

投餌量對文蛤養成及養殖環境之影響

周昱翰 林益州 林明男

摘要

本試驗之目的為尋求文蛤養成之最適投餌量,減少有機物堆積於池底,並藉由水質及底質的分析,建立文蛤池之環境評估指標。實驗設計為每週投餌 2 次,每次的投餌量為 50 (A)、100 (B)、150 (C)、200 g (D)魚粉作為試驗組,每組 2 重覆共計 8 池。實驗結果發現收穫時各組的平均體重有明顯差異($p < 0.05$)。以 B 組的 7.55 g 最好,其次為 C 組的 6.0 g,最差為 D 組僅有 4.74 g。各組活存率在 84.1-92.7%之間, D 組的活存率明顯低於其他三組($p < 0.05$)。各組池水的換水量以 A、B 兩組最少, C、D 組最多且換水量有差異存在($p < 0.05$)。水中氨氮濃度在飼育 3 個月後,投餌量較多的 C、D 兩組逐漸高於 A 組和 B 組。底質的有機物含量、水溶性氨-氮及硫化物含量在前 3 個月有逐漸累積的現象,投餌量愈多的組別,底質的含量就愈高。氧化還原電位則隨著養殖時間的增加而減少,且飼料投餌量愈多的試驗組的電位負值也愈大。

關鍵詞：文蛤、投餌量、氨氮、底質

前言

由於文蛤養殖大都憑經驗以目測水色來投飼,因此容易超量投餌而不自知。Hopkins *et al.* (1994)指出養殖池的沈澱物來源包括殘餌、養殖物的排泄物、死亡的浮游生物、被侵蝕的土壤和微生物。當有機殘餌累積在池底,超過池塘的負載能力時,會破壞池塘的生態系統,使得底層因缺氧而形成還原態(Moriarty and Pullin,1987; Reeburgh,1983; Meijer and Avnimelech, 1999)。在此環境下,厭氧分解的產物如氨、硫化氫、甲烷及有機酸,對養殖生物都有害處,尤其是與底土相依的底棲生物如蝦、蟹及貝類,所受影響最為直接(Patrick and Delaune,

1977)。Avnimelech (1995)發現泰國典型蝦池沈澱物累積的區域佔池底將近 50%,在這些區域對養殖蝦的成長、活動和健康均有負面的影響。因此為了避免養殖池環境的惡化,引起文蛤成長不良,甚至造成大量的死亡,如何維持良好的養殖環境實有探討的必要。本試驗之目的,為尋求文蛤養成之最適投餌量,以減少有機物堆積於池底及藉由水質及底質的分析,建立文蛤池之環境評估指標。

材料與方法

試驗是在 8 個 8 m × 4 m,池底填滿 15 cm 高海砂的水泥池進行。投餌文

蛤的飼料是市售的粉狀白魚粉(蛋白質含量 62%、脂質含量 12%)，投餵時將魚粉加水混合後全池均勻撥灑，試驗之處理依投餵量分為 A 組：每週投餵 2 次，每次 50 g 魚粉。B 組：每週投餵 2 次，每次 100 g 魚粉。C 組：每週投餵 2 次，每次 150 g 魚粉及 D 組每週投餵 2 次，每次 200 g 魚粉等四組，每組 2 重覆共計 8 池。試驗開始時，各試驗池中放養平均體長 1.72 ± 0.36 cm，平均體重 1.5 ± 0.3 g 的文蛤苗，放養密度為 120 粒/m²。池水維持水深 50 公分並放養 3 尾虱目魚以控制絲藻。

水質測定：本實驗從 3 月 20 日開始放養文蛤到 8 月 19 日結束，每天測量水溫、pH、鹽度及溶氧量。每兩週分析試驗池之水質乙次，試水採樣是採集表水層以下 15 公分處的池水。試水帶回實驗室後，取 50 ml 以鹼性高錳酸鉀法測定化學需氧量(COD)。另取 250ml 以玻璃纖維濾紙過濾試水測定水中之懸浮固體量(SS)。過濾後的試水以 phenolhypochlorite 法分析氨-氮(ammonia-N)、亞硝酸-氮(nitrite-N)及硝酸-氮則以 Wood-Armstrong-Richard 法分析(nitrate-N)(陳, 1980)。試驗池換水主要依據透明度而決定，當池水出現藻色看不見池底時，即進行換水直到池水目測可見池底。各試驗池之換水量是在進水口加裝水錶記錄之。

