

稀有鮈对高浓度二氧化碳和低溶氧的急性反应*

王 剑 伟

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

ACUTE EFFECTS OF HIGH CONCENTRATION OF DISSOLVED FREE CARBON DIOXIDE AND LOW DISSOLVED OXYGEN ON RARE MINNOW

Wang Jianwei

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

关键词 稀有鮈, 游离二氧化碳, 溶解氧, 窒息

Key words Rare minnow, Dissolved free carbon dioxide, Dissolved oxygen, Asphyxiation

鱼类生活在水中, 其生存与水中的溶解氧和游离的二氧化碳浓度息息相关。在稀有鮈 (*Gobio-cypris rarus* Ye et Fu) 的养殖及作为实验鱼、灭蚊鱼的应用中, 引起它出现呼吸困难或者死亡的 CO₂ 和溶氧浓度的高低值, 是人们很关心的问题。为此, 我们于 1992 年 12 月至 1993 年 4 月进行了稀有鮈对高浓度 CO₂ 和低溶氧的急性反应的研究, 本文就是关于这方面的研究报告。

1 材料和方法

1.1 材料 研究所用材料包括 1992 年 4 月捕于四川省汉源县的稀有鮈 110 尾, 以及由 1990 年 3 月捕于汉源县、1992 年 4 月捕于四川省灌县的亲鱼在实验室(湖北武汉)繁殖的后代 26 尾。

1.2 对高浓度 CO₂ 急性反应试验 试验在容量为 40×20×29cm 水族箱中进行, 试验温度为 25.0℃, 每次试验用 10 尾鱼。参照陈宁生等的方法^[1], CO₂ 气体从钢瓶缓缓通入水中, 同时用充气泵通入空气, 以确保溶氧充足并使 CO₂ 扩散均匀。在试验过程中, 通入 CO₂ 气体的速度很慢, 特别是试验鱼开始出现呼吸困难现象时, 将空气泵关掉, 缓通或停送 CO₂ 气体。从开始通 CO₂ 至鱼发生某一反应持续的时间在 0.5h 以上。当半数试验鱼出现某一类急性反应时, 立即测定水中的 CO₂ 浓度、溶氧和 pH 值。为使试验鱼恢复, 加入事先准备好的同温水, 大量通入空气 1—3min, 然后缓慢通空气或停气待鱼恢复。等到半数鱼恢复正常时又进行测定。

1.3 低溶氧窒息试验 试验容器为两种, 1L 广口瓶封闭 1 尾鱼, 3L 的锥形瓶封闭 10 尾鱼。试验容器置于控温的水浴中, 控温误差在 ±0.5℃ 内。为了节省试验时间, 并控制实验终点的 CO₂ 浓度, 在放入实验鱼前向瓶中通入了氮气, 使 1L 的广口瓶起始溶氧为 2.0mg/L, 3L 的锥形瓶起始溶氧为 4.0mg/L。

* 本文承曹文宣研究员指导, 特此致谢。

1994 年 1 月 17 日收到。

L (TH-2 溶氧仪测定, 无锡市无线电八厂)。由于经初步试验已知其窒息点在 1mg/L 以下, 因此充入氮气不会影响鱼的窒息点。对于封闭有 1 尾鱼的广口瓶, 只需测定其中鱼窒息时的溶氧、CO₂ 浓度、pH 值等。对封闭有 10 尾鱼的 3L 锥形瓶, 在第 1 尾鱼窒息、5 尾窒息和全部窒息时分别测定一次。每次测定取样后, 注入溶氧为 0.5—0.6mg/L 的同温水, 然后封瓶。

1.4 较高浓度 CO₂ 条件下的窒息试验 仍参照陈宁生的方法, 所不同的, 在往瓶中通 CO₂ 前用通入氮气的方法使初始溶氧为 2.0mg/L。每个广口瓶中封闭 1 尾鱼。窒息时测定其 CO₂ 浓度、溶氧、pH 值等。

