

水样中氮磷营养盐的短期保存技术研究

徐善良¹, 沈勤^{1,2}, 严小军¹, 骆其君¹

(1. 宁波大学 浙江省海洋生物工程重点实验室, 浙江 宁波 315211; 2. 桐乡水产工作站, 浙江 桐乡 314500)

摘要:用 8 种保存方法对淡水和海水水样中四个氮磷营养盐($\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$) 参数及总氮的稳定性进行了 7 d 保存效果的比较研究。结果表明,淡水与海水氮磷营养盐的最佳保存方法与效果各不相同,但淡水和海水的总氮值在各种方法保存下均十分恒定。综合考虑有效性及可操作性后提出了 5 d 内的短期保存技术:(1) 海水水样用 5% 氯仿 4 条件下保存,供 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3\text{-N}$ 三个营养盐的测定,用 5% 甲醛 4 条件下保存供 $\text{PO}_4\text{-P}$ 测定;(2) 淡水用 5% 氯仿 4 条件下保存,供 $\text{NH}_3\text{-N}$ 测定,5% 甲醛 4 条件保存供 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{PO}_4\text{-P}$ 测定。

关键词:氮;磷;营养盐;保存;氨氮;亚硝态氮
中图分类号: X832 **文献标识码:** A

文章编号: 1000-3096(2008)12-0052-08

在水产养殖业不断发展的同时,高密度超容量的养殖方式也加剧了水体中有机含氮物质分解转化的负荷,造成许多养殖水域中氮磷严重超标,水体富营养化频频发生;当水体中的氮以分子态氮或亚硝酸盐形态存在时,会对水生动物产生很强的神经性毒害;因此,养殖水系统中氮磷循环及污染治理一直是环境问题研究的重点。

然而,在实际操作中如何快速准确地检测水体中的氮磷营养盐含量,是一个长期以来没有完全解决的难题。一方面,由于野外实验条件限制,既无法采用国标法测定,也不能携带高精密度仪器进行现场检测,而便携式测定仪虽然简便,但其稳定性和精度远不能满足研究要求,必须将水样现场保存处理后带回实验室;另一方面,处理大批量水样时,对不能及时测定的部分样品也必须进行科学合理的保存。但是对于水样中氮磷营养盐的保存至今未有统一有效的方法。虽然,国内外的一些文献也报道了关于水样氮磷营养盐保存的若干方法^[1-8],但往往只侧重于水样中某些营养盐的保存效果。本研究就低温保存及添加氯仿和甲醛保存三种基本方法,对海淡水样品中四个氮磷营养盐指标($\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$)的保存效果作了深入探讨,以期寻求水样氮磷营养盐短期保存的最佳技术手段和方法。

1 材料与方 法

1.1 水样的采集与处理

淡水水样取自宁波大学附近的鲫鱼养殖塘,海水水样取自宁波海洋与渔业研究院鲈鱼养殖池,盐度 26。海淡水水样各取 5 000 mL,采集后立即用 0.45 μm 孔径的醋酸纤维滤膜真空抽滤。并立即测

定四个氮磷营养盐的初始值。

1.2 水样保存方法

过滤后的水样分装于若干 150 mL 棕色细口玻璃瓶内密封保存。淡水设 6 种方法保存,保存条件分别为 4、5% 氯仿 4、10% 氯仿 4、5% 甲醛 4、10% 甲醛 4、-20;海水比淡水增加 1% 氯仿 4 和 3% 氯仿 4 两种保存条件,共 8 种方法保存。各方法均保存 18 瓶。分别在保存时间为 0.5、1、2、3、5、7 d 时,每种方法随机取出 3 瓶水样,逐瓶测定四个氮磷营养盐参数值。

1.3 营养盐的测定

为了及时快速测定四个氮磷营养盐参数,本研究采用意大利产的 $\mu\text{Mac-1000}$ 营养盐自动分析仪测定。该仪器对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 四个参数的测定原理同常规的化学分析原理一致,依次为:苯酚-次氯酸盐法、重氮-偶氮比色法、铜镉柱还原-重氮偶氮法、抗坏血酸还原的磷钼蓝法。仪器校正所用的标准试剂为国家一级标准物质(国家海洋局第二海洋研究所生产)。

