DOI:10.15928/j.1674-3075.2015.02.014

阳澄西湖水质与鲢土腥异味相关性研究

朱健明[1],蔡春芳[1],杨 超[1],叶元土[1],张 倩[2],吴 韬[1],李 婷[1],龚宏伟[2],王泉林[2]

(1.苏州大学医学部基础医学与生物科学学院,苏州大学水产研究所,苏州 215123; 2.苏州市相城区农业局,苏州 215131)

摘要:为探究富营养湖泊水质对养殖鱼类土腥异味的影响及其净化规律,在阳澄西湖设置了6个网围养殖区(A-F),面积分别为167、453、567、190、1000、400 hm^2,于2009年初开始陆续放养鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)等养殖品种,次年春节前后捕捞并补放鱼种。2009-2011年连续3年跟踪监测了各围养区的总氮(TN)、总磷(TP)、化学耗氧量(COD_{Mn})、叶绿素a(Chl-a)浓度,2012年5月从各围养区分别取鲢10尾,分析其肌肉中土臭味素(GSM)和2-甲基异莰醇(2-MIB)含量,另从土腥异味较重的网围中取70尾鲢在清水中净化,并于净化后不同时间监测其肌肉中GSM和2-MIB含量。结果表明,阳澄西湖水质总体处于劣Ⅴ类,但Chl-a浓度在蓝藻水华阈值以下;网围养殖区鲢的肌肉中GSM和2-MIB含量较高,且与TN、TP、Chl-a浓度均显著正相关。经过8 d净化,鲢肌肉中GSM和2-MIB浓度分别下降了55%和72%,经过32 d净化,GSM和2-MIB含量低于检出限。阳澄西湖围养滤食性鱼类有效控制了蓝藻水华的发生,表明鱼体的土腥异味与水质有关,可通过32 d的净化,消除鲢的土腥异味。

关键词:土腥异味;水质;鲢;阳澄西湖

中图分类号:X503.225 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2015)02-0088-07

鲢鳙对浮游生物的滤食能抑制水域浮游生物,同化浮游生物所携带的营养物质,最终通过渔获物将部分氮、磷物质带出水体,从而抑制水华的发生,降低水体营养盐水平(李琪等,1993;熊邦喜等,1993;刘建康和谢平,1999;谢平,2003;刘俊利等,2008;Miura & Liu,1989;Starling,1993;Xie & Liu,2001);但富营养水体产出的鱼类往往有强烈的土腥味和异味(Tucker, 2000)。土臭味素(Geosmin,GSM)和2-甲基异莰醇(2-methylisoborneol, 2-MIB)是导致鱼肉土腥异味最主要的物质(Suffet et al,1999)。土腥异味的形成会影响水产品食用口感、商品价值及养殖效益。Gary等(2012)认为目前减少或消除鱼体中土腥异味的最好方法有2种:一是将有异味的鱼转移到干净且不含土腥异味物质的水体中净化养殖;二是采用适当的方法原位移除养殖水体中土腥异味物质再进一步净化;相比较而言,第一种方法更具有可操作性。

研究鱼类土腥异味与水质的相关性及其净化技术,不仅可为水体富营养化状态的评价提供一个新视角,还可起到改善鱼类食用品质的功效。本研究结合江苏省苏州市阳澄西湖增殖放流项目,分析了鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)土腥异味与水质参数的相关性,探讨了异味物质在净化过程中的消除规律,研究结果有助于提高富营养水体增殖放流的综合效益。

1 材料与方法

1.1 网围养殖区设置

在阳澄西湖设置了6个网围养殖区,面积分别为167、453、567、190、1000、400 hm^2,依次命名为A-F(图1)。于2009年初开始陆续投放鲢等养殖品种,次年春节前后捕捞并补放鱼种。2009-2011年各网围养殖区的放养及捕捞情况见表1。

