

포르말린 약욕이 뱀장어 아가미흡충의 구제에 미치는 효과

정승희 · 지보영*† · 김진도** · 서정수 · 김진우*

국립수산과학원 전략양식연구소 병리연구과, *국립수산과학원 수산생물방역과,
**국립수산과학원 내수면양식연구센터

Efficacy of formalin bath against gill infections with *Pseudodactylogyrus* spp. in cultured eel *Anguilla japonica*

Sung Hee Jung · Bo-Young Jee*† · Jin Do Kim** · Jung Soo Seo and Jin Woo Kim*

Pathology Division, Aquaculture Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-705, Korea

*Aquatic Life Disease Control Division, NFRDI, Busan, Korea

**Inland Aquaculture Research Center, NFRDI, Jinhae Gyeongnam 645-251, Korea

Effects of formalin on removal of *Pseudodactylogyrus* spp. were examined against naturally infected eel, *Anguilla japonica* (weight 89.9~96g) at a water temperature of 28°C. Prior to experiments for removal of the parasite, the hematological toxicity of formalin bath at 0~500 ppm for 30 min~24 h was assessed by hematocrit values (Ht). Based on the results of Ht, appropriate methods of treatment, concentrations and durations, were examined in the main study. There was no significant ($P>0.05$) change of Ht in 100 to 200 ppm for 24 h. In contrast, Ht increased significantly ($P<0.05$) at above 300 ppm. This suggests that physiological damage was caused by formalin bath treating with 300 to 500 ppm. Formalin bath with 100 and 200 ppm for 24 h caused significant decreases ($P<0.05$) in the infection of the parasite. In conclusion, the 100 ppm formalin for 24 hour-bath was found most recommendable for the effective treatment of *Pseudodactylogyrus* spp. for the gills of the infected eel because of the median lethal concentration (LC_{50}) of formalin to eel; cumulative mortalities were found to be 0 and 13.3%, respectively, following 24 h bathing.

Key words : *Pseudodactylogyrus*, Formalin bath, Eel, *Anguilla japonica*, Hematocrit

국내 뱀장어(*Anguilla japonica*) 양식은 순환여과 사육시스템 등과 같은 고밀도 집약적 양식 기술의 발달과 더불어 그 생산력이 2005년 5,775톤에 비해 2007년에는 10,557톤으로 증가되어 왔기 때문에 필연적으로 질병문제가 수반되고 있다(손 등, 2009).

이러한 질병 가운데 유럽산(*A. anguilla*), 극동산(*A. japonica*), 북미산(*A. rostrata*) 양식 뱀장어에 기생하여 많은 병해를 일으키는 *Pseudodactylogyrus*속 아가미흡충은 가장 고질적이고 만성적인 질병으로 알려져 있다(Chan and Wu, 1984; Chung *et al.*, 1984; Buchmann *et al.*, 1987; Møllergaard and Dalsgaard, 1987; Matejusová *et al.*, 2003; 전, 2006; Fang *et al.*, 2008). 또한 이 기생충은 하천이나 강의 내만에 서식

†Corresponding Author : Bo Young Jee, Tel : 051-720-3031,

Fax : 051-720-3039, E-mail :

protjee@nfrdi.go.kr

하는 자연산 뱀장어의 아가미에까지 광범위하게 전파되고 있다(Škoriková *et al.*, 1996; Copley and McCarthy, 2001; Hayward *et al.*, 2001; Iwashita *et al.*, 2002; Rolbiecki *et al.*, 2008; Abdelmonem *et al.*, 2010). 국내 양식 뱀장어(*A. japonica*)에 기생하는 *Pseudodactylogyrus*속 아가미흡충에 관한 연구는 한 등(2000)이 분류학적 연구를 위해 형태학적으로 동정하여 *P. bini*와 *P. anguillae*의 2종류가 혼재하여 기생한다는 보고 외에 매우 부족하다.

