

# 含高蛋白質藻類——螺旋藻 在水產生物

湯 弘 吉

(I) 甲殼類上之應用

The Appliance of High Protein Blue-green  
Algae-*Spirulina* in Fisheries (I) Crustaceans.

Hong-Ji Tang

摘 要

螺旋藻 (*Spirulina*) 含有高蛋白及豐富營養分，藻體細長呈螺旋狀，長 $200\sim 500\mu$ ，寬 $10\mu$ ，大小適中，為浮游性，不聚集成塊，均勻懸浮具有餌料生物條件，可作為蝦類人工繁殖各期之餌料生物，以代替或補充豐年蝦等餌料生物。

- (1) 草蝦眼幼虫至草蝦幼虫均能攝食螺旋藻，各階段攝食螺旋藻之活存率不一，以糠蝦期幼虫最好，其次眼幼虫，再其次是草蝦幼虫。
- (2) 草蝦自卵孵化後至  $P_{23}$  一系列下來均餵飼螺旋藻之活存率，眼幼虫期為25%，糠蝦期幼虫為86%， $P_1\sim P_{23}$ 為4%。
- (3) 螺旋藻為活的餌料生物，能保持水質，與其他餌料生物如豐年蝦、矽藻 (*Skeletonema*)、輪虫或餌料如蒸蛋等一起餵飼，彼此間互有加成效果。
- (4) 螺旋藻可作蝦類人工繁殖之餌料，或與其他餌料生物如豐年蝦、矽藻、輪虫等一齊使用，減少豐年蝦使用量，降低蝦苗成本。
- (5) 為了降低蝦類人工繁殖成本，眼幼虫餵飼以矽藻為主，螺旋藻為輔，糠蝦期幼虫餵以螺旋藻為主，矽藻為輔， $P_1\sim P_{20}$ 則餵以螺旋藻、蒸蛋及一些豐年蝦。
- (6) 輪虫為很好的餌料生物，草蝦眼幼虫及糠蝦期幼虫餵以輪虫，生長又快又健康，縮短蝦苗培育時間且水質不易變壞。
- (7) 豐年蝦亦為很好的餌料生物，用螺旋藻來培養，既容易、生長又快，為豐年蝦大量培養時很好的餌料。

※本篇已刊登漁牧科學中國水產第290期 (1977)。

## SUMMARY

These experiments were carried out preliminarily in order to know how to apply a high protein alga *Spirulina* as a food for the seed production of *Penaeus monodon* and other crustaceana.

? Liter glass beaker with 2-liter or 10-liter tank with 10 liter sea water

were employed in the rearing experiments. The results as follow:

- (1) Zoea, mysis and post-larvae of *P. monodon* can eat and digest *Spirulina*, best for mysis, next zoea.
- (2) The survival rates in feeding *P. monodon* with *Spirulina* from zoea to P<sub>23</sub> were: zoea 25%, mysis 86%, P<sub>1</sub>~P<sub>23</sub> 4%.
- (3) Combined the *Spirulina* to other foods like as *Skeletonema*, rotifer, steamed egg etc, the different foods can enhanced efficiency each other.
- (4) *Spirulina* could partly or completely instead of *Artemia* nauplius in seed production of *P. monodon* in order to reduced the cost of seed production.
- (5) Zoea and mysis of *P. monodon* fed with rotifer (*Brachionus plicatilis*) grew very well and were healthy.
- (6) *Spirulina* was very good food for rearing *Artemia*.