底質測定：每月採集各池底土一次，底土採樣以採泥器將 10 cm 長、內徑 6.6 cm 的 PVC 管垂直插入底土中，底土取出後成圓柱狀，底土採樣只取底土表面到 3cm 深度的部份裝入塑膠袋帶回實驗室分析。底土在充分混合後，取 10g 底土先以 110°C 乾燥後測定

含水量，再放入灰化爐以 550°C 加熱 5 小時測量有機物含量(Blackburn *et al.*, 1988)。另取 10g 底土溶於 100ml 的蒸餾水中，並以磁石轉動 1 小時，再用濾紙過濾後，再以 phenolhypochlorite 法測定氨-氮濃度，此為底土孔隙水之溶解性氨-氮(Rhoades, 1982; Delaune *et al.*, 1981)及取 1g 底土加酸後用醋酸鋅溶液收集 (Delaune *et al.*, 1981; Tabatabai, 1982)，再依據 Grasshoff *et al.*(1983)的方法測量硫化物含量。氧化還原電位是直接於現場將電極插入底土 3 公分測定(Gambrell and Patrick, 1978)。

成長及活存率測定：每個月採樣文蛤一次，用文蛤耙在池中隨機撈取 20-30 粒文蛤，帶回實驗室測量文蛤之殼長、殼寬及體重，測量後將文蛤放回原試驗池。在飼育實驗結束時，收穫全池的文蛤測量各試驗組文蛤之體重及活存率，並比較各組之換水量。實驗數據以單向變方分析及 Duncan 氏多變域分析來檢驗各處理間的差異。

結果

5 個月的飼育期間，在前 3 個月各試驗組文蛤的成長並無差異，養殖 3 個月之後 B 組(投餵 100 g/次)明顯高於其他組(Fig.1)，收穫時各組的平均體重也有明顯差異($p < 0.05$)，以 B 組的 7.55 g 最好，其次為 C 組(投餵 150 g/次)的 6.0 g，再其次為 A 組(投餵 50 g/次)的 5.43 g，最差為 D 組(投餵 200g/次)僅有 4.74 g。各組活存率在 84.1-92.7%，D 組的活存率明顯低於其他三組且有差異存在($p < 0.05$)。各組池水的換水量以 A、B 兩組最少，C、D 組最多且換水量有差異存在($p < 0.05$)(Table 1)。

Table1. Body weight of hard clam and water volume changed from the star of experiment to the ending..

Item group	Initial weight (g)	Final weight (g)	Survival rate (%)	Water volume exchanged (ton)
A	1.23 ± 0.31	5.43 ± 0.73 ^b	92.7 ± 3.2 ^a	326.5 ± 24.9 ^b
B	1.23 ± 0.31	7.55 ± 0.19 ^a	91.2 ± 5.4 ^a	311.5 ± 19.3 ^b
C	1.23 ± 0.31	6.00 ± 0.24 ^{ab}	92.3 ± 4.1 ^a	438.2 ± 28.8 ^a
D	1.23 ± 0.31	4.74 ± 0.41 ^b	84.1 ± 3.6 ^b	411.0 ± 17.1 ^a

* : Mean ± SD

* * : Duncan's multiple-range test

在養殖期間，各試驗池水溫變動在 19-31°C、鹽度變化維持在 15-20 psu、pH 的變化在 7.54-8.66 之間及 DO 維持在 3.0 ppm 以上。水中氨濃度在飼育 3 個月後，投餵量較多的 C、D 兩組逐漸高於 A 組和 B 組，且於 5-6 月間氨濃度高於 300 ppb (Fig. 2)。四組水中 COD 的含量變化不大，在 2.0-7.5 ppm 之間，其中 D 組的 COD 在整個試驗期間均高於其他三組(Fig. 3)。

各試驗組底土的有機物含量在前 3 個月有逐漸累積的現象，特別是投餵量愈多的組別，底土的有機物含量就愈高(Fig. 4)。底土的水溶性氨-氮含量也有相似的變化，在 6 月份水溶性氨-氮含量達到最高，且投餵量愈多的組別含量就愈高(Fig. 5)。底土的硫化物含量除了 B 組之外也是在 6 月份含量達到最大值(Fig. 6)。底土的氧化還原電位則隨著養殖時間的增加而減少，且飼料投餵量愈多的處理組電位負值也愈大(Fig. 7)。

