

砂礫過濾循環系統飼育紅尾蝦 的水質變化研究

劉熾揚

Change of Water quality in sand and gravel filter recirculating ecosystem for rearing shrimp (*Penaeus penicillatus* Alcock)

Chih-Yang Liu

Sand and gravel filter recirculating ecosystem is a convenient and more economic method of biological filter for water circulation. Under this condition, the growth of shrimp depends on water quality and nitrification.

Two cement ponds ($4^m \times 1.5^m \times 1^m$) were used. One is experiment pond, the other is control. In each pond, 100 red-tailed shrimps (*Penaeus penicillatus* Alcock) of which size is 0.1-0.12g in body weight and 2.1-2.3cm in body length, are stocking.

The experimental period is 59 days and the results are as follows.

1. The survival rate and average weight of shrimp are 66% and 4.54g in experiment group; 52% and 3.72g in control group, respectively.
2. The effect of this filter is relation to sand granular size and percolation rate in this system.
3. After the longer rear period, the pH value, the concentration of $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_2\text{-N}$ increased in filtrated circulation pond water.
4. High pH value (over 9.0) and Low Transparency (below 20^{cm}) as the blooming of Blue-green Algae (*Gloecoposa* sp.) will influence on the growth of shrimp, those even induce high mortality. Finally, improving the water quality is necessary.

前 言

本省養蝦事業已具有龐大的發展規模，養殖種類有草蝦、斑節蝦、砂蝦等，其中以草蝦養殖面積最廣，近年來，紅尾蝦養殖也漸跟進深具發展潛力，它和草蝦一樣，屬廣塩性，養殖方式頗略似，值得研究發展。然因大部分養蝦業者屢次抽取地下水為池水來源，長久以來，致使地層下陷，每當颱風季節，驟雨不停，一旦池堤崩壞，海水倒灌，生命財產遭受巨大損失，因此研究在養蝦過程中，正確地管理水質，譬如在適時才適量地交換池水，或施放藥劑等改變水質環境狀況等，維持池蝦正常成長，儘量減少抽取地下水源之次數及數量，也是節省能源，減少危害之方法，世界各國亦甚多研究池水循環系統之建立與方法，唯其並不能完全適用於本省養殖業。在此密閉系統式下 (Closed system)

，考慮利用生物過濾系統處理法中之砂礫過濾，因為它成本較低且便利的方法。本省一些蝦苗繁殖場也廣用此種砂礫過濾裝置過濾海水而生產蝦苗，其原理仍為利用砂礫表面附着繁殖硝化細菌進行硝化作用氧化濾除水中氮化合物等以及濾去固形物，微粒子等使之淨化，本試驗即在探討使用此項裝置，長時間不交換池水情況下，飼育紅尾蝦之時，其間水質之變化與對池蝦之影響，俾能在過濾循環池水過程中或田間池塘養殖蝦類時水質管理上的參考。

材料與方法

利用水泥池（ $4\text{ m} \times 1.5\text{ m} \times 1\text{ m}$ ）二口，A為循環過濾池，B池為對照池（池水未過濾，每隔10～14天換水一次），在A池壁邊上裝置 0.5 m^3 之塑膠桶的過濾設備，過濾物質包括桶底部為石礫，依次排上列為木炭、細砂，最上層是石礫，每層之間以海綿或細網布隔離，各層厚度為15～20公分，石礫大小為2～3公分，細砂為黑色溪砂，先過濾後再使用，粒子大小為 $650 \sim 2,600\mu$ ，每次以 $\frac{1}{2}\text{HP}$ 的馬達抽取一端底層池水經過過濾系統後返原池中，時間為3～4 hr/day，濾過速率為 $4,300\ell/\text{m}^2/\text{hr}$ 。在75年5月3日於A、B二口池，各放養紅尾蝦苗100尾，放養密度為 16.6 尾/ m^2 ，平均體重為0.11公克，平均體長為2.2公分，投飼人工配合飼料，在初期每日投飼量為放養時池蝦體重之30%，一個月後降為10%，二個月後為8%，蝦體每星期取樣測定一次，瞭解其成長情形，每星期採取水以儀器Corning PH/ion meter 155分析水中之PH值（8:AM），氨態氮，亞硝酸態氮，硝酸態氮等，透明度用直徑5公分的磁製白色圓盤測定，水中溶氧量依Winkler's method法測定。