## 前 言

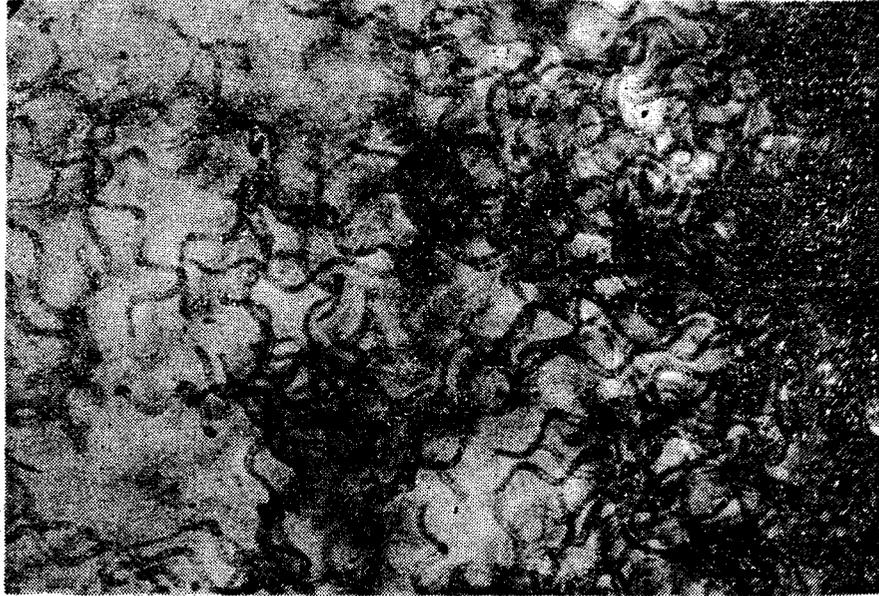
螺旋藻為最近才開發含有高蛋白的微細藻類，粗蛋白質含量70~72%高可達85%，除含硫胺基酸含量較低外，其他必需胺基酸均能符合FAO的標準<sup>(2,6)</sup>。必需脂肪酸含量也很高，大部份為 Palmitic acid和C<sub>18</sub>之不飽和脂肪酸。維生素含量比褐藻、紅藻均豐富，尤其維生素 A 含量特別高。中非有些湖沼盛產螺旋藻，當地土著自古即當食物食用，用來代替昂貴肉類<sup>(2,6)</sup>，如於產後十二日小豬之飼料中添加12%之螺旋藻，其結果與用牛乳餵飼之小豬長得一樣好。又該藻為藻類中最低等之藍綠藻，對生長環境要求很低，容易培養，生產快，且為廣鹽性，淡、海水中均能生存。藻體直徑約8~10 $\mu$ ，長約200~500 $\mu$ ，用一般細網目手操網撈取收集，不需用離心機，收集之藻體，直接投入養成池餵飼魚蝦非常方便。

最近本省水產養殖正在突飛猛進，由蝦類人工繁殖場在不到一年時間裡，從五十餘增加至上百，可見水產養殖之興盛。因此對於餌料生物如豐年蝦之需要尤感迫切。豐年蝦耐久卵由於原產地減產，再加上本省需要量遽增，以至豐年蝦耐久卵價格節節上升，不但增加魚蝦苗成本，甚而有因豐年蝦供應不繼，致使蝦苗大量死亡，殊為可惜。由於螺旋藻為浮游性，藻體細長，具有餌料生物條件，且營養分含量很豐富，因此試圖利用螺旋藻作為魚蝦人工繁殖及仔魚之餌料為本文探討之目的。

