

疏浚泥浆排放对渔业生产的影响 及其对策研究*

II. 对鱼苗、鱼种呼吸代谢、血液生化指标和鳃组织结构的影响

陈立侨 赵云龙 周忠良

(华东师范大学生物系, 上海 200062)

徐一枝

(上海市水利局围垦处, 上海 200040)

郭琼林

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

摘 要 以鲫、草鱼、鲢和团头鲂鱼种为材料, 研究了疏浚泥浆对这些鱼类的耗氧率、血液生化指标和鳃组织结构变化的影响。结果表明, 在泥浆浓度 0.08 - 1.248g/l 范围内, 鱼种的耗氧率(Y)与水体含泥量(X)呈线性相关, 其关系式为: $Y_{\text{鲫}} = 0.3324 - 0.0745X$ ($P < 0.01$), $Y_{\text{草鱼}} = 1.2054 - 0.4209X$ ($P < 0.01$), $Y_{\text{鲢}} = 1.6053 - 0.4905X$ ($P < 0.01$); 在 0.80g/l (I) 和 0.96g/l (II) 泥浆水中驯养不同时间的鲫, 回到清水中后其耗氧率表现为先升高后下降, 与驯养时间(t)呈显著的负相关: $Y_I = 0.9967 - 0.0128t$ ($P < 0.01$); $Y_{II} = 0.9592 - 0.0135t$ ($P < 0.01$); 在 0.80g/l 泥浆水中饲养的鲫鱼种, 其红细胞数和血红蛋白量先呈现补偿性升高, 而后随着时间的延长, 因鱼的摄食和机体能量代谢异常而明显下降 ($P < 0.05$); 其它各项指标如总蛋白、白蛋白、血糖、尿素 N、胆固醇和甘油三酯等亦随驯养时间延长而显著下降 ($P < 0.05$)。受泥浆水中泥沙颗粒的影响, 鱼鳃的组织结构呈现出不同程度的变化, 随着饲养时间的延长及含泥量的增加, 其初期的代偿性生理变化最后被病理性变化所取代。

关键词 疏浚泥浆, 鱼种, 耗氧率, 血液学指标, 鳃组织

鱼类的耗氧率和血液指标与机体的代谢、营养状况及疾病有着密切的关系, 当鱼体受到外界因子的影响而发生生理或病理变化时, 必定会在这两方面的理化指标中反映出来。有关影响鱼类呼吸代谢主要生态因子的研究, 国内外学者已做了大量工作, 但这些研究主要探讨了温度、体重^[11]、水中氧浓度^[14]、昼夜节律^[6]、饥饿^[12]和水中重金属离子等因素的影响; 关于鱼类血液学的研究, 已有的工作大多侧重于鱼类血液学正常值的确定^[1, 2, 5, 10]、与性腺

收稿日期: 1996 - 11 - 26。

* 本系 92 级王东方、李祥、彭欣夏同学参加部分试验工作。

成熟度的关系^[7]以及血液病理学等方面的内容^[2,15],迄今尚无有关疏浚泥浆水对鱼的呼吸耗氧和血液生化指标影响的报道。本试验在探讨疏浚泥浆与鱼的摄食、生长和饲料转化率等相互关系的基础上*,进一步研究了疏浚泥浆对养殖鱼类的血液生化指标、呼吸耗氧及鳃组织结构变化的影响,其结果可为科学地指导养殖生产实践,协调工程与渔业生产的关系提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 泥浆样品 取自太浦河(上海段)疏浚工程现场6个主要排泥场,试验前分析了样品的pH、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、Cu、Pb、Zn、Cd等11项化学指标值,结果表明样品对鱼无明显的毒害作用*。

1.2 实验用鱼 取自上海金山漕泾养殖场,以鲫、草鱼、鲢和团头鲂鱼种为研究对象。在水族箱中暂养1周左右,选择体质健康的鱼进行试验(用作耗氧率测定的鱼试验前停食24h以上)。

