

降低活鱼水体氨氮的技术

赵 丹 娄永江*

(宁波大学生命学院, 315211)

摘 要 采用密封静水式测定仪,探讨了低温、MS-222 对鲫鱼排氨率的降低作用及盐改性沸石对水体中氨氮的去除效果,以延长鲫鱼运输贮运的保活时间。结果表明,温度、麻醉剂(MS-222)、改性沸石对水体氨氮的降低都有显著的作用。10~30 ℃范围内,鲫鱼的排氨率随温度的降低而减少($P < 0.01$),水温 30 ℃时的排氨率是 10 ℃时的 5.11~6.44 倍,排氨率与水温的关系可以表示为 $Y = -c + b_1X + a_1X^2$,温度和体重的交互作用对鲫鱼排氨率也有极显著的影响($P < 0.01$)。MS-222 质量浓度 0~80 mg/L 范围内,鲫鱼的排氨率随 MS-222 质量浓度的增加而减少($P < 0.01$),MS-222 质量浓度为 80mg/L 的实验组与对照组(0 mg/L)相比,排氨率降低了 54.1%~51.1%,MS-222 质量浓度与排氨率的关系可以用回归方程式 $Y = -c - b_1X + a_1X^2$ 表示。经 NaCl 浸泡的沸石可以有效去除水体中的氨氮,浓度大于 60 g/L 后,去除率渐渐趋于稳定,采用加热方式,NaCl 质量浓度 80g/L 时氨去除率达到最大值,并在 24 h 内持续地保有对氨氮的吸附作用。

关键词 鲫鱼 氨氮 温度 MS-222 改性沸石

中图分类号 S965.3 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2012)04-0107-06

Technology of reducing ammonia-nitrogen discharged by fish in water

ZHAO Dan LOU Yong-jiang*

(College of Life Sciences, Ningbo University, 315211)

ABSTRACT The effect of low-temperature, MS-222 on ammonia excretion rate of Carp and percentage of ammonia-nitrogen removal on zeolite modified by salt were studied using water-static seal-type detector by self-made aiming at extending time of keeping Carp alive during the transportation and storage. The results showed that the ammonia excretion rate of Carp decreased with water temperature decreasing at 10~30 ℃ ($P < 0.01$), it at 30 ℃ was 5.11~6.44 times that at the low 10 ℃, their relationships with temperature could be represented by polynomial $Y = -c + b_1X + a_1X^2$, their interaction of temperature and body weight had significant effects on the ammonia excretion rate ($P < 0.01$). The ammonia excretion rate of Carp decreased with MS-222 concentration increasing at 0-80 mg/L ($P < 0.01$), it at MS-222 concentration of 80ppm decreased by 54.1% ~ 51.1% comparing with the control group, the relation-

水产保活/保鲜研究(2010A10059)资助

* 通讯作者。louyongjiang@nbu.edu.cn

收稿日期:2011-07-14;接受日期:2011-09-06

作者简介:赵 丹(1986-),女,硕士研究生,主要从事水产品保活、加工研究。E-mail: huihui164@sina.com. Tel:13940594761

ship with MS-222 concentration could be represented by polynomial $Y = -c - b_1 X + a_1 X^2$. The zeolite soaked by NaCl could effectively remove ammonia in water, percentage of ammonia removal was gradually stable when the NaCl concentration of was greater than 60g/L, percentage of ammonia removal reached the maximum when the NaCl concentration was at 80g/L, and modified zeolite by salt was able to remove efficiently ammonia-nitrogen in water continuously within 24 h.

KEY WORDS Carp Ammonia Temperature MS-222 Modified zeolite

近年来我国水产品活体销售呈直线上升趋势,“河鲜”、“海鲜”深受消费者的喜爱,这是市场指导生产的一个强烈信号。此外,为适应国内外市场的迫切要求,观赏水产动物的保活运输也在迅速增加,并成为水产流通的重要环节(汪之和等 2001)。水产品长时间运输或贮运历来是个技术难题,日本对水产品的保活技术进行了长期的深入研究,如冰窖保活、化学方法保活、充氧保活、模拟保活、无水保活等方面。国内的水产品保活技术与国外相比,还存在着较大的距离。目前国内对海水鱼保活运输和降低鱼类新陈代谢的可控环境研究尚处于起步阶段,无法满足长时间保活运输的需要。水产品保活的目的是使其不死亡或降低其死亡率,因此必须维持其赖以生存的自然环境,或者通过一系列的降低其新陈代谢活动(张敏等 2002)。

