

人工配合飼料無機質鈣及磷添加量與紅尾蝦成長之研究

劉煥揚·丁雲源

study on minerals of supplement calcium and phosphorus in artificial diet to

the growth of red-tail prawn, *Penaeus penicillatus*

Chih-Yang Liu and Yun-Yuan Ting

This study was conducted to determine suitable levels of the mineral elements calcium and phosphorus in artificial diets of prawn, *Penaeus penicillatus*. Diets were supplemented with K_2HPO_4 for phosphorus which ranged from 0.10 to 0.67% and $CaCO_3$ for calcium which ranged from 0.17 to 0.41% into the diets. Fish meal and wheat flour were the main protein sources of diets. Two hundred *Penaeus penicillatus* prawns were stocked in each pond (2m x 4m x 1m). The average initial body weight was 0.12gm for the prawns in the eight ponds. After 75 days, the average body weight ranged from 2.28 gm to 5.00 gm. The group fed with diet supplemented with calcium and phosphorus at a Ca:P ratio of 1.6-2.0 showed higher growth rates than the group fed with diet without it. At a Ca:P ratio higher than 2:1, the growth of prawn was inhibited.

Key words: Ca:P ratio, Minerals, *penaeus penicillatus*.

前 言

紅尾蝦 (*Penaeus penicillatus*) 是本省重要的經濟蝦類之一，它的養殖面積近幾年來正持續的擴展為使其成長迅速，增加單位面積生產量，和它極為關係密切的人工飼料，仍待研究與開發。如與蝦類有關的基本營養素之蛋白質、脂肪、碳水化合物、無機質、維他命等適量需求或其他添加量之研究。也許其中無機質含量較少，易為人們所忽略，但它對於維持生命仍不可或缺的。無機質主要包括鈣、鉀、鈉、磷、氯、鎂、硫等七種巨量之素以及鈷、錳、鋅、銅、鐵、碘、鈦等重要微量之素約15種，它們是否全為蝦類所必需，並未研究與明瞭，鈣和磷元素是在無機質中含量最多者，鈣在細胞內專司重要的生理作用，磷為組成動物體之重要成分，專司調節體液之pH，促進酵素之分泌，神經系統之營養，而且鈣與磷是蝦類脫殼生長的限制因素，一旦缺乏，就不能順利脫殼生長。Deshimaru⁽¹⁾曾以班節蝦人工飼料中無機質之量為19.5%，如此數值是否適合本省紅尾蝦之需求有待研究，而後彼氏⁽²⁾又指出班節蝦飼料中不必添加鈣，蝦體可藉滲透調節作用由海水中獲得已足所需。Kanazawa⁽³⁾

則建議磷在班節蝦人工飼料中添加量為1%，以上有着不同的說法，筆者等即為了解人工配合飼料中添加鈣，磷量的適當量，並求得適當的鈣和磷比值，使紅尾蝦之成長正常與迅速，進而增加漁民收益，及提供業者參考。

材料與方法

本次試驗先在室內進行初步試驗，利用塑膠桶四個，其大小為90^{cm}×75^{cm}×45^{cm}，每桶放養紅尾蝦苗25尾，平均體重為1.79~3.35公克，以酪蛋白 (casein) 為蛋白源，配製人工飼料，其組成如表一，其中無機質組成如表二，此乃依據Kanazawa⁽⁴⁾在其試驗中之無機質組成成分，將不同無機質含量在0%，0.5%、1%、2%等四種比例不同添加量下對紅尾蝦成長之影響，如此製成條狀人工飼料，經60天飼育結果如表三，比較成長得知以酪蛋白作蛋白源時，最適無機質添加量在1%，紅尾蝦幼蝦成長最佳。

表1 第一次試驗時基本飼料組成

Table 1 Composition of the basal experiment diet in experiment .