1.2 水质监测

于2009年4月至2011年11月监测了各围养区内的总氮(TN)、总磷(TP)、化学耗氧量(COD_{Mn})、叶绿素a(Chl-a)含量。水样采集按照《水和废水监测分析方法》,用有机玻璃采水器采自水面下0.5 m处,每个网围内采集水样2瓶,各500 mL;一瓶用饱和碳酸镁固定用于检测Chl-a含量,另一瓶用硫酸固定分析其他水质指标。所有的水样带回实验室后放置4℃冰箱,3 d内测定完毕。

收稿日期:2014-10-11

基金项目:国家自然科学基金项目(31272671);苏州市相城区阳澄西湖专项项目。

作者简介:朱健明,1992年生,男,硕士研究生,研究方向为水生生物学。E-mail: 929728350@qq.com

通信作者:蔡春芳,1967年生,女,博士,教授,主要从事水产动物营养与饲料、环境营养学、水产品质量控制研究。E-mail: caicf@suda.edu.cn

TN 采用过硫酸钾氧化 - 紫外分光光度法(GB11894-89)测定;TP 采用过硫酸钾氧化 - 磷钼蓝分光光度法(GB11893-1989)测定;COD_{Mn}采用碱性法;Chl-a 用乙醇提取法测定(陈宇炜和高锡云,2000)。

图 1　阳澄西湖 6 个网围养殖区(A - F)

Fig. 1　Location of the six enclosures (A - F) in Yangcheng West Lake

1.3　土腥异味测定

于 2012 年 5 月从各网围内捕捞 1 kg 左右的鲢 10 尾,每尾鱼取背部肌肉 20 g 左右,搅碎混匀,称取 40 g 左右的鱼糜,置于 250 mL 二口圆底烧瓶中。参照 Robertson 等(2005)的方法分馏,得到的馏分中按 5∶1(V∶W)加入 NaCl,使用 PDMS/DVB 萃取头(65 μm)顶空方式萃取,萃取温度 65 ℃,萃取时间 20 min,搅拌速度 500 r/min,萃取样品富集后用 GC/MS 分析 GSM 和 2-MIB 含量。

仪器参数为色谱柱:HP-5MS 毛细管柱(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm);进样口温度 280 ℃;程序升温:初温 60 ℃,保持 2 min,以 10 ℃/min 升温至 280℃,保持 6 min;载气:He,流量:0.8 mL/min,不分流;质谱条件:离子源温度 230 ℃,传输线温度 280℃。数据使用总离子流色谱图和选择离子色谱图采集。GSM 的特征性质核比(m/z)为 112、111、55、43、41,保留时间为 12.8 min;2-MIB 的 m/z 为 95、108、43、41、55,保留时间为 9.6 min。

1.4　土腥异味净化

用于净化的鱼取自水质最差的 A 区(施陈江等,2011),体重 1.0 kg 左右,共 70 尾。在室内水族箱(140 cm × 100 cm × 70 cm)中以曝气自来水为水源进行净化。每个水族箱中放鲢 5 尾,连续增氧。水族箱中的水每天更换 1 次。净化时间从 2012 年 5 月 29 日开始至 6 月 29 日结束,共 32 d。整个养殖期间平均水温(25 ± 3)℃,溶氧大于 6.5 mg/L,pH 7.2 ~ 8.0,氨氮 0.1 ~ 0.2 mg/L,亚硝酸盐 0.05 ~ 0.10 mg/L,硫化物小于 0.05 mg/L。分别于净化后 0、1、2、4、8、16、32 d 共 7 个时间点各随机采集 9 尾鲢,取背部肌肉,每 3 尾鱼的肌肉合并成 1 个样品,用于测定 GSM 和 2-MIB。

表 1　2009 - 2011 年各网围养殖区的放养量和收获量

Tab. 1　Statistics on initial stocking and harvest for each enclosure in Yangcheng West Lake during 2009 - 2011

年份	品种	不同网围养殖区的放养量/t						不同网围养殖区的捕捞量/t					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
2009	鲢	43	102	119	51	84	16	163	415	571	250	175	45
	鳙	34	126	51	88	73	20	64	207	245	105	150	41
	其他		5	10	3		5		16	23	15	77	9
2010	鲢	71	47	83		65	150	300	500	135	139	442	400
	鳙	54	83	30		565	250	300	500	75	53	212	400
	其他		63	7	2	32	35			45	12	159	60
2011	鲢	100	150	120	160	750	500	147	315	221	280	1200	350
	鳙	235	120	100	200	250		353	285	200	351	378	500
	其他		10	15	3	8				13		38	49

注:其他品种主要包括鲫、河蟹、青虾。

Note: Other species mainly include carps, river crabs and shrimps.

