

國際養殖魚類抗寄生蟲用藥現況之簡介

涂青宇¹、徐慈鴻¹、謝嘉裕^{2*}

摘要

涂青宇、徐慈鴻、謝嘉裕。2023。國際養殖魚類抗寄生蟲用藥現況之簡介。臺灣農藥科學 14 : 55-85。

寄生蟲感染症為養殖魚類重要疾病，依寄生魚體部位不同可分成體內及體外寄生蟲，種類涵蓋原蟲類、條蟲類、線蟲類、吸蟲類及甲殼類。目前國際間魚類抗寄生蟲常用藥物包含對原蟲類、吸蟲類及甲殼類均有作用的有機磷類藥物三氯仿 (trichlorfon) 與亞滅松 (azamethiphos)，對原蟲類及吸蟲類效果較佳的醛類藥物福馬林 (formalin)，對體外吸蟲類、甲殼類與體內線蟲類都具有效用的巨環內酯類抗生素類因滅汀 (emamectin benzoate)，甲殼類外寄生蟲防治的合成除蟲菊精類藥物第滅寧 (deltamethrin) 及賽滅寧 (cypermethrin)，可治療原蟲並同時調節藻相的無機鹽類藥物硫酸銅 (copper sulfate)，針對條蟲及線蟲類內寄生蟲治療之吡喹異啞啉衍生物 praziquantel，僅對甲殼類幼蟲有療效的苯甲醯尿素類藥物得福隆 (teflubenzuron) 與二福隆 (diflubenzuron)，及對吸蟲類與甲殼類均有效用之丙酮酸酯類藥物丙酮酸甲酯 (methyl pyruvate)。其中三氯仿、因滅汀、第滅寧及得福隆等藥劑分別在不同國家核准使用於魚類寄生蟲治療並訂有殘留容許量，而福馬林在美國與歐盟、硫酸銅在歐盟與中國及丙酮酸甲酯在日本皆核准於魚類寄生蟲感染時使用且無需訂殘留容許量。本報告經由比較各國水產動物藥品之核准狀態、公告殘留容許量、各種藥劑特性及防治對象等資料分析，評估結果認為因滅汀、得福隆及丙酮酸甲酯三種藥物符合目前國際規範，具有適合推動成為國內魚類寄生蟲治療核准用藥之研究對象。

關鍵詞：養殖魚類、寄生蟲、動物用藥、殘留容許量

接受日期：2022 年 11 月 1 日

* 通訊作者。E-mail: chiayuhsieh@nchu.edu.tw

¹ 臺中市 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

² 臺中市 國立中興大學獸醫學院獸醫學系

前言

漁產品為人類攝取蛋白質及多種營養素重要來源，近年來全球漁業因長期捕撈及全球極端氣候的影響，不論遠洋或近海漁業資源均逐漸枯竭，隨著全球人口數大幅成長，聯合國國際糧農組織 (Food and Agriculture Organization, FAO) 統計 1990 年至 2018 年人類對漁產品消費量增加 122%，2018 年全球捕撈漁達 8,441 萬公噸，對比 2000 年的捕撈漁業產值僅增加 3.44%，但養殖漁業產量則大幅成長 253%，達到 8,210 萬公噸，加上 3,240 萬公噸養殖藻類及 2.6 萬公噸觀賞貝類及珍珠，2018 年全球水產養殖總產量高達 1.145 億公噸，總產值約為 2,636 億美元⁽⁴⁶⁾。FAO 預估 2030 年全球養殖漁業產量上看 1.09 億公噸，可較 2018 年再成長 32.7%。依據漁業署統計資料，我國 2020 年養殖漁業在總體漁業占比也達到 40.9%⁽¹⁰⁾，養殖水產品對國人食物來源的重要性確實日益提升。

我國養殖漁業具有養殖科技長期發展經驗優勢，惟可供水產養殖使用土地面積有限，養殖業者採取高密度飼養以增加產量成為水產養殖常態，近年來，受全球氣候變遷、乾旱及高溫等環境條件影響下，導致寄生蟲大量增殖而提高感染風險，若未能及時有效防治，易因感染而繼發其它細菌性與病毒性疾病⁽⁵⁴⁾，導致增加使用抗生素治療成本及魚體中藥物殘留等食安

風險，做好寄生蟲類疾病防治，將有助於減少抗生素使用。本文綜覽國內外水產養殖抗寄生蟲用藥管理規範，研析各國魚類寄生蟲准用藥物及殘留容許量 (Maximum Residue Limits, MRLs) 研訂狀態，彙整分析結果作為未來魚類寄生蟲用藥管理參考。

養殖魚類寄生蟲疾病現況

我國地理環境優越，適合養殖魚種繁多，重要物種包含鱸魚、石斑魚、吳郭魚、鰻魚、虱目魚及鯉魚等，寄生蟲種類多元，主要常見寄生蟲包括有原蟲類 (Protozoa)、條蟲類 (Cestodes)、線蟲類 (Nematodes)、吸蟲類 (Trematodes)、橈腳類 (Copepoda) 及甲殼類 (Crustaceans) 如等足目 (Isopoda) 寄生蟲^(11, 27)。魚類寄生蟲依蟲體生存環境及感染對象，可分成海水性及淡水性寄生蟲，例如海水卵圓鞭毛蟲 (*Amyloodinium ocellatum*) 及淡水卵圓鞭毛蟲 (*Oodinium* spp.)，以及海水白點蟲 (*Ichthyophthirius marinus*) 及淡水白點蟲 (*Ichthyophthirius multifiliis*)；依寄生部位則可分成體表與鰓部為主的體外寄生蟲，如體表的魚蛭 (*Piscicola* spp.)、海水魚蝨 (*Caligus* spp.)、淡水魚蝨 (*Argulus japonicus*)、錨蟲 (*Lernaea cyprinus*)，鰓部的指環蟲 (*Dactylogyrus* spp.)、三代蟲 (*Gyrodactylus* spp.) 與車輪蟲 (*Trichodina* spp.) 等，以及在肌肉與臟器的體內寄生蟲，常見的有微孢子蟲 (*Heterosporis*

anguillarum)、異形吸蟲 (*Centrocestus* (*Trypanosoma* sp.) 等 (表一)。
spp.)、鰻線蟲 (*Anguillicolao* spp.) 及錐蟲

表一、臺灣重要魚類寄生蟲、類別及宿主

Table 1. Major species of fish parasites and hosts in Taiwan

Host		Fish parasites			Trichlorfon applicability	
Type	Farmed fish	Type	Tissue	Category		Species
Freshwater fish	Eel, koi, tilapia, carp, grass carp, etc.	Ectoparasites	Gill, body surface	Protozoa	<i>Ichthyophthirius multifiliis</i> , <i>Oodinium</i> spp., <i>Myxidium</i> spp., <i>Trichodina</i> spp., <i>Scyphidia</i> sp, <i>Glossatella</i> spp., etc., <i>Epistylis</i> spp., <i>Vorticella</i> spp., <i>Ichthyobodo necator</i> , <i>Chilodonella</i> spp., etc.	+
	Eel, walking catfish, tilapia, etc.		Gill, body surface	Trematodes	<i>Dactylogyrus</i> spp., <i>Pseudodactylogyrus</i> spp., <i>Gyrodactylus</i> spp., <i>Centrocestus</i> spp., metacercaria, <i>Piscicola</i> spp., etc.	+
	Perch, eel, carp, goldfish, silver carp, etc.		Body surface, fin base	Crustaceans	<i>Argulus japonicus</i> , <i>Lernaea cyprinus</i> Isopoda, etc.	+
	Eel, sweetfish, carp, tilapia, grass carp, etc.	Endoparasites	Eyes, internal organs, muscles, blood	Protozoa	<i>Heterosporis anguillarum</i> , <i>Glugea plecoglossi</i> , etc., <i>Trypanosoma carassii</i> , <i>Spiroucleus</i> spp., etc.	-
	Eel, etc.		Internal organs	Nematodes	<i>Anguillicolao</i> spp.	-
	Perch, eel, etc.		Muscle, intestine	Cestodes	<i>Diphyllobothrium Latum</i> plerocercoid	-
	Eel, carp, grass carp, tilapia, etc.		Internal organs, muscle	Trematodes	<i>Centrocestus</i> spp. metacercaria, <i>Clinostomum complanatum</i> metacercaria, <i>Clonorchis sinensis</i> metacercaria, etc.	-
	Fourfinger threadfin, grouper, seabass, milkfish, mullet, <i>Sparidae</i> , etc.	Ectoparasites	Gill, body surface	Protozoa	<i>Amyloodinium ocellatum</i> , <i>Ichthyophthirius marinus</i> , <i>Trichodina</i> spp., <i>Scyphidia</i> sp, <i>Glossatella</i> spp., etc., <i>Epistylis</i> spp., <i>Vorticella</i> spp., <i>Ichthyobodo necator</i> , <i>Chilodonella</i> spp., etc., etc.	+
	Fourfinger threadfin, perche, cobia, grouper, <i>sparidae</i> , etc.		Gill, body surface	Trematodes	<i>Dactylogyrus</i> spp., <i>Pseudodactylogyrus</i> spp., <i>Gyrodactylus</i> spp., <i>Centrocestus</i> spp. Metacercaria, <i>Benedenia</i> spp., <i>Neobenedenia</i> spp., <i>Piscicola</i> spp., etc.	+
	Fourfinger threadfin, grouper, seabass, etc.		Body surface, fin base	Crustaceans	<i>Caligus</i> spp. Isopoda, etc.	+
Marine fish	Grouper, ornamental fish, etc.	Endoparasites	Internal organs, muscle, blood, intestine	Protozoa	<i>Microsporidium</i> spp., <i>Trypanosoma murmanense</i> , <i>Spiroucleus</i> spp., etc.	-
	Cobia, etc.		Muscle	Nematodes	<i>Anisakis simplex</i>	-
	Grouper, <i>Sparidae</i> , etc.		Internal organs, muscle	Trematodes	<i>Centrocestus</i> spp. metacercaria	-

亞太地區是全球重要養殖魚類產區，海水養殖主要使用箱網在海岸線周邊飼養石斑魚、鯛魚、金目鱸及金鯧魚等多種重要海水魚類 (Seng 等人, 2006) ⁽⁵⁶⁾，主要養殖國家如中國 ^(5, 22) 及日本 ⁽⁶⁵⁾。養殖海水魚類重要寄生蟲同樣具多元性，涵蓋原蟲類、條蟲類、吸蟲類及甲殼類等，中國海南石斑魚養殖期間常見寄生蟲包含海水白點蟲 (*I. marinus*)、車輪蟲 (*Trichodina* sp.)、海水卵圓鞭毛蟲 (*A. ocellatum*)、鐘形蟲 (*Epistylis* spp.) 等固著類纖毛蟲、盾纖蟲 (*Philasterides dicentrarchi*)、指環蟲 (*Dactylogyrus* spp.)、貝尼登吸蟲 (*Benedenia* spp.) 及魚蛭 (*Piscicola* spp.) 等 ⁽²⁶⁾；在日本單是 1 種鯪科養殖魚類鯪魚 (*Seriola quinqueradiata*) 就有多達 20 餘種寄生蟲感染紀錄，幾乎涵蓋常見魚類寄生蟲。印度養殖產業以淡水魚類為主，常見寄生蟲物種類也類似，包含淡水白點蟲 (*I. multifiliis*)、車輪蟲 (*Trichodina* sp.)、鰓部指環蟲 (*Dactylogyrus* spp.)、三代蟲 (*Gyrodactylus* spp.)、淡水魚蝨 (*Argulus* spp.) 及黏液孢子蟲 (*Myxosporidia* spp.) ⁽⁶⁰⁾。歐美地區養殖魚種較為單一，如加拿大與挪威等國以鮭鱒魚類為大宗養殖魚種，因此海水魚蝨 (*Caligus elongatus*、*Caligus rogercresseyi* 及 *Lepeophtheirus salmonis* 等) 是大西洋鮭魚 (Atlantic salmon) 最重要的魚類寄生蟲疾病 ⁽⁶⁷⁾，地中海養殖魚類寄生蟲種類同樣包含從原蟲到甲殼類等各類寄生蟲，最重要寄生蟲是養殖鯛魚 (sharp snout sea

ream) 的黏液孢子蟲 (*Myxidium leei* 為主)，另一主要疾病是等足目 (Isopoda) 寄生蟲感染 ⁽³⁶⁾。

養殖魚類寄生蟲疾病的發生與飼養環境、水質、放養密度及飼料投予有關，夏季持續高溫環境或季節交替時常見寄生蟲疫情爆發 ^(11, 27, 34)，低溫時多數寄生蟲感染情形輕微或不發生，但對於好發於低溫環境之寄生蟲，如原蟲類的淡水白點蟲，主要在冬季低水溫期出現感染病例 ⁽²⁷⁾，又當水質惡化或水池中大量有機質蓄積也容易引起車輪蟲發生，或餵飼活餌也可能引入外來寄生蟲造成疫情。魚體寄生蟲可以多重或複合感染型式出現，以鰻魚為例，體表口腔周圍寄生錨蟲 (*L. cyprinus*)，鰓部有淡水白點蟲 (*I. multifiliis*) 及指環蟲 (*Dactylogyrus* sp.)，肌肉中有微孢子蟲 (*H. anguillanem*) 或異形吸蟲 (*Centrocestus* sp.) 之被囊幼蟲 (metacercaria) ⁽⁶⁶⁾，鰻魚鰾等臟器受鰻線蟲 (*Anguillicolao* sp.) 感染。這些魚類寄生蟲可透過對宿主營養競爭、組織機械性傷害、毒素作用等方式造成魚體生長遲緩及體表或臟器受損傷害甚至死亡 ⁽²²⁾，魚體因寄生蟲危害造成魚隻鰓部或體表上皮細胞受損及營養吸收不佳免疫力下降，容易繼發其它病原感染，包含致病性細菌或病毒，導致死亡率升高 ⁽⁶⁷⁾。例如纖毛蟲類的淡水白點蟲 (*I. multifiliis*) 可透過破壞鰓和皮膚的上皮細胞導致細菌入侵和魚隻死亡，造成重大經濟損失 ⁽⁵⁴⁾。

