

氨氮和亚硝酸盐对斜带石斑鱼苗的急性毒性效应

郑乐云

(福建省水产研究所, 福建 厦门 361012)

摘要: 研究了水温(25±0.5)℃, 盐度 30~31, pH 值 7.9~8.1, 溶解氧 4.5~5.5 mg/L 条件下氨氮和亚硝酸盐对不同规格斜带石斑鱼(*Epinephelus coioides*)苗的急性毒性效应。试验结果表明, 氨氮对平均全长 4.4 cm 的斜带石斑鱼苗的 24、48、72、96 h LC₅₀ 及安全质量浓度分别为 5.62、3.50、2.93、2.68 及 0.27 mg/L, 对应的非离子氨及安全质量浓度分别为 0.23、0.14、0.12、0.11 及 0.011 mg/L; 氨氮对平均全长 10.5 cm 斜带石斑鱼苗的 24、48、72、96 h LC₅₀ 及安全质量浓度分别为 58.6、56.2、53.3、51.4 及 5.13 mg/L, 对应的非离子氨及安全质量浓度分别为 2.41、2.32、2.20、2.12 及 0.21 mg/L; 亚硝酸盐对全长 4.4 cm 的斜带石斑鱼苗的 24、48、72、96 h LC₅₀ 及安全质量浓度分别为 288.4、281.8、270.4、267.3 及 26.7 mg/L; 亚硝酸盐对全长 10.5 cm 的斜带石斑鱼苗的 24、48、72、96 h LC₅₀ 及安全质量浓度分别为 354.8、346.7、280.5、208.4 及 20.8 mg/L。

关键词: 氨氮; 亚硝酸盐; 斜带石斑鱼(*Epinephelus coioides*)苗; 急性毒性

中图分类号: S965.3

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2012)05-0081-06

在鱼类养殖过程中, 尤其是高密度的养殖模式下, 由于投饵量大, 水体中鱼类排泄物及残饵量多, 随着养殖时间的增加, 养殖水体中氨氮和亚硝酸盐会逐渐积累, 而这二者是制约鱼类正常生长的重要因子之一。据报道, 水体中积累一定的分子氨会对鱼鳃表皮细胞造成损伤及使鱼的免疫力降低; 亚硝酸盐达到一定程度易引起鱼类中毒而使血液里高铁血红蛋白的含量升高, 载氧能力下降, 造成组织缺氧, 神经麻痹, 甚至窒息死亡。关于氨氮和亚硝酸盐对鱼类的毒性试验研究, 国内外已有许多报道, 取得了丰硕的成果, 得到了氨氮和亚硝酸盐对不同鱼类的半致死浓度和安全浓度, 并阐明了致毒机理^[1-6]。

斜带石斑鱼(*Epinephelus coioides*)由于具有生长速度快、适应性强、耐高密度养殖的优点, 近年来深受养殖户的青睐, 现已成为中国闽、粤、琼、台重要的海水养殖鱼类之一, 其养殖及人工育苗产量均居石斑鱼类之首。国内有关斜带石斑鱼人工繁殖、育苗及养殖的研究报道较多^[7-11]; 关于氨氮和亚硝酸盐对斜带石斑鱼毒性的研究尚未见报道, 作者通过研究氨氮和亚硝酸盐对不同规格斜带石斑鱼苗的急性毒性效应, 为斜带石斑鱼人工育苗及养殖的水质调控提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

实验用的斜带石斑鱼苗是由福建省水产研究所石斑鱼科研组培育的人工鱼苗, 小规格鱼苗平均全长 4.4 cm, 平均体质量 1.6 g; 大规格鱼苗平均全长 10.5 cm, 平均体质量 19.3 g。实验鱼苗体质健壮、活力好, 实验前鱼苗暂养 24 h, 暂养期间不投饵。

实验用水为沙滤海水, 水温(25±0.5)℃, 盐度 30~31, pH 7.9~8.1, 溶解氧 4.5~5.5 mg/L。

实验在容积为 35 cm×20 cm×20 cm 的水族箱里进行, 不同浓度的氨氮及亚硝酸盐溶液分别采用 NH₄Cl(A.R)和 NaNO₂(A.R)配制而成, 试验时现配现用。

1.2 实验方法

正式实验开始前先进行预试验, 将 NH₄Cl(A.R)和 NaNO₂(A.R)分别配成 10 L 不同浓度的溶液, 观察石斑鱼苗的行为及存活状况, 得到 24 h 100%死亡质