1.5　数据处理

鲢肌肉中土腥异味物质含量与水质参数的相关性用 Pearson 法分析;各网围内水质的差异以位置和时间为变量采用 Two-way ANOVA 分析,但结果只报告位置间的差异;其他数据均采用 One-way ANOVA 分析,分析软件为 Spss19.0;设 $P < 0.05$ 为差异显著,$P < 0.01$ 为差异极显著。

2　结果

2.1　水质状况

2009 年 4 月至 2011 年 11 月各网围养殖区内

TN、TP、COD_{Mn}、Chl-a 的水平及平均值见图 2 和表 2。从 3 年连续监测结果看,除了 2011 年上半年干旱导致水质指标升高外,总体呈缓慢下降的态势。A 区 TN、TP 的平均水平显著高于其他各处($P<0.05$),B 区 TN、TP 也较高,C 区的 TN、TP 水平相对较低。各区域 COD_{Mn} 差异不显著($P>0.05$)。Chl-a 含量以 E 区最高,显著高于 C 区($P<0.05$);其他各区 Chl-a 含量差异不显著($P>0.05$)。全湖 TN、TP、COD_{Mn}的 3 年总平均值分别为 2.80、0.23、6.01 mg/L,Chl-a 为34.4 μg/L。

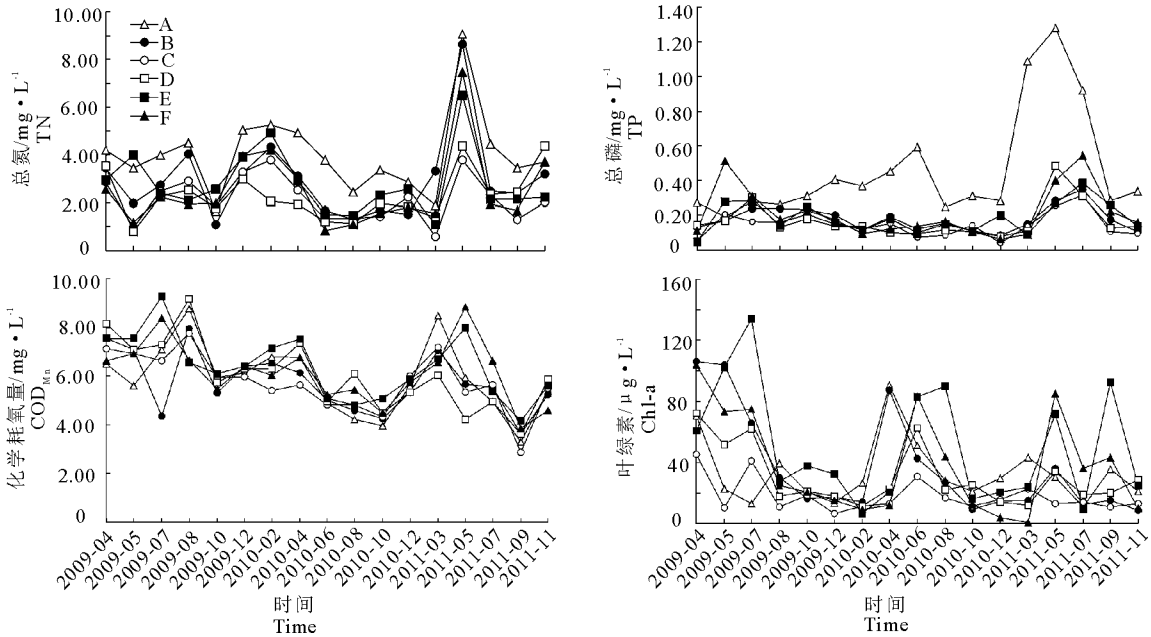

图 2 6 个网围养殖区的总氮、总磷、化学耗氧量和叶绿素浓度

Fig. 2 Variations of TN, TP, COD_{Mn} and Chl-a concentration in the six enclosures during 2009 to 2011

