

· 研究简报 ·

氨态氮在低温下对鱼的急性毒性研究

沈成钢* 杨凤 刘长发 雷衍之

(养殖系)

鲍文奎 傅强

(吉林沙河水库)

(吉林市水产站)

摘要 利用北方池塘养殖的几种主要鱼类杂交鲤、鲢、鳙、草鱼等,在水温为2~10℃的条件下进行氨态氮的急性毒性试验。结果表明:氨态氮对鱼的急性毒性是水温高毒性大;对氨毒的耐受能力是鲢<镜鲤<丰鲤<草鱼<鳙;在假定非离子氨与离子氨(铵)对鱼均有毒,并且毒性符合加和性的前提下提出,非离子氨的毒性大约是离子氨(铵)毒性的70~80倍。

关键词 氨态氮;急性毒性;鱼;低温

中图分类号 S912; S941.91

A Study on the Acute Toxicity of Ammonia to Fishes in Low Temperature

Shen Chenggang Yang Feng Liu Changfa Lei Yanzhi

(Department of Aquaculture)

Bao Wenkui Fu Qiang

(Shahe Reservoir, Jilin)

(Aquatic Product Section, Jilin)

Abstract This paper investigates the acute toxicity of ammonia to several mainly fishes such as hybrid common carp, silver carp, bighead carp, grass carp and others for pond culture in the north at present under conditions of low temperature of 2~10℃ in tanks. The results show that the acute toxicity of ammonia to fishes increases with the rising water temperature. The endurance to ammonia to toxicity is silver carp < mirror carp < grass carp < bighead carp. Suppose that both ammonia and ammonium have toxicity to fishes and the toxicity accords with redoubling, the toxicity of ammonia is 70~80 times to that of ammonium.

Key words ammonia; acute toxicity; fishes; low temperature

收稿日期: 1994-05-27

* 沈成钢: 1955年生,男,讲师,大连116024

关于氨对鱼类的毒性国外已经进行过大量研究^[1],国内这方面的工作也做过一些^[2,3].对于氨对鱼类毒性的认识也逐渐深入,有文献认为氨在低温下对鱼的毒性可能更大^[4].欧洲内陆渔业咨询委员会(1970)指出:低于5℃时氨的毒性可能比大于5℃时更大^[5].近年来,在杂交鲤越冬常发生大量死亡的情况下,水产界有人提出了氨的毒性可能是直接致死的原因之一,并怀疑到生物增氧越冬方法中有关施肥的措施.那么,在越冬池中,氨态氮的含量是否对鱼类构成威胁?低温下氨态氮对鱼的作用性是否增强?针对诸如上述问题,作者用试验方法研究氨态氮在低温下对几种主要鱼类(丰鲤、鲢、鳙、草鱼)的急性毒性.

1 材料与方法

1.1 实验用鱼

全部取自舒兰县沙河水库,系该库培育的秋片鱼种.杂交鲤是从无锡地区运来的丰鲤乌仔培育而成的.为了操作上的方便,挑选较小的健壮个体,在室内试验箱暂养三天以上开始实验.实验用鱼的规格如表1

表1 实验用鱼规格

种类	体长/cm	体重/g
鲢	10.78 ± 0.84	19.77 ± 2.23
	(8.8 ~ 11.5)	(12.2 ~ 24.6)
鳙	10.38 ± 0.67	20.32 ± 3.68
	(9.0 ~ 12.1)	(13.4 ~ 29.8)
草鱼	11.73 ± 0.99	30.54 ± 7.66
	(9.8 ~ 14.4)	(20.0 ~ 51.3)
丰鲤	13.04 ± 1.81	70.46 ± 26.9
	(8.7 ~ 16.5)	(20.3 ~ 139.1)

1.2 器皿与药品

实验容器为4 m³或8 m³的方形铁质水槽,内壁刷有防锈无毒油漆,系曾用于鱼类繁殖的鱼种饲养槽.

实验用水以水库水为原水,按计算量添加氯化铵(二级试剂).原水中含氨氮量小于0.1 mg/L.

