

Temperature Tolerance of Microalgae Collected from Hard Clam Culture Ponds Under Covered Photoelectric Panels and the Cultivation Efficiency of Hard Clams

Chih-Yi Chou^{1*}, Yu-Han Chou² and Feng-Cheng Wu¹

¹Tungkang Biotechnology Research Center, Fisheries Research Institute

²Taishi Branch, Mariculture Research Center, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

Extreme climate changes have resulted in poor microalgae proliferation in recent years, resulting in an insufficient supply of live food microalgae available to Taiwan's hard clam farming industry. To alleviate the impacts of rapid climate changes on the hard clam farming industry, improve the survival of hard clams, and produce photovoltaic green energy, this experiment used solar photovoltaic panels to cover hard clam culture ponds, enhancing the production efficiency of each pond unit. The hard clam culture ponds were covered with solar photovoltaic panels featuring different shadow ratios, and the temperature changes and diversity of microalgae compositions in the hard clam pond water were measured. The microalgae were collected and separated from the hard clam culture ponds and further tested for high- and low-temperature tolerance and the effectiveness of hard clam cultivation was evaluated. The test results showed that the use of solar photovoltaic panels to cover hard clam cultivation ponds stabilized changes in the water temperature. The maximum difference in water temperatures measured in hard clam ponds without cover was 11.19 °C, which was nearly twice the temperature differences measured in the hard clam ponds covered with photovoltaic panels providing 40% and 70% shading. The microalgae collected and separated from the hard clam cultivation ponds displayed better proliferation under high-temperature environments. The highest microalgae cell populations per milliliter were measured in the high-temperature culture, at 434,200 for *Coscinodiscus* sp., 771,000 for *Amphiprora* sp., 9.7851 million for *Chlorella* sp., and 3.7708 million for *Chaetoceros* sp., which were higher than the populations measured in the low-temperature culture. These results indicated that hard clam ponds could be covered by solar photovoltaic panels to stabilize the cultivation environment, maintain the ecological diversity of the microalgae composition in the water, and produce more diatoms to feed hard clams while simultaneously improving the cultivation efficiency of hard clams.

Key words: temperature changes, hard clam cultivation, microalgae composition, solar photovoltaic panels

*Correspondence: No. 67, Fongyu St., Tungkang, Pingtung 92845, Taiwan. TEL: (08)8324-121 ext. 258; FAX: (08)8320-234; E-mail: cychou@mail.tfrin.gov.tw

覆蓋光電板之養殖池中的微藻對溫度耐性及文蛤 (*Meretrix lusoria*) 的養殖成效研究

周芷儀^{1*} · 周昱翰² · 吳豐成¹

¹ 行政院農業委員會水產試驗所東港生技研究中心

² 行政院農業委員會水產試驗所海水繁養殖研究中心臺西試驗場

摘要

近年來，氣候急遽變化使微藻增長情況不佳，導致臺灣文蛤 (*Meretrix lusoria*) 養殖產生餌料微藻供應不足的現象，為緩解氣候急遽變化對文蛤養殖造成之衝擊，同時提升文蛤存活及生產光電綠能，有效增加單一養殖面積之生產效能。本試驗在覆蓋光電板之文蛤池中測定水溫變化及池水微藻組成多樣性，並從文蛤養殖池採集及分離微藻，進一步試驗所採集之微藻對高低溫耐性及文蛤養殖成效。試驗結果遮蔽率 0% 文蛤池水溫最大溫差數值為 11.19°C，約為遮蔽率 40% 及 70% 之文蛤池水溫差的二倍，顯示光電板覆蓋養殖池確實可穩定池水溫度，文蛤養殖池採集分離之微藻培養於高溫環境增長表現較佳，高溫培養每毫升最高細胞數分別為圓篩藻 (*Coscinodiscus* sp.) 43.42 萬、繭形藻 (*Amphiprora* sp.) 77.10 萬、綠球藻 (*Chlorella* sp.) 978.51 萬及角刺藻 (*Chaetoceros* sp.) 370.08 萬，各組數值皆高於低溫培養之細胞數。文蛤池上方覆蓋光電板可穩定養殖環境，且維持水中生態微藻組成多樣性，較易生產文蛤攝食之矽藻，可有效提升文蛤養殖成效。