Content	Diets %			
	A	B	C	D
Casein	45	45	45	45
Soybean oil	4	4	4	4
Liver oil	1	1	1	1
Cholesterol	0.3	0.3	0.3	0.3
Dextrin	24	24	24	24
Vitamin mix.	1.3	1.3	1.3	1.3
mineral mix.	0	0.5	1.0	1.5
Trace element	0.8	0.8	0.8	0.8
Cellulose	21.6	21.1	20.6	19.6
Sodium alginate	2	2	2	2

表 2 第一次試驗時飼料中無機質組成

Table 2 Mineral mixture used in experiment 1

Content	Mineral mixture %			
	0	0.5	1.0	2.0
K_2HPO_4	-	0.15	0.3	0.6
$Ca_3(PO_4)_2$	-	0.137	0.274	0.548
$CaCO_3$	-	0.084	0.168	0.336
KCl	-	0.047	0.094	0.188
$MgSO_4$	-	0.074	0.148	0.296
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	-	0.007	0.014	0.028
$MnSO_4 \cdot 7H_2O$	-	0.001	0.002	0.004

表 3 第一次試驗時不同無機質添加量與紅尾蝦成長

Table 3 Different amounts of mineral mixture added to diet and the growth of *Penaeus penicillatus* in experiment 1

	N. of prawn			
	25	25	25	25
Mineral content (%)	0	0.5	1.0	2.0
Average initial body wt. (gm)	1.79	1.90	2.22	3.35
Average body wt. after 15 days (gm)	2.08	2.06	2.58	3.45
Average body wt. after 30 days (gm)	2.14	2.15	2.70	3.57
Average body wt. after 45 days (gm)	2.27	2.37	2.77	3.69
Average body wt. after 60 days (gm)	2.44	2.38	3.35	3.69
Increase in body wt. (gm/pcs)	0.65	0.48	1.13	0.34
Survival rate (%)	80	84	84	76
Growth rate (%)	36.31	25.26	50.9	10.14

其次，利用台灣省水產試驗所台南分所試驗池水泥池（4 m × 2 m × 1 m）八口進行試驗 II，以魚粉、麵粉等為蛋白源配製人工飼料，依據上述試驗 I，所得之結果無機質量在 1% 為基準，另加相同微量之素 0.8%，亦即飼料 No.3 為基準，依此變更不同量的磷源（ K_2HPO_4 ），其量為 0.3~3.6%，鈣源（ $CaCO_3$ ）其量由 0.168%~0.768%，無機質中全部計算即含磷量添加在 0.103~0.672% P，含鈣量添加量在 0.172~0.412% Ca，無機質組成及其量如表 4，其人工配製飼料之組成如表五，上述原料經充分混合後，以擠壓機壓出成約 2 mm 之細條狀飼料，經 50°C 乾燥後，置入冰箱中保存。無機質添加飼料中，僅鈣和磷的變動而固定其他之元素量。試驗期間，每隔 15 天清池稱重，了解紅尾蝦成長情形，按時測定水溫，塩度等，飼育用水只以自然海水交換。試驗期間，塩度變務在 35 ‰~37 ‰，因下雨少，致變化不大，而水溫的變化如圖 1，界限範圍在 22~34°C 之間。飼料的一般成分如粗蛋白質、脂肪、灰分等，及鈣、磷量仍委託屏東農專分析，其中鈣量採用 AOAC 法、磷之分析則用 CNS 法測定。

表 4 第二次試驗中之無機質組成
Table 4 Composition of the mineral mixture used in experiment.

Minerals(%)	Diet N.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
K_2HPO_4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-
$Ca_3(PO_4)_2$	0.274	0.274	0.274	0.274	0.274	0.274	0.274	-
$CaCO_3$	0.676	0.434	0.168	0.168	0.168	0.168	0.168	-
KCl	0.094	0.094	0.094	0.094	0.094	0.094	0.094	-
$MgSO_4$	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	-
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	-
$MnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	-
Trace element mixture *	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	-
Ca (g/100g) diet	0.375	0.278	0.172	0.172	0.172	0.172	0.412	-
P (g/100g) diet	0.103	0.103	0.103	0.152	0.252	0.452	0.672	-

* $AlCl_3 \cdot 6H_2O$, 5mg; $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, 90mg; $MnSO_4 \cdot 7H_2O$, 20mg; CuCl, 5mg; KI, 5mg; $CoCl_2 \cdot 6H_2O$, 25mg; cellulose powder, 650mg/0.8g trace metal.

表 5 第二次試驗中飼料之組成

Table 5 Composition of diets in experiment.