討論

本試驗以相同的餵食頻率、不同的投餌量來養殖文蛤 5 個月，結果發

現對文蛤成長和活存率有差異存在。其中以每週投餵 2 次，每次 100 g 魚粉的 B 組最好。其次為每次 150 g 魚粉的 C 組，再其次為每次 50 g 魚粉的 A 組，最差的是每次 200 g 魚粉的 D 組。由結果可看出每週投餵 2 次，每次 100g 魚粉的投餵量（換算成 1 公頃每週投餵 2 次，每次 30 kg 的魚粉）對文蛤養殖最為適合，投餵量過與不足均會影響到文蛤的成長。而投餌量過多除了對文蛤的活存率有不良的影響之外，而且會污染水質使得換水量大增 (Table 1)。

水中氨濃度在飼育 3 個月後，投餵量較多的 C、D 兩組逐漸高於 A 組和 B 組，且於 5-6 月間氨濃度高於 300 ppb(Fig. 2)。依據 Colt and Armstong (1981)表示水中非離子氨-氮濃度在 280 ppb 時會使文蛤幼貝的濾食率下降 50%，因此有可能造成 C、D 兩組在這段期間成長緩慢。C、D 兩組過多的投餵量易累積在池底，超過池塘沈澱物的負載能力會造成池塘生態系統的破壞。而底土品質早已被認為是影響水質和水產動物產量的因素 (Hussenot and Feuillet-Girard, 1988, 1992; Munsiri

et al., 1996) °

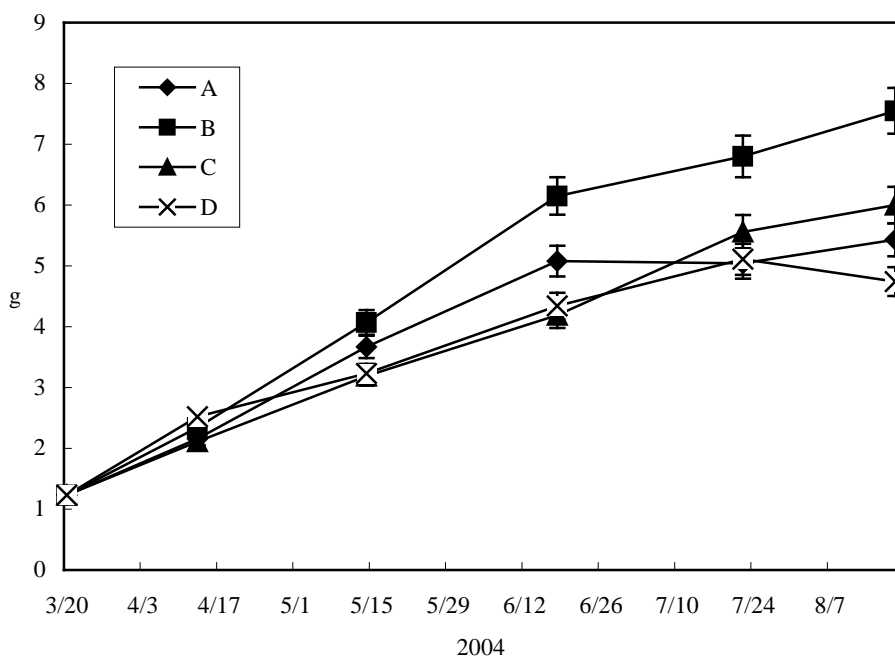


Fig. 1. Growth of hard clam in four treatments during feeding experiment.

