

草蝦對脂肪需求之探討

王文政·葉蕙玲

Studies on the Requirement of Lipids for Grass Prawn (*Penaeus monodon*)

Wen-Cheng Wang and Hewi-Ling Yeh

In this trial, soybean oil, fish liver oil and purified squid viscera oil were the main lipid source in diet for grass shrimp, such were compared with the domestic diet.

After 5 weeks, the growth rate of shrimp fed with squid viscera oil was 32.94% which is better than the domestic diet (30.99%), soybean oil (23.01%) and fish liver oil (27.19%) respectively. The result also showed that the suitable vitamin A, D in diet would increase the growth rate of grass shrimp.

The fatty acid (C 18:2) content in meat of grass shrimp have increased by feeding oil which containing high level C 18:2, but the fatty acid C 20:5, C 22:6 could synthesized from C 18:3 ω 3 by grass shrimp according their physiological requirement.

前 言

本省草蝦養殖，自民國 57 年（1968）草蝦人工繁殖成功後，到近年來已有長足的發展，加上外銷市場不斷的拓展，在民國 71 年（1982），年產量即高達 8,000 公噸⁽¹⁾，其中約有 1,300 公噸的外銷。而 72 年（1983）又造成另一次的產量突增，年產量增至 15,000 公噸，成長率高達 87.5%。截至 73 年（1984）為止，草蝦之養殖面積已超過 5,000 公頃，年產量 18,000 公噸，為本省最具有規模的養殖事業。

目前市售之草蝦配合飼料，品質不一，亦有業者依然使用天然餌料，因此配合飼料仍待進一步之改進，並需降低成本，才能為業者所接受。

飼料中除蛋白質外，脂肪的添加亦是影響草蝦成長及反應飼料成本的重要因素。金澤⁽²⁾研究 1% 之 C_{18:3} ω 3 較 C_{18:2} ω 6 添加於飼料中，前者對於斑節蝦 (*Penaeus japonicus*) 成長效果較佳。Sick. Andrews⁽³⁾也證實 ω 3 之高不飽和脂肪酸 (High Unsaturated Fatty Acid 簡稱 HUFA) 含量高的油脂對 *P. aztecus* 之成長有效果，其添加量為 1 - 2%。

另金澤等⁽⁴⁾亦研究斑節蝦之 sterol 的合成力差，影響到增重率及活成率。首藤⁽⁵⁾及金澤⁽⁴⁾弟子丸、黑木⁽⁶⁾研究其添加之最適量分別為 0.2%、0.5 - 1.0% 及 2%。而脂質對魚類飼料節約之效果，竹田⁽⁷⁾曾整理各研究結果，其 $\frac{E(L) - E(P)}{E(P)}$ 之節約效果達 15 - 35%。

因為草蝦飼料之必需脂質及添加量尚未有完整之研究，故本試驗擬進行主要的動、植物油脂對草蝦成長之影響，以瞭解草蝦飼料中之最佳油脂種類、配方組成及脂肪酸需求量，期能改進草蝦飼料配

方，提高飼料品質，降低飼料成本。

材料與方法

一試驗材料：

- (一)草蝦：購自宜蘭縣之草蝦養殖戶，蝦體長約5公分左右，平均體重1-2克，置於200公升玻璃水族箱中，餵食飼料，兩週後選別，稱量進行試驗。
- (二)草蝦配合飼料：由洪國實業股份有限公司提供之福星牌草蝦飼料，為直徑2mm之粒狀飼料。
- (三)大豆油：市售沙拉油。
- (四)魚肝油：藥房出售之精製混合魚肝油。
- (五)鮭魚油：由鮭液漿抽取之鮭內臟油，經中和、脫酸、脫色而成之精製油。
- (六)飼育設備：200 l之玻璃箱，裝水120公升，海水鹽度為1.5%，DO = 5，pH = 7.5。

