



## โรค Viral Haemorrhagic Septicemia (VHS)

สำราญ บรรณจิรกุล<sup>1, #</sup><sup>1</sup>คลินิกสัตว์น้ำ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร 140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ หนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530

**บทคัดย่อ:** โรค Viral Haemorrhagic Septicemia มีความสำคัญต่อการเลี้ยงปลาน้ำจืดและปลาทะเล เศรษฐกิจหลายชนิด รายงานทางระบาดวิทยาเพิ่มจำนวนมากขึ้นในแถบ ทวีปอเมริกาเหนือ เอเชีย และยุโรป โดยสายพันธุ์ที่พบแบ่งเป็น Genotype I, II, III และ IV พบการตายเพิ่มอย่างรวดเร็ว ปลาที่ป่วยว่ายน้ำช้าลง สีผิวลำตัวเข้มขึ้น ตาบวม เหงือกซีด พบ focal necrosis และ degeneration - cytoplasmic vacuoles, pyknosis, karyolysis รวมทั้ง lymphocytic invasion ในส่วน ไต ตับ และม้าม การตรวจตรวจวินิจฉัยยืนยันด้วยใช้ real-time RT-PCR เพื่อหา VHSV genome ในเนื้อเยื่อ การเฝ้าระวังควรมีการตรวจติดตามเชื้อในฝูงปลาที่ความถี่สูงต่อการติดเชื้อ การคัดเลือกปลาจากแหล่งที่น่าเชื่อถือ รวมทั้งมาตรการป้องกันความปลอดภัยทางชีวภาพ

**คำสำคัญ:** Viral Haemorrhagic Septicemia อาการทางคลินิก การตรวจวินิจฉัย<sup>#</sup>ผู้รับผิดชอบบทความ

สัตวแพทยมหาวิทยาลัย. 2565. 17(1): 173-180.

E-mail address: [sbunna@hotmail.com](mailto:sbunna@hotmail.com)

## Viral Haemorrhagic Septicemia (VHS) Disease

Sumrarn Bunnajirakul<sup>1,#</sup>

<sup>1</sup>Aquatic Animal Clinic, Faculty of Veterinary Medicine, Mahanakorn University of Technology,  
140 Cheum-samphan road, Nong chok, Bangkok 10530 Thailand

**Abstract:** VHS disease has had devastating consequences on the production of freshwater and marine fish. Epidemiological reports reveal in North America, Asia and Europe. Outbreak strains include Genotype I, II, III and IV. Moribund fish showed retard swimming, dark skin, exophthalmos, pale gill and high mortality rate. Histopathological alterations showed focal necrosis, degeneration-cytoplasmic vacuoles, pyknosis, karyolysis and lymphocytic invasion in kidney, liver and spleen. Real-time RT-PCR for direct detection VHSV genome in tissue was recommended for confirmatory method. Pathogen monitoring, selection of fish from reliable sources and biosecurity control should be considered for surveillance program in risked cultivated fish.

**Keywords:** Viral Haemorrhagic Septicemia, Clinical sign, Diagnostic method

#Corresponding author

J. Mahanakorn Vet. Med. 2022 17(1): 173-180.

E-mail address: [sbunna@hotmail.com](mailto:sbunna@hotmail.com)

### บทนำ

Viral Haemorrhagic Septicemia (VHS) จัดเป็นโรคที่มีความสำคัญต่อการเลี้ยงปลาเศรษฐกิจหลายชนิด เช่น ปลาเรนโบว์เทราต์ (rainbow trout) ปลาเทอร์บอท (turbot) ปลาฟลาว์เดอร์ญี่ปุ่น (Japanese flounder) รวมทั้งปลาอีกหลายสายพันธุ์ทั้งในธรรมชาติที่เป็นปลาน้ำจืดและปลาทะเล (European Food Safety Authority, 2008; Meyers & Winton, 1995; Skall et al., 2005) ทั้งนี้ VHS จัดเป็นโรคที่ทางองค์การโรคระบาดสัตว์ระหว่างประเทศ (World Organisation for Animal Health : OIE) ได้ขึ้นทะเบียนในรายการโรคที่ต้องเฝ้าระวัง รวมทั้งการรายงานอุบัติการณ์ ในประเทศสมาชิก เพื่อสร้างมาตรการที่จำเป็นในการจำกัดการระบาดของโรคอย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ (World Organisation for Animal Health (OIE), 2021)

พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตรทรงให้มีการริเริ่มการเลี้ยงปลาเรนโบว์เทราต์ ในประเทศไทย โดยนำเข้าไข่ปลาจากสหรัฐอเมริกา นำมาฟักและเพาะขยายพันธุ์ที่สถานีเพาะเลี้ยงในโครงการหลวง ที่ดอยอินทนนท์ จนประสบความสำเร็จ ปัจจุบันปลาเรนโบว์ เทราต์สามารถเลี้ยงได้ตลอดปีด้วยความเหมาะสมของภูมิอากาศที่มีความเย็น การนำมาแปรรูปซึ่งมีทั้งแบบสดและรมควัน มีคุณค่าทางอาหารและมูลค่าทางเศรษฐกิจ (Department of Fisheries, 2016) ดังนั้นการเฝ้าระวังและการตรวจติดตามสุขภาพปลาให้ปลอดจาก VHS สำหรับประเทศไทยจึงเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างยิ่ง

## สาเหตุ

Viral Haemorrhagic Septicemia Virus (VHSV) จัดเป็น rhabdovirus อยู่ใน genus Novirhabdovirus และ family Rhabdoviridae มีรูปร่างคล้ายกระสุนปืน (bullet-shaped) เส้นผ่านศูนย์กลาง 70 นาโนเมตรและความยาว 180 นาโนเมตร ภายในบรรจุด้วย negative-sense, single-stranded RNA genome และ 11,000 นิวคลีโอไทด์ มีส่วนของเปลือก (envelope) ที่ประกอบด้วย ส่วนของ membrane glycoprotein ที่ทำหน้าที่ neutralising surface antigen ส่วนของ genome ประกอบด้วยโปรตีน 6 ชนิด ได้แก่ 1. nucleoprotein, N 2. phosphoprotein, P (formerly designated M1) 3. matrix protein, M (formerly designated M2), 4. glycoprotein, G 5. non-virion protein, NV และ 6. polymerase, L (Walker et al., 2000)

วิธีการแยกสายพันธุ์ของ VHSV โดยส่วนใหญ่นิยมใช้การ nucleic acid sequencing ทั้งนี้จากการเปรียบเทียบลำดับการเรียงตัวของ nucleic acid จากแต่ละห้องปฏิบัติการ ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ของพันธุกรรมที่ได้มาจากพื้นที่ต่าง ๆ กันมากกว่าช่วงเวลาที่แตกต่างกันของรอบปีในแต่ละ isolate (Skall et al., 2005) มีการแบ่งสายพันธุ์ส่วนใหญ่โดยใช้ลำดับของ full-length และ/หรือ truncated genes จาก N-gene (Einer-Jensen et al., 2005; Snow et al., 1999; Snow et al., 2004) G-gene (Einer-Jensen et al., 2004; Einer-Jensen et al., 2005) และ NV-gene (Einer-Jensen et al., 2005) ดังนี้

Genotype I: sublineages (Ia-Ie) ประกอบด้วยกลุ่ม European freshwater VHSV isolates ที่แยกมาจาก Black Sea area และกลุ่ม marine isolates ที่แยกมาจาก Baltic Sea, Kattegat, Skagerrak แถบทะเลเหนือ และ English Channel ส่วน Genotype Ib isolates แยกมาจากทางตอนเหนือของ Nordkap ใน Norway

Genotype II: ส่วนใหญ่ของ isolates มาจาก Baltic Sea

Genotype III: ส่วนใหญ่ของ Isolates มาจาก North Atlantic Sea (from the Flemish Cap (López-Vázquez et al., 2006) เรื่อยจนถึงแนวของ Norwegian coast (Dale et al., 2009) แถบทะเลเหนือ Skagerrak และ Kattegat

Genotype IV: ส่วนใหญ่ของ Isolates มาจาก North American และ Japanese / Korean isolates (two sublineages IVa และ IVb) (Elsayed et al., 2006) นอกจากนี้มีรายงานจาก Iceland isolate (Guðmundsdóttir et al., 2019)