結果與討論

本次試驗以砂礫為濾材，主要為在池水循環系統中將它作為細菌之附着，靠硝化作用及脫氮作用去除水中氮化合物如氨鹽、亞硝酸鹽與其他有機物質如藻類、浮游生物等，而此項過濾裝置效果與濾材中之砂粒大小、濾過速率有關，本次試驗砂粒之大小約為 $650 \sim 2,600\mu$ ，過濾速率為 $4,300\ell/\text{m}^2/\text{hr}$ ，比Mevel, G.及Chamroux, S(1981)⁽¹⁾在研究中所使用之砂粒大小為 $500 \sim 1,600\mu$ 大些，而過濾速率雖與Goldizen(1970)所採用固定速率 $4,800\ell/\text{m}^2/\text{hr}$ 相似，但與前者比較之過濾速率為 $120\ell/\text{m}^2/\text{hr}$ 大得多。筆者以使用一般河砂粒子大小為 $520 \sim 1,400\mu$ 作另一過濾裝置，與本次試驗相互比較，並以Ultraviolet spectrophotometer儀器，取波長 430μ 測定其吸光度，結果如表1，由表中可知二者之過濾效果約有50%之差異。由於本次試驗所使用之砂粒較大，水停滯時間短，每一過濾循環即一cycle前後相較為氨態氮 $0.14\text{mg}/\ell$ ，亞硝酸態氮 $0.01\text{mg}/\ell$ ，PH值則為0.15之差異減少。由於循環池水之長期使用而不交換池水，本次試驗在飼育59天後即發現開始死亡而予以清池，今就此過程中各項池水水質變化情形及對池蝦影響加以檢討：

表1 砂粒大小與濾過結果之比較

Table 1 Comparison of the granular size of sand and filtrate effect

砂粒大小 granular size of sand (μ)	濾過速率 percolation rate ($\ell/\text{m}^2/\text{hr}$)	植物性浮游 生物大小 size of phytoplankton	試驗前吸光度 absorbance (430μ) before experiment	過濾後吸光度 absorbance (430μ) After filtration
600～2600	4300	2～5 μ	0.115	0.10
520～1400	180	2～5 μ	0.12	0.058

一水中氨態氮量之變化，它由於投餌，池蝦排泄物等有機物質氮化作用而產生，在水中以二種型態 NH_3 及 NH_4 存在，前者毒性強，後者較弱，二者之比例在水中有所不同，一般池水鹼性強者， NH_3 毒性大⁽²⁾，本循環過濾試驗池水中氨態氮變化如圖 1，在初期其量為 0.013 ppm，由於氮化作用之進行後增至 1.5 ppm，一個月後此值降低，而未升高，A、B 二試驗池均呈相似曲線變化可能與投餌有關，氨態氮之增加，隨後亞硝酸鹽量亦增加，仍由細菌之繼續代謝作用，根據黃本（1979）指出⁽³⁾，氨鹽對草蝦之急性試驗中，在 96 hr. 之 L_{50} 為 100 ppm，Liao 等（1974）⁽⁴⁾ 認為魚類生活在 PH 7.7~7.8，水溫 50°F 可忍受氨態氮為 0.5 mg/l，Wickins and Beard（1978）⁽⁵⁾ 認為草蝦在 0.45 mg $\text{NH}_3\text{-N/l}$ 及 6~10 mg $\text{NO}_2\text{-N/l}$ 之海水中三星期未見死亡，本次試驗，如上所述，在初期含量低，並高至 1.5 ppm，在後期蝦體發現死亡時，水中氨態氮在 0.5 ppm 以下，但在此時，池水中之高 PH 值，氨態氮之毒性可能大些，而影響池蝦。

