

## 第五章 季節與生殖的關係

種蝦生殖力與量的多寡，與其全年季節性變動有絕對的關係，但是人工培育草蝦種蝦，它的生殖與季節性變動的關係，卻很少有報告提出（Aquacop, 1975; Santiago, 1977; Primavera, 1978; Jong, 1985; Lin et al., 1989 a, b），所以對於草蝦種蝦的相關知識，主要還是來自海中的調查（Motoh, 1981; Su, 1989）。在天然環境中，對蝦的生殖與季節的關係已經有廣泛地研究（Pillay and Nair, 1971; Thomas, 1974; Penn, 1980; Motoh, 1981; Crocos, 1987; Courtney and Dredage, 1988; Su, 1988）。根據文獻雌蝦的生殖年周期變化大都是呈雙峰型態（Garcia, 1977; 1985），然而生殖活動的高峰期與延續的時間則因種而異。成熟的雌草蝦它的產量因季節和海域而異，但是年周期都具有二個尖峰（Motoh, 1981）。Lin et al. (1989 a) 發現在種蝦培育池內雌蝦的受精率也具有二個尖峰的年周期變化。

Courtney and Dredge (1988) 也發現了在其對蝦如 *Penaeus lastisulcatus*，母蝦最高受精率延續的時間較成熟母蝦產量為長。大多數種類的雄蝦都會周年成熟，甚至生殖腺的活動不受季節的變化所影響（Pillay and Nair, Thomas, 1974; Sastry, 1983）。

然而引起對蝦生殖隨季節性變化的可能原因包括：溫度、光周期、鹽度和營養（Giese, 1959; Pillay and Niar, 1971; L'Homme, 1979; Morris et al., 1981; Motoh, 1981）。

本章將探討人工培育的草蝦種蝦在養殖池中，生殖腺指數、雌蝦受精率和卵巢發育與季節變化的關係。另外在不同月份切除雌蝦的單眼柄後，在試驗室內觀察生殖的狀況，以了解引起草蝦生殖季節性變化的原因。

雄蝦生殖腺的季節性變化：

經由terminal apoule的判讀（附錄Fig. 5）發現雄蝦在培育池中終年可成熟。生殖腺指數在十一至十二月之間最低，在一月更有顯著升高的趨勢（ $t = 4.180, p < 0.001$ ）。生殖腺指數的周年變化具有兩個尖峰。主要尖峰分布在一至六月，峰頂在三至六月之間。次要尖峰分布在七至十二月，峰頂在九月（Fig. 2）。

雌蝦生殖腺指數的季節性變化：

雌蝦的生殖腺指數在十一至一月之間最低，二月時才顯著的升高（ $t$

=5.032,  $p < 0.001$ )。生殖腺指數的周年變化亦具有二個尖峰，主要尖峰分布在一至六月，峰頂在六月。次要尖峰分布在七至十二月，峰頂在九月 (Fig. 3)。

雌蝦的受精率：

雌蝦受精率的周年變化亦具有二個尖峰。主要尖峰發生在一至六月，峰頂在六月。次要尖峰發生在七至十二月，峰頂在九月。十一至一月之間，在採獲的雌蝦中未發現有受精者，二月間首先發現受精的雌蝦。雌蝦的受精率從二至六月呈直線方式急速上升，在七月時突然下降至4.5%，然後再逐漸上升至九月的 19.8 % (Fig. 4)。

卵巢的發育：

十一至一月，採獲雌蝦的卵巢都處於未發育階段。在二月，25.0 % 的雌蝦具有第二期卵巢，4.8 % 具有第三期卵巢。成熟的雌蝦在三月首度被發現。三至六月，發育第三期卵巢的雌蝦急速的增加。六月發育第三期或成熟卵巢雌蝦比例最高。而二至六月，具有第二期卵巢的雌蝦比例則沒有顯著的變化，然而未成熟雌蝦的比例卻急劇下降，但七月時又大幅地上升。由七至十二月，沒有發現成熟的雌蝦，這段期間，九月有比例最高的雌蝦具第二或三期卵巢 (Fig. 5)。

切除單眼柄雌蝦生殖的季節性變化：

1. 成熟率：

每個月採集的雌蝦經過切除單眼柄後，它們的成熟率在一年內的變化也呈現二個尖峰的分布。主要尖峰分布在一至六月，峰頂在五至六月。次要尖峰分布在七至十二月，峰頂在九月。最低成熟率發生在七至八月 (Fig. 6)。

2. 眼柄切除後的成熟速率：

雌蝦切除眼柄後達到成熟的時間也隨季節而有差異，成熟速率的年變化則只有一個尖峰的分布。十一至二月之間，間隔時間為 50 天以上。三至七月則在 30 天以內 (Fig. 7)。

許多文獻就曾指出雄性的十足類終年都可以成熟，而且精巢的活動也不受季節變化所影響 (Heydorn, 1969; Pillay and Nair, 1971; Aiken and Wadern, 1980)。本試驗的雄蝦也是終年可以成熟，但是它們的生殖腺指數卻因季節而異，呈明顯的雙峰分布的關係。類似的情形也發生在蟹類 *Portunus pelagicus* (Pillay and Nair, 1971)。至於海中雄草蝦的生殖與季節的關係，則並沒有發現相關的報告。Lin et al. (1989) 在台南縣的草

蝦種蝦培育池中，發現精巢的重量隨著季節的變化而改變。一至九月它們的重量分布呈現出一個尖峰。但 Lin et al. (1989) 並沒有顯示七及八月的重量。而本試驗結果顯示生殖腺指數在這二個月有急劇下降的現象。