1.3 耗氧率测定 分A、B、C三组,A组旨在探讨不同泥浆浓度对鱼的耗氧率的影响,其耗氧率测定采用流水式的密封装置,呼吸室的容积约为3000ml,水源为经活性炭过滤曝气的自来水。实验用草鱼($1.293 \pm 0.237\text{g}$)、鲢($0.808 \pm 0.085\text{g}$)和鲫($10.470 \pm 2.829\text{g}$)三种。试验前将暂养过的鱼移入呼吸室,清水驯养4~5天,待基本适应环境后再进行试验。测定时,按设计将不同泥浆量加入贮水箱中,水温控制在 $28 \pm 0.5^\circ\text{C}$,在8h内每隔一定时间测定一次流入与流出水中的溶氧,计算出耗氧率(取平均值)。B组实验是为了研究在泥浆水中驯养不同时间后的鱼返回清水时耗氧率的变化。实验用鲫($0.287 \pm 0.063\text{g}$)分别驯养在浓度为0.80g/l(I)和0.96g/l(II)的两组泥浆水中,隔一定时间后,将其分批取出放入清水呼吸室中,测定其驯养时间与耗氧率之间的关系。C组系将鲫($1.975 \pm 0.190\text{g}$ (I)、 $0.586 \pm 0.161\text{g}$ (II)),团头鲂($0.464 \pm 0.107\text{g}$)分别驯养在清水和0.256、0.448和0.800g/L的泥浆水中,30天后将其转入清水中,再测定各组鱼耗氧率的差异。B、C两组试验期间控制水温($28 \pm 0.5^\circ\text{C}$)和投喂量(1~2%/体重),使试验前和试验结束时鱼的体重变化不大。

1.4 血液学指标测定 将平均体重为 $13.725 \pm 2.519\text{g}$ 的一批鲫驯养在六个泥浆浓度为0.80g/l的水族箱中,箱的体积约为 $100 \times 100 \times 50\text{cm}$ 。每天定时投饵、充气并以机械法将水搅浑,每3~5天换水一次,并重新添入设计量泥浆。水温控制在 $28 \pm 0.5^\circ\text{C}$,试验鱼在采血前停食2天。分别在第0、7、15、25和45天时采样测定红细胞、血红蛋白、总蛋白等8项指标,每次平行测定15~20尾鱼(取平均值)。采血方法、血液标本制备和测定方法参考[1]。

1.5 鱼鳃的组织结构 分D、E二组,试验期间喂活枝角类。D组试验中,分别将鱼种驯养在泥浆浓度为0(1号)、0.144(2号)、0.256(3号)和0.448g/l(4号)的水族箱中,到第60天时取样;E组试验系将鱼苗驯养在浓度为0.256g/l的泥浆水中,并分别在7、15、25和35天时采样。新鲜解剖,将鱼鳃固定于Bouin等固定液内,石蜡切片5~7 μm ,苏木精-伊红染色。

2 实验结果

2.1 鱼的耗氧率 不同浓度的泥浆水对鱼的耗氧率影响的测定结果如表1。从表1中可

* 陈立桥,1996.疏浚泥浆排放对渔业生产的影响及其对策研究I.对养殖鱼类生长、饲料转化率和池塘鱼产量的影响.华东师范大学学报(待发表)。

见, 尽管不同鱼的耗氧率有所不同, 但却表现出相似的规律: 即随着泥浆浓度的增加, 鱼的耗氧率先升后降, 其中 1、2 组草鱼、鲢的耗氧率分别比对照组提高 0.048、0.162 和 0.028、0.109mg/h·g, 2、3 组鲫的耗氧率则比对照组升高 0.015 和 0.039mg/h·g。除去以上异常升高的各组, 将鱼的耗氧率(Y)与泥浆水浓度(X)进行回归, 分别得出如下方程: $Y_{\text{鲫}} = 0.3324 - 0.0745X$ (df=7, $r = -0.9022$, $P < 0.01$), $Y_{\text{草鱼}} = 1.2054 - 0.4209X$ (df=7, $r = -0.9791$, $P < 0.01$), $Y_{\text{鲢}} = 1.6053 - 0.9405X$ (df=7, $r = -0.9405$, $P < 0.01$)。根据以上方程, 可推算出 2、3 组鲫的耗氧率理论值分别为 0.322、0.313mg/h·g, 比实测值低 0.013 和 0.046mg/h·g。1、2 组草鱼理论值为 1.172 和 1.145, 比实测值低 0.035、0.176mg/h·g。1 组鲢的实测值与理论值接近, 2 组的实测值比理论值高 0.108mg/h·g。