表 2 各网围养殖区的水质指标

Tab. 2 Average concentrations of TN, TP, COD_{Mn}, Chl-a in each enclosure

指标	A	B	C	D	E	F	总均值
TN/mg·L⁻¹	4.02±1.67[a]	2.96±1.75[b]	2.19±0.95[c]	2.30±1.04[bc]	2.81±1.36[bc]	2.52±1.61[bc]	2.80
TP/mg·L⁻¹	0.46±0.32[a]	0.18±0.07[b]	0.15±0.07[b]	0.17±0.10[b]	0.19±0.09[b]	0.21±0.15[b]	0.23
COD_{Mn}/mg·L⁻¹	5.91±1.46	5.75±1.22	5.76±1.19	6.07±1.45	6.40±1.33	6.16±1.30	6.01
Chl-a/μg·L⁻¹	33.3±21.0[ab]	36.5±33.3[ab]	17.8±11.0[b]	30.2±19.4[ab]	50.2±38.4[a]	38.3±33.4[ab]	34.4

注:同行中的不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

Note: Values in the same row with different letters show significant difference ($P<0.05$).

2.2 土腥异味物质含量

各网围养区鲢肌肉中 GSM 含量如图 3 所示。GSM 含量的最高值在 A 区,为 7.98 μg/kg,最低值在 C 区,为 5.27 μg/kg;统计分析结果表明,A 区显著高于 C 区和 D 区($P<0.05$),E 区和 F 区显著高于 C 区($P<0.05$)。2-MIB 含量与 GSM 相似,以 A 区为最高,达 7.28 μg/kg,显著高于除 E 区以外的其他各区($P<0.05$);最低值同样出现在 C 区,为 4.53 μg/kg。

2.3 土腥异味物质含量与水质的相关性

将鲢肌肉中 GSM 和 2-MIB 含量与水质参数进行 Pearson 相关性分析(表 3;$n=18$),GSM 与 TN 极显著相关($P<0.01$),与 TP、COD_{Mn}、Chl-a 均显著相关($P<0.05$);2-MIB 与 TN 和 TP 极显著相关($P<0.01$),与 Chl-a 显著相关($P<0.05$)。

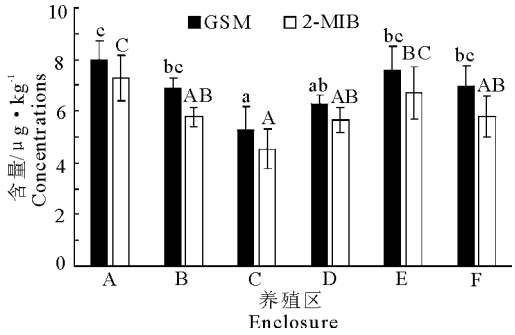

图 3 各网围内鲢肌肉中土腥异味物质含量

Fig. 3 Concentrations of GAM and 2-MIB in muscles of *H. molitrix* in each enclosure

表 3　鲢肌肉中 GSM 和 2-MIB 浓度与主要水质参数的相关性

Tab. 3　Pearson correlation coefficients between water quality parameters and concentrations of GSM and 2-MIB in muscles of *H. molitrix*

指标	TN	TP	COD_{Mn}	Chl-a
GSM	0.629**	0.540*	0.476*	0.569*
2-MIB	0.596**	0.599**	0.337	0.515*

注:* 表示显著相关($P<0.05$),** 表示极显著相关($P<0.01$)。

Note: * indicates a significant difference ($P<0.05$), ** indicates a more significant difference ($P<0.01$).