在大海中，多數雌對蝦的年生殖周期都具有二個尖峰 (Lindner and Anderson, 1956; Subramanyam, 1965; Rao, 1968; Pillay and Nair, 1971; Garcia, 1977; Motoh, 1981; Su, 1989)。本試驗中，主要的生殖旺季是在一至六月，次要的在七至十二月。而 Su (1989) 在臺灣西南沿海研究草蝦生態的結果與本試驗相反。Lin et al. (1990 a,b) 在台南縣培育的雌草蝦的受精率變化則和本試驗結果非常相似。Motoh (1981) 在菲律賓的研究也顯示在不同的海域裡，雌蝦具有不同的成熟旺季。

雄蝦的生殖腺指數在一月即有明顯的增加，而雌蝦卻晚了一個月 (Fig. 2和Fig. 3)。這種情形也發生在其他對蝦中 (Pillay and Nair, 1971)。至於雄蝦比雌蝦維持較長的高生殖腺期，也在其它十足類發現 (Sastry, 1983)。

雌蝦受精率的季節變化也呈現二個尖峰的分布，而且與雌蝦生殖腺指數的周年分布甚為契合，但是主要尖峰峰頂的延續時間卻較雄蝦生殖腺指數的短 (Fig. 2, 3 和 4)，由此可知，雌蝦對交配的影響比雄蝦大。Lin et al. (1989b) 亦報告類似的培育池內雌草蝦受精率的季節性變化。然而 Crocos (1987) 在海中的研究顯示 *P. semisulcatus* 雌蝦受精率的旺季分布時間較成熟雌蝦的生產旺季長。*P. longistylus* 和 *P. latisulcatus* 的雌蝦則終年維持平穩的受精率 (Courtney and Dredage, 1988)。

Pillay and Nair (1971) 認為生殖腺指數的快速下降是雌蝦集體排卵所造成的。在本試驗，六月較七月有更高比例的雌蝦具第二及三期卵巢，但是七月卻沒有發現成熟的雌蝦 (Fig. 5)。所以卵巢並沒有進一步的發育，生殖腺指數的下降除了排卵之外，可能是七月時水溫太高抑制池蝦卵巢的發育 (Fig. 1, 3 和 5) (Jong, 1984)。

雌蝦切除眼柄的成熟率和生殖腺的指數具有非常相似的季節性變化 (Fig. 3 和 Fig. 6)。在台南縣，Lin et al. (1989 a) 在五至八月利用培育的草蝦進行類似的試驗，也是在六月得到一個峰頂。

雌蝦切除眼柄後至成熟的間隔時間隨著季節的變化雖然只呈一個尖峰的分布 (Fig. 7)，但可分成二個類型；第一類型為大於50天的間隔，發生在十一至二月，第二類型為小於30天，發生在三至十月。Lumare (1979) 發現 *P. kerathurus* 的成熟間隔時間在夏天為十天，在冬春季則需要三十至

六十九天。至於在過去培育草蝦種蝦的研究結果則為十天至二個月 (Wear, 1976; Santiago, 1977; Halder, 1978; Primavera, 1978; Jong, 1984)。對於那些在人為環境之下不易成熟的雌對蝦，眼柄切除是一種最常用的催熟方法 (Panouse, 1943; Adiyodi and Adiyodi, 1970)。試驗的結果顯示這種催熟方法的效果深受季節影響。在三至十月間，成熟間隔時間少於三十天，成熟率為23.3至71.5%。而培育池中，未切除眼柄時雌蝦在同期間內它們的成熟率只有3.2至11.49%。然而十一至二月之間，因為成熟速率太低以致於切除眼柄的效果明顯地降低。

Giese (1959) 認為光周期與溫度是引起生殖隨季節變化的主要原因。Simon (1982) 報告每日光照12至16小時最適於草蝦的成熟。而第七章的試驗結果顯示，每日10與14小時的光照對雌蝦的成熟率沒有顯著的差異。另外本試驗進行期間，每日光照時間為12至14小時。所以光照長度應該不是引起本試驗種蝦生殖隨季節變化的主要原因。

Pillay and Nair (1971) 認為如果有明顯的乾季與雨季存在，則鹽度是引起生殖季節性變化的主要原因之一。而Motoh (1981) 的調查顯示，草蝦的生殖旺季一次發生於乾季，另一次則在雨季。所以Motoh 認為鹽度的變動 (fluctuation) 是引起草蝦季節性變化的主要原因之一。可是本試驗進行過程中，鹽度一直維持在25至28ppt之間，種蝦的生殖仍然呈雙峰的周期變化。所以鹽度也應該不是引起生殖隨季節變化的主要原因。

Motoh (1981) 認為溫度的上升與下降會誘發草蝦的成熟。因為在菲律賓的Tigbauan海域，年水溫變異範圍為26至31°C。在三至四月間，當水溫從26°C升至29°C，或於八至十月間，水溫從29°C下降至28°C時，成熟雌蝦的產量會逐漸地增加。四至八月之間，當水溫高過29°C，或十一月至二月之間，水溫低於28°C時，成熟雌蝦的產量則會逐漸降低。Su (1988) 在台灣西南沿海的調查顯示二至六月之間，當水溫由23.6°C上升到28.6°C，或著九至十二月間，從29.6°C下降至28.6°C時，成熟雌草蝦的產量會逐漸增加。而在一、二月，水溫低於24°C，則沒有發現成熟的雌蝦。七、八月當水溫高於29°C時，成熟雌蝦數量則逐漸減少。Jong (1984) 在試驗室內的研究顯示，在26至27°C之下，有30.0%的雌草蝦成熟，23至24°C之下有13.3%，29至30°C之下有5.0%，而在32至33°C之下，則沒有成熟的跡象。本試驗的雌蝦都是在三至六月之間成熟，這時水溫為26至29°C。十一至一月，水溫低於22°C，卵巢都在未發育的狀態。

