



2020년 국내 양식 흰다리새우(*Litopenaeus vannamei*)의 TS, IMN, NHP 및 DIV1 모니터링

김경호 · 정지민* · 권문경** · 박찬일†
경상국립대학교(학생) · *국립수산물품질관리원(연구사) ·
**국립수산물품질관리원(연구관) · †경상국립대학교(교수)

Monitoring of TS, IMN, NHP, and DIV1 in Cultured Whiteleg Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in South Korea in 2020

Kyung-Ho KIM · Ji-Min JEONG* · Mun-Gyeong KWON** · Chan-Il PARK†

Gyeongsang National University(student) · National Fishery Products Quality Management Service(*researcher, **senior researcher) · †Gyeongsang National University(professor)

Abstract

Disease monitoring in aquatic animals is important to minimize disease transmission and provide important information for effective quarantine measures. In this study, Taura syndrome (TS), infectious myonecrosis (IMN), necrotizing hepatopancreatitis (NHP), and decapod iridescent virus 1 (DIV1) were monitored in 2,592 whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) collected from 108 shrimp farms in Korea from September to October 2020. A disease detection and monitoring experiment was conducted according to the WOA's Manual of Diagnosis for Aquatic Animal. None of the four diseases were detected in whiteleg shrimp samples tested in this study. Although TS and IMN had occurred in Korea in the past, they have not become endemic. IMN occurred in 2015 and the possibility of it being introduced into Korea through lugworm (*Arenicola marina*) from China was reported in a previous study. NHP and DIV1 are shrimp diseases that have not been reported in Korea, but are known to be highly pathogenic to whiteleg shrimp. If these diseases are introduced into the country, they can cause serious economic damage to the shrimp farming industry. Therefore, quarantining imported aquatic products and disease control systems are important in Korean shrimp farms and should be increased. Our monitoring results showed that TS, IMN, NHP, and DIV1 were absent in Korean whiteleg shrimp farms and can provide important basic data to prove the freedom of these four diseases in the future.

Key words : Taura syndrome, Infectious myonecrosis, Necrotizing hepatopancreatitis, Decapod iridescent virus 1

I. 서론

우리나라의 새우 양식 산업은 1990년대 이후로
보리새우(*Marsupenaeus japonicus*)와 대하(*Fenneropenaeus*

chinensis)를 중심으로 급속히 발달하였으나, 1993
년과 2003년에 발생한 흰반점병(white spot disease,
WSD)으로 인해 심각한 피해를 입을 바 있다
(Kim et al., 1997; Heo et al., 2000). 이후 대하에

† Corresponding author : 055-772-9153, vinus96@hanmail.net

* 이 연구는 해양수산부의 재원으로 국립수산물품질관리원의 지원을 받아 수행된 연구임(수산생물 검역 및 방역 프로그램 개발, NFQS2023001).

비해 흰반점병에 저항성이 강한 흰다리새우(*Litopenaeus vannamei*)를 대체 품종으로 양식하였으며, 국내에서 소비되는 새우류 중 대부분은 흰다리새우가 차지하고 있다. 흰다리새우는 대하의 대체 품종으로 정착한 이후 흰반점병 이외에 다른 질병으로 인한 폐사 사례가 거의 없었으나, 2004년에 충청남도 천수만과 태안에 위치한 흰다리새우 양식장에서 타우라증후군바이러스(*taura syndrome virus*, TSV)가 검출된 바 있으며, 2015년 충청남도 서산과 태안에 위치한 흰다리새우 양식장에서 전염성근괴사증바이러스(*infectious myonecrosis virus*, IMNV)가 검출된 바 있다(Do et al., 2006; Kwon et al., 2019). 2016년에는 전라남도 신안에서 급성 간췌장괴사병(*acute hepatopancreatic necrosis disease*, AHPND)의 원인 병원체인 *Vibrio parahaemolyticus* (VPAHPND)가 발병하여 양식 중인 흰다리새우의 약 40%가 폐사한 바 있다(Hwang et al., 2018).