1.5 试验终点的溶氧、CO₂ 浓度均用滴定法, 并参照 APHA 的操作进行^[2]。pH 值用 PHB-29C 酸度计直接测定。

2 结果

2.1 稀有𬶋对高浓度 CO₂ 的急性反应

对 1992 年 4 月捕于四川省汉源县的 30 尾稀有𬶋进行了试验, 确证在溶氧 (5.5mg/L 以上)、pH (5.40—6.40) 不会影响其呼吸的条件下, 稀有𬶋对高浓度 CO₂ 的急性反应是较为一致的 (表

表 1 稀有𬶋对高浓度 CO₂ 的反应 (25.0°C, pH 5.40—6.40)

Tab. 1 Effect of high concentration of CO₂ on rare minnow

组别及试验鱼数①	平均体长 (mm)②	鱼的反应③	CO ₂ 浓度 (mg/L)④	溶氧 (mg/L)⑤	备注⑥
I 组 10 尾	39.0	全部浮头, 2 尾失去平衡	208.7	6.57	送 CO ₂ 快 (16min), 数据不用 2h32min 后恢复
		恢复正常	70.0	7.84	送 CO ₂ 31min 后
		游于上层, 明显不适(浮头)	147.5	7.20	停 CO ₂ , 2h30min 后
		恢复正常	74.8	7.05	送 CO ₂ 40min 后
		浮头	159.9	7.21	停 CO ₂ , 2h 后
		恢复正常	77.9	8.15	
II 组 10 尾	39.0	浮头	145.8	7.27	送 CO ₂ 45min 后
		恢复正常	78.2	7.33	停 CO ₂ , 1h45min 后
		浮头	135.0	7.45	送 CO ₂ 35min 后
		恢复正常	71.8	7.01	停 CO ₂ , 2h10min 后
		浮头	145.8	7.12	送 CO ₂ , 35min 后
		失去平衡, 游动僵直, 时而挣扎冲游	317.6	6.18	取样后继续送 CO ₂ , 35min
		6 尾昏迷, 4 尾横卧喘息	440.3	5.56	继续送 CO ₂ , 30min, 再通入空气 1h 30min 后 8 尾复苏
III 组 10 尾	38.6	浮头	134.3	7.30	送 CO ₂ , 42min 后
		恢复正常	86.7	6.94	送 CO ₂ , 2h 8min 后
		浮头	148.6	7.28	送 CO ₂ , 50min 后
		恢复正常	70.2	7.32	停 CO ₂ , 1h45min 后
		浮头	148.0	7.03	送 CO ₂ , 35min 后
		失去平衡, 游动僵直, 时而挣扎冲游	347.5	5.67	取样后继续送 CO ₂ , 35min
		昏迷或横卧喘息	430.9	5.74	继续送 CO ₂ , 30min, 再大量通入空气 30min 后全部复苏

① Group number and number of fish; ② Average body length; ③ Response of fish; ④ Concentration of free CO₂; ⑤ Concentration of dissolved oxygen; ⑥ Note

1)。当水中 CO_2 浓度逐渐升至 $134.3\text{--}159.9\text{ mg/L}$ 时,稀有𬶋鲫表现出明显不适,它们游于上层,其呼吸频率加快,发生“浮头”,而 CO_2 浓度从这一水平降低到 $70.0\text{--}86.7\text{ mg/L}$ 时,鱼恢复正常。结果还表明,当 CO_2 浓度上升到 317.6 mg/L 以上时,鱼开始失去平衡,其游动僵直,时而挣扎冲游;当 CO_2 浓度继续升高至 430.9 mg/L 以上时,稀有𬶋鲫已难以忍受,其表现为横卧喘息或昏迷,此时若不及时抢救很容易急性致死。