關鍵詞：溫度變化、文蛤養殖、微藻組成、太陽能光電板

前言

文蛤 (*Meretrix lusoria*, Hard clam) 是臺灣西南部沿海重要的海水食用性經濟養殖貝類，2019 年臺灣地區文蛤養殖面積約 8,736 ha，年產量 49,501 mt，產值達 44 億元，主要養殖區分布在彰化、雲林、嘉義和臺南 (漁業署, 2019)。自 1971 年開始，臺灣西南沿海養殖貝類持續大量死亡，經過調查發現河川汙染是主要原因，海灘文蛤養殖因此逐漸減少。至此開始，文蛤養殖產業以陸上魚塢養殖漸成主要養殖方式，現今魚塢養文蛤已是臺灣文蛤養殖的基本型態 (葉, 2017)。

文蛤是濾食性動物，餌料顆粒大小要適口才能被文蛤直接濾食，觀察文蛤胃中含有很多海水中的浮游物質，如有機碎屑、矽藻、鞭毛藻和原生動物等，但主要攝食之餌料生物為小型的單細胞及鞭毛

藻類。然而微藻的種類分布和數量，會有區域性和季節性的變化，因此文蛤胃內容物的種類和數量也會受到影響。文蛤具潛沙性會潛入沙中，利用出入水管濾食水中懸浮物質，藉由鰓絲的過濾與選食，一般而言大於 4 μm 的有機顆粒被文蛤濾食的比例最高，而小於 2.5 μm 的顆粒，當其體積愈小者，被文蛤濾食的比例會越低，1.5 μm 以下的顆粒，則幾乎無法被文蛤濾食 (李等, 2019)。

文蛤濾食效率除受餌料顆粒大小影響外，亦與文蛤濾水率有關，而文蛤的濾水率不僅會隨著食物濃度的增加而減少，也會隨著文蛤體型增加而遞減，另食物種類、食物濃度及文蛤大小等皆對文蛤的濾水率有顯著的交互影響 (Chien and Hsu, 2006)。在文蛤養殖上，以藻水飼養較能促進文蛤生長及維持較高的活存率，投餵藻水與文蛤成長呈現正相關，具有顯著差異 ($p < 0.05$) (蕭, 2013)。因此文蛤養殖成效深受養殖環境、所攝食的微藻種類及水中微藻細胞濃度等因素影響。然而，藻類對溫度之耐性會因藻種不同而有不同，如彭 (2014) 研究指出，小球藻的最適生長溫度為 25°C，生長速率最高，其適合生

*通訊作者 / 屏東縣東港鎮豐漁街 67 號, TEL: (08) 832-4121 轉 258; FAX: (08) 832-0234; E-mail: cychou@mail.tfrin.gov.tw

長之溫度範圍為 20 - 30°C，超出此一適合生長溫度範圍外，成長即被抑制，如 15°C 和 35°C 生長速率便逐漸減緩，當溫度高達 40°C 時即會死亡。

在臺灣，虱目魚常與文蛤混養，並作為文蛤池除藻的工具魚，每當冬季水溫降低時，虱目魚即會減少甚至停止攝餌，或因寒流凍死，使得如池中絲藻、海菜等大型藻類在池壁及池底繁生，導致池水的營養鹽不足，微細藻類也因而無法增殖，造成文蛤食物來源不足而成長停滯 (周, 2017)。另文蛤養殖業者多以抽取藻水或醱酵池的肥水作為養殖方式，而藻類大多藉由戶外池塘來培養，因此常受制於天候因素而無法穩定且大量培養與供應，導致降低文蛤育苗的成功率以及拖長育苗時間，甚至出現養殖文蛤之肉質稀少或空殼化之情形 (劉等, 2001; 陳, 2006)。