Ingredient	Diet N. (%)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Fish meal	28	28	28	28	28	28	28	28
Wheat meal	30	30	30	30	30	30	30	30
Soybean meal	10	10	10	10	10	10	10	10
Shrimp carapace meal	5	5	5	5	5	5	5	5
Gluten	3	3	3	3	3	3	3	3
Squid meal	3	3	3	3	3	3	3	3
Liver oil	2	2	2	2	2	2	2	2
Cholesterol	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Vitamin mix.	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Mineral mix.	2.3	2.1	1.8	2.1	2.7	3.9	5.7	-
Dextrin	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
Cellulose	3.4	3.6	3.9	3.6	3.0	1.8	-	5.7

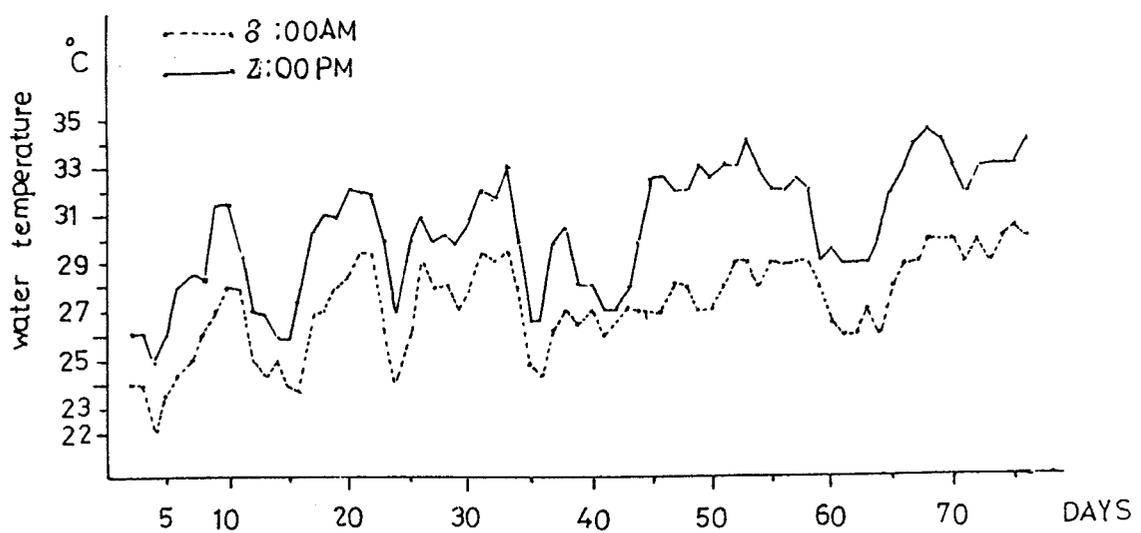


圖 1 試驗期間水溫變化

Fig. 1 The water temperature change in the pond.

結果與討論

在人工配合飼料中，無機質的添加量比例，許多研究報告常有不同，仍因生物之種類、大小、需求或飼育環境而異，在本次試驗中，以酪蛋白為主的基本試驗，在添加彼此組成相同，但不同量的無機質，以0、0.5%、1%、2%等四種不同比例來飼育紅尾蝦，經60飼育結果，見表3，在添加1%無機質量時成長最好，增重率最高，達50.9%，其次為不添加者，達36.31%，添加無機質0.5%再次之，增重率為25.26%，最差者為添加2%，增重率僅為10.14%。Kanazawa⁽⁴⁾所用的班節蝦之試驗飼料中，無機質混合組成其量為7.7%，顯然的，比本次以紅尾蝦試驗而添加1%礦物質高出很多。根據以上初步試驗結果續進行室外水泥池試驗，探討鈣和磷的不同添加量對於紅尾蝦成長之影響，在每口放養紅尾蝦200尾，密度為25尾/m²，平均體重0.12公克，以上述飼料經75天飼育後，各池蝦成長因人工飼料中不同無機質中添加鈣量及磷量的不同而異，成長情形如表六，以No.1.2.3.號池而言，當彼此固定添加磷量在0.103%，而變化添加不同量的鈣量由No.1號池為0.37%，No.2號池

表6 第二次試驗中紅尾蝦之成長情形

Table 6 The growth of *Penaeus penicillatus* in experiment.