不同病原的共同感染 (co-infections)

對魚類具有重大影響，寄生蟲感染後不但會增加繼發性細菌性疾病風險並成為傳播細菌性病原的載體，共同感染期間各病原體在同一宿主內可能因為各自造成目標器官傷害而對宿主動物產生協同作用的影響增加致死率⁽⁵⁴⁾。如吳郭魚感染單殖吸蟲類三代蟲 (*Gyrodactylus niloticus*) 後再以魚型鏈球菌 (*Streptococcus iniae*) 接種的共同感染組 2 週後死亡率為 42.2%，遠高於單獨鏈球菌感染組之 6.7% 及單獨三代蟲感染組之 0%⁽⁸⁰⁾。利用淡水白點蟲 (*I. multifiliis*) 及魚類鏈球菌 (*S. iniae*) 共感染模式，發現寄生蟲數量、發育程度和魚類死亡率呈現正相關性，共同感染下延長暴露在 2 種病原時間可讓淡水白點蟲 (*I. multifiliis*) 產生大型且發育良好的營養體 (trophonts)，造成魚隻上皮細胞傷害及增加細菌入侵機會，魚隻死亡率明顯高於單獨暴露在小型且年幼的白點蟲營養體 (trophonts) 感染下的組別⁽⁸¹⁾。

Timi 及 Mackenzie 研究海洋養殖魚類主要病例後總結寄生蟲對於養殖魚類造成的威脅極大，若能有效防治並自養殖系統中根除魚類寄生蟲，對海水養殖魚類的高效生產至關重要⁽⁷⁴⁾。目前現代化水產養殖模式為追求高生產量飼養密度偏高，僅僅單殖吸蟲類 (Monogeneans) 感染即可造成養殖業嚴重經濟損失⁽²³⁾，在北歐河流幼鮭也因單殖吸蟲感染導致數量下降 86%，造成每年成鮭魚產量減產達 500 噸，經濟損失約 5 億美元^(23, 39)。日本及澳洲為了防治新興的貝尼登吸蟲

(*Benedenia seriola*) 感染養殖鱈科魚類 (*Seriola* spp.)，考量治療、生長損失、飼料換肉率下降及死亡率等因素估算，養殖成本增加 20% 以上⁽⁴⁴⁾；中國大陸海南海水養殖魚類同樣遭受貝尼登吸蟲感染，對箱網養殖石斑魚危害特別嚴重⁽²⁶⁾。由於箱網養殖大幅限制鮭魚泳速及飼養密度過高，一旦感染海水魚蟲 (*C. elongatus*、*C. rogercresseyi* 及 *L. salmonis* 等) 往往造成嚴重危害，估計全球養殖鮭魚產業每年因海水魚蟲導致經濟損失達到 5.84 億美元⁽⁶⁷⁾。Shinn 等人估算全球每年魚苗場因寄生蟲導致近 20% 魚卵孵化失敗，損失金額最高約為 1.34 億美元，加上成魚體型 10% 以下魚隻受各類寄生蟲感染而耗損，全球有鰭魚類 (finfish) 養殖產業每年因寄生蟲疾病造成的產值損失高達 96 億美元⁽⁷¹⁾。因此，欲提升水產養殖育成率與降低飼養成本及經濟損失，當務之急就是改善養殖魚隻寄生蟲感染問題。

魚類寄生蟲疾病治療時抗寄生蟲藥物主要可透過藥浴、口服、注射 (腹腔) 及外用塗抹^(16, 24, 41, 55) 等途徑給藥。經由投藥使寄生蟲自魚體脫離的效果稱為驅蟲作用 (deworming)，如魚蛭等吸蟲類因藥物使得蟲體肌肉麻痺導致吸附能力下降而自魚體表面脫落，一般而言，該情況下蟲體仍然存活。經由投藥使寄生蟲因藥物使用或增加劑量造成蟲體死亡則為殺蟲作用 (antiparasitic)，不過提高藥物劑量也同時增加魚隻中毒風險。藥浴處理為體表寄生蟲為最常見之給藥方式，僅須在水中均勻

授予適當濃度藥物，經過一段時間作用後讓蟲體自魚體表面脫落至水中，只要達到驅蟲作用即屬有效，再經由大量換水讓養殖池中蟲體數量快速下降，降低水中藥物因降解後蟲體恢復活力造成重複感染風險。但以藥浴方式投藥，往往也受限於許多環境存在因子影響，如鹽度、pH 值、軟硬度及有機質等而限制藥物效果，此外尚需考量可能對環境造成的污染及公害等缺點。藥浴方式的使用對於體內寄生蟲及部分體外寄生蟲防治上不易達到驅蟲或殺蟲作用效果，因為在安全的藥浴劑量下，魚體很難經由鰓部及體表吸收藥物分布血中及消化道達到具治療效果濃度。抗寄生蟲藥物若是透過口服途徑給藥方式治療體表及體內寄生蟲，則藥物更加容易經由消化道吸收，並經循環系統分布至各組織，達到一定治療濃度，除了可對消化道或肌肉組織中的內寄生蟲產生驅除作用，藥物分布在表皮或鰓部也能對體外寄生蟲產生防治效果，當蟲體吸取魚隻血液會因藥物作用快速脫落或死亡，在藥物未完全代謝排出體外就能保護魚體不易受外寄生蟲感染。但是經由口投藥亦非全然沒有缺點，若感染程度嚴重，魚隻食慾活力下降時，也會因攝餌困難導致給藥困難的問題，因此，最佳處理模式是在寄生蟲好發季節前早期用藥。至於針劑則因藥物及人工操作成本高昂及對魚隻緊迫較大，僅適合種魚或高經濟價值魚種（如錦鯉等觀賞魚類）的寄生蟲治療，對養殖魚類之寄生蟲感染治療實際應用性不高^(68, 29)。

常見水產動物抗寄生蟲藥物介紹

一、有機磷類 (organophosphate) 藥劑

本類藥劑為蟲體膽鹼酯酶 (cholinesterase) 抑制劑，作用機制為阻止乙醯膽鹼在突觸分解，干擾蟲體肌肉神經傳導引起肌肉麻痺，使蟲體無法在魚體寄生，藥物雖對蟲體具防治效果也對宿主具有一定毒性⁽⁷⁸⁾。國內外主要核准防治魚類寄生蟲的有機磷類藥物包含三氯仿 (trichlorfon) 及亞滅松 (azamethiphos)，然而有機磷類藥劑毒性偏高，使用時雖能防治寄生蟲，對宿主及使用者同樣具有相當危害風險。目前有機磷類藥劑在國內多數登記為農業用藥，少數登記於動物寄生蟲用藥，而登記於水產動物用之有機磷類藥物只有三氯仿。三氯仿 (trichlorfon) 為我國核准魚類抗寄生蟲動物用藥，可使用於鱸形目養殖魚類，主要產品為地特松 (95%三氯仿，散劑) 及馬速展 (80%三氯仿，散劑)，除防治水產寄生蟲。三氯仿也被核准防治牛、豬、犬、貓及鴿類等養殖畜禽寄生蟲⁽¹²⁾ (表二)。比較各國殘留標準，目前僅剩日本、澳洲及我國公告三氯仿在魚類產品容許量，中國在更新之動物用藥殘留限量標準⁽³⁾ 中已經移除三氯仿在魚類的 MRLs，未來輸出到中國的午仔魚與石斑魚等高經濟價值水產品需要特別注意三氯仿的使用，避免因為殘留檢出

表二、主要魚類抗寄生蟲藥劑各國登記狀態

Table 2. Registration conditions of main fish antiparasitic drugs in different countries

Classification Active substances	Type	Target animals in Taiwan	Treatable parasites or other pathogens	Country/area for setting MRLs in fish	Country of antiparasitic drug registration in fish
Organophosphate					
Trichlorfon	^{1), 2), 3)}	Farmed fish, ornamental fish	Protozoa, Trematodes, Crustaceans	Taiwan, Japan, Australia Korea	Taiwan, Japan, China, Korea, Malaysia, Philippines, Thailand
Azamethiphos	¹⁾	Registration of public health pesticides(invalid)	Protozoa, Trematodes, Crustaceans	Set MRLs: USA, Canada; Not required MRLs: EU ⁴⁾ , China:	United Kingdom, Norway, China
Aldehyde					
Formalin (37% formaldehyde)	^{1), 2)}	Ornamental fish	Protozoa, fungi	Not required MRLs: USA, Canada	USA, Canada, Greece, Spain, Portugal, Thailand
Macrolide antibiotics					
Abamectin	³⁾	-	Nematodes, Crustaceans, Trematodes	-	-
Ivermectin	²⁾	Dog, cat, swine	Nematodes, Crustaceans, Trematodes	-	-
Emamectin Benzoate	^{1), 2), 3)}	Fresh water and marine ornamental fish	Nematodes, Crustaceans, Trematodes	Codex, USA, EU, Japan, Canada	Ireland, United Kingdom, Iceland, Finland, Spain, Portugal, Norway, Chile, Canada
Eprinomectin	^{1), 2)}	Cat	Nematodes, Crustaceans, Trematodes	EU	-
Pyrethroids					
Deltamethrin	^{1), 2), 3)}	Dog	Crustaceans	Codex, EU, Japan, China, Korea, Thailand	Ireland, United Kingdom, Norway, China
Cypermethrin	^{1), 3)}	-	Crustaceans	EU, Japan, China	Norway, Vietnam, China
Mineral salt					
Potassium permanganate	-	-	Ectoparasites, bacteria	-	-
Copper sulfate	^{1), 2), 3)}	Ornamental fish (compounds containing malachite green or formalin)	Protozoa, bacteria, fungi, algae	Not required MRLs as a pesticide: Taiwan, USA; Not required MRLs as veterinary drug: EU, China; Set MRLs as a pesticide: EU (copper reagent)	Thailand, Vietnam, etc. (ASEAN ⁵⁾)
Benzylureas					
Diflubenzuron	^{1), 2), 3)}	Fresh and marine ornamental fish (invalid)	Nematodes, Trematodes, Crustaceans	EU, Japan, Australia	Norway, Chile
Lufenuron	^{1), 2), 3)}	Cat	Nematodes, Trematodes, Crustaceans	Codex, USA, EU, Japan	Chile
Hexaflumuron	^{1), 3)}	-	Nematodes, Trematodes, Crustaceans	USA, EU	-
Teflubenzuron	^{1), 3)}	-	Nematodes, Trematodes, Crustaceans	Codex, USA, EU, Japan, Canada	Norway, Ireland, United Kingdom, Canada
Pyrazine isoquinoline derivatives					
Praziquantel	^{1), 2)}	Ornamental fish, dog, cat	Trematodes, Cestodes, roundworm, hookworm, whipworm, lungworm, roundworms, heartworm	Japan, Australia, Korea: MRLs EU: not required MRLs	Japan, Australia United Kingdom (ornamental fish), China, Korea, Thailand, Vietnam, etc. (ASEAN)
Other chemical agents					
Hydrogen peroxide	¹⁾	-	Ectoparasites, Trematodes (<i>Benedenia seriola</i>)	USA, EU: not required MRLs	USA, Japan, Canada, Norway, Ireland, Iceland, Thailand, Vietnam, etc. (ASEAN)
Benzalkonium chloride	²⁾	Disinfection for animal house, empty eel pond	Protozoa, bacteria, fungi	Not required MRLs as a pesticide: USA; Set MRLs as a pesticide (without aquatic animal): EU; Not required MRLs as veterinary drug: EU	-
Methylene blue	²⁾	Ornamental fish	Protozoa, fungi	-	Italy (ornamental fish)
Lysozyme	¹⁾	-	<i>Ichthyophthirius</i> sp.	-	Japan
Febantel	^{1), 2)}	Dog, pigeon, swine	Endoparasites	Japan	Japan
Methyl pyruvate	¹⁾	-	Crustaceans	-	Japan

