

攝餌促進物質於水產養殖的應用

黃麗月、葉信利

水產試驗所海水繫養殖研究中心

前言

攝餌促進物質具有誘引和促進攝餌的特性，添加在飼料中會促進魚類攝食行為，還會增進消化酵素的分泌，有助於魚類對飼料的消化吸收進而促進成長。隨著水產養殖業的迅速發展，攝餌促進物質的應用日趨重要。

何謂攝餌促進物質

各種魚類所喜愛的氣味不同，肉食性魚類喜食腥味濃的動物性餌料，而鯉、鯽、鰱等草食性魚偏愛攝食具有芳香氣味的植物性餌料。魚類的索餌及攝餌行動，除了受餌料顆粒大小、形狀、光澤、顏色、硬度等產生之物理刺激所引起的反應外，也會對餌料溶出成分產生化學反應（田村，1977）。Jones (1991) 認為，水產生物攝食過程分三階段：(1)起始階段：發覺或意識食物的存在與刺激；(2)尋找階段：尋找食物位置，趨向食物；(3)攝食階段：攝入食物並判斷其適口性及可食性。攝餌促進物質的作用是藉由刺激水產生物的視覺、嗅覺和味覺等，使其聚集到飼料周圍而加快攝食並提高攝食量。水產生物在水中接受到某種餌料刺激時，視覺和化學感受器（嗅覺及味覺）立即相互配合產生效應，並引起神經電位的變化及傳導，以決定是否接近餌料並攝食。

大多數魚類對胺基酸的反應很強，此外核苷酸、脂肪酸、甜菜鹼等對魚類味覺亦有刺激作用。研究結果顯示，極低濃度的胺基酸、核苷酸及甜菜鹼即可引起味覺神經的興奮 (Yoshii et al., 1979; Kanwall and Caprio, 1983)，同時亦有促進攝餌活動之效果 (Johnstone, 1980)；游離胺基酸及核苷酸對一些魚種具有攝餌促進效果 (Carr et al., 1996)。但是攝餌促進物質是否有效會隨魚種而異，且不同種類的胺基酸、核苷酸及甜菜鹼互相之組合也有不同作用。因此，魚類可能依據本身自然生態中所熟悉之胺基酸、核苷酸及甜菜鹼組成，而有不同程度之喜好及誘引作用。

水產養殖常見的攝餌促進物質

根據目前研究結果，水產生物有效及常見之攝餌促進物質如表所示。

一、胺基酸

魚類的嗅覺及味覺感受器對游離胺基酸非常敏感。Anne et al. (2003) 依據嗅覺及味覺神經活動紀錄顯示，發現其可以引起魚類的強烈生理反應。Goh and Tamura (1980) 曾利用電生理學方法找出烏魚味覺對胺基酸反應強弱的順序，依次為丙胺酸+甜菜鹼、精胺酸、離胺酸、丙胺酸、絲胺酸、甜菜鹼。胺基酸已被公認為魚類良好之攝餌促進物質，

不同種類的魚對胺基酸的敏感程度不同，有的是單一胺基酸就具有強烈的攝餌促進作用，有的則需要多種胺基酸混合才具作用。原田 (1985) 研究指出，組、精、離和鳥胺

酸分別對泥鰍 (*Misgurnus anguillicaudatus*) 具有攝餌促進作用。滝井 (1991) 曾指出，丙、甘及脯胺酸等混合物對鰻魚及虹鱔 (*Oncorhynchus mykiss*) 具有攝餌促進效果。