表 1 泥浆浓度与鱼耗氧率的关系

Table 1 The relationship between sludge concentration and the oxygen consumption rate of crucian carp, grass carp and silver carp fingerlings (WT: $28 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$)

组别 Group	含泥量 Sludge contents (g/l)	耗氧率(mg/h·g) Oxygen consumption rate		
		鲫 Crucian carp	草鱼 Grass carp	鲢 Silver carp
C	0	0.320	1.159	1.543
1	0.08	0.316	1.207	1.562
2	0.144	0.335	1.321	1.643
3	0.256	0.359	1.132	1.427
4	0.448	0.309	1.084	1.524
5	0.640	0.310	1.907	1.332
6	0.800	0.290	1.840	1.283
7	0.880	0.274	0.841	1.179
8	0.944	0.255	0.812	1.088
9	1.056	0.235	0.747	1.029
10	1.248	0.229	0.687	0.975

驯养在浓度 I 中的鲫, 分别于 24、48h 后移回清水中, 其耗氧率分别是试验初始值的 1.15 倍和 1.33 倍, 至第 4—11 天时, 鱼的耗氧率逐渐恢复正常, 但若进一步延长驯养时间, 鱼回到清水中后的耗氧率则逐渐变小, 至第 30 天时, 已降至试验初始值的 57.87%, 再过 15 天后, 耗氧率仅为 0.440mg/h·g, 占初始值(0.918mg/h·g)的 47.93%。在浓度 II 中, 第 24、48h 鱼的耗氧率分别是初始值的 1.37 和 1.30 倍, 第 4 天恢复正常, 第 11 天后则逐渐下降, 到第 30 天和 45 天时, 耗氧率仅为 0.4835 和 0.4120mg/h·g, 分别占初始值(0.918mg/h·g)的 52.70 和 44.90%, 除去第 24、48h 的异常升高值, 将耗氧率与驯养时间进行回归, 得到如下方程: $Y_I = 0.9967 - 0.0128t$ (df=7, $r = -0.9466$, $P < 0.01$); $Y_{II} = 0.9592 - 0.0135t$ (df=7, $r = -0.9581$, $P < 0.01$)。根据以上方程, 可求出浓度 I 中第 24、48h 鱼的耗氧率理论值分别为 0.984 和 0.971mg/h·g, 比实测值低 0.068 和 0.250mg/h·g。浓度 II 中第 24、48h 鱼的耗氧率理论值为 0.946 和 0.932mg/h·g, 较实测值低 0.308 和 0.259mg/h·g(表 2)。一定驯养时间(30 天)的条件下, 鲫、团头鲂的耗氧率随泥浆浓度的升高而下降, 测定结果见表 3。

表 2 泥浆水中鲫饲养时间与耗氧率的关系

Table 2 The relationship between different cultured period and the oxygen consumption rate for crucian carp fry exposed to various sludge contents (WT: $28 \pm 0.5^\circ\text{C}$)

饲养时间(天) Culture time (days)	耗氧率 (Oxygen consumption rate (mg/h·g))	
	I	II
0	0.918	0.918
1	1.052	1.254
2	1.221	1.191
4	0.914	0.915
7	0.967	0.923
11	0.925	0.869
16	0.869	0.755
22	0.676	0.570
30	0.531	0.484
45	0.440	0.412

表 3 泥浆浓度对鱼耗氧率的影响

Table 3 Effect of different sludge contents on the oxygen consumption rate for crucian carp and blunt - snout bream fingerlings (WT: $28 \pm 0.5^\circ\text{C}$)

含泥量(g/l) Sludge contents	耗氧率 (Oxygen consumption rate (mg/h·g))		
	鲫 - I	鲫 - II	团头鲂
0	1.065	1.164	0.985
0.256	0.873	0.793	0.724
0.448	0.744	0.693	0.683
0.800	0.684	0.532	0.519