## 材料與方法

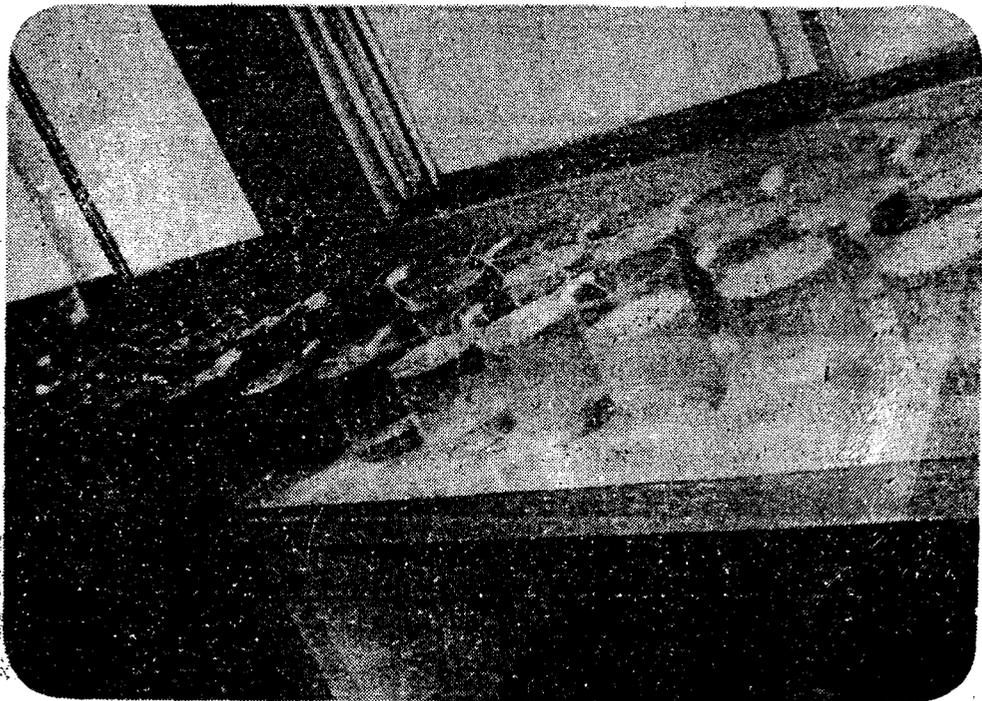
(1)螺旋藻之大量培養與採收：螺旋藻(圖一)具浮游性，稍打氣即均勻分佈於培養池。於室外4×2×1m<sup>3</sup>水泥池中注入淡水，深20公分，加入營養鹽碳酸氫鈉20公斤，硝酸鈉4公斤，磷酸氫二鉀0.8公斤硫酸鉀及氯化鈉各1.6公斤，硫酸鎂0.32公斤，氯化鈣64克，硫酸鎂16克，行開放式打氣培養，數天後成墨綠色。藻體密度愈大愈容易採收

，用細網目手操網來回撈取採收。試驗時餵飼之餌料密度為每毫升4440藻體。螺旋藻與其他餌料配合一齊餵飼時，螺旋藻密度酌量減少。



圖一、餌料生物螺旋藻 (×300)

(2)*Chlorella*為海水性，培養密度達  $6.2 \times 10^7$ /ml 為深綠色，餵飼時稀釋為淡綠色。輪虫是用*Chlorella* 培養，試驗時餌料密度為40~70/ml。*Skeletonema*、牡蠣受精卵、蒸蛋、豐年蝦等之餌料密度如一般人工繁殖所用。



圖二、於二公斤燒杯中進行餌料生物試驗

(3)用酵母餵飼豐年蝦時，先將酵母置於磁式攪拌器中攪拌使個個酵母分離，取上層澄清液餵飼之。

(4)種蝦購自旗津，行大量人工繁殖之同時取部份行餌料生物試驗。於二公升燒杯中置過濾海水二公升，每組試驗二重複（圖二）。草蝦幼虫則在十公升玻璃缸盛十公升海水中行餌料試驗。

## 結 果

一、草蝦人工繁殖孵化各期餵飼螺旋藻等餌料之活存率。

(1)眼幼虫 Zoea (表一)

表一 草蝦眼幼虫攝食各種餌料生物之活存率

T=28.2—30°C S‰=31.7~33.5 pH=8.05~8.35

活存率 試驗次數	餌料 %	<i>Spirulina</i>	<i>Chlorella</i>	<i>Skeleton- ema</i>	<i>Rotifer</i>	牡蠣受精卵	<i>Skeleton- ema</i> + <i>Spirulina</i>
1		9	17	43	42	9	—
2		0	27.8	33	91.7	0	—
3		25	—	—	26	—	—
4		0	—	75	24	—	88

草蝦種蝦卵排出體外後在水溫28°C下經半天孵出無節幼虫，此時靠吸收本身體內之卵黃來營養故不攝食。在28°C約3天蛻變為眼幼虫並開始攝食，因此須在孵化為無節幼虫後第二天開始供給餌料。餵飼螺旋藻或其他餌料如 *Chlorella*、*Skeletonema*、輪虫、牡蠣受精卵等比較其餌料效果：