*Pseudodactylogyrus*속 아가미흡충의 효과적인 구제를 위하여 ammonia, formalin, potassium permanganate, sodium chloride 및 trichlorfon(Buchmann *et al.*, 1987; Umeda *et al.*, 2006), toltrazuril(Schmahl and Mehlhorn, 1988), benzimidazoles(Buchmann *et al.*, 1990a), mebendazole(Buchmann *et al.*, 1990b; Møllergaard, 1990), aluminium chloride 및 zinc chloride(Larsen and Buchmann, 2003), 및 chlorine(Umeda *et al.*, 2006), ginkgolic acids(Wang *et al.*, 2009) 등 치료 약품에 대한 연구도 지속적으로 이루어지고 있다. 국내의 경우 주로 고수온에서 성장이 매우 빠른 극동산 뱀장어를 약 28°C에서 사육하고 있으므로, 유럽산과 북미산 뱀장어의 사육 조건(23~25°C)과는 큰 차이가 있기 때문에 이들 치료 약품의 효능성도 달라질 것으로 예상된다. 국내에서 품목허가된 구충제 가운데 trichlorfon은 뱀장어의 *Dactylogyrus*속 기생충을 구제하는 것이 가능하지만 연못에서의 치료에 국한되어 있으며, 수산용 포르말린 구충제는 사용대상 어종에서 뱀장어가 제외되어 있다. 따라서 뱀장어에 기생하는 *Pseudodactylogyrus*속 아가미흡충에 대한 치료대책이 요구되는 실정이다. 저자들은 2007년 두 편의 논문(2007a, 2007b)에서 보고한 뱀장어에 대한 포르말린의 안전성 시험을 기준으로 하여, 본 연구에서는 실제로 *Pseudodactylogyrus*속 아가미흡충에 자연 감

염된 뱀장어의 포르말린의 구충효과를 조사하였다.

재료 및 방법

실험어류 및 포르말린

전남 영광소재 양만장에서 사육중인 아가미흡충에 자연 감염된 뱀장어(*A. japonica*)를 구입, 운반한 뒤 국립수산물과학원 내수면양식연구센터의 생물 사육실에 수용하면서 11일 동안 실내순치(수온 28°C)시켜 실험어로 사용하였다. 37% formaldehyde(Junsei, Japan)는 100% 포르말린으로 간주하고 실험구별 농도의 결정에 사용하였다. 실험기간 중의 사육용수는 용존 산소량 5.55 ppm, pH 7.4로 측정되었다.

포르말린 약육한 뱀장어의 헤마토크릿치(Ht) 분석 300L 사각 FRP 수조(수량 200L)에 포르말린의 최종 실험농도를 0(대조구), 100, 200, 300, 400 및 500 ppm으로 설정하였으며, 실험수조에는 실험어(평균 체중 96±3.6 g)를 30마리씩 2반복으로 수용하였다. 수온 28°C에서 각 농도별 포르말린을 처리한 후 30분, 1시간, 6시간 및 12시간 간격으로 실험구별로 3마리씩 채집하여 헤마토크릿치(Hematocrit, Ht)를 분석하였다. Ht의 분석은 채집한 실험어류를 MS-222(Sigma, USA)로 마취시킨 후, 미병부의 혈관에서 일회용 주사기로써 약 0.5 ml 정도 채혈한 즉시 microhematocrit 법으로 측정하였다(日野, 1994).

포르말린 약육한 뱀장어의 아가미흡충 수적 변동 조사

포르말린을 각 농도별로 약육한 뱀장어에 대한 아가미흡충 구제효과의 최종관정을 위해서는 아가미흡충의 수적 변동 조사를 이용하였다. 시료어의 아가미 전체를 적출한 후 생리식염수가 든 고정병에

담아서 즉시 실험실로 운반한 다음, 배양접시에 아가미 새엽별로 잘라서 해부현미경하에 1 ml 주사바늘을 이용하여 아가미에 부착된 충체를 계수하였다. 이때 아가미로부터 탈락된 충체는 제외시켰으며, 아가미흡충의 생존여부는 주사바늘로 자극을 주어 반응도로서 평가하였다.

포르말린 약욕한 시간별 뱀장어의 아가미흡충 구제효과 조사

Ht 분석 결과가 기준이 되어 수온 28°C에서 포르말린으로 약욕한 뱀장어의 아가미흡충 구제효과 실험을 3종류로 구분하였다. 실험에는 300L 사각 FRP 수조(수량 200L)에 포르말린의 최종 실험농도를 설정하였으며, 각 실험수조에 실험어(평균 체중 89.8±3.9~96±3.6 g)를 30마리씩 2반복으로 수용하였다.

첫째, 24시간 동안 포르말린의 약욕에서 뱀장어의 혈액생리에 영향을 미치지 않았던 100 및 200 ppm 포르말린에서 24시간 동안, 1회 약욕하는 방법으로 아가미흡충의 수적 변동을 조사하였다. 둘째, 포르말

린의 약욕에서 유의적인 Ht 증가를 나타낸 300, 400 및 500 ppm 농도에서는 포르말린 약욕한 후 0.5, 1, 6 및 12시간동안 1회 약욕하는 방법으로 아가미흡충의 수적 변동을 조사하였다. 셋째, 이번에는 포르말린 250~500 ppm에서 처리시간과 처리회수를 달리 해서 아가미흡충의 수적 변동을 조사하였다. 포르말린 250 ppm 실험구는 3일 동안 매일 1시간 약욕 3회 처리, 300 ppm 실험구는 2일 간격으로 1시간 약욕 2회 처리, 350 ppm 실험구는 3일 간격으로 1시간 약욕 2회 처리, 400 ppm 실험구는 1시간 약욕 1회 처리 및 500 ppm 실험구는 30분 약욕 1회 처리를 하였다. 아가미흡충의 감염률 및 감염강도 조사는 각 실험구별로 포르말린을 처리한 후 16시간째 3마리씩 채집하여 실시하였다. 이때 포르말린으로 약욕 처리하기 전에 실험 수조별로 3마리씩 채집하여 충체를 계수한 값을 대조구로 설정하였으며, 그 결과는 상대구제율(relative percent of removal, RPR %)로 나타내었다.