文蛤養殖常因環境氣候因子變動導致餌料微藻供應不足，因此文蛤養殖中餌料微藻供應充足與否對文蛤養殖成效有著關鍵性的影響。近年來，因氣候異常，天氣急遽變化使原本適合當季生長且作為文蛤餌藻之微藻增長情況不佳，致使文蛤主食之微藻大量減產。養殖過程中為緩解天氣急遽變化對文蛤造成之衝擊，應用養殖與綠能共構的方式，於文蛤養殖池上方覆蓋光電板來減少天氣驟變造成的影響為一可行的方法，如此不僅可藉由太陽能板設施減緩文蛤池水溫度的高低起伏，進而避免文蛤因水溫劇烈變化導致大量死亡。同時推動漁業綠能共構產業模式，有效增加單一養殖面積之生產效能，建構創新的漁業經營模式 (陳等, 2019)。申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法中對於光電板覆蓋遮蔽率有明文規範，該辦法之第七條申請本辦法所定各項農業設施，其所有農業設施總面積，不得超過申請設施所坐落之農業用地土地面積之百分之四十。又第三十條非附屬設置於農業設施之綠能設施，申請免與農業經營使用相結合，其設施總面積，不得超過申請設施所坐落之農業用地土地面積 70% (行政院農業委員會, 2003)。本試驗依據該審查辦法設計三種不同的覆蓋遮蔽率，並從覆蓋光電板不同遮蔽率之文蛤養殖池水中分離常見微藻，進一步探討從養殖池採集之微藻對溫度之耐性與提供文蛤攝食之養殖成效。

材料與方法

一、試驗地點與試驗物種

本試驗使用之文蛤取自本所海水繁養殖研究中心臺西試驗場，試驗用微藻是由臺西試驗場文蛤養殖池中分離所得。不同遮蔽率的文蛤養殖池的溫度變化及養殖池中之微藻組成多樣性試驗主要於臺西試驗場中進行；微藻對溫度耐性及對文蛤養殖成效應用試驗於東港生技研究中心進行。

二、光電板覆蓋遮蔽率對文蛤養殖池溫度及微藻組成多樣性

本試驗進行光電板覆蓋不同遮蔽率文蛤養殖池水溫度變化及池水微藻組成多樣性測定，光電板覆蓋不同遮蔽率分別為 0、40 及 70%，池水溫度及光照強度以 HOBO Pendant 溫度照度紀錄器 (Onset, USA) 進行每小時測定，試驗期間為 2019 年 3 - 10 月。試驗期間每個月採集文蛤池水樣一次，採集所得水樣分別以光學顯微鏡鏡檢 (400 倍)，並記錄水中藻相，同時以計數盤進行水中藻細胞數量計數，分離水中微藻，接續培養該些微藻以進行後續試驗。

三、文蛤池分離微藻之培養溫度耐受性

本試驗使用之微藻種類皆為文蛤池水中自然發生之微藻，由文蛤養殖水體中分離所得，其中綠球藻 (*Chlorella* sp.) 為池中常見的優勢種，繭型藻 (*Amphiprora* sp.)、圓篩藻 (*Coscinodiscus* sp.) 及角刺藻 (*Chaetoceros* sp.) 則是貝類可能會攝食之矽藻。為了解微藻溫度耐性，進一步分別以高溫 (30、33、36 及 39°C) 及低溫 (5、8、12 及 15°C) 培養。微藻對溫度耐受試驗為期 16 天，培養環境光照度 $100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ，光週期為 12 hr 光照，12 hr 黑暗，耐受性試驗期間記錄微藻細胞數含量。

四、文蛤養殖應用成效

供試文蛤平均重量為 4.13 ± 0.13 g。試驗主要分為二部分：

Table 1 Temperature variations, mean numbers of microalgae cells, and Shannon's diversity index measured in hard clam culture ponds with different percentage areas shaded by photovoltaic panels