氨氮和尿素是鱼类的主要排泄物,一般鱼类的排泄物中,氨氮约占总排泄氮的 80%。氨氮排泄物在水体中达到一定浓度后会造成本体渗透调节作用失去平衡引起肾病变,内因性氨的过度压迫导致神经系统及细胞的病变,以及鳃上皮细胞受损而窒息等。而水体中氨氮对鱼体的毒性主要取决于分子氨的浓度,当水环境中非离子氨增加时,会抑制生物自身氨的排泄量,使血液和组织中氨的浓度升高,降低血液载氧能力(郭丰红等 2009)。此外因非离子氨不带电荷,具有较高脂溶性,很容易透过细胞膜,直接使生物中毒(雷衍之 2003)。在活鱼运输水体中,空间的相对封闭性影响水体中非离子氨的排出,若不及时处理会造成水体中氨氮浓度的快速上升,对鱼的生存产生极大的危害,严重影响活鱼运输的存活率(胡萍华等 2010)。氨氮是影响鱼体运输存活率高低的重要因素,因此研究降低鱼体运输中水体氨氮是极其必要的。本研究从降低鱼体排氨率和降低水体中氨氮两个角度出发,探讨低温、麻醉剂对鱼体排氨率的降低作用及沸石对降低水体中氨氮的效果,旨在延长鱼体运输保活时间,为经济鱼类保活运输提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

鲫鱼:2011年2~6月取自宁波农贸市场,体表鳞片完整,生命活动旺盛。

麻醉剂:3-氨基苯甲酸乙酯甲基磺酸盐(MS-222)。MS-222是迄今被美国国家食品与药品管理局(FDA)及环境保护署(EPA)批准为唯一的渔用麻醉剂。不过,出于药残可能导致的食用者健康或安全隐患考虑,FDA要求经MS-222麻醉的食用鱼必须经过21d的药物消退期才可在市场上销售(Sink *et al.* 2007)。

沸石:产于广西的天然沸石,粒径5~10目。

1.2 实验装置

根据鱼体大小选择适合的广口瓶作为实验瓶,实验时用液体石蜡将水体与空气隔绝。

1.3 实验方法

1.3.1 氨氮测定

在碱性条件下,次溴酸钠将海水中的氨氧化为亚硝酸盐,用重氮-偶氮法测定总亚硝酸盐的吸光值。分别测定浓度为0.5、1、2.5、5、8 $\mu\text{mol/L}$ 氨标准溶液的吸光值,制作水体氨氮标准曲线(图1)。测定水样时扣除水样中原有的亚硝酸盐的吸光值后计算氨的浓度。

1.3.2 鱼重测定

用滤纸吸干鱼体表面水分,在电子天平上称湿重(精确到 0.01 g)。

1.3.3 沸石改性

分别取两份 300 g 沸石放入锥形瓶中,一份加入 300 ml 一定浓度的 NaCl 溶液,置于 100 ℃(±2 ℃)恒温水浴中 2 h;另一份置于微波炉中加热($\omega=20\%$)4 min。冷却后用饱和盐水浸泡 24 h,取出用去离子水反复洗涤,105 ℃烘干备用。

1.3.4 排氮率试验

分别取一定质量不同规格(No. 1~No. 6)(表 1)的鱼在规定温度中断食暂养 24h 后放入适量水体的广口瓶中,立即加入液体石蜡密封,同时计时测定水体氨氮浓度 C。

表 1 鲫鱼的生物学数据

Table 1 The biology data of Carp used in the present experiment

规格 Specificity	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
体重 Weight (g)	50.32±4.78	103.87±4.50	147.09±6.14	203.98±8.32	246.26±10.07	303.45±10.95
体长 Length(cm)	9.39±0.21	11.15±0.19	13.73±0.39	15.09±0.36	17.26±0.52	19.45±0.73

1.3.5 氨氮降低试验

取不同质量的沸石及一定质量、一定规格的鱼在 20℃中断食暂养 24 h 后放入适量水体的广口瓶中,立即加入液体石蜡密封,同时计时测定水体氨氮浓度 M。

1.4 相关参数及计算方法

排氮率的计算: $R_{Am} = (C_2 - C_1) \times V / W \cdot T$

式中, R_{Am} 为排氮率($\mu\text{g}/\text{g} \cdot \text{h}$); C_2 为计时点水体氨氮浓度($\mu\text{g}/\text{L}$); C_1 为实验前水体氨氮浓度($\mu\text{g}/\text{L}$); V 为水体体积(L); W 为鲫鱼质量(g); T 为时间(h)。

