

폐쇄순환 양식장에서의 생물여과기 (biofilter) 및 자외선살균기 (ultra-violet disinfectant) 효과에 대한 연구

강청근, 노기완, 류시영, 조충희

경기도축산위생연구소 서부지소

The study for the effect of biofilter and ultra-violet disinfectant in fish-breeding place using seawater

Chong-Keun Kang, Ki-Woan Ro, Si-Young Rhyu, Chung-Hee Cho

Western branch, Kyonggi Livestock and Veterinary Research Institute

Abstract

The most harmful nitrogenous compounds in fish-breeding place using are ammonia and nitrate. Excessively high total nitrogen concentration is the signal of unbalance for breeding fishes in seawater and may result overfeeding or overstocking without seawater treatment system. The failure of elimination for the organic ingredients or nitrogen compounds can also cause the consequence of inadequate oxygen concentration in seawater, either.

The study shows the effect of biofilter and UV disinfectant of seawater in the fish-breeding place. In the results, these tools had ammonia, nitrite, nitrate and decreased 71.8%, 27.6% and 1%, respectively, and the total number of microorganisms decreased up to 81.9%.

Key words : Bio-filter, Ultra-violet disinfectant, Nitrogen, Seawater treatment

서 론

효과적인 물고기의 대량생산을 위하여 고밀도 양식법이 최근에 활발하게 연구 및 상업화되고 있으나 순환여과수에 의한 수질의 악화로 인하여 물고기의 성장 및 환경에 악영향을 미치므로 적절한 처리시설을 구비하여 물고기의 생존에 적절한 환경을 유지할 수 있도록 하는

것이 매우 중요하다.

양식생물의 노폐물 및 유기질 사료에 기인한 수질의 악화는 물고기의 스트레스로 연결되고, 스트레스가 물고기의 생리적 변화를 일으켜 물고기에 질병이나, 폐사의 위험을 증가시키고, 물고기 증체량 감소 요인으로 인하여 생산성 감소로 인하여 경제적인 피해를 야기할 수 있다¹⁾. 순환여과방식에 관련되는 주요 수질인자

는 암모니아, 질산성질소와 같은 질소화합물과 부유물질, 용존산소, pH, CO₂, N₂, 알카리도 등이다.

유기질 고형성분(주로 단백질성) 및 노폐물은 미생물에 의해 분해됨으로써 물고기의 성장에 유해한 NH₃, NO₂를 생성할 뿐 아니라, 용존산소를 소모하게 되어 물고기에 악영향을 미치게 되므로 양어장 순환수내의 사료 찌꺼기 및 노폐물을 신속하게 제거하기 위한 물의 처리가 절실하게 요구되어진다.

따라서 이 실험에서는 양식장에서 사육하고 있는 물고기의 생산성과 건강에 밀접한 관계가 있는 것은 수온, 용존산소, pH, 암모니아, 아질산염, 질산염, 미생물 수이며, 이 중에서 인위적으로 조절이 가능한 수온, 용존산소를 제외한 pH, 암모니아, 아질산염, 질산염, 미생물수를 측정하여 육상순환여과 양식장에서 생물여과기 (biofilter)와 자외선살균기(ultra-violet disinfectant)를 이용한 수질정화 및 미생물 소독효과를 입증하고자 하였다.

재료 및 방법

공시재료

인천광역시 강화군 소재 육상순환여과식 방법을 설치하여 광어와 황복을 양식하는 K 양식장에서 물고기를 사육중인 수조와 생물여과기를 거친 해수를 각각 8회 채취하여 4℃냉장상태로 실험실에 운송하여 실험에 사용하였고, NH₃, NO₂, NO₃ 농도측정은 Tetra Werke(Germany)사의 농도측정용 시약을 사용하였으며, 미생물 수를 측정하기 위하여 배지는 Difco사의 plate counter agar를 사용하였으며, 해수의 pH는 Corning사의 pH meter를 이용하여 측정하였다.