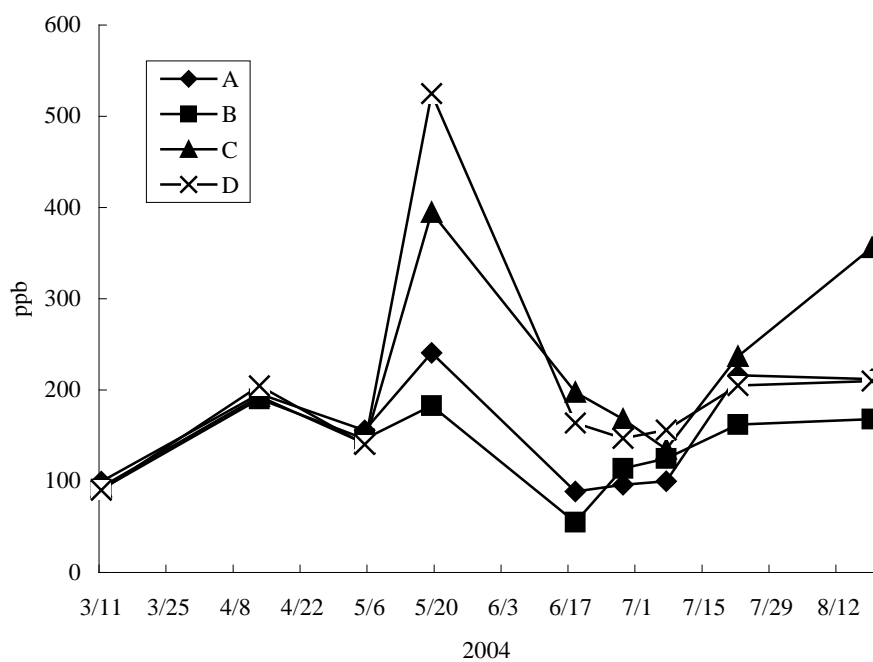


Fig. 2. Fluctuation of Ammonia-N in fish ponds

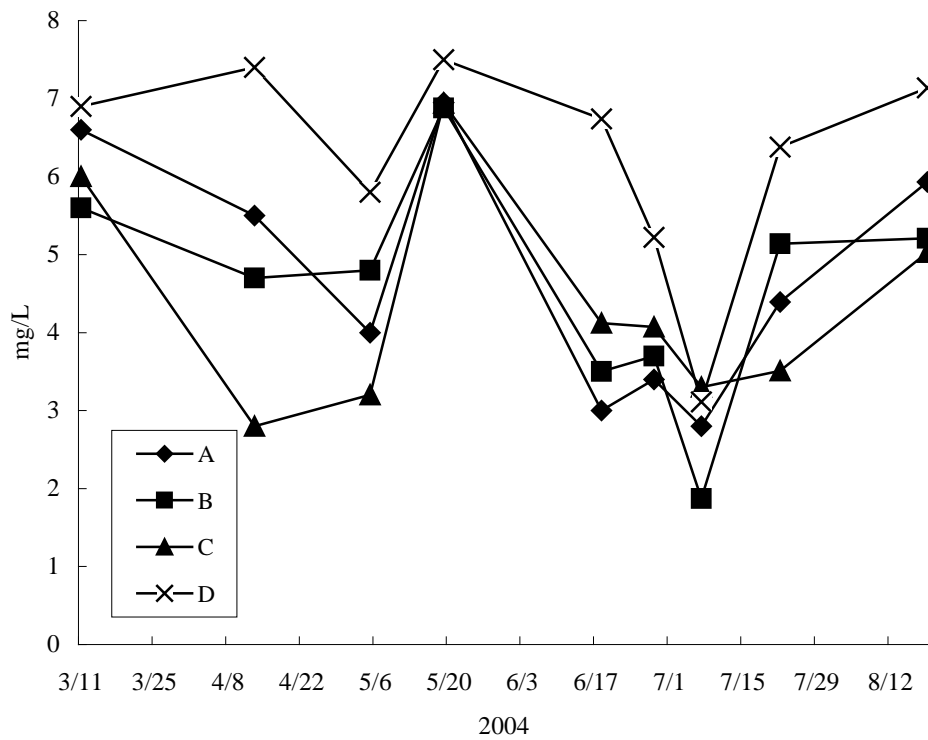


Fig. 3. Fluctuation of COD in pond water.