¹⁾ Registrations for veterinary drugs in farmed fish or set MRLs in another country²⁾ Registrations for veterinary drugs in animals (including ornamental fish) in Taiwan³⁾ Registrations for pesticides in Taiwan⁴⁾ EU: European Union⁵⁾ ASEAN: Association of Southeast Asian Nations

而退運損失。亞滅松 (azamethiphos) 的國外商品 (Salmosan[®] Vet, 49.8% azamethiphos WP) 在英國與挪威核准使用於防治魚類海蝨感染，而且在歐盟、英國 (有鱈魚類) 及中國大陸 (限鮭魚) 得免訂定 MRLs。在美國及加拿大針對鮭魚帶皮肌肉訂定容許量，分別為 0.02 ppm 及 0.05 ppm。亞滅松與三氯仿雖然同為有機磷類藥劑，但是並未核准登記為國內動物用藥，目前我國環保署只核准作為環衛用藥，防治蒼蠅、蟑螂、跳蚤及蜘蛛⁽¹⁵⁾ (表二)。

二、醛類 (aldehyde) 藥劑

本類藥物製劑主要為福馬林 (formalin)，福馬林成分為 35-40% (一般為 37%) 的甲醛 (formaldehyde) 飽和水溶液，其作用機制透過與細胞質胺基結合形成烷基化，造成蛋白質變性而達到殺滅蟲體的效果。除了防治寄生蟲，對於藻類、真菌、芽孢甚至是病毒也有一定殺滅效果^(24, 55)。福馬林為強還原劑，加入水中會降低溶氧，養殖池使用前後需要加強打氣避免缺氧，其代謝物甲酸也會對魚鰓部造成刺激，必要時應添加氫氧化鈣以調整水中酸鹼值⁽²⁵⁾。福馬林於水產養殖業早期已是常用藥劑之一，因價格低廉容易取得，對體表原蟲類、吸蟲類寄生蟲防治效果良好，廣泛被國內養殖業者接受使用，福馬林在吳郭魚的殘留研究顯示以 50 ppm 濃度藥浴後 2-4 小時，魚體肌肉及肝臟中的

甲醛殘留已低於定量極限^(19, 51)，在動物體內降解迅速，在魚體的殘留風險不高。不過也有學者認為福馬林對魚隻體外寄生蟲的治療效果不佳，而且有魚體及環境殘留毒性的疑慮⁽⁶⁸⁾。目前美國⁽⁷⁵⁾、加拿大⁽⁴⁸⁾、西班牙、葡萄牙及希臘及泰國均核准福馬林 (或甲醛) 防治魚卵黴菌或魚、蝦外寄生蟲治療，如美國有鱈魚類外寄生蟲建議福馬林在養殖池及藥浴桶 (浸泡 1 小時) 的劑量分別為 15-25 ppm 及不超過 170-250 ppm⁽⁵⁵⁾，國內文獻建議養殖池魚類體外寄生蟲的福馬林劑量為 25-35 ppm⁽²⁵⁾。國內也曾執行福馬林在吳郭魚等用藥登記相關試驗研究⁽¹⁹⁾，但最終尚未開放福馬林在養殖魚類使用，目前僅允許作為觀賞魚類寄生蟲防治用藥 (表二)。

三、巨環內酯類抗生素 (macrolide antibiotics) 藥劑

巨環內酯類藥劑是由鏈黴菌屬 (*Streptomyces* spp.) 發酵產物衍生而來，其中阿維菌素 (ivermectin) 即是灰色鏈黴菌 (*Streptomyces avermectinus*) 發酵產物，其作用機制為增加蟲體神經突觸 GABA (γ -氨基丁酸) 釋放而調控氯離子通道，特別對於無脊椎動物神經及肌肉細胞的 GABA 調控氯離子通道具高親和性，干擾神經訊號傳導至肌肉而使肌肉細胞喪失收縮能力，導致蟲體呈現軟垂性麻痺或死亡從而自動物體表脫落^(28, 78)。本類藥劑同時具有防治動物體內及體外寄生蟲之能

力，目前包含阿巴汀 (abamectin)、愛滅蟲 (ivermectin)、因滅汀 (emamectin) 及依普菌素 (eprinomectin) 等，皆來自阿維菌素 (avermectin) 經化學結構修飾而來，但其效果更佳且安全性更高。

阿巴汀 (abamectin) 為 acvermectin 中純化出 B1a 及 B1b 產物的產品，目前國內尚未核准動物用藥登記，但是中國大陸已有應用於水產動物寄生蟲防治上，如阿巴汀 (大陸中文名：阿維菌素) 1.5% 水乳劑 (EW) 有研究作為水產養殖動物專用的環保殺蟲藥劑⁽¹⁷⁾，對於草魚、錦鯉等體表的錨蟲 (*Lernaea* spp.) 感染以藥浴方式治療效果顯著，在草魚錨蟲感染給予劑量濃度 0.05 $\mu\text{L/L}$ 藥浴 6 及 48 小時之防治率分為 96.27 及 100%，比使用乳油劑型 (EC) 的治療效果更好，對河蟹的纖毛蟲感染也有防效，且在治療劑量下對象動物亦無產生中毒反應，因此適合應用在魚與蝦蟹混養的養殖池。若使用 1.8% 阿巴汀溶液藥浴，建議淡水魚池濃度為 0.08 mL/m^3 ，養蝦池濃度則為 0.04 mL/m^3 ⁽²⁵⁾，可防治魚類棘頭蟲 (*Acanthocephala*) 等內寄生蟲、指環蟲 (*Dactylogyrus* spp.) 及三代蟲 (*Gyrodactylus* spp.) 等外寄生蟲。

愛滅蟲 (ivermectin) 是由 2 個氫化作用修飾 avermectin 的半合成型式 (semisynthetic version) 衍生而來，為國內核准動物用藥，可治療犬貓的心絲蟲與蛔蟲、豬體外疥癬蟲、豬蟲及體內蛔蟲及腎蟲等寄生蟲感染，登記範圍廣泛，但並未核准水產動物使用⁽¹²⁾。早期於英國、愛

爾蘭及加拿大政府曾經核准使用於養殖鮭魚，劑量為 0.05 mg/kg-bw ，口服方式給予，每週 2 次，連續給藥 4 週，但是目前已無核准產品。愛滅蟲 (ivermectin) 使用時需注意對動物毒性，Mladineo 等人⁽⁶¹⁾ 使用愛滅蟲藥浴處理鱸形目海水性鯛魚 (sea bream)，初期魚隻泳姿異常，呼吸速率變高，最後側躺在魚缸底部，呼吸緩慢等臨床症狀，試驗結束後存活魚隻在更換新鮮曝氣海水後數小時可恢復正常。愛滅蟲在水中溶解度相當低 (約 10 $\mu\text{g/L}$)，且水分配係數 (Koc) 高 (12,600-15,700)，因此藥物在水體中溶解型態比例極低，大部分與底泥中有機質結合，導致降解緩慢可能對底棲生物造成影響，如愛滅蟲對沙蠶 (*Arenicola marina*) 與沙蠶 (*Hediste diversicolor*) 作用第 10 日的 LC_{50} 僅為 23 及 7.75 $\mu\text{g/L}$ ，以模式預測鮭魚養殖場及周邊水域底泥，評估投藥後對漁場的中心區域底棲生物可能造成急毒性影響，周邊水域底泥中愛滅蟲殘留急毒性風險低，但仍有長期亞致死效應⁽⁶⁾。

因滅汀 (emamectin) 同樣由 avermectin 經化學加氫製造的半合成產物，目前已是國內核准動物用藥，在國內登記有效成分為 emamectin benzoate (因滅汀苯甲酸鹽)，國內仍稱為因滅汀 (大陸中文名：甲氨基阿維菌素苯甲酸鹽)，對於線蟲、節肢動物及吸蟲類具良好驅蟲及殺蟲功效，但對原生動物與條蟲類等寄生蟲效果較差。目前國內已核准因滅汀 (emamectin benzoate) 治療觀賞魚類體內

駝形線蟲 (*Camallanus* sp.)、毛細線蟲 (*Capillaria* sp.) 等線蟲，以及體外的淡水魚虱 (*Argulus* spp.)、錨蟲 (*Lernaea* spp.) 等橈腳類寄生蟲感染⁽¹²⁾ (表二)。因滅汀有效成分在水中溶解度低，主成份對於水生動物有劇毒性⁽⁷⁸⁾，國外核准鮭鱒魚類使用產品為混拌飼料口服的預拌劑 (Premix) 劑型，優點是藥劑在體內存在時間長，在維持一定血中濃度下，橈足目寄生蟲無法吸附在魚隻體表，在一定期間內對魚隻產生保護效果。以加拿大、英國、愛爾蘭、冰島、芬蘭、西班牙、葡萄牙、智利及挪威均核准海蟲治療藥物 SLICE® (0.2% emamectin benzoate, Premix) 為例，多數國家規定大西洋鮭魚依標籤使用時無需訂定停藥期 (0 天)，但是為確保組織中殘留不超過容許量，上市前 60 天內只能給藥 1 次⁽⁴⁸⁾，挪威則建議停藥期為 175 攝氏度日 (degree days)，投藥後水溫度愈低則需要更長的天數才能捕撈。

依普菌素 (eprinomectin) 同樣為阿維菌素類抗生素，是將 avermectin 的 4' 端引入一個乙醯氨基而合成，國內目前僅登記在貓條蟲、線蟲及外寄生蟲感染症治療，因其在乳/血分配係數較低，適合使用在泌乳乳牛且無須停藥期，是歐盟唯一核准治療泌乳期乳牛蛔蟲與肺蟲等寄生蟲感染的外用阿維菌素類抗生素藥物⁽⁴⁵⁾。考量未來可能應用在鮭魚等有鱗魚類，歐盟已公告依普菌素在魚體容許量 (含皮肌肉 0.05 ppm)，但尚未核准在水產動物使用 (表三)。

四、合成除蟲菊精類 (pyrethroids) 藥劑

本類藥劑是以天然除蟲菊精 (pyrethrins) 結構為基礎衍生的化學合成酯類藥劑，作用機制是讓神經細胞膜上的鈉離子通道無法正常閉合，造成神經纖維持續放電引起神經系統麻痺⁽²⁵⁾。在水產使用的合成除蟲菊精藥物包含第滅寧 (deltamethrin) 及賽滅寧 (cypermethrin)，對節肢動物類寄生蟲具良好除蟲效果，但是本類藥劑對魚類、水蚤及甲殼類水生動物等均為劇毒，如對魚類 (虹鱒) 及橈足類 (水蚤) 毒性極高。第滅寧在國內僅核准在犬隻壁蝨等外寄生蟲條帶劑型 (項圈)，目前愛爾蘭、英國、挪威及中國則核准第滅寧在魚類使用，國外開發適合水產動物寄生蟲治療的劑型，如英國核准的第滅寧濃縮溶液 (AMX®, 10 mg/mL concentrate deltamethrin solution)⁽⁶³⁾，毒性較低可供藥浴使用，加拿大也曾核准 (2009-2010 年) 作為鮭魚魚蝨緊急防治用藥 (Alphamax®, 1% deltamethrin)⁽⁴⁰⁾，同樣藥浴使用，建議劑量為 2.0 µg/L。目前賽滅寧未核准作為國內動物用藥，但挪威、越南及中國大陸已核准在魚類使用 (表二)，合成除蟲菊精類在養殖魚類寄生蟲防治上仍有一定市場。相較有機磷藥劑的高急毒性，合成除蟲菊精類藥劑對人體或哺乳動物的安全性較高，但對於魚類、水蚤及甲殼類水生動物的毒性偏高，環境中使用可能影響生態系統，考量此類藥劑容

表三、國際食品法典委員會 (Codex) 及主要國家公告魚類寄生蟲用藥殘留容許量

Table 3. Announced MRLs of antiparasitic drugs in fish from Codex and main countries or areas