1.4 总氮计算方法

$$\text{总氮浓度} = (\text{NH}_3\text{-N 浓度}) + (\text{NO}_2\text{-N 浓度}) + (\text{NO}_3\text{-N 浓度})$$

收稿日期:2008-03-23;修回日期:2008-10-08

基金项目:欧盟第六框架计划项目资助(INCO-CT-2004-510706);教育部科技创新工程重大项目培育资金资助(705028)

作者简介:徐善良(1962-),男,浙江定海人,硕士,副研究员,主要从事海水鱼类健康养殖理论研究,电话:13705749890, E-mail: xushanliang@nbu.edu.cn

1.5 数据分析处理

各种方法保存 0.5、1、2、3、5、7 d 后所测得的氮磷营养盐参数值,与初始值之比值记为“C”,作为衡量比较保存稳定性的指标。 $C = C_i / C_0$, C 值在 1.0~0.95 间,表示 C_i 跌幅在 5% 以上, C 值在 1.0~1.05 间,表示 C_i 增幅在 5% 以下……以此类推,便可比较各种保存方法间的氮磷稳定性。本文设定 C 值在 0.95~1.05 区间时,数据稳定性在 95% 以上,保存效果好; C 值在 0.95~0.90 或 1.05~1.10 区间时,稳定性在 95%~90%,保存效果较好;低于 90% 保存效果不好;波动在 70% 以下时,无法保存。实验数据采用 SPSS 软件进行方差分析和 Duncan 多重比较。

2 结果

2.1 不同保存方法下 NH₃-N 的稳定性

将淡水和海水水样分别用 6 种和 8 种不同的方法

保存,测得 NH₃-N 的初始值 C_0 分别为 1 362.19 μg/L 和 345.7 μg/L。不同保存时间的实测值 C_i 如表 1。由表 1 可知,用 5% 和 10% 的甲醛无法保存海淡水中的 NH₃-N,不予论述。其他 6 种方法都有一定的保存效果,且各方法间存在显著差异 ($P < 0.05$);又从图 1 不同保存时间下 C 的变化情况看:随着时间的推移,6 种方法均表现出 NH₃-N 含量持续下降趋势,淡水的保存效果好于海水;淡水以 5% 氯仿和 10% 氯仿保存效果最好(图 1-1),至第 5 天仍能保持较好效果,保存 1 d 内 4、-20、5% 氯仿和 10% 氯仿 4 种方法效果皆好,前两种方法第 2 天后保存效果不好;海水保存也以 5% 氯仿和 10% 氯仿效果最好(图 1-2),2 d 内保存效果好,且第 5 天还能稳定在 90% 以上,而 4 和 -20 保存效果最差,至 7 d 时已降至初始值的 55%。经 Duncan 多重比较表明,NH₃-N 在 5% 氯仿 4 和 10% 氯仿 4 条件下保存效果显著优于其他方法,且两者间无显著差异。

表 1 不同保存方法下 NH₃-N 的稳定性

Tab.1 Stability of NH₃-N in different preserve methods

C_0 (μg/L)	保存时间 (d)	C_i (μg/L)							
		4	-20	1%氯仿	3%氯仿	5%氯仿	10%氯仿	5%甲醛	10%甲醛
淡水 1 362.19	0.5	1 312.22	1 323.78	0	0	1 348.44	1 356.88	10.6	20.07
	1	1 290.89	1 299.82	0	0	1 319.10	1 337.63	0.99	- 18.56
	2	1 277.55	1 265.88	0	0	1 310.71	1 311.68	- 7.56	- 10.07
	3	1 144.00	1 171.96	0	0	1 304.27	1 306.60	23.06	- 6.04
	5	1 054.47	1 099.78	0	0	1 265.08	1 295.61	- 1.17	- 32.04
	7	978.66	980.53	0	0	1 193.79	1 285.47	9.70	- 16.82
海水 345.7	0.5	318.29	318.06	318.30	326.33	332.54	339.60	- 19.31	- 22.04
	1	279.34	284.22	308.59	316.44	326.68	328.54	- 22.13	- 23.87
	2	254.67	248.86	284.07	311.25	323.34	327.01	- 20.52	- 22.88
	3	235.97	239.70	278.01	293.92	319.06	320.66	- 19.99	- 24.12
	5	212.26	216.20	270.38	286.08	310.57	316.31	- 22.03	- 23.70
	7	194.08	190.88	255.23	261.06	305.04	304.07	- 23.28	- 26.40