氨氮去除率的计算: $r = (C_2 - M) / C_2$

式中, r 为氨氮去除率(%); C_2 为未添加沸石时计时点氨氮质量浓度($\mu\text{g}/\text{L}$); M 为添加沸石时计时点氨氮质量浓度($\mu\text{g}/\text{L}$)。

1.5 数据统计与分析

采用 Excel 和 SPSS 17.0 软件进行统计,单因素方差分析(One-way ANOVA),Duncan's 多重比较, $P < 0.01$ 为极显著水平。

2 结果与讨论

2.1 温度对鱼体排氮率的影响

闫茂仓等(2007)、江丽华等(2009)、福江等(2010)、王刚等(2010)对鲢鱼 *Miichthys miiuy* 幼鱼、美国红鱼 *Sciaenops ocellatus*、黄金鲈 *Perca flavescens*、卵形鲳鲹 *Trachinotus ovatus* 幼鱼的研究结果表明,随着温度的降低,鱼体的排氮率相应地减少,其排氮率与温度间的关系可用 $Y = aX^b$ 表达。在本研究设定的 10~30℃(±0.5℃)范围内,30℃时鲫鱼的排氮率是低温 10℃时的 5.11~6.44 倍(表 2),且环境温度与鱼体排氮率间存在显著的相关性,温度与排氮率的关系可以用回归方程式 $Y = -c + b_1X + a_1X^2$ 表示,温度对鲫鱼排氮率有极显著的影响($P < 0.01$),其主要参数及相关系数见表 3。这可能是由于本研究对象与其他各研究供试鱼的代谢规律存在着差异。在 5 个实验温度下,随着体重的增加,鲫鱼的排氮率降低(图 2),体重对鲫鱼排氮率有极显著的影响($P < 0.01$),同傅雪军等(2008)对毛蚶稚贝的研究结果一致。温度和体重对排氮率影响的交互作用也是极显著的($P < 0.01$)。

表2 不同温度下鲫鱼的排氨率

Table 2 Ammonia excretion rate of Carp at different temperature

温度(°C)	$R_{Am}(\mu\text{g}/\text{g}\cdot\text{h})$					
Temperature	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
10	44.73±4.73 ^A	34.03±3.06 ^A	25.31±2.02 ^A	15.47±1.24 ^A	12.26±0.98 ^A	8.10±0.65 ^A
15	89.35±8.96 ^B	67.68±6.09 ^B	48.69±3.9 ^B	33.67±2.69 ^B	25.11±2.01 ^B	16.48±1.32 ^B
20	125.57±12.56 ^C	90.28±8.13 ^C	70.16±5.61 ^C	47.80±3.82 ^C	35.98±2.88 ^C	22.42±1.79 ^C
25	196.94±19.7 ^D	148.34±13.35 ^D	119.07±9.53 ^D	84.06±6.73 ^D	58.59±4.69 ^D	37.84±3.03 ^D
30	228.66±22.87 ^E	178.34±16.05 ^E	134.90±10.79 ^E	99.68±7.79 ^E	69.79±5.58 ^E	45.54±3.64 ^E

注:同一列上方参数字母不相同则有显著差异($P>0.01$)

Note: Values with different letters in the same column are significantly different($P>0.01$)

表3 温度与鲫鱼排氨率的回归

Table 3 Regression between ammonia excretion rates of Carp and water temperature

条件组 Condition Group	c	b_1	a_1	R^2	n
No. 1	43.800	8.443	0.026 7	0.987 0	15
No. 2	30.378	6.129	0.021	0.977 3	15
No. 3	23.851	4.380	0.035 3	0.975 3	15
No. 4	14.421	2.437	0.048 5	0.980 5	15
No. 5	10.623	2.006	0.024 1	0.987 4	15
No. 6	4.285	0.995	0.023 2	0.984 3	15