The percentage area shaded by photovoltaic panels (%)	0	40	70
The mean of temperature difference in every day in test (°C)	5.14	2.45	2.15
The largest temperature difference in test (°C)	11.19	5.43	5.54
The smallest temperature difference in test (°C)	1.15	0.52	0.49
Mean number of microalgae cells (cells×10 ⁴ /cm ³)	87.57	76.29	65.57
Shannon's diversity index	1.12	1.14	1.17

(一) 最適投餵濃度測定

以不同濃度之前述四種微藻投餵文蛤，以投餵後文蛤不會產生擬糞 (pseudofaeces) 為基準，訂定最適投餵濃度。

在 2 L 玻璃燒杯中置入 5 cm 深的細沙及海水 1 L，試驗溫度 30 ± 2°C，鹽度 29 ± 2psu，每個燒杯隨機分組並放入 3 粒文蛤，蓄養二日並確認文蛤潛沙後，分別投餵 4 種微藻，每種微藻各有 3 組濃度變化，各濃度處理組 3 重複，試驗進行 4 小時，投餵微藻後每半小時測定水中微藻含量，並觀察有無產生擬糞。

(二) 文蛤養殖成效試驗

以 13 L 半透明試驗桶進行試驗，光週期為自然光照 (14 hr 光照、10 hr 黑暗)，桶中置入 10 cm 深的細沙及海水 10 L，溫度為 30 ± 2°C，鹽度 29 ± 2 psu，每桶放入 5 粒文蛤 (平均重量 4.13 ± 0.13 g)，共分為 4 組，各 3 重複，待文蛤蓄養二日，並確認文蛤潛沙後才進行養殖試驗。以試驗一所得之各株微藻最適濃度進行投餵，每日一次，每週全部換水一次。試驗共進行一個月，結束時測定文蛤末重、增重百分率 (percent weight gain)、特殊成長率 (specific growth rate, SGR) 及活存率 (survival rate, SR)。

五、資料分析

增重百分率 (%) = [文蛤末重 (g) - 初重(g)] ÷ 初重 (g) × 100

SGR (% day⁻¹) = [ln (末重) - ln (初重)] ÷ 養殖天數 × 100

SR (%) = (試驗結束時文蛤活存數量) ÷ 文蛤初始數量 × 100

多樣性指數 (Shannon's diversity index, H') = $-\sum_{i=1}^s (P_i) \times (\ln P_i)$ ，其中 s 表示總的物種數， P_i 表示第 i 個種占總數的比例

六、統計分析

所有試驗結果皆以微軟 Excel 軟體內的單因子變異數分析法 (one-way ANOVA) 統計，顯著水準設有 $p < 0.01$ 及 $p < 0.05$ ，再以 Tukey's test 進行事後檢定。

結 果

一、光電板覆蓋遮蔽率對文蛤養殖池溫度及微藻組成多樣性之影響

經由覆蓋光電板產生不同遮蔽率之文蛤養殖池的溫度變化 (Table 1)，測定結果顯示，文蛤池水溫變化，以光電板遮蔽率 0% 者最高，遮蔽率 70% 者最低，且文蛤池水溫每日最大溫差出現在三月及十月，而每日最小溫差皆出現在六月。經由覆蓋光電板產生不同遮蔽率之文蛤養殖池水中微藻組成多樣性，試驗結果顯示水中平均藻細胞數隨遮蔽率增高而下降，其中以 0% 處理組藻細胞數最高 (87.57 cells×10⁴/cm³)，其次為 40% 處理組者 (76.29 cells×10⁴/cm³)，而以 70% 處理組者為最低 (65.57 cells×10⁴/cm³)，顯示 0% 處理組之微藻數量比 70% 處理組更多。H' 代表文蛤池中生物類型的複雜度，試驗期間 H' 依遮蔽率增加而上升，其中，以

Table 2 The numbers of microalgae cells (cells $\times 10^4/\text{cm}^3$) cultured at low temperatures for sixteen days