1.3 实验方法

1.3.1 予试验

用水槽配制氨氮浓度对数间距为 0.60 的氯化铵试验液系列 (pH8.5 及 pH9.5)。放入试验鱼各 5 尾, 求出 24 h 全部死亡的最低浓度与全部存活的最大浓度。

1.3.2 正式试验

在予试验数据的基础上, 参照非离子氨与总氨的关系式, 确定各 pH 试验系列各试验液总氨的浓度 (浓度对数间距为 0.075), 进而计算氯化铵的用量, 按计算量配制试验系列。每槽盛试验液 2.0 m³。配完后用酸度计检查各槽 pH, 并用 NaOH 溶液及 H₂SO₄ 溶液调 pH 值符合要求。每一系列调好后即将试验鱼放入, 开始计时及观察, 记录各槽 24、48 及 96 h 死亡鱼数与存活鱼数。用概率单位直线内插求出各 pH 系列试验鱼的 TLm 值^[6]。

试验鱼有鲢、鳙、草鱼及丰鲤, 除鳙 pH9.0 系列因鱼数不够, 每槽放 7 尾外, 余各试验槽均每槽每种鱼 10 尾。

试验期间溶氧始终丰富 (在 8.0~10.3 mg/L 之间); pH 值偏离大于 0.1 时, 即用酸、碱调正; 考虑到生产的实际情况, 越冬鱼种规格一般在 20 g 以上, 所以我们采用 20 g 以上的鱼种作为试验对象。由于鱼种规格较大, 试验容器也较大, 也就不能严格地进行人为控温, 所以, 每一系列的温度是变化在某范围内的, 没有做到恒温。

2 实验结果与讨论

2.1 TLm 值与安全浓度

试验的主要结果列于表 2。

采用两个估算安全浓度的经验公式, 分别计算了安全浓度 (表 2)。从所得数据可以看出, 公式 1 所得数据是公式 2 所得数据的 1.0~2.9 倍, 平均 2.4 倍。所估算出的“安全浓度”是否安全, 需要通过慢性试验来检验修正。参照生产经验, 我们认为公式 1 所算出的浓度显然偏高, 对鱼类并不安全。公式 2 算出的浓度, 与经验比较接近, 此数据可以作为确定安全浓度时的参考。

2.2 温度对毒性的影响

比较同一 pH 系列中不同温度下的 24 hTLm 与 48 hTLm 数据, 可以看出, 在大多数情况下都是温度较高毒性较大, 这从鲢与丰鲤 pH8.5 的数据看得更明显。在鲢及丰鲤的所有数据中, 仅 pH9.5 系列中水温为 3.5~5.6 °C 的数据有一些例外。这表明氨对鱼的急性毒性, 在水温为 2~10 °C 的范围内, 仍然是温度高毒性大。这与 Brown 用虹鳟试验的结果不一致。他认为水温 3 °C 时非离子氨对虹鳟的 LC₅₀ 阈值约为 10 °C 时的一半^[4]。他是用非离子氨浓度计算, 考虑到生产的实际情况, 往往用总氨浓度较多, 所以我们是总氨浓度计算的, 这可能是我们与他的试验结果不一致的原因。

2.3 不同种类鱼对氨的耐受差异

比较相同温度及 pH 时的 24 hTLm 值可知, 对氨的急性毒性的耐受能力是鲢最差,

杂交鲤的耐受能力比鲢要强得多。根据 pH8.5、水温为 6.1~6.5 ℃ 的 24 hTLm 值, 可以大致排列出耐氨毒能力由小到大的顺序为

鲢 < 镜鲤 < 丰鲤 < 草鱼 < 鳊

(68.1) (79.1) (84.5) (93.6) (98.6)

(括号中的数字是 24 hTLm) 生产中常常发现鳊的耐污染与耐低氧能力比较强、耐氨毒能力强与此相一致。

表 2 不同 pH 值时总氮的 TLm 值

NH₄-N mg/L

种类	pH 值	水温 ℃	24 h	48 h	安全浓度	安全浓度
			TLm 值	TLm 值	1) ¹⁾	2) ²⁾
鲢	7.5	0.3 ~ 3.7	230	—	—	—
	7.5	6.6 ~ 9.5	215	190	44	19
	8.0	0.5 ~ 4.4	143	110	20	11
	8.5	2.0 ~ 2.7	72.4	62.1	14	6.2
		6.1 ~ 6.5	68.1	61.7	15	6.2
		8.9 ~ 9.5	41.3	41.3	12	4.1
	9.5	0.3 ~ 2.0	9.9	5.7	0.57	0.57
		3.7 ~ 5.6	10.1	9.4	2.4	0.94
鳊	8.5	2.1 ~ 2.7	105	91.0	20	9.1
		6.1 ~ 6.5	98.6	—	—	—
	9.0	0.8 ~ 1.6	53.3	44.0	9.0	4.4
镜鲤	8.5	6.1 ~ 6.5	79.1	72.6	18.3	7.3
草鱼	8.0	0.8 ~ 1.6	46.8	—	—	—
	8.5	2.0 ~ 2.7	90.5	88.8	26	8.9
		6.1 ~ 6.5	93.6	85.7	22	8.6
丰鲤	7.5	6.6 ~ 9.5	242	221	55	22
	8.0	0.5 ~ 4.4	—	128	—	13
	8.5	2.0 ~ 2.7	104	97.4	26	9.7
		6.1 ~ 6.5	84.5	77.5	20	7.8
		8.9 ~ 9.5	63.1	61.6	18	6.2
	9.5	0.2 ~ 2.0	18.2	14.0	2.5	1.4
	3.7 ~ 5.6	8.2(?)	7.6	2.0	0.8	
	8.1 ~ 9.1	9.5	8.6	2.1	0.9	