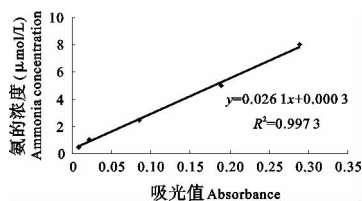


图1 水体氨氮标准曲线
Fig. 1 Standard curve of ammonia-nitrogen in water

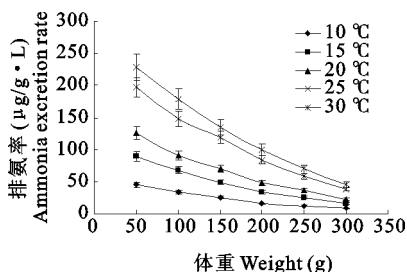


图2 不同温度下体重与鲫鱼排氨率的关系
Fig. 2 Relationship of with ammonia excretion rate of Carp at different temperature

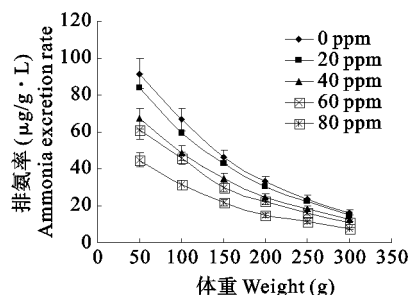


图3 不同MS-222浓度下体重与鲫鱼排氨率的关系
Fig. 3 Relationship of weight with ammonia excretion rate of Carp at different MS-222 concentration

2.2 麻醉剂对鱼体排氨率的影响

麻醉剂的剂量对动物的麻醉程度紧密联系(赵玲玲等 2007)。试验表明,MS-222 浓度 80mg/L,麻醉 30min,9%的鱼体会出现失去平衡沉底于容器的现象。此时鱼体鳃动频率及呼吸微弱,出现休克状态,随着麻醉时间延长,体内积聚大量 MS-222 导致鱼全死亡。为此,本研究设定 MS-222 最大浓度为 80 mg/L。

在恒定温度(15°C)下,将鲫鱼置于不同浓度的 MS-222 溶液中,得其排氨率变化结果如表 4。MS-222 质量浓度与排氨率的关系可以用 $Y=-c-b_1X+a_1X^2$ 表示,其主要参数及相关系数见表 5。方差分析表明,经不同浓度 MS-222 麻醉后鲫鱼的排氨率有极显著性差异($P<0.01$)。在不同浓度的麻醉剂作用下,随着体重的增加,鲫鱼的排氨率降低(图 3),体重对鲫鱼排氨率有极显著的影响($P<0.01$)。麻醉剂和体重对排氨率影响的交互作用也是极显著的($P<0.01$)。

表 4 不同浓度 MS-222 对鲫鱼排氨率的影响

Table 4 Effects of MS-222 on ammonia excretion rate of Carp

MS-222 浓度(mg/L)	$R_{Am}(\mu\text{g/g}\cdot\text{h})$					
Concentration of MS-222	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
0	91.56±8.24 ^A	66.78±4.67 ^A	46.21±3.70 ^A	32.9±2.63 ^A	23.65±1.66 ^A	16.16±1.29 ^A
20	84.24±7.85 ^B	59.34±4.29 ^B	43.11±3.45 ^B	30.43±2.43 ^B	22.16±1.55 ^B	14.98±1.2 ^B
40	67.21±6.05 ^C	48.75±3.57 ^C	34.80±2.78 ^C	24.31±1.94 ^C	18.31±1.28 ^C	12.33±0.99 ^C
60	61.07±5.5 ^D	45.68±3.2 ^D	29.90±2.39 ^D	22.21±1.78 ^D	16.20±1.13 ^D	10.70±0.86 ^D
80	44.77±4.03 ^E	31.19±2.18 ^E	21.86±1.75 ^E	15.07±1.21 ^E	11.16±0.78 ^E	7.42±0.59 ^E

注:同一列上方参数字母不相同则有显著差异($P>0.01$)

Note: Values with different letters in the same column are significantly different($P>0.01$)

表 5 MS-222 与鲫鱼排氨率的回归

Table 5 Regression between ammonia excretion rates of Carp and MS-222

条件组 Condition group	c	b_1	a_1	R^2	n
No. 1	92.109	0.483	0.001 3	0.982 2	15
No. 2	66.4	0.329 3	0.001 2	0.974	15
No. 3	46.635	0.217 2	0.001 2	0.990 4	15
No. 4	33.001	0.143 3	0.001	0.979	15
No. 5	23.719	0.078 3	0.001	0.988 5	15
No. 6	16.216	0.063 4	0.000 6	0.991	15

