

## 우리나라 양식 흰다리새우, *Litopenaeus vannamei*에 대한 법정전염병 모니터링 (2010~2013)

김수미·최민지\*·김석렬\*·강서경\*·황혜연\*·장인권\*  
김진우\*\*·지보영·신기원·박명애†

국립수산과학원 수산생물방역과, \*서해수산연구소 해역산업과, \*\*전략양식연구소 병리연구과

### Monitoring of Legally Designated Disease in Cultured White Shrimp, *Litopenaeus vannamei* in Korea (2010~2013)

Su-Mi Kim, Min-Ji Choi\*, Seok-Ryel Kim\*, Seo Kyeong Kang\*, Hye Yeon Hwang\*,  
In-Kwon Jang\*, Jin Woo Kim\*\*, Bo-Young Jee, Ki-Won Shin, Myoung Ae Park†

*Aquatic life disease control division, National Fisheries Research and  
Development Institute, Busan 619-902, Korea*

*\*West Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and  
Development Institute, Incheon 400-420, Korea*

*\*\*Pathology division, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-902, Korea*

Since the "Aquatic life disease control act" was established in 2009, we have monitored OIE notifiable and legally designated diseases which are associated with white shrimp *Litopenaeus vannamei* but are as yet outbreak in South Korea. We had monitored only two viral diseases of YHD and IMN, but further added IHHN, TS and WTD in an attempt to reinforce monitoring as a countermeasure against the increasing possibility of imported diseases led by continuous growth in global fisheries trade. We also increased the number of monitoring areas, and shrimp farms. In 2013, we examined a total of 2,650 white shrimp from 29 hatcheries and farms to check whether they were infected with any of the 5 diseases (YHD, IMN, IHHN, TS, WTD). The result showed that none of the samples contained the viruses. To regulation of the exotic diseases from landing in our country and to strengthen prevention, management and control of the diseases on a national level, we must continue the surveillance monitoring of the diseases.

**Key words:** Surveillance monitoring, White shrimp, Legally designated disease

새우류는 전 세계 수산물 교역 물량의 17%를 차지하며, 새우 생산량의 75%를 양식에 의존하고 있다 (FAO, 2009). 세계적으로 새우 양식 산업이

크게 성장하였음에도 불구하고, 질병 발생에 의한 손실 또한 계속적으로 증가하여 실제로 1994년부터 새우류의 바이러스성 질병에 의한 손실이 매년 30억 달러 (\$US) 이상으로 집계되고 있다 (Lundin, 1995; Lightner, 2003).

우리나라의 새우 양식 산업은 1990년대 보리새

†Corresponding author: Myoung Ae Park  
Tel: +82-51-720-3020, Fax: +82-51-720-2498  
E-mail: mapark@korea.kr

우, *Marsupenaeus japonicus*를 중심으로 급속히 성장하였으나 1993년 보리새우 양식장에서 처음 발생한 흰반점병 (WSD)으로 인해 매년 큰 피해를 입었고 (Kim *et al.*, 1997; Heo *et al.*, 2000), 2003년 이후 대하, *Fenneropenaeus chinensis*로 품종을 바꿔 양식하기 시작하였으나 역시 흰반점병 (WSD)이 전국으로 확산되어 이후 10여 년간 풍토병으로 정착되면서 대하 양식 산업 자체가 붕괴되기에 이르렀다 (Jang *et al.*, 2005). 2006년부터 대하의 대체품종으로 흰다리새우, *Litopenaeus vannamei*를 상업적으로 양식하기 시작하여, 현재 대부분의 새우 양식 어가는 이식승인 및 국경검역을 거쳐 국내에 반입된 미국산 모하로부터 생산된 흰다리새우 종묘를 입식하여 양식하고 있다 (Jang *et al.*, 2007).