收稿日期: 2011-09-21; 修回日期: 2011-11-15

资助项目: 福建省石斑鱼种业创新与产业化工程建设项目

作者简介: 郑乐云(1969-), 男, 福建罗源人, 主要从事石斑鱼养殖与育种方面研究, 电话: 13799848022, E-mail: lyzheng69@sina.com

量浓度(LC_{100,24 h})和 96 h 0%死亡质量浓度(LC_{0,96 h}), 确定出实验液浓度的上下限, 然后按等对数间距分别设立各实验液的浓度。

实验设 8 个处理, 包括 7 个浓度梯度组及 1 个对照组。小规格鱼苗氨氮质量浓度由低到高依次为 1.0、1.5、2.16、3.17、4.66、6.94、10.0 mg/L; 亚硝酸盐氮质量浓度从低到高依次为 125、150、176、205.8、240、280、327 mg/L。大规格鱼苗氨氮质量浓度由低到高依次为 40、43.95、48.19、53、58.08、63.75、70 mg/L; 亚硝酸盐氮质量浓度从低到高依次为 180、217.3、262.4、317.7、382.8、463.4、560 mg/L; 对照组均为 0 mg/L, 每一个质量浓度设两个平行组。

实验开始容器中放入 10 L 海水, 按不同浓度加入试剂, 微充气。每个浓度组放入鱼苗 10 尾, 为保证实验液的浓度保持稳定, 每 24 h 更换实验液一次, 每 12 h 测量 1 次水温, 溶解氧和 pH 值, 并及时剔除死亡个体, 鱼体死亡以呼吸停止, 针刺无反应为准, 实验期间不喂食。

1.3 实验数据处理

将实验结果按急性实验统计方法—直线内插法处理, 求出氨氮和亚硝酸盐氮对石斑鱼苗 24、48、72、96 h 的半致死浓度 LC₅₀^[12], 并按下式计算出安全浓度(C_s)。

$$C_s = 0.1 \times LC_{50,96 h}^{[13]}$$

实验中所提及的氨氮是指水体中的总氨氮质量浓度, 有离子氨(NH₄⁺)和非离子氨(NH₃)组成。非离子氨由于不带电荷, 对机体的毒害作用强, 是氨氮中的主要毒物, 计算氨氮的半致死浓度时还要考虑非离子氨的半致死浓度。非离子氨在总氨氮中的含量取决于水中 pH 值、水温及含盐量。

非离子氨-氮(NH₃-N_m)量由总氨-氮(NH₃-N_t)量计算, 采用《海水水质标准》(GB3097-1997)规定换算公式求得。

2 实验结果

2.1 斜带石斑鱼苗在氨氮毒性环境中的急性毒性表现

实验过程中观察到鱼苗对氨氮的反应较敏感, 高浓度组的反应更为强烈。实验开始 30 min, 小规格鱼苗在氨氮质量浓度大于 4.74 mg/L 的实验组中即表现出烦躁不安, 易受惊吓的症状, 鱼苗受惊吓后会

急速逃避、向前冲撞, 严重者在水中剧烈挣扎, 身体弯曲、痉挛, 死亡时背鳍、胸鳍张开, 鳃盖微张, 体色变白。鱼苗易受惊吓死亡的现象随实验时间的延长有所减缓, 72 h 前均会发生因换水刺激引起鱼苗死亡的情况, 72 h 后基本不会。大规格鱼苗对氨氮毒性反应的情况类似, 但相对而言, 反应的剧烈程度不如小苗。

2.2 氨氮对斜带石斑鱼的急性毒性效应

表 1 是 NH₃-N 对斜带石斑鱼苗毒性实验结果, 可以看出, 随着氨氮浓度的增加, 其毒性作用不断增强, 鱼苗的死亡率逐渐增加; 随着实验时间的延长, 除对照组及最低浓度组外, 同一浓度对鱼苗的毒性作用亦随之增强。经直线内插法求出氨氮对斜带石斑鱼小规格鱼苗的 24、48、72、96 h LC₅₀及安全质量浓度分别为 5.62、3.50、2.93、2.68、0.27 mg/L, 其相应的非离子氨质量浓度分别为 0.23、0.14、0.12、0.11、0.011 mg/L; 氨氮对大规格鱼苗的 24、48、72、96 h LC₅₀及安全质量浓度分别为 58.6、56.2、53.3、51.4、5.13 mg/L, 其相应的非离子氨质量浓度分别为 2.41、2.32、2.2、2.12、0.21 mg/L(表 2)。