本試驗只在三至六月發現成熟的雌蝦，在台灣西南沿海為三至十二月 (

Su, 1988)。Motoh (1981) 在菲律賓海域則終年可發現成熟的雌草蝦。造成三者之間差異的原因可能是水溫的變化範圍與穩定性。本試驗的水溫變化範圍為28至32°C，Su (1988) 為23至31°C，而 Motoh (1981) 為25至31°C。塹池因為水體小，所以溫度穩定性也極低。綜合上述可知，季節性的溫度變化對生殖的重要性。草蝦成熟的最適當溫度是 26 至 29 °C。當溫度低於 26 °C 或高於 29 °C 時，卵巢的成熟會受到抑制，而低於 23 °C 時則雌蝦不易成熟。

甲殼類由醋酸合成膽固醇的能力非常的低 (Kanazawa, 1971; Tesihma and Kanazawa, 1971a; Goad, 1976)，所以固醇類大都是來自食物，作為製造性激素的來源 (Kanazawa and Teshima, 1971; Teshima and Kanazawa, 1971 b)。本試驗所用的食物主要是人工飼料，脂肪酸的含量低。Jong (1984) 祇用人工飼料餵食草蝦，完全沒有得到成熟的母蝦。所以培育池內在不同季節生產的小型生物，對於草蝦的生殖應有很密切的關係。Clark (1977) 報告底棲蝦類 *Chorismus antarcticus* 在不同季節的脂肪成分與初級生產有密切關係。Armitage (1981) 也表示春季時大量生產的浮游植物為引發糠蝦 *Neomysis integer* 合成固醇類的主要因素。Pillay and Nair (1971) 和L'Homme (1979) 則認為蝦類的成熟旺季主要是配合浮游游生物大量繁殖的季節，以提供稚苗豐富的餌料。

十一至一月，應可視為雌蝦的生殖靜止期。因為這段期間為年水溫最低的時候，生殖腺指數最低，也沒有發現受精的雌蝦，卵巢都處於未發育階段，而切除眼柄後成熟速度也極為緩慢。二月份可視為年生殖活動初期，這段時間水溫逐漸升高，可捕獲受精的雌蝦，卵巢發育至成熟前期，但是眼柄切除後成熟的速率尚低。三月開始為活躍期。雄蝦與雌蝦生殖活動的步調不能一致，每年雄蝦的生殖活動開始較早。雄蝦與雌蝦的生殖腺指數的季節變化雖然都呈雙峰的型態，但是雄蝦的生殖旺季較雌蝦長，而且雄蝦可終年成熟。研究結果可歸納出種蝦主要的生殖活動是在一至六月，次要的在七至十二月。雌蝦的生殖靜止期是在十一至一月。卵巢的活動是在二月開始，一直延續到十月。雄蝦的生殖活動比雌蝦較早開始，而且終年可以成熟。

參考文獻：

- Adiyodi, K. G. and Adiyodi, R. G. (1970). Endocrine control of reproduction in decapod, Crustacea, Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc., 45:121-165.
- Aiken, D. E. and Waddy, S. L. (1980). Reproductive biology. In: Cobb, J. S., Phillips, B. F. (Eds.) The biology and management of lobsters, Vol. I. Academic Press, New York, p.215-276.
- Aquacop (1975). Maturation and spawning in captivity of penaeid prawns *Penaeus merguensis* de Man, *Penaeus japonicus* Bate, *Penaeus aztecus* Ives, *Metapenaeus ensis* de Haan, and *Penaeus semisulcatus* de Haan. Proc. World Maricul. Soc., 6:123-132.
- Brown, A., Jr. and Patlan, D. (1974). Color changes in the ovaries of penaeid shrimp as a determinant of their maturity. Mar. Fish. Rev., 36(7):23-26.
- Courtney, A. J. and Dredge, M. C. L. (1988). Female reproductive biology and spawning periodicity of two species of king prawns, *Penaeus longistylus* Kubo and *Penaeus latisulcatus* Kishinouye, from Queensland's east coast fishery. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 39:729-741.
- Corcos, P. J. (1987). Reproductive dynamics of the grooved tiger prawn, *Penaeus semisulcatus*, in the north-western gulf of Carpentaria, Australia. Aust. J. Mar. Freshw. Res., 38:79-90.
- Corcos, P. J. and Kerr, J. D. (1983). Maturation and spawning of the banana prawn *Penaeus merguensis* de Man (Crustacea:

- Penaeidae) in the gulf of Carpentaria, Australia. *J. Mar. Biol. Ecol.*, 69:37-59.
- Cummings, W. C. (1961). Maturation and spawning of the pink shrimp, *Penaeus duorarum* Burkenroad. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 90:462-468.
- Forster, L. R. M. and Bear, T. W. (1974). Experiments to assess the suitability of nine species of prawns for intensive cultivation. *Aquaculture*, 3:355-368.
- Garcia, S. (1977). Biologie et dynamique des populations de crevettes roses (*P. duorarum* notialia, Perez Farfante, 1967) en Cote d'Ivoire. *Trav. Doc. ORSTOM*, 79:1-271.
- Garcia, S. (1985). Reproduction, stock assessment models and population parameters in exploited penaeid shrimp populations. In: Rothlisberg, P. C., Hill, B. J., Staples, D. J. (Eds.) *Second Australian National Prawn Seminar. NPS2: Cleveland, Australia*, p.139-158.
- Giese, A. C. (1959). Comparative physiology. Annual reproductive cycle of marine invertebrates. *Ann. Rev. Physiol.*, 21:547-576.
- Goad, L. J. (1976). The sterols of marine algae and invertebrate animals. In: Malins, D. C., Sargent, J. R. (Eds.) *Biochemical and biophysical perspectives in marine biology*, Vol. 3. Academic Press, London, p.213-318.
- Halder, D. D. (1978). Induced maturation and breeding of *Penaeus monodon* Fabricius under brackishwater pond conditions by eyestalk ablation. *Aquaculture*, 15(2):171-174.
- Heydorn, A. E. F. (1969). Notes on the biology of *Panulirus homarus*

and length/weight relationships of *Jasus lalandii*. Invest. Rep. Div. Sea Fish. S. Afr., 53:1-32.

- Jong, K. J. (1984). Effects of temperature, light, salinity and food on ovarian development of uni-eyestalk ablated *Penaeus monodon*. M. S. thesis, National Taiwan University.
- L'Homme, F. (1979). Biologie et dynamique de *Penaeus duorarum notialis* (Perez-Farfante, 1967) au Senegal: III-reproduction. Centre de Recherches Oceanographiques de Dakar-Thiaroye, Institut Senegalais de Recherches Agricoles Document Scientifique No. 69, p.1-34.
- Liao, I. C. (1977). A culture study on grass prawn, *Penaeus monodon*, in Taiwan: the patterns, the problems and the prospects. J. Fish. Soc. Taiwan, 5(2):11-29.
- Lin, M. N., Ting, Y. Y. and Hanyu, I. (1989 a). Parental penaeid shrimp rearing (III). Growth gonadal maturation and fluctuation in copulatal rate of *Penaeus monodon* in the pond. Bull. Iaiwan Fish. Res. Inst., 47:243-252 (In Chinese with English abstract).
- Lin, M. N., Ting, Y. Y. and Hanyu, I. (1989 b). Parental penaeid shrimp rearing (IV). The reproduction of pondculture adult females of *Penaeus monodon*, maturation and spawning induced by unilateral eyestalk ablation. Bull. Taiwan Fish. Res. Inst., 46:225-233.
- Lindner, M. J. and Anderson, W. W. (1956). Growth, migrations, spawning and size distribution of shrimp *Penaeus setiferus*. Fish. Bull., U. S. Fish and wildl. Ser., 56 (106) :555-645.
- Lumare, F. (1979). Reproduction of *Penaeus kerathurus* using eyestalk

ablation. *Aquaculture*, 18:203-214.

Morris, R. J., Armitage, M. E., Lavis, A. and Ballantine, J. A. (1981). The sterols of *Neomysis integer*. I. The effect of sex, maturity and season. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 53: 105-114.

Motoh, H. (1981). Studies on the fisheries biology of the giant tiger prawn, *Penaeus monodon* in the Philippines. SEAFDEC Technical Report, 7:1-123.

Panouse, J. B. (1943). Influence de l'ablation, de pedoncule oculaire sur la croissance de l'ovarie chez la crevette *Leander serratus*. *C. R. Acad. Sci., Paris, T.*, 217:553-555.

Penn, J. W. (1980). Spawning and fecundity of the western king prawn, *Penaeus latisulcatus* Kishinouye, in western Austerlian waters. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 31:21-35.

Pillay, K. K. and Nair, N. B. (1971). The annual reproductive cycles of *Uca annulipes*, *Portunus pelagicus* and *Metapenaeus affinis* (Decapoda : Crustacea) from the south-west coast of India. *Mar. Biol.*, 11:152-166.

Primavera, J. H. (1978). Induced maturation and spawning in five-month-old *Penaeus monodon* Fabricius by eyestalk ablation. *Aquaculture*, 13:355-359.

Rao, P. V. (1968). Maturation and spawning of the penaeid prawns of the southwest coast of India. *FAO FISH. Res.*, 57:285-302.

Santiago, A. C., Jr. (1977). Successful spawning of cultured *Penaeus monodon* Fabricius after eyestalk ablation. *Aquaculture*, 11(3):185-196.

- Sasai, K. (1981). A better experience in grass prawn culture. *Fish cult.*, 18(11):63-67.
- Sastry, A. N. (1983). Ecological aspects of reproduction. In: Vernberg, F. J., Vernberg, W. B. (Eds.) *The biology of Crustacea*, Vol. 8. Academic Press, New York p. 179-270.
- Simon, C. M. (1982). Large-scale commercial application of penaeid shrimp maturation technology. *J. World Maricul. Soc.*, 13:301-312.
- Su, M. S. (1988). Some ecological considerations for stock enhancement of commercially important prawns along the coastal waters of southwest Taiwan. *ACTA Oceanographica Taiwanica*, 19:146-165.
- Subrahamanyam, C. B. (1965). On the reproductive cycle of *Penaeus indicus* (H. Edw). *J. Mar. Biol. Ass. India*, 7(2): 284-290.
- Taiwan Fisheries Research Institute (1990). Report on fisheries and oceanographic investigation along Taiwan coast. Taiwan Fisheries Research Institute, Keelung, Taiwan, R. O. C.
- Thomas, M. M. (1974). Reproduction, fecundity and sex ratio of the green tiger prawn, *Penaeus semisulcatus* de Hann. *Indian J. Fish.*, 21:152-163.
- Wear, R. G. (1976). Philippines spawning success with farmed penaeid prawns. *Fish Farming Int.*, 3(3):4-6.