## ระบาดวิทยา

VHSV มีการรายงานเพิ่มจำนวนมากขึ้นทั้งในกลุ่มปลาน้ำจืดและปลาทะเล ในแถบทางซีกโลกเหนือ อาทิ เช่น ทวีปอเมริกาเหนือ เอเชีย และยุโรป จัดเป็นพื้นที่การระบาด (endemic area) พบรายงานการพบเชื้อดังกล่าวในปลามากกว่า 80 ชนิด ซึ่งมีหลายสายพันธุ์ที่มีความไวต่อการติดเชื้อเมื่อเหนี่ยวนำในห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้ปลาเรนดโบว์ เทร้าท์ (rainbow trout) มีความไวต่อการติดเชื้อค่อนข้างมากจากสายพันธุ์ genotype Ia และเป็นสาเหตุที่ทำให้พบอัตราการตายในฟาร์มปลาทูบัต และ Japanese flounder การระบาดในปลาที่พบในธรรมชาติพบในแถบ Great Lakes region ของสหรัฐอเมริกาและแคนาดา ซึ่งเชื้อที่พบจัดเป็น genotype IVb (United States Department of Agriculture (USDA), 2008; Thompson et al., 2011) นอกจากนั้นปลาที่พบการระบาดของ VHSV เช่น Atlantic cod (*Gadus morhua*) Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) Sand goby (*Pomatoschistus minutus*) Chub mackerel, Pacific mackerel (*Scomber japonicas*) Yellow perch (*Perca flavescens*) Three-spined

stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) Fathead minnow (*Pimephales promelas*) (EFSA, 2008) นอกจากนี้มีรายงานล่าสุดใน wild lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) จาก Iceland (Guðmundsdóttir et al., 2019) นอกจากนี้เชื้อ VHSV พบได้ปลิงสกุล *Myzobdella lugubris* และ แพลงค์ตอนสัตว์สกุล *Diporeia* spp. ที่อยู่ในแถบ Great Lakes ของ North America ทั้งนี้ยังไม่สามารถยืนยันการถ่ายทอดของเชื้อที่พบมีการติดต่อในปลา (Faisal and Schulz, 2009; Faisal and Winters, 2011) ส่วน VHSV สามารถติดต่อโดยนกกินเนื้อเป็นพาหะ (mechanical vectors) (Olesen and Vestergård Jørgensen, 1982; Peters and Neukirch, 1986)

การระบาดของโรคพบในพื้นที่สิ่งแวดล้อมส่วนของน้ำจืดและน้ำเค็มในระดับความเค็มตั้งแต่ 36 ส่วนในพันส่วน (parts per thousand : ppt) ขึ้นไป ช่วงอุณหภูมิระหว่าง 2 ถึง 20 องศาเซลเซียส การระบาดส่วนมากพบในช่วงฤดูใบไม้ร่วงซึ่งเป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างมาก จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการพบว่าช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของ VHSV genotype I/b เหมือนกันกับ genotype I คือ 9-12 องศาเซลเซียส และ 18-20 องศาเซลเซียส (Goodwin and Merry, 2011)

### อาการทางคลินิก

ปลาที่แสดงอาการเหล่านี้ควรได้รับการตรวจวินิจฉัยสำหรับโรค VHS ได้แก่ การเพิ่มการตายอย่างรวดเร็ว วายน้ำซาลง สีผิวลำตัวเข้มขึ้น ตาบวม ภาวะซีดของเหงือก จุดเลือดออกบริเวณฐานครีบ เหงือก ตา และผิวหนัง ลักษณะการวายน้ำที่ผิดปกติ เช่น วายแฉลบ หมุนวน ช็อกท้องขยายใหญ่เนื่องจากการบวมน้ำภายในส่วนปลาที่ป่วยในรูปแบบ nervous form จะแสดงพฤติกรรมการวายน้ำที่ผิดปกติอย่างรุนแรง เช่น วายแฉลบ หมุนวนเนื่องจากการติดเชื้อที่สมอง และไม่

พยายามดิ้นรนจากอุปกรณ์ที่จับซึ่งต่างจากปลาที่ติดเชื้อจากแบคทีเรียในเลือด

ในระหว่างการติดเชื้อสามารถพบไวรัสปริมาณมากในทุกเนื้อเยื่อรวมทั้งผิวหนังและกล้ามเนื้อ อวัยวะเป้าหมายของเชื้อ ได้แก่ ไต หัวใจ และม้าม ซึ่งในอวัยวะเหล่านี้มีการสะสมของไวรัสในปริมาณที่สูง ในระยะเรื้อรัง ปริมาณของ virus titres จะตรวจพบได้มากในเนื้อเยื่อของสมอง (Smail and Snow, 2011; Wolf, 1988)

