

影響螺旋藻生長的因素及螺旋藻利用試驗

蔡碧心

The influential factors on *Spirulina sp.* growth
and the utilization of *Spirulina sp.*

Tsai Pi-Hsin

This is the study of effects of environmental factors on the growth of *Spirulina platensis* and the evaluation of utilizing *Spirulina sp.* as food for culture of penaeid shrimps.

During the continuous culture of *Spirulina sp.* with fermented hog manure in outdoor pool, Sodium bicarbonate or Sodium chlorid was added to increase the alkalinity and salinity to control the increase of Rotifer and Protozoa population.

It was found that optimal pH range for *Spirulina sp.* growth is between 8.0 and 10.0.

Nitrogen and Carbon source were the limiting factors for the growth of *Spirulina sp.* Nitrogen and carbon deficiency would lower the nutritive value of *Spirulina sp.* Potassium and Phosphate were not the limiting factors.

In the feeding experiment of *M. rosenbergi*, weight gains of the shrimp was more satisfactory with diet containing 20% *Spirulina sp.* as part of protein source.

In the artificial feed of *P. monodon*, of content *Spirulina sp.* should not be over 20% as protein source.

The artificial diet containing 30% *Spirulina sp.* could induce the ovarian development of *P. japonica* from chromatin nucleolus stage to mature stage.

前 言

將豬排泄物以嫌氣發酵法處理後，利用含高養分之排出廢液，來培養高蛋白含量之螺旋藻，已由筆者⁽¹⁾及邱⁽²⁾等確立其可行性，此對養豬廢水之處理，將可減少其環境污染之問題，並將無用之廢物，轉變為可利用之資源。為穩定以豬糞尿發酵液大量培養螺旋藻之方法，本試驗則就連續大量培養螺旋藻所遭遇到的問題加以探討，並確立螺旋藻在蝦類養殖上之營養價值。

方 法 與 結 果

一、培養螺旋藻幾個問題之探討：

(一)以豬糞尿發酵液連續培養螺旋藻：

於室外紅泥培養池(32×8×0.3M³)，接種螺旋藻，在560m μ 下之Optical density為0.156，每天添加5 ppm NH₃-N之發酵液，至第14天後，O. D. 升至1.376，開始採收，並維持O. D. 在1.0以上，連續培養四個月後，O. D. 開始下降，藻液呈綠褐色，Brachionus, Philodina及Protozoan等繁生，將藻體過濾後，濾液已呈橘褐色，pH值為8.85，此時已不適合螺旋藻之生長，應清池重新培養。為探討如何遏止這些動物性浮游生物之繁生，自培養池內取藻液至室內2ℓ之培養瓶內，分別以下列方法處理之：

A：添加 8.4g/ℓ NaHCO₃；B：添加 3.0g/ℓ NaCl

C：添加 1.5g/ℓ NaCl；D：對照組

結果：A組在第6天，Brachionus及Philodina皆沈澱於瓶底內，藻液內已無，且藻液轉為綠色。B組於第8天開始轉綠，但藻液內仍有Brachionus，至第10天才完全清除，C組由於添加之NaCl量少，反而有助於Brachionus及Philodina之繁生，而於第13天螺旋藻全為其所取代，D對照組則於第6天，O. D. 降至0.228。各組之O. D. 變化如表1. 所示。

Table 1. Growth of *Spirulina sp.* under different treatment

| Treatment | Days | O. D. 560 | | | | | | | | | |
|-----------|------|-----------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0 | 1 | 5 | 7 | 9 | 12 | 14 | 16 | 19 | 21 |
| A | | 0.50 | 0.69 | 0.73 | 0.80 | 0.83 | 0.95 | 0.98 | 0.99 | 1.08 | 1.02 |
| B | | 0.50 | 0.50 | 0.51 | 0.55 | 0.56 | 0.59 | 0.61 | 0.67 | 0.75 | 0.80 |
| C | | 0.50 | 0.52 | 0.44 | 0.35 | 0.27 | 0.11 | — | — | — | — |
| D | | 0.50 | 0.50 | 0.228 | — | — | — | — | — | — | — |

| Treatment | Days | pH value | | | | | | | | | |
|-----------|------|----------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 0 | 1 | 5 | 7 | 9 | 12 | 14 | 16 | 19 | 21 |
| A | | 8.85 | 9.62 | 9.90 | 9.95 | 9.90 | 10.18 | 10.20 | 10.15 | 10.10 | 10.20 |
| B | | 8.85 | 9.30 | 9.40 | 9.51 | 9.48 | 9.75 | 9.80 | 9.80 | 9.68 | 9.85 |
| C | | 8.85 | 9.40 | 9.55 | 9.52 | 9.48 | 9.70 | — | — | — | — |
| D | | 8.85 | 9.28 | 9.40 | — | — | — | — | — | — | — |

Treatment A: 8.4 g/l NaHCO₃ added

B: 3.0 g/l NaCl added

C: 1.5 g/l NaCl added

D: control

(一)各種因子對螺旋藻生長之影響：

1. 螺旋藻生長之適當pH值範圍：

利用 2ℓ之培養瓶，加入化學肥料： NaHCO_3 8.4g/ℓ, NaNO_3 1.0g/ℓ, K_2SO_4 1.0 g/ℓ, K_2HPO_4 0.5g/ℓ, 以 1N HCl及 1N NaOH 調節pH值為 7.0、8.0、9.0、10.0、11.0、12.0。二重覆。由於培養液之pH值會隨著藻體之生長而升降，故每天須以HCl或NaOH調整，並每二天以 560m μ 之波長測O. D.。

結果如圖 1. 所示，以pH值維持在 9.0者，螺旋藻之生長最佳，其次為pH為10.0，8.0者，再次為pH 7者，而以pH值維持在11.0~12.0者為最差，且此二組，藻體長度僅有 2.5~15 μ ，較其餘四組之藻體長度(200~ 500 μ)相差甚多，且易於凝結，攪拌一停止，即凝結於瓶底。故螺旋藻生長最適之pH值範圍在 8.0~ 10.0。於室外大量培養時藻液常於開始培養後，第24、25天，pH值升至11.0，此時應通入 CO_2 ，以降低pH值，以豬糞尿培養時，藻液之pH值較以化肥培養者為低，其差值約在 0.5左右，此因發酵液內所含之有機酸不但可為螺旋藻生長所須之碳源，亦可降低些微的pH值。

2. 氮素對螺旋藻生長之影響：

利用2ℓ之培養瓶，分為五組，各組所添加的化肥成份如表2。二重覆。每二天測一次O. D. 及pH值，並觀察藻體生長情況。

結果如圖2.所示：以C組之生長為最佳，A、B組所添加的氮源雖多於C組，但生長却不及C組，故螺旋藻生長所須之氮濃度，以 NaNO_3 1.0g/ℓ為適當，E組由於缺乏氮源，於培養後第五天，藻液即呈黃色，且藻體變短，藻體密度雖仍繼續緩慢增加，此是由於地下水內含有 3ppm之Ammonia-Nitrogen及微量之Nitrite、Nitrate，待其用盡後，而於第十天慢慢枯死，故氮源為螺旋藻生長所必須的。

Table 2. Different amount of NaNO_3 for *Spirulina sp.* growth.

| Item | A | B | C | D | E |
|---|------|------|------|------|------|
| NaHCO_3 | 8.4 | 8.4 | 8.4 | 8.4 | 8.4 |
| K_2HPO_4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| NaNO_3 | 3.0 | 2.0 | 1.0 | 0.5 | 0 |
| K_2SO_4 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
| $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| E. D. T. A. - Na_2 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 |
| ground water | 1ℓ | 1ℓ | 1ℓ | 1ℓ | 1ℓ |