2.2 稀有𬶋鲫的低溶氧窒息点

在研究低溶氧窒息点时,必须排除 CO_2 、 pH 值等对结果的影响。经测定,以下试验终点(试验鱼窒息时) CO_2 浓度一般在 5 mg/L 以下,最多不超过 10 mg/L , pH 值 $7\text{--}8$,因而是稀有𬶋鲫对低溶氧耐受极限的单因子试验。

2.2.1 不同个体的窒息点 在 25.0°C 条件下分别对 4 种来源共 36 尾鱼的窒息点进行了测定。不同个体的窒息点不尽相同,但这种变动与体长、种鱼原产地没有关系,即不同体长组间、不同种群后代间窒息点均没有显著性差异。实验鱼窒息点变动在 $0.398\text{--}0.646\text{ mg/L}$ 间,平均 0.500 mg/L (表 2)。对 1990 年 6 月 20 日孵出的这两组鱼的窒息点按雌雄分别进行统计,结果雌鱼平均 0.492 mg/L ,雄鱼 0.504 mg/L ,两者无显著差异 ($p>0.05$)。

表 2 不同个体的窒息点(25°C)

Tab. 2 Asphyxiation points of different individuals (25°C)

试验鱼来源①	尾数②	平均体长 (mm)③	窒息点 (mg/L)④				
			变幅⑤	平均⑥	方差⑦	注⑧	
1992.6.20 孵出,亲鱼采自汉源	9	31.6	0.479—0.566	0.521	1.25×10^{-3}	各组间均	
1992.6.20 孵出,亲鱼采自灌县	9	31.8	0.398—0.588	0.475	3.56×10^{-3}	无显著差	
1992.4 捕于汉源	10	38.3	0.425—0.646	0.492	5.41×10^{-3}	异	
1992.12.20 孵出,亲鱼采自汉源	8	22.9	0.445—0.601	0.517	2.87×10^{-3}		
36			0.398—0.646	0.500	3.42×10^{-3}		

① Source of fish; ② Number of fish; ③ Average body length; ④ Asphyxiation points; ⑤ Range; ⑥ Average; ⑦ Variance; ⑧ Note

2.2.2 群体窒息试验 共对 3 组 1992 年 4 月捕于四川省汉源县的稀有𬶋鲫进行了试验(表 3)。结果表明,同一组中不同个体死亡时间不同,因而其窒息点是不尽相同的,但大部分个体窒息点在 $0.4\text{--}0.5\text{ mg/L}$ 之间,这与前面个体试验的结果是相似的。试验中还根据从外形判别雌雄的方法^[3],判断雌雄鱼的死亡顺序。结果初始致死的 3 尾鱼为 2 雌 1 雄,其后死亡顺序无规律,这也表明,雌雄鱼的窒息点没

表 3 群体窒息试验的结果(25°C)

Tab. 3 Result of asphyxiating experiment in groups (25°C)

组号①	平均体长②	初始致死时溶氧③	半致死时溶氧 mg/L④	全致死时溶氧 (mg/L)⑤
1	37.9	0.471	0.444	0.424
2	37.7	0.423	0.390	0.351
3	36.5	0.502	0.413	0.388

① Group number; ② Average body length; ③ Incipient lethal concentration of dissolved oxygen; ④ Median lethal concentration of dissolved oxygen; ⑤ Complete lethal concentration of dissolved oxygen

有显著差异。

2.2.3 不同温度条件下稀有鮈的窒息点 选用1992年4月捕于四川省汉源县的30尾雌鱼进行试验,每个温度组测定了3尾鱼的窒息点。结果表明,稀有鮈的窒息点与温度存在着明显的正相关(图1),其回归方程为:

$$A = 0.1372e^{0.05187T}, (r = 0.9532, p < 0.01)$$

式中 A 为窒息点 (mg/L), T 为温度(°C)。

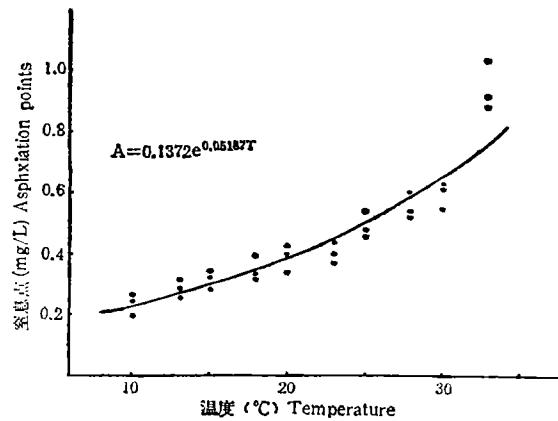


图1 稀有鮈窒息点与温度的关系

Fig. 1 Correlation between asphyxiation points of rare minnow and temperature

表4 不同CO₂浓度条件下稀有鮈的窒息点(25.0°C)

Tab. 4 Asphyxiation points of rare minnow at different concentrations of CO₂

组别 ①	体长(mm) ②	CO ₂ 浓度(mg/L) ③	窒息点(mg/L) ④
EXP. 1	41.0	118.2	0.506
EXP. 2	39.0	111.9	0.482
EXP. 3	40.0	105.4	0.507
EXP. 4	40.0	105.0	0.426
EXP. 5	46.0	93.9	0.397
EXP. 6	38.5	92.9	0.343
EXP. 7	40.5	88.8	0.433
EXP. 8	40.0	80.0	0.495
EXP. 9	40.0	70.4	0.363
EXP. 1—9	40.6	70.4—118.2	0.439
Control	43.0	3.9	0.460

① Group; ② Body length; ③ Concentration of CO₂; ④ Asphyxiation point

2.3 较高浓度CO₂条件下的窒息点

稀有鮈在CO₂浓度134.3—159.9mg/L时,发生“浮头”,而CO₂浓度在70.0—86.7mg/L时,恢复正常。那么,当CO₂浓度在70.0—134.3mg/L之间时,稀有鮈利用氧的能力如何?通过在封瓶前向水中通一些CO₂气体的方法,来研究稀有鮈在较高浓度CO₂条件下的窒息点。结果表明,当CO₂浓度在70.4—118.2mg/L之间时,稀有鮈的窒息点变动于0.343—0.507mg/L之间,平均0.439mg/L,这并不高于对照组,也不高于前面测定的该温度下的窒息点(表4)。也就是说,当CO₂浓

度在 70.4—118.2 mg/L 之间时,稀有鮈鲫利用氧的能力并没有降低。

3 讨论

根据陈宁生等的研究,家鱼等饲养鱼类在 CO₂ 浓度 80mg/L 以上时出现呼吸困难。本研究表明,稀有鮈鲫出现类似反应时,CO₂ 浓度为 134.3—159.9mg/L, 显然稀有鮈鲫耐受高浓度 CO₂ 的能力更强。由于一般池水中的 CO₂ 浓度极少超过 20mg/L, 作者在养殖稀有鮈鲫时也发现 CO₂ 浓度极少超过 10mg/L, 因而在一般的实验或养殖时,毋需考虑 CO₂ 导致稀有鮈鲫呼吸困难的问题。本研究还表明,稀有鮈鲫的窒息点低,耐受低溶氧能力强。本文的养殖实践证明,在一般情况下,稀有鮈鲫不会因缺氧而死。能耐受高浓度 CO₂ 和低溶氧是稀有鮈鲫作为实验鱼的优点之一。

参 考 文 献

- [1] 陈宁生、施琼芳。饲养鱼窒息现象的研究。水生生物学集刊,1955,(1): 1—6。
- [2] APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 13th Edition. American Public Health Association, American water works Association, and Water Pollution Control Federation, Washington, D. C. 20036, 1971: 92—94, 477—481.
- [3] 王剑伟,稀有鮈鲫的繁殖生物学。水生生物学报,1992,16(2): 165—174。