

뱀장어에 대한 포르말린의 24시간 반수치사농도 (LC₅₀)

정승희[†] · 이주석^{*} · 지보영 · 서정수 · 김진우 · 김응오^{**}
국립수산과학원 병리연구팀, ^{*}동해수산연구소, ^{**}남부내수면연구소

Median Lethal Concentration (LC₅₀) for 24 Hours of Formalin to Eel, *Anguilla japonica*

Sung Hee Jung[†], Joo Seok Lee^{*}, Bo-Young Jee, Jung Soo Seo, Jin Woo Kim and Eung-Oh Kim^{**}

Pathology Team, National Fisheries Research & Development Institute,
408-1 Shirang Gijang, Busan 619-900, Korea

^{*}East Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Kangnung Kangwon 210-86 Korea

^{**}Inland Aquaculture Research Institute, NFRDI, Jinhae Gyeongnam 645-251, Korea

Acute toxicity of formalin (37% formaldehyde) was conducted to determine the median lethal concentration (LC₅₀) on eel (average weight 96 ± 3.6 g, average total length 43 cm), *Anguilla japonica* at concentrations ranging from 0 to 500 ppm. All fish died after 10 hours and 24 hours at 500 ppm and 400 ppm, respectively. After 24 hours, cumulative mortality was 96.6% and 13.3% at 300 ppm and 200 ppm formalin, respectively. However, all experimental fish were alive after 24 hours at 100 ppm. The lethal concentration values were computed by using non-linear least square method. At the start of the test, water temperature, pH and dissolved oxygen level were 27~28°C, 7.4 and 5.55 ppm, respectively. The 24 hr-LC₅₀ were 269 ppm.

Key words: Acute toxicity, Formalin, Eel, *Anguilla japonica*, Median lethal concentration (LC₅₀)

국내 뱀장어 양식은 1960년대 시험양식을 기점으로 양식기술이 발전한 1980년대 들어 중묘 판매체제에서 탈피하여 완제품인 성만 생산체제로 전환되었으며, UR협상으로 1997년부터는 외국산 성만을 무제한 수입하기에 이르렀다 (김 등, 2001). 2005년 국내 뱀장어 양식 생산량은 5,775톤에 달해 2000년 2,725톤에 비해 급성장하였고, 전체 담수양식 생산량의 26.5%에 해당하는 중요한 양식대상종이다 (해양수산부, 2007). 국내에서는 주로 고수온에서 성장이 매우 빠른 극동산 뱀장어 (*Anguilla japonica*)를 양식하였으나 근래에는 유럽산 뱀장어 (*Anguilla anguilla*) 양식에 대한 관심이 증가하여 일부 성공

적인 양식사례가 있으나, 북미산 뱀장어 (*Anguilla rostrata*)는 아직도 시험양식 수준에 머물고 있다. 유럽산 뱀장어는 극동산 뱀장어보다 낮은 온도에서도 잘 성장하지만 주성장기에 기생충 감염 (예, *Pseudodactylogyrus*속) 등 질병이 많이 발생하고, 북미산 뱀장어는 고수온기에 잘 자라는 등 먹이섭취와 성장은 극동산 뱀장어와 비슷하지만 역시 주성장기에 백점충, 아가미흡충 (*Pseudodactylogyrus*속) 등 질병에 잘 감염되는 단점 때문에 높은 수온에서 연간 성장률이 낮다 (손 등, 2000; 김 등, 2001). 극동산, 북미산 및 유럽산 뱀장어는 모두 *Pseudodactylogyrus*속 아가미흡충의 감염이 가장 심각한 실정이지만 효과

[†]Corresponding Author : Sung Hee Jung, Tel : 051-720-2490,
Fax : 051-720-2498, E-mail : immu@nfrdi.re.kr

적인 구제약품은 아직 개발되지 못하고 있다.

포르말린 (37% formaldehyde)은 연어류, 잉어의 외부기생성 원충류 (*Chilodonella* spp., *Trichodina* spp., *Costia* spp., *Ichthyophthirius* spp. 등) 및 흡충류 (*Dactylogyrus* spp., *Gyrodactylus* spp. 등), 넙치의 외부기생성 원충류 (*Ichthyobodo* sp., *Cryptocaryon irritans*, *Trichodina* sp., *Scuticociliatida*), 연어류 수정란의 진균 Saprolegniaceae 그리고 새우의 기생성 원충류 (*Bodo* spp., *Epistylis* spp. 등)의 구제를 위해 오래전부터 사용되어 왔다 (Rucker *et al.*, 1963 ; Leteux and Meyer, 1972 ; 전, 2000).