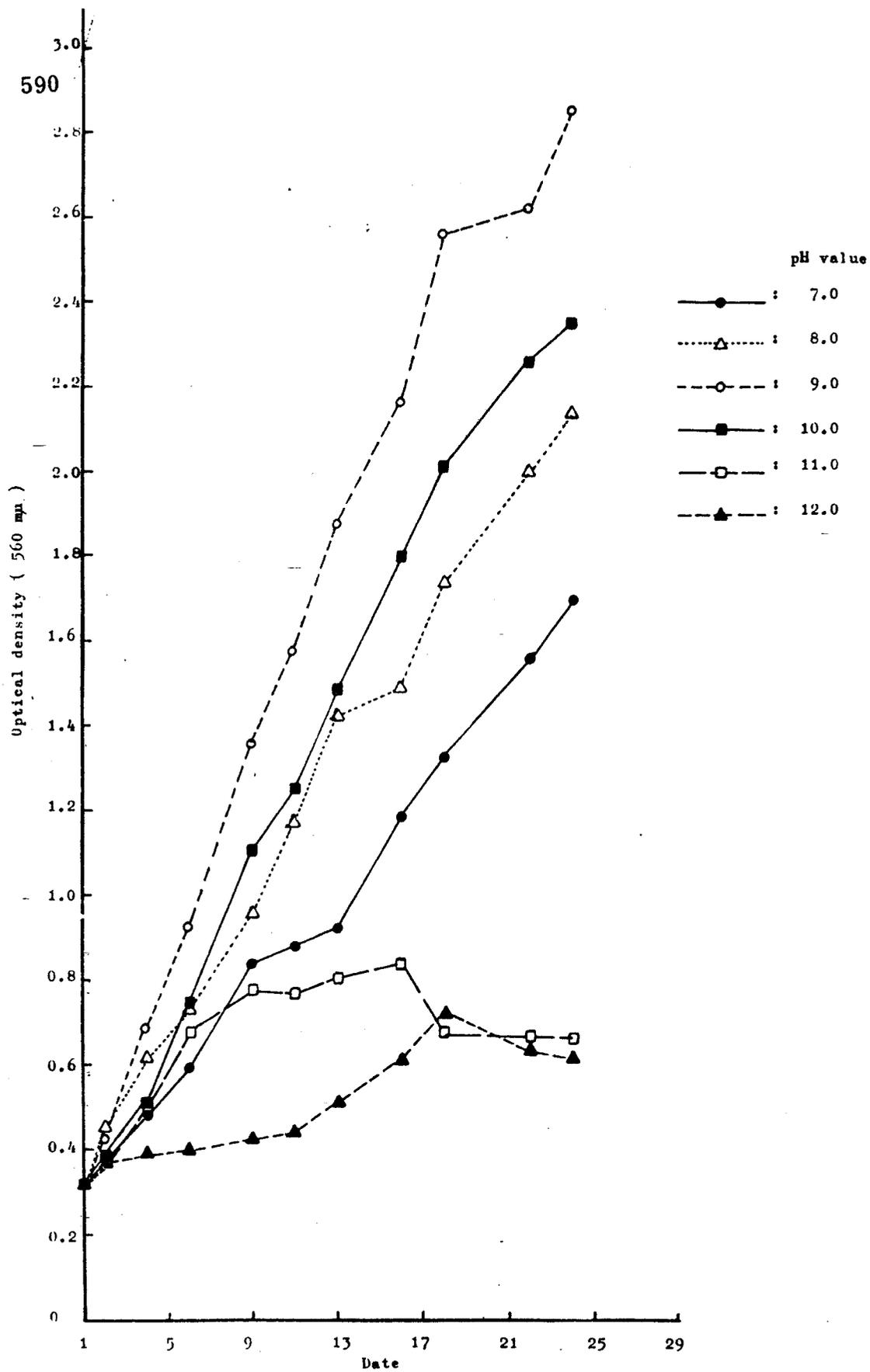


Fig. 1: Effect of pH value on the growth of *Spirulina sp.*

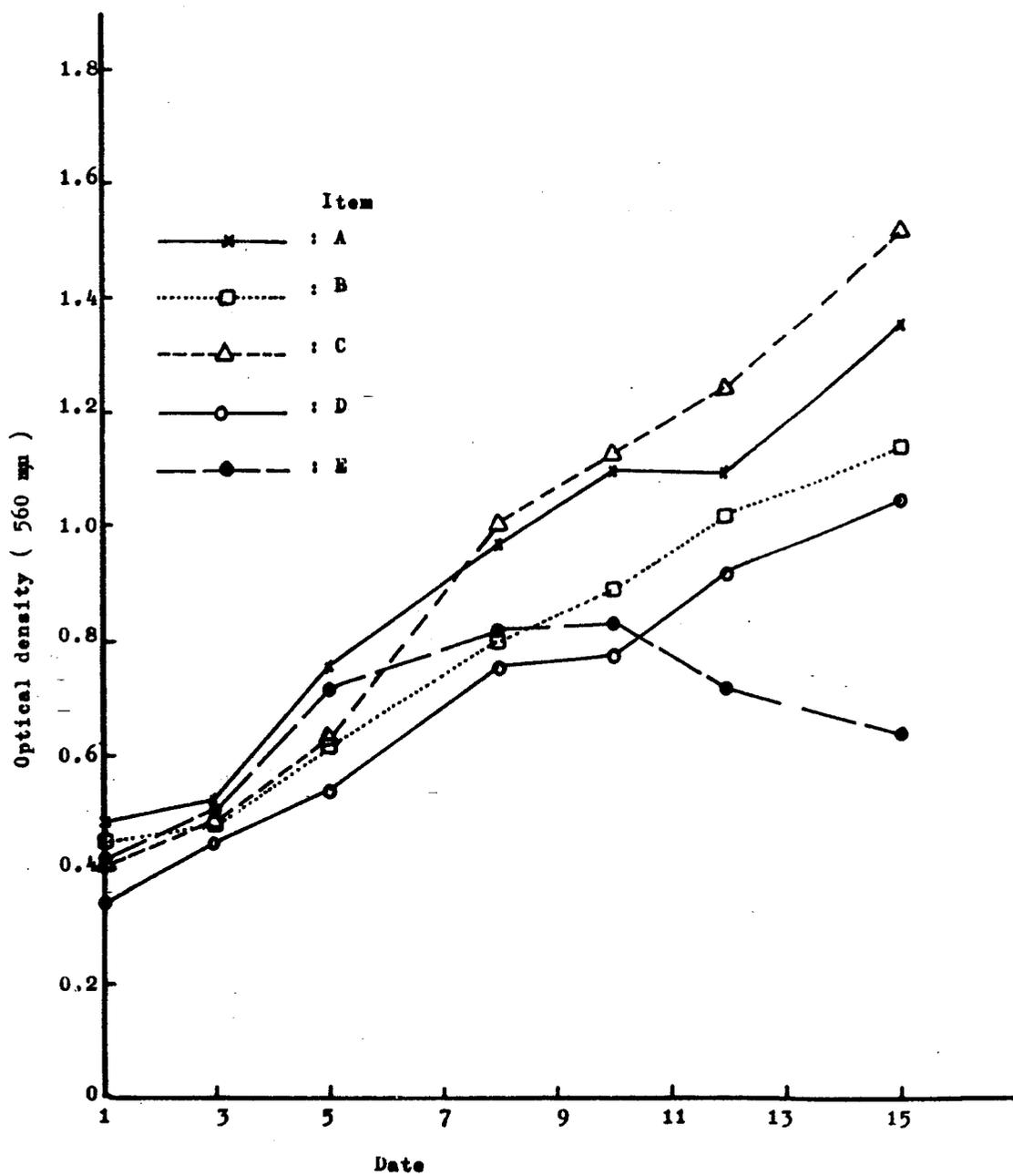


Fig. 2: The effect of Nitrogen source on the growth of *Spirulina sp.*

3. 鉀及磷對螺旋藻生長之影響：

利用20培養瓶，分為8組，二重覆，各組所添加之營養塩如表3所示。每二天以O. D. 測其生長情形。

結果如圖3. 圖4. 所示，就鉀肥言，其對螺旋藻生長之影響不大，即鉀非限制因子。就磷肥言：以E組之生長為最佳，餘三組所添加之磷肥雖多於E組，但生長情形却不及E，故磷肥亦非螺旋藻生長之限制因子。