2.4　土腥异味物质的净化

由图 4 可见,在净化开始后的最初 8 d,鲢肌肉中的 GSM 和 2-MIB 均迅速下降,其中 GSM 浓度从(7.46 ± 1.21) μg/kg 下降到了(3.27 ± 0.06) μg/kg,下降了 55%;至第 32 天时,GSM 浓度已低于检出限(0.1 μg/kg)。2-MIB 在净化前肌肉中的浓度为(8.10 ±0.87) μg/kg,净化 8 d 后下降至(2.28 ±0.22) μg/kg,下降了 72%;在净化至第 32 天时,鲢肌肉中 2-MIB 的浓度也低于仪器的检测限(0.02 μg/kg),因而未检出。

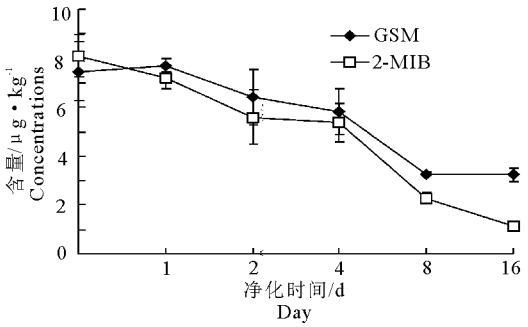

图 4　净化期间鲢肌肉土腥异味物质浓度随时间的变化

Fig. 4　Variations of GSM and 2-MIB concentration in *H. molitrix* muscles during the depuration period

3　讨论

3.1　阳澄西湖富营养化形势

由于阳澄湖地区人口的增加、工农业的发展、网围养殖规模的扩大和投饵量的增加,湖体污染物浓度不断提高。有资料表明,1984 年阳澄湖 TN 浓度为 1.45 mg/L,1989 年上升为 2.32 mg/L,1994 年则上升到了 2.66 mg/L(潘红玺和古磊,1997);这些数据反映了湖体富营养化呈上升趋势。从本次研究 3 年的连续观察结果看,除 2011 年上半年干旱引起的水质恶化以外,各项水质指标总体呈下降态势,表明阳澄湖的综合治理取得了一定的效果,但其富营养化形势仍很严峻。《(GB3838-2002)地表水环境质量标准》中Ⅴ类水的水质标准是:TN >2.0 mg/L,TP >0.2 mg/L,COD_{Mn} > 15 mg/L。从阳澄湖西湖 2009 – 2011 年水质指标的总平均值来看,其水质处于劣Ⅴ类水平,尤其接壤苏州城区的 A 区,TN 和 TP 浓度是Ⅴ类水标准的 2 倍多,表明其外源污染比较严重。

3.2　增殖放流对蓝藻水华的控制

氮、磷是湖泊富营养化的物质基础,也是藻类生长重要的限制因子(高学庆等,1994)。一般认为,湖水 TP 在 0.01 mg/L 时为最大可接受负荷量,在 0.02 mg/L 时就常常伴有较多数量的蓝藻(曹海艳和冯启言,2006)。Smith(1983)分析了世界范围内 17 个湖泊的资料,计算了蓝藻生长季节其生物量与 TN/TP(质量比)的相关性,认为 TN/TP < 29 时,蓝藻倾向于占优势;唐汇娟(2002)比较了国内 35 个湖泊(23 个发生蓝藻水华)的相关数据后发现,发生蓝藻水华的湖泊中,N/P(原子比)在 13 ~ 35,而没有发生蓝藻水华的湖泊中,N/P 则小于 13。本次研究 2009 – 2011 年阳澄西湖 TP 的平均浓度为 0.23 mg/L,TP 浓度超过蓝藻暴发阈值的 11.5 倍;TN/TP 为 13.5,N/P 为 29.9,两者均为适宜蓝藻生长的比例,但 3 年间阳澄湖西湖未有蓝藻水华发生;不仅如此,湖体 Chl-a 浓度总体维持在水华阈值 40 μg/L以下(刘波等,2008);而同期水质状况优于阳澄湖西湖的巢湖、武汉东湖等水域却屡见蓝藻水华的报道(蔡敏和詹婷婷,2010;朱敏,2010)。阳澄西湖水华的控制与高密度围养滤食性鲢、鳙密切相关。滤食性鱼类主要以浮游生物为食,生产 1 kg 鲢、鳙大约需要 8 kg 藻类(干物质),虽然大约有 80% 左右的食料通过消化排泄等途径将营养物质释放回水体,但鲢、鳙对藻类的利用率还可达到 20%(谢平,2003)。