최근 아시아를 비롯한 전 세계적으로 새우류에 병원성이 높은 세균성 및 바이러스성 질병이 지속적으로 보고되고 있으며, 이러한 질병으로 인해 새우 양식 산업의 생산량이 크게 감소하고 있는 추세이다. 우리나라에서는 세계동물보건기구(World Organization for Animal Health, WOAH)에 등재되어 있는 국제기준에 따라 2008년부터 수산생물질병이 발생하거나 확산되는 것을 막기 위해 수산생물질병 관리법을 시행하고 있으며, 양식 산업에 막대한 피해를 입히는 수산생물질병을 법정전염병으로 지정하여 지속적인 감시 및 관리를 하고 있다. 국내에서 보고된 바 없는 괴사성간췌장염(*Necrotizing hepatopancreatitis*, NHP)과 인근 국가인 중국에서 갑각류 양식 산업에 막대한 피해를 입히고 있는 십각류무지개바이러스병(*Infection with decapod iridescent virus 1*, DIV1)은 흰다리새우에 매우 높은 병원성을 가진 치명적인 질병으로 알려져 있으며(Vincent and Lotz, 2007; Qiu et al., 2017), 이러한 질병이 국내로 유입되면 막대한 경제적 피해를 입힐 것으로 예상되기 때문에

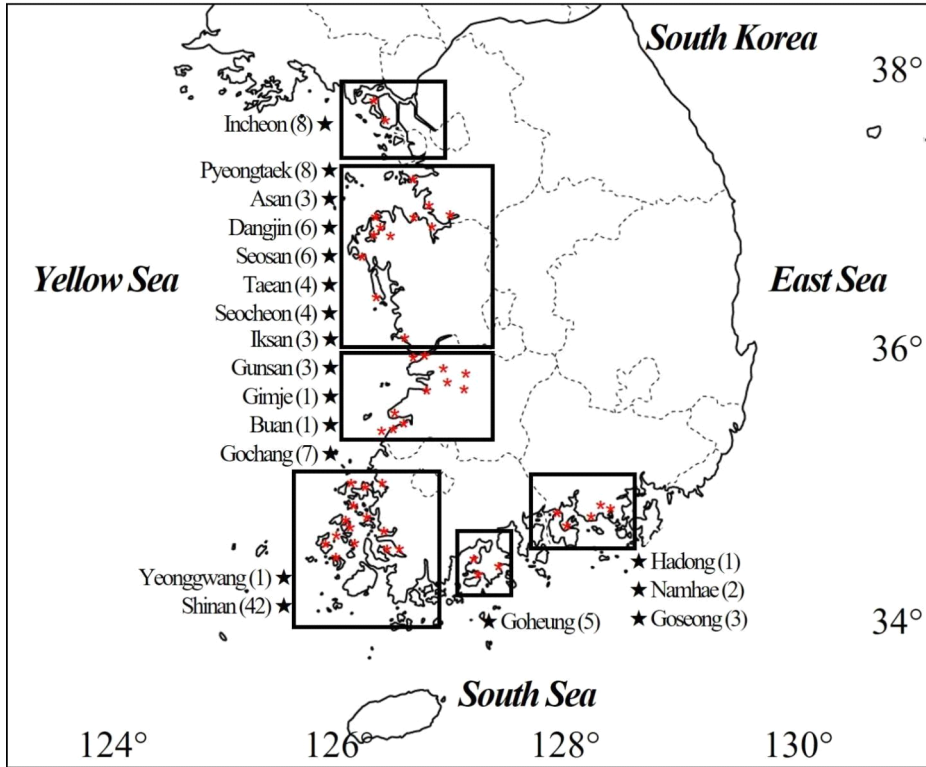
2021년부터 수산생물질병 관리법에 법정전염병으로 지정하여 관리하고 있다. 이러한 수산생물질병을 관리하기 위한 질병 모니터링은 시기별 맞춤형 방역체계를 강화하기 위한 근거 자료를 제공할 뿐만 아니라 자국 내 특정 질병에 대한 무병함을 증명할 수 있는 매우 중요한 역할을 한다.