Active substance/ country or area	MRLs of antiparasitic drugs in fish (ppm)								
	Taiwan	Codex	USA	Canada	European Union ³⁾	Australia	Japan ⁴⁾	China	Korea
Albendazole ⁵⁾		Not specified in muscle, milk and fat 0.1 ; liver, kidney 5.0					Perciformes 0.03	All food animals in muscle, milk and fat 0.1 ; liver, kidney 5.0	
Azamethiphos			Salmonids muscle (with skin) 0.02	Fish 0.05* ¹⁾	Finfish not required MRLs			Fish not required MRLs(only salmon)	
Benzalkonium chloride					Not required MRLs				
Copper sulfate	Not required MRLs* ¹⁾				Not required MRLs				
Cypermethrin					Salmonidae muscle 0.05		Salmoniformes 0.05	Fish muscle (with skin) 0.05	
Deltamethrin ⁶⁾	Salmon muscle 0.03	Salmon muscle 0.03			Finfish muscle 0.01		Salmoniformes 0.03	Fish muscle (with skin) 0.03	Fish 0.03
Diflubenzuron					Salmonidae muscle 0.01	Fish muscle 0.002 ^{T 2)}	Salmoniformes 1.0		
Emamectin Benzoate		Salmon muscle, salmon fillet, trout muscle, trout fillet 0.1	Salmonids muscle (with skin) 0.1	Salmon muscle 0.1, salmon skin 1.0	Finfish muscle 0.1		Salmoniformes 0.1, Perciformes, Anguilliformes, Shelled molluscs, Crustaceans and other aquatic animal 0.0005		
Eprinomectin					Finfish muscle 0.05				
Febantel							Perciformes 0.01, Tetraodontiformes 0.05 (Febantel, Fenbendazole and Oxfendazole)		
Fluazuron					Finfish muscle 0.2				
Formalin			Not required MRLs	Not required MRLs	Not required MRLs				
Hexaflumuron			Salmonids muscle (with skin) 0.5		Finfish muscle 0.5				
Hydrogen peroxide			Not required MRLs	Not required MRLs	Not required MRLs				
Lufenuron		Salmon fillet, trout fillet 1.35	Salmonids muscle (with skin) 1.35		Finfish muscle 1.35		Salmoniformes 1.0		
Pirimiphos- methyl	Dried fish 8.0* ¹⁾								
Praziquantel						Fish muscle 0.02 ^T	Perciformes 0.02		Fish 0.02
Pyrethrins	Dried fish 3.0* ¹⁾								
Teflubenzuron		Salmon muscle, salmon fillet 0.4	Atlantic salmon muscle (with skin) 0.5	Salmon muscle 0.3, salmon skin 3.2	Salmonidae muscle 0.5		Salmoniformes 0.4		
	Fish muscle 0.01					Fish muscle 0.01 ^{T 2)}	Anguilliformes and other fishes 0.01, Salmoniformes, Perciformes, Shelled molluscs, Crustaceans and other aquatic animal 0.004		Fish 0.01
Trichlorfon									

1) *: MRLs of pesticides

2) T: Temporary standard

3) Definition of fish muscle in European Union: For fin fish, muscle MRLs refers to "muscle and skin in natural proportions"

4) Definition of species in Japan: Anguilliformes (such as eel), Perciformes (such as bonito, horse mackerel, mackerel, sea bass, sea bream and tuna), Salmoniformes (such as salmon and trout), Tetraodontiformes- (such as Fugu (globefish)), and other fish (all fish, except for Salmoniformes, Anguilliformes, and Perciformes)

5) MRLs of albendazole in fish in India is 0.1 ppm

6) MRLs of deltamethrin in salmon in Thailand and salmon muscle in the Gulf Cooperation Council is 0.03 ppm

易光分解及在偏鹼性水域可快速降解的特性，若能以適當使用方式讓藥劑充分降解後再排入環境，應可有效降低對非目標生物的衝擊，不過第滅寧及賽滅寧生物濃縮因子 (Bioconcentration Factor, BCF) 介於 331-1,400⁽⁷⁸⁾，仍具一定生物累積性疑慮。目前國際間普遍訂定第滅寧及賽滅寧在魚類或鮭魚的容許量，我國也公告第滅寧在鮭魚肌肉的 MRLs (0.03 ppm)，主要作為國外進口產品的品質管制，國內尚未核准第滅寧作為水產動物用藥 (表三)。

五、無機鹽類 (mineral salt) 藥劑

硫酸銅等含銅藥劑是最常見的無機鹽類，硫酸銅 (copper sulfate) 作用機制是透過銅離子 (Cu^{2+}) 與蛋白質分子形成螯合物，導致蛋白質變性與沉澱導致蟲體細胞損傷，酵素失去活性而死亡⁽²⁵⁾。硫酸銅使用效果及毒性與環境因子相關性高，在水中的毒性會隨著溫度上升而增加，也會隨著硬度與 pH 值上升、有機質與鹽度增加而降低⁽²⁴⁾。硫酸銅很早就應用在養殖魚類疾病防治，硫酸銅還能殺滅水藻，應用上優點是含銅藥劑同時兼具抗寄原蟲類生蟲、殺菌及殺藻等功效，且多數國家對於銅劑免訂定 MRLs，但使用上仍需要特別注意，若過量硫酸銅進入環境水體可能導致藻相改變而影響生態，大量死亡藻類組織分解時可能使水質惡化造成魚類死亡。實務上業者會使用硫酸銅調節藻相，但目前硫酸銅僅核准作為觀賞魚類抗寄生

蟲用藥，若要正式登記在養殖魚類寄生蟲防治使用尚需要進一步評估。

高錳酸鉀 (potassium permanganate) 為強氧化劑，適合作為器械及環境消毒，但是因為在加入水中可快速產生氧氣提高溶氧量，早期養殖業者會用來對溶氧不足的魚池投藥進行緊急處理，雖然可殺菌或殺蟲但因時間短暫，當水中有機質含量較高容易分解失去作用⁽²⁵⁾。而高錳酸鉀在高濃度下，在水中形成二氧化錳對鰓部等組織具刺激性及腐蝕性，影響水生動物呼吸作用，目前非國內登記動物用藥，不適合作為魚類寄生蟲防治使用。

六、吡嗪異喹啉衍生物 (pyrazine isoquinoline derivatives) 藥劑

本類藥劑主要是 praziquantel (大陸中文名：吡喹酮)，作用機制為阻斷寄生蟲的醣代謝過程，破壞鈣離子穩定影響寄生蟲滲透壓調節能力造成皮膚肌肉及組織細胞損傷，同時抑制葡萄糖攝取、抑制核酸及蛋白合成及麻痺神經肌肉系統，最終導致蟲體死亡⁽⁷⁸⁾。因此對於吸蟲與條蟲等寄生蟲有治療效果⁽²⁵⁾，praziquantel 對哺乳類、魚類及水生無脊椎動物毒性較低，水中溶解度中等。Praziquantel 主要防治對象為內寄生蟲，目前已是國內登記動物用藥，除了犬貓的條蟲、蛔蟲、鉤蟲、鞭蟲、肺蟲、圓蟲及心絲蟲防治使用外 (大多為與其他藥物之複方產品)，國內也核准作為觀賞魚類鰓部與皮膚吸蟲及體內條

蟲治療用藥⁽¹²⁾；在其他國家藥如日本、澳洲、英國、中國及泰國等東協國家也核准使用（表二），目前在歐盟免訂定 MRLs，僅在日本及澳洲訂定魚類容許量（表三）。Praziquantel 在國外魚類也有使用限制，如英國僅核准在觀賞魚類吸蟲及條蟲治療（Fluke-Solve® Aquarium, 50% praziquantel）使用，不得使用在食用魚類⁽⁶³⁾，但日本核准食用魚類且已訂定相關 MRLs。

七、苯甲醯尿素類 (benzyl ureas) 藥劑

此類藥劑為昆蟲發育抑制劑 (Insect Development Inhibitor, IDIs)，作用機制主要是胃毒，具部分觸殺活性，透由干擾昆蟲幼蟲及卵內胚胎發育過程中之外骨骼幾丁質 (chitin) 合成，使甲殼類蟲體無法正常蛻皮，達到抑制蟲體生長的效果^(77, 78)，但對成蟲不具作用。包含二福隆 (diflubenzuron)、得福隆 (teflubenzuron)、祿芬隆 (lufenuron) 及六福隆 (hexaflumuron) 等，國外已應用在鮭魚海蟲 (*L. salmonis*) 等甲殼類外寄生蟲之治療⁽²⁵⁾。目前得福隆在加拿大、挪威、愛爾蘭及英國，二福隆在挪威、智利，祿芬隆在智利（表二）均核准使用在水產動物⁽⁵²⁾。以二福隆為例，國外核准在大西洋鮭魚口服給藥劑劑量為 3-6 mg/kg-bw/day 連續 14 天，停藥期為 105-300 攝氏度日 (degree days)⁽⁷⁹⁾。國內觀賞魚類曾核准二福

隆用於治療淡水魚虱、錨蟲、三代蟲、指環蟲及條蟲類感染；祿芬隆國內登記作為貓跳蚤防治用藥⁽¹²⁾，得福隆及六福隆則未核准作為動物用藥。本類藥劑最大優點是對魚類毒性低，如得福隆在鯉魚及鱒魚的 LC₅₀ 均 > 500 mg/L，較其他藥劑相對安全，且在許多國家均已訂有殘留容許量標準。上述 4 種苯甲醯尿素類藥物在國外均訂有魚類產品的 MRLs。

八、其他類別 (others)

過氧化氫 (hydrogen peroxide) 屬於強氧化劑，可透過產生羥基自由基 (OH·) 達到殺滅微生物的效果⁽⁷⁷⁾，應用於治療黴菌感染及魚卵消毒⁽⁵⁵⁾，也有一定殺蟲效果，對於魚蝨等橈足類外寄生蟲幼蟲效果較佳，也能降低抱卵雌蟲的孵化率⁽²⁴⁾，但是缺點是對魚隻及操作人員都有一定毒性風險，特別是水溫較高的環境，高溫會提高過氧化氫在魚體的毒性，在冬季使用相對安全，對於好發在高溫季節的魚蝨等外寄生蟲反而不適合使用。魚卵、魚苗及幼魚對於過氧化氫的耐受性較高，魚隻隨著年齡增長對藥劑會更敏感，魚種間也存在差異，如吳郭魚較其他魚種敏感，在 0.24 g/L 濃度下的過氧化氫不能超過 1 小時（水溫 30°C 下），嚴重過量時可能造成魚隻大量死亡⁽²⁴⁾。雖然各國無需訂定殘留容許量需求（表二、表三），對食安造成疑慮較低，殘留問題多半由食品加工造成，然而過氧化氫單價偏高且對哺乳動

物有一定毒性，需要審慎評估大面積投藥使用的成本以及對使用者的暴露風險。

四級銨類 (Quaternary Ammonium Compounds) 為陽離子界面活性劑或稱陽性肥皂，本類產品會造成鏽蝕不適用金屬類器械消毒，與一般陰離子界面活性劑會產生拮抗作用故不能混用，常見水產消毒劑為 benzalkonium chloride (BKC)⁽⁵⁵⁾，其主要作用機制為改變細胞膜通透性，造成病原死亡⁽²⁵⁾，對於細菌感染及體表原蟲性寄生蟲均有治療效果。BKC 目前也是我國核准水產用藥，但僅限於器械及環境消毒，如鰻魚池空池消毒⁽¹²⁾。除國內核准四級銨類作為水產畜禽養殖環境消毒劑(表二)，歐盟公告作為動物用藥賦形劑(含量低於 0.05%) 時，均無訂定容許量的需求，另外因應農藥使用而公告陸生動物產品的殘留容許量為 0.1 ppm。在養殖場實務上無法排除業者直接在蓄養動物的養殖池使用而非僅對空池消毒，在相關使用規範缺乏下，當 BKC 納入漁產品監測清單便可能檢出殘留量，為了避免藥物對魚體可能的危害及藥物殘留問題，應評估四級銨藥物作為水產動物殺菌及原蟲性寄生蟲防治用藥的可行性。

亞甲基藍 (methylene blue) 屬噻嗪類 (Thiazines) 染劑，又名 methylthionium chloride，為有機芳香雜環化合物，很早即應用在瘧疾 (malaria) 原蟲的治療，近來已證實其對瘧疾原蟲的治療效果良好⁽⁷⁰⁾。亞甲基藍對於白點蟲 (*Ichthyophthirius* spp.) 具有治療效果，為

國內觀賞魚類之核准用藥，亞甲基藍與其他抗菌劑、硫酸銅、孔雀綠或福馬林等其他藥劑之混合劑型可治療觀賞魚類的口絲蟲症 (*Ichthyobodo necator*) 及車輪蟲症 (*Trichodina* spp.) 等原蟲感染⁽¹²⁾，不過若直接在養殖池中大量使用亞甲基藍需審慎評估對環境污染影響。

溶菌素 (lysozyme) 是一種能水解病原菌表面黏多糖的鹼性酶，日本核准作為防治白點蟲使用⁽²¹⁾，使用方式為口服，藥物無須訂定 MRLs。國內曾核准 lysozyme chloride 與其他抗生素成分的複方作為牛乳房炎治療藥物 (外用軟膏)⁽¹²⁾，但未曾核准作為抗寄生蟲的動物用藥。

肥胖得 (febantel) 為苯並咪唑類 (benzimidazole) 藥物，可防治體內蠕蟲類寄生蟲，主要作用機制為抑制寄生蟲細胞質微管 (microtubule) 形成⁽²⁸⁾。國內已核准作為犬、鵠及豬等的動物用藥，其對於蛔蟲、條蟲、腸結節蟲、鉤蟲、肺圓蟲及鞭蟲等內寄生蟲有防治效果，日本核准口服使用防治魚類鰓部吸蟲類寄生蟲⁽²¹⁾，同時公告藥物魚類的 MRLs。