3.3　水质与鲢土腥异味物质含量的相关性

滤食性鱼类的养殖有效控制了水华的发生,但本试验结果也表明水质对其土腥异味物质含量具有显著的影响。6 个围养区鲢肌肉中 GSM 的含量为 5.27 ~ 7.98 μg/kg, 2-MIB 的含量为 4.53 ~ 7.28 μg/kg。Robertson 等(2006)报道英国养殖的虹鳟(*Onchorhynchus mykiss*)肌肉中 GSM 的含量大多为 1.0 ~ 3.0 μg/kg,最高观测值为 7.2 μg/kg,而虹鳟肌肉中 MIB 的含量很低,几乎可以忽略;Robin 等(2006)报道法国养殖的虹鳟肌肉中 GSM 的浓度为 0.2 ~ 4.9 μg/kg;薛勇等(2010)报道了青岛市售

鳙肉中 GSM 的平均含量为5.4 μg/kg。与上述报道相比,阳澄湖西湖围养的滤食性鱼类土腥异味物质含量处于较高的水平。GSM 和 2-MIB 主要产自放线菌和浮游藻类(宋立荣等,2004;刘欣等,2005)。在6个围养区中,A 区鲢的土腥异味物质含量最高,但 Chl-a 浓度处于中等水平,提示造成阳澄湖西湖围养鱼类土腥异味的首要原因可能是放线菌,其次才是藻类。由于各围养区鲢的土腥异味与水质参数呈显著正相关,因此推测阳澄湖西湖的水质状态可能有利于放线菌的生长繁殖。

3.4 鲢体内土腥异味物质的清除

已有研究表明,土腥异味物质的净化时间可能是几天、几周甚至是几个月,时间的长短取决于各种因素,包括水温、鱼体脂肪含量及其土腥异味的初始浓度(Johnson et al,1992;Perkins & Schlenk,1997;Dionigi et al,2000)。Robertson 等(2005)将虹鳟暴露在最高浓度为 200 ng/L 的 GSM 水体中 24 h,由于人工染味的时间短,在清水中净化 7 d 后,鱼体的土腥异味都在感官阈值以下,达到了较好的净化效果;而本试验中鲢经过 32 d 才取得较好的净化效果,这很可能是由于围养区的鱼类长期处于富营养水体中,土腥异味物质进入鱼体的时间较长,结合得较紧密,因此清除所需的时间也较长。尽管围养区 A 处的鲢土腥异味较重,本试验结果也清楚地表明,通过 32 d 的净化,可消除鲢的土腥异味,提高其商品质量。

4 结论

阳澄西湖水质处于劣Ⅴ类,蓝藻水华发生的风险很高。由于高密度围养滤食性鱼类,蓝藻水华得到了有效控制。阳澄西湖围养的滤食性鱼类土腥异味物质含量较高,可能主要由放线菌引起,通过32 d 的净化能有效去除其土腥异味。

参考文献

蔡敏,詹婷婷. 2010. 安徽启动巢湖蓝藻预警应急监测[EB/OL]. http://news.xinhuanet.com/local/2010-05/14/c_12100624.htm

曹海艳,冯启言. 2006. 环境因子对南四湖底泥磷释放的影响实验研究[J]. 水科学与工程技术,(6):36-38.

陈宇炜,高锡云. 2000. 浮游植物叶绿素 a 含量测定方法的比较测定[J]. 湖泊科学,12(2):185-188.

高学庆,任久长,宗志祥,等. 1994. 铜绿微囊藻营养动力学研究[J]. 北京大学学报:自然科学版,30(4):461-469.

李琪,李德尚,熊邦喜,等. 1993. 放养鲢鱼(*Hypophthalmichys molitrix*)对水库围隔浮游生物群落的影响[J]. 生态学报,13(1):30-37.