二試驗方法：

(一)脂肪酸測定：

- 1.抽脂：將部分草蝦經真空凍結乾燥後、粉碎，以Cl₄ : MeOH = 2 : 1之溶劑以Sample重之17倍量分三次抽脂，所得之總濾液將溶劑回收後，即得草蝦油，飼料中抽取油脂之方法亦同。

2.甲酯化：將抽出之草蝦油、飼料油、大豆油、魚肝油及鮭魚油先行甲酯化，其方法為：

稱Sample 350mg 於50c.c. flask中

+ 0.5 N NaOH 6 cc

↓ 90 °C 10 mins

加入BF₃ 試劑 7 cc

↓ 90 °C 2 mins

加BHA-hexane 2 cc

↓ 90 °C 1 min

加飽和食鹽水 5 cc

取上層澄清液，加無水硫酸鈉後，即為脫水之甲酯化油。

- 3.測定脂肪酸：以GC打入標準脂肪酸，再分別打入各種甲酯化油，由標準脂肪酸曲線對照不同油脂之脂肪酸曲線，而計算各種供試驗油脂之脂肪酸組成。

(二)飼育試驗：

將飼料脫脂，再用相同方法分別將6%之飼料油、大豆油、魚肝油、鮭魚油吸附至脫脂之草蝦飼料中，而成試驗用之四組飼料：飼料A組為原飼料油、飼料B組為大豆油、飼料C組為魚肝魚、飼料D組為鮭魚精製油。每組飼料各以三個重複進行五個星期之飼育試驗，每日之投餌量為草蝦體重之3%，分上午、下午兩次投餌，每日吸掉底部之排泄物，每週換水兩次，並於每週一測量體重及體長，計算各組飼料之蛋白攝取量 (protein intake)、飼料轉換率 (feed conversion rate)、蛋白效率比 (protein efficiency ratio) 及成長率 (growth rate) 以比較不同脂肪酸組成之飼料對草蝦成長的影響。計算之方法如下：

1. 蛋白攝取量 = 攝餌量 (g) × 飼料乾重蛋白量 (g / 100 g 飼料)。

2. 飼料轉換率 = 攝餌量 (g) / 增重 (g) (g/g)

3. 蛋白效率比 = 增重 (g) / 蛋白攝取量 (g)

4. 成長率 (%) = (試驗後重 / 試驗前重) × 100 %

結果與討論

本試驗使用飼料本身組成油脂，大豆油、魚肝油、魷內臟油等四種油質，同加於脫脂之草蝦飼料，其添加量調整在 6%，各項油脂之脂肪酸組成如表 1 所示，市售飼料中之油質以 16:0, 18:1, 18:2, 20:5 及 22:6 為主要之脂肪酸，與魷內臟油近似，唯內臟油之 18:2 較少，顯然為市售飼料中之油

表 1 各試驗油脂脂肪酸組成
Table 1 Fatty acid composition of each experiment oil (%)

Fatty acid	Feed oil	Soybean oil	Fish liver oil	Squid visceral oil
C 14:0	3.46	—	0.26	3.76
C 15:0	0.32	—	—	0.39
C 16:0	18.84	10.00	10.32	16.61
C 16:1	4.19	—	—	2.70
C 18:0	4.19	4.03	3.93	4.16
C 18:1	17.08	24.46	23.79	16.77
C 18:2	14.40	53.94	51.71	1.16
C 18:3	1.73	7.16	7.38	0.92
C 20:1	6.48	—	1.14	2.28
C 20:4	—	—	—	9.39
C 20:5	14.54	0.41	1.47	16.70
C 22:1	1.00	—	—	1.26
C 22:6	11.37	—	—	20.10
unknown	2.39	—	—	3.86
Saturated acid	26.81	14.03	14.51	24.92
Monoenoic acid	28.75	24.46	26.07	23.01
Polyenoic acid	42.04	61.51	60.56	48.27