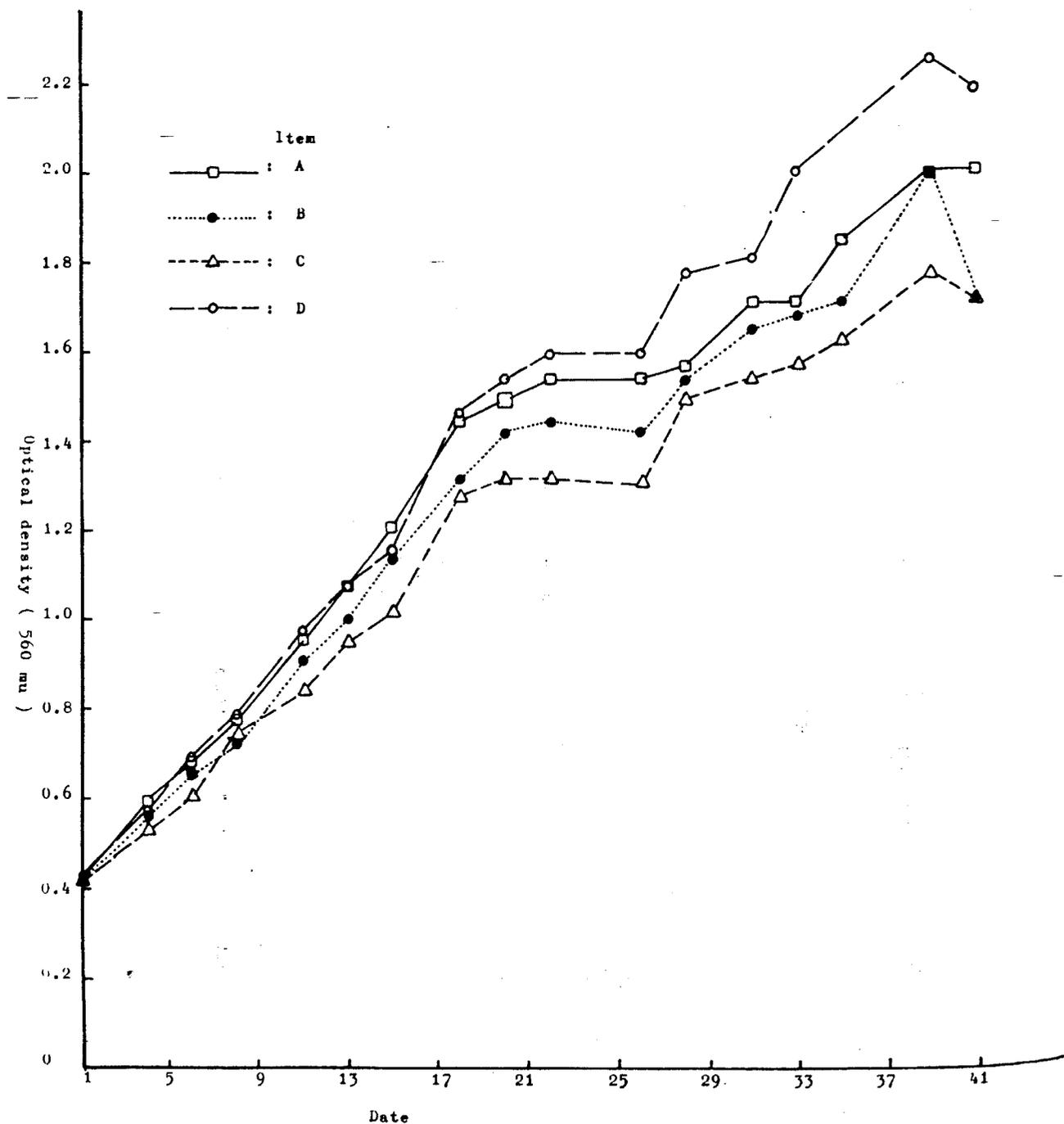


Fig. 3: Effect of Potassium on the growth of *Spirulina sp.*

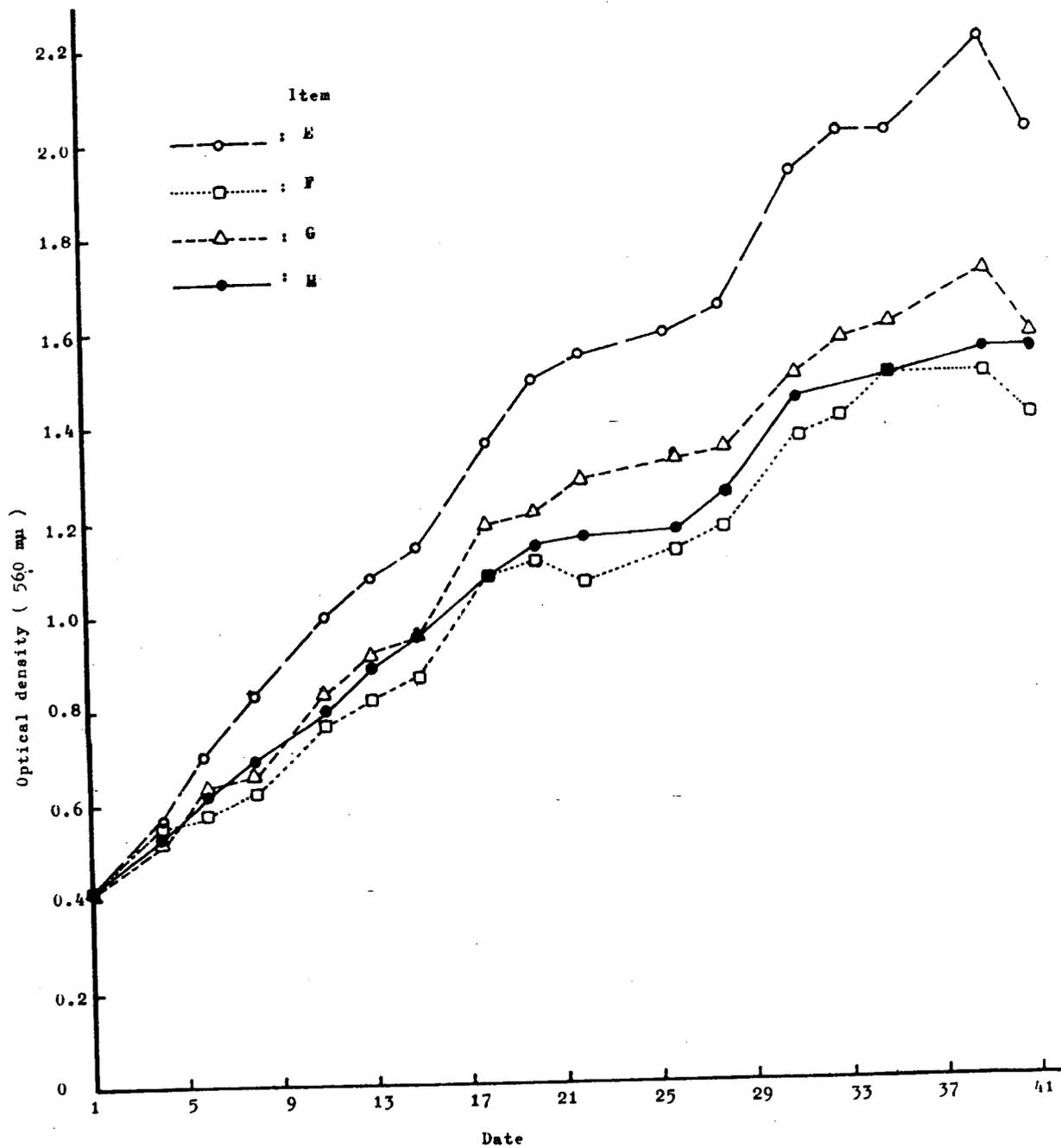


Fig. 4: Effect of Phosphate on the growth of *Spirulina sp.*

Table 3. Different amount of potassium and phosphate for *Spirulina sp.* growth.