	<i>Coscinodiscus</i> sp.	<i>Amphiprora</i> sp.	<i>Chlorella</i> sp.	<i>Chaetoceros</i> sp.
Initial	41.44 \pm 1.24	171.25 \pm 0.72	2454.04 \pm 151.09	299.28 \pm 4.72
5°C	36.74 \pm 0.53 ^c	130.20 \pm 2.06 ^a	1972.18 \pm 46.38 ^c	253.00 \pm 4.08 ^c
8°C	37.87 \pm 0.24 ^{bc}	128.55 \pm 7.01 ^a	2078.35 \pm 46.02 ^{bc}	322.42 \pm 7.07 ^b
12°C	40.25 \pm 0.91 ^a	105.92 \pm 3.30 ^b	2297.50 \pm 99.80 ^a	353.73 \pm 6.24 ^a
15°C	39.64 \pm 0.76 ^a	119.82 \pm 5.06 ^a	2170.91 \pm 50.40 ^{ab}	319.70 \pm 6.24 ^b

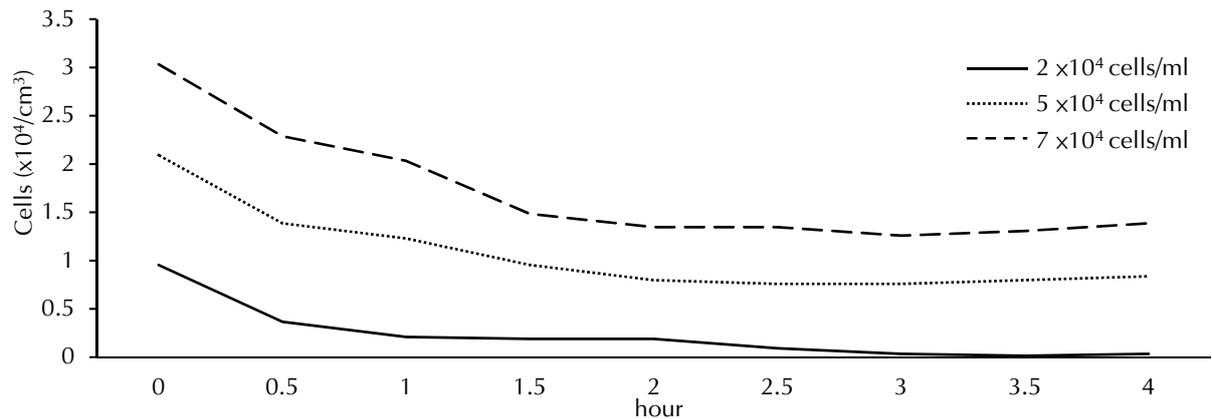
*Means with the different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$)

Table 3 The numbers of microalgae cells (cells $\times 10^4/\text{cm}^3$) cultured at high temperatures for sixteen days

	<i>Coscinodiscus</i> sp.	<i>Amphiprora</i> sp.	<i>Chlorella</i> sp.	<i>Chaetoceros</i> sp.
Initial	31.66 \pm 0.24	47.79 \pm 3.51	89.69 \pm 0.05	113.99 \pm 5.58
30°C	42.01 \pm 0.67	63.68 \pm 5.74	906.37 \pm 14.72 ^{ab}	370.08 \pm 5.81 ^a
33°C	43.42 \pm 2.10	60.31 \pm 4.10	880.51 \pm 40.29 ^{ab}	341.09 \pm 9.11 ^a
36°C	41.62 \pm 0.32	77.10 \pm 13.94	978.51 \pm 69.82 ^a	348.07 \pm 14.61 ^a
39°C	—**	—	809.73 \pm 65.38 ^b	290.09 \pm 21.45 ^b

*Means with the different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$)

**Indicates that the microalgae in this treatment group has been bleach and died

**Fig. 1** Food intake conditions of *Meretrix lusoria* fed with *Coscinodiscus* sp.

0% 處理組之 H' 最低，70% 組 H' 最高，顯示 70% 處理組之生物多樣性比 0% 處理組更為豐富。0% 處理組含有較多的藻細胞，微藻種類複雜度卻較低的，顯示該組生物間的關係較為單純，池中優勢藻種較集中。