본 연구에서는 국내에 유입되거나 풍토병으로 정착될 경우 흰다리새우 양식 산업에 막대한 경제적 피해를 끼칠 것이라 예상되는 TS, IMN, NHP 및 DIV1 4종의 법정전염병을 조사대상으로 선정하고 질병 발생 파악과 청정국 지위획득을 위한 정보를 제공하고자 모니터링을 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 양식 흰다리새우 채집

국내 법정전염병인 TS, IMN, NHP 및 DIV1의 모니터링을 위해 2020년 9월부터 10월까지 경기도(평택) 8개소, 경상남도(고성, 남해, 하동) 6개소, 인천광역시 8개소, 전라남도(고흥, 신안, 영광) 48개소, 전라북도(고창, 군산, 김제, 부안, 익산) 15개소 및 충청남도(당진, 서산, 서천, 아산, 태안) 23개소로 총 108개소의 흰다리새우 양식장을 선정하였으며(Fig. 1), 새우 채집망을 이용하여 양식장 당 무작위로 24마리씩 총 2,592마리를 채집하였다. 채집한 총 2,592마리의 흰다리새우는 무균적으로 해부하여 WOAH에서 권고하고 있는 질병별 주요 감염 장기를 적출 하였으며, 4마리씩 pooling (50 mg)하여 648개의 pooling 시료를 제작하였다. 새우 질병 검사를 위해 유영각(TS), 횡문근(IMN), 간췌장(NHP), 림프조직과 두흉갑(DIV1)을 적출하여 pooling 하였다. 모든 시료는 액체질소에 급속 냉각한 뒤 genomic DNA (gDNA)와 total RNA 추출에 사용하기 전까지 -80°C에 보관하였다.



[Fig. 1] Sampling area for domestic farmed whiteleg shrimp.

2. 핵산 추출 및 cDNA 합성

채집한 흰다리새우 시료에서 gDNA와 total RNA를 추출하기 위해 AccuPrep® Viral RNA Extraction Kit (Bioneer, Korea)를 이용하여 제조사의 방법에 따라 gDNA와 total RNA를 추출하였다. 먼저, pooling 샘플에 TL buffer 200 μ L를 첨가하고 homogenizer로 조직을 마쇄한 후 proteinase K 10 μ L를 첨가한 뒤 vortexing을 하였으며, 60°C에서 1시간 동안 조직이 완전히 녹을 때까지 반응시켰다. 이후 VB buffer 300 μ L 첨가 후 vortexing을 하고 60°C에서 10분간 반응시킨 뒤 isopropanol 300 μ L를 분주하였다. Column tube에 BST solution 100 μ L를 분주하고 13,000 rpm에서 30초간 원심분리하였으며, binding column을 tube에서 빼내어 새로운 collection tube에 옮긴 후 시료를 분주하였고

13,000 rpm에서 1분간 원심분리하였다. 이후 VW1 buffer 500 μ L와 RWA2 buffer 600 μ L를 이용하여 세척과 탈수 과정을 거친 후 ER buffer 50 μ L를 첨가하여 핵산을 추출하였다. 추출된 gDNA와 total RNA는 NanoVue spectrophotometer (GE Healthcare, UK)를 이용하여 순도와 농도를 측정 후 실험에 사용하기 전까지 -80°C에 보관하였다. 추출된 total RNA는 PrimeScript™ 1st strand cDNA synthesis kit (Takara, Japan)를 이용하여 cDNA를 합성하였다. 먼저, total RNA 8 μ L, Random hexamer 1 μ L 및 dNTP Mixture 1 μ L를 65°C에서 5분간 반응 후 얼음에서 5분간 냉각시켰다. 그 후 5 \times PrimeScript buffer 4 μ L, RNase Inhibitor (40 U/ μ L) 0.5 μ L, PrimeScript RTase (200 U/ μ L) 1 μ L, RNase-free water 4.5 μ L를 넣고 부드럽게 섞어주었다. 총 부피가 20