| Item | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|------|-----|-----|------------|------|-----|-----|-----|
| NaNO ₃ | | | | 3 | | | | |
| NaHCO ₃ | | | | 8 | | | | |
| K ₂ SO ₄ | 0.25 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| Na ₂ HPO ₄ · 12H ₂ O | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.25 | 0.5 | 1.0 | 1.5 |
| Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O | | | | 3.5 | | | | |
| FeSO ₄ | | | | 0.01 | | | | |
| FeC ₆ H ₅ O ₇ · H ₂ O | | | | 0.01 | | | | |
| CaCl ₂ · 2H ₂ O | | | | 0.04 | | | | |
| MgSO ₄ · 7H ₂ O | | | | 0.02 | | | | |
| E. D. T. A-Na ₂ | | | | 0.065 | | | | |
| Dist. H ₂ O | | | | 1000 c. c. | | | | |

4. 碳源對螺旋藻生長之影響：

以NaHCO₃作為碳源，利用20培養瓶，二重覆，各組之營養塩成份如表4.所示。每二天測一次O. D並於第24天結束試驗時，將藻體過濾收集，以50°C之烘箱烘乾後，分析其化學成份。結果如圖5.及表5.所示：NaHCO₃含量愈多者，螺旋藻之生長愈佳，且藻體所含之蛋白質，脂肪亦隨之增高，故Medium內之NaHCO₃不但會影響螺旋藻之生長，且對藻體所含之營養成份有很大之影響。

Table 4. Different amount of Carbon Source for *Spirulina sp.* growth.

| Item | A | B | C |
|---------------------------------------|------------|------|------|
| NaHCO ₃ | 0 | 4.2 | 8.4 |
| K ₂ HPO ₄ | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| NaNO ₃ | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| K ₂ SO ₄ | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| MgSO ₄ · 7H ₂ O | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| CaCl ₂ · 2H ₂ O | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
| FeSO ₄ · 7H ₂ O | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| E. D. T. A-Na ₂ | 0.08 | 0.08 | 0.08 |
| ground water | 1000 c. c. | | |

Table 5. Chemical analysis of *Spirulina sp.* under different amount of NaHCO_3

| Item | A | B | C |
|---------------|-------|-------|-------|
| crude protein | 42.82 | 49.90 | 53.20 |
| crude fat | 9.18 | 10.78 | 24.38 |
| crude ash | 23.18 | 32.63 | 17.46 |
| moisture | 9.21 | 6.69 | 8.86 |

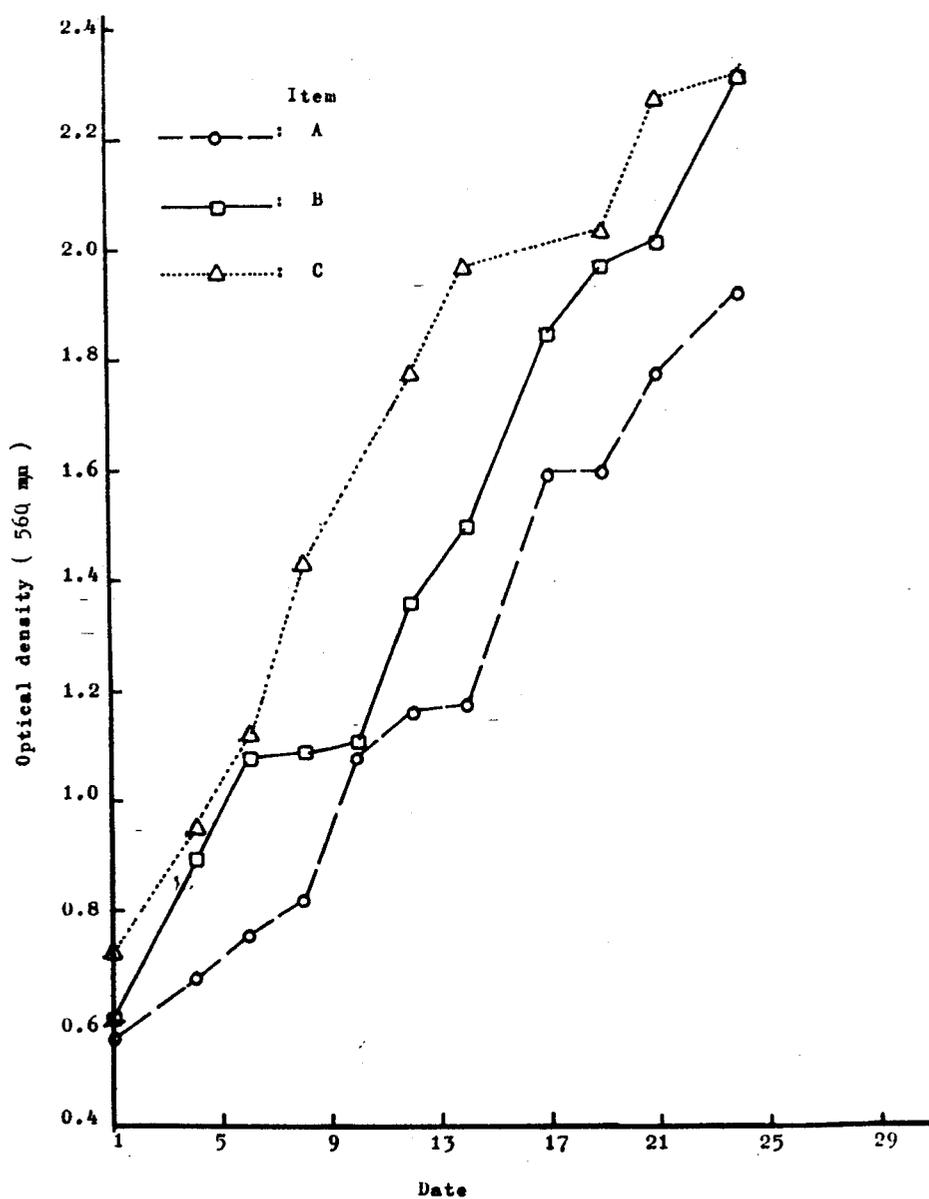


Fig. 5: Effect of Carbon source on the growth of *Spirulina sp.*

二、螺旋藻之利用：

(一)淡水蝦餌料試驗：

為明瞭螺旋藻作為淡水蝦飼料蛋白源之可行性，利用40ℓ水族箱，放養淡水長腳大蝦，*Macrobrachium rosenbergi*，幼苗各11尾，分為四組，各組所投與之飼料如表6，飼料之成份分析如表7。試驗期間記錄每天水溫變化，並每天換水一次，以清除殘餌，每二星期測一次體重。

結果如圖6、7及表8所示：就成長率及增肉係數言，皆以C飼料（含 *Spirulina sp.* 20%）為最佳，分別為543.28%及2.09，其次為B飼料（含 *Spirulina sp.* 10%）成長率466.67%，增肉係數2.37。再次為A飼料（無 *Spirulina*），而以D飼料為最差。就活存率言，以D最佳，其次為A及B，而以C為最差，僅有 45.50%，其死亡率高之原因，有待進一步之探討，綜觀上述之結果，就淡水蝦言，螺旋藻可取代20%的飼料蛋白源。試驗期間之水溫為25~29°C。

Table 6. Artificial diets of different level of *Spirulina sp.* for *Macrobrachium rosenbergi*.