脂，添加以 18:2 為主要脂肪酸之植物性油脂。大豆油之脂肪酸組成以 18:2, 18:1, 18:3 及 16:0 為主，唯此次所購得之魚肝油組成竟與大豆油相似，顯係以大豆油為主體，再添加少量魚肝純油及維生素 A, D 其單位依標示，分別為 A, 2,000 IU/g; D, 200 IU/g。

前述各項油脂依市售飼料抽取油，大豆油、魚肝油及魷內臟精製油加回脫脂之飼料分別標為飼料 A、飼料 B、飼料 C 及飼料 D 來實際飼育草蝦。其一般成分組成如表 2 所示，蛋白質含量為 44.02 ~

表 2 各組飼料一般成分組成

Table 2 The chemical composition of experimental diets

	Diet A	Diet B	Diet C	Diet D
粗蛋白 Crude protein (%)	44.83	44.02	44.82	44.32
粗脂肪 Crude lipid (%)	7.21	6.13	6.34	6.44
粗灰分 Crude ash (%)	14.00	14.18	14.07	14.50
水分 Moisture (%)	10.61	10.41	10.43	9.62

44.83，粗脂肪為 6.13～7.21，粗灰分為 14.00～14.50，水分為 9.62～10.61。

此四種飼料分別進行溶失率試驗結果如表 3 所示，經 6 小時後之溶失率約 18.99～19.53，各飼料間之差異不大，顯示此等飼料經脫脂後再行回加各不同油脂，對其溶失之特性并未有明顯之改變。

表 3 各組飼料之溶失率

Table 3 The decomposition rate of experimental diets

時間(時) Time(hours)	溶 失 率 Decomposition rate (%)			
	Diet A	Diet B	Diet C	Diet D
2	18.66	18.64	18.64	17.62
4	19.10	18.68	18.82	18.69
6	19.35	19.53	18.99	19.16

經實際飼育草蝦 5 週，試驗期間分別每週測量體重及體長結果如表 4，表 5 所示，由此等結果再行計算其蛋白質攝取量，飼料轉換率，蛋白效率比及成長率，分列如表 6～表 9。蛋白質攝取量各組均隨蝦體之成長而有漸增的趨勢，而其攝取量以大豆油組為最高，其次分別為飼料油、魷內臟油、魚肝油。飼料轉換率隨成長而加大，顯示飼料之換肉率因蝦體之增加而降低，而其數值依魷內臟油，飼料油、魚肝油、大豆油各組分別為 3.36, 3.57, 3.87, 5.84。蛋白效率比分別為 0.67, 0.62, 0.57, 0.49。顯示飼料中添加之油脂以魷內臟油為最佳，大豆油之效果較差，飼料轉換率及蛋白效率比各週之數值以魷內臟油及市售飼料最穩定，魚肝油組初期雖尚安定，但第四、五週則變化甚大，此種不穩定的趨勢與草蝦之不定期脫殼有關。

由成長率觀之，飼以含魷內臟油之飼料其成長在第五週達 32.94%，較原飼料油、大豆油、魚肝油各組之 30.99%、23.01%、27.19% 為佳，顯示高度不飽和脂肪酸在飼料中除提供脂肪酸營養外，對蝦的成長亦有助益，而魚肝油中每公克含維生素 A 2,000 I U，維生素 D 200 I U 即較大豆油組之成長高出 4.18%，顯示此等維生素對草蝦成長相當的重要性。由圖 1 可看出其明顯的趨勢。

表 4 四組飼料飼育草蝦期間之體重變化

Table 4 Changes in body weight of grass shrimp fed with different diets

Time	體 重			
	Body weight (g)			
	Diet A	Diet B	Diet C	Diet D
Initial	3.2 ± 1.4	4.2 ± 1.7	2.9 ± 1.0	3.3 ± 1.2
1st week	3.4 ± 1.5	4.4 ± 1.7	3.0 ± 1.3	3.6 ± 1.4
2nd week	3.6 ± 1.7	4.7 ± 2.0	3.2 ± 1.3	3.8 ± 1.6
3rd week	3.8 ± 1.8	4.8 ± 2.0	3.3 ± 1.5	4.0 ± 1.8
4th week	4.0 ± 1.9	4.9 ± 2.3	3.5 ± 1.7	4.1 ± 1.6
5th week	4.2 ± 2.0	5.1 ± 2.2	3.6 ± 1.9	4.3 ± 1.8

