

菊池氏細鯽之飼料開發

劉舜豪¹、陳威廷¹、廖文亮^{1,2,3}

¹ 國立臺灣大學漁業科學研究所

² 國立臺灣大學生命科學系

³ 國立臺灣大學漁業推廣委員會

一、前言

菊池氏細鯽 (*Aphyocypris kikuchii*) 中文俗名在臺東地區俗稱馬達卡 (Medaka) 或為散魚仔、吉氏細鯽、瘦魚、台細鯽、車栓仔等名稱。此魚種為臺灣特有種，於 1919 年由日籍動物學者大島正滿所命名 (陳及方, 2001)。菊池氏細鯽屬於初級淡水魚種，常見於流速較緩慢之河渠或池沼流域中，尤其是水生植物較為繁茂之水域，性喜成群活動穿梭在水草與水中障礙物間躲藏，通常以掉落水面之昆蟲及水底中石頭上之藻類為食物 (陳及方, 2001)。主要分佈於臺灣東部的宜蘭、花蓮和臺東 3 縣的蘭陽溪、花蓮溪、秀姑巒溪、卑南溪、水璉溪與成功溪中。在臺北地區淡水河上游的基隆河水系還存有少部分野生族群紀錄 (陳及方, 2001)。

型態上身軀延長而側扁，腹部具有不完全的腹稜。頭頂部略為平坦，吻端圓鈍。口端位，下頷略突出且稍長於上頷，口裂向下斜走，唇薄無觸鬚。體色呈現淺黃褐色，背部呈黃綠色，腹部灰白，魚體側自眼睛後端至尾鰭基部有一條暗藍色縱帶，側線較短且不完全，僅延伸到腹鰭基部上方為止 (曾, 1986; 沈, 1993)。雌雄間體型差異明顯，雄成魚體約長 8 cm，發情期到來時鰓蓋上及吻部會有少數細小追星 (nuptial tubercle) 出現；雌魚體型則較大，腹部也較雄魚膨大，成魚時體長約 10 cm，因此在性別判斷上可從這幾

種特徵作為判斷依據（陳及方，1999；陳等，2005）。早期在東部3縣民眾常將菊池氏細鯽油炸或製成魚乾作為配菜。不過自從粗首馬口鱖（*Opsariichthys pachycephalus*）與鰲條（*Hemiculter leucisculus*）引進東部水域後，其生態區域（ecological niche）與菊池氏細鯽重疊，且更具競爭優勢，因此造成菊池氏細鯽在族群數量減少（陳等，2005）。菊池氏細鯽除可做為食物以及觀賞魚外，近幾年更被利用成為釣客活動時活餌來源，造成過度撈捕，菊池氏細鯽族群數量因此銳減（曾，1986），另再加上早期河川湖泊整治工程對於生態保護知識不足，大量以水泥施作水道，造成人為破壞原有棲地，使其賴以產卵所需之水生植物與棲息遮蔽物大幅減少，而使該魚種族群更難以恢復原有族群數量。

二、蛋白質與魚粉添加量對菊池氏細鯽成長之影響

蛋白質一般而言是用以修補或取代老化或損壞的身體組織之來源、亦即構成魚體的主要有機物質之一。蛋白質可透過消化或酶水解得到蛋白質中胺基酸以及能量供應、並合成新的體組織蛋白質以及提供魚隻必需胺基酸（Essential amino acid），因此魚隻需要攝取均衡且完整的蛋白質比例，而魚種不同其需求比例也不同。以淡水魚類的仔稚魚蛋白質需求為例，鯰魚的飼料蛋白質需求約在32%~36%之間（Garling and Wilson, 1976）。鯉魚蛋白質含量需求則有兩研究分別建議在31%或38%為最適成長需求（Takeuchi *et al.*, 1979 b；Ogino and Saito, 1970）。鯉魚小於20 g蛋白質含量需求為45%，20~200 g為38%（National Research Council (NRC), 2011）。草魚的蛋白質需求則為41%~43%之間為最適合之需求（Dabrowski, 1977）。虹鱒蛋白質需求為40%（Zeitoun *et al.*, 1973）。尼羅吳郭魚飼料蛋白質需求建議量則為30%（Wang *et al.*, 1985）。莫三比克吳郭魚飼料蛋白質需求為40%（Jauncey, 1982）。吉利吳郭魚的飼料蛋白質需求則為35%（Mazid *et al.*, 1979）。一般而言，魚類對於蛋白質的需求將會隨著年齡以及體型的增長而逐漸下降；例如鯰魚魚苗