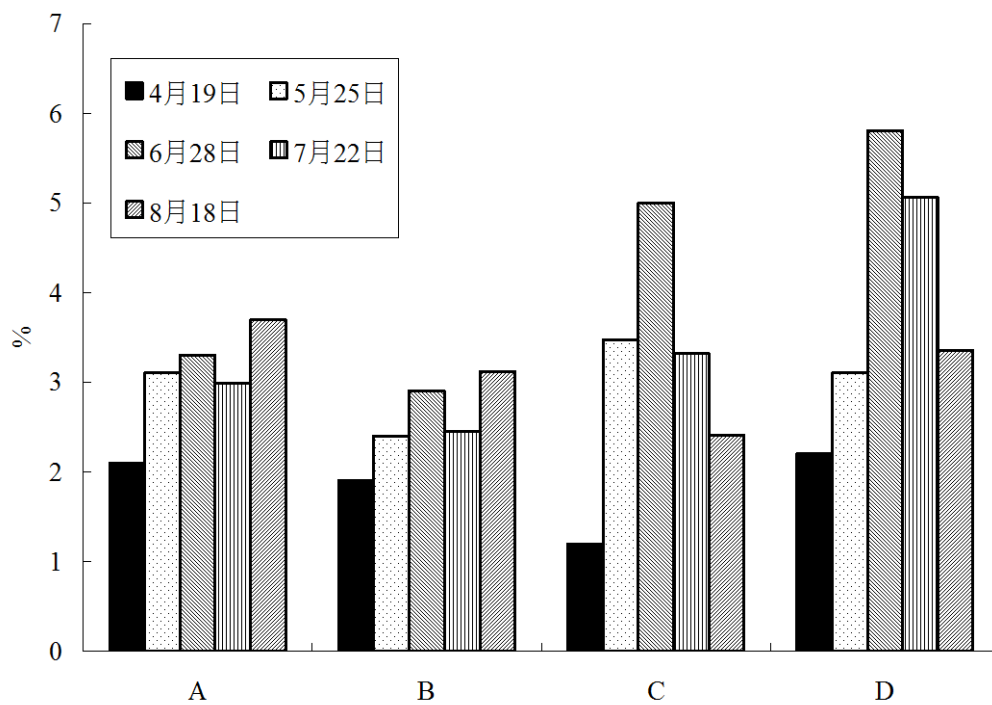


Fig. 4. Percentage of organic matter in sediments.

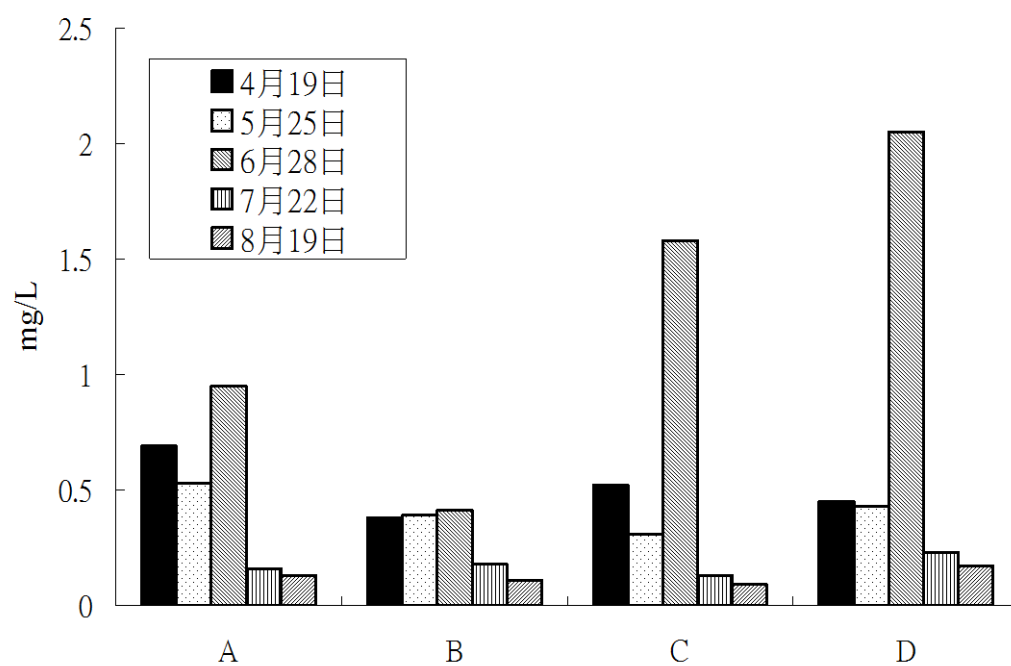


Fig. 5. Fluctuation of dissolved ammonia-N in sediments.