ลักษณะทางมพยาธิวิทยาประกอบด้วย จุดเลือดออกขนาดเล็กกระจายทั่วไปในส่วนของผิวหนังกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะส่วนทางด้านหลังของลำตัว รวมทั้งอวัยวะภายใน ทั้งนี้ส่วนใหญ่ปลาที่ป่วยด้วย VHSV จะพบจุดเลือดออกขนาดเล็กส่วนกล้ามเนื้อส่วนหลัง ในระยะ acute phase ไตมีแดงเข้มและพัฒนาจนเกิดเนื้อตายอย่างรุนแรง ม้ามมีการบวม ผิวตับสีซีดและพบจุดส่วนของทางเดินอาหารโดยเฉพาะในทางเดินอาหารส่วนท้ายมีสีซีดและปราศจากอาหาร (World Organisation for Animal Health (OIE), 2021)

ลักษณะทางจุลพยาธิวิทยาด้วยกระบวนการตรวจทาง Immunohistochemistry ให้ผลบวกต่อ VHSV ใน endothelial cells ของระบบหลอดเลือด (Evensen et al., 1994) นอกจากนี้พบ focal necrosis และ degeneration - cytoplasmic vacuoles, pyknosis, karyolysis รวมทั้ง lymphocytic invasion ในส่วน ไต ตับ และม้าม ขณะที่ส่วนของกล้ามเนื้อไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่เด่นชัด พบเพียงส่วนของเม็ดเลือดแดงสะสมในมัดและเส้นใยกล้ามเนื้อ

### การตรวจวินิจฉัย

วิธีมาตรฐานสำหรับการเฝ้าระวังโดยเฉพาะในกลุ่มที่เป็นพาหะ จะใช้การตรวจหาเชื้อโดยตรง เช่น การทำการแยกเชื้อใน cell culture และทำการ identification ด้วยกระบวนการ antibody-based

methods (IFAT, ELISA) หรือ nucleic acid- based methods (e.g. reverse-transcription polymerase chain reaction [RT-PCR]) การตรวจด้วย direct immunological demonstration of VHSV antigen ในปลาที่ป่วยจะให้ความไว (sensitivity) ค่อนข้างต่ำ โดยส่วนใหญ่จะใช้ในการคัดกรองปลาที่สงสัย หรือแสดงกลุ่มอาการที่มีข้อมูลทางระบาดวิทยาและลักษณะทางจุลพยาธิวิทยาพร้อมด้วย ทั้งนี้วิธีการตรวจด้วย real-time RT-PCR for direct identification ของ VHSV genome ในเนื้อเยื่อ จัดเป็นกระบวนการตรวจวินิจฉัยที่ได้รับการยอมรับ มีความแม่นยำและความไวเมื่อเทียบกับวิธีการทำการแยกเชื้อและทำการ identification ใน cell culture (Garver et al., 2011; Jonstrup et al., 2013) เทคนิคดังกล่าวมีศักยภาพที่ดีเหมาะสำหรับการเฝ้าระวังโดยตรงในพื้นที่ที่มีสถานะปลอดโรค

### การควบคุมป้องกัน

มาตรการที่ช่วยในการเฝ้าระวังสำหรับพื้นที่มีการระบาดของโรค (endemic area) และป้องกันการระบาดซ้ำจำเป็นต้องใช้การคัดแยกฝูงปลาป่วยและการทำลายซากสัตว์อย่างถูกวิธี (Olesen, 1998; Olesen and Korsholm, 1997) การขจัดโรคจากการระบาดแบบเฉียบพลัน (acute disease outbreaks) ที่ประสบผลสำเร็จมีการรายงานในสหราชอาณาจักร (Stone et al., 2008) และในประเทศนอร์เวย์ (Dale et al., 2009) สำหรับการป้องกันด้วยการจัดทำโปรแกรมการให้วัคซีน ไม่มีการผลิตในเชิงพาณิชย์ การศึกษาวิจัยยังดำเนินการในหลายรูปแบบ เช่น killed vaccines, attenuated live vaccines, a recombinant vaccine ใน prokaryotic และ eukaryotic expression systems รวมทั้ง DNA-based vaccines (Lorenzen & Lapatra, 2005) ส่วนการศึกษาการใช้สารกระตุ้นภูมิคุ้มกัน (immunostimulant) เช่น yeast- derived beta-glucans, IL-1 $\beta$ -derived peptides และ probiotics