	Diet or Pond N.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Stocking N.	200	200	200	200	200	200	200	200
Density(pcs/m ²)	25	25	25	25	25	25	25	25
Average initial B.W. (gm)	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Average B.W. after 15 days (gm)	0.39	0.39	0.37	0.5	0.44	0.43	0.4	0.35
Average B.W. after 30 days (gm)	1.12	1.06	1.10	1.47	1.35	1.34	1.42	1.10
Average B.W. after 45 days (gm)	2.19	1.84	2.26	2.6	2.37	2.50	2.43	1.79
Average B.W. after 60 days (gm)	3.19	2.33	3.05	3.45	3.33	3.40	3.61	2.38
Average B.W. after 75 days (gm)	3.95	2.85	3.64	4.37	4.27	4.39	5.00	2.88
Increase in B.W. (gm/pcs)	3.83	2.73	3.52	4.25	4.15	4.27	4.88	2.76
Feed efficiency ratio	3.87	5.79	3.77	3.61	4.63	5.10	3.20	5.83
Growth rate (%)	3191	2275	2933	3541	3458	3558	4066	2300
Survival rate (%)	73	79	88.5	76.5	77.5	72	77	72

爲0.27%，No. 3號池爲0.17%時於人工配合飼料中，結果比較紅尾蝦的成長大小次序爲No. 1 > No. 3 < No. 2 前者平均體重爲3.95公克，後者爲3.64公克，前後兩者相差0.3公克，其次以No. 3. 4. 5. 6. 號池而言，當無機質成分中固定添加鈣量爲0.17%，而變化不同的磷量分別爲No. 3號池0.10%，No. 4號池0.15%，No. 5號池0.25%，No. 6號池0.45%，結果紅尾蝦成長大小之次序爲No. 6 > No. 4 > No. 5 > No. 3，其平均體重分別是4.39公克，4.37公克，4.27公克及3.64公克，如此，可以說磷量添加在0.15%以上各池飼料中，池蝦平均體重彼此差異較小，而0.1%的磷量添加在人工配合飼料中，成長較慢，似有不足之現象。如果無機質成分中磷添加量在0.15%以上，鈣添加量在0.172%時此僅添加多量鈣至0.375%及磷量在0.1%下，池蝦成長較好，如No. 4 . 5. 6號池成長大於No. 1. 2. 3號池，此亦說明，磷量添加效果是重要的且得顯著成長。另外，No. 7 號在無機質成分中添加磷量增至0.672%，同時也增加鈣量爲0.412%，在數量比例上較其他各池稍多量，結果池蝦成長最佳，平均體重達5.0公克，成長率達4066%，表達適量的鈣和磷同時添加，其成長更可加速。No. 8 號仍飼料中無添加無機質者（鈣、磷），其池蝦成長率較差，平均體重僅爲2.88公克，二者相差2.12公克。如前所述，Deshimaru⁽⁵⁾認爲斑節蝦飼料中必須添加磷2%，因爲蝦無法由海水中獲足，因海水中含磷量不及0.1mg/l，但可以不加鈣，而可由環境水中獲得。由本次試驗中，在自然海水下飼育紅尾蝦，鈣和磷量同時添加在人工配合飼料中方可使池蝦成長正常，二者是同等重要的。在初步試驗工中，1%的無機質混合添加可適用於人工飼料飼育紅尾蝦幼蝦中，如此少量的比例，可能爲以酪蛋白爲主蛋白源時，其中磷之利用率，吸收率比較較高⁽⁶⁾，紅尾蝦對其利用率較高，而在試驗II中，添加多量的鈣和磷，無機質之成分含量則增多，主因以魚粉爲蛋白源之人工飼料，雖然魚粉中含有多量之鈣和磷，但多爲不溶性，不易爲蝦類所吸收，因此二者添加無機質之鈣和磷之比例則有不同。

人工飼料中鈣和磷的比例（Ca/P比）對於紅尾蝦成長之影響，本次試驗II中很據表五所配製之人工配合飼料，經過化學分析結果如表七，其中灰分即無機質，其量含有10.2%~14.1%，粗蛋白平均

表 7 第二次試驗中人工飼料之組成分析

Table 7 Composition analysis of artificial diets in experiment.