$$\text{상대구제율} = 1 - \left(\frac{\text{포르말린 처리 후 감염률}}{\text{포르말린 처리 전 감염률}} \right) \times 100$$

통계분석

모든 분석항목 자료는 포르말린 실험구별로 각각 one-way ANOVA-test를 실시하여 유의적인 차이가 있으면, Duncan's multiple range test로 평균 간의 유의성 ($P < 0.05$)을 분석하였다.

결 과

포르말린 약욕한 뱀장어의 Ht 변화

포르말린 농도(0~500 ppm)별 노출시킨 뱀장어의

Ht 변화는 Table 1과 같으며, 여기서 실험어가 모두 사망하여 시료를 채집할 수 없었던 시료의 수치는 "NT (not tested)"라고 나타내었다. 포르말린에 24시간 노출된 뱀장어의 Ht는 200 ppm 이하의 실험구에서는 대조구(0 ppm)와 유의한 차이가 없었다 ($P > 0.05$). 그러나 포르말린 500 ppm 실험구는 1시간째, 400 ppm 실험구는 6시간째 및 300 ppm 실험구는 12시간째 대조구에 비하여 Ht가 유의적으로 증가하였다 ($P < 0.05$).

Table 1. Changes of Ht in cultured eel (*Anguilla japonica*) after formalin bath of designated concentrations and treatment times at 28°C

Designated concentration (ppm)	Hematocrit (%) (mean±SD)				
	Treatment time				
	30 min	1 h	6 h	12 h	24 h
0	44±1	36±3 ^a	37±7 ^a	36±3 ^a	44±1 ^a
100	39±2	43±7	40±3	38±1	43±0
200	43±1	40±2	42±2	44±1	47±4
300	49±7	39±1	45±1	57±3 ^a	55±5 ^a
400	41±5	42±4	54±8 ^a	NT	NT
500	42±4	48±4 ^a	NT	NT	NT

a : Significantly different from respective time points of control group (0 ppm) ($P<0.05$).

NT : Not tested.

포르말린 약육한 뱀장어의 아가미흡충 구제효과
포르말린을 0, 100 및 200 ppm 농도로 24시간 동안 1회 약육한 후, 아가미흡충의 구제효과를 조사한 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 대조구는 뱀장어 1마리당 아가미흡충이 238.7±98.7마리 기생한 것에 비하여 100 ppm 실험구는 뱀장어 1마리당 아가미흡충이 91.2±10.9마리 기생하였다. 200 ppm 실험구는 뱀장어 1마리당 아가미흡충이 69.5±20.7마리 기생하였으며 이들 농도에서는 모두 아가미흡충이 유의한 수준 ($P<0.05$)으로 감소하였다.

포르말린을 0, 300, 400 및 500 ppm 농도로 시간별

로 1회 약육한 후, 아가미흡충의 구제효과를 조사한 결과는 Table 2에 나타내었다. 300 ppm 실험구는 12시간째, 400 ppm과 500 ppm 실험구는 6시간째 뱀장어가 대부분이 폐사하여 살아있는 상태의 아가미흡충을 검출할 수 없었다. 반면에 포르말린을 처리하지 않은 대조구는 뱀장어 1마리 당 아가미흡충이 120.0±72.1~394.5±347.1마리로 기생하고 있었으며 모두 아가미에 단단히 부착된 상태이었다. 약육 30분째부터 조사기간 동안 모든 포르말린 처리구는 대조구에 비해 아가미흡충의 수가 유의한 수준($P<0.05$)으로 감소하였다.