表 5 四組飼料飼育草蝦期間之體長變化

Table 5 Changes in body length of grass prawn fed with different diets

Time	體 長			
	Body length (cm)			
	Diet A	Diet B	Diet C	Diet D
Initial	8.0 ± 0.8	8.7 ± 1.1	7.7 ± 0.9	8.1 ± 0.7
1st week	8.2 ± 0.7	8.9 ± 1.2	8.0 ± 0.9	8.4 ± 0.9
2nd week	8.4 ± 0.9	9.2 ± 1.2	8.2 ± 1.1	8.5 ± 1.4
3rd week	8.6 ± 0.9	9.2 ± 1.2	8.3 ± 1.1	8.7 ± 1.1
4th week	8.7 ± 1.0	9.3 ± 1.4	8.4 ± 1.4	8.8 ± 1.1
5th week	8.8 ± 1.0	9.4 ± 1.3	8.6 ± 1.5	8.9 ± 1.3

表6 四組飼料飼育草蝦五週之蛋白質攝取量
 Table 6 Weekly protein intake of grass prawn fed with different diets after 5 weeks

Week	蛋白質攝取量		Protein intake (g)	
	Diet A	Diet B	Diet C	Diet D
1	2.61	2.76	2.06	2.31
2	2.77	2.91	2.18	2.52
3	2.95	3.11	2.27	2.67
4	3.09	3.16	2.36	2.83
5	3.22	2.77	2.51	2.91
Average	2.93	2.94	2.28	2.65

表7 四組飼料飼育草蝦五週之餌料轉換率
 Table 7 Feed conversion rate of grass prawn fed with different diets after weeks

Week	餌料轉換率		feed conversion rate	
	Diet A	Diet B	Diet C	Diet D
1	2.72	3.64	3.54	2.17
2	2.90	2.49	4.31	3.01
3	3.91	9.56	4.77	3.80
4	4.74	7.89	3.03	4.17
5	3.60	5.66	3.73	3.69
Average	3.57	5.84	3.87	3.36

表 8 四組飼料飼育草蝦五週後之蛋白效率比

Table 8 Protein efficiency ratio of grass prawn fed with different different diets after 5 weeks

Week	蛋白質效率比		Protein efficiency ratio (PER)	
	Diet A	Diet B	Diet C	Diet D
1	0.74	0.57	0.65	0.96
2	0.69	0.82	0.52	0.68
3	0.51	0.22	0.42	0.75
4	0.51	0.42	0.66	0.39
5	0.64	0.44	0.60	0.55
Average	0.62	0.49	0.57	0.67

表 9 四組飼料飼育草蝦五週後之成長率

Table 9 Growth rate of grass prawn fed with different diets after 5 weeks

Week	成長率		Growth rate (%)	
	Diet A	Diet B	Diet C	Diet D
1	6.62	5.00	5.78	8.41
2	13.22	12.61	10.69	14.89
3	18.42	14.75	14.84	22.45
4	23.82	18.93	21.66	26.72
5	30.99	23.01	27.19	32.94