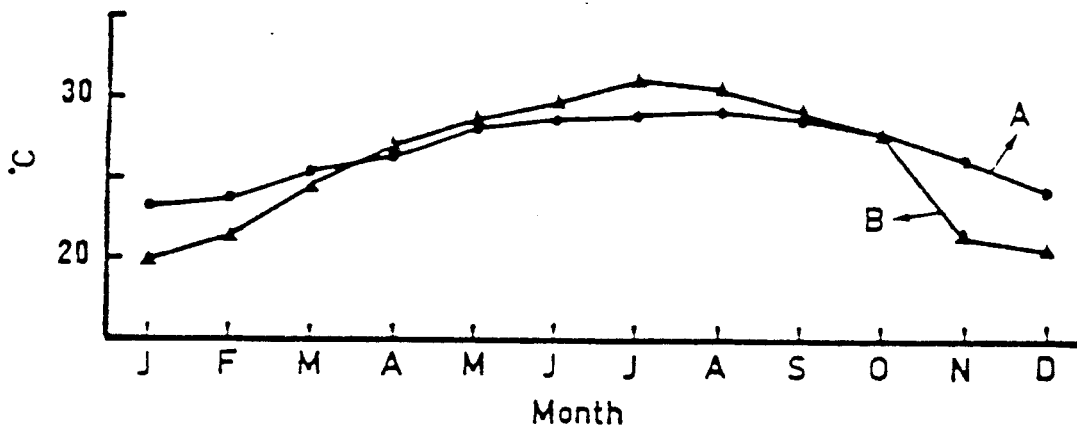


Fig. 1 (A) The monthly mean surface water temperature of the coast off southwest Taiwan. (B) the mental ponds in Pingtung Taiwan.

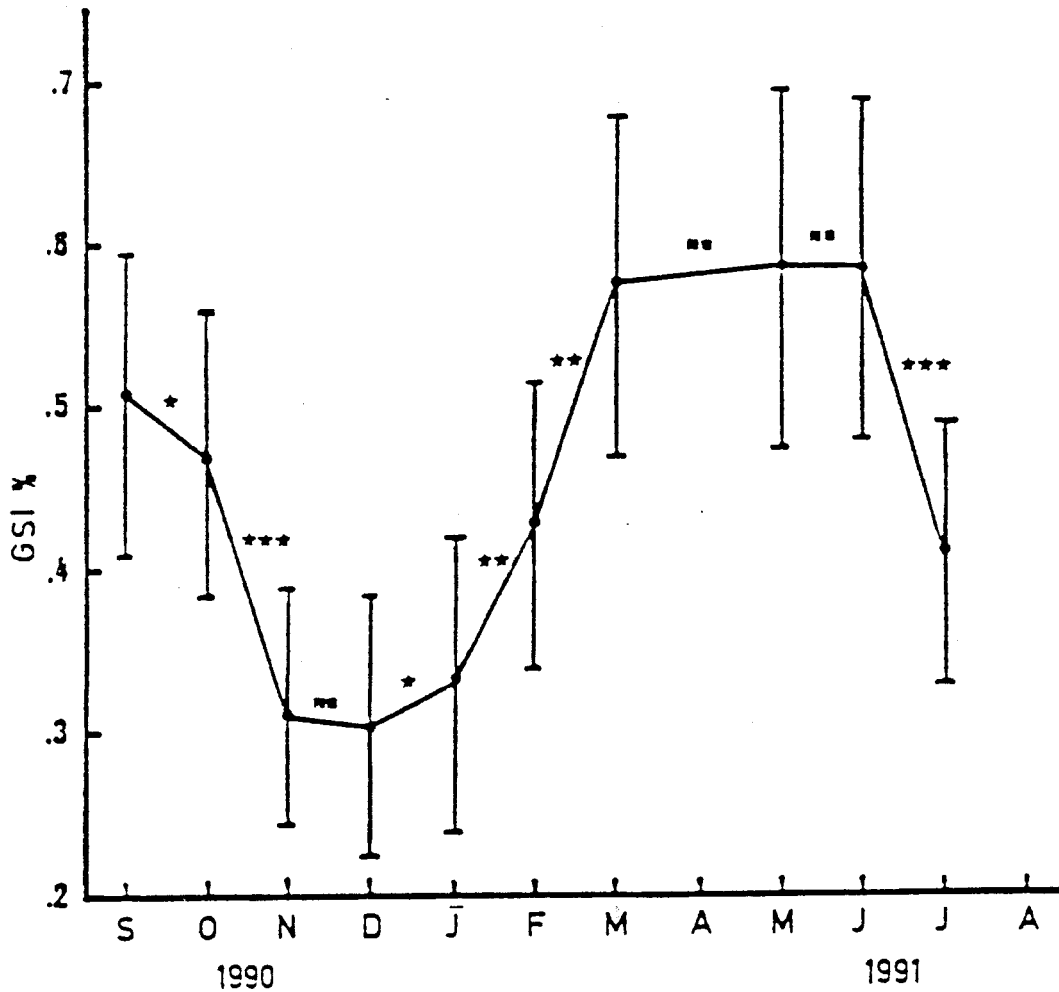


Fig. 2 Monthly Mean  $\pm$  SE of gonadosomatic index of the males *Penaeus monodon* cultured in the experimental ponds. (Student's t-test; \*\*\*P<.001, \*\*P<.01, \*P<.05, NS, not significant)