포르말린의 어류에 대한 독성효과는 아가미조직의 일차적인 심한 손상, 혈액학적 수치의 증가, hypoxia (저산소 상태)에 기인한다고 보고되었다 (Wedemeyer and Yasutake, 1974; Williams and Wootten, 1981; Beevi and Radhakrishnan, 1987; Yamamoto, 1991; Bodensteiner *et al.*, 1993; Jung *et al.*, 2003). 이러한 독성효과가 많이 연구되었으나 미국, 호주, 캐나다는 포르말린이 양식 어류의 질병 치료에 효과적으로 사용될 수 있다고 판단되어 수산용 약품으로 허가하였고 (정 등, 2006), 국내에서도 국립수의과학검역원으로부터 2006년 11월, 5개 제약업체의 제품이 수산용 구충제로서 품목허가를 받아 넙치의 외부기생성 원충류 (*Ichthyobodo* sp., *Scuticociliatida*)의 구제, 무지개송어 및 연어 어란의 수생균 (*Saprolegnia* spp.)의 구제에 사용할 수 있게 되었다.

뱀장어 양식에서도 단생흡충류 중 아가미흡충 (*Pseudodactylogyrus*속), 원충류 (*Ichthyobodo* sp., *Trichodiniasis*) 및 백점충 (*Ichthyophthirius multifiliis*)의 구제를 위해 포르말린이 사용되어 왔으나 (Hinton and Eversole, 1979; Ueno, 1984; Møllergaard and Dalsgaard, 1987; 전, 1996; Madsen *et al.*, 2000; 김 등, 2001) 포르말린이 뱀장어에 미치는 안전성에 관한 연구는 매우 부족한 실정이다. 본 연구는 포르말린을 농도별로 침지한 뱀장어에서 24시간 반수치사농도 (LC₅₀)를 조사하여

포르말린의 뱀장어에 대한 안전성을 평가하고자 실시하였다.

재료 및 방법

37% Formaldehyde (Junsei, Japan)를 100% 포르말린으로 간주하고 포르말린농도를 0 (대조구), 100, 200, 300, 400, 500 ppm (mg/L)으로 조절된 원형수조 (300 L)에 평균체중 96 ± 3.6 g (평균전장 43 cm)의 극동산 뱀장어 (*Anguilla japonica*)를 30마리씩 수용하였다. 사육수는 각 수조별로 200 L씩 주입되었고, 실험기간 동안 수온은 평균 사육 적수온인 27~28°C로 유지하였으며, 실험시작 당시 용존산소량 5.6 ppm, pH 7.4로 측정되었다. 본 실험은 총 2회를 반복하여 그 평균값을 채택하였으며, 실험방법은 Hall and Golding (1998)의 방법에 준하여 실시하였다.

포르말린 농도별 (0~500 ppm) 처리구에서 포르말린 침지후 24시간 동안 사망률을 조사하였고, 24시간 동안 실험어의 50%가 사망한 농도 (LC₅₀)는 비선형최소자승법을 이용하여 산출하였다.

결 과

포르말린 0~500 ppm 처리구에서 포르말린 침지 후 24시간 동안 누적사망률을 Fig. 1에 나타내었다. 침지 후 3시간까지는 모든 실험구에서 사망개체가 출현하지 않았으나 초기에 급속한 사망을 유도한 500 ppm 처리구에서는 4시간째에 36.7%의 사망률을 보이기 시작하여 침지 후 6시간째에 누적사망률이 66.7%였고, 10시간째에 실험어는 모두 사망하였다. 400 ppm 처리구에서는 4시간째 6.7%의 누적사망률을 보이기 시작하여 8시간째까지 누적사망률이 10%였으나, 10시간을 기점으로 급격하게 증가하여 12시간째에 46.7%, 24시간째 전 실험어가 사망하였다. 300 ppm 처리구에서는 초기에 급속한 사망개체는 출현하지 않았고, 12시간동안 26.7%로 비교

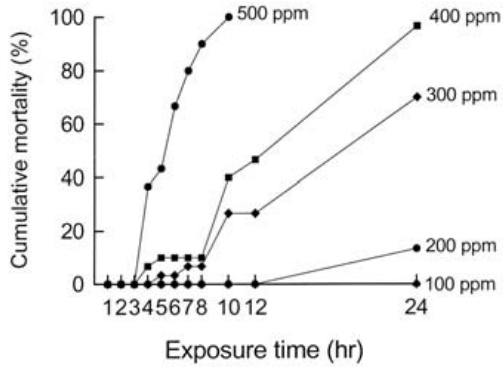


Fig. 1. The cumulative mortality of eel, *Anguilla japonica*, exposed to different concentrations of formalin for 24 hours.