注: C_0 : NH₃-N 的初始浓度; C_i : NH₃-N 的实测平均浓度

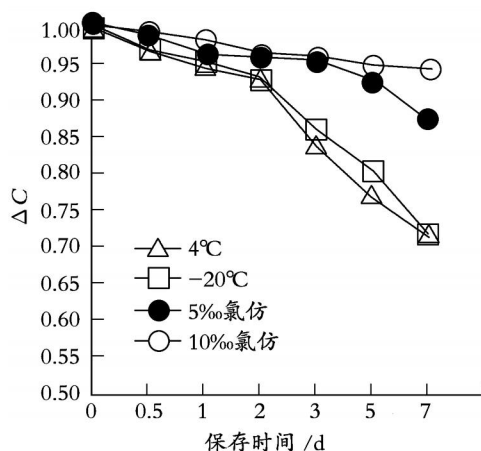


图 1-1 淡水水样

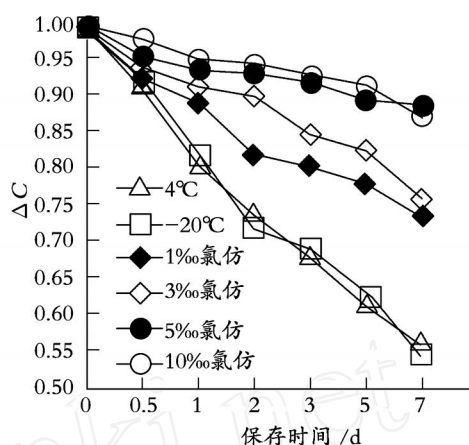


图 1-2 海水水样

图 1 不同保存时间下 NH₃-N 的 C 变化值

Fig. 1 The C value of NH₃-N in different preserve times

2.2 不同保存方法下 NO₂-N 的稳定性

表 2、图 2 分别为不同保存方法下 NO₂-N 的稳定性和不同保存时间下 NO₂-N 的 C 值变化。其中的结果表明,海淡水 NO₂-N 的初始值 C₀ 分别为 124.12 μg/L 和 114.26 μg/L。淡水中的 NO₂-N 在 4 °C、-20 °C 下极不稳定,无法保存,用 5% 和 10% 氯仿保存同样效果不佳,以 5% 和 10% 的甲醛保存效

果最好。而海水中的 NO₂-N 在 4 °C 及 5% 甲醛下稳定性最差,无法保存,用 1%、3%、5% 和 10% 氯仿保存则十分稳定,效果好,7 d 内稳定性都在 95% 以上,经方差分析显示,4 种情况下, C 值无显著差异 (P < 0.05)。Duncan 多重比较结果也表明:淡水以 5% 和 10% 的甲醛,海水以 1%~10% 氯仿的保存效果最好。

表 2 不同保存方法下 NO₂-N 的稳定性

Tab. 2 Stability of NO₂-N in different preserve methods

C ₀ (μg/L)	保存时间 (d)	C _t (μg/L)							
		4	-20	1% 氯仿	3% 氯仿	5% 氯仿	10% 氯仿	5% 甲醛	10% 甲醛
淡水 114.26	0.5	98.67	95.18	0	0	119.41	102.14	113.33	114.88
	1	101.95	88.15	0	0	93.55	98.12	108.10	111.73
	2	95.47	90.81	0	0	100.58	102.12	114.08	111.20
	3	87.68	99.80	0	0	102.44	102.53	111.37	114.00
	5	102.67	81.22	0	0	102.10	101.21	111.23	115.20
	7	100.27	86.99	0	0	106.89	105.08	113.57	111.54
海水 124.12	0.5	121.25	112.11	123.38	125.97	124.62	125.49	111.34	119.72
	1	132.42	122.79	125.05	129.04	125.56	126.40	111.00	115.66
	2	133.73	125.02	127.03	127.24	125.69	125.67	104.74	112.78
	3	113.03	115.31	126.72	125.02	124.97	125.99	113.29	120.22
	5	105.65	119.22	125.37	125.90	127.08	126.37	113.88	117.09
	7	121.05	118.74	124.46	126.11	125.89	125.57	122.42	121.41