約需 40%蛋白質，當成長至仔稚魚大小時只需要 30~35%、而在成長至約超過 110 g 後僅需 25~35%蛋白質含量 (Page and Andrews, 1973)。吳郭魚在魚苗期時則需要約有 50%蛋白質含量於飼料中，當體重增加到 30 g 後、則需求下降到 35%，體型若再大一些之後則僅需 25~35%左右 (Lim, 1989)。

魚粉為養殖魚飼料之主要蛋白質來源，近年來海洋資源的過度開發，作為魚粉原料的魚種資源量下降，造成魚粉的產量下降，加上魚粉加工成本高，使得國際魚粉價格逐年上升，未來恐有短缺之虞 (Harvey, 1991; New, 1991; Watanabe, 2002)。另一方面隨著水產飼料工業的快速發展及魚粉供應的短缺，故在飼料生產成本的考慮下，由其他動物或植物性蛋白質原料中，尋求可替代魚粉的蛋白質來源是值得被研究的 (Bairagi *et al.*, 2002; Watanabe, 2002)。現今許多研究報告指出，植物性蛋白質原料已可成功取代飼料中的魚粉添加量，取代率約達 30%~50% (Francis *et al.*, 2001)。部分植物性原料經實驗證實，可有效降低草食性或雜食性養殖物種飼料中的魚粉添加量，而不會對養殖生物造成不良影響 (Hardy and Tacon, 2002)。此外植物性蛋白質原料由於產量穩定，價格較魚粉低廉，並可減少海洋資源過度開發。近期研究報告指出，植物性蛋白質原料可完全取代飼料中的魚粉添加量 (Takagi *et al.*, 2006)。

(一) 蛋白質添加量對菊池氏細鯽成長之影響

實驗魚種菊池氏細鯽由花蓮縣水產培育所贈送，運送至國立臺灣大學漁業科學研究所實驗室中之水缸 85cm x 60cm x 45cm 先行馴養，馴養時間約一個月，此期間投餵市售飼料每日 2 次，並定期換水，投餌量至飽食為止，使魚苗習慣攝食人工飼料，並於開始實驗分組前一天停止餵食。實驗分組將平均大小為 0.20 ± 0.03 g 的菊池氏細鯽隨機分配至 30cm x 30cm x 45cm 魚缸中，實驗總共分為 5 組，每組 30 尾，實驗採三重複，水溫控制在 $26 \pm 1^\circ\text{C}$ ，每日投餵飼料 2 次，餵食總量則餵至魚隻飽食不再索餌為止，每日換水三分之一，實驗進行六週，於秤重前一天停止餵食，六週結束後所有魚隻

進行秤重紀錄及採樣。實驗用之飼料配方各組以 30%魚粉作為主要蛋白質來源，大豆粉添加量為 0、10、20、30 及 40%，糊精的添加量則互換為 40、30、20、10 及 0%。結果顯示大豆粉添加量由 0、10、20、30 至 40%，飼料中蛋白質含量由 20、25、29、33 至 38% 的增加。以大豆粉添加 40%，飼料中蛋白質含量 38% 的增重率 165% 及飼料效率 60% 為最佳。菊池氏細鯽對蛋白質的利用率較碳水化合物為佳，推測飼料中最適蛋白質需求約在 38%~40% 之間（劉，2011）。此結果與鯉魚小於 20 g 蛋白質含量需求為 45%，20~200 g 為 38% 相似（National Research Council (NRC), 2011）。

(二) 魚粉添加量對菊池氏細鯽成長之影響

實驗分組將平均大小為 0.39 ± 0.05 g 的菊池氏細鯽隨機分配至 30cm x 30cm x 45cm 魚缸中，每組 15 尾，實驗採三重複，水溫控制在 $26 \pm 1^\circ\text{C}$ ，每日投餵飼料 2 次，餵食總量則餵至魚隻飽食不再索餌為止，每日換水三分之一，實驗進行六週，結束後所有魚隻進行秤重紀錄及採樣。實驗用之飼料配方對照組以 30%魚粉及 40%大豆粉作為主要蛋白質來源，實驗組為 25%魚粉及 47.5%大豆粉組，15%魚粉、15%玉米蛋白、2.5%南極蝦粉及 40%大豆粉組，0%魚粉、20%玉米蛋白、5%南極蝦粉及 40%大豆粉組，共 4 組各組飼料中蛋白質含量約 38%。結果顯示以 25%魚粉及 47.5%大豆粉的增重率 156% 及飼料效率 56% 為最佳。而在 15%低魚粉與 0%魚粉組雖增重率較低約 120% 及飼料效率約 48% 經統計分析後無顯著性差異。推測菊池氏細鯽對不同植物性蛋白的利用率尚佳，飼料中魚粉添加量可由 30% 降低至 0%（劉，2011）。符合研究報告指出，植物性蛋白質原料可完全取代飼料中的魚粉添加量（Takagi *et al.*, 2006）。