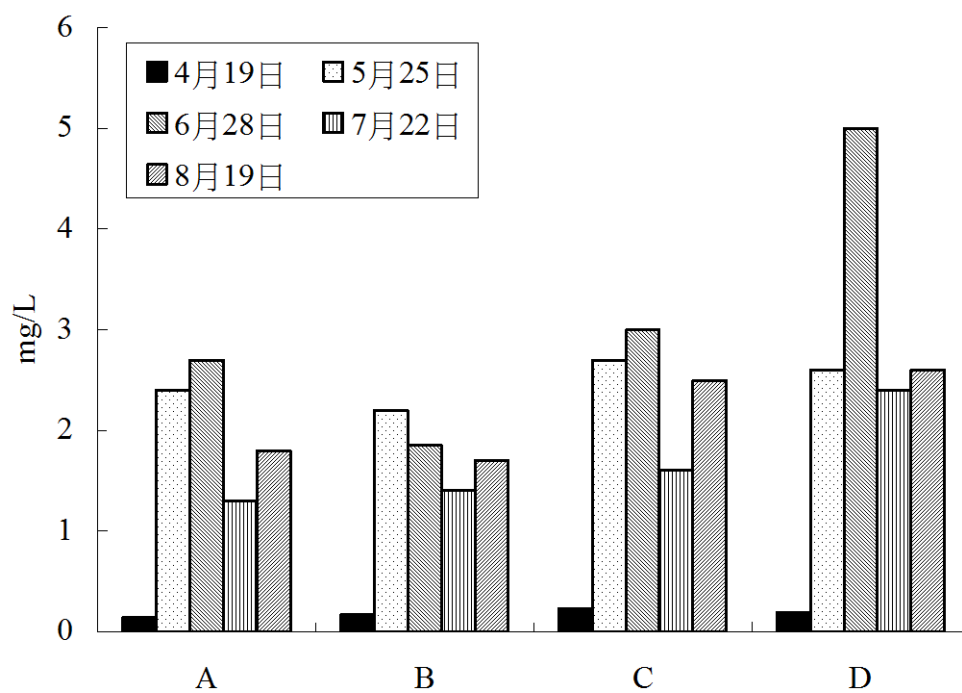


Fig. 6. Fluctuation of sulfide in sediments

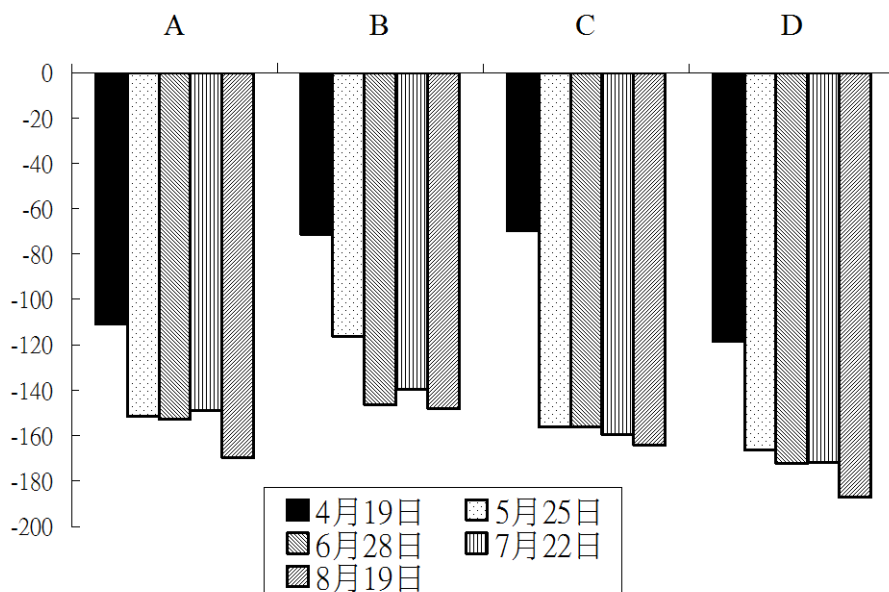


Fig. 7. Fluctuation of ORP in sediments.

飼育 3 個月後各組底土中有機物的含量逐漸升高(Fig. 4)，顯示文蛤池投餵飼料也如同魚蝦養殖池一般易超量導致池底有機物堆積。有機物在池土的濃度通常在 2-4%，如以 10 公分厚的底土層來計算每公頃的有機物約含有 20-40 噸。(Buckman and Brady, 1969)。但在本試驗中投餌量較多的 D 組，底土中有機物的含量常超過 5%。在養成期間，營養鹽及有機殘留物會累積在池底，而過度的累積可能造成池塘系統的惡化，使得底層因缺氧而形成還原態(Moriarty and Pullin, 1987; Reeburgh, 1983)。在此環境下，厭氧分解的產物如氨、硫化氫、甲烷及有機酸，對養殖生物都有害處，尤其是與底土相依的底棲生物如蝦、蟹及貝類，所受影響最為直接(Patrick and Delaune, 1977)。而沈積物產生的有毒厭氧物可能對池蝦產生緊迫、降低活力和疾病抵抗力、降低攝食、緩慢成

長(Ram *et al.*, 1982; Avnimelech and Zohar, 1986)及低活存率(Hopkins *et al.*, 1994; Lemnier and Brizard, 2001)，也有報告表示由於池底惡化而使池蝦對疾病的敏感性提高(Avnimelech and Ritvo, 2003)。這也可能是 D 組活存率較其他三組低的因素。

由於養殖期間有機物的累積，因此集約養殖池比半集約養殖池在池水-底土介面有較高濃度的氨、較低的 pH 和氧化還原電位(Lemonnier *et al.*, 2004)。底土的水溶性氨-氮含量在 6 月份水溶性氨-氮含量達到最高，且投餵量愈多的組別含量就愈高，A-D 組的濃度分別為 0.95、0.41、1.58 及 2.05 mg/L(Fig. 5)。依據 EIFAC (1973)以氨氮對虹鱒苗半致死濃度的 12%當作安全濃度並成為歐洲淡水魚的水質基準為例，由氨氮對文蛤及維吉尼亞牡蠣(*Crassostrea virginica*)之 96 小的半致死濃度(LC₅₀)為 3.3-6.0 ppm (Colt and