刘波,崔莉凤,刘载文. 2008. 北京市城区地表水体叶绿素 a 与藻密度相关性研究[J]. 环境科学与技术,8(31):29-33.

刘建康,谢平. 1999. 藻水华消失之谜[J]. 长江流域资源与环境,8(3):312-314.

刘俊利,熊邦喜,王基松,等. 2008. 鲢、鳙对养殖水体的生态功能评析[J]. 水利渔业,28(4):8-10.

刘欣,何进,喻子牛. 2005. 微生物产生的土腥味化合物及其清除方法[J]. 中国生物工程杂志,25(8):35-38.

潘红玺,古磊. 1997. 阳澄湖若干水质资料的分析与评价[J]. 湖泊科学,9(2):187-191.

宋立荣,李林,陈伟,等. 2004. 水体异味及其藻源次生代谢产物研究进展[J]. 水生生物学报,28(4):434-439.

施陈江,蔡春芳,徐升宝,等. 2011. 阳澄西湖围养滤食性鱼类的生态效益、经济效益跟踪调查[J]. 安徽农业科学,39(7):4024-4026.

唐汇娟. 2002. 武汉东湖浮游植物生态学研究[D]. 武汉:中国科学院水生生物研究所.

谢平. 2003. 鲢、鳙鱼与藻类水华控制[M]. 北京:科学出版社.

熊邦喜,李德尚,李琪,等. 1993. 配养滤食性鱼对投饵网箱养鱼负荷力的影响[J]. 水生生物学报,17(2):131-144.

薛勇,王超,于刚,等. 2010. 鳙鱼肉中土腥味物质的测定方法[J]. 中国水产科学,17(5):1094-1100.

朱敏. 2010. 蓝藻水华再次袭击武汉东湖[EB/OL]. http://pic.people.com.cn/GB/31655/12149389.html

Dionigi C P, Johnson P B, Vinyard B T. 2000. The recovery of flavor quality by channel catfish[J]. Aquaculture, 62:189-194.

Gary S B, William R W, Kevin K S, et al. 2012. Impact of depuration of earthy-musty off-flavors on fillet quality of Atlantic salmon, *Salmo salar*, cultured in a recirculating aquaculture system[J]. Aquacultural Engineering, 50:28-36.

Johnson P B, Lloyd S W. 1992. Influence of fat content on uptake and depuration of off-flavor 2-methylisoborneol by channel catfish(*Ictalurus punctatus*)[J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,49: 2406-2411.

Miura T, Liu J K. 1989. East Lake-A phytoplanktivorous fishes dominated lake ecosystem[M]. Kyoto: Kyoto University Press, 142.

Perkins E J, Schlenk D. 1997. Comparisons of uptake and depuration of 2-methylisoborneol in male, female, juvenile, and induced channel catfish *Icatlurus punctatus*[J]. Jour-

nal of the World Aquaculture Society, 28: 158 – 164.

Robertson R F, Hammond A, Jauncey K, et al. 2006. An investigation into the occurrence of geosmin responsible for earthy-musty taints in UK farmed rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss*[J]. Aquaculture, 259:153 – 163.

Robertson R F, Jaunceyb K, Beveridge M C M, et al. 2005. Depuration rates and the sensory threshold concentration of geosmin responsible for earthy-musty taint in rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss*[J]. Aquaculture, 245:89 – 99.

Robin J, Cravedi J P, Hillenweck A , et al. 2006. Off flavor characterization and origin in French trout farming[J]. Aquaculture, 260:128 – 138.

Smith V H. 1983. Low nitrogen to phosphorus ratios favor dominance by blue-green algae in lake phytoplankton[J]. Science, 225: 669 – 671.

Starling F L R M. 1993. Control of eutrophication by silver carp in the tropical Paranoa Reservoir (*Brasilia*, *Brazil*): a mesocosm experiment[J]. Hydrobiologia, 257:143 – 152.

Suffet I H, Khiari D, Bruchet A. 1999. The drinking water taste and odor wheel for the Millennium: Beyond geosmin and 2-methylisoborneol[J]. Water Science and Technology, 40 (6):1 – 13.