注: C₀: NO₂-N 的初始浓度; C_t: NO₂-N 的实测平均浓度

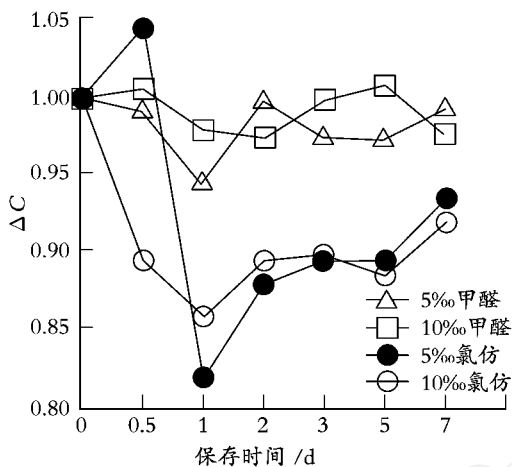


图 2-1 淡水水样

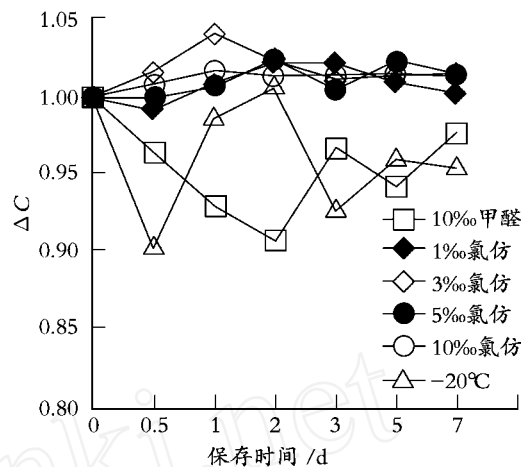


图 2-2 海水水样

图 2 不同保存时间下 NO₂-N 的 C 值变化

Fig. 2 The C value of NO₂-N in different preserve times

2.3 不同保存方法下 NO₃-N 的稳定性

由表 3 可见,随保存时间延长,海淡水水样中 NO₃-N 的稳定性最差,其含量变化与 NH₃-N 的变化恰好相反,呈规律性上升趋势。图 3 显示,淡水中 NH₃-N 以指数函数形态递增,海水则近线性增加。海淡水均以 4 和 -20 下保存最不稳定,无法保存。比较图 3-1 和图 3-2 可知,淡水保存效果不如海

水稳定,只有 10%甲醛保存 1 天内稳定性可达 95% 以上,2 天后 4 种方法的 C 值均大于 1.1,稳定性低于 90%;海水中 NO₃-N 以 10%氯仿保存稳定性最好,第 5 天稳定性仍保持在 95%。C 值在各种保存方法间存在显著差异 (P < 0.05)。经 Duncan 多重比较结果表明,NO₃-N 保存淡水以 10%甲醛最好,海水以 10%氯仿保存效果最好。

表 3 不同保存方法下 NO₃-N 的稳定性

Tab. 3 Stability of NO₃-N in different preserve methods

C ₀ (μg/L)	保存时间 (d)	C _t (μg/L)							
		4	-20	1%氯仿	3%氯仿	5%氯仿	10%氯仿	5%甲醛	10%甲醛
淡水 329.29	0.5	385.29	371.94	0	0	334.01	333.00	333.89	338.77
	1	407.67	403.63	0	0	357.51	353.69	356.20	340.32
	2	423.83	433.19	0	0	363.14	384.80	367.96	359.78
	3	538.37	514.27	0	0	373.16	395.35	393.27	384.86
	5	634.70	607.84	0	0	404.71	407.48	422.25	397.40
	7	696.51	706.48	0	0	473.74	418.58	466.63	447.82
海水 558.97	0.5	573.72	567.86	573.70	567.15	567.75	566.84	570.02	567.82
	1	609.47	605.78	600.29	585.98	582.29	572.41	590.85	599.39
	2	643.55	643.03	612.88	601.33	586.15	574.94	605.26	607.80
	3	687.96	693.49	624.14	610.45	597.12	581.29	633.59	634.12
	5	727.70	738.62	640.46	624.86	604.55	588.53	658.58	648.53
	7	770.70	778.90	662.08	643.04	612.23	600.12	682.57	677.93