丙酮酸甲酯 (methyl pyruvate) 為丙酮酸酯類 (pyruvate esters) 的有機化合物，抗寄生蟲的作用機制不明，日本核准藥浴使用防治魚類橈足類寄生蟲⁽²¹⁾，目前國內並未核准為動物用藥。依據相關發明專利描述，丙酮酸甲酯、丙酮酸丙酯及丙酮酸丁酯，可防治養殖魚類吸蟲類寄生蟲如貝尼登吸蟲、甲殼類寄生蟲如淡水魚蝨等危害⁽⁵³⁾。三種藥物又以丙酮酸甲酯

的水溶性最佳及安全性最高，即使在 1,000 ppm 的高濃度處理下，試驗河豚無互相撕咬或躁動不安等異常行為，長時間處理不會對動物造成不良影響且對環境相當友善。

各國水產動物抗寄生蟲用藥管理

一、Codex 公告容許量

國際食品法典委員會 (Codex) 訂定適用魚類組織的抗寄生蟲用藥 MRLs⁽⁴²⁾，依照功能可分成抗蠕蟲藥 (anthelmintic agent)、抗寄生蟲藥 (antiparasitic agent) 及殺蟲劑 (insecticide)。其中抗蠕蟲藥僅有阿苯噻唑 (albendazole) 1 種，不限動物別在肌肉、奶及脂肪 MRLs 為 0.1 ppm，在肝、腎 MRLs 為 5.0 ppm；魚類抗寄生蟲藥 1 種，因滅汀 (emamectin benzoate) 在鮭、鱒魚組織 (肌肉、魚排) MRLs 均為 0.1 ppm；魚類殺蟲劑則有 3 種，祿芬隆 (lufenuron) 及在鮭、鱒魚組織 (魚排) MRLs 均為 1.35 ppm，得福隆 (teflubenzuron) 在鮭魚組織 (肌肉、魚排) MRLs 均為 0.4 ppm，以及第滅寧 (deltamethrin) 在鮭魚肌肉 MRLs 為 0.03 ppm (表三)。

二、美國核准藥劑及容許量

美國食品藥物管理局 (FDA) 核准魚

類可用抗寄生蟲藥有 2 種⁽⁷⁵⁾，第 1 種為福馬林 (Formalin)，除治療有鱈魚類及對蝦的外寄生蟲，同時可作為魚卵殺菌劑，可防治產食魚類之鮭魚 (salmon)、鱒魚 (trout)、鯰魚 (catfish)、大嘴鱸魚 (large-mouth bass) 及藍鰓太陽魚 (bluegill sunfish) 的原蟲類寄生蟲如淡水白點蟲 (*Ichthyophthirius* spp.)、斜管蟲 (*Chilodonella* spp.)、口絲蟲 (*Costia* spp.=*Ichthyobodo* spp.)、舌杯蟲 (*Scyphidia* spp.)、鐘形蟲 (*Epistylis* spp.) 及車輪蟲 (*Trichodina* spp.) 感染，還有吸蟲類的鎖盤蟲 (*Cleidodiscus* spp.)、三代蟲 (*Gyrodactylus* spp.) 及指環蟲 (*Dactylogyrus* spp.)。福馬林也可治療蝦類原蟲性的口絲蟲 (*Bodo* spp. = *Ichthyobodo* spp.)、鐘形蟲 (*Epistylis* spp.) 及聚縮蟲 (*Zoothamnium* spp.) 感染。福馬林在美國魚類產品免訂定 MRLs。第 2 種為過氧化氫 (hydrogen peroxide)，可藥浴防治淡水養殖鮭魚的三代蟲 (*Gyrodactylus* spp.) 感染，過氧化氫目前同樣免訂定魚類產品容許量 (表三)。其他配合進口水產品訂定的 MRLs 中⁽⁷⁶⁾，含鮭魚帶皮肌肉的六福隆 (hexaflumuron, 0.5 ppm)、因滅汀 (emamectin (B1a), 0.1 ppm)、祿芬隆 (lufenuron, 1.35 ppm) 及亞滅松 (azamethiphos, 0.02 ppm)，大西洋鮭帶皮肌肉的得福隆 (teflubenzuron, 0.5 ppm) 等 5 項 (表三)。

三、加拿大核准藥劑及容許量

加拿大現行核准可用魚類寄生蟲防治

藥劑包含口服處方藥因滅汀預拌劑 (2 g/kg emamectin benzoate)，外用非處方藥過氧化氫 (25% hydrogen peroxide 溶液) 及福馬林 (37% formaldehyde 溶液) 等 3 種產品⁽⁴⁸⁾，另外口服處方藥得福隆 (1,000 g/kg teflubenzuron 散劑) 許可證目前為休止狀態 (dormant)，口服及外用非處方藥孔雀綠 (0.075% malachite green 溶液) 則撤銷許可證 (表二、表三)。加拿大公告 MRLs 有別於其他國家作法，分別訂定動物用藥在鮭魚肌肉與表皮的 MRLs⁽⁵⁰⁾，因滅汀 (emamectin) 在鮭魚皮的 MRLs (1.0 ppm) 是鮭魚肉 MRLs (0.1 ppm) 的 10 倍；得福隆 (teflubenzuron) 核准使用及公告鮭魚 MRLs，在鮭魚皮 MRLs (3.2 ppm) 也相當鮭魚肉 MRLs (0.3 ppm) 的 10 倍。其餘核准用藥過氧化氫 (hydrogen peroxide) 及甲醛 (formaldehyde) 無需訂定 MRLs；此外，加拿大還公告有效成分亞滅松 (azamethiphos) 農藥 MRLs 在魚類為 0.05 ppm⁽⁴⁹⁾ (表三)。

四、歐盟及相關國家核准藥劑及容許量

目前在歐盟成員國中愛爾蘭核准 4 種魚類 (鮭魚) 抗寄生蟲用藥⁽⁴⁵⁾ 包含第滅寧 (deltamethrin)、因滅汀 (emamectin benzoate) 得福隆 (teflubenzuron) 及過氧化氫 (hydrogen peroxide)，第滅寧及過氧化氫為適合藥浴的劑型 (solution)，因滅汀及得福隆均為口服給藥的預拌飼料劑型

(Premix)，其他國家如芬蘭、西班牙及葡萄牙也核准因滅汀在鮭魚使用，義大利則核准亞甲基藍 (methylene blue) 在觀賞魚類使用。非歐盟成員國但適用歐盟殘留容許量的國家如英國⁽⁶³⁾，除了第滅寧及因滅汀外，還核准亞滅松 (azamethiphos) 及 praziquantel，但 praziquantel 不建議使用在產食魚隻。挪威則核准亞滅松 (azamethiphos)、因滅汀 (emamectin benzoate)、第滅寧 (deltamethrin)、賽滅寧 (cypermethrin)、得福隆 (teflubenzuron)、二福隆 (diflubenzuron) 及過氧化氫 (hydrogen peroxide)⁽⁶⁴⁾ 在魚類使用，冰島僅核准因滅汀 (emamectin benzoate) 及過氧化氫 (hydrogen peroxide) 在鮭魚使用 (表二)。

歐盟現行公告魚類抗寄生蟲用藥之 MRLs 規範中⁽⁴³⁾，魚類肌肉組織定義為帶皮肌肉，可分成治療外寄生蟲的藥劑如亞滅松 (azamethiphos，有鰭魚類免訂定容許量)、第滅寧 (deltamethrin，有鰭魚類帶皮肌肉 0.01 ppm)、賽滅寧 (cypermethrin，鮭科魚類帶皮肌肉、0.05 ppm)、二福隆 (diflubenzuron，鮭科魚類帶皮肌肉 (0.01 ppm)、氟佐隆 (fluazuron，有鰭魚類帶皮肌肉 0.2 ppm)、甲醛 (formaldehyde，所有產食動物免訂定 MRLs)、六伏隆 (hexaflumuron，浸泡投藥，有鰭魚類帶皮肌肉 0.5 ppm)、過氧化氫 (hydrogen peroxide，所有產食動物免訂定容許量)、祿芬隆 (lufenuron，口服投藥，有鰭魚類帶皮肌肉 (1.35 ppm)、得

福隆 (teflubenzuron, 鮭科魚類帶皮肌肉 0.5 ppm), 與可同時治療內外寄生蟲的藥劑如因滅汀 (emamectin, 有鱈魚類帶皮肌肉 0.1 ppm) 及依普菌素 (eprinomectin, 有鱈魚類帶皮肌肉 0.05 ppm) (表三)。

五、日本核准藥劑及容許量

日本核准魚類寄生蟲用藥有 6 種^(4, 21, 73), 包含 (1) 三氯仿 (trichlorfon), 可防治鰻魚 (鰻形目) 錨蟲 (*L. cyprinus*), 鯉魚、鯽魚 (鯉形目) 錨蟲 (*L. cyprinus*)、魚蟲 (*A. japonicus*) 等體外甲殼類寄生蟲; 三氯仿在鰻形目 (Anguilliformes) 及其他魚類 MRLs 為 0.01 ppm, 在鮭、鱒等鮭形目魚類 (Salmoniformes)、鱸形目魚類 (Perciformes)、帶殼軟體動物 (Shelled molluscs)、甲殼類動物 (Crustaceans) 及其他水生動物 (other aquatic animals) MRLs 為 0.004 ppm。(2) Praziquantel 可防治鱸形目魚類白肌蟲 (貝尼登吸蟲, *B. seriolae*) / 住血吸蟲 (*Cardicola opisthorchis*), praziquantel 在鱸形目魚類 MRLs 為 0.02 ppm。(3) 溶菌素 (lysozyme) 可用來防治鱸形目真鯛白點蟲, 目前無公告 MRLs。(4) 過氧化氫 (hydrogen peroxide) 防治鱸形目魚類白肌蟲 (貝尼登吸蟲, *B. seriolae*) / 真鯛雙陰道蟲 (*Bivagina tai*)、鮪形目 (Tetraodontiformes) 白肌蟲 (新貝尼登蟲, *Neobenedenia girellae*) / 異溝盤蟲 (*Heterobothrium okamotoi*) 及橈足類寄

生蟲 (*Pseudocaligus fugu*) 等體外寄生蟲, 過氧化氫無需訂定 MRLs。(5) 肥胖得 (febantel) 防治鮪形目鰓部異溝盤蟲 (*H. okamotoi*), 公告在鱸形目魚類 MRLs (febantel、fenbendazole 及 oxfendazole) 為 0.01 ppm, 在鮪形目魚類 MRLs 為 0.05 ppm。(6) 丙酮酸甲酯 (methyl pyruvate) 可防治鮪形目魚類橈足類寄生蟲 (*P. fugu*), 目前無公告 MRLs (表二)。

日本公告未核准使用的魚類抗寄生蟲藥劑水產品 MRLs⁽⁷³⁾ 如因滅汀 (emamectin benzoate) 在鮭形目魚類 (Salmoniformes) MRLs 為 0.1 ppm, 在帶殼軟體動物 (Shelled molluscs)、鱸形目魚類 (Perciformes)、鰻形目魚類 (Anguilliformes)、甲殼類動物 (Crustaceans) 及其他水生動物 (other aquatic animals) 之 MRLs 均為 0.0005 ppm。賽滅寧 (cypermethrin) 在鮭形目魚類 MRLs 為 0.05 ppm。第滅寧 (deltamethrin) 在鮭形目魚類 MRLs 為 0.03 ppm。二福隆 (diflubenzuron) 在鮭形目魚類 MRLs 為 1.0 ppm。祿芬隆 (lufenuron) 在鮭、鱒等鮭形目魚類 MRLs 為 1.0 ppm。得福隆 (teflubenzuron) 在鮭、鱒等鮭形目魚類 MRLs 為 0.4 ppm (表三)。

六、澳洲核准藥劑及容許量

澳洲官方僅核准 praziquantel 在南方藍鰹鮪 (southern bluefin tuna) 和其他鮪魚 (other Thunninae) 的血吸蟲 (Blood Fluke)

治療使用⁽³⁸⁾，同時訂有魚類肌肉容許量為 0.02 ppm (暫定)⁽³⁷⁾。澳洲也另公告 2 種未核准使用的魚類抗寄生蟲藥劑 MRLs⁽³⁷⁾，分別為二福隆 (diflubenzuron) 0.002 ppm (暫定，魚類肌肉) 及三氯仿 (trichlorfon) 0.01 ppm (暫定，魚類肌肉) (表三)。

七、中國核准藥劑及容許量

中國於 2016 年版的漁藥使用規範⁽²⁾及 2017 年版的獸藥質量標準⁽¹⁾中核准多項寄生蟲用藥在水產動物使用，包含抗原蟲藥劑的戴克拉爾 (大陸中文名：地克珠利，diclazuril) 及羅苯嘧啶 (大陸中文名：氯苯胍，robenidine)；抗蠕蟲藥劑的美鞭達唑 (大陸中文名：甲苯咪唑，mebendazole)、阿苯達唑 (albendazole) 及 praziquantel；殺蟲劑類的三氯仿 (大陸中文名：敵百蟲，trichlorfon)、巴賽松 (大陸中文名：辛硫磷，phoxim)、第滅寧 (大陸中文名：溴氰菊酯，deltamethrin)、芬化利 (大陸中文名：氰戊菊酯，fenvalerate)、賽滅寧 (大陸中文名：高效氯氰菊酯，beta-cypermethrin)、硫酸銅 (copper sulfate)、硫酸亞鐵 (ferrous sulfate) 及硫酸鋅 (zinc sulfate) 等藥物。