表 4 泥浆水不同饲养时间对鲫鱼种血液成分的影响

Table 4 Effect of different cultured period on the blood composition of crucian fingerlings exposed to 0.80 g/l sludge level

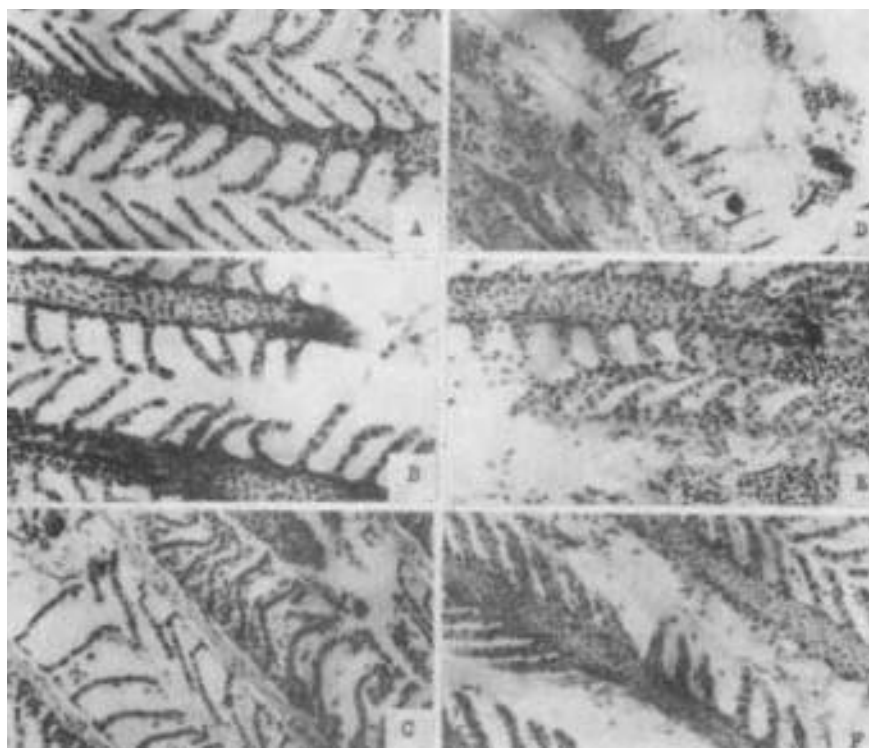
组别 Group	饲养 时间 Culture days	红细胞 RBC ($10^4/\text{mm}^3$)	血红蛋白 Hemoglobin (g/l)	总蛋白 Total protein (g/l)	白蛋白 Albumin (g/l)	血糖 Blood sugar (mmol/l)	尿素氮 Urea nitrogen (mmol/l)	胆固醇 Cholesterol (mmol/l)	甘油三酯 Triglyceride (mmol/l)
1	0	$155.840 \pm 9.431\text{a}$	$9.582 \pm 0.610\text{ab}$	$26.65 \pm 0.22\text{a}$	$8.38 \pm 0.46\text{a}$	$8.50 \pm 0.42\text{a}$	$2.01 \pm 0.14\text{a}$	$5.30 \pm 0.16\text{a}$	$1.02 \pm 0.04\text{a}$
2	7	$164.625 \pm 10.437\text{a}$	$11.654 \pm 0.595\text{a}$	$25.73 \pm 0.25\text{a}$	$8.89 \pm 0.52\text{a}$	$8.14 \pm 0.50\text{a}$	$2.20 \pm 0.15\text{a}$	$4.32 \pm 0.17\text{a}$	$0.97 \pm 0.02\text{a}$
3	15	$151.731 \pm 11.394\text{a}$	$10.721 \pm 0.631\text{a}$	$25.31 \pm 0.32\text{a}$	$8.12 \pm 0.58\text{a}$	$8.02 \pm 0.48\text{a}$	$2.08 \pm 0.17\text{a}$	$3.75 \pm 0.14\text{b}$	$0.93 \pm 0.02\text{a}$
4	25	$137.098 \pm 12.441\text{b}$	$8.664 \pm 0.622\text{b}$	$24.67 \pm 0.26\text{a}$	$8.09 \pm 0.60\text{a}$	$7.63 \pm 0.47\text{b}$	$1.87 \pm 0.17\text{a}$	$4.08 \pm 0.13\text{b}$	$0.68 \pm 0.03\text{b}$
5	45	$104.268 \pm 12.773\text{c}$	$7.847 \pm 0.604\text{c}$	$22.15 \pm 0.26\text{b}$	$7.65 \pm 0.44\text{b}$	$7.12 \pm 0.49\text{b}$	$0.98 \pm 0.16\text{b}$	$3.02 \pm 0.14\text{c}$	$0.59 \pm 0.02\text{b}$