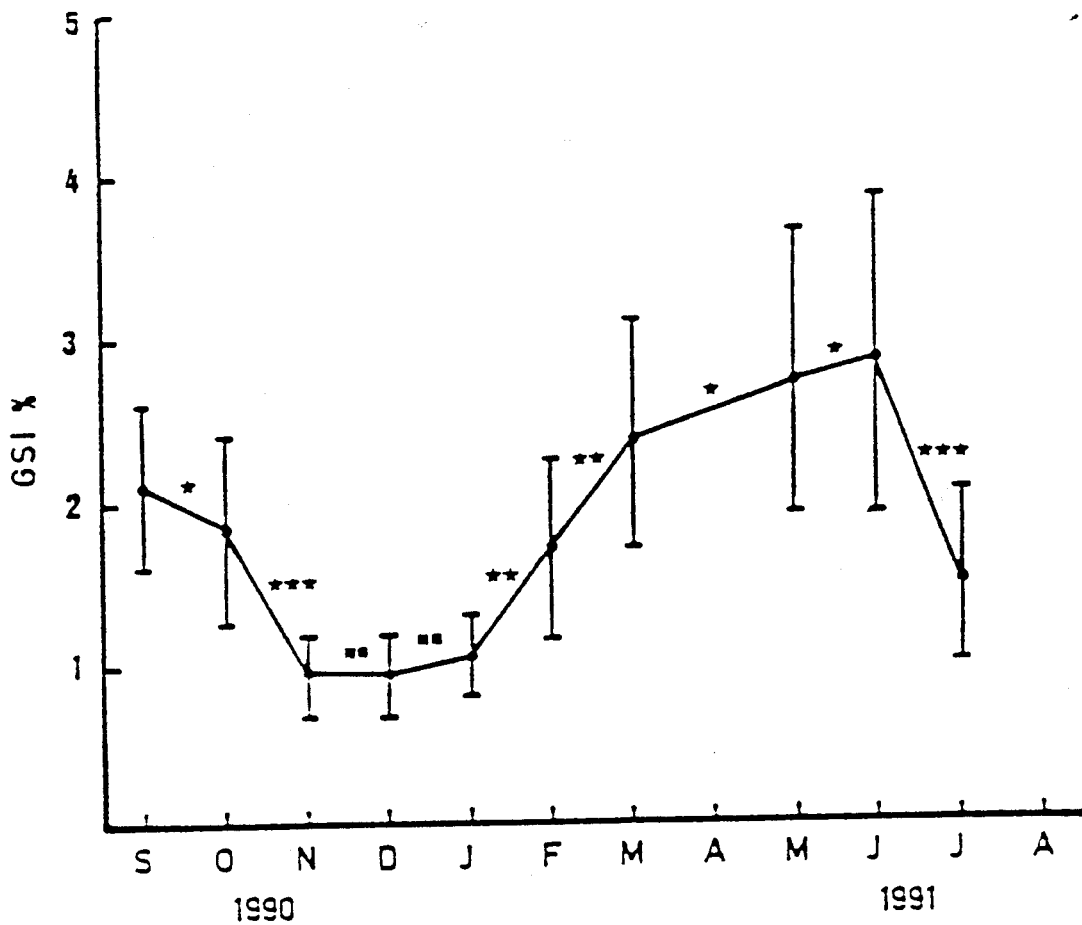


Fig. 3 Monthly Mean  $\pm$  SE of gonadosomatic index of the males *Penaeus monodon* cultured in the experimental ponds. (Student's t-test; \*\*\*P<.001, \*\*P<.01, \*P<.05, NS, not significant)