不同水生生物之有效的攝餌促進物質

對 象 魚 種	攝 餌 促 進 物 質	研 究 者
鰻魚 (<i>Anguilla japonica</i>)	L-丙胺酸、L-甘胺酸、L-脯胺酸、L-組胺酸、5'-尿苷單磷酸混合物	Takii et al. (1984, 1986)
泥鰍 (<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>)	組胺酸、精胺酸、離胺酸和鳥胺酸	原田 (1985)
吳郭魚 (<i>Tilapia nilotica</i>) 白蝦 (<i>Litopenaeus vannamei</i>) 鯽魚 (<i>Carassius auratus</i>) 虹鱔 (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) 南亞野鯪 (<i>Labeo tohita</i>)	甜菜鹼	宋 (1993)、閻和邱 (1997)、劉等 (2003)、李等 (2006)、Tiril et al. (2008)、王 (2009)
虎河魨 (<i>Fugu rubripes</i>)	扇貝萃取液、5'-尿苷單磷酸混合物	Kumai et al. (1989)
比目魚 (<i>Pleuronectes americanus</i>)	FinnStim (一種商業產品富含胺基酸混合物及甜菜鹼)	Fredette et al. (2000)
條紋鱸 (<i>Morone saxatilis</i>)	丙胺酸、絲胺酸、肉苷單磷酸、甜菜鹼混合物	Papatryphon and Soares (2001)
鯉魚 (<i>Carassius auratusgibelio</i>)	甜菜鹼、甘胺酸、L-離胺酸、L-甲硫胺酸、L-苯丙胺酸、烏賊萃取物混合物	Xue and Cui (2001)
烏魚 (<i>Mugil cephalus</i>)	L-丙胺酸、L-精胺酸、L-離胺酸、甜菜鹼混合物	Hwang et al. (2003)
紅鰭東方魨 (<i>Fugu rubripes</i>)	腺苷二磷酸、丙胺酸混合物	常等 (2004)
日本比目魚 (<i>Paralichthys olivaceus</i>) 稚魚	牛磺酸	Shin et al. (2005)
鰻魚 (<i>Seriola quinqueradiata</i>)	L-丙胺酸、L-脯胺酸及肉苷單磷酸混合物、蝦萃取物、烏賊萃取物	Kofuji et al. (2006)
海鱸 (<i>Rachycentron canadum</i>)	蛋胺酸、脯胺酸、三甲基甘胺酸、苷單磷酸、烏苷單磷酸、尿苷單磷酸和腺苷二磷酸	Liou and Chen (2004, 2007)
七星鱸 (<i>Lateolabrax japonicas</i>) 稚魚	L-丙胺酸、L-穀胺酸、L-精胺酸、核苷酸混合物	Hwang et al. (2009)
鯽魚 (<i>Carassius auratus</i>)	魚腥草、排草、大茴香、蘇葉、木香、公丁	徐等 (2010)
	大茴香、蘇葉、木香、公丁、植物肽、複合胺基酸	楊 (2010)
白蝦 (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	核苷酸、丙胺酸、甘胺酸混合物	胡等 (2010)
錦鯉 (<i>Cryprinus carpioid</i>)	中草藥複方 (刺五加、黨蔘、杜仲、茯苓、枸杞、香菇、板藍根、馬齒莧、甘草)	解等 (2012)

特別報導

Xue and Cui (2001) 研究指出，在部分魚粉取代基礎飼料中 (21% 魚粉和 6% 肉骨粉)，添加甘胺酸、L-離胺酸、L-甲硫胺酸、L-苯丙胺酸可增加鯉魚 (*Carassius auratusgibelio*) 攝餌量。Shin et al. (2005) 發現，牛磺酸可提高日本比目魚 (*Paralichthys olivaceus*) 稚魚攝食效率。Liou and Chen (2007) 以海鱸 (*Rachycentron canadum*) 苗為研究對象，當飼料之大豆蛋白含量為 20% 時，添加甲硫胺酸、脯胺酸及三甲基甘胺酸可得較佳之增重率及飼料轉換效率。Hwang et al. (2009) 指出，飼料中添加 L-丙胺酸、L-穀胺酸、L-精胺酸混合物可提高七星鱸 (*Lateolabrax japonicus*) 稚魚攝餌量及飼料效率，進而促進成長及提高消化酵素活性。

二、核苷酸及其關聯物

核苷酸由核酸降解產生，通常與胺基酸、甜菜鹼或三甲胺合用，能提高飼料的適口性，促進水產生物的攝餌量及成長，並可降低死亡率。Takii et al. (1984, 1986) 在鰻飼料中添加 4 種胺基酸與 5'-尿苷單磷酸混合物作為攝餌促進物質；結果發現，添加攝餌促進物質組可提高增重率、飼料效率及總攝餌量及消化酵素含量，並且可增加魚體蛋白質積率。滝井 (1991) 指出，核苷酸關連物，特別是肉苷單磷酸 (IMP) 對鰺魚 (*Seriola quinqueradiata*)、真鯮 (*Trachurus japonicus*)、嘉鱾 (*Pagrus major*) 等魚種具有攝餌促進效果。池田 (1991) 研究指出，肉苷單磷酸、鳥苷單磷酸、尿苷單磷酸、尿苷二磷酸、尿苷三磷酸對真鯮有攝餌促進活性。王等 (1994) 以鰺魚和嘉鱾為對象魚種，發現肉苷單磷酸、腺苷二磷酸和腺苷三磷酸均具攝餌

促進作用。常等 (2004) 指出，腺苷二磷酸與丙胺酸混合物對紅鰭東方魮 (*Fugu rubripes*) 有極顯著的攝餌促進作用。Liou and Chen (2004) 探討核苷酸及其相關物質對海鱸仔魚的攝餌促進作用，發現肉苷單磷酸、鳥苷單磷酸、尿苷單磷酸和腺苷二磷酸具有很高的攝餌促進活性，且相互間亦具有協同加乘作用。Hwang et al. (2009) 研究發現，飼料中添加核苷酸及胺基酸混合物可促進七星鱸稚魚促進成長及提高消化酵素活性。胡等 (2010) 於飼料添加 0.03% 核苷酸，可促進白蝦 (*Litopenaeus vannamei*) 肝胰腺脂肪酶的活性。