注: 同栏内标有不同字母的数值表示差异显著($P < 0.05$)

Means followed by the different letter are significantly different from each other at the 0.05 level.

2.2 对鱼类血液生化指标的影响 在泥浆水中驯养 45 天, 鲫血液学指标的测定结果如表 4 所示。从表 4 可见, 鱼的红细胞和血红蛋白的变化趋势相似: 即至第 7 天时, 红细胞和血红蛋白二项指标比试验前略有升高, 第 25 天后则逐渐下降, 方差分析结果表明, 第 1、2、3 组

的红细胞数之间无显著性差异,但与第 4、5 组的测定值之间有显著差异($P < 0.05$),第 4 与 5 组之间也存在显著差异($P < 0.05$)。血红蛋白的测定值表明,1、2、3 组之间,1、4 组之间无显著差异,但 2、3 组与 4、5 组,以及 1、2、3、4 组与 5 组之间均有显著差异。总蛋白、血糖、胆固醇、甘油三酯均在第 15 天后开始下降,其中,1、2、3、4 组的总蛋白之间无显著差异,但与 5 组之间则有显著差异。血糖、甘油三酯则 1、2、3 组之间,4、5 组之间差异不明显,而 1、2、3 组与 4、5 组之间的差异则达到显著水平。胆固醇 2、3、4 组之间无显著差异,但 2、3、4 组与其余各组之间均有显著差异($P < 0.05$)。白蛋白和尿素氮的含量在前 7 天内变化不明显,至 15、25 天时才逐渐下降,至第 45 天时则达到显著水平。



图版 I Plate I

I A. 鳃小片正常。×200 Normal gill lamellae.

I B. 鳃小片中轴毛细血管充血,部分鳃小片上皮细胞和基部细胞坏死。×200

The capillaries of axis in gill lamellae congested, necrosis occurred in a part of epithelial cells and basal cells in gill lamellae.

I C. 鳃小片明显变长、扭曲,上皮细胞变薄。×200 Gill lamellae elongated and curved sharply, the epithelial cells thinned.

I D. 鳃小片上皮细胞明显坏死和脱落。×200 The epithelial cells of gill lamellae destroyed seriously.

I E. 鳃部血管明显充血,鳃小片扭曲、断裂,上皮细胞变薄。×200 The vessels of gill congested highly, gill lamellae curved and broken, the epithelial cells thinned.

I F. 鳃小片变长,上皮细胞变薄,毛细血管明显充血。×200. Gill lamellae elongated, the epithelial cells thinned the capillaries congested highly.

2.3 鱼鳃的组织结构及其变化

2.3.1 鳃鳃的组织结构及其变化 1 号:鳃板较短、基部较厚,鳃板外层的单层细胞扁平,

胞核椭圆形,可见少数矮立方细胞,胞核圆形,鳃板中轴部分的毛细血管清晰可见,无充血、扩张现象(图版 I A)。2号:鳃板变长,基部变薄,鳃板外层的扁平细胞变薄,胞核扁椭圆形,鳃板中轴部位的毛细血管一般无充血,扩张现象。3号:鳃板明显变长,部分鳃板外层扁平细胞和基部细胞肿大,胞核呈溶解、碎裂状,可见明显的细胞坏死灶,鳃板中轴部位的毛细血管明显充血(图版 I B)。4号:鳃板明显变长并扭曲或断裂,鳃板外层的扁平细胞极薄,部分细胞肿胀并可见明显的细胞坏死灶,鳃板中轴部位的毛细血管明显充血、扩张(图版 I C、I D)。