1) 安全浓度按照以下公式计算

$$\text{安全浓度 (1)} = \frac{0.3 \times 48 \text{ hTLm}}{(24 \text{ hTLm}/48 \text{ hTLm})^2}$$

$$\text{安全浓度 (2)} = 48 \text{ hTLm} \times 0.1$$

2.4 离子氨与非离子铵的毒性问题

为了讨论离子氨(铵)与非离子氨的毒性,利用非离子氨与总氨的定量关系式^[1]可计算得到 TLm 值中的离子氨(铵)与非离子氨的含量. 计算时取实际水温的中值.

表 3 列出了对部分 TLm 值进行计算的结果,选用的是水温在 6 ℃附近的数据, pH9.5 则用水温为 3.7~5.6 ℃试验组与 8.1~9.1 ℃试验组的两组数据,分别计算离子氨与非离子氨后的平均值. 从表中数据可以看出,所得非离子氨含量并不是常数,表明认为总氨中仅非离子氨有毒是不正确的.

表 3 总氨 TLm 值时的非离子氨与离子氨(铵)

种类	pH	24 hTLm		48 hTLm	
		A _{FL}	A _L	A _{FL}	A _L
鲢	7.5	1.1	214	0.94	189
	8.5	2.82	65.3	2.56	59
	9.5	2.98	6.7	2.64	6.0
丰鲤	7.5	1.2	241	1.1	220
	8.5	3.5	81	3.21	74.3
	9.5	2.75	8.1	2.51	5.6

注: A_{FL} —— 非离子氨态氮 mg/L;

A_L —— 离子氨态氮(铵) mg/L

假定离子氨与非离子氨对鱼均有毒,并且,设想非离子氨态氮单独存在时对鱼的 TLm 值为 x , 离子氨(铵)态氮单独存在时对鱼的 TLm 值为 y , 如果离子氨(铵)与非离子氨的联合毒性作用符合加和性原理,则在试验体系没有其他毒物存在的情况下,下式应成立:

$$\frac{A_{\text{NH}_3-\text{N}}}{x} + \frac{A_{\text{NH}_4-\text{N}}}{y} = 1$$

式中 $A_{\text{NH}_3-\text{N}}$ 及 $A_{\text{NH}_4-\text{N}}$ 分别为总氨 TLm 值中非离子氨及离子氨的含量. 将上式适当变换可得如下直线方程式

$$A_{\text{NH}_3-\text{N}} = x - \frac{x}{y} A_{\text{NH}_4-\text{N}}$$

即 $A_{\text{NH}_3-\text{N}}$ 与 $A_{\text{NH}_4-\text{N}}$ 应符合直线关系. 根据一系列 $A_{\text{NH}_3-\text{N}} - A_{\text{NH}_4-\text{N}}$ 数据可以用回归法求出直线方程. 直线的截距即为 x , 斜率即为 $(-\frac{x}{y})$ 为此即可求出 x 及 y 值. 将表 3 中的数据作直线回归可得

$$\text{鲢, 24 hTLm } \hat{A}_{\text{NH}_3-\text{N}} = 3.21 - 9.54 \times 10^{-3} A_{\text{NH}_4-\text{N}}$$

$$n = 3 \quad r = -0.98$$

$$\text{鲢, 48 hTLm } \hat{A}_{\text{NH}_3-\text{N}} = 2.88 - 9.89 \times 10^{-3} A_{\text{NH}_4-\text{N}}$$

$$n = 3 \quad r = -0.97$$

$$\begin{aligned} \text{丰鲤, } 24 \text{ hTLm } \hat{A}_{\text{NH}_3-\text{N}} &= 3.35 - 7.92 \times 10^{-3} A_{\text{NH}_4-\text{N}} \\ n &= 3 \quad r = -0.80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{丰鲤, } 48 \text{ hTLm } \hat{A}_{\text{NH}_3-\text{N}} &= 3.05 - 7.81 \times 10^{-3} A_{\text{NH}_4-\text{N}} \\ n &= 3 \quad r = -0.80 \end{aligned}$$