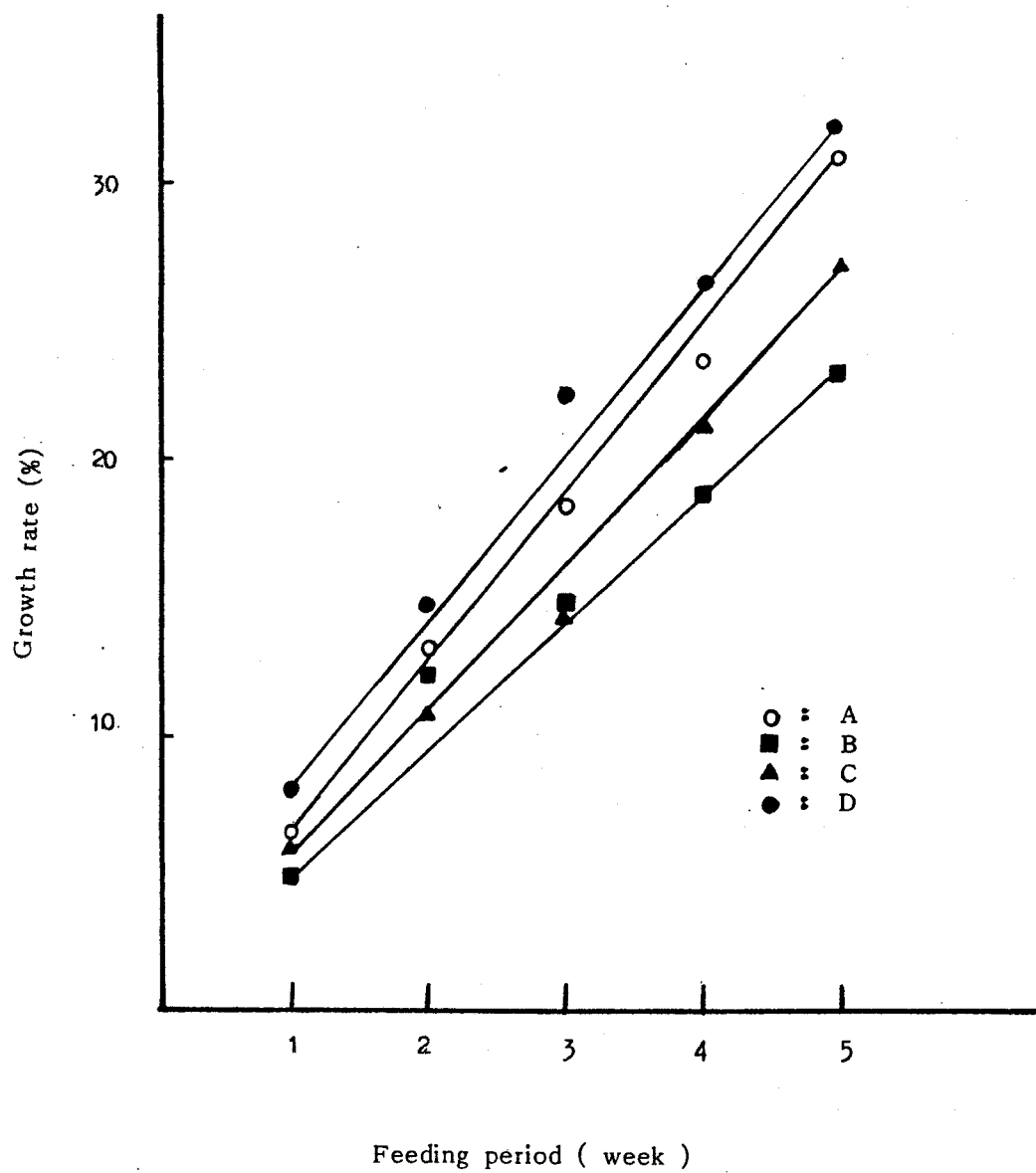


圖 1 四組飼料飼育草蝦之成長率比較

Fig. 1 Comparison of growth rate for grass prawn fed with different fatty acid composition diets.