แต่ยังไม่มีรายงานที่แสดงถึงการกระตุ้นภูมิคุ้มกันต่อ VHS อย่างชัดเจน (Peddie et al., 2003) ส่วนการเฝ้าระวังในประเทศไทยควรมีการตรวจติดตามเชื้อในฝูงปลาที่ความถี่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ การคัดเลือกปลาจากแหล่งที่น่าเชื่อถือ รวมทั้งมาตรการป้องกันความปลอดภัยทางชีวภาพ จัดเป็นมาตรการที่ควรให้ความสนใจและกวดขัน

### เอกสารอ้างอิง

- Dale O.B., I. Ørpetveit, T.M. Lyngstad, S. Kahns, H.F. Skall, N.J. Olesen and B.H. Dannevig. 2009. Outbreak of viral haemorrhagic septicaemia (VHS) in seawater-farmed rainbow trout in Norway caused by VHS virus Genotype III. Dis. Aquat. Org. 85: 93–103.
- Department of Fisheries (DOF). 2016. Pla bon Doi. (in Thai) [https://www4.fisheries.go.th/local/file\\_document/20170106155428\\_file.pdf](https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20170106155428_file.pdf). (Access 19 January 2022).
- Einer-Jensen K., P. Ahrens, R. Forsberg and N. Lorenzen. 2004. Evolution of the fish rhabdovirus viral haemorrhagic septicaemia virus. J. Gen. Virol. 85: 1167–1179.
- Einer-Jensen K., P. Ahrens and N. Lorenzen. 2005. Parallel phylogenetic analyses using the N, G or Nv gene from a fixed group of VHSV isolates reveal the same overall genetic typing. Dis. Aquat. Org. 67: 39–45.
- Elsayed E., M. Faisal, M. Thomas, G. Whelan, W. Batts and J. Winton. 2006. Isolation of viral haemorrhagic septicaemia virus from muskellunge, *Esox masquinongy* (Mitchill), in Lake St Clair, Michigan, USA reveals a

- new sublineage of the North American genotype. J. Fish Dis. 29: 611–619.
- European Food Safety Authority (EFSA). 2008. Scientific Opinion of the panel on AHAW on a request from the European Commission on aquatic animal species susceptible to diseases listed in the Council Directive 2006/88/EC. The EFSA Journal. 808: 1-144.
- Faisal M. and C.A. Schulz. 2009. Detection of Viral hemorrhagic septicemia virus (VHSV) from the leech *Myzobdella lugubris* Leidy, 1851. Parasit. Vectors. 2: 45.
- Faisal M. and A.D. Winters. 2011. Detection of viral hemorrhagic septicemia virus (VHSV) from *Diporeia* spp. (*Pontoporeiidae*, *Amphipoda*) in the Laurentian Great Lakes, USA. Parasit. Vectors. 4: 2.
- Garver K.A., L.M. Hawley, C.A. McClure, T. Schroder, S. Aldous, F. Doig, M. Snow, S. Edes, C. Baynes and J. Richard. 2011. Development and validation of a reverse transcription quantitative PCR for universal detection of viral hemorrhagic septicemia virus. Dis. Aquat. Org. 95: 97-112.
- Goodwin A.E. and G.E. Merry. 2011. Mortality and carrier status of bluegills exposed to viral hemorrhagic septicemia virus genotype IVb at different temperatures. J. Aquat. Anim. Health. 23: 85-91.
- Guðmundsdóttir, S., N. Vendramin, A. Cuenca, H. Sigurðardóttir, A. Kristmundsson, T. M. Iburg and N.J. Olesen. 2019. Outbreak of viral haemorrhagic septicaemia (VHS) in lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) in Iceland caused by VHS virus genotype IV. J Fish Dis. 42: 47–62.
- Jonstrup S.P., S. Kahns, H.F. Skall, T.S. Boutrup and N.J. Olsen. 2013. Development and validation of a novel Taqman-based real-time RT-PCR assay suitable for demonstrating freedom from viral haemorrhagic septicaemia virus. J. Fish Dis. 36(1): 9-23.
- Lorenzen N. and S.E. Lapatra. 2005. DNA vaccines for aquacultured fish. Rev. sci. tech. Off. int. Epiz. 24: 201–213.
- LÓpez-Vázquez C., R.S. Raynard, N. Bain, M. Snow, I. Bandin and C.P. Dopazo. 2006. Genotyping of marine viral haemorrhagic septicaemia virus isolated from the Flemish Cap by nucleotide sequence analysis and restriction fragment length polymorphism patterns. Dis. Aquat. Org. 73: 23–31.
- Meyers T.R. and Winton J.R. 1995. Viral hemorrhagic septicemia virus in North America. Ann. Rev. Fish Dis. 5: 3–24.
- Smail D.A. and Snow M. 2011. Viral Haemorrhagic Septicaemia. In: Fish Diseases and Disorders, Volume 3: Viral, Bacterial and Fungal Infections, Second Edition. Woo P.T.K. & Bruno D.W. eds. CABI, Wallingford, UK. 110-142.
- Olesen N.J. and P.E. Vestergård Jørgensen. 1982. Can and do herons serve as vectors for Egtved virus? Bull. Eur. Assoc. Fish Pathol. 2: 48.