2.3.2 团头鲂、鲫鱼的组织结构及其变化 泥浆水对团头鲂、鲫鱼苗鳃组织结构的影响情况相似:第7天时,鱼苗的鳃板长度不一,鳃板外层的扁平细胞未见异常,鳃板中轴部位的毛细血管未见充血、扩张现象;到第15天取样,可见鳃板长度无明显变化,部分鳃板外层处的扁平细胞变薄,鳃板中轴处的毛细血管扩张、充血。扁平细胞未见肿胀、坏死;试验进行到第25天,可见鳃板中轴和鳃丝中轴鳃间隔处的部分毛细血管和小血管有充血现象,部分鳃板外层的扁平细胞极薄,无肿胀、坏死现象。二种鱼苗的鳃板到第35天时均明显变长,部分鳃板外层处的扁平细胞变薄,无明显肿胀、坏死现象,鳃板中轴处的毛细血管明显扩张、充血(图版 I E、I F)。

3 分析与讨论

3.1 鱼的呼吸效率一方面取决于单位体重、单位时间内通过鱼鳃的水量,同时也与上皮的厚度、鳃毛细血管与水交换气体的距离大小密切相关^[9]。在正常情况下,鱼鳃覆盖有一薄层具有保护作用的粘液,当水中含有一定的泥浆时,泥沙对鳃的刺激和对鳃上皮细胞的阻塞效应,使鱼鳃分泌的粘液增加,造成气体扩散阻力增大,氧通过鳃丝扩散到血液中的速度减慢,从而干扰了鳃的氧交换机能,这样每次呼吸的耗氧量也就相应减少,呼吸效率降低。鱼类本身具有很强的自我调节机能,以维持机体正常气体代谢^[18],为了能够获得维持正常呼吸所需的氧量,它将通过加快呼吸频率、增加呼吸深度,增大呼吸容量来应付不良环境。与此同时,贮存在脾脏中的血液进入血管,使血液中红细胞和血红蛋白都明显升高,呼吸容量的增大和血红蛋白的升高,是对鳃的氧气交换能力下降的一种补偿^[3,13]。耗氧的补偿性升高是因为在泥浆影响下,鱼为了维持消耗了许多能量的鳃的功能,包括离子的主动运输,粘液分泌以及受损鳃表皮细胞的替换,同时也是因呼吸活动加大的结果,这一点或许也与鱼类在低 pH 下呼吸生理的变化情况相似^[16]。尽管低浓度泥浆影响鱼体正常气体代谢,但未对鳃的机能造成永久性损伤,通过机体短时间自我调节可以恢复正常生理机能。若进一步加大水中含泥量,鱼呼吸容量增加的正效应被泥浆阻塞作用负效应所抵消时,鱼体不能获得供机体正常呼吸所需的充足氧,使其代谢机能受抑制,一定时间后鱼的呼吸频率便逐步减慢,耗氧率明显降低,这一点不同种类鱼的呼吸耗氧趋势相似,即随着泥浆浓度的增加,耗氧率先升高,继而下降。至于不同种类,不同规格鱼在含泥量相同条件下所表现出的耗氧差异,是与异种鱼类具有不同的生活环境、生活方式、习性和规格不同分不开的。例如,鲢通常栖息在水的最上层,草鱼栖息在水的中下层,鲫则主要游动于水的底层,且活动程度也较小,因而耗氧率由高到低的顺序为鲢>草鱼>鲫,这是生物有机体对其生活环境长期适应的结果。同时也与规格大小密切相关,许多研究结果表明,耗氧率与规格呈反相关^[8,17,19],因此,小鱼的代谢活动要比大鱼旺盛。