飼以 *Spirulina*及*Chlorella*之Zoea消化管呈綠色，體後拖有細長排泄物，確知會攝食此二種藻類，但其體型較攝食其他餌料者小體色較紅，自眼幼虫蛻變為糠蝦期幼虫約需七天比用 *Skeletonema*，牡蠣受精卵及輪虫飼育的約多一天。雖然單餵螺旋藻之眼幼虫活存率0~25%生長情形亦不很好，但螺旋藻與 *Skeletonema* 混合餵飼之眼幼虫不但活存率高，個體健康，且比大規模人工繁殖餵飼 *Skeletonema* 者大。因此眼幼虫攝食太多螺旋藻效果不很理想，但適量與 *Skeletonema* 配合相得益彰，效果非常好。

輪虫是很好的餌料生物，運動慢易被攝食，為活餌水質不易變壞，用來餵飼草蝦眼幼虫及糠蝦期幼虫，不但活存率高且非常健康，較攝食 *Skeletonema* 者大，眼幼虫期所需時間亦較餵飼 *Skeletonema* 者縮短半天至一天左右。

(2)糠蝦期幼虫 (表二)

表二 草蝦、糠蝦期幼虫餵飼各種餌料之活存率  
 T=27.3—29.8°C S‰=29.8~34.3 pH= 8.1~8.26

活存率 % 試驗次數	Spirulina	Skeletonema	Rotifer	Skeletonema + Spirulina	Artemia	Spirulina + Rotifer	Spirulina + Artemia	Spirulina + Steamed egg	White fish	Steamed egg
1	48.3	74	43.8	—	73.3	—	—	—	39.5	10.5
2	—	83.4	0	68.1	—	—	—	—	—	—
3	95	—	98	—	100	94	100	90	—	—

糠蝦期幼虫個體較大，已能攝食豐年蝦無節幼虫，餵飼效果甚佳，用螺旋藻餵飼之活存率高達95%，可以用作糠蝦期幼虫之餌料生物，但所得個體稍纖弱體色較紅，欲彌補此缺點，可將螺旋藻與其他餌料生物或餌料如輪虫、豐年蝦、蒸蛋等混合使用。將螺旋藻與豐年蝦無節幼虫配合一齊餵飼，不但活存率高，且因豐年蝦無節幼虫亦能攝食螺旋藻不會餓死，節省豐年蝦，又能避免水質惡化，不需換水。又輪虫亦是草蝦、糠蝦期幼虫很好的餌料生物，活存率43.8~98%，效果很好。以魚肉或蒸蛋為餌料時，水質容易變壞，為活存率低的緣故。

(3)草蝦幼虫

草蝦、糠蝦期幼虫蛻變為草蝦幼虫 P<sub>1</sub>~P<sub>5</sub> 時仍然是浮游性，以後則漸轉為底棲，至P<sub>30</sub>即可出售。自P<sub>1</sub>起飼以螺旋藻至 P<sub>15</sub> 時，活存率為24%，至P<sub>23</sub>為10%，但從眼幼虫開始餵飼螺旋藻，自P<sub>1</sub>至P<sub>15</sub>及P<sub>23</sub>之活存率只有 4%，可見攝食單一種餌料太久，會有顯著不良影響，又螺旋藻與其他餌料如蒸蛋、米糠、黃豆粉一齊餵飼之活存率比單獨餵飼螺旋藻之活存率高，其中以蒸蛋與螺旋藻配合使用之效果最好。以螺旋藻或其他餌料配合來餵飼草蝦幼虫之活存率雖然不同，但彼此間體長却沒有顯著差異。

表三 草蝦幼虫餵飼各種餌料之活存率

活存率 % 天數	Spirulina	Spirulina + Steam egg	Spirulina + ricebran	Spirulina + 黃豆粉	備註
15	24	46	44	40	(1)每組草蝦幼虫50隻取自草蝦人工繁殖室 (2)T:28.35±1.65°C S‰:45.4±1.4 pH:7.9—8.99
23	10	46	38	38	
P <sub>23</sub> (Cm)	1.44	1.25	1.3	1.35	

(4)草蝦自孵化後至  $P_{23}$  一系列下來均餵螺旋藻之活存率。草蝦眼幼虫至草蝦幼虫均能攝食螺旋藻，各階段攝食螺旋藻之活存率不一（表四），以糠蝦期幼虫最高為86%其次是眼幼虫期25%草蝦幼虫效果最差。但 $P_1 \sim P_{23}$ 用螺旋藻與蒸蛋配合餵飼至 $P_{15}$ 之活存率為24%， $P_{23}$ 為20%，活存率大大提高，可見螺旋藻本身營養分並不能滿足草蝦幼虫，需要其他餌料來配合補充。