우리나라의 흰다리새우 양식장에서는 흰반점병 (WSD) 이외의 다른 질병에 의한 대량폐사 사례가 거의 없으나, 최근 아시아를 비롯한 전 세계적으로 신종질병 및 바이러스성 질병으로 인한 피해가 커짐에 따라 새우양식 생산량이 크게 감소하는 등 심각한 문제가 발생하고 있어 (Walker and Mohan, 2009; Tran *et al.*, 2013), 각국의 양식 산업 및 수서 생태계 보호를 위한 검역 및 방역의 역할이 날로 증가하고 있다.

본 연구에서는 수산생물질병관리법이 시행된 이후, 국립수산물학원에서 최근 4년간 실시한 새우류 법정전염병 모니터링 결과를 정리하여 보고하고자 한다. 새우류의 OIE 지정 질병 및 수산생물질병관리법 지정 질병 중 우리나라에서는 현재까지 큰 문제가 없었으나, 향후 국내 유입 또는 발병 시 예상되는 파급 영향이 크고 최근 국제적으로 관심이 높은 전염병인 노랑머리병 (Yellowhead Disease, YHD), 전염성근괴사증 (Infectious Myonecrosis, IMN), 전염성피하 및 조혈기괴사증 (Infectious Hypodermal and Haematopoietic Necrosis, IHHN), 타우라증후군 (Taura Syndrome, TS) 및 흰꼬리병 (White Tail Disease, WTD) 등 5종의 법정전염병을 조사대상으로 선정하고 지속적인 양식장 질병 예찰과 감시 모니터링을 통하여 선제적 질병관리 체계를 마련하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 검사대상 시료의 처리

흰다리새우 종묘단계에 대한 모니터링은 2011년 이후부터 시작하여 매년 4~6월에 걸쳐 흰다리새우 종묘생산장 또는 종묘를 입식한 직후의 양식장을 대상으로 실시하였다. 2011년에는 인천 강화 지역의 양식장 1개소, 충남 태안 및 서산 지역의 종묘 생산장 4개소, 2012년에는 인천지역의 양식장 2개소와 충남지역의 종묘 생산장 3개소, 2013년에는 종묘생산장 (3개소), 노지 양식장 (5개소)의 새우 종묘 (미시스기 또는 포스트라바기)를 무작위로 샘플링하여 모니터링을 실시하였다. 샘플링한 흰다리새우 종묘는 10마리씩 pooling하여 유전자 분석을 실시하였다 (Table 3).

중간육성 단계 이상의 흰다리새우에 대한 모니터링은 2010년 이후 매년 8~10월에 걸쳐 인천 (강화), 경기 (화성), 충남 (서산, 태안), 전남 (신안), 전북 (고창) 지역 소재의 흰다리새우 양식장을 대상으로 중간육성 및 출하 크기의 흰다리새우 (개소 당  $n=10$ )를 무작위로 채집하여 시료로 사용하였다. 검사건별 10마리씩 무균적으로 해부하여 세계동물보건기구 (OIE)의 aquatic manual (2009)에서 권장하는 각 질병별 주요감염 장기를 절취하여 유전자분석을 실시하였다 (Table 3).

수산생물병성감정지침 (2013)에 따라 PCR 분석법에 의한 검사와 동시에 병리조직학적 검사를 위해 Davison 용액에 새우 조직을 고정하여 두고 PCR 결과에 따라 파라핀 포매 및 H&E 염색하여 병리조직학적 소견을 관찰하였다.

### PCR 및 염기서열 분석

검사 시료의 DNA는 QIAamp DNA mini kit (QIAGEN) 또는 High pure PCR template preparation kit (Roche)를 사용하여 상법에 따라 분리하였으며, RNA는 Trizol Reagent (RL, Life Technologies) 또는 RNeasy mini kit (QIAGEN)를 사용하여 상법에 따라 분리하였다. 추출된 RNA는 M-MLV reverse transcriptase (Promega) 또는 GeneAmp EZ rTh RNA PCR Kit (Applied Bioscience)를 사용하여 cDNA를 합성하였으며, Ex Taq (TAKARA)을 사

용하여 상법에 따라 PCR을 수행하였다. PCR product는 1.5% agarose gel에 전기영동한 후 바이러스 유전자 증폭여부를 확인하였다. PCR 결과 산물은 Gel SV kit (GeneAll, Korea)를 사용하여 정제한 후 Topo TA cloning<sup>®</sup> (Invitrogen, USA)을 이용하여 cloning 하였다. 염기서열 분석을 위해 GENETYX ver. 8.0 (SDC Software Development, Japan)을 사용하였으며, NCBI에서 제공되는 BLAST program 등을 이용하여 상동성을 비교분석하여 최종 진단하였다.