三、添加不同脂質在兩種水溫對菊池氏細鯽成長之影響

先前研究中在某些魚類若改變所處的環境溫度將會影響對蛋白質的需求。例如在鮭魚水溫 8°C 時需 40% 蛋白質、而在 15°C 時則需要 55% 蛋白質 (DeLong *et al.*, 1985)。同樣的在條紋鱸於 20°C 蛋白質需求為 47%、但在 24°C 則需要 55% 蛋白質 (Millikin, 1982, 1983)。但在虹鱒進行測試時置於 9~18°C 的水溫環境中並利用含有 35、40、45% 粗蛋白質的飼料則無顯著性差異 (National Research Council (NRC), 1981)。總結來說，成長率及飼料攝取量會隨溫度升高而上升，因此一般認為水溫的改變應該是對魚隻飼料攝取量影響較多、而對蛋白質需求較少。在生存於冷水域低溫 5-20°C 的虹鱒，其飼料中脂質可由 5% 增加至 15%，蛋白質由 49% 降至 36% 對成長無顯著性差異 (Watanabe, 1982)。虹鱒的必需脂肪酸為 n-3 系列脂肪酸 (Castell *et al.*, 1972 a, b, c; Watanabe *et al.*, 1974 a, b, c; Takeuchi and Watanabe, 1976, 1977 a, b)。而生存於溫水域 25-30°C 魚類如鯉魚，其飼料中脂質可由 6% 增加至 15%，蛋白質由 42% 降至 32% 對成長無顯著性差異 (Watanabe, 1982)。鯉魚與吳郭魚的飼料中脂質最適需求量小於 10% (Tacon, *et al.*, 2010)。鯉魚的必需脂肪酸為 n-3 系列與 n-6 系列脂肪酸 (Common carp) (Watanabe *et al.*, 1975 a, b; Takeuchi and Watanabe, 1977c)。

實驗分組將平均大小為 0.32 ± 0.03 g 的菊池氏細鯽隨機分配至 30cm x 30cm x 45cm 魚缸中，每組 15 尾，實驗採三重複，水溫控制在 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 及 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ，每日投餵飼料 2 次，餵食總量則餵至魚隻飽食不再索餌為止，每日換水三分之一，實驗進行六週，結束後所有魚隻進行秤重紀錄及採樣。實驗用之飼料配方對照組以 30% 魚粉及 40% 大豆粉作為主要蛋白質來源，油脂來源則添加 5% 大豆油與魚油比例為 3:2 組，實驗組為 0% 魚粉、20% 玉米蛋白、5% 南極蝦粉及 47.5% 大豆粉，添加 7% 大豆油與魚油比例為 3:2 組，另分別添加 7% 之大豆油、魚油及牛油作為油脂來源組，共 5 組各組飼料中

蛋白質含量約 42%與脂質含量約 12%。結果顯示以 30%魚粉及 40%大豆粉組在低溫 20°C與高溫 25°C的增重率 41%及 48%，飼料效率 82%及 85%為最佳。此對照組的增重率在 20°C與 25°C與零魚粉油脂來源添加 7%大豆油與魚油比例為 3:2 組及零魚粉油脂來源添加 7%牛油組經統計分析無顯著差異。雖然飼料效率在高溫時較低溫時較佳，但整體飼料利用於增重率之結果菊池氏細鯽可飼養在 20°C至 25°C水溫之間。飼料中蛋白質需求建議在 38-40%對菊池氏細鯽成長為最佳。使用零魚粉飼料脂質添加以 7%大豆油與魚油比例為 3:2，飼料中總脂質含量建議在 8-12%（陳，2012）。此結果與鯉魚的飼料中脂質最適需求量小於 10%相似（Tacon, *et al.*, 2010）。