<Table 1> PCR primers used in this study

Target	Primer	Sequence (5' to 3')	Expected size (bp)	Reference
TS	7171F	CGA-CAG-TTG-GAC-ATC-TAG-TG	341	Navarro et al., 2009
	7511R	GAG-CTT-CAG-ACT-GCA-ACT-TC		
IMN	4587F	CGA-CGC-TGC-TAA-CCA-TAC-AA	328	Poulos and Lightner, 2006
	4914R	ACT-CGG-CTG-TTC-GAT-CAA-GT		
	4725NF	GGC-ACA-TGC-TCA-GAG-ACA	139	
	4863NR	AGC-GCT-GAG-TCC-AGT-CTT-G		
NHP	NHPF2F	CGT-TGG-AGG-TTC-GTC-CTT-CAG-T	379	Aranguren et al., 2010
	NHPF2R	GCC-ATG-AGG-ACC-TGA-CAT-CAT-C		
DIV1	SHIV-1F	GGG-CGG-GAG-ATG-GTG-TTA-GAT	457	Qiu et al., 2017
	SHIV-1R	TCG-TTT-CGG-TAC-GAA-GAT-GTA		
	SHIV-2F	CGG-GAA-ACG-ATT-CGT-ATT-GGG	129	
	SHIV-2F	TTG-CTT-GAT-CGG-CAT-CCT-TGA		
Decapod	143F	TGC-CTT-ATC-AGC-TNT-CGA-TTG-TAG	848	WOAH, 2021a
	145R	TTC-AGN-TTT-GCA-ACC-ATA-CTT-CCC		

μL인 reaction mixture는 30℃에서 10분, 42℃에서 1시간 동안 반응시킨 후 효소를 불활성화하기 위하여 95℃에서 5분간 반응시키고, 합성한 cDNA 시료는 다음 실험이 진행되기 전까지 -20℃에 보관하였다. 흰다리새우로부터 추출 및 합성된 gDNA와 cDNA의 PCR 무결성을 확인하고자, WSD WOAH 매뉴얼에 등재되어있는 decapod-specific primers를 이용하여 모든 시료에서 PCR을 통해 핵산 추출 유무를 확인한 후 질병 검사를 수행하였다(WOAH, 2021a).

3. PCR 및 sequencing 분석

TS, IMN, NHP 및 DIV1를 검출하기 위한 PCR과 nested PCR은 WOAH와 disease card에서 권고하는 방법에 따라 수행하였다(<Table 1>). 모든 PCR은 3회 반복 수행하였으며, 질병 검출을 위한 양성 대조구는 국립수산물품질관리원 수산방역과로부터 제공받은 양성표준물질(plasmid, 106 plasmid copies/reaction)를 사용하였으며, 음성 대조구는 DEPC-DW를 사용하였다. PCR 증폭 산물은 SafeView™ Classic (Applied Biological Materials

Inc., Canada)가 첨가된 1.5% agarose gel을 이용하여 전기영동을 수행한 후 병원체 유전자의 증폭 여부를 확인하였다.

III. 결과 및 고찰

세계무역기구(World Trade Organization, WTO)의 위생 및 식물위생 조치(Sanitary and Phytosanitary Measures, SPS) 협정과 WOAH의 수생동물위생규약(Aquatic Animal Health Code)에서는 국제 교역으로 인한 수산동물 질병 유입을 차단하기 위하여 국내 수산생물 관리 기준을 WOAH 권고 사항과 부합하여 위험분석 과정을 통해 과학적인 증거가 뒷받침되어야 한다고 강조하고 있다. 우리나라에서는 WOAH에서 권고하고 있는 지침에 따라 수산동물질병 관리법을 개정하고 질병 전파와 확산을 방지하기 위해 능동적인 예찰과 방역을 수행하고 있으며, WOAH에 등재된 갑각류 질병 10종 모두 법정전염병으로 지정하여 관리하고 있다.