二、文蛤池分離微藻之培養溫度耐受性

自文蛤池分離的微藻（綠球藻、繭型藻、圓篩藻及角刺藻）對溫度耐受性試驗，整體而言，在低溫環境下培養圓篩藻、角刺藻及綠球藻均有相同的趨勢；在高溫環境下培養之各藻株細胞量皆高

於初始試驗接種藻細胞量。各株微藻經 16 天低溫培養試驗後的藻細胞數含量 (Table 2)，其中圓篩藻、角刺藻及綠球藻在 5°C 環境培養 16 天後，其細胞增殖數量較 8 - 15°C 處理組少，繭型藻則在 5°C 及 8°C 環境培養 16 天細胞增殖數量較佳。另各株微藻進行高溫培養試驗 16 天後的藻細胞數含量 (Table 3)，除圓篩藻及繭型藻於 39°C 培養試驗中藻體白化死亡外，圓篩藻及繭型藻於 30 - 36°C 培養之各處理組中藻細胞數含量無顯著差異，而角刺藻於 30°C 處理組之藻細胞數含量顯著 ($p < 0.05$) 高於 39°C 處理組者。

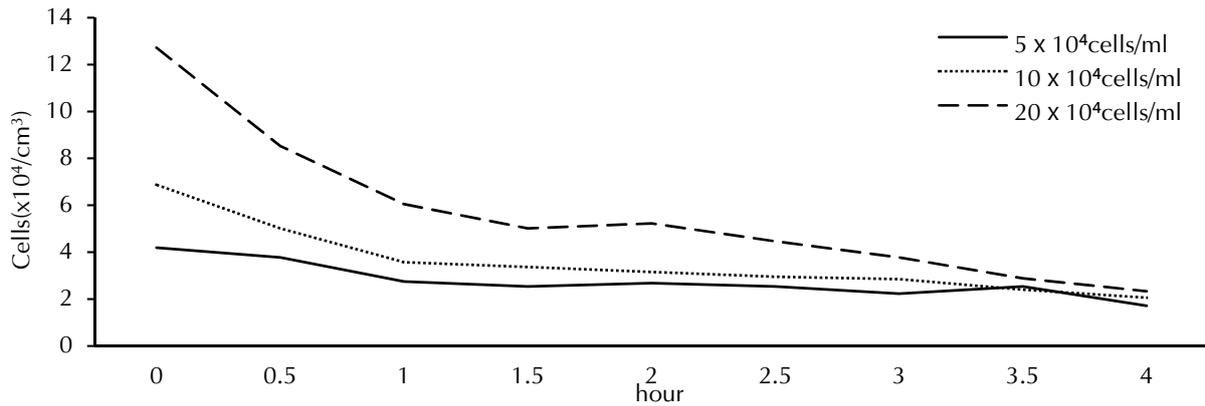


Fig. 2 Food intake conditions of *Meretrix lusoria* fed with *Amphiprora* sp.