二水中亞硝酸態氮之變化，如前所述，過濾循環用水試驗池中，因殘餌，池蝦排泄物等被異營細菌之素作用即銨化作用生成銨，後被自營細菌之硝化作用氧化為亞硝酸鹽⁽⁶⁾， NO_2 對魚蝦類有毒，且甚為敏感，此次試驗期間池水中之 $\text{NO}_2\text{-N}$ 變化如圖 2，由圖中知，在初期為少量，但經 40 天後就急劇增加，其量最高時為 0.054 ppm，此時水中植物性浮游生物量因而增加，而對照池水中之 NO_2 量為 0.012 ppm，水色透明，依據 Mevel, G 及 chamroux. S（1981）⁽¹⁾ 出， $\text{NO}_2\text{-N}$ 在 0.1 ppm 以上對池蝦有影響，然此濃度與蝦體大小有關，蝦體愈大愈敏感，雖然本次試驗期間及蝦體死亡時，池水中之 $\text{NO}_2\text{-N}$ 量並未超過此濃度，但它對紅尾蝦而言可能亦較為敏感，長時間亦對池蝦成長有影響。

三水中硝酸態氮之變化：一般言之， $\text{NO}_3\text{-N}$ 對魚體有較高之忍受程度而無劇毒，過濾循環池水測定，初期含量為 236 ppm，後降低為 167 ppm，亦可謂此種循環系統中脫氮作用之進行⁽⁶⁾，後期時其