3.2 一定浓度的泥浆水中驯养 1-2 天后,将鱼移回清水中,其耗氧率亦出现补偿性升高,

延长驯养时间至 4-11 天,尽管泥浆水影响了鱼体正常气体代谢,但由于鱼类自身生理机能的积极调整,鱼在清水中其呼吸生理尚可恢复正常。然如鱼在泥浆水生活时间过长,泥浆颗粒和鱼额外分泌的粘液会阻塞鳃瓣间的空隙,不仅妨碍水在鳃瓣间的流动,而且增加了向血液增氧的阻力,致使组织缺氧,从而对鳃的呼吸功能造成不可逆的损害,故鱼的耗氧率大大降低,驯养的时间越长,耗氧率下降越明显。上述鱼类呼吸生理的变化过程,亦可从鱼的血液指标变化和鳃组织的改变得到验证。鱼类的血液与机体的代谢、营养状况等密切相关,当机体受到外界因子影响而发生生理或病理变化时,其血液能对环境因子的影响进行调节和适应,当鱼在泥浆水中驯养数天时间时,其红细胞和血红蛋白出现了补偿升高现象。究其原因,是因为血红蛋白是血液中氧气输送的直接载体,因而红细胞与血红蛋白的变化与鱼的呼吸有密切关系。泥浆加入对鳃的阻塞作用,鱼对氧气的需求得不到满足时,血红蛋白量和红细胞数量必然相应地增加,但随着泥沙阻塞效应的增加(浓度增加)和阻塞时间的延长,机体所需氧量在较长一段时间内得不到保证,影响了鱼类的正常摄食和机体的能量代谢,红细胞数和血红蛋白量便明显下降,最终导致生长率和饲料转化率的降低。其它血液指标如总蛋白、白蛋白、血糖、尿素 N、胆固醇、甘油三酯等随驯养时间的延长而逐渐下降,都是因受泥浆的影响,鱼的摄食代谢异常、机体得不到正常生长发育所需的营养物质所造成的,不少学者的研究证明了这一点^[4,15]。

3.3 由于水中含泥量和饲养时间不同,鱼的呼吸器官鳃显示出不同程度的组织结构变化,其中以鳃板变化为主,当鲫鱼种在浓度为 0.144g/L 泥浆水中饲养 60 天,或鲫、团头鲂鱼苗在 0.256g/L 浓度的泥浆水中饲养 15-35 天时,鱼鳃板外层的扁平细胞逐渐变薄甚至极薄,但无变性、坏死出现,鳃板中轴处的毛细血管充血扩张加重,这是由于泥沙颗粒的影响,鱼体出现一定程度的呼吸困难,鱼体为保持自身代谢的需要,以鳃板外层扁平细胞变薄来增加对氧的吸入和二氧化碳的排出,以毛细血管充血、扩张来使血流加快促进局部组织的代谢和气体交换活动。由于这种变化是生理性、代偿性的,故把鱼转入清水中,鳃的气体交换将伴随鳃部组织结构的恢复而趋于正常,对鱼体不会留下严重的不良后果。但是,这种代偿性变化是有限度的,若时间过长或水中含泥量进一步加大,代偿性的生理变化将被非代偿性的病理变化所取代。如 D 组的 3 号、4 号,鲫除了外层扁平细胞逐渐变薄,鳃板中轴毛细血管充血、扩张加重外,其扁平细胞业已现肿胀并可见较明显的细胞坏死灶。鱼体对病理变化的承受能力亦是有限度的,若这种鳃部的病理变化持续时间过长,水体状况未及时得以改善,鱼体将会出现局部乃至全身性缺氧,从而影响鱼类的摄食生长和饲料转化率。严重者进一步引起各器官代谢紊乱及功能衰竭而终至死亡。

参 考 文 献

- [1] 朱心玲等,1985. 草鱼血液学的研究 I. 九项血液常数的周年变化. 水生生物学报, 9(3):248-257.
- [2] 朱心玲等,1991. 草鱼血液学的研究 II. 血清电解质和尿素氮的周年变化. 水生生物学报, 15(3):220-226.
- [3] 汪锡钧,1960. 缺氧对鱼类红血球的生理适应. 上海水产学院学报, 创刊号:203-207.
- [4] 陈立侨等,1993. 池塘饲养鱼类优化结构及其增产原理 I. 池塘越冬鱼种的生物学特性. 水生生物学报, 17(2):121-130.
- [5] 林光华,1979. 鲫鱼血液的研究. 动物学报, 25(3):210-219.
- [6] 张中英,1982. 尼罗罗非鱼耗氧率的初步研究. 水产学报, (6):369-377.
- [7] 赵明翦等,1979. 池养鲤和草鱼血液学指数的研究. 水生生物学集刊, 6(4):210-219.