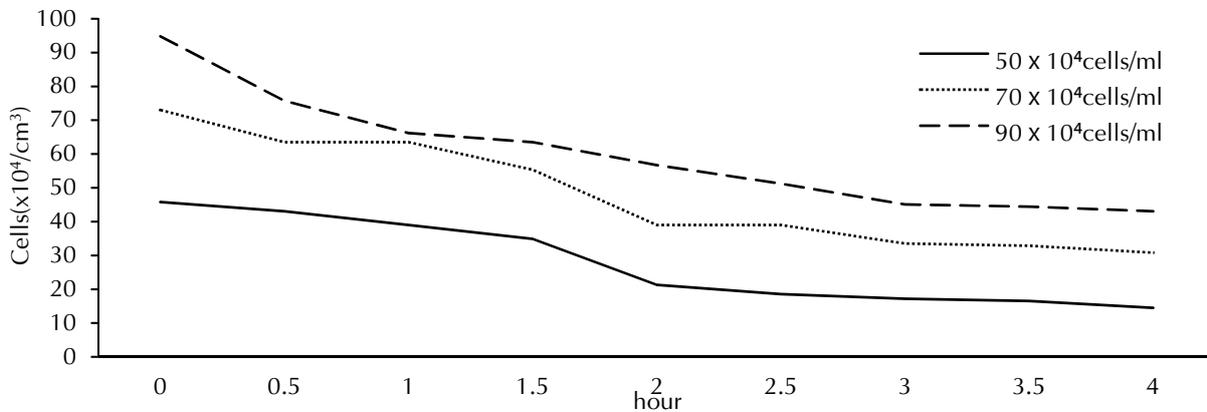


Fig. 3 Food intake conditions of *Meretrix lusoria* fed with *Chlorella* sp.

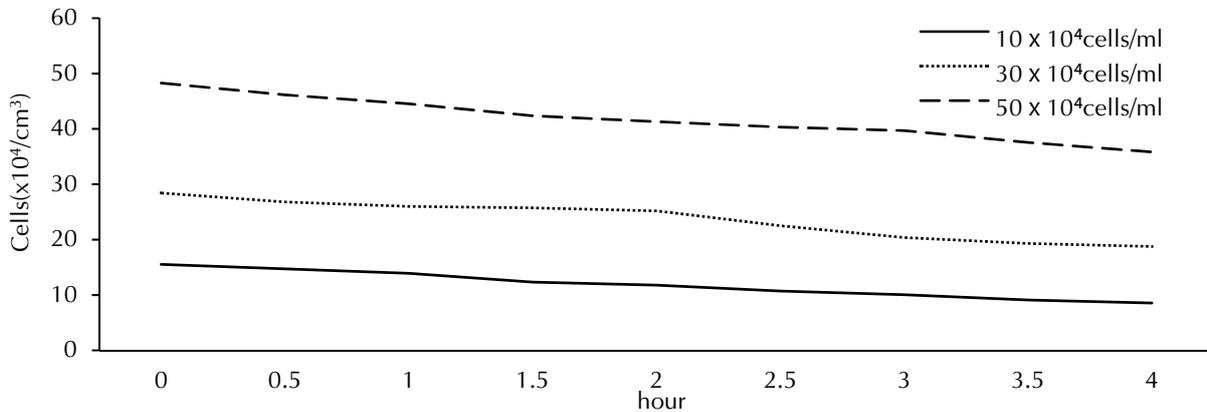


Fig. 4 Food intake conditions of *Meretrix lusoria* fed with *Chaetoceros* sp.

三、文蛤養殖應用成效

本試驗以每毫升含 2 萬、5 萬或 7 萬細胞的圓篩藻投餵文蛤 (Fig. 1)，結果各組皆出現擬糞，因此以每毫升 1 萬之圓篩藻接續進行為期一個月的文蛤養殖成效試驗。本試驗以每毫升含 5 萬、10 萬或 20 萬細胞的繭型藻投餵文蛤 (Fig.2)，結果顯

示投餵 10 萬及 20 萬細胞濃度試驗組皆出現擬糞，投餵繭型藻每毫升含 5 萬細胞為最適濃度。以綠球藻每毫升含 50 萬、70 萬或 90 萬細胞投餵文蛤 (Fig. 3)，結果以每毫升含 50 萬細胞之濃度不會產生擬糞，為綠球藻最適投餵濃度。以每毫升 10 萬、30 萬或 50 萬的角刺藻細胞濃度投餵文蛤 (Fig. 4)，結果以角刺藻每毫升 10 萬之濃度投餵文蛤不會出

Table 4 The number of microalgae cells in the water, initial weight, final weight, weight gain, SGR, and survival rate of hard clams in the culture experiment