不過最近在 2019 年公告 (2020 年 4 月 1 日正式施行) 的中國動物用藥最大殘留限量標準 (GB 31650-2019)⁽³⁾，僅在所有食用動物訂定阿苯達唑 MRLs 為肌肉、脂肪 0.03 ppm 及肝、腎 5 ppm，魚類帶皮肌

肉中訂定第滅寧 MRLs 為 0.03 ppm，賽滅寧／亞滅寧 (cypermethrin/ α -cypermethrin) MRLs 為 0.05 ppm，亞滅松 (甲基吡啶磷，azamethiphos；限鮭魚使用) 則屬免訂定 MRLs 動物用藥。比對 2016 年漁藥使用規範，除 praziquantel 及賽滅寧原本就未訂定 MRLs，其餘公告在魚類帶皮肌肉的藥物 MRLs，包含戴克拉爾 0.5 ppm、羅苯嘧啶 0.1 ppm、美鞭達唑 0.06 ppm、阿苯達唑 0.1 ppm、三氯仿 0.05 ppm、巴賽松 0.05 ppm、芬化利 0.1 ppm 等魚類相關的容許量標準均已撤除，2019 年的限量標準 (GB 31650-2019) 僅保留第滅寧及增訂賽滅寧／亞滅寧的 MRLs (表三)。其他重金屬鹽類殺蟲劑硫酸銅、硫酸亞鐵及硫酸鋅等藥劑原來就屬免訂定 MRLs 藥物 (表二、表三)。

八、韓國核准藥劑及容許量

依據韓國漁業藥品管理系統⁽⁶²⁾，韓國目前核准在魚類使用的抗寄生蟲藥劑包含三氯仿 (trichlorfon) 及 praziquantel 二種有效成分 (表二)，如 Masoten[®] (80% trichlorfon) 產品藥浴處理可治療魚蝨、指環蟲、魚蛭、三代蟲及車輪蟲，Aquaprazine[®] (20% praziquantel) 經口服或藥浴可防治鰓部寄生的微杯蟲 (*Microcotyle sebastis*)。現行公告魚類抗寄生蟲藥物 MRLs 除了核准使用的 praziquantel 0.02 ppm 及三氯仿 0.01 ppm 外，還包含第滅寧 (deltamethrin) 0.03

ppm⁽⁵⁸⁾，應屬配合國外產品進口需求而訂定(表三)。

九、其他國家核准藥劑及容許量

參考東南亞國協公告指引文件⁽³⁵⁾，東南亞各國水產品可用抗寄生蟲藥劑不一，以三氯仿(trichlorfon)為例，在馬來西亞、菲律賓及泰國核准在水產養殖使用，但是印尼、新加坡及越南則是禁用或未核准使用；硫酸銅(copper sulfate)、福馬林(formalin)、過氧化氫(hydrogen peroxide)及praziquantel在許多國家核准使用，合成除蟲菊精類藥物之第滅寧(deltamethrin)則多數國家均未核准使用，不過賽滅寧(cypermethrin)在越南仍核准使用⁽³⁵⁾(表二)。其他國家在魚類訂定相關抗寄生蟲藥物MRLs還包含泰國公告鮭魚第滅寧(deltamethrin)MRLs為0.002 ppm⁽⁵⁷⁾、印度公告阿苯噻唑(albendazole)在魚類MRLs為0.1 ppm⁽⁵⁹⁾，波灣合作理事會公告第滅寧(deltamethrin)在鮭魚肌肉MRLs為0.03 ppm⁽⁴⁷⁾(表三)。

十、我國核准藥劑及容許量

國內養殖水產動物核准1種抗寄生蟲動物用藥三氯仿(trichlorfon，商品名為馬速展與地特松)⁽⁹⁾，該有效成分同時也是登記農藥(三氯松)，三氯仿屬有機磷類藥劑，主要防治對象為寄生體表或鰓之原蟲類、單殖吸蟲類及甲殼蟲類等體外寄生

蟲，可用魚種為鰻形目、鼠鱗目、鯉形目及鱸形目⁽⁹⁾。三氯仿在養殖魚類使用方法為藥浴處理，可治療魚類鰓部及體表寄生原蟲類、吸蟲類及甲殼類等體外寄生蟲(表一)，建議投予劑量為每週1次為0.2-0.5 ppm，連續投藥4週，目前只有藥浴劑型(散劑)，藥劑在水中直接接觸病原導致蟲體脫落或死亡。三氯仿對多種寄生蟲有治療效果，但對魚類毒性也是偏高，需避免任意提高給藥劑量減少魚隻中毒風險，同時考量不同魚種對三氯仿感受性差異，水溫也會影響藥物毒性，溫度愈高三氯仿對魚隻毒性愈強，給藥時應視魚種及現場溫度調整劑量並從低濃度開始使用；此外，三氯仿對甲殼類動物毒性極高，應避免在同時混養蝦蟹等甲殼類動物的養殖魚池中使用⁽²⁴⁾。

依據核准使用範圍我國公告三氯仿在魚類肌肉殘留容許量為0.01 ppm⁽³⁰⁾。水產動物寄生蟲種類繁多，三氯仿僅能防治體外寄生蟲，對體內寄生蟲尚無可用藥劑。其餘國內水產品訂定具抗寄生蟲作用藥物的MRLs尚有動物用藥殘留標準的第滅寧(deltamethrin，鮭魚肌肉0.03 ppm)⁽³⁰⁾；國內動物產品中農藥殘留容許量標準也公告魚類產品的亞特松(pirimiphos-methyl，魚乾8.0 ppm)及除蟲菊精(pyrethrins，魚乾3.0 ppm)⁽³¹⁾，上述藥劑雖具有抗寄生蟲作用但並未核准國內養殖魚類使用。

觀賞魚類抗寄生蟲用藥因不涉及食品安全及殘留容許量，國內核准藥物種類較多元，外寄生蟲治療藥物包含硫酸銅

(copper sulfate)、二福隆 (diflubenzuron)、因滅汀 (emamectin benzoate)、福馬林 (formalin)、孔雀綠 (malachite green)、亞甲基藍 (methylene blue)、praziquantel、龍膽紫 (hexamethyl-pararosaniline) 及三氯仿⁽¹²⁾等；內寄生蟲治療藥物包含 2-氨基-5-硝基噻唑 (2-amino-5-nitrothiazole)、因滅汀、二福隆、praziquantel 及二甲硝咪唑 (dimetridazole) 等藥物⁽¹²⁾。其中孔雀綠因具致腫瘤風險已禁止產食動物使用，應排除投藥治療任何養殖水生動物，避免排放於環境中造成污染。

適合國內登記魚類抗寄生蟲藥物探討

藥物殘留容許量是水產品國際貿易重要規範，比對臺灣、中國及國際標準，兩岸的動物用藥殘留容許量標準均較 Codex 嚴格與細緻，但不如日本及歐盟標準的詳細及科學，未來可考量借日本與歐盟作法，對不同種類水產品及不同部位制定不同 MRLs，讓殘留標準更符合科學性⁽³²⁾。各國在容許量標準的品項定義稍有差異，國際間訂定魚類肌肉以含皮肌肉為主，但是在加拿大則分別訂定魚皮及肌肉 MRLs，而我國現行動物用藥殘留標準中對水產品肌肉品項依照不同藥物而異，如三氯仿等多數藥物在魚類肌肉未特別說明含皮或去皮，但是在丁香酚等藥劑的魚類品項則明確為含皮肌肉⁽³⁰⁾，目前國內魚類肌肉殘留分析樣品主要仍為含皮肌肉，

建議公告容許量品項應該考量一致化。

2021 年國內水產市場交易前 6 名魚種分別為吳郭魚、虱目魚、金目鱸、午仔魚、養殖烏魚及石斑魚 (含各種石斑)⁽¹⁴⁾，年交易量介於 1,805-12,531 公噸，前 6 名中有 4 種為鱸形目魚類，年產量最高為吳郭魚，其次為金目鱸、午仔魚及石斑魚。4 種主要鱸形目魚種 2020-2021 年外銷產值⁽¹⁸⁾ 排名則依序為石斑魚、吳郭魚、鱸魚及午仔魚。其中，年產量最高之吳郭魚及鱸魚主要輸出國家是中國大陸、香港及美國，故為推動國內水產品穩定外銷，國內養殖魚類使用藥物需優先考量中國大陸、香港、美國、澳洲及南韓等國是否訂定相關藥物在水產品的殘留容許量。

因此，魚類寄生蟲防治藥物是否適合在國內登記，首先應考量該藥劑是否與國際規範接軌，如因滅汀、第滅寧、praziquantel、二福隆及得福隆等藥劑，在其它國家已核准水產動物使用且公告容許量者，或是免訂定容許量的過氧化氫及硫酸銅也是選項之一；基於抗寄生蟲藥物的殺蟲或驅蟲功效，多數魚類抗寄生蟲用藥同時作為農藥及動物用藥使用，許多藥物在國內已核准登記為殺蟲劑類農藥⁽¹³⁾，如三氯仿 (農藥名為三氯松)、阿巴汀、因滅汀、第滅寧、賽滅寧、硫酸銅、二福隆、得福隆、祿芬隆及六福隆 (表二)，若核准在魚類使用，需注意採用相同的每日可接受攝食量 (acceptable daily intake, ADI) 及合併評估已核准使用範圍及公告 MRLs 農作物及動物產品整體攝食暴露風

險，才能訂定合理殘留標準確保消費者攝食相關產品的安全性。

以下針對數種安全性高、對國內常見害蟲具有防治效果、已有國際間容許量或免訂定容許量，具有潛力成為國內魚類寄生蟲登記用藥進行探討。其中因滅汀已於國內核准觀賞魚類使用，同時也是國內登記農藥，對於甲殼類、吸蟲類及線蟲類均有良好防治效果，由於因滅汀 ADI 值偏低 (國內農藥登記評估採用 $ADI = 0.0007 \text{ mg/kg-bw/day}$)，各國農產品及魚類肌肉組織的殘留容許量均不高，以日本為例，除了在鮭魚 (鮭形目魚類) 為 0.1 ppm ，其餘水產品 (帶殼軟體動物、鱸形目魚類、鰻形目魚類、甲殼類及其他水生動物) 均為 0.0005 ppm ，而在 Codex、美國及歐盟公告帶皮鮭魚或有鱗魚類肌肉容許量為 0.1 ppm ，在加拿大公告不帶皮鮭魚肌肉及鮭魚皮容許量分別為 0.1 及 1.0 ppm (表三)，口服給藥須注意魚類組織殘留超量問題。香港學者使用 0.2% 因滅汀 (SLICE[®]) 口服給藥治療石斑魚口腔中寄生魚虱，經連續 7 天投藥 $0.05 \text{ mg/kg-bw/day}$ ，對口腔寄生魚虱治療效果良好，停藥 21 天後石斑魚口腔的蟲口數大幅減少，石斑魚肌肉中因滅汀殘留量已低於 0.01 ppm (72)，不到國外 (Codex、美國、加拿大、歐盟及日本) 鮭魚肌肉 MRLs 0.1 ppm 的 $1/10$ (表三)，確實適合在國內養殖魚類寄生蟲防治使用。

此外，因滅汀具光分解特性 (33)，在環境中半衰期短，養殖魚池若使用藥浴方

式給藥並等待消退至一定濃度後再換水，可大幅降低對環境影響。藥浴方式給藥魚體殘留量也會較口服給藥低，有機會於接近上市前使用。對於環境中非目標生物危害風險，因滅汀對節肢動物毒性雖高，但主要透過攝食進入體內才易造成中毒，在水中使用適量因滅汀並不會造成蝦類中毒，反而是在透由飼料給藥過程，若魚隻攝食剩下的殘餌沉澱在池底被池中混養蝦子攝食時反而較可能產生危害 (24)。若能開發出適合藥浴使用的因滅汀劑型，可能針對魚苗早期處理或以精準控制使用濃度來處理外寄生蟲的感染，如此既能減少用藥成本也可減輕對魚類與甲殼類混養時寄生蟲感染危害與降低對水蚤等非目標節肢動物的影響。不過藥浴也有缺點，無法達到口服劑型維持血中濃度在給藥後對魚隻具有一定時期免受寄生蟲感染的作用，一旦水中藥物降解或自養殖池排出就無保護效果，且藥浴用藥量也相對口服來得高。

得福隆雖然尚未核准作為動物用藥但也是國內登記農藥，對甲殼類幼蟲具有良好防治效果。在挪威及蘇格蘭大西洋鮭魚蟲的田間防治試驗中以得福隆產品 (Calicide[®]) 飼料添加後口服給藥，約 10 mg/kg-bw/day 的劑量連續使用 7 天，對魚蟲幼體期 (chalimus) 及前成蟲期 (pre-adult stages) 蟲體具有良好效果 (最大可減少 $83.4-86.3\%$ 蟲數)，不過對於成熟魚蟲則無顯著效果 (52)。由於藥劑使用量低即有明顯療效，若能早期使用減少幼年及前成蟲期的蟲體數量，避免發育成危害性