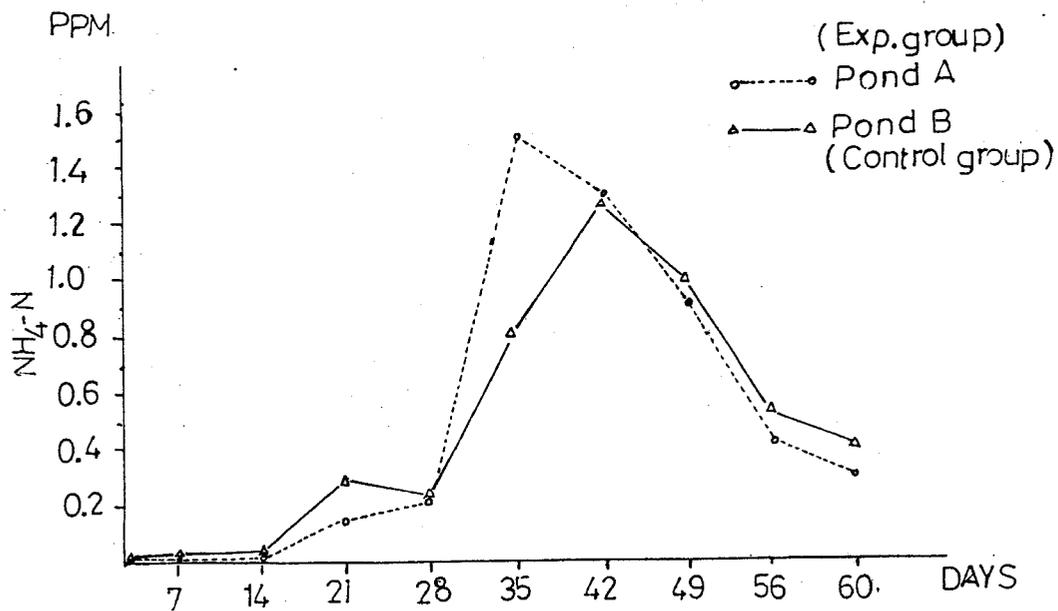


圖 1 池水中氨態氮量之變化情形

Fig. 1 Variation of $\text{NH}_4\text{-N}$ in the rearing water

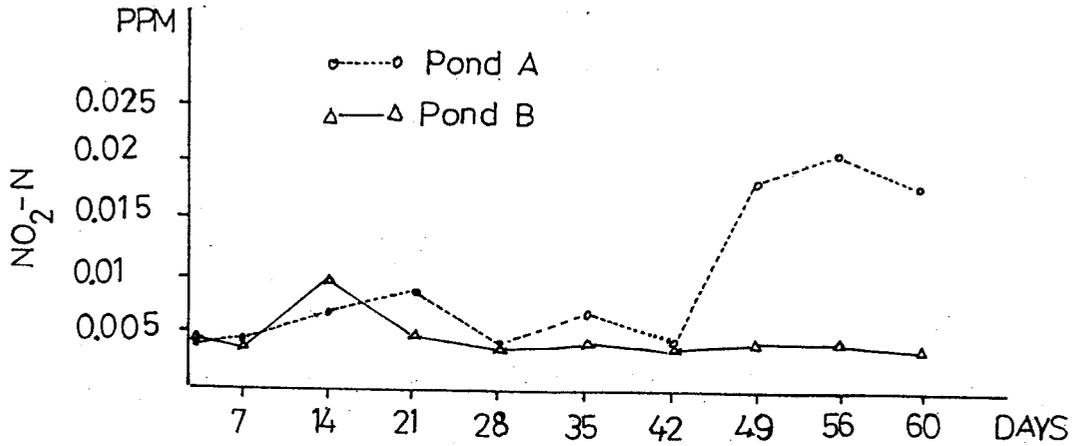


圖 2 池水中亞硝酸態氮量之變化情形
Fig. 2 Variation of NO₂-N in the rearing water

濃度為 126 ppm, Wickins 及 Beard (1978)⁽⁶⁾ 指出, 草蝦曝露在 260mgNO₂-N/l 濃度下, 三星期對其成長無影響, 因此, 此狀態並非為蝦體死亡之因素。

水中 PH 值之變化: 通常水中生物對 PH 值之變化敏感, 和生理生態有密切關係, 在封閉式系統中, 由於水中亞硝酸根離子、硝酸根離子及 CO₂ 之存在蓄積, 可使養殖池水呈酸性, 不僅對池蝦有害, 且抑制硝化細菌之成長⁽²⁾, 然而本次試驗飼育紅尾蝦過程中, 池水並未呈酸性, 反而隨著紅尾蝦飼育時間之增長而漸增, 池水中之 PH 值變化如圖 3, 在初期 A 池為 8.3, 後期死亡時間高達 9.3, 後更高至 9.7, 其間突然升高之原因雖多, 而以水中植物性浮游生物密度增加為主因, 雖然此 PH 值並未影響危害植物性浮游生物之生長, 但對池水水質與池蝦而言已呈影響。

鹽度與溫度: 過濾循環池水鹽度在初期為 30 ‰, 但因下雨淡化為 15 ‰, 而池水量經常維持一定, 對照池水鹽度為 20 ~ 30 ‰, 二池鹽度變化相近, 而水溫則在 27 ~ 34 °C 之間。

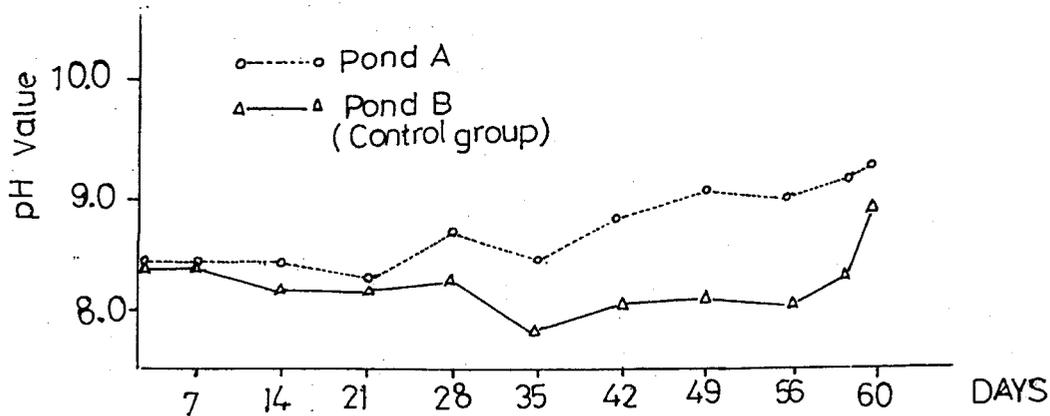


圖 3 池水中 PH 值之變化情形
Fig. 3 Variation of PH value in the rearing water

透明度：測定池水中之透明度用以表示植物性浮游生物之多寡，植物性浮游生物一旦增加，在水中行光合作用迅速消耗 CO_2 ，以及水中碳酸鹽水解為氫氧根離子，致使 PH 值升高，且上述由於 CO_2 減少， NH_3 之毒性增加⁽⁷⁾，影響池蝦；本次過濾循環池水透明度在 60 ~ 70 公分，當飼育約 50 天時，水呈綠色，植物性浮游生物中屬藍綠藻 *Gloeocapsa* Sp. 生長，透明度達 30 公分，而後轉為 20 公分，當發現池蝦開始死亡時，透明度已為 17 公分，此項物理因子與上述高 PH 值有關。