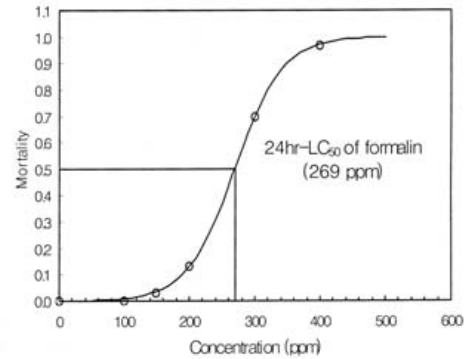


Fig. 2. The median lethal concentration (LC₅₀) of formalin at 24 hr in eel, *Anguilla japonica*.

적 완만한 누적사망률의 양상을 보였으나, 24시간째 96.6%의 누적사망률을 나타내었다. 반면에 200 ppm 처리구는 12시간 까지는 사망 개체수가 없었고, 24시간동안 누적사망률은 13.3%를 나타내었으며, 100 ppm 처리구는 24시간동안 실험어가 모두 생존하였다. 24시간 동안 실험어의 50%가 사망한 반수치사농도 (24 hr-LC₅₀)는 269 ppm으로 나타났다 (Fig. 2).

고 찰

Bodensteiner 등 (1993)은 channel catfish juveniles (전장 7~14.8 cm)에 대한 포르말린의 반복 침지효과를 body condition (weight-to-length ratio), 사망률 및 아가미 병리조직학적 병변을 통해 관찰하였다. 그 결과, 매일 포르말린 25 ppm에서 4시간씩 일주일에 4일 연속으로 28주 동안 침지하였으나 포르말린에 기인하는 어떠한 악영향 (adverse effects)도 나타나지 않았다고 하였다. 그들은 오히려 포르말린을 처리한 시험어가 대조구에 비해 건강상태 지수 [coefficients of condition, $K=105 \times \text{weight (g)} / \text{length (mm}^3\text{)}$]가 유의적으로 높게 나타났다고 하였으며, 이는 포르말린이 가져다 준 치료 결과 (therapeutic benefits)로 해석하였다. 연구자들은 포르말린이 아마도 어체의 전신에 기생하는 기생충을 감소시켜

서 식욕을 증가시켰기 때문인 것으로 추측하였다. 앞서 언급한 많은 연구자들은 포르말린이 어류의 기생충 구제뿐만 아니라 진균 및 나아가서 세균에 이르기까지 광범위한 병원체에 대하여 치료효과가 있다고 보고하였는데, 아마도 Bodensteiner 등 (1993)의 보고는 이러한 포르말린의 사용으로 인한 궁극적인 결과를 확인하였다고 생각된다.

북미산 뱀장어 *A. rostrata*에 대한 포르말린의 96시간 반수치사농도 (96 hr-LC₅₀) 조사에서 glass eel (5.5 cm)은 83.96 ppm (Hinton and Eversole, 1978), black eel (9.7 cm)은 224.49 ppm (Hinton and Eversole, 1979)을 나타내었다. 그러나 Loyacano and Harrell (1977)은 glass eel (5 cm)의 *A. rostrata*에 대한 포르말린의 96 hr-LC₅₀를 도출하고자 실험하였으나, 5~500 ppm 농도구간에서 96시간 동안 누적 사망률이 25%를 넘기지 못하여 96 hr-LC₅₀의 산출이 불가능하였다고 보고하였다. 이들 독성실험은 모두 사육 적수온 조건에서 실시되었는데 *A. rostrata*는 21~22°C, 본 실험의 *A. japonica*는 27~28°C에서 이루어졌다. 김 등 (2001)에 의하면 수온별 양성효과는 극동산 (*A. japonica*)이 29°C, 유럽산 (*A. anguilla*)과 북미산 (*A. rostrata*)은 이보다 2°C 낮은 27°C에서 가장 성장이 양호하였으나, 실제 양식현장에서 유럽산과 북미산 뱀장어는 대략 23~25°C,