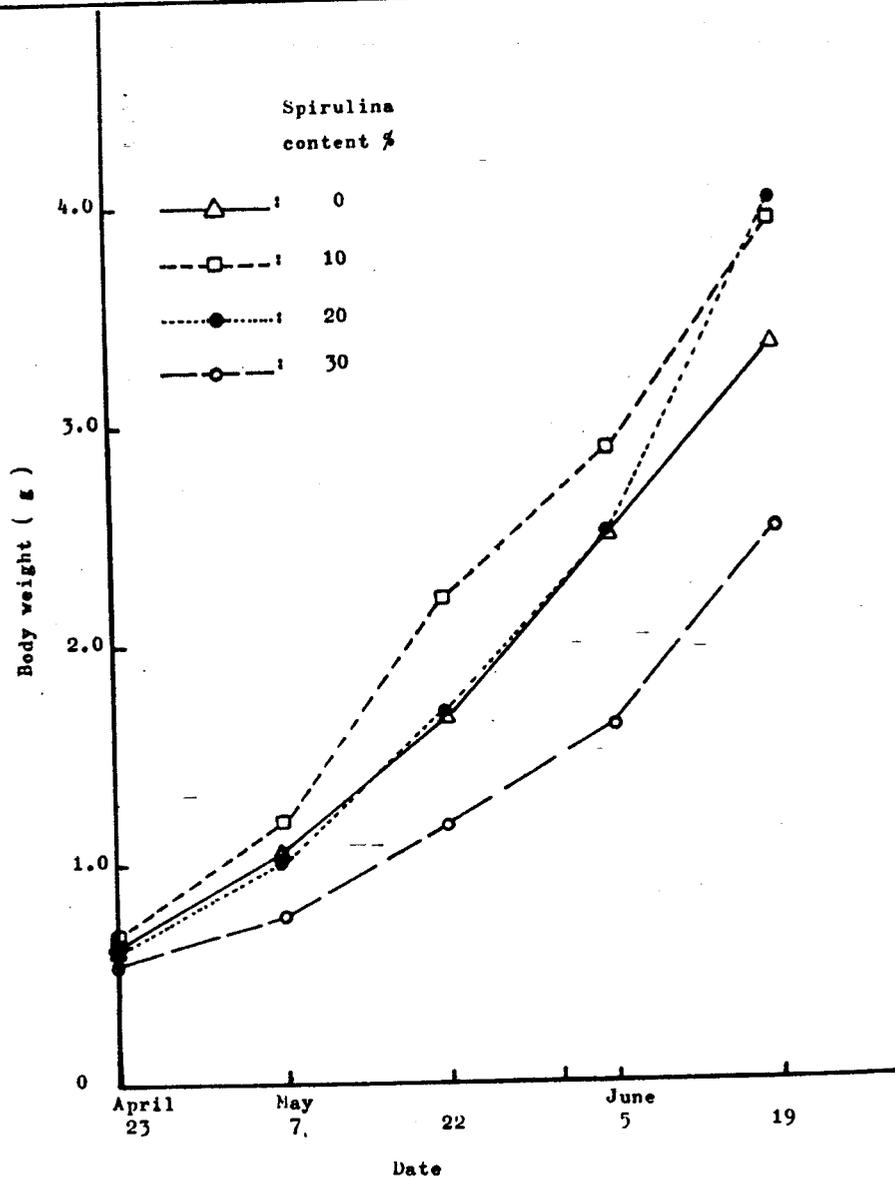
| Ingredients | Diet. no. | | | |
|---------------------------|-----------|----|----|----|
| | A | B | C | D |
| <i>Spirulina</i> | 0 | 10 | 20 | 30 |
| Casein 9 Egg Albumin 1 | 40 | 30 | 20 | 10 |
| Shrimp meal | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Voheat glutea | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Dextrin | 14 | 14 | 14 | 14 |
| Cholesterol | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Cellulose | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Mineral mix | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Vit. mix | 4 | 4 | 4 | 4 |
| α -starch | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Oil | 6 | 6 | 6 | 6 |

Table 7. Chemical analysis of the composition of diets (%).

| Item | A | B | C | D |
|---------------|-------|-------|-------|-------|
| Crude protein | 55.07 | 51.07 | 46.62 | 41.73 |
| Crude fat | 6.65 | 8.39 | 8.85 | 9.35 |
| Crude ash | 7.69 | 7.19 | 7.43 | 7.81 |
| moisture | 4.23 | 5.56 | 6.57 | 5.34 |

Table 8. The results of experiment after raising *M. rosenbergi* for 57 days.

| Item | A | B | C | D |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Initial mean B.W. (g) | 0.64 | 0.69 | 0.62 | 0.55 |
| Final mean B.W. (g) | 3.35 | 3.91 | 3.99 | 2.52 |
| Total amount consumed (g) | 78.02 | 88.59 | 69.31 | 64.23 |
| Total weight increased (g) | 32.10 | 37.46 | 33.19 | 21.62 |
| Conversion coefficient | 2.43 | 2.37 | 2.09 | 2.97 |
| Growth rate (g) | 423.44 | 466.67 | 543.55 | 358.18 |
| Survival rate (g) | 72.07 | 72.70 | 45.50 | 100.00 |

Fig. 6: The growth of *Macrobrachium rosenbergi*.

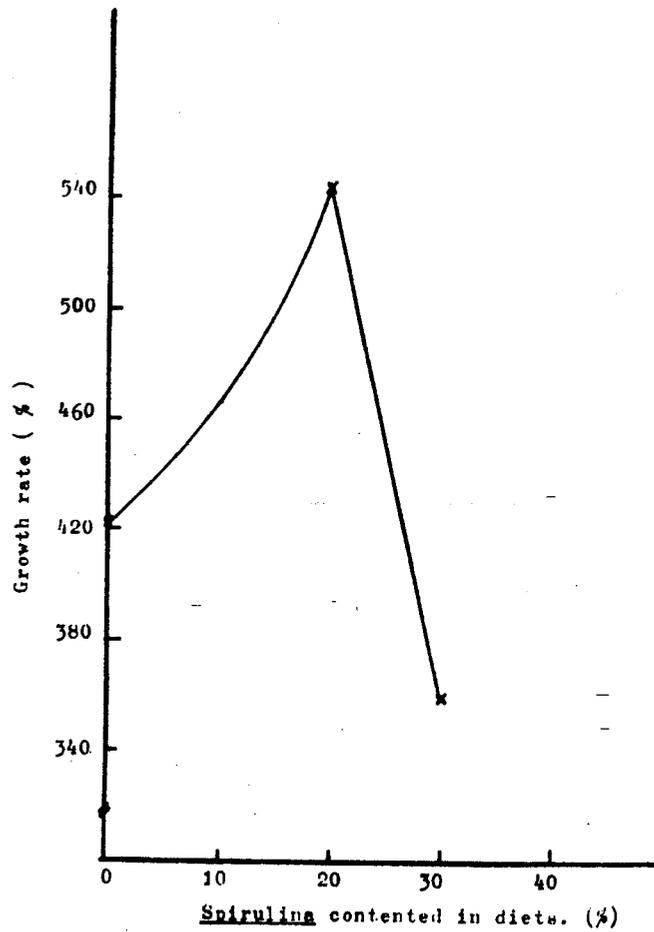


Fig. 7: Effect of dietary levels of *Spirulina sp.* on the growth of *M. rosenbergi*.

(二)草蝦餌料試驗：

利用室外水泥池 (5.7m² × 0.6m)，各放養蝦苗 150尾，餵以人工配合飼料，其組成與成份分析如表9、10，每二星期測一次體重，並記錄試驗期間之水溫、鹽度及pH值等變化。另於試驗終了時，在飼料內添加 1%之氧化銻，作為指標物質，採集蝦糞，測定消化吸收率。