## 결 과

### 법정전염병 모니터링 현황

2010년부터 2013년까지 흰다리새우 양식장을 대상으로 법정전염병 모니터링을 실시하였다. 2010년에는 노랑머리병 (YHD)과 전염성근괴사증 (IMN) 2종에 대한 해외전염병 모니터링으로 출발하여, 2011년 이후에는 법정전염병 모니터링 강화를 위해 새우 종묘생산장을 조사대상에 추가하였고 매년 조사 지역 및 양식장 개소를 확대하고 있다.

국내 미발생 전염병의 선정 기준은 Table 1에 나타내었다. 세계동물보건기구 (OIE)의 갑각류 지

정 질병 중 노랑머리병 (YHD), 전염성근괴사증 (IMN) 및 흰꼬리병 (WTD)은 우리나라에서 발생 보고 된 바가 없는 국내 미발생 법정전염병으로 분류되었다. 이에 비해 전염성괴하 및 조혈기괴사증 (IHNN)은 2010년 기형 증상을 보이는 흰다리새우로부터 분리 보고된 사례 (Kim *et al.*, 2011)가 있었고, 타우라증후군 (TS)은 2004년 하와이에서 수입한 흰다리새우 모하에서 검출된 사례 (Do *et al.*, 2006)가 각 한 차례씩 있었으나 이후 분리 보고된 바가 없어 감시대상 질병에 포함시켰다.

2013년 이후 기준으로 노랑머리병 (YHD), 전염성근괴사증 (IMN), 전염성괴하 및 조혈기괴사증 (IHNN), 타우라증후군 (TS), 흰꼬리병 (WTD)의 5종에 대한 법정전염병을 모니터링 대상으로 선정하였다.

### 법정전염병 모니터링 결과

2010년도에는 흰다리새우 양식장 15개소 (150 마리)를 대상으로 YHD와 IMN의 감염 여부를 검사한 결과 모두 검출되지 않았다. 2011~2012년에는 종묘 생산장 5개소와 노지 양식장 20개소를 대상으로 YHD, IMN, IHNN을 모니터링하였으며 그 결과 모두 검출되지 않았다. 2013년에는 TS와

Table 1. OIE listed and legally designated viral disease of shrimp

Listed viral disease <sup>1)</sup>	Virus	Year emerged <sup>2)</sup>	Known geographic distribution <sup>2)</sup>	Status in Korea
Yellowhead disease (YHD)	Yellow head virus	1990	East and Southeast Asia, Mexico	exotic
Infectious myonecrosis (IMN)	Infectious myonecrosis virus	2002	Brazil, Indonesia, Thailand, China	exotic
Infectious hypodermal and haematopoietic necrosis (IHNN)	Infectious hypodermal and haematopoietic necrosis virus	1981	Asia-Pacific, Africa, Madagascar, Middle-East, America	reported (Kim <i>et al.</i> , 2011)
Taura syndrome (TS)	Taura syndrome virus	1992	America, East and Southeast Asia	reported (Do <i>et al.</i> , 2006)
White tail disease (WTD)	White tail disease virus	1995	India, China, Taiwan, Thailand, Australia, Caribbean	exotic
White spot disease (WSD)	White spot disease virus	1992	Asia, Middle-East, Mediterranean, Americas	epidemic

<sup>1)</sup>OIE, 2014 and Aquatic life disease control Act, 2014

<sup>2)</sup>Walker and Winton, 2010

WTD를 추가하여 5종의 법정전염병을 대상으로 총 29개소 양식장을 모니터링한 결과 모두 검출되지 않았다 (Table 3~4).