Table 1. Comparison of the lethal concentration (LC₅₀) of formalin with previous reports

Aquatic species	LC ₅₀ (ppm)				References (total length, body weight, temperature)
	24 hr	48 hr	72 hr	96 hr	
<i>Anguilla rostrata</i>	NT	NT	NT	83.96	Hinton and Eversole (1978), glass eel, 5.5 cm, 22°C
<i>Anguilla rostrata</i>	NT	NT	NT	224.49	Hinton and Eversole (1979), black eel, 9.7 cm, 22°C
<i>Anguilla rostrata</i>	-*	-*	-*	-*	Loyacano and Harrell (1977), glass eel, 5 cm, 21°C
<i>Anguilla japonica</i>	269	-	-	-	The present report, 96 ± 3.6 g, 43 cm, 27~28°C
<i>Ictalurus punctatus</i>	NT	NT	NT	64	Bodensteiner (1993), 3.6 cm, 21°C
<i>Ictalurus punctatus</i>	87	69	69	69	Clemens and Sneed (1958), 5.1~7.61 cm, 21°C
<i>Paralichthys olivaceus</i>	209	182	158	141	鄭 · 金 (1998), 4.7 ± 0.4 cm, 0.6 ± 0.2 g, 19 ± 1°C
<i>Paralichthys olivaceus</i>	140	NT	NT	NT	朴 等 (1995), 6.1 ± 0.5 cm, 19 ± 1°C
<i>Paralichthys olivaceus</i>	321.65	NT	NT	NT	Ryu <i>et al.</i> (1998), 17.59 ± 0.99 cm, 21 ± 1°C
<i>Pinctada fucata martensii</i>	414	132	71	28	高柳 等 (1998), Two-year, 18.4 ± 3.4 g, 20°C
<i>Pinctada fucata martensii</i>	147	36	28	17	高柳 等 (1998), Two-year, 18.4 ± 3.4 g, 25°C
<i>Pinctada fucata martensii</i>	120	65	32	21	高柳 等 (1998), One-year, 51.4 ± 3.4 g, 20°C
<i>Pinctada fucata martensii</i>	91	51	21	14	高柳 等 (1998), One-year, 51.4 ± 3.4 g, 25°C

NT : not tested.

* : 96 hr-LC₅₀ could not be determined.

극동산 뱀장어는 약 28°C에서 가온사육하고 있는 실정이라고 하였다. 따라서 본 실험에서도 국내 현장에서 실질적으로 사육하고 있는 온도인 27~28°C에서 독성실험을 실시하였다.

田端 (1993)는 어류의 급성독성실험 (LC₅₀)에

서 물리화학적 실험조건, 담수어 및 해산어, 실험물질에 대한 감수성 정도 등 동일한 실험자라 하더라도 변동요인에 의해 서로 다른 값이 도출되고 있어, 무엇보다 신속하고 균일하며 재현성이 양호해야 한다고 보고하였다. Table 1에는 기

타어종에 대해 실험한 포르말린의 시간별 LC₅₀ 값을 종합해서 정리하였다. Eel (*A. rostrata*, *A. japonica*), channel catfish (*Ictalurus punctatus*), olive flounder (*Paralichthys olivaceus*), pearl oyster (*Pinctada fucata martensii*)의 값들을 비교해 보면, 실험어종에 따라서 시간별 급성독성농도는 뚜렷한 차이가 있었으며 동일한 어종에서도 커다란 차이를 보였다 (Clemens and Sneed, 1958; Hinton and Eversole, 1978, 1979; Cruz and Pitogo, 1989; Bodensteiner *et al.*, 1993; Lin *et al.*, 1993; 박 등, 1995; Ryu *et al.*, 1998; 정·김, 1998; 高柳 等, 1998). 물론 본 연구에서 사용한 뱀장어가 성만이기 때문에 앞으로 각 성장 단계별에 따른 포르말린의 LC₅₀를 조사할 필요가 있을 것이다. 특히 진주조개 (*P. fucata martensii*)의 경우, 20°C에서의 포르말린 LC₅₀ 값이 25°C에서 보다 높았는데, 진주조개는 저수온에서 감수성이 낮아 고수온과 비교하여 고농도의 포르말린에서도 생존해 나갈 가능성이 높다는 것을 시사하고 있다. 이러한 경향은 설정시간이 짧은 24 hr-LC₅₀ 값에서 더욱 명확하게 나타났다. 또한 2년산의 진주조개 24 hr-LC₅₀ 값이 1년산 보다 높게 나타났다. 따라서 2년산은 1년산보다 감수성이 낮아 포르말린에 대한 내성이 강하다고 볼 수 있겠다. 20°C에서도 이러한 경향이 두드러지게 나타났으며 설정시간이 짧은 쪽 (24 hr)에서 더욱 현저하게 나타났다.