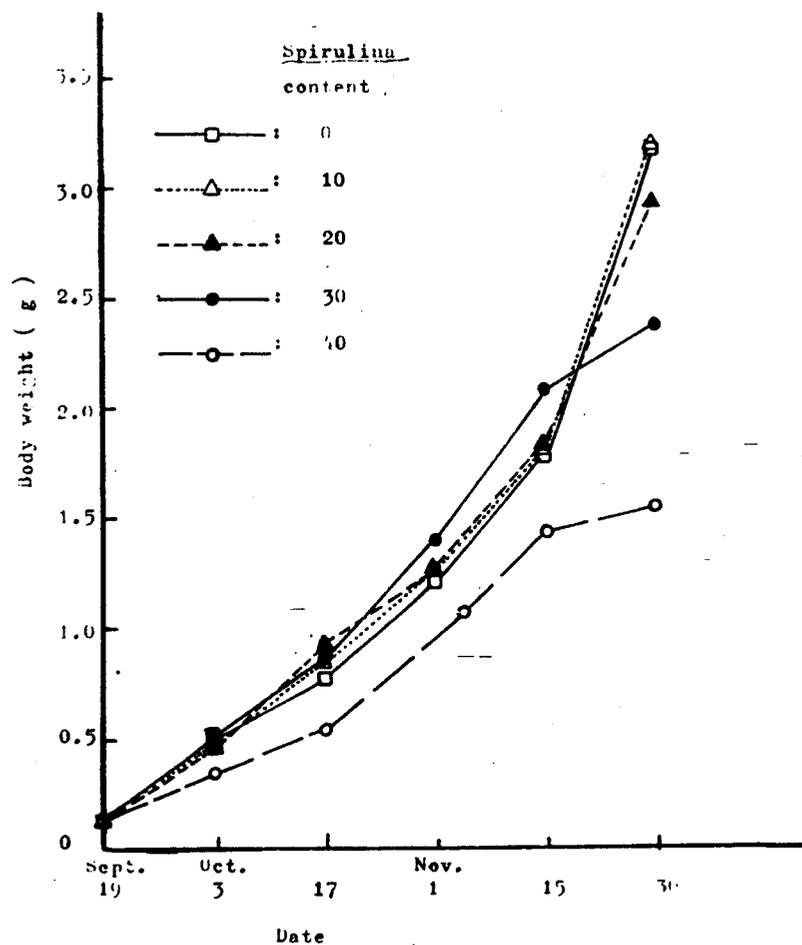
Table 9. Artificial diets of different level of *Spirulina sp.* for *P. monodon*.

| Ingredients | Diet no. | | | | |
|------------------|----------|----|----|----|----|
| | A | B | C | D | E |
| Fish meal | 40 | 30 | 20 | 10 | 0 |
| <i>Spirulina</i> | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 |
| Shrimp meal | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Yeast | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Wheat gluten | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Dextrin | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Mineral mix | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Cellulose | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Vit. mix | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Oil | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |

Table 10. Chemical analysis of the diets (%).

| Item | A | B | C | D | E |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Crude protein | 42.06 | 41.45 | 40.17 | 38.08 | 36.10 |
| Crude fat | 8.45 | 8.34 | 7.73 | 7.69 | 6.98 |
| Crude ash | 14.12 | 12.76 | 11.52 | 10.24 | 8.30 |
| moisture | 8.41 | 5.83 | 5.22 | 8.18 | 8.67 |

結果如圖 8、9 及表 11 所示：草蝦之成長以 A 不含螺旋藻為最佳，而以 E 含 40% 螺旋藻者為最差，此由圖 9 可明顯看出，螺旋藻含量愈多，蝦之成長愈差。就增肉係數言，亦有相同之趨向，A 組為 2.68，而 E 組為 5.48，僅 B、C 組與 A 組較接近。就蛋白質消化吸收率言，A、B、C 三組均高達 98%，而 D、E 二組則明顯下降，D 為 84.66%，E 僅有 63.80%，故對草蝦言，螺旋藻僅可取代 10~20% 的魚粉蛋白源，或是作為飼料中的添加物，試驗期間，水溫在 20~29°C 間，pH 值維持在 8.3~8.5，鹽度在 30~36‰ 之間。

Fig. 8: Growth of *P. monodon*.

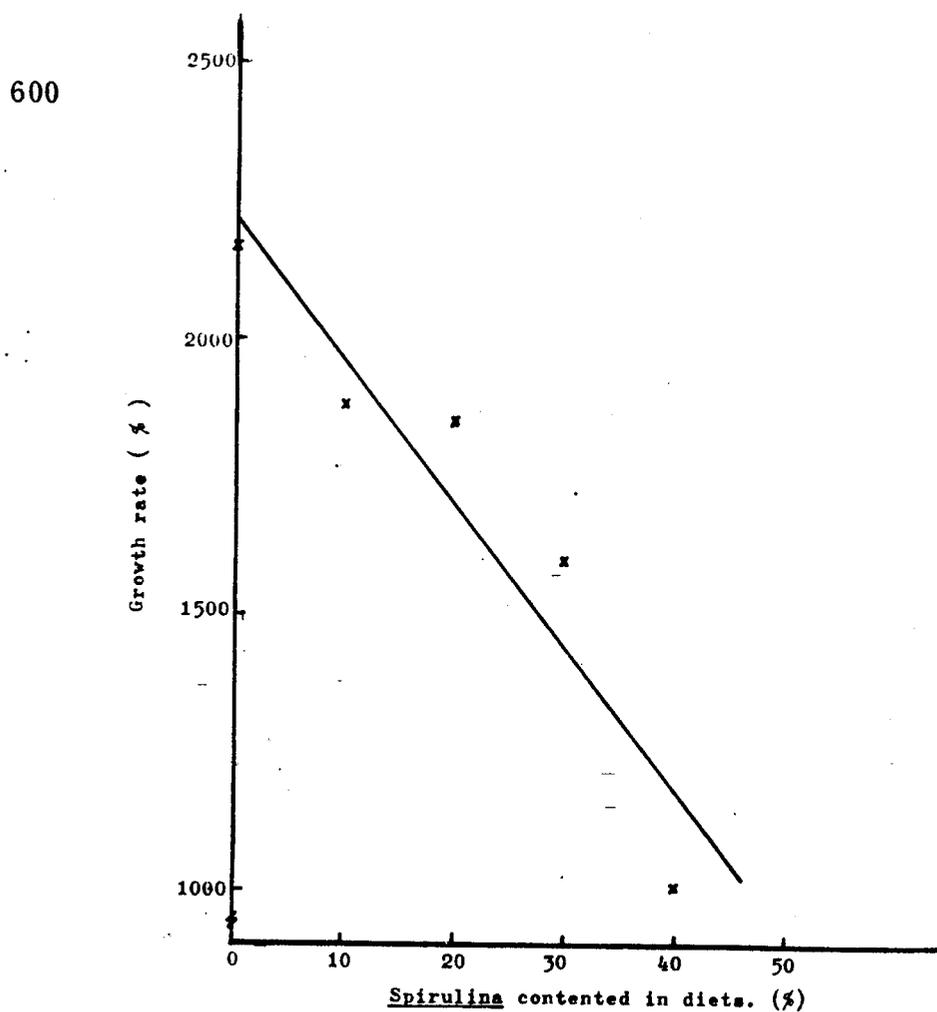


Fig. 9: Effect of dietary levels of *Spirulina sp.* on the growth of *P. mcnodon*.

Table 11. The results of experiment after raising *P. mcnodon* for 72 days.

| Item | A | B | C | D | E |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|--------|
| Initial mean B.W. (g) | 0.14 | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.14 |
| Final mean B.W. (g) | 3.18 | 3.18 | 2.93 | 2.38 | 1.55 |
| Total amount consumed (g) | 1025.85 | 1080.01 | 1120.87 | 1139.99 | 923.8 |
| Total weight increased (g) | 383.55 | 380.35 | 373.00 | 324.60 | 168.43 |
| Conversion coefficient | 2.68 | 2.84 | 3.01 | 3.51 | 5.48 |
| Survival rate (%) | 68.00 | 66.00 | 78.67 | 94.00 | 82.67 |
| Growth rate(%) | 21.71 | 18.87 | 18.53 | 16.00 | 10.07 |
| Digestibility (%) | 98.24 | 98.30 | 98.30 | 84.66 | 63.80 |

☐螺旋藻對蝦卵巢催熟試驗：

取人工繁殖後之斑節母蝦及雄蝦，置於 1 噸塑膠桶內加溫，使溫度維持在 26°C，餵予添加 30% 螺旋藻之臺榮成蝦飼料，並以餵臺榮飼料者為對照組，定期作卵巢切片，觀察卵巢之成熟情形。成熟度則依照松原⁽³⁾等對キンギョ卵巢成熟過程之區分來判斷。