실험방법

NH₃, NO₂, NO₃ 농도측정²⁾은 취수한 물을 실온에서 2시간 방치 후 Tetra Werke manual

방법으로 실험한 후 standard color chart에 비교하여 농도 측정을 하였고, pH 측정은 pH meter(Corning)이용하여 측정하였다

미생물 수(cfu/ml) 측정³⁾은 검사 할 물을 멸균증류수를 이용하여 10단계 희석법으로 희석하고, 각 단계별 희석액 1ml와 plate counter agar 10~12ml씩을 잘 혼합하여 36±0.5℃에서 48시간 배양 후 형성된 집락의 수를 계산하였고, 대조군 시험으로 멸균된 희석액을 상기 방법으로 동일하게 실험하여 대조군으로 하였다. 배양 후 집락계산기를 이용하여 확산집락이 없고 평판당 30~300cfu/ml의 집락을 형성한 평판을 택하여 집락수를 측정하였고, 평판마다 30cfu/ml 이하의 집락이 형성되었을 때에는 원액을 점종한 평판의 집락을 계산하였고, 30~300cfu/ml의 집락을 가지는 평판이 없고 300cfu/ml 이상의 집락을 가지는 평판이 1개 이상 존재하는 경우에는 300cfu/ml에 가까운 평판의 집락수를 계산하였다.

결 과

NH₃ 농도변화

물고기에 가장 치명적인 독성을 미치는 NH₃의 농도는 수조에서 8회 취수하여 측정된 평균 농도가 1.31ppm 이었으며, 생물여과기와 자외선 살균기를 거친 후 측정된 평균농도는 0.37ppm으로 71.8%가 감소하였다.

NO₂, NO₃ 농도변화

암모니아가 산화되어 발생하는 NO₂, NO₃농도는 수조의 해수와 자외선살균기를 통과한 해수는 각각 1.92ppm에서 1.39ppm으로, 42.6ppm에서 42.1ppm으로 27.6%와 1% 감소하였다.

미생물의 수

자외선살균기의 살균효과는 수조내 해수에

Table 1. Concentration of nitrogenous compounds, pH and microorganisms in the sea water by passing the time

Date	NH ₃		NO ₂		NO ₃		pH		Microorganisms	
	UV lamp	Water bath	UV lamp	Water bath	UV lamp	Water bath	UV lamp	Water bath	UV lamp	Water bath
5. 18	0.125	0.25	10.000	10.00	100.000	100.00	7.320	6.90	30.000	35.00
5. 25	0.250	0.25	0.100	0.50	100.000	100.00	7.720	7.16	25.000	68.00
6. 11	0.125	1.88	0.110	4.06	0.000	34.78	7.420	7.40	418.000	21.00
6. 26	0.250	2.25	0.250	0.31	25.000	18.75	7.710	7.54	16.000	29.00
7. 3	1.500	1.56	0.125	0.13	12.500	10.94	7.740	7.33	37.000	9.00
7. 10	0.250	1.25	0.250	0.13	25.000	23.61	7.520	7.24	316.000	694.00
7. 22	0.250	1.56	0.250	0.20	50.000	36.11	7.400	7.15	2.000	3491.00
9. 18	0.250	1.50	0.110	0.10	25.000	16.67	7.190	7.28	28.000	299.00
Mean	0.37	1.31	1.39	1.92	42.18	42.60	7.50	7.25	109.00	580.75

서의 미생물 수가 평균 ml당 580cfu에서 자외선살균기를 통과한 후 평균 ml당 109cfu로 81.2% 감소하였다.

수조내 해수의 pH

pH는 수조에서 평균 7.50이었으며 자외선살균기를 거친 후 측정된 평균치는 7.25를 나타내 이들 모두 어류사육의 적정 pH범위인 6.5~8.5범위에 있었다.