국내 과거 발병 사례가 있으나 풍토병으로 정

<Table 2> Domestic cultured whiteleg shrimp sampling information for TS, IMN, NHP, and DIV1 monitoring and the results of PCR analysis

Sampling area	Farm No.	Sampling date	Water Temp. (°C)	Tested sample No.	Detection rate of the pathogens (No. of positive sample/No. of inspection)			
					TS	IMN	NHP	DIV1
Pyeongtaek	1—8	Sep 01	28 ± 1	192	0% (0/192)	0% (0/192)	0% (0/192)	0% (0/192)
Incheon	9—16	Sep 02	29.6 ± 1.3	192	0% (0/192)	0% (0/192)	0% (0/192)	0% (0/192)
Goseong	17—19	Sep 09	29.1 ± 0.5	72	0% (0/72)	0% (0/72)	0% (0/72)	0% (0/72)
Hadong	20	Sep 09	27	24	0% (0/24)	0% (0/24)	0% (0/24)	0% (0/24)
Namhae	21—22	Sep 09	27.3 ± 1.0	48	0% (0/48)	0% (0/48)	0% (0/48)	0% (0/48)
Gochang	23—29	Sep 10	24.9 ± 0.9	168	0% (0/168)	0% (0/168)	0% (0/168)	0% (0/168)
Buan	30	Sep 11	23.8	24	0% (0/24)	0% (0/24)	0% (0/24)	0% (0/24)
Gimje	31	Sep 11	24	24	0% (0/24)	0% (0/24)	0% (0/24)	0% (0/24)
Iksan	32—34	Sep 11	24.6 ± 0.5	72	0% (0/72)	0% (0/72)	0% (0/72)	0% (0/72)
Gunsan	35—37	Sep 11	23.9 ± 0.9	72	0% (0/72)	0% (0/72)	0% (0/72)	0% (0/72)
Seocheon	38—41	Sep 15	24.3 ± 1.0	96	0% (0/96)	0% (0/96)	0% (0/96)	0% (0/96)
Taeon	42—45	Sep 16	24.5 ± 0.6	96	0% (0/96)	0% (0/96)	0% (0/96)	0% (0/96)
Seosan	46—51	Sep 16	24.8 ± 1.6	144	0% (0/144)	0% (0/144)	0% (0/144)	0% (0/144)
Dangjin	52—57	Sep 17	23.3 ± 0.5	144	0% (0/144)	0% (0/144)	0% (0/144)	0% (0/144)
Asan	58—60	Sep 17	24	72	0% (0/72)	0% (0/72)	0% (0/72)	0% (0/72)
Goheung	61—65	Sep 22	23.2 ± 1.3	120	0% (0/120)	0% (0/120)	0% (0/120)	0% (0/120)
Yeonggwang	66	Sep 24	22	24	0% (0/24)	0% (0/24)	0% (0/24)	0% (0/24)
Shinan	67—80	Sep 23	22.5 ± 0.7	336	0% (0/336)	0% (0/336)	0% (0/336)	0% (0/336)
	81—108	Oct 08	22.8 ± 0.8	672	0% (0/672)	0% (0/672)	0% (0/672)	0% (0/672)
Total	108			2,592	0% (0/2,592)	0% (0/2,592)	0% (0/2,592)	0% (0/2,592)