2.3 斜带石斑鱼苗在亚硝酸盐毒性环境中的急性毒性表现

经实验观察, 鱼苗对亚硝酸盐的反应不如对氨氮的敏感, 实验开始 4 h 左右高浓度组有鱼苗出现呼吸加快、体色发黑, 中毒死亡过程中未发现有剧烈的窜动、挣扎、痉挛现象, 死亡个体背鳍、胸鳍张开, 身体弯曲、鳃盖张大。实验过程中基本未发现因换等刺激引起鱼苗死亡急性死亡的情况。

2.4 亚硝酸盐对斜带石斑鱼的急性毒性效应

表 3 是 NO₂-N 对斜带石斑鱼苗毒性实验结果, 可以看出, 随着亚硝酸盐浓度的增加, 其毒性作用也不断增强, 鱼苗的死亡率逐渐增加; 随着实验时间的延长, 除对照组及最低浓度组外, 同一浓度对鱼苗的毒性作用亦随之增强。经直线内插法求出亚硝酸盐对斜带石斑鱼小规格鱼苗的 24、48、72、96 h LC₅₀及安全质量浓度分别为 288.4、281.8、270.4、267.3、26.7 mg/L; 亚硝酸盐对大规格鱼苗的 24、48、72、96 h LC₅₀及安全质量浓度分别为 354.8、346.7、280.5、208.4、20.8 mg/L(表 4)。

表 1 NH₃-N 对斜带石斑鱼苗毒性实验结果

Tab. 1 The acute toxic effect of ammonia on the fry of *Epinephelus coioides*

鱼苗	对照组	NH ₃ -N(mg/L)		死亡率(%)			
		NH ₃ -N _t	NH ₃ -N _m	24 h	48 h	72 h	96 h
小苗	1	1.5	0.062	0	5	5	5
	2	2.20	0.091	20	35	35	40
	3	3.23	0.13	35	50	55	60
	4	4.74	0.2	45	60	70	75
	5	6.65	0.27	55	75	75	85
	6	10.23	0.42	70	90	90	95
	7	15.0	0.62	100	100	100	100
大苗	1	40	1.65	0	0	0	0
	2	43.95	1.81	10	15	20	30
	3	48.19	1.99	20	20	25	35
	4	53.0	2.18	20	30	45	55
	5	58.01	2.39	50	60	80	100
	6	63.75	2.63	70	90	100	100
	7	70.0	2.88	100	100	100	100

表 2 氨氮、非离子氨对斜带石斑鱼苗半致死浓度 LC₅₀ 和安全质量浓度

Tab. 2 The LC₅₀ and Sc values of ammonia and non-ion ammonia of the fry of *Epinephelus coioides*

鱼苗	项目	半致死浓度(mg/L)				安全质量浓度 (mg/L)
		24 h	48 h	72 h	96 h	
小苗	NH ₃ -N _t	5.62	3.50	2.93	2.68	0.27
	NH ₃ -N _m	0.23	0.14	0.12	0.11	0.011
大苗	NH ₃ -N _t	58.6	56.2	53.3	51.4	5.13
	NH ₃ -N _m	2.41	2.32	2.20	2.12	0.21

表 3 NO₂-N 对斜带石斑鱼苗毒性实验结果

Tab. 3 The acute toxic effect of nitrite on the fry of *Epinephelus coioides*

鱼苗	对照组	NO ₂ -N (mg/L)	死亡率(%)			
			24 h	48 h	72 h	96 h
小苗	1	150	0	0	0	0
	2	172.6	10	10	20	20
	3	199.1	10	20	20	30
	4	229.1	10	20	30	40
	5	263.6	30	30	40	45
	6	304.1	60	70	85	90
	7	350	80	100	100	100
大苗	1	180	0	0	15	25
	2	217.3	0	20	25	60
	3	262.4	0	30	45	70
	4	317.7	15	45	60	85
	5	382.8	30	55	90	100
	6	463.4	85	90	100	100
	7	560	100	100	100	100

表 4 NO₂-N 对斜带石斑鱼苗半致死浓度 LC₅₀ 和安全质量浓度

Tab. 4 The LC₅₀ and the safe concentrations of nitrite of the fry of *Epinephelus coioides*