四、結語

菊池氏細鯽主要分布於臺灣東部的宜蘭、花蓮和臺東 3 縣的溪流中，由於引進粗首馬口鱖（*Opsariichthys pachycephalus*）與鱮條（*Hemiculterleucisculus*）後，其生態區域與菊池氏細鯽重疊，且更具競爭優勢，因此造成菊池氏細鯽的族群數量減少。近幾年更被利用為釣客的活餌來源，造成過度撈捕，菊池氏細鯽族群數量因此銳減。加上早期河川湖泊整治工程對於生態保護知識不足，大量以水泥施作水道，造成人為破壞原有棲地，使其賴以產卵所需之水生植物與棲息遮蔽物大幅減少，而使該魚種族群更難以恢復原有族群數量。此菊池氏細鯽飼料之開發為基礎之研究，探討蛋白質的需求經實驗結果顯示：飼料中最適蛋白質需求約在 38%~40%之間，飼料中魚粉添加量可由 30%降低至 0%；探討添加不同脂質經實驗結果顯示：零魚粉飼料脂質添加 7%大豆油與魚油比例為 3:2 的成長為佳，飼料中總脂質含量建議在 8-12%。飼養於水溫 20°C至 25°C之間對菊池氏細鯽的成長無影響。開發取代大豆粉及玉米蛋白的植物性蛋白原料降低飼料成本，並如何增加菊池氏細鯽的產量為將來研究之課題。

參考文獻

- 沈世傑 (1993) 臺灣魚類誌, p139-140.
- 陳義雄、方力行 (1999) 臺灣淡水及河口魚類誌
- 陳義雄、方力行 (2001) 臺東縣河川魚類誌。
- 陳義雄、張詠青、邵廣昭 (2005) 臺灣淡水魚類--原色圖鑑
- 曾晴賢 (1986) 臺灣的淡水魚類, 臺灣省教育廳。
- 劉舜豪 (2011) 菊池氏細鯽之飼料開發。國立臺灣大學漁業科學所碩士論文。63 頁。
- 陳威廷 (2012) 飼料中添加不同來源之脂質在不同溫度對菊池氏細鯽成長之影響。國立臺灣大學漁業科學所碩士論文。43 頁。
- Bairagia, A., Sarkar G. K., Senb, S.K. and Ray, A.K. (2002) Duckweed (*Lemna polyrhiza*) leaf meal as a source of feedstuff in formulated diets for rohu (*Labeo rohita* Ham) fingerlings after fermentation with a fish intestinal bacterium. Biores. Techno., 85:17–24.
- Castell, J.D., Sinnhuber, R.O., Wales, J.H. and Lee, J.D. (1972a) Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo gairdneri*): growth, feed conversion and some gross deficiency symptoms. J. Nutr., 102: 77–86.
- Castell, J.D., Sinnhuber, R.O., Wales, J.H. and Lee, J.D. (1972b) Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo gairdneri*): physiological symptoms of EFA deficiency. J. Nutr., 102: 87–92.
- Castell, J.D., Lee, J.D. and Sinnhuber, R.O. (1972c) Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo gairdneri*): lipid metabolism and fatty acid composition. J. Nutr., 102: 93–100.

- De Long, D.C., Halver, J.E. and Mertz, E.T. (1985) Nutrition of salmonid fishes - VI. Protein requirements of chinook salmon at two water temperatures. *J. Nutr.*, 65 : 589-599.
- Dabrowski, K. (1977) Protein requirements of grass carp fry (*Ctenophayngodon idella* Val). *Aquaculture*, 12:63-73.
- Francis, G., Makkar, H.P.S. and Becker, K. (2001) Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199 : 197-227.
- Garling, D. L. Jr. and Wilson, R. P. (1976) Optimum dietary protein-to-energy ratio for channel catfish fingerlings, *Ictalurus punctatus*. *J. Nutr.*, 106:1368-1375.
- Hardy, R. W. and Tacon, A. G. J. (2002) Fish meal: Historical uses, production trends, and future outlook for sustainable supplies. *Respo. Mari. Aquac.* pp.311-325
- Harvey, D. J. (1991) Outlook for U.S. aquaculture. Annual agricultural outlook conference, U.S. Dept. of Agriculture, Washington, DC.
- Hertrampf, J.W. and Piedad-Pascual, F. (2000) Handbook of ingredients for aquaculture feeds. Kluwer Academics, Dordrecht, pp. 69-78.
- Jauncey, K. (1982) The effects of varying dietary protein level on the growth, feed conversion, protein utilization and body composition of juvenile tilapia (*Sarotherdon mossambicus*). *Aquaculture*, 27: 43-54.
- Lim, C. (1989) Practical Feeding – Tilápias. In: Lovell, T. (ed.). Nutrition and feeding of fish. Van Nostrand, Reinhold, New York, USA, 163pp.