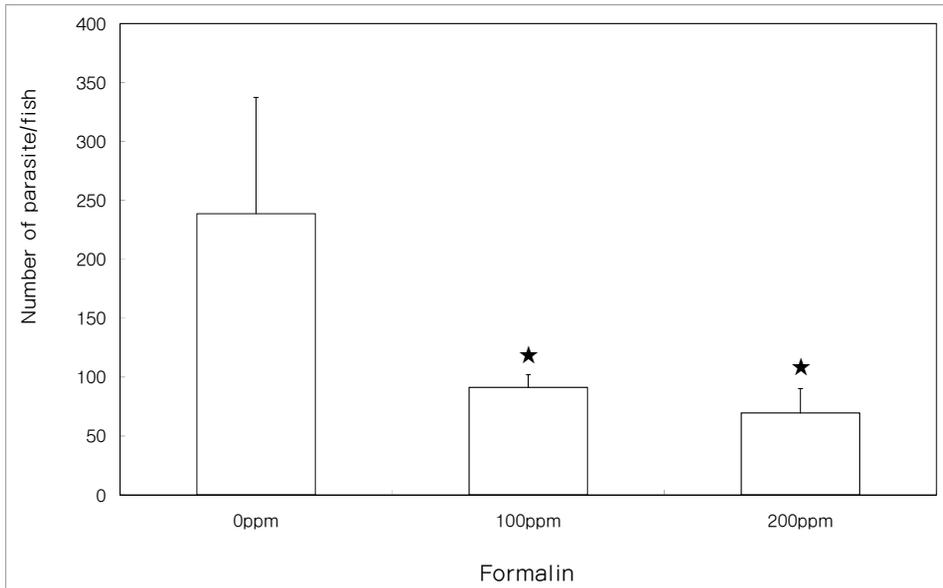


Fig. 1. *Pseudodactylogyrus* spp. counts in cultured eel (*Anguilla japonica*) after formalin bath of 0 (control), 100 and 200 ppm for 24 h at 28°C. Values are mean±SD. (★, indicate statistical significance at P<0.05).

Table 2. *Pseudodactylogyrus* spp. counts in cultured eel (*Anguilla japonica*) after formalin bath of designated concentrations and treatment times at 28°C

Designated concentration (ppm)	Parasite number (mean±SD)			
	Treatment time			
	30 min	1 h	6 h	12 h
0	240.5±85.5	120.0±72.1	394.5±347.1	222.0±237.9
300	57.5±6.3 ^a	77.5±9.1 ^a	12.5±2.1 ^a	0
400	41.5±13.4 ^a	52.0±22.6 ^a	0	-
500	28.5±16.2 ^a	12.0±7.0 ^a	0	-

a : Significantly different from respective time points of control group (0 ppm) (P<0.05).

포르말린 농도별로 처리방법을 달리하여 약욕 처리한 후에 아가미흡충의 상대 구제율은 Table 3에 나타내었다. 포르말린 250 ppm으로 3일 동안 1시간 약욕을 3회 처리한 실험구는 13.3%, 포르말린 300 ppm으로 2일 간격으로 1시간 약욕을 2회 처리한 실험구는 18.2%, 포르말린 350 ppm으로 3일 간격으로 1시간 약욕을 2회 처리한 실험구는 39.9% 그리고 포르말

린 400 ppm으로 1시간 약욕을 1회 처리한 실험구는 66.7%로 나타났다. 그러나 포르말린 500 ppm으로 30분간 약욕을 1회 처리한 실험구는 대조구와 감염률에 차이가 없었다. 포르말린 350 ppm(50±19.2%) 및 400 ppm 실험구(33.3±0%)는 각각의 대조구(83.3±18.2%, 100±0%)에 비하여 유의한 수준(P<0.05)으로 아가미흡충의 감염률이 감소하였다.

Table 3. Relative percent of removal (%) of *Pseudodactylogyrus* spp. in cultured eel (*Anguilla japonica*) after formalin bath of various treatment methods at 28°C. Values are mean±SD (N=6~18)

Designated concentration (ppm)	Treatment duration	Treatment schedule	Infection rate (%)		RPR (%) ³
			Before ¹	After ²	
250	1 h	3 times once daily	83.3±23.6	72.2±13.6	13.3
300	1 h	twice every other day	91.6±16.7	74.9±16	18.2
350	1 h	twice every third day	83.3±18.2	50±19.2 ^a	39.9
400	1 h	once	100.0±0	33.3±0 ^a	66.7
500	30 min	once	50.0±23.5	50.0±23.5	0

¹ : Control (before formalin treatment).

² : 16 hours after formalin treatment.

³ : Relative percent of removal, difference of means between before and after.

^a : Significantly different from control group (before formalin treatment) (P<0.05).