Armstrong, 1981), 來計算氨氮對文蛤的安全濃度為 0.396 mg/l, 因此除了 B 組之外, 其他三組氨氮的濃度雖不致死, 但也會影響到文蛤的成長。又底土 $\text{NH}_3\text{-N}$ 對草蝦及白蝦是安全的濃度分別為 0.08 及 0.16 mg/l (Chen *et al.*, 1990; Lin and Chen, 2001)。而氨、硫化氫之類的還原物質會逐漸累積於魚池的底土(Avnimelech and Lacher, 1979; Ram *et al.*, 1981)。高銨氮濃度顯示低氧化還原狀態, 尤其是在硫出現的時候, 硝化作用會被抑制(Joye and Hollibaugh, 1995)。在本試驗中, 底土的硫化物含量除了 B 組之外也是在 6 月份含量達到最大值(Fig. 6), 可見底土的硫化物含量與底土的水溶性氨-氮含量也是有正相關的關係存在。

池底狀態會隨時間而改變, 也會因累積有機殘留物如死亡藻類、糞便和殘餌受到影響, 導致高耗氧及形成還原狀態(Boyd, 1995; Avnimelech and Ritvo, 2003), 使得池土的氧化還原電位隨著時間而減少 (Boyd, 1995)。在本試驗中也是如此, 各試驗組底土的氧化還原電位也隨著養殖時間的增加而減少, 且飼料投餵量愈多的處理組電位負值也愈大(Fig.7)。

參考文獻

- 陳建初 (1980) 水質分析。九大圖書公司, 台北, pp 7-102。
- Avnimelech, Y. and M. Lacher (1979) A tentative nutrient balance for intensive fish ponds. *Isr. J. Aquacult-Bamid.*, 31(1): 3-8.
- Avnimelech, Y. and G. Zohar (1986) The effect of local anaerobic conditions on growth retardation in aquaculture system. *Aquaculture*, 58: 167-174.
- Avnimelech, Y. (1995) Sludge accumulation in the shrimp pond bottom: significance and management. *Asian Shrimp News*, p2. (4th quarter).
- Avnimelech, Y. and G. Ritvo (2003) Shrimp and fish pond soils: processes and management. *Aquaculture*, 220: 549-567.
- Blackburn, T. H., B. A. Lund and M. D. Krom (1988) C- and N-mineralization in the sediments of earth marine fishponds. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 44: 221-227.
- Boyd C. E. (1992) Shrimp pond bottom soil and sediment management. In *Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming*, World Aquaculture Society (J. Wyban ed.). Baton Rouge, LA, USA. pp.166-181.
- Boyd, C. E. (1995) "Bottom Soils, Sediments, and Pond Aquaculture", Chapman & Hall, New York, USA. pp.194-209
- Buckman, H. O. and N. C. Brady (1969) "The Nature and Properties of Soils", 7th ed., McMillan, London. pp.653
- Chen J. C., P. C. Liu and S. C. Lei (1990) Toxicities of ammonia and nitrite to *Penaeus monodon* adolescents. *Aquaculture*, 89: 127—137.
- Chien, Y. H. (1989) The management of sediment in prawn ponds. *Proceedings of the Third Brazilian Shrimp Farming Congress*, Joao Pessoa, PB, Brazil.
- Colt J. E. and D. A. Armstrong (1981) Nitrogen toxicity to crustaceans, fish, and mollusks. *Bio-Engineering Symposium for Fish Culture (FCS Publ.*