착하지 않은 질병 중 TS는 흰다리새우 치하 단계에 80%의 높은 폐사율을 나타내며(Yu and Song, 2000), 감염 시 체색이 옅은 붉은색으로 변하기 때문에 붉은꼬리병(red tail disease)이라고도 불린다. 1992년 에콰도르 타우라 강 근처의 양식 흰다리새우에서 최초 발병한 후(Jimenez, 1992), 1994년 페루, 콜롬비아, 멕시코와 같은 중남미 국가로 확산하여 TS로 인해 약 1억 달러의 경제적 손실을 입었으며, 2000년 대만에서도 TSV가 검출된 사례가 있다(Brock et al., 1995; Yu and Song, 2000). 2004년 국내에서 TSV가 검출된 이후 추가적인 질병 발생 사례는 보고되지 않았다(Do et al., 2006). IMN은 흰다리새우에 40-70%의 폐사율을 나타낸다고 보고된 바 있으며(WOAH, 2021b), 꼬리 근육이 하얗게 변하는 것이 특징이다. 2002년 브라질 남동부의 양식 흰다리새우에서 최초 발병된 후 2010년까지 10억 달러 이상 경제적 손실을 겪은 바 있다(Lightner et al., 2012). IMN은 감염된 조식 섭취, 사육수, 먹이생물 등 다양한 경로로 전파될 가능성이 있다고 알려져 있다(Coelho et al., 2009; Sahul Hameed et al., 2017). Kwon et al.(2019)에 따르면 2015년 국내에서 검출된 IMNV를 역학 조사하였을 때, 중국산 갯지렁이가 바이러스 전달 매개체로 작용하여 모하 또는 사육수에 바이러스를 전달했을 가능성을 언급한 바 있다. NHP의 원인체는 그람 음성세균인 *Hepatobacter penaei*이며 국내 발생 보고가 없는 법정전염병이다. 1985년 미국 텍사스 양식 흰다리새우에서 처음 보고되었으며(Lightner et al., 1992), 최대 95%의 높은 폐사율로 보리새우과 양식 산업에 엄청난 경제적 손실을 일으킨 바 있다(Vincent and Lotz, 2007). 주로 29-31°C 사이의 고수온과 20-40 ppt의 고염분 환경에서 발병하기 쉬우며, 국내로 유입된다면 여름철 흰다리새우 양식 산업에 큰 피해를 입힐 것으로 예상되어 국내 유입 차단을 위해 중점적으로 모니터링하고 있다. DIV1은 2014년 중국 저장성의 흰다리새우 양식장에서 처음 발병하였고, 폐사율이 높

아 새우 생산량 감소와 경제적 손실을 발생시키고 있는 신종 새우 질병이다(Qiu et al., 2017). 최근, 인근 무역국인 중국의 새우 양식장에서 DIV1의 높은 유병률이 보고된 바 있으며(Qiu et al., 2019), 인도양 북동부의 야생 홍다리얼룩새우(*Penaeus monodon*)에서 DIV1이 검출된 바 있다(Srisala et al., 2021). 이러한 새우류의 질병이 수입으로 인해 국내로 유입되는 것을 방지하기 위해 국경검역을 수행하고 있으나, 모든 질병의 유입을 막는 것은 현실적으로 어려움이 있다. 따라서, 국내에 빈번히 발생하지 않는 질병이 유입된다면 심각한 결과를 초래할 수 있으므로 자국 내 양식 현장에서 질병 확산을 차단하기 위한 지속적인 예찰의 중요성이 증가하고 있다.

본 연구에서 채집한 흰다리새우 2,592마리에서 외부 병적 증세와 감염 여부를 검사한 결과 특이적인 병변이 관찰되지 않았으며, TS, IMN, NHP 및 DIV1의 PCR 및 nested PCR 분석에서도 모두 검출되지 않았다(<Table 2>). 현재까지 TS와 IMN은 국내 풍토병으로 정착되지 않았으나, 과거에 검출된 사례가 있으므로 추후 국내 유입 가능성에 대한 우려가 지속적으로 제기되고 있다. 또한, 국내 미발생전염병인 NHP와 DIV1은 흰다리새우에 높은 병원성을 가지고 있어 국내로 유입될 시 막대한 피해를 끼칠 수 있다. 국내에서는 식용, 이식용, 관상용 및 시험·연구조사용 수산생물을 수입할 시 국경검역을 시행하고 있으나, 생사료 및 미끼용으로 수입되는 비식용 수산물은 검역 대상이 아니기 때문에 다양한 위해요소들이 유입될 가능성이 있다. 이전 연구에서는 생사료 사용으로 인한 새우류 질병 발생 사례가 보고된 바 있다(Humphrey, 1995; Lightner, 1995; Durand et al., 2000; Qiu et al., 2018). 국내 미발생 전염병을 근절하기 위해서는 수산생물을 대상으로 한 모니터링 연구뿐만 아니라 생사료 사용에 따른 질병 위험평가와 관리 방안에 대한 추가적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

본 연구에서 수행한 새우류 법정전염병 4종에

대한 모니터링 연구는 수산물 위생 관리에 중요한 정보를 제공할 수 있으며, 국내 양식 흰다리 새우에 질병 존재 유무를 확인하고 무병함을 입증하는데 과학적인 기초자료가 될 수 있다. 또한, 국가 간 무역 시 상대 교역국에서 정량적 및 정성적 수입위험분석(Import risk analysis)에 필요한 질병 발생 정보를 제공할 뿐만 아니라, 수입되는 과정에 질병 유입으로 인한 국내 양식 산업의 피해를 최소화하기 위해 수출국보다 더 강화된 수입위생조건을 제시할 기초적 자료를 제공할 수 있을 것이다.