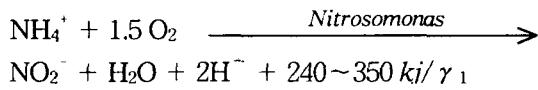
고 찰

생물학적 처리는 물 속에 들어있는 유기물질 및 오염물질들을 세균이나 미소동물 등의 대사작용을 이용하여 분해하는 처리법이다. 미생물의 대사에는 크게 혐기성과 호기성대사로 구분할 수 있으며, 호기성 미생물은 탄소화합물을 탄산가스와 물, 질소화합물은 암모니아 또는 질산염으로 바꾸어준다. 양식장 순환수의 처리는 유입수질 농도가 낮아 호기적으로 처리되는데, 호기성 박테리아 대사(metabolism)는 산소가 있는 상태에서 유기물의 산화 및 분해를 통

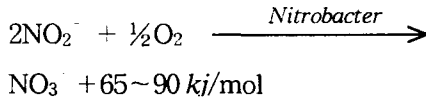
해서 에너지를 얻고 이 에너지의 일부를 이용하여 새로운 세포를 합성하고 동시에 내호흡을 통하여 세포를 분해하는 과정을 거친다.

양식장 순환수중 유기물질은 세포합성을 위해서 유기물질을 이용하는 종속영양미생물에 의해 제거되어진다. 암모니아는 물고기에 의해 배설되는 대사산물로써 사료 1g 소비당 30mg의 암모니아가 생성되며, 유기화합물(폐수내의 사료와 배설물)의 생물학적 탈아민작용, 내생호흡과 세포분해 등의 생물학적 처리과정에서도 생성된다. 생성된 암모니아는 세포합성보다 에너지를 얻기 위해서 이용하는 독립영양 미생물에 의해 주로 제거된다. 암모니아를 아질산염으로 산화시키는 반응에 관여하는 미생물은 *nitromonas(N europea*와 *N monocella*)와 *nitrosococcus*, *nitrosospira*, *nitrosolobus*이고 아질산염을 질산염으로 산화시키는 반응에 관여하는 미생물은 *nitrobacter(N agilis*와 *N winogradskyi*)와 *nitrocystis*라고 이⁴⁾가 발표하였다.

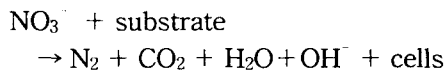
*Nitrosomonas*로 대표되는 미생물에 의해 아질산염의 생성은 다음과 같이 설명된다.



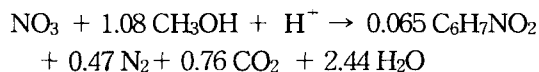
NO₂⁻는 nitrobacter로 대표되는 미생물에 의해서 NO₃⁻으로 되는데 반응식은 아래와 같다.



암모니아의 질산화에서 주목할 점은 첫째, 암모니아성 질소산화당 세포생산량이 매우 적고, 둘째로는 질산화 과정에서 상당량의 산소가 필요한데 1g의 NH₄⁺-N을 제거시키는데 약 4.5g의 산소가 필요하며, 셋째로는 질산화 과정에서 발생하는 H⁺에 의한 pH저하를 막기 위해 1g의 NH₄⁺-N을 산화시키는데 약 7g의 알칼리도가 필요하다는 것 등이다. 질산성질소의 축적을 방지하기 위한 탈질소화 반응은 무산소 상태에서 유기에너지원이 존재할 때 수소수용체 (hydrogen acceptor)로서 질산염을 이용하는 종속영양미생물(heterotrophic microorganisms)에 의해서 일어나는 반응이다. 탈질소화 반응식은 다음과 같은 형태로 일어난다.



가장 일반적인 탈질소화 박테리아로는 *bacillus denitrificans*, *micrococcus denitrificans*, *pseudomonas stutzeri*, *acromobacter* 등이 있으며, 탈질소화에 관여하는 세균중에도 특히 *bacillus denitrificans*의 탈질소화 활성이 높은 것으로 밝혀졌다. 탈질소화에 대한 생화학적 반응식은 다음과 같다.