Table 2. Oligonucleotide primers and conditions used in PCR amplification in this study

Primers		Primers sequence	Product size (bp)	PCR condition
YHD <sup>1)</sup>	10F	5'-CCGCTAATTTCAAAAACTACG-3'	135	94°C(30s)-58°C(30s)-72°C(30s) 40 cycles
	144R	5'-AAGGTGTTATGTCGAGGAAGT-3'		
IMN	IMNV-F	5'-CGACGCTGCTAACCATACAA-3'	328	95°C(45s)-60°C(45s)-72°C(30s) 40 cycles
	IMNV-R	5'-ACTCGGCTGTTCGATCAAGT-3'		
	IMNV-NF	5'-GGCACATGCTCAGAGACA-3'	139	95°C(45s)-65°C(30s)-72°C(30s) 35 cycles
	IMNV-NR	5'-AGCGCTGAGTCCAGTCTTG-3'		
IHHN	389F	5'-CGGAACACAACCCGACTTA-3'	389	95°C(30s)-55°C(30s)-72°C(1m) 35 cycles
	389R	5'-GGCCAAGACCAAAATACGAA-3'		
TS	9992F	5'-AAGTAGACAGCCGCGCTT-3'	231	94°C(45s)-60°C(45s)-60°C(45s) 40 cycles
	9195R	5'-TCAATGAGAGCTTGGTCC-3'		
WTD	MrNVF	5'-GCGTTATAGATGGCACAAGG-3'	425	94°C(40s)-55°C(40s)-68°C(1m) 30 cycles
	MrNVR	5'-AGCTGTGAAACTTCCACTGG-3'		
	XSVF	5'-CGCGGATCCGATGAATAAGCGCATTAATAA-3'	546	94°C(40s)-55°C(40s)-68°C(1m) 30 cycles
	XSVR	5'-CCGGAATTCCGTTACTGTTCCGAGTCCCAA-3'		

<sup>1)</sup>YHD, Yellowhead disease ; IMN, Infectious myonecrosis ; IHHN, Infectious hypodermal and haematopoietic necrosis; TS, Taura syndrome; WTD, White tail disease

Table 3. The locations and numbers of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farms for monitoring of viral disease in 2010 to 2013

Year	No. of seed farms (No. of sample) <sup>1)</sup>		No. of culturing farms (No. of sample) <sup>2)</sup>					total
	Incheon	Chungnam	Incheon	Gyunggi	Chungnam	Chunbuk	Chunnam	
2010	-	-	5(50)	5(50)	5(50)	-	-	15(150)
2011	1(100)	4(400)	5(50)	5(50)	6(60)	4(40)	-	25(700)
2012	2(200)	3(300)	5(50)	1(10)	11(110)	3(30)	-	5(700)
2013	-	4(2,400)	11(110)	-	9(90)	1(10)	4(40)	29(2,650)

<sup>1)</sup>Mysis or Post-larvae; <sup>2)</sup>subadult or Market sized

Table 4. The monitoring of viral diseases of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in 2010 to 2013

Year	Viral diseases (No. of positive sample/No. of inspection)				
	YHD	IMN	IHHN	TS	WTD
2010	0/150	0/150	-	-	-
2011	0/700	0/700	0/700	-	-
2012	0/700	0/700	0/700	-	-
2013	0/2,650	0/2,650	0/2,650	0/2,650	0/2,650

<sup>1)</sup>YHD, Yellowhead disease; IMN, Infectious myonecrosis; IHHN, Infectious hypodermal and haematopoietic necrosis; TS, Taura syndrome; WTD, White tail disease

## 고 찰

우리나라의 수산생물질병관리법에서는 세계동물보건기구 (OIE)에 등재되어 있는 갑각류 질병 중 6종의 바이러스성 질병을 법정전염병으로 지정하여 관리하고 있다. 전 세계적으로 이들 질병의 전파와 확산에 대한 위험성을 경고하고 있으며 (Lightner *et al.*, 1997; Walker and Mohan, 2009), 세계무역기구 (WTO)의 위생협정과 세계동물보건기구 (OIE)의 위생규약 등은 국내 방역과 국경 검역의 동등성의 원칙을 강조하고 있어 수산생물에 대한 검역 및 방역의 중요성이 크게 부각되고 있다.