由此可以求出假想的离子氨单独存在时 TLm 值与非离子氨单独存在时 TLm 值的比值(简称离子氨与非离子氨 TLm 比), 对白鲢为 101~105, 对丰鲤为 128. 这可以理解为, 离子氨(铵)对鱼也有毒, 对鲢, 离子氨的毒性平均来说大约是非离子氨毒性的 1/101~1/105, 对丰鲤则为 1/128.

从作图分析可知, 上述不同 pH 时的 3 个点并不真正在一条直线上, 如果考虑到 pH9.5 系列中, pH 本身已是对鱼生活有不利影响的因素, 这一组数据可能不甚符合我们前面假设的条件. 故另以 pH7.5 与 8.5 两组数据来作分析, 此时得到的离子氨 TLm 与非离子氨 TLm 的比值分别为: 对鲢为 86 与 80 (平均为 83), 对丰鲤为 70 与 69 (平均为 70).

我们认为后一分析较为可靠, 考虑到试验未能做到恒温, 所得数据作比较分析时误差较大. 但所得到的关于离子铵也有毒, 其毒性大约是非离子氨毒性的 1/80~1/70 的结论, 还是比较可靠的.

2.5 氨态氮与越冬杂交鲤死亡的关系

丰鲤在北方越冬常常发生大批死亡^①, 引起死亡的原因是什么? 氨态氮的毒性是不是主要原因? 根据本试验结果与在吉林省所作越冬调查的结果分析: 氨态氮的毒性不会引起当前鱼类越冬大批死亡的原因. 主要理由有以下几点:

(1) 调查结果表明, 吉林地区越冬池中氨态氮的含量大多在 2 mg/L 以下, 只有少数因施肥而达到 4~6 mg/L, 此含量仍在安全浓度以下, 并且这类高氨态氮的越冬池出池率都在 80% 以上(成活率则可达 90%), 相反, 出现丰鲤越冬大批死亡的越冬池, 水中氨态氮含量并非所测池中最高者.

(2) 根据急性毒性试验推算出的安全浓度, 当 pH 为 8.0~8.5 时, 对鲢为 11~4.1 mg/L, 对丰鲤为 13~6.2 mg/L, 并且是鲢的耐受能力不如丰鲤. 而大批死鱼时, 绝大多数都是杂交鲤(丰鲤与建鲤), 同池的鲢则不死亡. 可见, 不应是氨毒所为.

(3) 氨态氮是低温时毒性较小, 许多大批死鱼的越冬池, 都有水温比较低, 或者一度出现过水温低的现象, 这用氨态氮的毒性来解释也是不通的.

由此看来, 越冬池按照生物增氧的方法, 采取施肥的措施, 正常情况下, 不会对越冬鱼类构成威胁的.

^① 何幽峰等. 吉林地区越冬鱼类鱼病发生概况. 北方越冬鱼类死亡原因探讨论文集, 1991

3 小结

当水温为 2~10 ℃时, 氨对鱼的急性毒性是温度高毒性大。

不同种类的鱼对氨的急性毒性的耐受能力不同, 其对氨毒耐受能力顺序为

鲢<镜鲤<丰鲤<草鱼<鳙

总氨中的非离子氨与离子氨(铵)对鱼均有毒, 非离子氨的毒性大约是离子氨(铵)毒性的 70~80 倍。

当前越冬鱼类大批死亡的主要原因并不是由于氨浓度过高。

参 考 文 献

- 1 姜礼燧译. 淡水鱼类的水质标准. 北京: 科学普及出版社, 1986
- 2 周永欣等. 氨对草鱼的急性和亚急性毒性. 水生生物学报, 1986, 10(1)
- 3 水利电力部水质试验研究中心《水质评价标准》编译组译. 水质评价标准. 北京: 水利电力出版社, 1991
- 4 Brown V M. The calculation of the acute toxicity of mixtures of poisons to rainbow trout. Wat Res, 1968, 2: 723~733
- 5 Gary M R, Sam R P. Fundamentals of Aquatic Toxicology. Hemisphaera Publishing Corporation, 1985
- 6 中国医学科学院卫生研究所编著. 水质分析法. 北京: 人民卫生出版社, 1973