为 0.02%、0.01%、0.03%、0.03%、0.02%、0.01%,平均达 0.02%。

表 2 不同小区稻米的硒含量及转化吸收率

Table 2 The selenium content of rice and absorption rate in different plot

序号 No.	小区编号 Plot No.	稻米硒含量 Selenium content in rice//mg/kg	转化吸收率 Conversion absorption rate//%	
			自土壤 From soil	自硒肥 From selenium fertilizer
1	HW ₁ -1	0.12	41.24	—
2	HW ₁ -2	0.15	41.24	0.02
3	HW ₂ -1	0.11	36.54	—
4	HW ₂ -2	0.13	36.54	0.01
5	HW ₃ -1	0.10	36.23	—
6	HW ₃ -2	0.14	36.23	0.03
7	EW ₁ -1	0.08	37.21	—
8	EW ₁ -2	0.12	37.21	0.03
9	EW ₂ -1	0.08	39.80	—
10	EW ₂ -2	0.11	39.80	0.02
11	EW ₃ -1	0.07	38.04	—
12	EW ₃ -2	0.09	38.04	0.01

2.2 硒肥对水稻产量的影响 由表 3 可知,未喷施硒肥的平均产量为 7 260.15 kg/hm²,而喷施硒肥的平均产量达 7 703.85 kg/hm²,产量平均增幅 5.72%。

3 结论与讨论

该研究通过在同一硒含量水平的小区中分别设计喷施

硒肥和不喷施硒肥 2 种处理方案,结果表明,研究区富硒米对土壤硒的转化吸收率达 38.18%,而吸收硒肥的转化率为 0.02%。喷施硒肥的小区产量较未喷施硒肥的小区提升 5.72%,科学合理地施用硒肥不仅增加水稻产量,还能提高稻米中富硒品质及经济效益,这与郭天宇^[8]和池忠志等^[9]的研究结果一致。该研究结果表明,富硒大米硒含量=38.18%土壤硒含量+0.02%喷施硒肥量,可根据稻田土壤中硒的实际水平指导硒肥的合理施用,为生产富硒大米提供技术依据。该研究仅限于齐穗期喷施一次硒肥试验,而针对多次喷施硒肥的水稻试验区,有待进一步研究。

表 3 不同小区水稻产量

Table 3 Rice yield in different plot

序号 No.	小区编号 Plot No.	产量 Yield//kg/hm ²	产量增幅 Increased yield//%
1	HW ₁ -1	7 482.90	5.78
2	HW ₁ -2	7 941.75	—
3	HW ₂ -1	7 280.40	6.03
4	HW ₂ -2	7 747.80	—
5	HW ₃ -1	7 341.75	8.62
6	HW ₃ -2	8 034.30	—
7	EW ₁ -1	7 324.80	5.52
8	EW ₁ -2	7 753.05	—
9	EW ₂ -1	7 120.65	4.27
10	EW ₂ -2	7 438.35	—
11	EW ₃ -1	7 010.25	4.08
12	EW ₃ -2	7 308.15	—

参考文献

- [1] RAYMAN M P. The importance of selenium to human health [J]. *Lancet*, 2000, 356: 233-241.
- [2] 彭大明. 中国硒矿资源概述[J]. *化工矿产地质*, 1997, 19(1): 37-42.
- [3] 彭柞全, 黄剑锋. 世界硒都恩施硒资源研究概述[M]. 北京: 清华大学出版社, 2012.
- [4] 姜超强, 沈嘉, 祖朝龙. 水稻对天然富硒土壤硒的吸收及运转[J]. *应用生态学报*, 2015, 26(3): 809-816.
- [5] 张联合, 施卫明, 王校常. 不同因素对水稻离体根吸收四价硒影响[J]. *土壤*, 2006, 38(4): 417-421.
- [6] 周鑫斌, 施卫明, 杨林章. 富硒与非富硒水稻品种对硒的吸收分配的差异及机理[J]. *土壤*, 2007, 39(5): 731-736.
- [7] 肖利杰, 刘春梅, 李梅, 等. 施硒对水稻硒·氮·磷·钾含量及产量的影响[J]. *安徽农业科学*, 2015, 43(34): 59-61.
- [8] 郭天宇. 叶面喷施不同硒肥对水稻含硒量、产量及品质的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2016: 15.
- [9] 池忠志, 郑家国, 姜心禄, 等. 硒肥喷施时期对水稻产量的影响及其经济效益分析[J]. *中国稻米*, 2010, 16(1): 11-12.
- [10] 池忠志, 郑家国, 姜心禄, 等. 硒肥喷施时期对水稻产量的影响及其经济效益分析[J]. *中国稻米*, 2010, 16(1): 11-12.
- [11] 池忠志, 郑家国, 姜心禄, 等. 硒肥喷施时期对水稻产量的影响及其经济效益分析[J]. *中国稻米*, 2010, 16(1): 11-12.
- [12] 池忠志, 郑家国, 姜心禄, 等. 硒肥喷施时期对水稻产量的影响及其经济效益分析[J]. *中国稻米*, 2010, 16(1): 11-12.
- [13] 池忠志, 郑家国, 姜心禄, 等. 硒肥喷施时期对水稻产量的影响及其经济效益分析[J]. *中国稻米*, 2010, 16(1): 11-12.
- [14] 池忠志, 郑家国, 姜心禄, 等. 硒肥喷施时期对水稻产量的影响及其经济效益分析[J]. *中国稻米*, 2010, 16(1): 11-12.
- [15] 巴亚东, 柳雅纯. 华阳河湖群生态环境现状及保护措施研究[C]//2017(第五届)中国水生态大会论文集. 北京: 北京沃特咨询有限公司, 2017.
- [16] 陈宇炜, 高锡云. 浮游植物叶绿素 a 含量测定方法的比较测定[J]. *湖泊科学*, 2000, 12(2): 185-188.
- [17] 胡江湖. 宿松县农村环境污染现状及防治对策[J]. *安徽农学通报*, 2009, 15(15): 129-130.
- [18] 卢书兵, 杨琳琳, 李波, 等. 3 个时期华阳河湖群湿地生态系统服务价值估算[J]. *湿地科学*, 2014, 12(6): 747-752.
- [19] 陈义梧. 宿松县域经济发展对策研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2011.
- [20] 吴庆龙, 陈开宁, 高光, 等. 大水面网围精养对水环境的影响及其对策[J]. *水产学报*, 1995, 19(4): 343-349.
- [21] 吴庆龙, 陈开宁, 胡耀辉, 等. 东太湖河蟹网围养殖的环境效应[J]. *农业环境保护*, 2001, 20(6): 432-434.

(上接第 79 页)