鱼苗	项目	半致死浓度 (mg/L)				安全质量浓度 (mg/L)
		24 h	48 h	72 h	96 h	
小苗	NO ₂ -N	288.4	281.8	270.4	267.3	26.7
大苗	NO ₂ -N	354.8	346.7	280.5	208.4	20.8

3 讨论

3.1 氨氮和亚硝酸盐对斜带石斑鱼毒性的比较

已有实验研究表明, 氨氮中的非离子氨能够导致鱼鳃对气体的通透性增加, 刺激鱼体兴奋, 使鱼发生痉挛^[5], 在实验过程中, 氨氮中毒的斜带石斑鱼苗均出现呼吸急促, 烦躁不安, 易受外界刺激, 身体痉挛现象, 这与前者的研究结果相似; NO₂-N 进入鱼的血液后, 能将血红蛋白分子中的 Fe²⁺ 氧化为 Fe³⁺, 抑制血液的载氧能力, 导致其呼吸机能下降, 中毒严重时可引起鱼类窒息、死亡^[6], 本实验中亚硝酸盐中毒过程中鱼苗反应较为缓慢, 死亡个体胸鳍张开, 身体弯曲、鳃盖张开, 也多为缺氧窒息死亡。本实验过程中, 氨氮中毒时鱼苗的反应更加剧烈, 相比之下亚硝酸盐中毒过程则较为温和。

实验结果显示, 氨氮对小规格及大规格斜带石斑鱼苗 96 h LC₅₀ 值分别为 2.68、51.4 mg/L, 对应的非离子氨质量浓度为 0.11、2.12 mg/L; 亚硝酸盐对小规格及大规格斜带石斑鱼苗 96 h LC₅₀ 值分别为 267.3、208.4 mg/L, 说明在同等条件下, 非离子氨对斜带石斑鱼苗种的毒性作用大于亚硝酸盐的毒性。

3.2 不同规格斜带石斑鱼苗对非离子氨及亚硝酸盐氮的耐受力

尤章强^[14]研究表明, 非离子氨对全长 4~5 cm 及体质量 30 g/尾黑鲷(*Sparu macrocephalus Basilewsky*) 鱼苗的安全质量浓度分别为 0.174、0.199 mg/L; 周永欣^[15]研究表明, 非离子氨对全长 1.73、2.62 和 7.07 cm 草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*) 苗的安全质量浓度分别为 0.047、0.133、0.139 mg/L; 王侃^[1]、陈瑞明^[2] 研究表明, 非离子氨对全长 0.9~1.2 cm 及全长 1.0~1.5 cm 鳊鱼(*Siniperca chuats*) 苗的安全质量浓度分别为 0.032、0.06 mg/L, 说明多数鱼类随着个体的增大其非离子氨的安全浓度相应增加。本实验研究结果显示非离子氨对全长 4.4 cm 斜带石斑鱼苗的安全质量浓度为 0.011 mg/L, 对全长为 10.5 cm 的鱼苗,

非离子氨的安全质量浓度增至 0.21 mg/L, 随着鱼苗规格的增大, 安全浓度有了显著的提高, 这与以上研究报道的结果相似。

王侃^[1]、陈瑞明^[2] 研究表明, 亚硝酸盐氮对全长 0.9~1.2 cm 及全长 1.0~1.5 cm 鳊鱼苗的安全质量浓度分别为 7.61、5.01 mg/L, 规格大的鱼苗对亚硝酸盐氮的耐受力反而下降, 本研究结果显示, 亚硝酸盐氮对全长 4.4 cm 及 10.5 cm 斜带石斑鱼的安全质量浓度分别为 26.7、20.8 mg/L, 也呈现规格大的鱼苗对亚硝酸盐的耐受力下降的情况。