고 찰

어류의 건강관리와 생리기능을 평가하는 여러 지표 중에서 널리 이용되고 있는 혈액학적 검사 항목 가운데 적혈구수(RBC), 헤모글로빈량(Hb) 및 헤마토크릿치(Ht)는 서로 밀접한 상관관계가 있어 독성 화학물질에 기인하는 어류의 생리적인 스트레스의 지표로 활용되고 있다(Kawatsu, 1980; Chandrasekar and Jayabalan, 1993; Sampath *et al.*, 1993; Hogstrand *et al.*, 1999; Jung *et al.*, 2003; Köprüçü *et al.*, 2006). 이 가운데 특히 Ht는 RBC 및 Hb와 비교할 때 보다 간편하고 손쉽게 검사할 수 있어서 혈액생리의 변화를 판정하는데 요긴하게 활용되는 검사항목이다. 본 연구에서 *Pseudodactylogyrus*속 아가미흡충에 자연감염된 뱀장어를 수온 28°C에서 포르말린 300 ppm으로 12시간 약욕, 400 ppm으로 6시간 약욕 및 500 ppm으로 1시간 약욕한 뱀장어는 대조구보다 유의적으로 높은 Ht를 나타내어 이들 포르말린 노출 조건은 뱀장어의 적혈구와 관련된 생리기능에 영향을 끼치고 있음을 알 수 있다. Jung *et al.*(2003)은 건강한 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)를 포르말린 100~300 ppm,

3시간동안 약욕한 결과 전 약욕농도에서 유의적인 Ht의 증가를 확인하였다. 그러나 넙치(19±1.5°C)와는 달리 본 연구에서는 200 ppm 이하의 농도에서는 뱀장어의 유의적인 Ht 증가를 관찰할 수 없었다. 기생충 구제제로 오래전부터 사용되어온 포르말린의 독성은 사육수중의 암모니아성 질소, 용존산소, pH 등 여러 수질 요인들과도 깊은 관련이 있고 높은 수온 및 낮은 pH조건에서 그 독성은 증가하는 것으로 알려져 있다(Birdsong and Avault, 1971; Piper and Smith, 1973; Chiayvareesajja and Boyd, 1993). 따라서 포르말린을 약욕한 넙치와 뱀장어에서 이러한 Ht의 차이를 나타낸 원인을 추정해 보면, 아가미흡충에 자연감염된 뱀장어의 포르말린에 대한 감수성 또는 내성 정도, 포르말린의 농도별 약욕에 따른 물리화학적 실험조건과 담수어 및 해산어의 실험동물 차이 등 여러 변동요인이 관여하는 것으로 생각된다.

정과 김(2005)은 시험관내 넙치 적혈구에 포르말린을 노출시켜보면 포르말린 250 ppm 이상부터 MetHb 생성을 유의적으로 증가시켜 세포손상을 야기할 수 있다고 보고하였다. 또한 정 등(2007a)은 수온 27~28°C에서 뱀장어(*A. japonica*)에 200 ppm으로

6시간 노출시킨 아가미조직에서 병변을 관찰하였으며, 300 ppm으로 1시간째 노출시킨 아가미조직에서는 심각한 병변을 초래한다고 하였다. 건강한 뱀장어 (96±3.6 g)에 대한 포르말린의 24시간 LC₅₀이 269 ppm이라는 결과(정 등, 2007b)를 고려하면, 본 연구에서 아가미흡충에 자연감염된 뱀장어에 포르말린 300 ppm이상으로 노출시키는 것은 혈액 생리기능에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 대조구에 비해 Ht가 유의적으로 높았던 실험구(300~500 ppm)는 MetHb 생성이 증가되어 혈액 내 산소와의 결합능력을 상실함으로써 뱀장어 혈액의 산소운반 능력이 크게 감소되었고, 고농도의 포르말린 노출로 인하여 뱀장어 아가미 조직이 심각한 손상을 받아 결국 호흡 곤란이 일어난 것으로 해석된다.

덴마크에서는 양식 뱀장어의 아가미흡충에 대한 초기 치료대책으로서 주로 포르말린에 의존해 왔는데, 자연산 종묘를 양식장에 입식할 때는 아가미흡충의 유입을 방지하기 위하여 포르말린 300 ppm 농도로 30분간 약욕시켜야 한다고 하였다(Møllergaard and Dalsgaard, 1987). 본 연구(Table 2)에서도 포르말린 300 ppm에서 30분 정도 약욕하는 것은 아가미흡충의 유의적인 감소를 나타내어서 덴마크에서 뱀장어 종묘를 양식장에 입식할 때 활용하는 초기 구제법과 유사한 결과가 도출되었다. 본 연구에서 300 ppm 실험구는 12시간째, 400 ppm과 500 ppm 실험구는 6시간째 아가미흡충의 완전한 구제가 가능하였으나, 포르말린 독성으로 인해 뱀장어가 사망하거나 생리 기능에도 심각한 영향을 받게 된다. 비록 포르말린 300 ppm에서 30분 정도 단시간 약욕함으로써 뱀장어의 아가미흡충 감소를 유도한다고 하여도 이러한 약욕은 적절한 처리법이 아닌 것으로 생각된다. 그리고 포르말린으로 약욕한 시간별에 따른 뱀장어 Ht와 아가미흡충의 수적변동 조사를 통하여 적정 포르말린

농도를 250 ppm~500 ppm으로 설정한 후, 포르말린으로 단시간 약욕하고 다양한 처리 횟수별로 아가미흡충의 구제효과를 조사한 결과(Table 3), 포르말린 400 ppm으로 1시간 약욕을 1회 처리하면 66.7%의 가장 높은 아가미흡충의 상대 구제율을 감소시켰다. 그렇지만 이러한 약욕도 포르말린 독성이 뱀장어의 생리기능에 영향을 미칠 수 있기 때문에 아가미흡충을 구제할 효과적인 구제법은 아닌 것으로 판단된다.