草蝦飼以前述不同油脂經五週後分析其體脂肪酸之組成，結果如表10所示。草蝦未飼育此等飼料

表 10 草蝦餵食不同飼料之體脂肪酸組成
Table 10 Fatty acid composition from lipids of grass shrimp fed
fed with variant diets

Fatty acid	Initial	Final			
		Diet A	Diet B	Diet C	Diet D
C 14:0	0.73	0.72	0.38	0.50	0.53
C 15:0	-	0.50	-	-	-
C 16:0	19.03	21.70	17.45	18.92	21.85
C 16:1	1.45	0.73	0.67	0.58	0.93
C 18:0	7.24	7.90	8.16	8.51	9.34
C 18:1	18.98	20.74	21.42	22.31	24.49
C 18:2	9.80	8.75	20.48	18.69	4.74
C 18:3	0.41	0.22	0.87	0.71	-
C 20:1	2.84	3.35	1.32	1.94	4.34
C 20:4	1.18	1.07	2.06	1.98	0.89
C 20:5	15.56	13.55	10.18	9.96	12.59
C 22:1	5.77	4.23	4.94	3.94	4.32
C 22:6	16.28	14.84	12.05	11.95	15.99
unknown	0.72	1.70	-	-	-
Saturated acid	27.00	30.82	25.99	27.93	31.72
Monoenoic acid	29.04	29.05	28.35	28.77	34.07
Polyenoic acid	43.23	38.43	45.64	43.29	34.21

前體脂質之脂肪酸組成以 16:0, 18:0, 18:1, 18:2, 20:5, 22:6 等為主，飼與飼料原含油脂後體脂質之變化不大，而飼以大豆油或魚肝油各組體脂質脂肪酸 18:2 則較未飼育前增加很多（表 11 - 表 13），此點與此二種飼料油之 18:2 偏高有關，然 20:5, 22:6 在飼料油中雖含量甚微，但飼育後 20:5 則尚能升至 9.96 ~ 10.18 之間，22:6 則在 11.95 ~ 12.05 之間，可知草蝦在飼育過程中仍能將 18:3 等 ω 3 之脂肪酸充分利用以供生長上之需要，但也因飼料中 20:5, 22:6 等脂肪酸之供給不足致使其成長受到相當的限制。至於食用魷內臟油乙組之脂肪酸組成與原草蝦之脂肪酸組成近似（表 14），雖因 18:2 含量較低，以至較食用前之 9.80 為低，但仍可維持良好之成長，由此等結果可知魷油之脂肪酸組成較易為草蝦所吸收利用，而維生素 A、D 的添加，也將直接促進草蝦之成長。但以魷內臟油來源不多，故如適量混合大豆油等來源較豐之油脂，應亦可作為良好之草蝦脂質營養的供應源，而其最適之比例則有待進一步之研究。

表 11 以草蝦飼料飼育草蝦五週後之脂肪酸組成
Table 11 The fatty acid composition of grass shrimp
fed with demostic diet after 5 weeks

Fatty acid	Feed oil	Lipid of grass shrimp	
		Initial	Final
C 14:0	3.46	0.73	0.72
C 15:0	0.32	-	0.50
C 16:0	18.84	19.03	21.70
C 16:1	4.19	1.45	0.73
C 18:0	4.19	7.24	7.90
C 18:1	17.08	18.98	20.74
C 18:2	14.40	9.80	8.75
C 18:3	1.73	0.41	0.22
C 20:1	6.48	2.84	3.35
C 20:4	-	1.18	1.07
C 20:5	14.54	15.56	13.55
C 22:1	1.00	5.77	4.23
C 22:6	11.37	16.28	14.84
unknown	2.39	0.72	1.70

表12 以含大豆油飼料飼育草蝦五週後之脂肪酸組成

Table 12 The fatty acid composition of grass shrimp fed with diet containing soybean oil after 5 weeks

Fatty acid	Soybean oil	Lipid of grass shrimp	
		Initial	Final
C:14:0	-	0.73	0.38
C 15:0	-	-	-
C 16:0	10.00	19.03	17.45
C 16:1	-	1.45	0.67
C 18:0	4.03	7.24	8.16
C 18:1	24.46	18.98	21.42
C 18:2	53.94	9.80	20.48
C 18:3	7.16	0.41	0.87
C 20:1	-	2.84	1.32
C 20:4	-	1.18	2.06
C 20:5	0.41	15.56	10.18
C 22:1	-	5.77	4.94
C 22:6	-	16.28	12.05
unknown	-	0.72	-