References

- Aranguren LF, Tang KFJ and Lightner DV(2010). Quantification of the bacterial agent of necrotizing hepatopancreatitis (NHP-B) by real-time PCR and comparison of survival and NHP load of two shrimp populations. *Aquaculture*, 307: 187~192. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.07.022>
- Brock JA, Gose R, Lightner DV and Hasson KW(1995). An overview on Taura syndrome, an important disease of farmed *Penaeus vannamei*. Swimming Through Troubled Water, Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming, Aquaculture '95, World Aquaculture Society, Baton Rouge, 84~94.
- Coelho MGL, Silva ACG, Vila Nova CMV, Neto JMO, Lima ACN, Feijo RG, Apolinario DF, Maggioni R and Gesteira TCV(2009). Susceptibility of the wild southern brown shrimp (*Farfantepenaeus subtilis*) to infectious hypodermal and hematopoietic necrosis (IHHN) and infectious myonecrosis (IMN). *Aquaculture*, 294: 1~4. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.05.023>
- Do JW, Cha SJ, Lee NS, Kim YC, Kim JW, Kim JD and Park JW(2006). Taura syndrome virus from *Penaeus vannamei* shrimp cultured in Korea. *Diseases of Aquatic Organisms*, 70: 171~174. <https://doi.org/10.3354/dao070171>.
- Durand SV, Tang KFJ and Lightner DV(2000). Frozen commodity shrimp: potential avenue for introduction of white spot syndrome virus and yellow head virus. *Journal of Aquatic Animal Health*, 12: 128~135. [https://doi.org/10.1577/1548-8667\(200006\)012<0128:F CSPAFA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8667(200006)012<0128:F CSPAFA>2.0.CO;2)
- Heo MS, Sohn SG, Kim JW, Park MA, Jung SH, Lee JS, Choi DL, Kim YJ and Oh MJ(2000). Isolation and characterization of white spot syndrome baculovirus in cultured penaeid shrimp (*Penaeus chinensis*). *Journal of Fish Pathology*, 13(1): 7~13.
- Humphrey, HD(1995). Australian quarantine policies and practices for aquatic animals and their products : a review for the scientific working party on aquatic animal quarantine. Bureau of Resource Sciences, Canberra.
- Hwang SD, Hwang JY, Kang BC, Jeon HR, Chun WJ, Lee DW, Sohn SB, Kim SM, Kim SR, Lee KY, Jung MH, Seo JS, Kwon M and Jee BY(2018). Whole genome sequence of acute hepatopancreatic necrosis (AHPND) isolated from Korea. In: Proceedings of the Korean Federation of Fisheries Science and Technology Societies (KOFFST) International Conference 492.
- Jimenez R(1992). Síndrome de Taura (resumen). In: Acuicultura del Ecuador. In: Jimenez R (ed) Revista especializada de la Camara Nacional de Acuicultura. Guayaquil, 1~16.
- Kim CK, Sohn SG, Heo MS, Lee TH, Hun HK and Jang KL(1997). Partial genomic sequence of baculovirus associated with white spot syndrome (WSBV) isolated from penaeid shrimp *P. chinensis*. *Journal of Fish Pathology*, 10(2): 87~95.
- Kwon MG, Kim SM, Shin KW, Cho MY, Hwang SD, Seo JS, Hwang JY and Jee BY(2019). Epidemiological Survey of Infectious Myonecrosis in Farmed Whiteleg shrimps (*Litopenaeus vannamei*) in Korea. *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education*, 31(1): 94~99. <https://doi.org/10.13000/JFMSE.2019.2.31.1.94>
- Lightner DV(1995). Taura syndrome: an economically important viral disease impacting the shrimp farming industries of the Americas including the United States. University of Arizona, Arizona.
- Lightner DV, Redman RM and Bonami JR(1992). Morphological evidence for a single bacterial etiology in Texas necrotizing hepatopancreatitis in