注: C₀: NO₃-N 的初始浓度; C_t: NO₃-N 的实测平均浓度

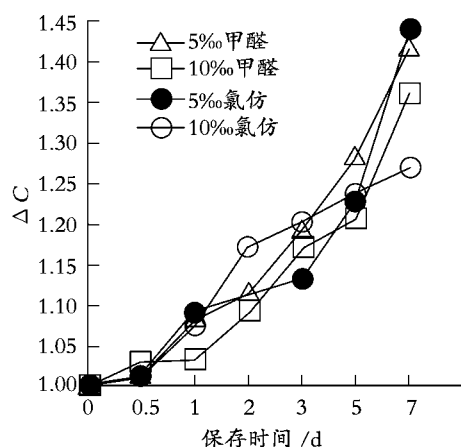


图 3-1 淡水水样

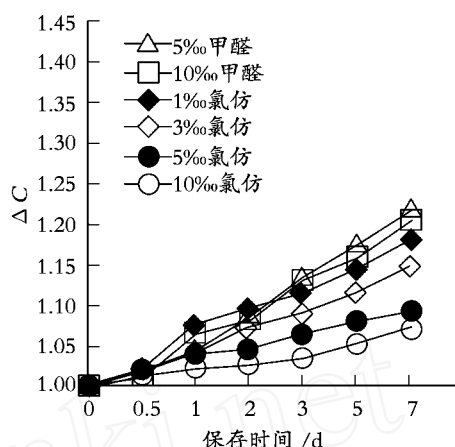


图 3-2 海水水样

图 3 不同保存时间下 NO₃-N 的 C 值变化

Fig. 3 The C value of NO₃-N in different preserve times

2.4 不同保存方法下 PO₄-P 的稳定性

淡水中的 PO₄-P 在 6 种方法保存下, C 值变化差异显著,以 5%甲醛保存效果最好,7 d 内基本稳定在 95%以上,其次为 10%甲醛,4、-20 及氯仿的保存效果不好;海水中的 PO₄-P 也以 5%甲醛保

存效果最佳,7 d 内几乎保持恒定,其次是 4 和 10%甲醛,不能用氯仿保存。经方差分析显示,这几种方法下 PO₄-P 的 C 值存在显著差异 (P < 0.05), Duncan 多重比较结果表明,在 5%甲醛和 10%甲醛保存效果最好(见表 4 和图 4)。

表 4 不同保存方法下 PO₄-P 的稳定性

Tab. 4 Stability of PO₄-P in different preserve methods

C ₀ (μg/L)	保存时间 (d)	C _t (μg/L)							
		4	-20	1%氯仿	3%氯仿	5%氯仿	10%氯仿	5%甲醛	10%甲醛
淡水 98.57	0.5	99.17	94.02	0	0	97.26	93.02	100.66	97.57
	1	99.55	93.59	0	0	90.50	95.60	103.87	99.61
	2	96.15	106.77	0	0	97.80	96.10	103.94	103.03
	3	89.76	96.78	0	0	106.24	96.82	100.10	106.04
	5	89.75	74.93	0	0	78.08	74.49	101.10	103.68
	7	74.49	88.76	0	0	83.17	72.36	100.26	104.15
海水 115.23	0.5	114.15	116.73	131.62	127.43	125.82	128.8	117.04	121.19
	1	115.73	122.74	134.99	127.43	125.39	129.93	115.37	111.77
	2	121.13	120.32	131.39	127.90	124.68	128.85	116.00	110.98
	3	116.12	127.16	126.75	127.65	124.48	129.37	114.60	109.84
	5	114.59	115.48	125.43	128.94	125.50	126.96	116.09	107.64
	7	115.67	113.75	129.48	127.74	125.07	126.71	115.15	112.47