水中溶氧量：此試驗過程，均予打氣，池水經過濾裝置系統測定，入水口時之 O.D. 為 $6.4\text{mg}/\ell$ ，出水口為 $5.12\text{mg}/\ell$ ，二者之差異仍由過濾砂礫層之硝化作用與氧化作用耗費氧氣而降低，全期池水之溶氧量經常在 $4.48 \sim 6.4\text{mg}/\ell$ 之間，硝化作用進行與水中高溶氧量有關，在低溶氧值情況下，硝化作用也低，並與因異化之硝酸鹽還元作用而平衡，結果後者因細菌之代謝作用而生 $\text{NO}_2 - \text{N}$ 增加，影響蝦體，在本次試驗池水 $\text{NO}_2 - \text{N}$ 增加最高時為 0.054ppm ，水中溶氧為 6.0ppm ，此情況下，池水中之 D.O. 量正常。

紅尾蝦之成長與活存率：紅尾蝦經 59 天飼育，在 A 池即過濾循環池，蝦體平均體重由 0.11 公克增至 4.54 公克，B 池對照池，平均體重由 0.12 公克增至 3.72 公克，增肉係數各為 2.74 及 4.24，二者之成長有少許差異，以過濾循環池較好，如圖 4 所示。當發現池蝦開始死亡即予以清池，在 A 池活存率為 66%，B 池活存率為 52%。B 池較低，可能與池水透明，而換水次數少有關。Mr.