Lin 등 (1993)은 수산약품의 안전농도를 결정하는 지표는 48시간 LC₅₀의 0.1배라고 하였으며, 이 기준을 적용하면 Table 1에서 살펴본 어종별 안전농도는 channel catfish (*I. punctatus*) 6.9 ppm, olive flounder (*P. olivaceus*) 18.2 ppm, 2년산 pearl oyster (*P. fucata martensii*)는 수온 20°C에서 13.2 ppm, 수온 25°C에서 3.6 ppm 및 1년산의 경우는 수온 20°C에서 6.5 ppm, 수온 25°C에서 5.1 ppm으로 각각 나타났다. 그러나 이들 실험어종의 사육 적수온은 서로 다르기 때문에 포르말린의 안전농도를 동일한 조건에서 비교하기는 어렵고 나아가서 안전농도와 치료효능을 보이는 농도

역시 차이가 날 수밖에 없을 것이다.

요 약

평균체중 96 ± 3.6 g (평균전장 43 cm)의 극동산 뱀장어 (*Anguilla japonica*)에 대한 포르말린의 급성독성 실험 (수온 27~28°C, pH 7.4, 용존 산소량 5.6 ppm)을 실시하였다. 포르말린 농도별 (0~500 ppm) 침지 후, 500 ppm에서는 10시간째, 400 ppm에서는 24시간째 전 실험어가 사망하였다. 24시간 경과한 후 300 ppm에서는 96.6% 그리고 200 ppm에서는 13.3%의 누적사망률을 각각 나타내었다. 그러나, 100 ppm에서는 24시간 동안 실험어가 모두 생존하였다. 뱀장어에 대한 포르말린의 24시간-LC₅₀은 269 ppm으로 나타났다.

감사의 글

이 연구는 국립수산과학원 (국가 질병관리 인 프라구축, RP-2007-AQ-038)의 지원에 의해 운영되었습니다.

참 고 문 헌

- Beevi, M.R. and Radhanrishnan, S.: Heamatological effects of sublethal concentration of formalin on *Sarotherodon mossambicus* (Peters). Proc. Indian. Acad. Sci. (Anim. Sci.), 96: 721-725, 1987.
- Bodensteiner, L.R., Sheehan, R.J. Lewis, W.M. and Wills, P.S.: Effects of repetitive formalin treatments on channel catfish juveniles. J. Aquat. Anim. Health, 5: 59-63, 1993.
- Clemens, H.P. and Sneed, K.E.: The chemical control of some diseases and parasites of channel catfish. Prog. Fish-Cult., 20: 8-15, 1958.
- Cruz, E.R. and Pitogo, C.L.: Tolerance level and histopathological response of milkfish