更高的成蟲蟲體來保護魚隻遠離魚蝨危害。得福隆量另一項優勢是對魚隻毒性較低，不易造成宿主的藥物不良反應，且同樣在多國訂定殘留容許量，在 Codex、美國、歐盟及日本公告帶皮鮭魚肌肉容許量為 0.4-0.5 ppm，在加拿大公告不帶皮鮭魚肌肉及鮭魚皮容許量分別為 0.3 及 3.2 ppm (表三)。

丙酮酸甲酯雖然國內均未核准作為動物用藥或農藥，對吸蟲類及甲殼類均有防治效果，在水中可快速分解成丙酮酸及乙醇，最終轉化為二氧化碳及水，安全性高。目前日本核准使用在鮪形目魚類橈足類寄生蟲 (*P. fugu*) 感染造成的鰓部魚蝨感染症 (gill caligosis)，每 1 噸海水中使用 300 mL 藥劑浸泡 15 分鐘，且無訂定殘留容許量需求^(4,21)。有別於其他丙酮酸酯類的低水溶性，丙酮酸甲酯在水中溶解度相對良好，更適合作為藥浴使用。丙酮酸甲酯藥浴處理時 (低於 1,000 ppm)，對魚隻造成的壓力及緊迫低，不會引起魚隻相互攻擊的問題，魚隻生長速率及存活率優於無處置對照組⁽⁵³⁾，在免訂定容許量前提下，相當有機會成為三氯仿及福馬林等藥浴用藥之替代品。

建議與結論

化學藥物治療仍是目前防治養殖魚類疾病的主要手段^(20, 55)，現階段國內已核准 17 種養殖水產動物用藥，包括抗菌劑 14 種與麻醉鎮靜劑 2 種，但是准用抗寄生

蟲藥物僅三氯仿 (trichlorfon)⁽⁹⁾ 1 種，而寄生蟲種類繁多，養殖魚類抗寄生蟲藥物有明顯需求缺口，而且應考量長期使用單一藥物可能誘導病原抗藥性產生，一旦藥效不佳漁民可能自行提高用藥量而增加魚隻中毒風險。此外業者若為求使用效果可能私自使用其他未核准化學品或殺蟲劑類農藥，不但影響水產品安全還會衝擊環境生態。水生動物寄生蟲治療有別於畜禽的生產模式，除了採用口服 (含藥飼料) 或針劑給予抗生素等藥品之外，藥浴浸泡也是主要投藥途徑之一，與田間作物大面積使用農藥模式相近，不僅須考量藥物對宿主或使用者等暴露風險外，對環境生態影響也是主要評估指標，以符合低危害性及環境友善產品替代既有高毒性及影響環境化學品的登記趨勢。

由於三氯仿對養殖魚類風險較高，為減少毒性在對象動物危害風險及長期使用產生抗藥性等問題，並及早因應其他國家陸續管制或禁用三氯仿⁽⁶⁹⁾後可能因合法用藥造成國內水產品藥物殘留，導致外銷時出現貿易障礙，可考慮加速國內養殖魚類合法寄生蟲防治用藥登記。如某藥劑已於國內完成農藥登記，其有效成分在動物毒理等相關資料已通過審查機制，若未來業者有意願申請相同有效成分登記成為國內動物用藥時，主管機關可適度減免登記資料如動物毒理試驗報告，或簡化水產動物試驗規範^(7, 8)提高登記可行性。

以國內主要養殖魚種鱸形目 (Perciformes) 魚類為例，若將其他產食准

用動物藥品擴大到所有鱸形目魚類使用，則需執行金目鱸 (*Lates calcarifer*)、石斑魚 (*Epinephelus* spp.)、吳郭魚 (*Oreochromis* spp.)、黑鯛 (*Acanthopagrus schlegelii*) 及海鱺 (*Rachycentron canadum*) 等 5 種鱸形目代表魚種的對象動物毒性試驗、效果試驗及殘留試驗，所需時間太長與經費過高。相較鰻形目 (Anguilliformes) 魚類、鮭形目 (Salmoniformes) 魚類或十足目 (Decapoda) 甲殼類動物僅需完成在 1-2 種代表動物的試驗，鱸形目魚類核准用藥條件相對嚴苛。國內目前在金目鱸、石斑魚及吳郭魚仍是主要養殖魚種⁽¹⁴⁾，但黑鯛養殖數量已極少，海鱺年產量也大幅下滑，應審慎評估適時修正與替換試驗代表魚種。此外，吳郭魚物種分類原本屬於鱸形目的慈鯛科 (Cichlidae)，2017 年慈鯛科已改列至新設立的慈鯛目 (Cichliformes)，未來亦應評估吳郭魚是否繼續適用鱸形目試驗代表魚種，並評估將當前大宗生產魚種如午仔魚增列為代表魚種的可行性，或是簡化鱸形目代表魚種只要選取其中 3 種執行試驗，如此可改善試驗魚種不足困境，大幅加速藥物試驗進度並降低登記成本，有助提升動物用藥業者在國內申請新水產用藥上市之意願。

透過比較各國在魚類抗寄生蟲用藥管理作法可發現因滅汀及得福隆除國外已有核准動物用藥產品及訂定魚類相關殘留容許量，同時也是國內登記農藥或觀賞魚類動物藥品。因滅汀抗蟲譜廣，對魚體內外

寄生蟲均有防治效果，而二福隆及丙酮酸甲酯則是對魚隻安全性高，後者在日本無需訂定容許量，但是因滅汀及得福隆國內尚未核准於水產動物使用。上述三項藥物皆適合登記為國內魚類抗寄生蟲用藥，特別是節肢動物、吸蟲類等體外寄生蟲，未來可考量優先執行因滅汀、得福隆及丙酮酸甲酯等藥物在養殖魚類試驗及評估，以增加國內養殖魚類寄生蟲可用的安全、有效且環境友善的合法水產動物登記用藥，提供更多可交替輪用選擇藥劑以減少抗藥性產生，同時及早因應高風險抗寄生蟲藥劑退場後藥物短缺問題。

對於未來養殖魚類體外及體內寄生蟲驅除藥劑之選擇，建議首重已納入國際規範及符合主要出口國要求之藥物品項做為我國研擬推動合法允用藥物，在符合食品安全及環境用續前提下擴增國內准用藥物種類，避免因使用未核准藥劑造成水產品與養殖環境中不當殘留而影響我國養殖產業的長期發展。

謝辭

承蒙行政院農業委員會漁業署在研究計畫 (110 農科-6.4.1-藥-P1(1)及 111 農科-6.2.1-藥-P1 (1)) 經費上的大力支持，謹致謝忱。

引用文獻

1. 中國獸藥典委員會。2017。獸藥質量標

- 準 2017 年版化學藥品卷。中國農業出版社。北京。772 頁。
2. 中華人民共和國農業部。2016。漁藥使用規範 SC/T 1132-2016。中華人民共和國水產行業標準。
 3. 中華人民共和國農業部等。2019。食品安全國家標準—食品中獸藥最大殘留限量。中華人民共和國國家標準第 GB 31650-2019 號。
 4. 日本農林水產省消費安全局畜水產安全管理科。2021。關於水產用醫藥品的使用 34 報。36 頁。
 5. 王麗坤、高俊峰、駱宏偉。2014。常見魚類寄生蟲病及其防治。中國畜牧獸醫文摘 30：209。
 6. 江敏、彭章曉、吳昊、胡鯤、黃旭雄。2008。伊維菌素在水產養殖中的應用及其水生生態風險。漁業現代化 35：47-50。
 7. 行政院農業委員會。2004。動物用藥品新藥審議資料。行政院農業委員會。臺北。27 頁。
 8. 行政院農業委員會。2011。動物用藥品新藥試驗辦法。農防字第 1001472654 號令。
 9. 行政院農業委員會。2019。水產動物用藥品使用規範規定。動物用藥品使用準則，農防字第 1081471301 號令修正發布第 3 條條文附件一。
 10. 行政院農業委員會。2021。農業統計資料查詢。檢自 <https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/official/OfficialInformation.aspx> (Mar. 20, 2022)
 11. 行政院農業委員會家畜衛生試驗所。2022。水生動物疾病診斷輔助系統。檢自 <https://aqua.nvri.gov.tw/> (Apr. 15, 2022)
 12. 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。2022。動物用藥資訊服務網。動物用藥品許可證查詢。檢自 <https://amdru2.baphiq.gov.tw/license-query> (Feb. 24, 2022)
 13. 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。2022。農藥資訊服務網。登記農藥查詢。檢自 <https://pesticide.baphiq.gov.tw/information/Query/Pesticide> (Apr. 15, 2022)
 14. 行政院農業委員會漁業署。2022。漁產品全球資訊網。檢自 https://efish.fa.gov.tw/efish/common/bulletinlist.htm?entry=1_ (Mar. 20, 2022)
 15. 行政院環境保護署毒物及化學物質局。2022。環境用藥許可證及病媒防治業網路查詢系統。環境用藥許可證查詢。檢自 <https://mdc.epa.gov.tw/PublicInfo/Permit/> (Mar. 20, 2022)
 16. 李國誥。1997。水產養殖之藥物防治。海大漁推 24：1-35。
 17. 房文紅、周帥、王松剛。2009。新型安全、高效、廣譜、環保水產專用殺蟲劑的研製-阿維菌素水乳劑。科學養魚 8：81。
 18. 財政部關務署。2022。海關進出口統計。檢自 <https://portal.sw.nat.gov.tw/APGA/GA30> (Mar. 20, 2022)
 19. 張鎮璿。2012。福馬林在吳郭魚之應用

- 及殘留檢測分析研究。國立中興大學獸醫學系碩士論文。臺中。76 頁。
20. 許天來、陳石柱、林正忠、梁仁忠、張文發、黃旭田、林子恩、王渭賢 編譯。1993。水生動物的化學療法：從理論到實際。臺灣養豬科學研究所。苗栗。224 頁。
 21. 郭錦朱。2019。日本 2018 年版之水產動物用藥品使用規範。水試專訊 63：48-52。
 22. 陳昌淼。2017。魚類寄生蟲研究概述。農家科技 9：114。
 23. 陳惠冠、施秀惠。2010。單殖吸蟲對漁業經濟之影響。臺大漁推 21：1-20。
 24. 彭開松 編。2017。魚類應用藥理學。化學工業出版社。中國北京。291 頁。
 25. 湛垚垚 編。2018。水產藥理學。科學出版社。中國北京。232 頁。
 26. 雷從改、王秀英、劉天密。2016。海南省石斑魚養殖常見寄生蟲疾病及其防治。水產科技情報 43：126-130。
 27. 劉文御、黃世鈴、張正芳、徐榮彬、陳敏隆、林式修。2003。養殖水產生物病害防治。行政院農業委員會水產試驗所。基隆。193 頁。
 28. 劉朝鑫 編。2011。獸醫師藥物使用要覽：產食動物篇。行政院農業委員會家畜衛生試驗所。新北。216 頁。
 29. 劉朝鑫、呂車鳳、王渭賢、王誠明、何素鵬、張紹光、楊繼、董光中、詹東榮、蔡清恩、郭鴻志、林春福、黃漢翔 編譯。2016。獸醫藥理學手冊(第二版)。藝軒圖書出版社。臺北。709 頁。
 30. 衛生福利部。2022。動物用藥殘留標準。衛授食字第 1111300979 號令修正。
 31. 衛生福利部。2022。動物產品中農藥殘留容許量標準。衛授食字第 1111302595 號令修正。
 32. 鄭思寧、婁靜、鄭逸芳。2018。海峽兩岸水產品獸藥殘留限量標準與國際標準比較及完善對策。農藥學學報 20：1-10。
 33. 錢婧、花日茂、湯鋒、李學德、操海群、吳祥為、唐俊。2009。甲氨基阿維菌素苯甲酸鹽在水中的光解研究。安徽農業科學 37：13211-13213。
 34. 謝嘉裕 編。2019。午仔魚養殖建康管理。財團法人台灣養殖漁業發展基金會。臺南。163 頁。
 35. Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) Secretariat. 2013. Guidelines for the use of chemicals in aquaculture and measures to eliminate the use of harmful chemicals. Jakarta, Indonesia. 34 pp.
 36. Athanassopoulou, F., Pappas, I. S., and Bitchava, K. 2009. An overview of the treatments for parasitic disease in Mediterranean aquaculture, pp. 65-83. *In*: C. Rogers & B. Basurco [eds.], The use of veterinary drugs and vaccines in Mediterranean aquaculture. CIHEAM Zaragoza, Izmir, Turkey. 220 pp.
 37. Federal Register of Legislation, Australian Government. 2022. Australia New Zealand