Møllergaard and Dalsgaard(1987)은 *Pseudodactylogyrus* 속 아가미흡충이 뱀장어 한 마리 당 25마리 이하 기생하면 정상적인 생활을, 50마리 이상 기생하면 식욕 감퇴 및 식욕 부진을 그리고 700마리 이상 기생하면 뱀장어 아가미에 심각한 손상을 일으킨다고 하였다. 본 연구에서 실험어로 사용한 아가미흡충에 자연감염된 뱀장어는 뱀장어 1마리당 120.0±72.1~394.5±347.1마리의 아가미흡충이 감염되어 있어 식욕 감퇴 및 식욕 부진을 일으키는 상태의 시료라고 보아진다. 그들은 또한 자연산 종묘를 양식장에 입식할 때는 아가미흡충의 유입을 방지하기 위하여 포르말린 300 ppm 농도로 30분간 약욕시켜야 하며, 사육 중인 뱀장어에서 아가미흡충을 구제하기 위해서는 포르말린 60 ppm 농도로 2~3일 간격으로 4회 내지 5회 처리해야 하지만 이 기생충의 완전한 구제는 불가능하다고 지적하였다. 본 연구(Fig. 1)에서 포르말린 100 ppm으로 24시간 살포하면 뱀장어의 아가미흡충 감염강도가 대조구에 비해 유의적 수준($P<0.05$)으로 감소되어, 아가미흡충에 중간정도로 자연감염된 뱀장어에 대한 포르말린의 효과적인 처리방법으로 생각된다. 포르말린 100 ppm으로 노출된 실험구에서는 한 마리의 뱀장어 폐사개체도 출현하지 않았으나, 200 ppm의 실험구에서는 13.3%의 누적사망률을 나타내었다고 보고(정 등, 2007b)된 포르말린의 독성효과를 고려할 때, 포르말린 100 ppm을 살포하는 것은

뱀장어의 어체에 독성을 미치지 않는 유효한 농도라고 여겨진다. 그리고 포르말린 100 ppm에서 24시간 동안 약육하는 방법을 2~3일에 1회 더 처리하면 더욱 구제효과가 높을 것으로 예상된다. 한편 포르말린 200 ppm의 농도로 24시간 살포할 경우에도 아가미흡충의 감염감도가 대조구에 비해 유의적인 감소($P < 0.05$)를 나타내어 효과는 있었으나, 이 처리법에서도 뱀장어가 사망할 수 있으므로 바람직한 처리방법은 아닐 것이다.

국내 품목허가된 수산용 포르말린 구충제는 사용 대상 어종과 용법에서 뱀장어가 제외되어 있으나, 약사법 제85조 제3항에 따르면 수산질병관리사 및 수의사의 처방 또는 진료에 따라 사용할 경우에는 포르말린의 적용이 가능하다. 그렇지만, 국내 뱀장어의 아가미흡충을 구제하기 위한 포르말린의 적절한 구제방법을 연구한 자료가 부족하여 안전하고 효능이 높은 처방이 어려운 실정이다. 본 연구에서 아가미흡충에 자연 감염된 뱀장어를 대상으로 수온 28°C에서 포르말린의 구충효과를 조사한 결과, 안전하고 효과가 높은 처리방법은 포르말린 100ppm에서 24시간 동안 약육하는 것으로 나타났다. 그리고 포르말린의 안전성 평가에 있어서 헤마토크릿치가 유의적인 연관성이 있다는 것을 알 수 있어, 이후에 이를 기준으로 하여 안전성을 평가하기에 용이할 것으로 생각된다.