본 연구에서 조사대상으로 지정한 5종의 법정전염병에 대한 역학적 관점에서의 접근은 국가적 차원의 차단방역의 중요성을 시사한다. 질병의 최초 발생과 그 이후 질병의 지역 간, 품종 간 확산으로 인한 위험성을 살펴보면 노랑머리병 (YHD)은 1990년 태국 중부지역의 홍다리얼룩새우 (*P. monodon*) 양식장에서 처음 보고되어 현재까지도 가장 병원성이 강한 바이러스로 알려져 있고 처음 질병이 발생한 후 2년 만에 태국 전역으로 확산되었을 뿐만 아니라 인도, 인도네시아, 말레이시아, 필리핀, 스리랑카, 베트남 등 아시아 지역의 많은 나라에서 발생하게 되었다 (Walker *et al.*, 2001). 타우라신드롬 (TS)은 1992년 에콰도르 타우라강 인근의 양식 흰다리새우에서 처음 발병되어 이름지어 졌는데 1996년 페루, 브라질을 거쳐 미주대륙에 까지 확산되었다 (Jiminez, 1992; Lightner, 1996). 현재 TS는 특히 새우 종묘의 수출입 (이식)으로 인해 동남아시아에 풍토병으로 여겨질 만큼 심각한 질병이 되었다 (Walker and Winton, 2010). 전염성 피하 및 조혈기괴사증 (IHHN)은 1981년 하와이의 청새우 (*L. styliostris*) 양식장에서 처음 발생하여 90% 이상의 대량폐사를 유발하였고 (Lightner *et al.*, 1983), 이어 흰다리새우에서는 'Runt deformity syndrome (RDS)'라고 하는 큐티클의 기형이나 성장 부진 등의 증상을 나타내어 폐사되는 직접적인 연관성이 없다하더라도 RDS를 나타내는 개체는 수확량의 10~50%에 달하여 경제적 손실은 막대하다고 알려져 있다 (Lightner and Redman, 1998). 전염성근괴사증 (IMN)은 가장 최근에 새로이 발

생한 질병으로서 2002년 브라질 남동부의 흰다리새우 양식장에서 처음 발생하여 2004년 브라질의 다른 지역으로 확산되었고 2006년 브라질로부터 수입한 새우 종묘를 양식한 인도네시아 자바섬에서 발병하여 이후 동남아시아 전역으로 전파되었으며 (Lightner *et al.*, 2004; Senapin *et al.*, 2007), 특히 흰다리새우에 가장 큰 위협으로 인식되고 있어 (Tang *et al.*, 2005), 국내유입 차단을 위해 중점적으로 모니터링하고 있다. 흰꼬리병 (WTD)은 담수 큰징거미새우 (Giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*)에서 대량폐사를 유발하는 원인체로 알려져 있으나 (Owens *et al.*, 2009), 다른 해수양식 새우류는 원인 바이러스의 매개 (vector)로 작용하고 있어 (Sudhakaran *et al.*, 2008) OIE에서는 각국의 지속적인 감시를 권고하고 있다.

최근 흰다리새우에서 법정전염병 뿐만 아니라 조기치사증후군 (Early Mortality Syndrome, EMS) 또는 급성간췌장괴사증후군 (Acute Hepatopancreatic Necrosis Syndrome, AHPNS)이라 불리는 신종 질병이 태국, 중국, 말레이시아 등 아시아에서 발생하여 대량 폐사를 일으키고 있어 (Tran *et al.*, 2013), 국립수산물품질관리원 및 국립수산물품질관리원에서는 발생국으로부터 수입 (이식)을 불허하고, 긴급 모니터링을 실시하는 등 신종질병에 대한 감시체계 및 대응방안을 모색하고 있다.