注: C₀: PO₄-P 的初始浓度; C_t: PO₄-P 的实测平均浓度

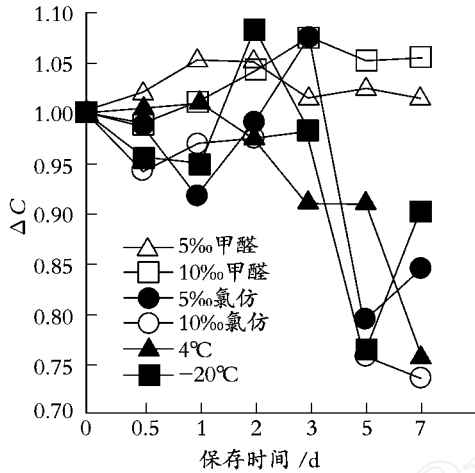


图 4-1 淡水水样

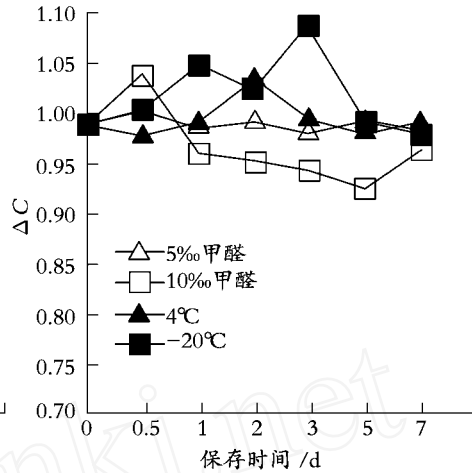


图 4-2 海水水样

图 4 不同保存时间下 PO₄-P 的 C 值变化

Fig. 4 The C value of PO₄-P in different preserve times

3 讨论

3.1 水样中氮磷营养盐的影响因素及保存条件

本实验所使用的意大利产 μ Mac-1000 营养盐自动分析仪,具有体积小、测定过程全自动、试剂消耗少、单个样品检测速度快、数据精确稳定、误差小等优点,非常适合野外或实验室少量水样的快速检测。但是对于大批量重复测试样品,无论用国标测定法测定^[9],还是用上述仪器测定,对水样的保存都显得十分重要。已经有研究表明,海淡水中的氮磷营养盐含量在常温下会随时间发生较大的波动,而在低温、冷冻、加入氯仿或甲醛条件下保存相对比较稳定^[4,8]。

由于现场采集的养殖池水样中存在许多细菌、小型浮游动植物和胶体颗粒,在保存过程中会对氮磷营养盐稳定产生较大的影响^[6],在常温下微生物的代谢作用,以及胶体颗粒对营养盐的吸附、解离作用是造成水样保存不稳定的重要原因。虽然不能阻断微生物的代谢,但是通过一定的方法还是可以把微生物的代谢降低到最低水平,低温、冷冻及添加氯仿或甲醛能在一定程度上抑制微生物的活性,有效减少微生物代谢。而采用 0.45 μ m 孔径的醋酸纤维滤膜抽滤更能有效去除水样中大部分的微生物和胶体颗粒,延长样品的保存时间。但是无论采取何种保存方式都不能完全阻断微生物代谢,这就出现了水样中 NH₃-N 含量随着时间的推移不断减少的现象。

由于氯仿和甲醛都有较强的抑菌作用,又在 4 低温的双重保存条件下,可以更有效地抑制微生物

代谢。实验结果证实:低温添加氯仿和甲醛的保存方法明显优于纯粹低温和冷冻保存,且研究结果还表明,水样中 NH₃-N 不能使用甲醛保存。这是因为甲醛对氧化剂十分敏感,是一种强还原剂,在弱碱性条件下,其还原能力更强,降低了次氯酸的氧化能力,导致 NH₃-N 测定结果偏低,影响了测定的准确性^[10]。而在 5%氯仿 4 条件下,对 NH₃-N 保存的稳定性达 5~7 d,这与以往文献有较大差异^[1,4,6],杜虹在“海水营养盐测定中水样的保存技术”一文中指出有效保存时间仅 1 d,原因可能在于水样是否经过 0.45 μ m 微孔醋酸纤维滤膜抽滤^[4]。