요 약

*Pseudodactylogyrus*속 아가미흡충에 자연감염된 뱀장어(체중 89.8~96g)를 대상으로 수온 28°C의 사육조건에서 포르말린의 구제효과를 알아보고자 실시하였다. 아가미흡충의 수적 변화에 의한 포르말린의 구제효과를 조사하기에 앞서, 포르말린의 농도별(0~500 ppm) 및 시간별(30분~24시간) 약육에 따른 뱀장어의

헤마토크릿치(Ht) 변화를 분석하여 포르말린이 뱀장어의 혈액생리에 미치는 독성효과를 살펴보았다. 그리고 Ht 결과를 기준으로 하여 포르말린의 농도 및 처리시간 등을 약육 처리법을 다양하게 설정한 다음 아가미흡충의 감염농도를 조사하였다. 포르말린에 24시간 동안 약육한 뱀장어의 Ht는 대조구와 비교하여 100 및 200 ppm에서는 유의적인 차이가 없었다($P > 0.05$). 그러나 300~500 ppm에서는 Ht가 유의적인 증가($P < 0.05$)를 나타내어 이 농도에서는 포르말린의 독성이 뱀장어의 생리기능에 영향을 초래하는 것으로 나타났다. 포르말린 100 및 200 ppm 농도에서 24시간 동안 약육한 처리법에서 아가미흡충의 유의적인 감소($P < 0.05$)가 확인되었다. 한편, 연구자들은 앞선 연구에서 뱀장어에 대한 포르말린의 24시간 반수치사농도(LC₅₀)를 보고하였는데, 이 때 100 및 200 ppm에서 24시간 동안 약육할 경우 200 ppm에서는 13.3%의 누적사망률을 확인하였으나, 100 ppm에서는 사망한 개체가 한 마리도 나타나지 않았다. 결론적으로 포르말린 100 ppm에서 24시간 동안 약육하는 처리법이 뱀장어에 기생된 *Pseudodactylogyrus*속 아가미흡충을 효과적으로 구제할 수 있는 것으로 생각되었다.

감사의 글

이 연구는 국립수산과학원(양식생물 질병 방제연구, RP-2010-AQ-083)의 지원에 의해 운영되었습니다.

참고문헌

- Abdelmonem, A.A., Metwally, M.M. and Hussein, H.S.: Gross and microscopic pathological changes associated with parasitic infection in European eel (*Anguilla anguilla* Linnaeus 1758). Parasitol. Res.,

- 106: 463-469, 2010.
- Birdsong, C.L. and Avault, J.W.: Toxicity of certain chemicals to juvenile pompano. *Prog. Fish-Cult.*, 33: 76-80, 1971.
- Buchmann, K. and Bjerregaard, J.: Comparative efficacies of commercially available benzimidazole against *Pseudodactylogyrus* infestations in eels. *Dis. Aquat. Org.*, 9: 119-120, 1990a.
- Buchmann, K. and Bjerregaard, J.: Mebendazole treatment of Pseudodactylogyrosis in an intensive eel-culture system. *Aquaculture*, 86: 139-153, 1990b.
- Buchmann, K., Møllergaard, S. and Køie, M.: *Pseudodactylogyrus* infections in eel. a review. *Dis. Aqua. Org.*, 3: 51-57, 1987.
- Chan, B. and Wu, B.: Studies on the pathogenicity, biology and treatment of *Pseudodactylogyrus* for eels in fish farms. *Acta. Zool. Sin.*, 30: 173-180, 1984.
- Chandrasekar, S. and Jayabalan, N.: Hematological responses of the common carp, *Cyprinus carpio* L. exposed to the pesticide endosulfan. *Asian. Fish. Sci.*, 6: 331-340, 1993.
- Chiayvareesajja, S. and Boyd, C.E.: Effects of zeolite, formalin, bacterial augmentation, and aeration on total ammonia nitrogen concentrations. *Aquaculture*, 116: 33-45, 1993.
- Copley, L. and McCarthy, T.K.: The first record of the monogenean gill fluke *Pseudodactylogyrus bini* (Kikuchi 1929) in Ireland, with observations on other ectoparasites of river Erne eels. *Ir. Nat. J.*, 26: 405-413, 2001.
- Fang, J., Shirakashi, S. and Ogawa, K.: Comparative susceptibility of Japanese and European eels to infections with *Pseudodactylogyrus* spp. (monogenea). *Fish Pathol.*, 43: 144-151, 2008.
- Hayward, C., Iwashita, M., Crane, J.S. and Ogawa, K.: First report of the invasive eel pest *Pseudodactylogyrus bini* in the north America and wild American eels. *Dis. Aquat. Org.*, 44: 53-60, 2001.
- Hogstrand, C., Ferguson, E.A., Galvez, F., Shaw, J.R., Webb, N.A. and Wood, C.M.: Physiology of acute silver toxicity in the sarry flounder (*Platichthys stellatus*) in seawater. *J. Comp. Physiol. B.* 169: 461-473, 1999.
- Iwashita, M., Hirata, J. and Ogawa, K.: *Pseudodactylogyrus kamegaii* sp. n. (monogenea: *Pseudodactylogyridae*) from wild Japanese eel, *Anguilla japonica*. *Parasitol. Intern.*, 51: 337-342, 2002.
- Jung, S.H., Sim, D.S., Park, M.S., Jo, Q.T. and Kim, Y.: Effects of formalin on hematological and blood chemistry in olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquat. Res.*, 34: 1269-1275, 2003.
- Kawatsu, H.: Hematological characteristics of molinate anemia in common carp. *Bull. Freshwater Fish. Res. Lab.*, 46: 1103-1107, 1980.
- Köprücü, S.Ş., Köprücü, K., Ural, M.Ş., İspir, Ü. and Pala, M.: Acute toxicity of organophosphorus pesticide diazinon and its effects on behavior and some hematological parameters of fingerling European catfish (*Silurus glanis* L.). *Pesticide Biochem. Physiol.*, 86: 99-105, 2006.
- Larsen, T.B. and Buchmann, K.: Effects of aqueous aluminium chloride and zinc chloride on survival of the gill parasiting monogenean *Pseudodactylogyrus anguillae* from European eel *Anguilla anguilla*. *Bull. Eur. Assoc. Fish Pathol.*, 23: 123-127, 2003.
- Matejusová, I., Simková, A. and Sasal, P.: Microhabitat distribution of *Pseudodactylogyrus anguillae* and