본 연구에서 실시한 최근 4년간의 새우 법정전염병 모니터링에서 결과 대상 질병 (IHHN, IMN, YHD, TS 및 WTD)은 모두 검출되지 않았고 이들 바이러스성 질병에 대한 피해 사례 역시 보고된 바가 없지만, 전염병의 국내 유입에 대한 가능성 및 위협에 대한 우려가 지속적으로 제기 되고 있는 실정이므로 새우 양식장에서의 새로운 질병 유입에 대한 위험성을 낮추기 위해서는 지속적인 질병 예찰 및 감시가 필수적이며 특히 외래질병 및 신종질병에 대한 철저한 국경검역, 국내방역 체계 점검 및 국내 유입에 대비한 사전 대책 수립이 필수적일 것으로 사료된다.

## 요 약

수산생물질병관리법이 제정·시행 (2009)된 이

후 매년 우리나라 양식산 흰다리새우에 대한 국내 미발생 법정전염병을 모니터링하고 있다. 최근 외래질병의 유입가능성이 증가함에 따라 질병 감시를 강화하고자 조사대상 법정전염병을 2종 (YHD, IMN)에서 5종 (YHD, IMN, IHHN, TS, WTD)으로 확대하고 조사지역과 양식장 개소를 매년 상향 조절하여 실시하였다. 2013년에는 지정 법정전염병 5종에 대해 흰다리새우 종묘생산장 및 양식장 29 개소에서 총 2,650마리의 샘플을 조사한 결과, 검사한 모든 시료에서 바이러스가 검출되지 않았다. 새우 양식장에서의 향후 새로운 질병 유입에 대한 위험성을 낮추고 국가적 질병관리 및 차단 방역을 위해서는 지속적인 질병 예찰 및 질병 감시가 필수적일 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 국립수산물과학원의 지원 (수산생물방역 체계 구축, RP-2014-AQ-087)에 의해 운영되었습니다.

## References

- Do, J.W., Cha, S.J., Lee, N.S., Kim, J.W., Kim, J.D., and Park, J.W.: Taura syndrome virus from *Penaeus vannamei* shrimp cultured in Korea. Dis. Aquat. Org., 12: 171-174, 2006.
- Jang, I.K. and Jun, J.C.: Current status of shrimp diseases and its control in Korea. (in) Proc. the 1st Korea-U.S. Seminar and Workshop on the Sustainable Marine Shrimp Culture, Incheon, Korea. 27-28, 2005.
- Jang, I.K., Jun, J.C., Jo, G.J., Cho, Y.R., Seo, H.C., Kim, B.L., Kim, J.S.: Polyculture of fleshy shrimp *Fenneropenaeus chinensis* and white shrimp *Litopenaeus vannamei* with river puffer *Takifugu obscurus* in shrimp ponds. J. Aquaculture, 20(4): 278-288, 2007.
- Jiminez, R.: Sindrome de Taura (resumen) Acuicultura del Ecuador. In: Jumenez R(ed.) *Revista Especializada de la Camara Nacional de Acuicultura*, pp. 1-16.
- Kim, C.K., Shon, S.G., Heo, M.S., Lee, T.H., Jun, H.K. and JANG, K.L.: Partial genomic sequence of baculovirus associated with white spot syndrome (WABV) isolated from penaeid shrimp *P. chinensis*. J. Fish Pathol., 10(2): 87-95, 1997.
- Kim, J.H., Casiano H.C. Shin, S.P., Han, J.E., Jun, J.W., Han, S.Y. and Park, S.C.: Detection of infectious hypodermal and hematopoietic necrosis virus(IHHNN) in *Litopenaeus vannamei* shrimp cultured in South Korea. Aquaculture, 313: 161-164, 2011.
- FAO, Fishstat Plus, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, 2009.
- Heo, M.S., Sohn, S.G., Sim, D.S., Kim, J.W., Park, M.A., Jung S.H., Lee, J.S., Choi, D.L., Kim, Y.J. and Oh, M.J.: Isolation and characterization of white spot syndrome baculovirus in cultured penaeid shrimp (*Penaeus chinensis*). J. Fish Pathol., 13(1): 7-13, 2000.
- Lightner D.V.: A Handbook of shrimp Pathology and Diagnostic Procedures for Disease of cultures Penaeid shrimp. World Aquaculture Society, Baton Rouge. 1996.
- Lightner D.V., Redman R.M., Bell, T.A.: Detection of IHHN virus in *P. stylirostris* and *P. vannamei* imported into Hawaii. Journal of the World Mariculture Society 14: 212-225, 1983.
- Lightner D.V., Redman R.M., Poulos B.T., Nunan L.M., Mari J.L., Hasson K.W., Risk of spread of penaeid shrimp viruses in the Americas by the international movement of live and frozen shrimp, Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epizoot. 16:146-160, 1997.
- Lightner, D.V.: The penaeid shrimp viral pandemics due to IHHNV, WSSV, TSV and YHV: history in the Americas and current status. In: Proceedings of the 32nd Joint UJNR Aquaculture Panel Symposium, Davis and Santa Barbara, California, USA, pp. 17-20, 2003.
- Lightner, D.V., Redman, R.M.: Shrimp diseases and current diagnostic methods. Aquaculture 164: 201-220. 1998.
- Lightner, D.V., Pantoja, C.R., Poulos, B.T., Tang, K.F. J., Redman, R.M., Pasos-de-Andrade, T.: Infectious myonecrosis new disease in Pacific white shrimp. Global Aquaculture Advocate 7(5): 85, 2004.
- Lundin, C.G.: Global attempts to address shrimp disease. Report of the Land, Water and Natural Habitats Division, Environment Department. The World Bank Washington. 1995.
- OIE: Manual of diagnostic tests for aquatic animals. World animal health organization, Paris, 2009.
- Owens, L., La Fauce, K., Juntunen, K., Hayakijkosol,