表四 草蝦人工繁殖各期均餵*Spirulina*之活存率

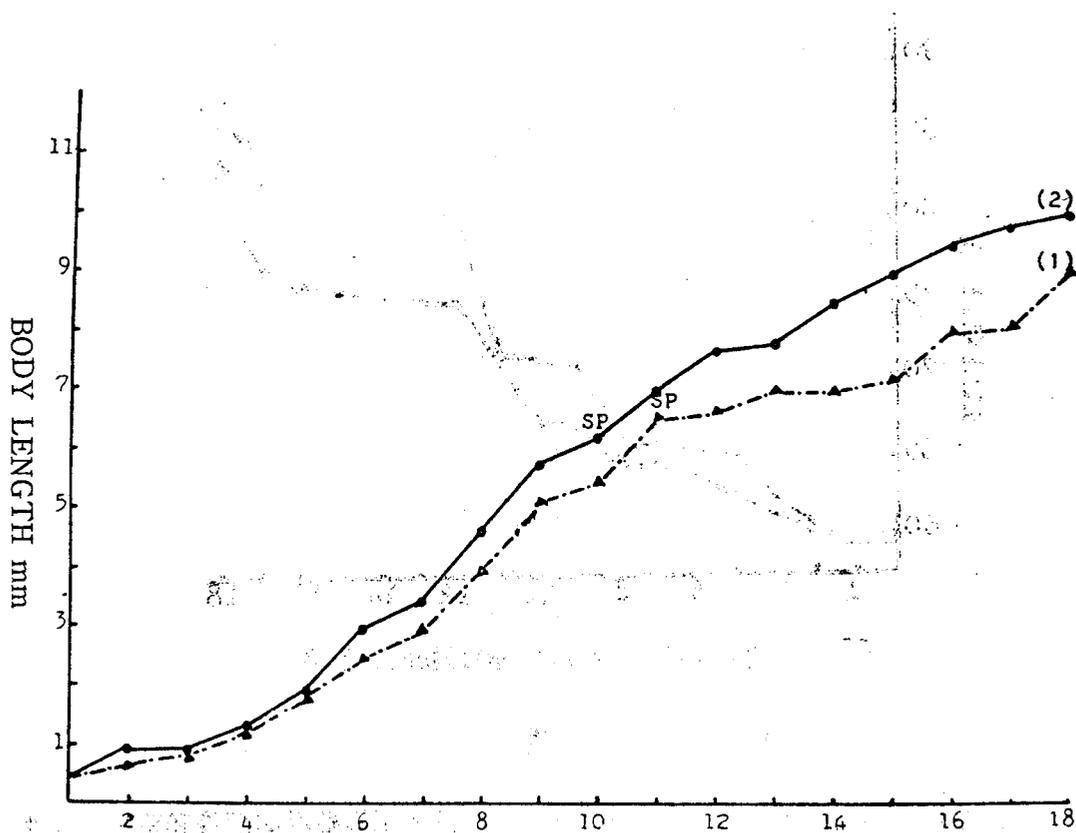
草 蝦	Zoea	Mysis	$P_1 \sim P_{23}$
活存率 %	25	86	4
備 註	T = 27.3~28.8°C S‰ = 31.1~36.9‰ pH = 8.25~8.4	T = 27.7~29.5°C S‰ = 31.5~34.8‰ pH = 8.1~8.26	T = 28.35 ± 1.65°C S‰ = 34.4 ± 1.4‰ pH = 7.9~8.62

(5)斑節蝦幼虫餵飼螺旋藻與豐年蝦之生長及活存率。斑節蝦為肉食性亦會攝食螺旋藻，但效果不彰， $P_{20}$ 體長只有攝食豐年蝦者之一半，且個體瘦小呈明顯紅色表五。