탈질소 반응에 있어서의 용존산소량이 0 mg/l에서부터 1.0 mg/l 까지 증가하면 탈질소화율도 이것에 따라 선형적인 감소를 보인다고 알려져 있다.

무산소조에서 1 mg NO₃⁻-N의 탈질소화에 대해서 3.57 mg alkalinity(as CaCO₃)가 생성된다고 알려지고 있으며, 1 mg NO₃⁻-N가 탈질소화 반응을 거치기 위해서는 대략 3mg/l BOD가 소비된다.

Roger와 Klemeston⁵⁾은 RBC, biodrum, 살수여상, 잠수여상 등의 4가지 생물막공법에 의한 처리효율의 비교실험에서 RBC 및 biodrum에서 90%의 NH₄⁺-N의 제거효율 얻기 위하여 각각 0.05 m³/m³/d의 수리학적 부하율이 필요하며, 살수상공 NH₄⁺-N법에서 50% 제거효율이 필요하며, 살수여상공법에서 50% NH₄⁺-N 제거효율을 얻기 위하여 약 0.01 m³/m³/d의 수리학적 부하율이 필요하다고 하였다.

지⁶⁾는 매디아로 cloth, corrugated skylight roofing plate, embossed plate, gravel 등을 사용한 결과 유입수의 NH₄⁺-N이 0.635~1.02 mg/l에서 매디아에 따른 유출수 농도가 각각 0.547~0.945 mg/l, 0.582~0.965 mg/l, 0.608~0.967 mg/l로 큰차이를 보이지 않았으며 낮은 암모니아 제거율을 보였다.

결 론

양식장에서는 물고기의 밀집사육과 과도한 유기질사료의 공급으로 인하여 수조내 해수가 오염되어 물고기의 성장 및 질병 발생율이 크게 높아진다. 이에 따라 적절하게 수조내의 해수를 교환하여 주거나 정화장치를 이용하여 해수를 정화시킬 필요가 있다.

고밀도로 물고기를 사육하면서 물리, 화학적 및 생물학적 수처리 장치를 도입하여 배출수를 정화시키는 순환여과식 방법의 수질정화 및 살균효과는 생물여과기와 자외선살균기에 의해서 대부분 이루어진다.

강화도 소재 K양식장을 대상으로 신규로 설치된 순환여과식 방법의 정화효율 및 소독효과

를 실험한 결과 물고기 사육에서 가장 문제시 되고있는 암모니아 제거 효과는 수조에서 평균 농도 1.31ppm에서 생물여과기와 자외선 살균기를 통과한 물의 농도는 평균 0.37ppm으로 71.8% 감소하였으며, 물고기의 체내에 흡수되면 met-Hb생성되는 NO₂농도는 1.92ppm에서 1.39ppm으로 27.6%나 감소되었다. NO₃는 42.6ppm에서 42.1ppm으로 1%감소하였으며, 자외선살균기의 살균효과는 수조내 해수에서의 미생물 수가 평균 ml당 580cfu/ml에서 자외선살균기를 통과한 후 평균 ml당 109cfu/ml로 81.2% 감소하였다.

실험결과 순환여과식 방법에서 암모니아 및 질소산화물 제거효과와 일반 미생물 살균효과가 매우 우수하며, 특히 고밀도 어류사육에 순환여과식 방법이 매우 적절한 것으로 입증되었다.

참고문헌

1. Meade JW. 1989. *Aquaculture management*. Van Nostrand Reinhold. NewYork : 190.
2. Tera Werk manual(Germany).
3. 유성환 등. 1998. 수질조사 및 분석. 동화출판사, 서울 : 294~297.
4. 이병현. 1998. 양식공학. 부경대학교. 부산 : 86~87.
5. Roger GL, Klemeston SL. 1985. aquaculture water reuse biofilter. *Aquacultural Engineering* 4 : 135~154.
6. 지영옥. 1987. 여과재에 따른 암모니아 제거효율. 부산수산대학교 대학원 수산생물학과 석사학위논문