三、甜菜鹼

甜菜鹼又名三甲基甘胺酸，可作為動物營養的甲基供體，具有甜味和魚類敏感的鮮味，對水產生物的嗅覺和味覺均有強烈的刺激作用，攝餌促進效果極佳，並可促進脂肪代謝，提高消化酶活性，增進新陳代謝，進而促進其生長。宋 (1993) 及閻和邱 (1997) 在吳郭魚 (*Tilapia nilotica*) 餌料中添加甜菜鹼，可促使腸道內蛋白酶及澱粉酶的活性顯著上升。劉等 (2003) 在白蝦飼料中添加 0.2% 甜菜鹼，可獲得較好之成長和餌料利用率。李等 (2006) 研究發現，添加 0.3% 甜菜鹼對鰺魚 (*Carassius auratus*) 具有極強的誘食效果，其攝食頻率接近對照組的 3 倍。Tiril et al. (2008) 在虹鱔飼料中添加 1.5% 甜菜鹼顯著提高其生長率及攝食量，王 (2009) 指出，添加 0.25% 的甜菜鹼能顯著提高南亞野鯪 (*Labeo tohita*) 成長率、活存率和蛋白質效率，甜菜鹼與複合胺基酸等共同使用對水產生物更具有攝餌促進的協同作用。Mackie

and Mitchell (1982) 研究發現,於飼料中添加甜菜鹼與烏賊萃取物混合物對多佛比目魚 (Dover sole) 具有攝餌促進活性效果。滝井 (1991) 指出,甜菜鹼與多種胺基酸混合使用對豹斑河魴 (*Takifugu pardalis*) 有攝餌促進效果。Papatriphon and Soares (2001) 在條紋鱸 (*Morone saxatilis*) 飼料中添加幾種胺基酸和甜菜鹼混合物,當添加量為 1.6% 時,可提高飼料轉換率。Hwang et al. (2003) 在烏魚 (*Mugil cephalus*) 飼料添加甜菜鹼及多種胺基酸發現可提高其消化道內之蛋白酶、脂肪酶、澱粉酶的活性。

四、其他

除胺基酸、核苷酸及甜菜鹼外,中草藥有補充營養、提高免疫力及抗菌等作用,可促進水產生物攝餌。有關飼料中添加中草藥以提高攝餌行為,促進成長和提高飼料效率在鯽魚、錦鯉 (*Cyprinus carpio*) 已有相關報告 (楊等, 2010; 徐等, 2010; 解等, 2012)。一些動植物萃取液亦可作為攝餌促進物質。Kumai et al. (1989) 指出,在虎河魴 (*Fugu rubripes*) 飼料中添加扇貝萃取物,可提高魚體攝餌率及飼料效率,同時可促進肝胰臟分泌胰蛋白酶,進而促進消化吸收能力。Kofuji et al. (2006) 在鯽魚低蛋白/高脂肪實用飼料分別添加蝦萃取物及烏賊萃取物,可提高魚體攝餌率及增重率及蛋白消化率,同時可促進胃及腸分泌胃蛋白酶、胰蛋白酶及胰凝乳蛋白酶。

攝餌促進物質在水產養殖之利用

一、促進水產生物攝餌及成長

飼料中添加攝餌促進物質有助於改善水產生物在疾病或緊迫條件下的攝食狀況,並對水產生物攝食有極強的促進作用。Takii et al. (1984) 在幼鰻飼料中添加 L-丙、甘、脯、組胺酸與 5'-尿苷單磷酸混合物,於 24°C 飼育結果,添加組之總攝餌量、增重率、飼料效率分別為對照組 1.45 倍、1.68 倍及 1.18 倍。Kumai et al. (1989) 以虎河魴為對象魚種,飼料中添加 1% 扇貝萃取物及 0.5% 5'-尿苷單磷,與對照組比較可提高魚體成長率 1.6 倍,飼料效率 1.32 倍,蛋白質蓄積率 1.32 倍。Fredette et al. (2000) 在比目魚飼料中添加 1% FinnStim (一種商業產品富含胺基酸混合物及甜菜鹼),結果發現試驗組每日攝餌率 ($p = 0.011$) 及每日成長率 ($p = 0.028$) 與對照組比較顯著增加,而飼料效率 ($p = 0.076$) 增加較少。Kofuji et al. (2006) 研究鯽魚於冬天養殖時,在低蛋白/高脂肪實用飼料再添加攝餌促進物質 (L-丙胺酸、L-脯胺酸及肉苷單磷酸) 飼育 28 天後,餌餌量及增重率顯著高於對照組並為對照組之 1.16 倍及 1.46 倍。Liou and Chen (2007) 以海鱸苗為研究對象,飼料中不同含量大豆蛋白,再添加複合胺基酸 (2% 蛋胺酸、1% 脯胺酸、0.1% 三甲基甘胺酸),試驗結果以 20% 大豆蛋白組增重率最高為 263%。Hwang et al. (2009) 於七星鱸飼料 5% 添加攝餌促進物質 (L-丙、L-穀、L-精胺酸和核苷酸),試驗結果顯著高於對照組,分別提高總攝餌量 1.14 倍,增重率 1.26 倍和飼料效率 1.08 倍。