Composition (%)	Diet N.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Ash	10.4	10.2	10.7	11.0	11.5	12.7	14.1	10.2
Ca	3.2	3.0	3.0	3.0	2.9	3.3	3.2	3.0
P	1.4	1.4	1.5	1.5	1.7	1.9	2.0	1.4
Ca/P	2.2	2.1	2.0	2.0	1.7	1.7	1.6	2.1
Crude protein				34.2				
Crude fat				5.0				

約在34.2%，粗脂肪為5%。如前所述，鈣和磷的添加均影響紅尾蝦的活存率，鈣與磷的適當比率可以加速生長，本次人工配合飼料中 Ca/P 比例在1.6~2.0之間，如No.3.4.5.6.7號池，池蝦平均體重在4.27~5.0公克，而當 Ca/P 比超過2.0以上的No.1.2號池，池蝦成長緩慢，平均體重在2.88~3.9公克，體型較小。M8. Jay V. Huner et al⁽⁷⁾指出Penaeus californiensis幼蝦之成長，在以黃豆粉，麵粉為蛋白源的人工配合飼料中，鈣與磷之比率 (Ca/P ratio) 超過2.42以上則不好。Michael B. New kelvin Hugher⁽⁸⁾指出蝦營養中表示 Ca/P 以1.3:1最好，若超老2:1時，色素將受抑制及成長率降低，如此和本次試驗結果相似，假如添加無機質的鈣量相近，而磷量添加卻差異很多，結果紅尾蝦成長卻有差異，例如No.1號池和No.7號池比較，二者添加鈣量分別是0.375%及0.41%，而磷量分別是0.1%及0.67%，約六倍差異，池蝦前者平均體重為3.9gm，後者則達5.0公克，相差1.1公克，前者 Ca/P ratio為2:1，後者 Ca/P ratio為1.6:1。綜之，磷量添加之重要性及鈣和磷適當量之比值非常明確地影響紅尾蝦之成長。依據表七，本次試驗在紅尾蝦人工配合飼料組成(表5)，添加不同磷量由0.1~0.67%，配製飼料經分析後其中磷量為1.4~2.0%P，而成長最佳的No.7它其中磷量為2%，比數值和Deshimaru⁽⁹⁾認為斑節蝦之磷需求量為2%結果相同，由本次試驗，可以得知紅尾蝦人工配合飼料中鈣和磷的適當添加量以及無機質添加量之參考。

摘 要

為了解紅尾蝦人工配合飼料中無機質鈣和磷的適量添加，以磷酸二氫鉀 K_2HPO_4 為磷源，其添加量由0.1%—0.6%P，以碳酸鈣 $CaCO_3$ 為鈣源，其添加量由0.17%~0.41%Ca，將魚粉、麵粉為蛋白源製成人工配合飼料，利用水泥池八口(4m×2m×1m)，各池放養紅尾蝦苗200尾，平均體重為0.12公克，經過75天飼育後，其間成長有顯著地差異，平均體重大小在2.88—5.00公克。添加鈣量在0.17%以上，同時磷量在0.15%以上於人工飼料中，以及 Ca/P 比在1.6~2.0之間，紅尾蝦成長較為良好，當 Ca/P 比值超過2.0以上時則成長緩慢。

謝 辭

本試驗承農委會補助，省水產試驗所廖所長一久的支持與鼓勵，省水產試驗所台南分所同仁的幫忙，使本計劃得以順利完成，謹表謝忱。

參考文獻

1. O. Deshimaru and K. Kuroki (1973). studies on a purified diet for prawn-I, Basal composition of diet, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* **40**, 413-419.
2. Osamu Deshimaru et al (1978). Absorption of labelled calcium ^{45}Ca by prawn from sea water, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* **44**(9), 975-977
3. 莊健隆 (1985). 蝦類的營養需求，*中國水產*, **395**, PP.30.
4. Akio Kanazawa et al (1970). Nutritional requirements of prawn-I Feeding on Artificial diet, *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.* **36**, 949-954
5. Osamu Deshimaru and Yasuo Yone (1978). Requirement of prawn for dietary minerals, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* **44**(8), 907-910
6. Chinkichi Ogino et al (1978). Availability of dietary phosphorus in carp and Rainbow Trout, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* **45**(12), 1527-1532

7. Jay V. Huner and L. Bernard Colvin (1977). A short term study on the effects of diets with varied calcium: phosphorus ratios on the growth of Jensen shrimp, *Penaeus californiensis*, eighth Annual Meeting world Mariculture society, 3, 9775.
8. Michael B New (1976). A review of shrimp and prawn Nutrition, seventh Annual Meeting World Mariculture Society 1, P P. 277.