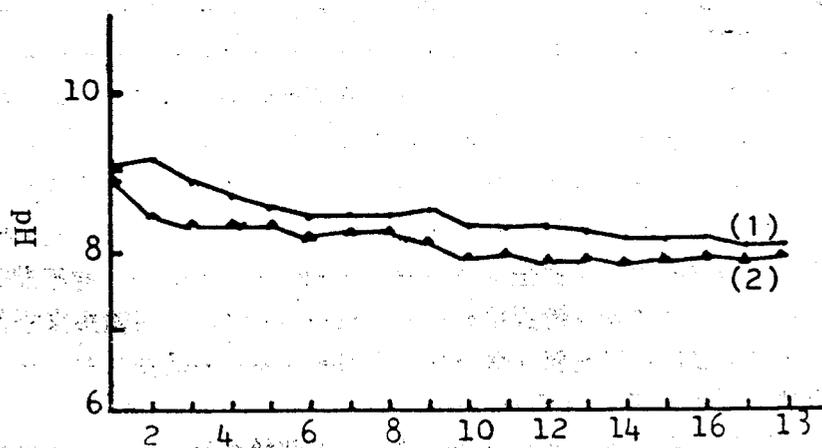
表五 斑節蝦  $P_1 \sim P_{20}$  餵飼(1)螺旋藻(2)豐年蝦不同餌料生物之生長及活存率情形

餌料生物	$P_1 \sim P_{20}$ 活存率 %	體 長 (公分)	體 重 (克)	備 註
Spirulina	20.5	0.7	3.8	T = 21~27°C S‰ = 37~41.9‰ pH = 8.5~9.3
Artemia	100	1.4	4.3	

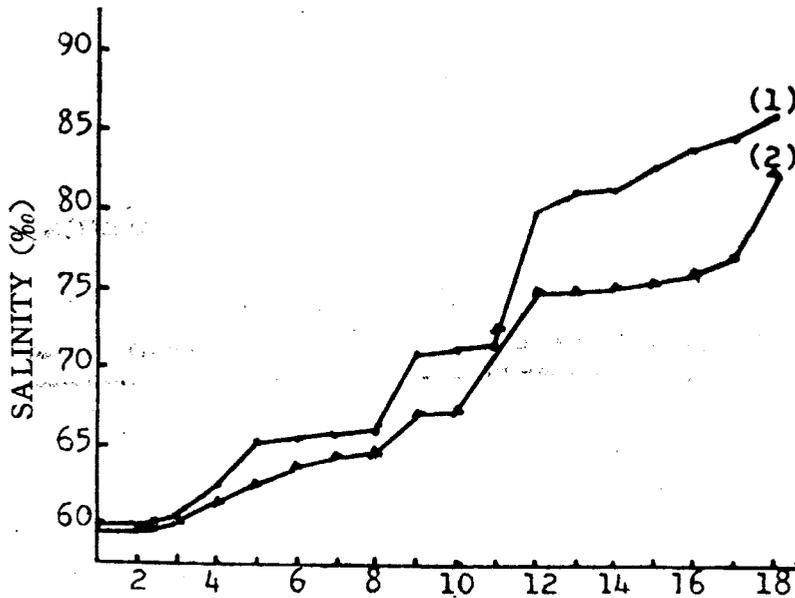
二、豐年蝦攝食螺旋藻或台糖酵母粉之生長情形（圖三）。豐年蝦為濾食性之雜食性甲殼類，不但能攝食藻類也能攝食酵母，為了試驗豐年蝦攝食利用螺旋藻之效果，以台糖酵母粉作餌料當對照試驗比較之。豐年蝦自孵化後至成熟均能攝食螺旋藻，用螺旋藻作餌料水質不易變壞，一次可投多量藻體，節省人力，更可由藻體在豐年蝦池中呈現之顏色，一目了然餌料生物螺旋藻之密度，不虞匱乏。攝食螺旋藻豐年蝦生長快，在第11天就交配抱卵，其生長速率還略遜於餵飼酵母粉者，餵飼酵母粉者在第10天抱卵，但酵母粉之餵飼方法如直接撒布於培養池，則豐年蝦生長較慢，開始抱卵時間亦向後延長數天。



圖三 豐年蝦餵飼(1)螺旋藻(2)酵母粉之生長情形 (SP: 開始交配抱卵)