2.3 沸石对降低鲫鱼运输水体中氨氮的影响

吸附法和离子交换法由于具有占地面积小、工艺简单、操作方便等优点,被广泛应用于去除水中氨氮(傅雪军等 2010)。而天然沸石是一种廉价的无机多孔材料,具有较大的比表面和较强的离子交换能力,尤其是对氨氮有很强的选择吸附能力(Milan *et al.* 1996;Ortega *et al.* 2000)。

经 NaCl 加热或微波改性后,沸石吸附氨的能力得到了提高。与佟小微等(2009)、张瑛洁等(2009)、丁仕琼等(2010)对改性沸石去除氨氮的研究表明一致。由表 6 所示,加热方式(100 ℃)处理的沸石对于氨的去除率高于微波方式($P<0.05$)。氨的去除率随 NaCl 浸渍质量浓度的增加而增加,在质量浓度大于 60 g/L 后,去除率渐渐趋于稳定($P<0.01$)。质量浓度 80 g/L 时氨去除率达到最大值,此时脱氨率为 31.83%。与质量浓度 80 g/L 相比,质量浓度 60 g/L 处理的沸石对氨的去除也有很好的效果(30.87%),但是浓度的增加则意味着运输药剂成本的增加。由表 7 所示,在去除水体氨氮方面,钠型沸石(60 g/L)在 24 h 内有明显的持续效果。随着沸石添加量的增加,水中的氨氮含量不断降低。

表 6 沸石盐改性对氨去除率的影响

Table 6 The effect of ammonia removal by zeolite modified with salt

NaCl 浓度(g/L)	氨的浓度 Concentration(mg/L)		氨去除率 Percentage of ammonia removal(%)	
	加热 Heating	微波 Microwave	加热 Heating	微波 Microwave
0	24.75	24.80	5.3	5.12
20	23.05	24.23	11.82	7.31
40	20.67	22.11	20.93	15.42
60	18.07	20.45	30.87	21.77
80	17.82	20.28	31.83	22.43
100	18.28	20.77	30.07	20.55

注:实验持续时间为 4 h;受试组为 No. 1;沸石添加量为 100 g

Note: The duration of experiment is 4 h; test group is No. 1; The quality of zeolite is 100 g

表7 时间对盐改性沸石氨去除率的影响

Table 7 The effect of ammonia removing time by zeolite modified with salt

沸石质量 Amount of zeolite(g)	氨的浓度 Ammonia concentration(mg/L)				氨去除率 Percentage of ammonia removal(%)			
	4h	8h	12h	24h	4h	8h	12h	24h
100	59.98	120.96	181.94	308.90	14.76	14.05	13.82	12.21
200	48.13	98.26	149.39	259.65	31.60	30.18	29.24	26.20
300	35.85	73.70	115.55	213.25	49.05	47.63	45.27	39.39
400	20.03	41.86	69.09	141.15	71.53	70.26	67.27	59.88
500	7.89	19.09	37.68	89.47	88.78	86.44	82.15	74.57

注: NaCl 质量浓度为 60 g/L; 受试组为 No. 1

Note: The concentration of NaCl is 60 g/L; group tested is No. 1

3 小结

在长期的进化过程中, 鱼类形成了自己独特的行为和生理机制, 以适应外界温度的变化 (Das *et al.*, 2004)。在适温范围内, 温度越低生理代谢水平越低, 蛋白质在代谢底物中分解供能的比例减少, 排氨率必然随温度的降低而减少 (刘伟东等 2009; 高淳仁等 2006)。活鱼运输中使用麻醉剂不仅可以降低鱼体的代谢水平, 减少氨氮的排放, 延长运输的时间和增加运输量, 同时还能减少鱼体应激反应, 避免鱼体的过度活动, 有效防止鱼类在运输容器中激烈活动而造成鱼体表面的伤害, 从而提高成活率 (邬国民等 1998)。加热改性后的钠型沸石能有效持续地吸收运输水体中的氨氮, 改善水体环境, 有利于延长鱼体存活时间。