3.2 保存效果评价

比较 8 种方法在 7 d 内的保存效果(见表 5),不难发现:不仅淡水与海水氮磷保存效果各不相同,而且淡水和海水也无法各自找出一种对四个营养盐皆有效的保存方法。对表 5 进行有效性和经济性综合评价后认为:(1) NH₃-N:海、淡水均以 5%氯仿 4 条件为 5 d 内最佳保存方法;(2) NO₂-N:淡、海水分别以 5%甲醛 4 和 1%氯仿 4 条件为 7 d 内最佳保存方法;(3) NO₃-N:淡水以 10%甲醛 4 条件为 1 d 内最佳保存方法,海水以 10%氯仿 4 条件为 5 d 内最佳保存方法;(4) PO₄-P:海淡水均以 5%甲醛 4 条件为 7 d 内最佳保存方法。由此可见,由于四种营养盐保存方法无法统一,会给实际工作带来许多不便。因此,作者建议 5 d 内的短期保存技术为:海水水样用 5%氯仿 4 条件下保存,供 NH₃-N、NO₂-N 和 NO₃-N 三个营养盐的测定,用 5%甲醛 4 条件下保存供 PO₄-P 测定;淡水用 5%氯仿 4 条件下保存供 NH₃-N 测定,5%甲醛 4 条件保存供 NO₂-N、NO₃-N 和 PO₄-P 测定。

表 5 水样氮磷营养盐短期保存效果

Tab. 5 The effect of the short-term preservation method of nitrogen and phosphorous in water sample

保存对象	水样类别	保存条件及效果							
		4	- 20	1%氯仿	3%氯仿	5%氯仿	10%氯仿	5%甲醛	10%甲醛
NH ₃ -N	淡水	2	2			5	7	×	×
	海水		×	1	1	2	2	×	×
NO ₂ -N	淡水	×	×			×	×	7	7
	海水		7	7	7	7	7	×	7
	海水	×							
NO ₃ -N	淡水	×	×			2	1	2	1
	海水		×	2	3	2	5	2	2
	海水	×							
PO ₄ -P	淡水	3	3			×	×	7	7
	海水		7	×	×	×	×	7	7
	海水	7							

注： :保存稳定性 95 %以上； :保存稳定性 90 % ~ 95 %； ×:不能保存 ;表中数字为有效保存时间(d)

3.3 水体总氮稳定性及其实际意义

由表 6 可见,无论海水还是淡水,除 5 %甲醛和 10 %甲醛两种方法外,在其余方法保存下的总氮值均与总氮初始值相当接近,7 d 内的稳定性普遍在 96 %以上。经方差分析显示,总氮的 C 值均无显著差异 (P > 0.05)。

通常情况下,水体中的氨氮物质在硝化细菌的作用下氨氮(NH₄⁺·NH₃)被氧化成亚硝态氮(NO₂-N),

并进一步氧化为植物生长所需要的硝态氮(NO₃-N),在氧气充足的情况下,硝化细菌能把氨氮物质直接转化为硝态氮。当硝态氮浓度较高时,如不能及时被微生物或植物吸收转化为其它形式带走,便会处于三态氮的动态循环平衡中,如果系统达到一定的自净平衡状态,水体氮循环会一直维持在稳定状态。一旦水体溶氧不足,随时都会转入反硝化过程,又以氨氮、亚硝酸盐的形式危害水生动物^[11]。

表 6 不同保存方法下总氮的稳定性

Tab. 6 Stability of total nitrogen in different preserve methods

C ₀ (μg/L)	保存时间 (d)	C _t (μg/L)							
		4	- 20	1%氯仿	3%氯仿	5%氯仿	10%氯仿	5%甲醛	10%甲醛
淡水 1 805.74	0.5	1 796.18	1 790.90			1801.86	1 792.02	457.82	433.49
	1	1 800.51	1 791.60			1 770.16	1 789.44	465.29	460.91
	2	1 796.85	1 789.88			1 774.43	1 798.60	474.48	472.72
	3	1 770.05	1 786.03			1 779.87	1 804.48	527.70	492.82
	5	1 791.84	1 788.84			1 771.89	1 804.30	532.31	480.56
	7	1 775.44	1 774.00			1 774.42	1 809.13	589.90	542.54
海水 1 028.79	0.5	1 013.26	998.03	1 015.38	1019.45	1 024.91	1 031.93	662.05	665.50
	1	1 021.23	1 012.79	1 033.93	1 031.46	1 034.53	1 028.59	680.23	694.41
	2	1 031.95	1 016.91	1 023.98	1 039.82	1 035.18	1 028.86	689.48	697.70
	3	1 036.96	1 048.50	1 028.87	1 029.39	1 041.15	1 029.18	726.89	730.22
	5	1 045.61	1 074.04	1 036.21	1 036.84	1 042.20	1 033.69	750.43	741.92
	7	1 085.83	1 088.52	1 041.77	1 030.21	1 043.16	1 032.24	781.71	772.94