- Food Standards Code-Schedule 20 - Maximum residue limits. Retrieved from <https://www.legislation.gov.au/Details/F2022C01036> (Oct. 25, 2022)
38. Australian Pesticides and Veterinary Medicines Authority (APVMA). 2022. Agricultural and Veterinary Permits Search. Retrieved from <https://portal.apvma.gov.au/permits> (Jul. 5, 2021)
39. Bakke, T. A., Harris, P. D., Hansen, H., Cable, J., and Hansen, L. P. 2004. Susceptibility of Baltic and East Atlantic salmon *Salmo salar* stocks to *Gyrodactylus salaris* (Monogenea). *Dis. Aquat. Org.* 58: 171-177.
40. Burrige, L. E., and Van Geest, J. L. 2014. A review of potential environmental risks associated with the use of pesticides to treat Atlantic salmon against infestations of sea lice in Canada. Research Document 2014/002 Fisheries and Oceans Canada. 39 pp.
41. Chakraborty, S. 2022. Route of Administration and method of application to fish. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/358077694_Route_of_Administration_and_Method_of_application_to_fish (Jun. 10, 2022)
42. Codex Alimentarius Commission. 2022. Veterinary Drug Residue in Food Online Database. Retrieved from <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/vetdrugs/en/> (Oct. 24, 2022)
43. Commission Regulation (EU) No 37/2010 of 22 December 2009 on pharmacologically active substances and their classification regarding maximum residue limits in foodstuffs of animal origin (Text with EEA relevance). Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02010R0037-20220509>
44. Ernst, I., Whittington, I. D., Corneillie, S., and Talbot, C. 2005. Effects of temperature, salinity, desiccation and chemical treatments on egg embryonation and hatching success of *Benedenia seriolae* (Monogenea: Capsalidae), a parasite of farmed *Seriola* spp. *J. Fish Dis.* 28: 157-164.
45. European Medicines Agency (EMA). 2022. EU Veterinary Medicinal Product Database. Retrieved from <http://vet.eudrapharm.eu/vet/productDetailsAction.do> (May. 18, 2022)
46. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2020. The state of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 224 pp.
47. Gulf Cooperation Council Standardization Organization (GSO). 2009. Maximum Residues Limits (MRLs) of Veterinary Drugs in Food (GSO CAC/MRL 02:2009).
48. Government of Canada. 2010. List of veterinary drugs that are authorized for sale

- by Health Canada for use in food-producing aquatic animals – Health Canad. Retrieved from <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/drugs-health-products/veterinary-drugs/legislation-guidelines/policies/list-veterinary-drugs-that-authorized-sale-health-canada-use-food-producing-aquatic-animals.html> (Mar. 20, 2022)
49. Government of Canada. 2022. Maximum residue limits search. Retrieved from <https://pest-control.canada.ca/pesticide-registry/en/mrl-search.html> (Oct. 25, 2022)
50. Government of Canada. 2021. List of maximum residue limits (MRLs) for veterinary drugs in foods (20210531). Retrieved from <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/drugs-health-products/veterinary-drugs/maximum-residue-limits-mrls/list-maximum-residue-limits-mrls-veterinary-drugs-foods.html> (Oct. 25, 2022)
51. Hung, Y. W., Chang, C. H., Wang, W. S., Lin, Y. H., Chiu, C. F., Chiu, C. C., Chiu, H. W., Tsai, W. H., and Hung, S. W. 2020. Studies of formalin application and drug residue analysis in the cultured hybrid tilapia, *Oreochromis hybrids* by high performance liquid chromatography with ultraviolet detection. *Uni. J. Biomed. Eng.* 1: 1-8
52. Junquera, P., Hosking, B., Gameiro, M., and Macdonald, A. 2019. Benzoylphenyl ureas as veterinary antiparasitics. An overview and outlook with emphasis on efficacy, usage and resistance. *Parasite* 26: 1-33.
53. Kazuhiko, O., and Tetsuya, Y. 2002. Parasiticides for farmed fish. Patent WO2002102366A1. Retrieved from <https://patents.google.com/patent/WO2002102366A1/en#patentCitations> (Mar. 1, 2022)
54. Kotob, M. H., Menanteau-Ledouble, S., Kumar, G., Abdelzaher M., and El-Matbouli, M. 2017. The impact of co-infections on fish: a review. *Vet. Res.* 47: 1-12.
55. Kumar, V., and Roy, S. 2017. Aquaculture drugs: sources, active ingredients, pharmaceutical preparations and methods of administration. *J. Aquac. Res. Dev.* 8: 1-13.
56. Leong, T. S., Tan, Z., and Enright, W. J. 2006. Important parasitic diseases in cultured marine fish in the Asia-Pacific region. *Aquacult. Asia Pac. Mag.* 2: 14-16.
57. Minister of Public Health, Thailand. 2007. Veterinary Drugs Residues in Foods. Retrieved from http://food.fda.moph.go.th/law/data/announ_moph/V.English/No.303-50%20Veterinary%20Drugs%20Residues%20in%20Foods.pdf (Jan. 19, 2022)
58. Ministry of Food and Drug Safety, Korea. 2022. Residual substance information. Retrieved from <https://residue.foodsafetykorea.go.kr/> (Oct 25, 2022)

59. Mishra, S. S., Choudhary, P., Debbarma, J., Sahoo, S. N., Barua, A., Giri, B. S., Swain, P., Das, R., Das, B. K., Rathod, R., Sahu, A., and Patil, P. K. 2017. Status of aqua-medicines, drugs and chemicals use in India: A survey report. *J. Aquac. Fish.* 1: 1-15.
60. Mishra, S. S., Das, R., Dhiman, M., Choudhary, P., Debbarma, J., Sahoo, S. N., Barua, A., Giri, B. S., Ramesh, R., Ananda, K., Mishra, C. K., and Swain, P. 2017. Present status of fish disease management in freshwater aquaculture in India: State-of-the-Art-Review. *J. Aquac. Fisheries* 1: 003.
61. Mladineo, I., Marsic-Lucic, J., and Buzancic, M. 2006. Toxicity and gross pathology of ivermectin bath treatment in sea bream *Sparus aurata*, L. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 63: 438-442.
62. National Institute of Fisheries Science, Korea. 2022. Aquaculture fish safety - Aquatic medicine - Aquatic product disease management system. Retrieved from <https://www.nifs.go.kr/adms/search/schGoodsList.ad> (May 20, 2022)
63. National Office of Animal Health (NOAH) UK. 2022. Datasheets search. Retrieved from <https://www.noahcompendium.co.uk/datasheets> (Mar. 1, 2022)
64. Norwegian Medicines Agency. 2022. Drug search. Retrieved from <https://www.legemiddelsoek.no/> (Mar. 1, 2022)
65. Ogawa, K., and H. Yokoyama. 1998. Parasitic diseases of cultured marine fish in Japan. *Fish Pathol.* 33: 303-309.
66. Ooi, H. K., Wang, W. S., Tu, C. Y., Chang, H. Y., and Chen, C. I. 1999. Natural mass infection by *heterophyid metacercariae* in aquacultured Japanese eel in Taiwan. *Dis. Aquat. Org.* 35: 31-36.
67. Paladini, G., Longshaw, M., Gustinelli, A., and Shinn, A. P. 2017. Parasitic diseases in aquaculture: their biology, diagnosis and control, pp. 37-107. *In: B. Austin & A. Newaj-Fyzul [eds.], Diagnosis and control of diseases of fish and shellfish.* John Wiley & Sons, Chichester, United Kingdom. 300 pp.
68. Pandey, G. 2013. Treatment for certain parasitic diseases of fishes. *Univers. J. Pharm. Res.* 2: 1-3.
69. Rotterdam Convention Secretariat. 2017. Annex III Chemicals - Rotterdam convention. Retrieved from <http://www.pic.int/Portals/5/ConventionText/UNEP-FAO-RC-CONVTEXT-2017.English.pdf> (May 21, 2021)
70. Schirmer, R. H., Coulibaly, B., Stich, A., Scheiwein, M., Merkle, H., Eubel, J., Becker, K., Becher, H., Müller, O., Zich, T., Schiek, W., and Kouyaté, B. 2003. Methylene blue as an antimalarial agent. *Redox Rep.* 8: 272-275.
71. Shinn, A., Pratoomyot, J., Bron, J.,

- Paladini, G., Brooker, E. E., and Brooker, A. 2015. Economic impacts of aquatic parasites on global finfish production. *Glob. Aquacult, Advocate*. September/October 2015: 58-61.
72. St-Hilaire, S., Cheng, T. H., Chan, S. C. H., Leung, C. F., Chan, K. M., Lim, K. Z., Furtado, W., and Bastos Gomes, G. 2021. Emamectin benzoate treatment of hybrid grouper infected with sea lice in Hong Kong. *Front. Vet. Sci.* 8: 646652. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.646652>
73. The Japan Food Chemical Research Foundation. 2022. Maximum residue limits (MRLs) list of agricultural chemicals in foods. Retrieved from <http://db.ffcr.or.jp/front/> (Oct. 25, 2022)
74. Timi, J. T., and Mackenzie, K. 2015. Parasites in fisheries and mariculture. *Parasitology*. 142: 1-4. doi:10.1017/S0031182014001188
75. U.S. Food and Drug Administration (FDA). 2022. Approved aquaculture drugs. Retrieved from <https://www.fda.gov/animal-veterinary/aquaculture/approved-aquaculture-drugs> (Mar. 20, 2022)
76. U.S. Food and Drug Administration (FDA). 2022. Import tolerances. Retrieved from <https://www.fda.gov/animal-veterinary/import-exports/import-tolerances> (Oct. 24, 2022)
77. University of Hertfordshire. 2022. Pesticide properties database. Retrieved from <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm> (May 20, 2022)
78. University of Hertfordshire. 2022. Veterinary substances database. Retrieved from <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/vsdb/index.htm> (May 20, 2022)
79. World Health Organization & Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. 2020. Evaluation of certain veterinary drug residues in food: eighty-eighth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. World Health Organization. Retrieved from <https://apps.who.int/iris/handle/10665/330821> (Mar. 20, 2022)
80. Xu, D. H., Shoemaker, C. A., and Klesius, P. H. 2007. Evaluation of the link between gyrodactylosis and streptococcosis of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *J. Fish Dis.* 30: 233-238.
81. Xu, D. H., Shoemaker, C. A., and Klesius, P. H. 2009. Enhanced mortality in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* following coinfections with ichthyophthiriasis and streptococcosis. *Dis. Aquat. Organ.* 85: 187-192.

Current Circumstances of Antiparasitic Drugs in International Farmed Fish

Ching-Yu Tu¹, Tsyrr-Horng Shyu¹, Chia-Yu Hsieh^{2*}

Abstract

Tu, C. Y., Shyu, T. H., and Hsieh, C. Y. 2023. Current circumstances of antiparasitic drugs in international farmed fish. *Taiwan Pestic. Sci.* 14: 55-85.

Parasitic infestation is one of the critical diseases in farmed fish. These pathogens are divided into endoparasites and ectoparasites according to the parasitic position on the fish body. The species of fish parasites include Protozoa, Cestodes, Nematodes, Trematodes, and Crustaceans, and the applicability of an antiparasitic drug differs depending on the type of parasite. Commonly used antiparasitic drugs for fish worldwide include trichlorfon and azamethiphos, which are organophosphorus drugs that target Protozoa, Trematodes, and Crustaceans. Formalin, an aldehyde drug, is effective on Crustaceans and Nematodes. The macrolide antibiotic emamectin benzoate is a potent drug on endoparasites, such as nematodes, as well as ectoparasites, such as Trematodes and Crustaceans. Deltamethrin and cypermethrin, which are pyrethroids, are effective in controlling crustacean parasites. Copper sulfate and inorganic salt inhibit protozoa and regulate algal growth in culture ponds. Praziquantel, a pyrazine isoquinoline derivative, is mainly used to treat endoparasites, such as tapeworms and nematodes. The benzyl urea drugs teflubenzuron and diflubenzuron are effective only on larvae of crustacean parasites. Methyl pyruvate, which is a pyruvate ester, has therapeutic effects on flukes and Crustaceans. Among these drugs, trichlorfon, emamectin benzoate, deltamethrin, and teflubenzuron have been approved for therapeutic use on fish parasites and have established maximum residue limits (MRLs) in different countries. Although approved for fish parasite treatment, there are no MRLs set for the

Accepted: November 1, 2022.

* Corresponding author, E-mail: chiayuhsieh@nchu.edu.tw

¹ Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Council of Agriculture, Taichung

² Department of Veterinary Medicine, College of Veterinary Medicine, National Chung Hsing University, Taichung

following drugs: formalin in the United States and Canada; copper sulfate in European Union and China; and methyl pyruvate in Japan. After comparing the characteristics of various agents, treatment objects, approval status of various countries, and MRLs, we recommended emamectin benzoate, teflubenzuron, and methyl pyruvate, which conform to international rules, as study targets and potential agents for drug approval for the treatment of domestic fish parasites.

Key words: Farmed fish, Parasite, Veterinary drug, MRLs