- Pseudodactylogyrus bini* among and with gill arches of the European eel (*Anguilla anguilla* L.). Parasitol. Res., 89: 290-296, 2003.
- Møllergaard, S.: Mebendazole treatment against *Pseudodactylogyrus* infections in eel (*Anguilla anguilla*). Aquaculture, 91: 15-21, 1990.
- 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.
- Rolbiecki, L., Bartel, R. and Rokicki, J.: The nematode parasite, *Anguillicola crassus* Kuwahara, Niimi et Itagaki, and the monogenean gill parasite, *Pseudodactylogyrus anguillae* (Yin et sproston), in eel (*Anguilla anguilla* L.) fry. Arch. Pol. Fish., 16: 221-226, 2008.
- Sampath, K., Velammal, S., Kennedy, I. and James, R. 1993. Haematological changes and their recovery in *Oreochromis mossambicus* as a function of exposure period and sublethal levels of Ekalux. Acta Hydrobiol., 35: 73-83, 1993.
- Schmahl, G. and Mehlhorn, H.: Treatment of fish parasites. 4. Effects of sym. triazinone (toltrazuril) on monogenea. Parasitol. Res., 75: 132-143, 1988.
- Škoriková, B., Scholz, T. and Moravec, F.: Spreading of introduced monogeneans *Pseudodactylogyrus anguillae* and *Pseudodactylogyrus bini* among eel populations in the Czech republic. Folia Parasitol., 43: 155-156, 1996.
- Umeda, N., Nibe, H., Hara, T. and Hirazawa, N.: Effects of various treatments on hatching of eggs and viability of oncomiracida of the monogenean *Pseudodactylogyrus anguillae* and *Pseudo dactylogyrus bini*. Aquaculture, 253: 148-153, 2006.
- Wang, G.X., Jiang, D.X., Zhuang, Z., Zhao, Y.K. and Shen, Y.H.: *In vitro* assessment of anthelmintic efficacy of ginkgolic acid (C13:0, C15:1) on removal of *Pseudodactylogyrus* in European eel. Aquaculture, 297: 38-43, 2009.
- 日野志郎 臨末血液學 医齒藥出版株式會社, 東京, 日本 p156-158, 1994.
- 손맹현외 19명: 뱀장어 양식 표준 지침서. 국립수산과학원 양식관리과, 2009.
- 전세규: 어류기생충학. 한국수산신문사, 한국, 서울 p190-192, 2006.
- 정승희, 김진우: 과망간산칼륨, 안정화이산화염소, 포르말린, 황산동이 넙치 (*Paralichthys olivaceus*) 적혈구에 미치는 시험관내 용혈작용 및 메트헤모글로빈 생성 효과. 한국어병학회지, 18: 179-185, 2005.
- 정승희, 이남실, 이주석, 지보영, 김진우, 김응오: 포르말린 약욕이 뱀장어(*Anguilla japonica*)의 아가미 및 간에 미치는 병리조직학적 효과. 한국어병학회지, 20: 315-325, 2007a.
- 정승희, 이주석, 지보영, 서정수, 김진우, 김응오: 뱀장어에 대한 포르말린의 24시간 반수치사농도 (LC₅₀). 한국어병학회지, 20: 161-167, 2007b.
- 한정조, 박성우, 김영갈: 한국산 담수어에 기생하는 단생흡충류에 관한 연구 1. 뱀장어 및 메기의 단생흡충. 한국어병학회지, 13: 75-86, 2000.

Manuscript Received : October 5, 2010

Revised : November 23, 2010

Accepted : December 6, 2010