参 考 文 献

- 丁仕琼, 王东田, 黄梦琼, 倪秋洋. 2010. 沸石的改性及其去除水中氨氮的研究. 苏州科技学院学报(自然科学版), 27(2): 33~36
- 王 刚, 李加儿, 区又君, 胡玲玲, 张建新. 2010. 卵形鲳鲹幼鱼耗氧率和排氨率的初步研究. 动物学杂志, 45(3): 116~121
- 邬国民, 何 莉, 何桂福. 1998. 我国鱼类麻醉运输现状及发展前景. 中山大学学报论丛, 4: 62~65
- 刘伟东, 薛长湖, 殷邦忠, 刘 淇. 2009. 低温下大菱鲆有水和无水保活过程中生理生化变化的研究. 渔业科学进展, 30(5): 70~74
- 闫茂仓, 单乐州, 邵鑫斌, 柴雪良, 林志华, 谢起浪. 2007. 温度及体重对鲢鱼幼鱼耗氧率和排氨率的影响. 热带海洋学报, 26(1): 44~49
- 江丽华, 朱爱意. 2009. 温度和盐度对美国红鱼耗氧率和排氨率的影响. 水产养殖, 10(10): 27~30
- 佟小微, 朱义年. 2009. 沸石改性及其去除水中氨氮的实验研究. 环境工程学报, 3(4): 635~638
- 汪之和, 张饮江, 李勇军. 2001. 水产品保活运输技术. 渔业现代化, 2: 31~37
- 沈伟良, 尤仲杰, 施祥元. 2008. 不同规格及不同盐度下毛蚶稚贝耗氧率和排氨率的研究. 海洋水产研究, 29(2): 53~56
- 张 敏, 肖功年. 2002. 国内外水产品保鲜和保活技术研究进展. 食品与生物技术, 21(1): 104~107
- 张瑛洁, 陈 雷, 马 军, 张 亮, 姚 军, 吴培英. 2009. 微波强化 NaCl 改性沸石的除氨氮效果研究. 中国给水排水, 25(1): 72~74
- 胡萍华, 金一春, 曲学伟, 程 翠, 尚晓莉, 张 勇, 张开岳, 曲宪成. 2010. 氨氮对白斑狗鱼成鱼的急性毒性研究. 湖南农业科学, (3): 109~111
- 丁福江, 杨 明, 戴习林, 臧维玲. 2010. 温度对黄金鲈 (*Perca flavescens*) 耗氧率和排氨率的影响. 淡水渔业, 40(5): 68~71
- 赵玲玲, 陈英文, 沈树宝. 2007. 丝光沸石去除生活污水中氨氮的实验研究. 环境科学与技术, 30(9): 9~17
- 贾海波, 孙 耀, 唐启升. 2008. 温度对红鳍东方鲀能量收支和生态转化效率的影响. 海洋水产研究, 29(5): 39~45
- 郭丰红, 汪之和, 陈必文, 朱孔辉. 2009. 分子氨和亚硝酸盐对鳊鱼成鱼的急性毒性试验. 食品科学, 30(23): 397~400
- 高淳仁, 王印庚, 马爱军, 朱建新, 刘新富, 雷霖霖. 2006. 温度对大菱鲆幼鱼生长、成活率和体内蛋白酶活性的影响. 海洋水产研究, 27(6): 33~36
- 傅雪军, 马绍赛, 曲克明, 周 勇, 徐 勇. 2010. 循环水养殖系统生物挂膜的消氨效果及影响因素分析. 渔业科学进展, 31(1): 95~99
- 雷衍之. 2003. 养殖水环境化学. 北京: 中国农业出版社, 117~124
- Das, T., Pal, A. K., Chakraborty, S. K. et al. 2004. Thermal tolerance and oxygen consumption of Indian Major Carps acclimated to four temperatures. J. Therm, al Biol. 29(3): 157~163
- Milan, Z., Sanchez, E., Weiland, P. et al. 1996. Ammonia removal from anaerobically treated piggery manure by ion exchange in columns packed with homoionic zeolite. Chem. Eng. J. 66(1): 65~71
- Ortega, E. A., Cheeseman, C., Knight, J. et al. 2000. Properties of alkali-activated clinoptilolite. Cem. Concr. Res. 30(10): 1 641~1 646
- Sink, T. D., Strang, R. J., Sawyers, R. E. 2007. Clove oil used at lower concentrations is less effective than MS-222 at reducing cortisol stress responses in anesthetized rainbow trout. North American Journal of Fisheries Management, 27(1): 156~161