二、提高水產生物的消化能力

魚類的消化能力與消化酶活性密切相關,酶活性越強表示消化能力越強 (Kumulu

and Jones, 1995)。魚類的消化生理活動受到許多內外因素的影響。攝餌促進物質對魚類嗅覺和味覺的刺激經反射傳到中樞神經，促使魚類消化液分泌，使消化道內的一些消化酶分泌增加及酶活性提高，以增進食物消化率（宋，1993；閻和邱，1997）。配合飼料中攝餌促進物質之添加可改變飼料之呈味及提高攝餌活性，並透過神經系統提高其酵素活性，進而更有效的增進魚體之消化能力（竹田與滝井，1987）。竹田與滝井（1987）報告指出，鰻魚飼料添加攝餌促進物質的飼料，餵飼後 3 小時，胃內容物中胃蛋白酶提高 2 倍，血液中游離胺基酸和血糖值降低。Kumai et al. (1989) 發現，虎河魮飼料含攝餌促進物質的飼料組，可促進肝胰臟酵素或消化酵素分泌，進而促進消化吸收能力。宋（1993）在吳郭魚飼料中添加 0.1—0.2% 甜菜鹼，吳郭魚攝餌後，其腸道內蛋白酶及澱粉酶的活性顯著上升；閻和邱（1996）在尼羅吳郭魚的飼料中添加甜菜鹼，引起魚腸道、肝臟及胰臟中蛋白酶及澱粉酶的活性升高；Hwang et al. (2003, 2009) 在烏魚及七星鱸飼料添加攝餌促進物質，可提高消化道內蛋白酶、脂肪酶、澱粉酶的活性。

三、改善飼料風味及利於新飼料資源的開發

現在的飼料為了某些特殊目的，常會加入一些添加劑，反而使飼料適口性大大降低，攝餌促進物質具有水產生物喜歡的味道，如苯丙胺酸、白胺酸、組胺酸、纈胺酸及異白胺酸具有獨特的甜味及香味，有中和或掩蓋飼料中不良氣味的作用。

魚粉通常是魚飼料中最主要之蛋白質來

源，飼料中所佔比例也是最高，隨著水產養殖業的蓬勃發展，魚粉短缺的問題日益嚴重，但大量的替代蛋白源應用於飼料，常引起適口性差及攝餌率低等問題。Suprayudi et al. (2000) 在部分魚粉取代組添加 L-精胺酸 (75% SBM 和 25% 魚粉) 與對照組 (50% SBM 和 50% 魚粉) 比較，結果兩組之 *Osphronemus gouramy* 的成長、飼料效率及總攝餌量均無顯著差異。Xue and Cui (2001) 比較高魚粉組 (26% 魚粉) 與添加攝餌促進物質的部分魚粉取代組 (21% 魚粉和 6% 肉骨粉) 投餵鯉魚的效果，結果顯示部分魚粉取代組之攝餌量比高魚粉組有顯著提高。Papatriphonme and Soares (2001) 研究條紋鱸飼料，比較高魚粉含量飼料組與添加攝餌促進物質的魚粉取代飼料，對其成長之影響 (植物性蛋白源為主)，結果顯示兩組間無顯著差異。

結語

水產飼料中適量的添加攝餌促進物質，能改善飼料適口性及風味，對增加水產生物攝餌量、促進生長、提高飼料轉換率及養殖效益等均有顯著的作用。近年來攝餌促進物質在水產養殖上的應用越加廣泛，且其經濟效益也越發明顯，但許多攝餌促進物質的功能和作用還有很大的發展空間，建議開發功能多、效果好且價格低的新型攝餌促進物質，並進行工業化生產。另，宜針對不同水產生物或不同發育階段，開發專用的攝餌促進物質，並確認其最適添加量，以提高飼料效益，進而促進水產養殖產業的升級。