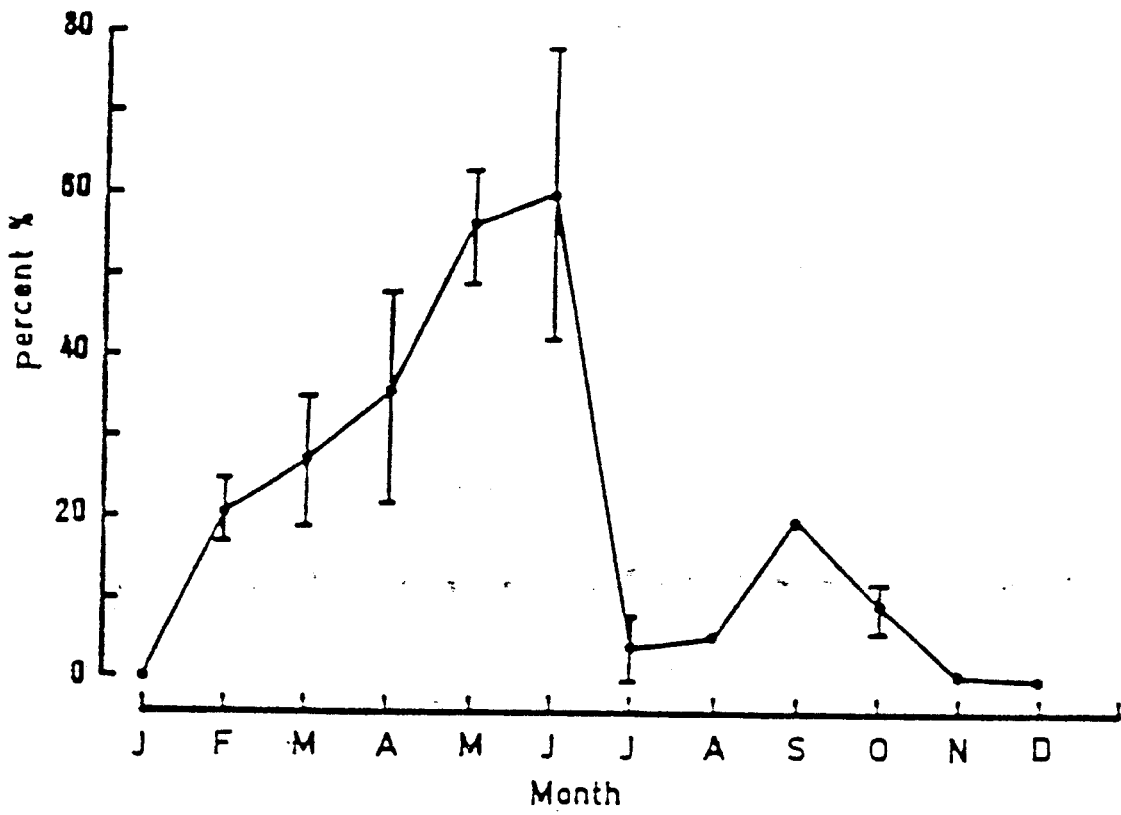


Fig. 4 Monthly percent of inseminated females *Penaeus monodon* cultured in the ponds.

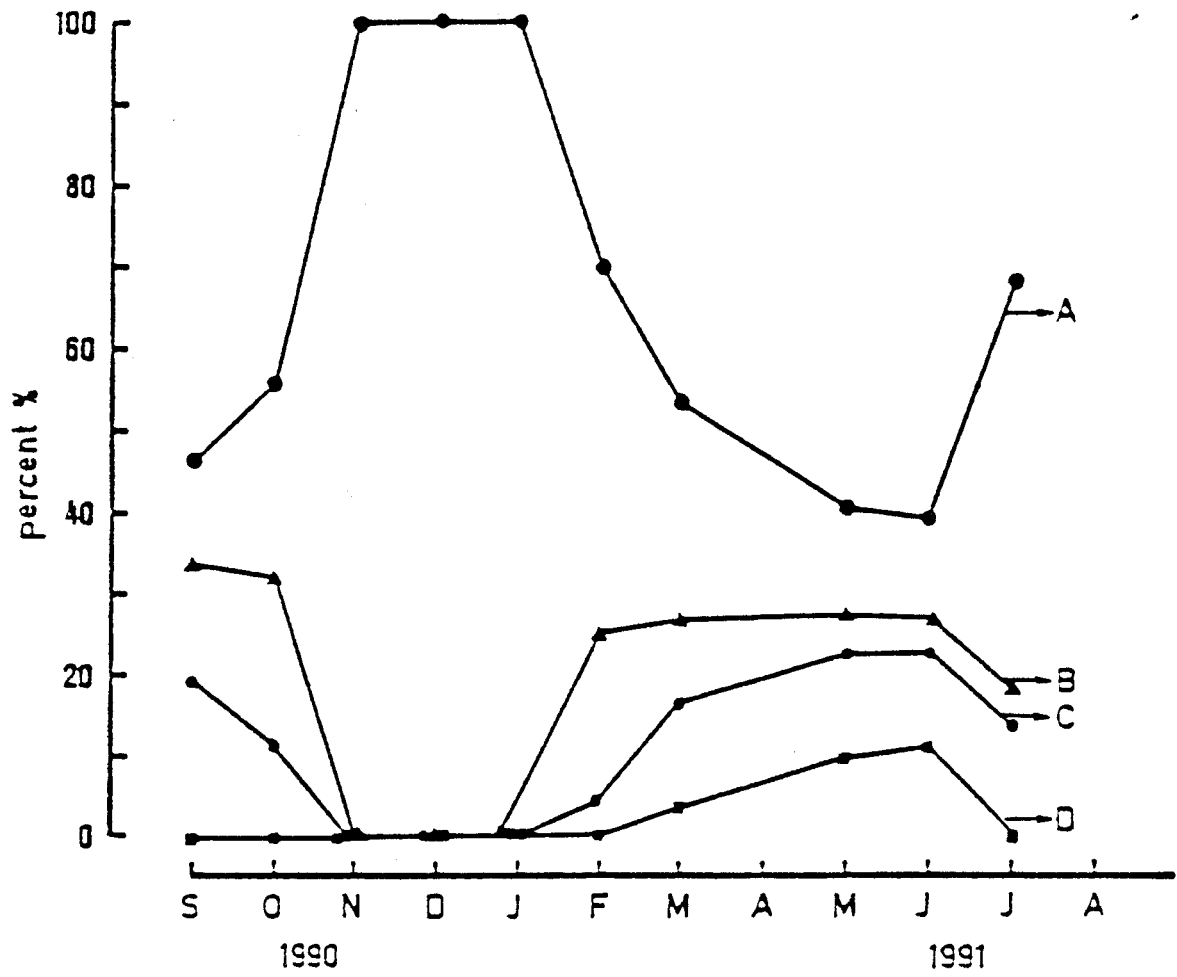


Fig. 5 Monthly state of ovary development of the females *Penaeus monodon* cultured in the experimental ponds. (A: stage I, B: stage II, C: stage III, D: stage IV)