表13 以含魚肝油飼料飼育草蝦五週後之脂肪酸組成

Table 13 The fatty acid composition of grass shrimp fed with diet containing fish liver oil after 5 weeks

Fatty acid	Fish liver oil	Lipid of grass shrimp	
		Initial	Final
C 14:0	0.26	0.73	0.50
C 15:0	-	-	-
C 16:0	10.32	19.03	18.92
C 16:1	-	1.45	0.58
C 18:0	3.92	7.24	8.51
C 18:1	23.79	18.98	22.31
C 18:2	51.71	9.80	18.69
C 18:3	7.38	0.41	0.71
C 20:1	1.14	2.84	1.94
C 20:4	-	1.18	1.98
C 20:5	1.47	15.56	9.96
C 22:1	-	5.77	3.94
C 22:6	-	16.28	11.95
unknown	-	0.72	-

表 14 以含魷內臟精製油飼料飼育草蝦五週後之脂肪酸組成

Table 14 The fatty acid composition of grass shrimp fed with diet containing purified squid visceral oil after 5 weeks

Fatty acid	Squid visceral oil	Lipid of grass shrimp	
		Initial	Final
C 14:0	3.76	0.73	0.53
C 15:0	0.39	-	-
C 16:0	16.61	19.03	21.85
C 16:1	2.70	1.45	0.93
C 18:0	4.16	7.24	9.34
C 18:1	16.77	18.98	24.49
C 18:2	1.16	9.80	4.74
C 18:3	0.92	0.41	-
C 20:1	2.28	2.84	4.34
C 20:4	9.39	1.18	0.89
C 20:5	16.70	15.56	12.59
C 22:1	1.26	5.77	4.32
C 22:6	20.10	16.28	15.99
unknown	3.86	0.72	-

摘 要

本實驗利用大豆油、魚肝油、魷內臟精製油作為草蝦飼料之脂質來源，以與一般市售飼料之脂質比較，經試驗結果飼以魷內臟油者之成長率 5 週後為 32.94%，較市售飼料油、大豆油、魚肝油之 30.99%，23.01%，27.19% 各組為佳。結果亦顯示飼料油質中含適量之維生素 A、D 對草蝦之成長有助益。

食用高 18:2 脂肪酸之油質，草蝦之脂肪酸亦有隨之增加之趨勢，而草蝦體成份之 20:5，22:6 等脂肪酸可自其他如 18:3 ω 3 之脂質依蝦體之需要而合成。

謝 辭

本試驗承所長李燦然、主任陳茂松之熱心指導，洪國實業股份有限公司提供試驗用草蝦飼料，以及本系同仁楊光先生不辭辛勞的協助方克完成，謹誌萬分謝意。

參考文獻

1. Ching, P, I.C. Liao (1985). The practice of grass prawn (*Penaeus monodon*) culture in Taiwan from 1968 to 1984. Sound of World Mariculture Society. (in press)

2. Akio Kanazawa, Shin-ichi Teshima and Shigeru Tokiwa (1977). Nutritional Requirements of Prawn-VII. 日水誌, **43**, 849 - 856.
3. 手島新一 (1978). 養魚と飼料脂質。水産学シリーズ, **22**, 60 - 77. 恒星社厚生閣, 東京.
4. 金澤昭夫、田中憲穂、手島新一、膳啓造 (1971). Nutritional Requirements of Prawn-II. 日水誌, **37**, 211 - 215.
5. 首藤勝夫、中村邦典、石川宣次、北村邦次 (1971). Studies on Formula Feed for Kuruma Prawn-IV. 東海區水研報, **65**, 129 - 137.
6. 弟子丸修、黒木克宣 (1974). Studies on a Purified Diet for Prawn-II. 日水誌, **40**, 421-424.
7. 竹田正彦 (1978). 養魚と飼料脂質。水産学シリーズ, **22**, 78 - 92. 恒星社厚生閣, 東京.