- Olesen N.J. and H. Korsholm. 1997. Control measures for viral diseases in aquaculture: eradication of VHS and IHN. Bull. Eur. Assoc. Fish Pathol. 17: 229–233.
- Peddie S., P.E. Mclauchlan, A.E. Ellis and C.J. Secombes. 2003. Effect of intraperitoneally administered IL-1b-derived peptides on resistance to viral haemorrhagic septicaemia in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Dis. Aquat. Org. 56: 195–200.
- Peters F. and M. Neukirch. 1986. Transmission of some fish pathogenic viruses by the heron, *Ardea cinerea*. J. Fish Dis. 9: 539–544.
- Skall H.F., N.J. Olesen and S. Møllergaard. 2005. Viral haemorrhagic septicaemia virus in marine fish and its implications for fish farming - a review. J. Fish Dis. 28: 509-529.
- Stone D.M., H.W. Ferguson, P.A. Tyson, J. Savage, G. Wood, M.J. Dodge, G. Woolford, P.F. Dixon, S.W. Feist and K. Way. 2008. The first report of viral haemorrhagic septicaemia in farmed rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), in the United Kingdom. J. Fish Dis. 31: 775-784.
- Snow M., N. Bain, J. Black, V. Taupin, C.O. Cunningham, J.A. King, H.F. Skall and R.S. Raynard. 2004. Genetic population structure of marine viral haemorrhagic septicaemia virus (VHSV). Dis. Aquat. Org. 61: 11–21.
- Snow M., C.O. Cunningham, W.T. Melvin and G. Kurath. 1999. Analysis of the nucleoprotein gene identifies distinct lineages of viral haemorrhagic septicaemia virus within the European marine environment. Virus Res. 63: 35–44.
- Thompson T.M., W.N. Batts, M. Faisal, P. Bowser, J.W. Casey, K. Phillips, K.A. Garver, J. Winton and G. Kurath. 2011. Emergence of viral hemorrhagic septicemia virus in the North American Great Lakes region is associated with low viral genetic diversity. Dis. Aquat. Org. 96(1): 29-43.
- United States Department of Agriculture (USDA). 2008. Species affected by the Viral Hemorrhagic Septicemia (VHS). Amended Federal Order. [http://www.aphis.usda.gov/animal\\_health/animal\\_dis\\_spec/aquaculture/downloads/vhs\\_fed\\_order\\_amended.pdf](http://www.aphis.usda.gov/animal_health/animal_dis_spec/aquaculture/downloads/vhs_fed_order_amended.pdf). (Access 19 January 2022).
- Walker P.J., A. Benmansour, R. Dietzgen, R.X. Fang, A.O. Jackson, G. Kurath, J.C. Leong, S.A. Nadin-Davis, R.B. Tesh and N. Tordo. 2000. Family Rhabdoviridae. In: Virus Taxonomy. Classification and Nomenclature of Viruses. Seventh Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. Van Regenmortel M.H.V., Fauquet C.M., Bishop D.H.L. et al., eds. Academic Press, San Diego, USA and London, UK. 563–583.
- World Organisation for Animal Health (OIE). 2021. Aquatic Animal Health Code, Chapter 1.3 Diseases Listed by The OIE. [https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health\\_standards/aahc/current/chapitre\\_](https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/aahc/current/chapitre_)

diseases\_listed.pdf. (Access 17 January 2022).

Wolf K. 1988. Viral hemorrhagic septicemia. In: Fish Viruses and Fish Viral Diseases. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA. 217–249.