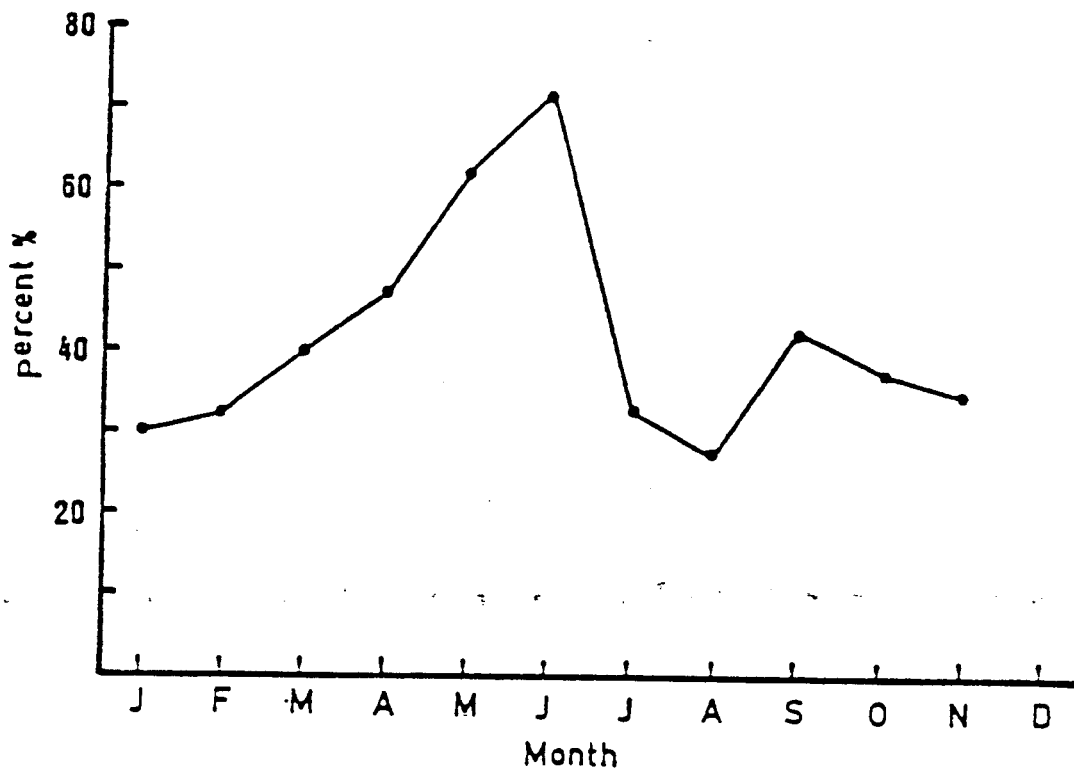


Fig. 6 Percent of mature female *Penaeus monodon* of the those ablated one eyestalk in each month

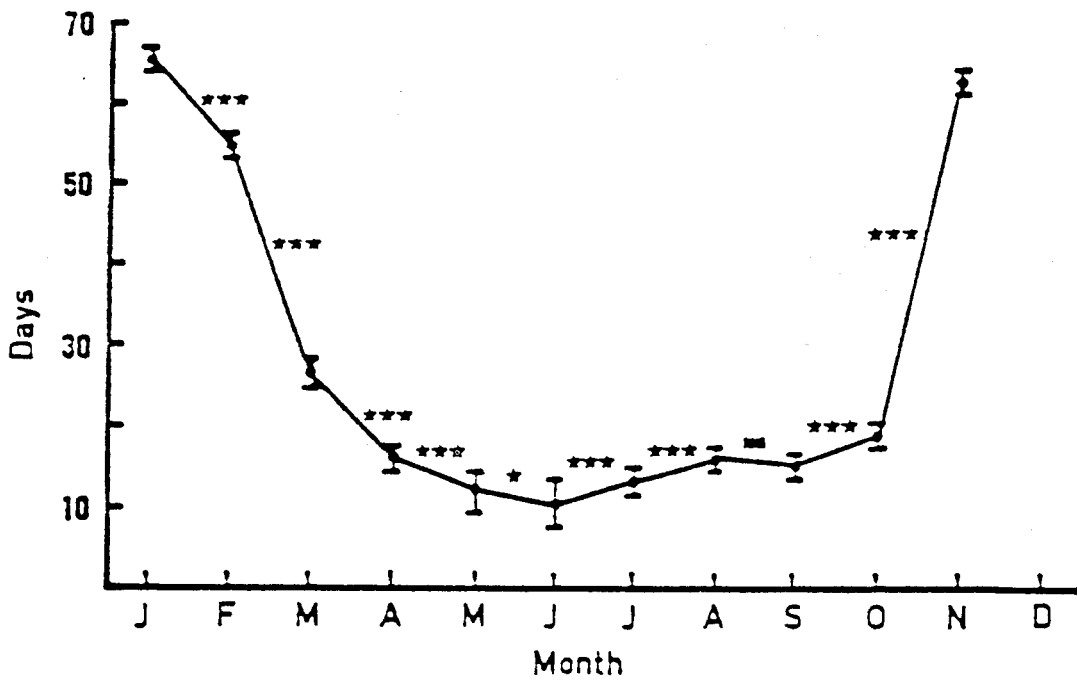


Fig. 7. The days between eyestalk being ablated and becoming matured of the females *Penaeus monodon* sampled from the ponds in each month