- Penaeus vannamei* (Crustacea: Decapoda). Diseases of Aquatic Organisms, 13: 235~239.
<https://doi.org/10.3354/dao013235>
- Lightner DV, Redman RM, Pantoja CR, Tang KFJ, Noble BL, Schofield P, Mohny LL, Nunan LM and Navarro SA(2012). Historic emergence, impact and current status of shrimp pathogens in the Americas. Journal of Invertebrate Pathology, 110: 174~183.
<https://doi.org/10.1016/j.jip.2012.03.006>
- Navarro SA, Tang KFJ and Lightner DV(2009). An improved Taura syndrome virus (TSV) RT-PCR using newly designed primers. Aquaculture, 293: 290~292.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.05.003>
- Poulos BT and Lightner DV(2006). Detection of infectious myonecrosis virus (IMNV) of penaeid shrimp by reverse-transcriptase polymerase chain reaction (RT-PCR). Diseases of Aquatic Organisms, 73: 69~72.
<https://doi.org/10.3354/dao073069>
- Qiu L, Chen M.M, Wan XY, Li C, Zhang QL, Wang RY, Cheng DY, Dong X, Yang B, Wang XH, Xiang JH, Huang J(2017). Characterization of a new member of Iridoviridae, Shrimp hemocyte iridescent virus (SHIV), found in white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Scientific Reports, 7: 11834.
<https://doi.org/10.1038/s41598-017-10738-8>
- Qiu L, Chen MM, Wang RY, Wan XY, Li C, Zhang QL, Dong X, Yang B, Xiang JH and Huang J(2018). Complete genome sequence of shrimp hemocyte iridescent virus (SHIV) isolated from white leg shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Archives of virology, 163: 781~785.
<https://doi.org/10.1007/s00705-017-3642-4>
- Qiu L, Dong X., Wan XY and Huang J(2019). Analysis of iridescent viral disease of shrimp (SHID) in 2018. In Analysis of Important Diseases of Aquatic Animals in China in 2018. Fishery and Fishery Administration Bureau under the Ministry of Agriculture and Rural Affairs, National Fishery Technical Extension Center, Eds., (in press) (in Chinese).
- Sahul Hameed AS, Abdul Majeed S, Vimal S, Madan N, Rajkumar T, Santhoshkumar S and Sivakumar S(2017). Studies on the occurrence of infectious myonecrosis virus in pond-reared *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in India. Journal of Fish Diseases, 40(12): 1823~1830.
<https://doi.org/10.1111/jfd.12655>
- Srisala J, Sanguanrut P, Thaiue D, Laiphrom S, Siri wattano J, Khudet J, Powtongsook S, Flegel TW and Sritunyalucksana K(2021). Infectious Myonecrosis Virus (IMNV) and Decapod Iridescent Virus 1 (DIV1) Detected in Captured, Wild *Penaeus monodon*. Aquaculture, 545: 737262.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737262>
- Vincent AG and Lotz JM(2007). Advances in Research of Necrotizing Hepatopancreatitis Bacterium (NHPB) Affecting Penaeid Shrimp Aquaculture. Reviews in Fisheries Science, 15: 63~73.
<https://doi.org/10.1080/10641260601079902>
- WOAH (World Organisation for Animal Health) (2021a). Chapter 2.2.8. Infection with white spot syndrome virus. In Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals, WOA, Paris, France.
- WOAH (World Organisation for Animal Health) (2021b). Chapter 2.2.5. Infection with infectious myonecrosis virus. In Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals, WOA, Paris, France.
- Yu CI and Song YL(2000). Outbreaks of taura syndrome in pacific white shrimp *Penaeus vannamei* cultured in Taiwan. Fish Pathology, 35(1): 21~24.
<https://doi.org/10.3147/jsfp.35.21>
-
- Received : 18 January, 2023
 - Revised : 01 February, 2023
 - Accepted : 06 February, 2023