圖四 豐年蝦餵飼(1)螺旋藻(2)酵母粉時之pH。



圖五 豐年蝦飼(1)螺旋藻(2)酵母粉時之鹽度。

## 討 論

台灣水產養殖業在政府大力輔導下正在起飛，魚蝦人工繁殖場如雨後春筍，一片蓬勃欣欣向榮，蝦類人工繁殖所需之餌料生物 *Skeletonema costatum*，如遇天候不良連日陰雨，無法大量培養或砂藻因故變種時，蝦苗因餌料不足造成大量死亡，又 Mysis 及早期 *Post-larvae* 均餵豐年蝦無節幼虫，因此需要量劇增，加上產地欠收，致使豐年蝦耐久卵供不應求，屢有缺貨或孵化率甚低造成餌料不足而斃死，影響甚鉅。螺旋藻在許多方面適足彌補蝦類人工繁殖餌料上之不足。草蝦眼幼虫攝食 *Skeletonema costatum* 效果很好如再加上螺旋藻則效果更佳，不但比僅餵飼 *Skeletonema* 者長得好，且活存率達 88%。萬一 *Skeletonema* 培養不順利只餵螺旋藻之活存率亦在 25%，如能稍輔以 *Skeletonema* 或牡蠣受精卵等，則活存率將大大提高。草蝦糠蝦期幼虫用豐年蝦無節幼虫與螺旋藻一起餵飼，不但可攝食二者，豐年蝦亦能攝食螺旋藻，免於餓死，因此不但能節省豐年蝦，且能保持水質。爲了降低蝦苗成本還可以螺旋藻和輪虫或螺旋藻與 *Skeletonema* 來餵飼。目前亦有少數蝦類繁殖場在眼幼虫和糠蝦期幼虫時餵飼輪虫，早期草蝦幼虫餵飼輪虫及魚蝦碎肉，以後漸次全部改爲餵飼魚蝦碎肉，整個過程均不投豐年蝦，大大降低蝦苗生產成本。由於過去輪虫培養不易，無法掌握來源，用輪虫來餵飼者很少，自從台南分所研究發展出以鰹飼料、酵母粉、米糠等大量培養輪虫方法以來，民間相繼引用，漸漸代替部份豐年蝦及 *Skeletonema*。

螺旋藻是新開發的蛋白資源，非洲有些土著自古即開始食用來代替昂貴肉類，經開發後應用至老鼠，家禽、豬等可代替部份蛋白質，在小雞方面替換量不能超過 5%，產後十二日小豬填加 12% 之效果與加牛乳一樣好。由本試驗知蝦類人工繁殖各期僅餵螺旋

藻之活存率遠不如螺旋藻與其他餌料一起使用來得好，至於螺旋藻佔何比例最佳，有待進一步之探討。

草蝦眼幼虫嗜食螺旋藻，但活存率不高為 0~25%。古川謂<sup>(11)</sup>植物性浮游生物密度達每毫升  $10^3 \sim 10^4$  個時pH即會上升至 8.5~9.0，又當pH值上升至 8.5以上時眼幼虫之斃死現像顯著增加，且畸型苗亦增多，亦即飼育海水中含有高密度植物性浮游生物，對於眼幼虫是不利的環境。由表一知 pH 值並未超過 8.5，但每毫升含有4440個螺旋藻的飼育環境對草蝦眼幼虫是否密度太高？又螺旋藻與 *Skeletonema* 一起餵飼，酌量減少螺旋藻時眼幼虫活存率高達88%看來，螺旋藻餌料密度與眼幼虫活存率有密切關係。

最近豐年蝦耐久卵每磅售價高達2300元，本省已開始嚐試大量培養豐年蝦生產耐久卵，培養豐年蝦有採用複槽式，以大型水泥池培養綠藻—*Chlorella*，再將綠藻引入豐年蝦池當餌料。綠藻培養池由於豪雨，鹽度遽降引起綠藻大量死亡，平時又易受染，致綠藻被濾食殆盡而前功盡棄。如果改用螺旋藻就簡單多了，因螺旋藻為廣鹽性，輪虫污不怕豪雨，藻體大，輪虫無法攝食，採收方便節省人力，物力。又螺旋藻含有zeoxanthin，魚攝食後魚體呈漂亮紅色<sup>(3)</sup>，更具經濟價值，因此可添加應用於高級經濟魚類如嘉腊魚，提高經濟效益。