結果如表 12. 所示：斑節種蝦自 2 月 23 日放入塑膠桶內加溫後，至第 8 天作卵巢切片時，餵予含 30% 螺旋藻飼料者，卵巢已呈黃色，經切片觀察是屬於週邊仁後期 (Late peri-nucleolus stage)，卵母細胞變大，大多數核仁排列在核周邊 (fig. 10.)。至第 24 天卵巢成橘黃色，卵黃球擴散於整個細胞質內之大半部，是屬於第三期卵黃球期 (3° yolk globules stage) (fig. 11.)。其生殖腺指數 (%) 為 1.29，至第 49 天，卵巢已呈草綠色，整個卵母細胞為卵黃球所擴散，屬於成熟期 (mature stage) (fig. 12.)，G. S. I. 為 5.498。反觀僅餵與臺榮飼料者，其卵巢皆屬於染色仁期 (Chromatin-nucleolus stage)，可清楚看到核仁分散在核中。

Table 12. The ovarian development of *P. japonica*.

| Item | Date | Ovary color | developmental stage | G. S. I. |
|-------------------------------|----------|-------------|---------------------------|----------|
| <i>Spirulina</i> sp. 30% feed | March 1 | Yellow | Late peri-nucleolus stage | — |
| | March 17 | Orange | 3° yolk globules stage | 1.29 |
| | April 4 | Green | mature stage | 5.498 |
| Control | March 1 | white | Chromatin nucleolus stage | — |
| | March 17 | Yellow | Chromatin nucleolus stage | 0.96 |
| | April 4 | white | Chromatin nucleolus stage | 0.517 |

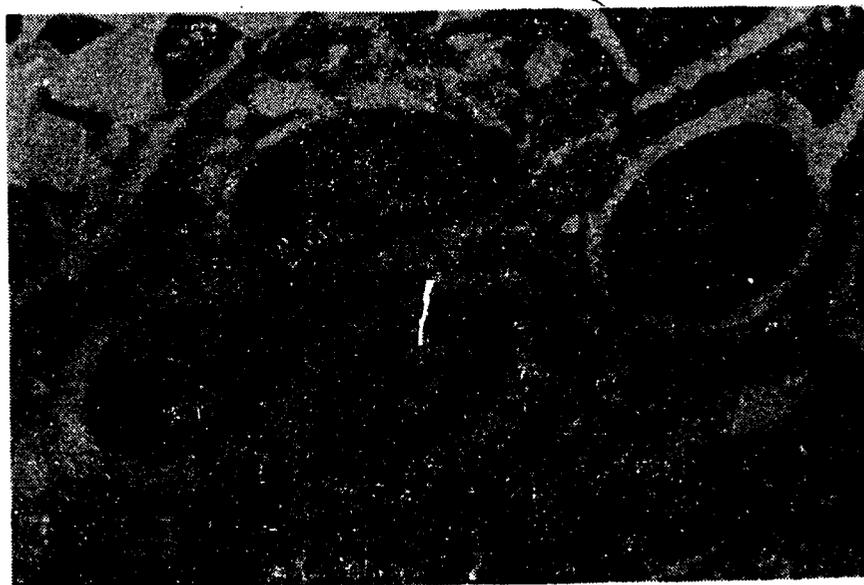


Fig. 10 : Late peri-nucleolus stage (300 ×)

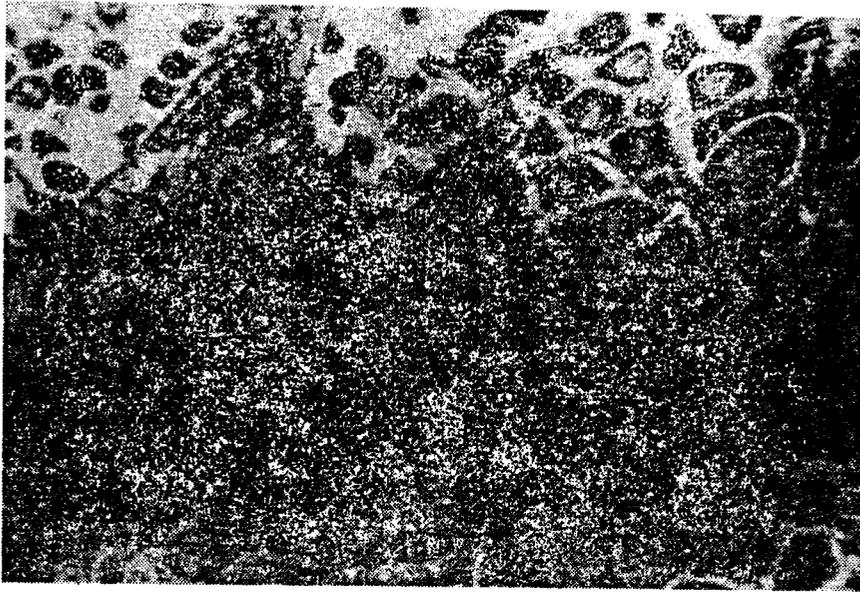


Fig.11 : 3° yolk globules stage ($\bar{150\times}$)

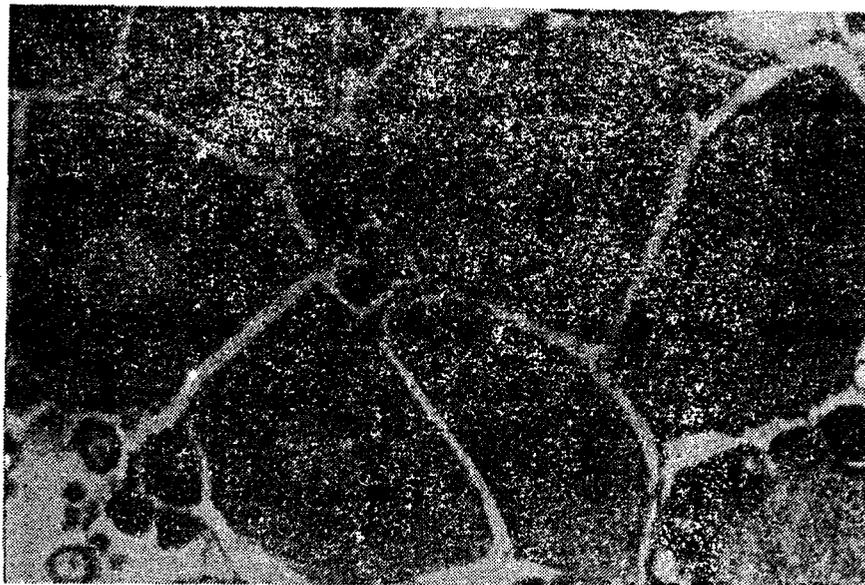


Fig.12 : Mature stage ($300\times$)

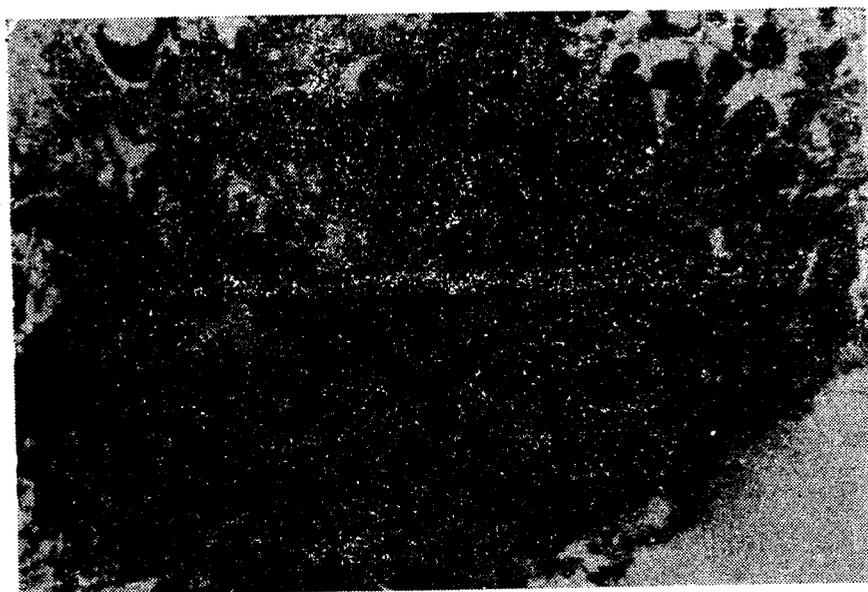


Fig. 13 : Chromatin nucleolus stage (150×)