- (*Chanos chanos*) fingerlings to formalin. *Aquaculture*, 78: 135 ~145, 1989.
- Hall, J.A. and Golding, L.A.: Standard methods for whole effluent toxicity testing: development and application. Report No. MFE 80205. NIWA report for the ministry for environment, Wellington, New Zealand. 1998.
- Hinton, M.J. and Eversole, A.G.: Toxicity of ten commonly used chemicals to american eels. *Proc. Annu. Conf. Southeast. Assoc. Fis.*, 32: 599-604, 1978.
- Hinton, M.J. and Eversole, A.G.: Toxicity of ten chemicals commonly used in aquaculture to the black eel stage of the american eel. *Proc. World Maricul. Soc.*, 10: 554-560, 1979.
- Jung, S.H., Sim, D.S., Park, M.S., Jo, Q.T. and Kim, Y.: Effects of formalin on haematological and blood chemistry in olive flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel). *Aquaculture Res.*, 34: 1269-1275, 2003.
- Leteux, F. and Meyer, F.P.: Mixtures of malachite green and formalin for controlling ichthyophthirius and other protozoan parasites of fish. *Prog. Fish-Cult.*, 34: 21-26, 1972.
- Lin, C.L., Shyong, W.J., Kuo, S.R. and Chen, S.N.: The safety concentration of chemotherapeutic agents on *Penaeus japonicus*. *J. Fish. Soc. Taiwan*, 20: 357-366, 1993.
- Loyacano, H.A. and Harrell, R.M.: Toxicity of formalin, malachite green, and potassium permanganate to the glass eel stage of American eel. *Proceeding of the 8th Annual Meeting*, 605-610, 1977.
- Madsen, H.C.K., Buchmann, K. and Møllergaard, S.: Treatment of trichodiniasis in eel (*Anguilla anguilla*) reared in recirculation systems in Denmark: alternatives to formaldehyde. *Aquaculture*, 186: 221-231, 2000.
- Møllergaard, S. and Dalsgaard, I.: Disease problems in Danish eel farms. *Aquaculture*, 67: 139-146, 1987.
- Piper, R.G. and Smith, C.E.: Factors influencing formalin toxicity in trout. *Prog. Fish-Cult.*, 35: 78-81, 1973.
- Rucker, R.R., Taylor, W.G. and Toney, D.P.: Formalin in the hatchery. *Prog. Fish-Cult.*, 25: 203-207, 1963.
- Ryu, H.Y., Bang, J.D., Lee, H., Shim, J.M. and Kim, B.S.: Effects of acute toxicity of chemicals treatments on the cultured olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Aquaculture*, 11: 223-230, 1998.
- Ueno, R., Horiguchi, Y. and Kubota, S.: Study of quality in fish and sheefish as food- I. Concentration of formaldehyde in various tissues of cultured eel by formalin bath. *Bull. Fac. Fish. Mie Univ.*, 11: 37-42, 1984.
- Wedemeyer, G. and Yasutake, W.T.: Stress of formalin treatment in juvenile spring chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) and steelhead trout (*Salmo gairdneri*). *J. Fish. Res. Board Can.*, 31: 179-184, 1974.
- Williams, H.A. and Wootten, R.: Some effects of the therapeutic levels of formalin and copper sulphate on blood parameters in rainbow trout. *Aquaculture*, 24: 341-353, 1981.
- Yamatomo, K.I.: Effects of formalin on gas exchange in the gills of carp *Cyprinus carpio*. *Comp. Biochem. Physiol.* 98C: 463-465, 1991.
- 高柳和史, 坂見知子, 白石學, 横山壽.: アコヤガイに對するホルマリンの急性毒性. 平成9年度アコヤガイ大量へい死原因究明に關する水産廳研究所研究成果報告書. II-3-(3): 1-11, 1998.
- 田端健二: 水質汚染における魚類急性毒性試験値(LC50等)の變動要因と變動幅. *Bull. Natl.*

- Res. Inst. Fish. Sci., 5: 143-157, 1993.
- 김광석, 강언중, 이배익, 조미영, 김이청: 뱀장어양식. 수산기술지, 국립수산진흥원 진해내수면연구소: pp. 63, 2001.
- 박인석, 최경철, 노재구, 김동수: 나일틸라피아 치어에 미치는 염화나트륨, 포르말린 및 과망간산칼륨의 급성독성. 양식학회지, 15: 119-121, 2002.
- 손상규, 박승렬, 김광석, 이철호, 이배익, 강언중, 손재경: 유럽산 및 북미산 뱀장어 양식기술 개발에 관한 연구. 해양수산부: pp. 113, 2000.
- 전세규: 담수산 양식어류의 질병. 한국수산신보사: pp. 272, 1996
- 전세규: 해산양식어류의 질병. 한국수산신보사: pp. 270, 2000.
- 정준기, 박수일, 박관하, 박세창, 김진우, 고명식, 신호철, 정승희, 지보영, D. Gomez, 우승호, 이상환, 김주완, 조희정, 정우성, 길혜명, 전수진, 최정현, 박음미, 채호철: 미승인 수산용 의약품의 실태조사 및 관리방안 연구용역. 해양수산부: pp. 343, 2006.
- 정승희, 김진우: 넙치 치어에 대한 포르말린의 반수치사농도 (LC₅₀) 및 반수치사시간 (LT₅₀). 수진연구보고, 54: 125-129, 1998.
- 해양수산부: 어업생산통계. 2006년 12월호: pp. 311, 2007.

Manuscript Received : March 19, 2007

Revision Accepted : July 19, 2007

Responsible Editorial Member : So Young Kang
(Chonnam Univ.)