- 1): 34-47.
- Delaune, R. D., C. N. Reddy and W. H. Patrick Jr. (1981) Effect of pH and redox potential on concentration of dissolve nutrients in an estuarine sediment. *J. Environ. Qual.*, 10: 276-279.
- EIFAC (European Inland Fisheries Advisory Commission) (1973) Water quality criteria for European freshwater fish. Report on ammonia and inland fisheries. *Water Res.*, 7: 1011-1022.
- Gambrell, R. P. and W. H. Patrick, (1978) Chemical and microbiological properties of anaerobic soils and sediments. In: *Plant Life in Anaerobic Environment*. Ann. Arbor Science Publishing Inc. Ann. Arbor, Michigan, pp. 375-423.
- Grasshoff, K., M. Ehrhardt and K. Kermling (1983) *Methods of seawater analysis*. Verlag Chemie, Federal Republic of Germany. 419PP.
- Hopkins, J. S., P. A. Sandifer and C. L. Browdy (1994) Sludge management in intensive pond culture of shrimp- effect of management regime on water quality, sludge characteristics, nitrogen extinction, and shrimp production. *Aquacult. Eng.*, 13: 11-30.
- Hussenot, J., and M. Feuillet-Girard (1988) Crevettes et sediment. Recherche de paramètres indicateurs de la qualité des fonds. *Aqua Revue*, 17: 25-28.
- Joye, S. B. and J. T. Hollibaugh (1995) Influence of sulfide inhibition of nitrification on nitrogen regeneration in sediments. *Science*, 270: 623-625.
- Lemonnier, H. and R. Brizard (2001) Evolution of pond bottom and production in a semi-intensive shrimp pond. World Aquaculture Society meeting, January 21–25, 2001, Disney's Coronado Springs Resort Lake Buena Vista, Florida. Boork of Abstracts, pp. 366.
- Lemonnier H., R. Brizard and A. Legrand, (2004) Effect of pond management and pond aged on characteristics of pond bottom, IFREMER. In Proceedings of the International Conference on Shrimp Farming Research Programs in New Caledonia “Styli 2003”, , pp. 180—186.
- Lin, Y. C., and J. C. Chen (2001) Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 259: 109-119.
- Meijer L. E. and Y. Avnimelech (1999) On the use micro-electrode in fish pond sediment. *Aquacult. Eng.*, 21: 71-83.
- Moriarty, D. J. and R. S. Pullin (ed) (1987) *Ditritus and microbial ecology in aquaculture*. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. 420 pp.
- Munsiri P., C. E. Boyd, D. R. Teichert-Coddington and B.F. Hajek (1996) Texture and chemical composition of soils from shrimp ponds near Choluteca, Honduras. *Aquacult. Int.*, 4: 157—168.
- Ram N., S. Ulitzur and A. Avnimelech (1981) Microbial and chemical changes occurring at the mud–water interface in

- an experimental fish pond. *Isr. J. Aquacult-Bamid.*, 33(3): 71-86.
- Ram N. M., O. Zur and Y. Avnimelech (1982) Microbial changes occurring at the sediment–water interface in an intensively stocked and fed fish pond, *Aquaculture*, 27: 63-72.
- Patrick, Jr. W. H. and R. D. Delaune (1977) Chemical and biological redox systems affecting nutrient availability in the coastal wetlands. *Geoscience and Man*, 18: 131-137.
- Rhoades, J. D. (1982) Soluble salts. In *Methods of Soil Analysis. Part 2.* (A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney eds) *Chemical and Microbiological Properties.* Academic Press. pp. 167-178.
- Reeburgh, W. (1983) Rates of biogeochemical processes in anoxic sediment. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 11: 269-298.
- Tabatabai, M. A. (1982) Sulfur. In *Methods of Soil Analysis. Part 2.* (A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney eds), *Chemical and Microbiological Properties.* Academic Press. 1159pp.

The effect of feeding quantity on pond environment and growth of the hard clam (*Meretrix lusoria*)

Yu-Han Chou, Yi-Chou Lin and Min-Nan Lin

Abstract

The objectives of this study are to find a proper feeding quantity for the pond management of hard clam to minimize accumulation of organic matter in pond bottom soils, and reduce the impact on pond water and sediment quality. It was designed twice a week for the feeding frequency, Four different feeding quantity were 50 g (A), 100 g (B), 150 g (C), and 200 g (D) for once of each feeding. The effect of feeding quantity on the growth and survival of hard clam, pond water and sediment quality was studied in a 5- month growth trial. There was significant difference in the final weight among the treatments ($p < 0.05$). Average weight was 7.55, 6.00, 5.43, and 4.74 g for B-, C-, A-, and D-clam, respectively. Survival was behind 84.1-92.7%, group D had the lowest survival than the other groups was significant different ($p < 0.05$). There was a significant different ($p < 0.05$) on exchange volume of pond water, too. Exchange volume of group A & B were lower than group C & D. Rearing after 3 months, ammonia-N concentration of group C & D were higher than group A & B. The accumulation of organic matter, ammonia-N and sulfide were increasing gradually in pond soils during early three months. Feeding quantity was more increasing. The amount of sediments was more accumulating in pond bottom soil. Redox potential in the pond soil decreased with the rearing time. The group that had more amount of food was lower redox potential.

Key word: Hard clam, feeding quantity, ammonia, sediment