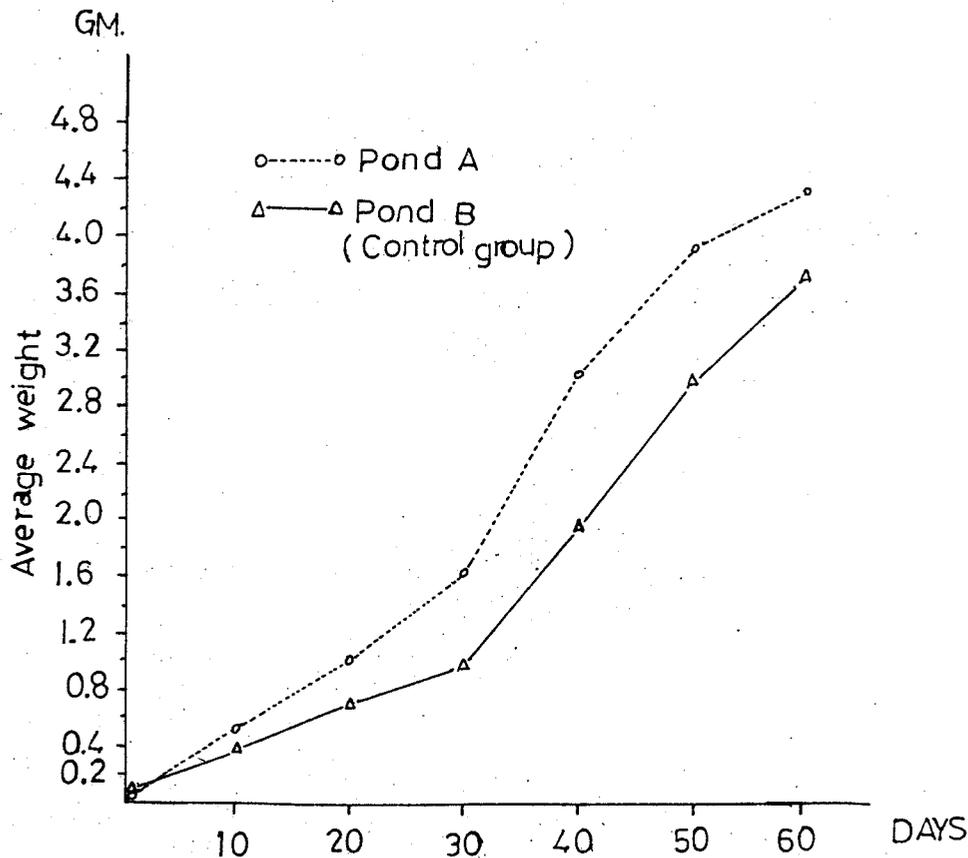


圖 4 紅尾蝦 (*Penaeus penicillatus* Alcock) 之成長情形

Fig. 4 The growth of red-tailed shrimp, *Penaeus penicillatus* Alcock

Mevel, G, 及 Chamroux, S. (1981) 指出斑節蝦在密閉系統而不交換池水下, 其活存可達一年的時間, 此仍是強力之硝化作用, 而其間蝦體死亡仍因池水中 $\text{NO}_2\text{-N}$ 含量較高時, 由本次試驗池水之水質變化已如上述, 飼育後期, 循環過濾池水 pH 值在 9.3 ~ 9.7, 在此高 pH 值下, 硝化作用受到抑制⁽⁷⁾, 池水中之氨態氮、亞硝酸態氮量增加, 結果植物性浮游生物繁殖多, 透明度減少, 為池蝦容易死亡之原因, 總之, 在砂礫過濾循環系統飼育紅尾蝦之過程中, 所使用過濾濾材中砂粒之大小、濾過速率有關, 池水水質之管理, 如其中 pH 值不超過 9.0, 透明度不低於 20 公分, 保持適當水色, 注意水中氮化合物濃度之變化, 在發現高濃度時即應處理改善水質或交換池水或施放酸性物質如茶粕等有機物質, 可降低 pH 值之效果。

摘 要

在水產養殖用水循環利用研究中以砂礫過濾循環系統是生物過濾處理法中一種較為經濟且便利者, 它藉硝化作用及良好水質維持池蝦成長。

本次試驗利用水泥池 ($4^{\text{m}} \times 1.5^{\text{m}} \times 1^{\text{m}}$) A、B 二口, 各飼育紅尾蝦 100 尾, 其體重為 0.1 ~ 0.12 gm, 體長 2.1 ~ 2.3 公分, 經飼育 59 天後, 得到下列結果:

一紅尾蝦成長及活存率以過濾循環池者較好, 其平均體重為 4.54 公克, 活存率為 66%, B 池對照池平均體重為 3.72 公克, 活存率為 52%。

二砂礫過濾效果與使用濾材中之砂粒大小、濾過速率有關。

三循環過濾池水中之 pH 值, 氨態氮、亞硝酸態氮, 其含量隨著養殖時期之增長而呈增加現象。

四本次試驗期間, 在高 pH 值 (超過 9.0) 以及水中植物性浮游生物 (*Gloeocystis* sp) 繁生, 透明度低 20 公分以下時即易造成池蝦死亡, 而必須改善池水水質。

謝 辭

本次試驗承蒙省水產試驗所李所長燦然之鼓勵, 台南分所丁分所長雲源之指導, 黃茂春、高炳、林清龍等先生及分所同仁之從旁幫忙, 使本項工作順利完成, 謹致以謝忱。

參考文獻

1. Mevel, G, and Chamroux, S. (1981). A study on Nitrification in the presence of prawns (*Peneaus japonicus*) in marine closed system. *Aquaculture*, **23**, 29 - 43.
2. 孫藍天 (1983). 養殖循環用水系統之水質探討, 中國水產, **372**, 17 - 20.
3. 黃本 (1979). 草蝦池之生態研究, 碩士論文。
4. Liao, P. B. & R. D Mayo (1974). Intensified fish culture combining water reconditioning with pollution abatement, *Aquaculture*, **3**, 62 - 85.
5. Wickins, J. F. and T. W Beard (1978). Prawn culture reseach, MAFF, Lab. leaf, **42**, 13 - 14.
6. 曾晴賢、陳懸弧 (1983). 水產養殖用水之重覆使用系統, 中國水產, **369**, 13 - 21.
7. 陳建初 (1981). 水質分析, 54 - 60, 30 - 41.