Tucker C S. 2000. Off-Flavor problems in aquaculture[J]. Reviews in Fisheries Science, 8:45 – 88.

Xie P, Liu J K. 2001. Practical success of biomanipulation using filter feeding fish to control cyanobacteria blooms a synthesis of decades of research and application in a subtropical hypereutrophic lake[J]. The Scientific World, 1: 337 – 356.

(责任编辑　万月华)

Effect of Water Quality on Earthy-musty Off-flavor in *Hypophthalmichthys molitrix* from Yangcheng West Lake

ZHU Jian-ming[1], CAI Chun-fang[1], YANG Chao[1], YE Yuan-tu[1], ZHANG Qian[2], WU Tao[1], LI Ting[1], GONG Hong-wei[2], WANG Quan-lin[2]

(1. School of Biology & Basic Medical Sciences, Soochow University, Suzhou 215123, P. R. China; 2. Bureau of Agriculture, Xiangcheng, Suzhou 215123, P. R. China)

Abstract: Silver carp and bighead carp can suppress the occurrence of algae bloom by filter feeding plankton. However, the production of these species in eutrophic water body is hampered by the problem of a muddy off-flavor that profoundly affects consumer acceptance and commodity value. A recent study has identified the main substances responsible for the muddy off-flavor are geosmin (GSM) and 2-methylisoborneol (2-MIB). In this investigation we determined GSM and 2-MIB in silver carp farmed in Yangcheng West Lake in Suzhou City, Jiangsu Province and monitored the water quality parameters of the lake to study the relationship of the muddy off-flavor with water quality. A depuration trial was also carried out to assess the effectiveness of the process for removal of the off-flavor. Six enclosures (A – F) were set in Yangcheng West Lake with respective areas of 167, 453, 567, 190, 1 000 and 400 hm^2. The fry of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*), bighead carp and other species fish were cultured together in the enclosures from the beginning of 2009. The fish were harvested near to Spring Festival of the next year and new fry were subsequently added to the enclosures. Total nitrogen (TN), total phosphorus (TP), chemical oxygen demand (COD_{Mn}) and Chlorophyll a (Chl-a) were monitored in each enclosure from April, 2009 to November, 2011. Ten silver carp were sampled from each enclosure in May 2012 and the level of GSM and 2-MIB in muscle tissue were determined. Seventy silver carp (about 1.0 kg each) were caught from enclosure A (with the lowest water quality) for depuration trials. Five silver carps were placed in each water tank (140 cm × 100 cm × 70 cm) with tap water and aerated continually. The water was changed daily and the trial lasted 32 days, from May 29th to June 29th of 2012. At 0, 1, 2, 4, 8, 16, 32 d of the depuration period, nine silver carps were randomly selected and GSM and 2-MIB were determined. Average concentrations of TN, TP, COD_{Mn} from 2009 to 2011 were 2.80, 0.23, 6.01 mg/L and the concentration of Chl-a was 34.4 μg/L, indicating that water quality in Yangcheng West Lake was lower than Grade V, while the concentration of Chl-a was below the threshold for algae blooms. The concentrations of GSM and 2-MIB in muscle tissue of silver carp were high, with maximum values both occurring in enclosure A (7.98 μg/kg; 7.28 μg/kg) and minimum values both in enclosure C (5.27 μg/kg; 4.53 μg/kg). Muscle concentrations of GSM and 2-MIB were positively correlated with concentrations of TN, TP and Chl-a in the lake water. The concentrations of GSM and 2-MIB were reduced by 55% and 72% after eight days of depuration. After 32 days of depuration, concentrations of GSM and 2-MIB in silver carps were below detectable levels. Results suggest that algae blooms were controlled by releasing filter-feeding fish in Yangcheng West Lake. The muddy off-flavor of silver carps was related with water quality but can be removed by 32 days of depuration.

Key words: muddy off-flavor (earth-musty off-flavor); water quality; *Hypophthalmichthys molitrix*; Yangcheng West Lake