- [8] 黄玉瑶, 1975. 鲤鱼、白鲢、鳊鱼的鱼苗、鱼种耗氧量的研究. 动物学报, 21(1):78-88.
- [9] 童裳亮, 1988. 鱼类生理学, 218-233. 科学出版社.
- [10] Blaxhall, P. C., 1972. The haematological assessment of the health of freshwater fish. J. Fish. Biol., 4:593-604.
- [11] Brett, J.R. and T. D.D. Groves, 1979. Physiological energetics. In: Fish physiology (Hoar, Randall & Brett eds), Vol. 8, pp 279-352. Academic Press, New York.
- [12] Du Preez H. H., McLachlan & Marais J. F. K., 1988. Oxygen consumption of two nearshore marine elasmobranchs, *Rhinobatos annulatus* (Muller & Henle, 1841) and *Myliobatos aquila* (Linnaeus, 1758). Comp. Biochem. Physiol. 89 A:23-294.
- [13] Holeton, G. F. and D. J. Randall, 1967. The effect of hypoxia upon the partial pressure of gases in the blood and water afferent and efferent to the gills of rainbow trout. J. Exptl. Biol., 46, 317-327.
- [14] Jobling, M., 1982. A study of some factors affecting rates of oxygen consumption of platice, *Pleuronectes platessa* L. J. Fish Biol., 20:501-516.
- [15] McCarthy, D. H., Stevenson, J. P. and M. S. Roberts, 1975. Some blood parameters of the rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). II. The shasta variety. J. Fish Biol., 7:215-220.
- [16] McDonald, D. G., 1983. The effects of H^+ upon the gills of freshwater fish. Can. J. Zool., 61, 691-703.
- [17] Prosser C. L., 1973. Comparative animal physiology Vol. 1. Environmental physiology, 3rd edition W. B. Saunders, Philadelphia Pennsylvania, USA.
- [18] Randall, D. J., 1970. Gas exchange in fish. In: Fish Physiology. Vol. IV. W. S. Hoar and D. J. Randall, eds. Academic Press, Inc., New York, pp. 173-208.
- [19] Zeuthen, E., 1953. Oxygen uptake as related to body size in organisms. Rev. Biol., 28(1):1-12.

EFFECTS OF THE DREDGED SLUDGE ON FISHERIES AND ITS COUNTERMOVE II. THE EFFECT ON CULTURED FRY AND FINGERLINGS IN THE RESPIRATORY SYSTEM, BLOOD FUNCTION AND GILL TISSUES

Chen Liqiao Zhao Yunlong Zhou Zhongliang

(Department of Biology, East China Normal University, Shanghai 200062)

Xu Yizhi

(Shanghai Bureau of Water Conservancy, Shanghai 200040)

Guo Qionglin

(Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072)

ABSTRACT Experiments showed that the oxygen consumption of fingerlings of the various species was correlated negatively with sludge concentration ranged from 0.08 to 1.248g/l. The following regression lines was established: for crucian carp, $Y = 0.334 - 0.0745x$ ($P < 0.01$); for grass carp, $Y = 1.2054 - 0.4209x$ ($p < 0.01$); for silver carp, $Y = 1.6053 - 0.4905x$ ($p < 0.01$). Crucian carp fingerlings, Previously cultured in sludge 0.80g/l (I) and 0.96g/l (II) consumed more oxygen at first, and then less, when they were put back to clear water and were found to be correlated significantly with culture time. The regression formulae was given

as: $Y = 0.9967 - 0.0128t$ ($p < 0.01$), $Y = 0.9592 - 0.0135t$ ($p < 0.01$). When the crucian carp fingerlings were cultured under 0.80g/l sludge level, the number of red blood cells and homoglobin increased initially, but then dropped significantly with the prolonging of cultured time, so did the content of total protein, albumin, blood sugar, urea nitrogen, cholesterol and triglyceride, due to abnormal feeding and metabolism. The compensated physiological changes and gill damages were also found when the fish exposed to the water with higher sludge concentration or stayed for a longer time.

KEY WORDS Dredged sludge, Fingerling, Oxygen consumption, Haematological parameters, Gill tissues