討 論

螺旋藻*Spirulina platensis*，雖具高度的營養成份，但其深受培養環境之影響。若生長環境不佳，不僅使螺旋藻生長情形不良，其營養含量亦會降低。

以豬糞尿連續大量培養螺旋藻，由於發酵液本身含有多量的微生物，且發酵液呈黑色，長期添加的結果，不但易促使原生動物及輪虫類等的繁生，亦會影響螺旋藻之生長，由於螺旋藻為一耐高鹼性，高鹽度的藻類⁽⁴⁾，故可利用添加大量的 NaHCO_3 或 NaCl 提高藻液之鹼度及鹽度，促使原生動物及輪虫等滅絕，且可減少雜菌之污染。以化肥培養者，由於生長環境一直保持高鹼度，故不易引起其它生物的繁生；以豬糞發酵液培養者，雖然發酵液內的有機酸，可當作碳源，但其鹼度皆較低，故若能適時添加 NaHCO_3 ，不但可增加碳源，且可提高鹼度，抑制其它生物的孳生。

為了能大量生產，螺旋藻培養池須置於室外，在臺灣南部，由於天氣炎熱，夏季白天太陽的照度皆在 3~ 8萬Lux左右，冬季晴朗時，照度亦在 1萬Lux以上，此與螺旋藻之最適光照度：4000~ 5000Lux⁽⁴⁾，高出甚多，如此不但使藻體之能量變換效率降低，亦使藻內之葉綠素產生褪色現象，故在夏季培養時，適當的遮蓋是必須的。

梅雨季節的來臨，可說是培養螺旋藻最困難的問題。由於培養池高度只有 30~ 50cm，池淺面積大，無法完全遮蓋，一遇雨季，藻液常溢出池外，不僅藻體流失，營養塩亦隨之流散，故為了保存藻種，可在培養池的排水口，以浮游網圍住，讓雨水流走，而藻體保留在池內，但此法由於藻體易將網目堵塞，而影響排水，故在下雨期間，須時常以人力清理網目，非常的不便，故效果不佳，最好是能準備一室內種母培養池，或是室外種池，池深在 2m以上，每當雨季一到，先將培養池內一部份的藻體，抽至種母培養池內，餘者則盡量予以採收，以減少損失。

螺旋藻雖為一耐鹼的藻類，但培養液之pH值仍不宜太高，pH值太高或太低均不利於藻體之生長。螺旋藻對 NaHCO_3 是利用其 HCO_3^- 離子，而 NaHCO_3 在水中解離的情形如下所示：

$\text{NaHCO}_3 \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$ ； $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \frac{1}{2} (\text{CO}_2 + \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O})$ 當藻液之pH值低於 6.0時，大部份之 HCO_3^- 皆形成 $\text{free} \cdot \text{CO}_2$ ；在pH值 8以上時，則以 HCO_3^- 形態存在，適於藻體之利用，當pH值升至11.0以上時，則形成 CO_3^{2-} ，不能為藻體所利用，且易與Ca離子形成 CaCO_3 之沈澱，而造成鈣質

之缺乏⁽⁵⁾。

螺旋藻無法固定空氣中游離的氮素，故須於培養基中予以添加，其中以無機態氮素源，較易為螺旋藻所利用，尤其是硝酸態氮最為適合，氫態氮遇高溫、高pH值時易於逸走，故須每日少量添加才行。若缺乏氮源供給時，藻體中之蛋白質即水解為可溶性之氮酸，供給新細胞合成葉綠素，待蛋白質用盡，葉綠素消失而枯黃⁽⁶⁾。

溶於水中之 NaHCO_3 、 KHCO_3 、 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 等碳酸塩皆為藻類植物行光合作用所須之碳源，以合成碳水化合物、醣類，再由此醣類轉變為脂肪、蛋白質，故若碳源缺乏，則光合作用受阻，醣類營養之供給缺乏，藻類之生長即受阻礙，脂肪、蛋白質之合成亦受阻，故氮、碳皆為藻體生長不可缺乏的因子。

淡水蝦及草蝦皆屬於雜食性的蝦類，此次飼料中所採用之螺旋藻粉末，因培養環境較差，其蛋白質含量亦較低，故飼料中之蛋白質含量皆隨著螺旋藻含量之增加而降低。就淡水蝦言：D飼料（含30% *Spirulina sp.*）之效果較差，除了植物性蛋白高於動物性蛋白外，其蛋白質含量較低，亦是促成蝦成長不佳之原因。A飼料蛋白質含量較高，但其飼育效果反不及B及C飼料，故對淡水蝦言，於飼料中添加部份之植物性蛋白源，蝦之成長將更佳。就草蝦言：雖屬雜食性，但較偏動物性，故其飼料蛋白源應以動物性蛋白質為主，螺旋藻之蛋白源只能作為部份的添加。

田畑⁽⁷⁾等以含有50% *Spirulina sp.*之混合飼料餵飼香魚，結果增重量、飼料效率、生殖腺指數、採卵率、孵化率及仔魚存活率等皆優於不含*Spirulina sp.*之混合飼料，田畑⁽⁸⁾亦曾指出，攝食附著性藻類及配合飼料之香魚，其個體採卵率及孵化後之存活率皆較配合飼料區為佳。此次以斑節蝦作為催熟之對象，餵飼含30%螺旋藻配合飼料之蝦卵巢已有發育至成熟期之現象，但將此成熟期之母蝦，取出另置桶內，待其產卵，卵巢常產生退化情形，而不能產卵、孵化，其原因有待進一步之探討。

摘 要

1. 以豬糞尿發酵液連續培養螺旋藻，須適時添加 NaHCO_3 或 NaCl ，以提高鹼度及塩度，抑制浮游動物 *Brachionus*、*Philodina*及*Protzonia*之繁生。
2. 螺旋藻生長之最適pH值範圍在 8.0~10.0間。
3. 氮、碳源皆為螺旋藻生長之限制因子，鉀、磷則非為限制因子。
4. 螺旋藻可取代淡水蝦飼料中20%之動物性蛋白源，草蝦飼料中10~20%之魚粉蛋白源。
5. 餵飼含30%螺旋藻混合飼料之斑節種蝦，其卵巢有發育至成熟期階段，不含螺旋藻飼料者，其卵巢屬於染色仁期。

謝 辭

本試驗係在行政院農業發展委員會補助計劃「糞尿培養螺旋藻及在水產養殖上之利用」（69農建—5.1—產 028）項下完成，並承丁分所長雲源惠予校閱及陳榮華君之協助，在此一併致謝。

參 考 文 獻

1. 蔡碧心、林峰生（1979）利用豬糞尿發酵液培養螺旋藻及其在水產養殖上之利用。省水產試驗所試驗報告 No. 31. pp. 455—465。
2. 邱榮治、劉慧瑛、宋秉南、鍾博（1979）豬糞尿之嫌氣處理與培養螺旋藻之研究。化工，No. 103。
3. 松原喜代松、落合明、岩中保（1965）魚類學（上）。恆星社，厚生閣。
4. 中村 浩（1978）マビルリナー新しい食糧。
5. F. E. Round（1973）The Biology of the Algae.
6. 易希道（1964）植物生理。

7. 田畑和男・柴田 茂 (1978) : 池中養成アユの採卵に関する研究—II 2.3の親魚養成餌料の比較
・水産養殖, 26(1) P. 21~25.
8. 田畑和男・柴田 茂 (1977) : 池中養成アユの採卵に関する研究—I 養成餌料とレユの附著藻類につて
・水産増殖, 25(1), P. 7~11.