豐年蝦為雜食性，只要顆粒够小，都能攝食如微細藻類、酵母等。豐年蝦生長率隨攝食餌料之不同而異。攝食海水性*Chlorella*經30天達性成熟，*Rhodomonas lens*只需18~20天但餵飼*Nitzschia acicularis*時豐年蝦生長很慢，約40~50天才達性成熟，可能是藻體太大難攝食或不易消化所致<sup>(2)</sup>。黃(1976)<sup>(5)</sup>以酵母為餌料在室外水泥池培養豐年蝦，約13天達性成熟交配抱卵。陳(1975)<sup>(4)</sup>以酵母，牡蠣卵，米糠等餵飼20~25天達性成熟。以台糖酵母餵飼第10天開始交配抱卵以螺旋藻為餌料生物則需11天，由此可知酵母粉與螺旋藻為豐年蝦很好的餌料生物，但前者水質易變壞，宜少量多投，螺旋藻沒有此缺點，D'Agostino et al(1968)<sup>(8)</sup>研究指出，抱卵雌豐年蝦自鹽度3%移至6%時有排出未成熟卵和死亡現像，但無節幼虫却相反，自鹽度 3%移至 0.5~25%均沒有死亡現像，無節幼虫愈大，對鹽度適應力愈弱，死亡率愈高。為了使豐年蝦能順利產生耐久卵，培養鹽度一開始即提高至60‰，再漸次升高，期於排卵時之海水鹽度在90‰以上。

小容積試驗比大容積試驗難執行，且活存率低，因此以螺旋藻為餌料大規模繁殖草蝦種苗時，不但長得好而且又快，縮短眼幼虫，糠蝦期幼虫所需時間，不只節省人力、物力，而且提高活存率。

螺旋藻除可作蝦類人工繁殖時各期餌料外，並可用來餵飼草食性之虱目魚，吳郭魚等，初步試驗，虱目魚等嗜食螺旋藻，很適合仔魚之餌料，現正試驗中。

## 謝 辭

本試驗蒙農復會漁業組副組長壯狄、袁技正柏偉及省水產試驗所鄧所長火土，台南分所黃分所長丁郎，陳代分所長世欽的鼓勵與指導，資源系曾主任文陽提示鼓勵並惠予修改本文，本所同仁及周敏川君，簡煌彬君協助得以完成在此敬表謝忱。

## 引用文献

- (1)小川隆平(1974) :スピルリナの生産技術と食品への利用。食品工業.,17,48~52
- (2)中山豊藏(1975) :スピルリナ—新しい蛋白質としての可能性。New Food Industry., 17, 7-13.
- (3)田中淑人・松口英孝・片山輝久(1974) :藻類カロチノイドの比較生化学—IV, 藍藻 (*Spirulina platensis*) のカロチノイド。鹿兒島大學水産學部紀要.,23,1~8
- (4)陳其澤(1975) :豊年蝦之培養試験, 中國水産.,274 12~15。
- (5)黃丁郎・蔡碧心(1976) :豊年蝦連續培養及其耐久卵之形成與採收試験。中國水産.,281, 3-5.
- (6)劉慧英(1976) :新蛋白源—藍綠藻。中國水産.,278 14-17.
- (7)Clement. G, C. Giddey and R. Menzi. (1976) :Amino acid composition and nutritive value of the alga *Spirulina maxima*. J. Sci. Td. Agric., 18, 497-501.
- (8)D'Agostino, A.S., and L. Provasoli, (1968) :Effects of salinity and nutrients on mono- and diaxenic cultures of two strains of *Artemia salina*. Biol, Bull., 134(1), 1-14.
- (9)Mason, D. t. (1963) : The growth response of *Artemia salina* (L). to various feeding regimes. Crustaceana., 5, 138-150.
- (10)Reit et al (1968): Comp, Biochem, Physiol, 25, 401.
- (11)古川一郎 : Marine yeast によるクルマエビ幼生の飼育について (頼仲謀譯 (1975) ) : 使用海洋酵母飼育斑節蝦幼苗之研究。漁牧科學.,1975.7,P65-67)