- O., Zeng, C.: *Macrobrachium rosenbergii* nodavirus disease (white tail disease) in Australia. *Dis. Aquat. Org.* 85: 175-180, 2009.
- Senapin, S., Phewsaiya, K., Briggs, M., Flegel, T.W.: Outbreaks of infectious myonecrosis virus (IMNV) in Indonesia confirmed by genome sequencing and use of an alternative RT-PCR detection method. *Aquaculture* 266: 32-38, 2007.
- Sudhakaran, R., Haribabu, P., Kumar, S.R., Sarathi, M., Ahmed, V.P.I., Babu, V.S.: Natural aquatic insect carriers of *Macrobrachium rosenbergii* nodavirus (MrNV) and extra small virus (XSV). *Dis. Aquat. Org.* 79 :141-145, 2008.
- Tang, K.F.J., Pantoja, C.R., Poulos, B.T., Redman, R. M., Lightner, D.V.: In situ hybridization demonstrates that *Litopenaeus vannamei*, *L. stylirostris* and *Penaeus monodon* are susceptible to experimental infection with infectious myonecrosis virus (IMNV). *Dis. Aquat. Org.* 63: 261-265, 2005.
- Tran, L., Nunan, L. Redman, R.M., Mohny, L.L., Pantoja, C.R., Fitzsimmons, K., Lightner, D.V.: Determination of the infectious nature of the agent of acute hepatopancreatic necrosis syndrome affecting penaid shrimp. *Dis. Aquat. Org.* 105: 45-55, 2013.
- Walker, P.J., Cowley, J.A., Spann, K.M., Hodgson, R. A.J., Hall, M.R., Withychumnarnkul, B.: Yellow head complex viruses transmission cycles and topographical distribution in the Asia-Pacific region, *Aquaculture*. World Aquaculture Society, Baton Rouge, pp. 292-302, 2001.
- Waker, P.J., Mohan, C.V.: Viral disease emergence in shrimp aquaculture: origins, impacts and the effectiveness of health management strategies. *Rev. Aquac.* 1: 125-154, 2009.
- Walker, P.J, and Winton, J.R.: Emerging viral disease of fish and shrimp. *Vet. Res.:* 41-51, 2010.

---

Manuscript Received : July 25, 2014

Revised : August 13, 2014

Accepted : August 19, 2014