- Mazid, M. A., Tanaka, Y., Katayama, T., Asadur Rahmafl, M., Simpson, K. L. and Chichester, C. O. (1979) Growth response of *Tilapia zillii* fingerlings fed isocaloric diets with variable protein levels. *Aquaculture*, 18: 115-122.
- Millikin, M.R. (1982) Qualitative and quantitative requirements of fishes: a review. *Fish. Bull.*, 80: 655–686.
- Millikin, M.R. (1983) Interactive effects of dietary protein and lipid on growth and protein utilization on age-0 striped bass *Trans. Am. Fish. Soc.*, 112:85–193.
- New, M. B. (1991) Turn of the millenium aquaculture. *World Aquacult.*, 22:28-49.
- National Research Council (NRC), (1981) Nutrient requirements of cold water fishes. *Natl. Acad. Sci.*, Washington, D.C., p. 63.
- National Research Council (NRC), (2011) Nutrient requirements of fish and shrimp. *Natl. Acad. Sci.*, Washington, D.C., p. 70.
- Ogino, C. and Saito, K. (1970) Protein nutrition in fish - I. The utilization of dietary protein by young carp. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 36:259-254.
- Page, J.W. and Andrews, J.W. (1973) Interaction of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Zctalurus punctatus*). *J. Nutr.*, 103: 1339-1346.
- Tacon, A. G. J., Metian, M., Turchini, G.M. and DeSiva, S. S. (2010) Responsible aquaculture and trophic level implications to global fish supply. *Rev. Fish.Sci.*, 18:146-158.

- Takagi, S., Murata, H., Goto, T., Hayashi, M., Hatate, H., Endo, M., Yamashita, H. and Ukawa, M. (2006) Hemolytic suppression roles of taurine in yellowtail *Seriola quinqueradiata* fed non-fishmeal diet based on soybean protein. *Fish. Sci.*, 72:546-555.
- Takeuchi, T. and Watanabe, T. (1976) Nutritive value of n-3 highly unsaturated fatty acids in pollock liver oil for rainbow trout. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 42: 907–919.
- Takeuchi, T. and Watanabe, T. (1977a) Dietary levels of methyl laurate and essential fatty acid requirement on growth of rainbow trout. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 43: 893–898.
- Takeuchi, T. and Watanabe, T. (1977b) Effect of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid in pollock liver oil on growth and fatty acid composition of rainbow trout. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 43: 947–953.
- Takeuchi, T. and Watanabe, T. (1977c) Requirement of carp for essential fatty acids *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 43: 541–551.
- Wang, K., Takeuchi, T., Watanabe, T. (1985) Optimum protein and digestible energy levels in diets for *Tilapia niloticus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 51 : 141-146.
- Watanabe, T. (1982) Lipid nutrition in fish. *Comp. Biochem. Physical.*, 73:3-15.
- Watanabe, T. (2002) Strategies for further development of aquatic feeds. *Fish. Sci.*, 68 : 242-252.
- Watanabe, T., Ogino, C., Koshiishi, Y. and Matsunaga, T. (1974a.) Requirement of rainbow trout for essential fatty acids. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 40: 493–497.

- Watanabe, T., Takashima, F. and Ogino, C. (1974b) Effect of dietary methyl linolenate on growth of rainbow trout. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 40: 181–188.
- Watanabe, T., Kobayashi, I., Utsue, O. and Ogino, C. (1974c) Effect of dietary methyl linolenate on fatty acid composition of lipids in rainbow trout. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 40:387–392.
- Watanabe, T., Utsue, D., Kobayashi, I. and Ogino, C.(1975 a) Effect of dietary methyl linoleate and linolenate on growth of carp — I. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 41:257–262.
- Watanabe, T., Takeuchi, T. and Ogino, C. (1975 b) Effect of dietary methyl linoleate and linolenate on growth of carp — II. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.,41:263–269.
- Zeitoun, I.H., Halver, J.E., Ulrey, D.E. and Tack, P. (1973) Influence of salinity on protein requirements of rainbow trout (*Salmo gairdeneri*) fingerlings. J. Fish. Res. Board. Can. 30:1867–1973.

附錄(圖)



圖 1. 飼養 42 天後的菊池氏細鯽平均體重 0.4~0.6 克。