本实验的水样由于采用棕色玻璃瓶密封保存,且在低温、氯仿和甲醛条件下,造成硝化细菌代谢缓慢,NO₂-N 含量保持相对稳定,7 d 的平均变化幅度小于 6%。同时由于水样中溶氧充足,水体中的氨氮也会直接转化为硝态氮(NO₃-N),但水中总氮却始终保持相对恒定。实际工作中,在保证测定精度的情况下,只需测定得到水样的起始总氮含量,利用总氮值不变这一规律,对保存后的水样只需测定 NH₃-N 和 NO₂-N 含量,便可计算获得 NO₃-N 的含量,这样既减少了测定工作量又解决了 NO₃-N 保存效果差的问题。

参考文献:

- [1] 环境污染分析方法科研协作组. 环境污染分析方[M]. 北京: 科学出版社, 1987. 21-32.
- [2] 陈佳荣. 水化学实验指导书[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996. 25-26.
- [3] 陈淑美, 卢美鸾, 傅天保. 九龙江口水体中各形态磷的行为[J]. 台湾海峡, 1997, 16(3): 299-305.
- [4] 杜虹, 黄长江. 海水营养盐测定中水样的保存技术[J]. 海洋技术, 2002, 21(3): 45-47.
- [5] 曲克明, 崔毅, 幸福言, 等. 莱州湾东部养殖域氮、磷营养盐的分布与变化[J]. 海洋水产研究, 2002, 23(1): 37-46.
- [6] Clementson L A, Wayte S E. The effect of frozen storage of openocean seawater samples on the concentration of dissolved phosphate and nitrate[J]. **Water Res**, 1992, 26: 1 171-1 176.
- [7] Avanzino R J, Kennedy V C. Long-term frozen storage of stream water samples for dissolving orthophosphate, nitrate plus nitrite and ammonia analysis[J]. **Water Resources Research**, 1993, 29: 3 357-3 362.
- [8] 徐志标, 骆其君, 徐继林, 等. 水样中氮磷营养盐含量的稳定性及保存方法比较研究[J]. 水产科学, 2005, 24(4): 10-14.
- [9] 国家技术监督局. 海洋调查规范海水化学要素观测[M]. 中华人民共和国国家标准. 1991.
- [10] 罗国芝, 谭洪新, 朱学宝, 等. 甲醛对 Nessler 法和次氯酸酚盐法测定养殖水体总氨氮的影响[J]. 青岛海洋大学学报(自然科学版), 2002, 32(3): 397-402.
- [11] 李谷, 吴振, 侯燕松, 等. 养殖水体氮的生物转化及其相关微生物研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2006, 16(1): 11-15.

Investigations of the short-term preservation method of nitrogen and phosphorous in water samples

XU Shan-liang¹, SHEN Qin^{1,2}, YAN Xiao-jun¹, LUO Qi-jun¹

(1. College of Life Science and Biotechnology, Ningbo University, Ningbo 315211, China; 2. Aquiculture Work Station, Tongxiang 314500, China)

Received: Mar. 23, 2008

Key words: nitrogen; phosphorous; nutrition; preservation; ammonia nitrogen; nitrite nitrogen

Abstract: Parameters of nitrogen, phosphorous(NH₃-N, NO₂-N, NO₃-N, PO₄-P) and stability of total nitrogen in freshwater and seawater samples in 7 days were comparitively studied to establish a suitable method from eight preservation ones. As the result, the optimal method and effect of preservation were different. But in both seawater and freshwater, the stability of total nitrogen turned out to be constant. Considering effectiveness and maneuverability, the short term preservation methods in 5 days were put forward for: (1) the seawater samples were preserved by 5%chloroform at 4 for determining of three nutrients (NH₃-N, NO₂-N, and NO₃-N), and was preserved by 5%formaldehyde at 4 for determining of PO₄-P; (2) the freshwater samples were preserved by 5%chloroform at 4 for determining of NH₃-N, and were preserved by 5%formaldehyde at 4 for determining of three nutrients (NO₂-N, NO₃-N, PO₄-P).

(本文编辑:康亦兼)