3.3 斜带石斑鱼苗与其他鱼苗对非离子氨及亚硝酸盐耐受力比较

从表 5 可以看出, 非离子氨对全长 4.4 cm 斜带石斑鱼苗的安全质量浓度为 0.011 mg/L, 远低于规格相近黑鲷鱼苗的 0.174 mg/L^[14]、半滑舌鳎的 0.06 mg/L^[16]、大菱鲆的 0.11 mg/L^[17]、草鱼的 0.133 mg/L^[15], 可以看出斜带石斑鱼苗早期苗种对水质的要求比其他鱼类要高很多, 实际生产中石斑鱼仔、稚、幼鱼阶段常发生病害、育苗成活率低可能与此有关; 但非离子氨对全长 10.5 cm、体质量 19.3 g/尾的斜带石斑鱼大规格鱼苗的安全质量浓度为 0.21 mg/L, 反而大于规格为 30 g/尾黑鲷幼鱼的 0.199 mg/L; 从表 5 中也能看出相对于半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis*)、大菱鲆(*Scophthalmus maximus*) 及鳊鱼(*Siniperca chuats*) 等鱼类, 斜带石斑鱼苗对亚硝酸盐氮的耐受力高了很多。生产实践中, 斜带石斑鱼苗长至 10 cm 以后, 较其他鱼类而言, 对水质的要求相对较低, 其更适合于高密度养殖, 养殖成活率也较高, 这可能与已能耐受较高浓度的非离子氨及亚硝酸盐有关。

3.4 降低水中非离子氨浓度及提高鱼体对氨氮、亚硝酸盐耐受力的策略

非离子氨在总氨中所占的比例与水环境的 pH 值、温度、盐度等水化因子有关, 生产过程中可以通过调节水体 pH 值、温度、盐度等来降低氨氮对水生

生物的毒性。同时,水环境溶解氧浓度也影响水生生物对氨氮及亚硝酸盐的耐受力,李波^[18]等研究认为,溶解氧质量浓度从 3.45 mg/L 提高到 10.77 mg/L,氨氮和亚硝酸盐对黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)苗的安全质量浓度分别由 6.8、8.1 mg/L 提高到 14.8、20.6 mg/L;许勇^[16]等研究了不同溶解氧条件下氨氮和亚硝酸盐对半滑舌鲷鱼苗的毒性效应,结果认为

溶解氧为正常值 5.5~6.0 mg/L 时,非离子氨及亚硝酸盐对鱼苗的安全质量浓度分别为 0.06 和 4.2 mg/L;过饱和氧 10~12 mg/L 情况下,非离子氨及亚硝酸盐对鱼苗的安全浓度分别提高到 0.24 和 10.4 mg/L。所以在鱼类育苗及养殖过程中,保持水体中较高的溶解氧浓度,对提高养殖对象的生长速度及抗病力具有重要作用。

表 5 不同鱼类对非离子氨(NH₃-N_m)及亚硝酸盐氮(NO₂⁻-N)的安全质量浓度(mg/L)
Tab. 5 The safe concentrations of non-ion ammonia and nitrite for different fishes

鱼种	规格(cm)	实验条件	安全质量浓度(mg/L)	
			NH ₃ -Nm	NO ₂ -N
斜带石斑鱼	全长 4.4	温度=25℃, 盐度=30~31, pH=8.0, 正常溶氧	0.011	26.7
	全长 10.5		0.21	20.8
黑鲷 ^[14]	全长 4~5	温度=25℃, 盐度=28, pH=8.1, 正常溶氧	0.174	
	体质量=30 g/尾		0.199	
半滑舌鲷 ^[16]	体长 3.0~3.4	温度=16℃,盐度=30~33, pH=7.9, 正常溶氧	0.06	4.17
大菱鲆 ^[17]	体长 2.0~2.4	温度=16℃, 盐度=30~33, pH=7.9, 正常溶氧	0.11	13.07
草鱼 ^[15]	全长 1.73	温度=25℃, pH=7.5~8.1, 正常溶氧	0.047	
	全长 2.62		0.133	
	全长 7.07		0.139	
鳊鱼 ^[1,2]	全长 0.9~1.2	温度=20℃, pH=7.8~8.9, 正常溶氧	0.032	7.61
	全长 1.0~1.5	温度=25℃, pH=7.9~8.1, 正常溶氧	0.06	5.01

参考文献:

- [1] 王侃, 刘荭. 非离子态氨及亚硝酸盐对鳊鱼苗的急性毒性试验[J]. 淡水渔业, 1996, 26(3): 7-10.
- [2] 陈瑞明. 铵态氮和亚硝酸盐氮对鳊鱼苗的急性毒性试验[J]. 水利渔业, 1998, 1: 17-20.
- [3] 郭丰红, 汪之和, 陈必文, 等. 分子氨和亚硝态氮对鳊鱼成鱼的急性毒性试验[J]. 食品科学, 2009, 30(23): 397-400.
- [4] 余瑞兰, 聂湘平, 魏泰莉, 等. 分子氨和亚硝酸盐对鱼类的危害及对策[J]. 中国水产科学, 1999, 6(3): 73-77.
- [5] Randall D J, Wright P A. Ammonia distribution and excretion in fish[J]. Fish Physiology Biochemistry, 1987, 3: 107-120.
- [6] Sampaio L A, Wasielesky W, Camposmiranda F K. Effect of salinity on acute toxicity of ammonia and nitrite to juvenile *Mugil platanus*[J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2002, 68: 668-674.
- [7] 刘付永忠, 王新云, 黄国光, 等. 斜带石斑鱼亲鱼强化培育及自然产卵研究[J]. 中山大学学报, 2000, 39(6): 81-85.
- [8] 方琼珊, 郑乐云, 林琪, 等. 斜带石斑鱼亲鱼周年产卵的观察及仔鱼活力判[J]. 中国水产科学, 2009, 16(4): 558-563.
- [9] 刘冬娥, 张雅芝, 方琼珊, 等. 斜带石斑鱼仔、稚、幼鱼的形态发育研究[J]. 台湾海峡, 2008, 27(2): 180-189.
- [10] 张雅芝, 刘冬娥, 方琼珊, 等. 温度和盐度对斜带石斑鱼幼鱼生长与存活的影响[J]. 集美大学学报(自然科学版), 2009, 14(1): 8-13.
- [11] 于赫男, 林小涛, 梁旭方, 等. 封闭循环养殖系统中

- 驼背鲈和斜带石斑鱼生长的研究[J]. 海洋科学, 2004, 1: 2-4.
- [12] 郑微云, 翁思琪. 环境毒理学概论[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 1993: 57-60.
- [13] 周永欣. 水生生物与环境保护[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [14] 尤章强. 黑鲷幼鱼对氨氮胁迫的生理响应及其维生素 C 的营养需求研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2008.
- [15] 周永欣. 氨对草鱼的急性和亚急性毒性[J]. 水生生物学报, 1986, 10(1): 32-38.
- [16] 徐勇, 张修峰, 曲克明, 等. 不同溶氧条件下亚硝酸盐和氨氮对半滑舌鳎的急性毒性效应[J]. 海洋水产研究, 2006, 27(5): 28-33.
- [17] 曲克明, 徐勇, 马绍骞. 不同溶氧条件下亚硝酸盐和氨氮对大菱鲆的急性毒性效应[J]. 海洋水产研究, 2007, 28(4): 83-88.
- [18] 李波, 樊启学, 张磊, 等. 不同溶氧水平下氨氮和亚硝酸盐对黄颡鱼的急性毒性研究[J]. 淡水渔业, 2009, 39(3): 32-35.

Acute toxic effects of ammonia and nitrite on *Epinephelus coioides* fry

ZHENG Le-yun

(Fujian Fisheries Research Institute, Xiamen 361012 China)

Received: Sep., 21, 2011

Key words: Non-ion ammonia; nitrite; *Epinephelus coioides*; acute toxicity

Abstract: The acute toxic effects of ammonia and nitrite on different sized fries of *Epinephelus coioides* were studied. The temperature was set at $(25 \pm 0.5)^\circ\text{C}$, salinity 30~31, pH 7.9~8.1, and dissolved oxygen 4.5~5.5 mg/L in the experiment. The results showed that the half lethal concentrations (LC_{50}) and the safe concentrations of ammonia on the fries of *E. coioides* with body length 4.4 cm at 24, 48, 72 and 96 h were 5.62, 3.50, 2.93, 2.68 and 0.27 mg/L, respectively, and their corresponding non-ionic ammonia concentrations were 0.23, 0.14, 0.12, 0.11 and 0.011 mg/L, respectively. The LC_{50} and the safe concentrations of ammonia on the fries with length 10.5cm at 24h, 48h, 72 and 96 h were 58.6, 56.2, 53.3, 51.4 and 5.13 mg/L, respectively, and their corresponding non-ionic ammonia concentrations were 2.41, 2.32, 2.20, 2.12 and 0.21 mg/L, respectively. The LC_{50} and the safe concentrations of nitrite on the fries of *E. coioides* with length 4.4 cm at 24, 48, 72 and 96 h were 288.4, 281.8, 270.4, 267.3 and 26.7 mg/L, respectively; The LC_{50} and the safe concentrations of nitrite on the fries with length 10.5 cm at 24, 48, 72 and 96 h were 354.8, 346.7, 280.5, 208.4 and 20.8 mg/L, respectively.

(本文编辑: 谭雪静)