Microalgae species	Microalgae cells of water (cells × 10 ⁴ /cm ³)	Final weight (g)	Weight gain (%)	SGR (% day ⁻¹)	Survival (%)
<i>Coscinodiscus</i> sp.	1.00±0.00	4.35 ± 0.04	5.91 ± 0.44 ^a	0.19 ± 0.01 ^a	93.33±11.55
<i>Amphiproras</i> sp.	5.00±0.00	4.35 ± 0.40	4.74 ± 2.29 ^a	0.15 ± 0.07 ^a	80.00±20.00
<i>Chaetoceros</i> sp.	10.03±0.02	4.37±0.09	5.37 ± 2.08 ^a	0.17 ± 0.07 ^a	100.00±0.00
<i>Chlorella</i> sp.	50.27±0.19	3.95±0.11	-3.79 ± 0.15 ^b	-0.13 ± 0.07 ^b	26.67±11.55

*Means with the different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$)

現擬糞。經測定後分別以圓篩藻 1 cells×10⁴/cm³、繭型藻 5 cells×10⁴/cm³、角刺藻 10 cells×10⁴/cm³ 及綠球藻 50 cells×10⁴/cm³ 之最適投餵濃度 (投餵文蛤不會產生擬糞之藻濃度) 接續進行為期一個月的文蛤養殖成效試驗。

投餵不同藻株對文蛤養殖成效 (Table 4)，以投餵角刺藻有最高存活率 (100.00%)，其次是圓篩藻 (93.33%)，最差為綠球藻 (26.67%)；在文蛤增重及 SGR 方面，投餵圓篩藻、繭型藻及角刺藻之文蛤增重比率為 4.74 - 5.91%，且文蛤 SGR 為 0.15 - 0.19，投餵此三株微藻之文蛤成長表現無顯著差異，而以綠球藻投餵文蛤於增重、SGR 及活存等表現都是四種藻類中最差。

討 論

一、光電板覆蓋遮蔽率對文蛤養殖池溫度及微藻組成多樣性

由不同遮蔽率之文蛤養殖池之溫度變化結果發現，0% 處理組水溫變化較大，約為遮蔽率 40% 及 70% 之文蛤池水溫差的二倍，可見於文蛤池上設置光電板確實能減少養殖池水溫變動，有遮陽棚效果。周等 (2017) 研究指出，在文蛤養殖池建立高架式的遮陽棚，可避免夏季陽光直射及冬日東北季風的吹襲，有效降低極限水溫發生的機率。

經由覆蓋光電板產生不同遮蔽率之文蛤養殖池水中微藻組成數量顯示試驗期間平均藻細胞數

隨遮蔽率增高而下降，而香農多樣性指數則依遮蔽率之增加而上升，由此可推知水中藻類多樣性與養殖池遮光比例有相關聯。周等 (2017) 指出遮蔽率為 0% 時，水體受到的光照量最高，因此溫度較高，適合藻類生長並進行光合作用，所以溶氧與葉綠素 *a* 也較高，並隨著遮蔽率提高而減少。雖本試驗結果顯示光電板遮蔽率對水中藻類生物多樣性有影響，但因遮蔽率各處理組僅有一重覆，其研究結果之精確性仍需進一步試驗。

二、文蛤池分離微藻之培養溫度耐受性

本試驗由文蛤養殖池水分離出綠球藻、繭型藻、圓篩藻及角刺藻，除綠球藻外，其他三藻株皆屬於矽藻類。有研究指出此四種微藻皆曾在貝類腸道中檢測到，且圓篩藻及角刺藻更是可以作為貝類集約養殖所使用之商業藻類。Gale and Lowe (1971) 發現在大多數採樣期間，矽藻是密西西比河中採集的指甲貝 (*Sphaerium transversum*) 腸中的主要成分，其中包含繭型藻、小環藻、菱形藻及直鏈藻等矽藻。雙殼類集約化養殖需依靠活藻的生產，雙殼類苗場依賴多種藻類，包含角刺藻、綠藻、圓篩藻、骨藻及等鞭金藻等 (Hemaiswarya *et al.*, 2011)。

於 5°C 低溫環境，圓篩藻、角刺藻及綠球藻均有顯著低的細胞數，顯示此三株微藻不適應 5°C 低溫環境，而繭型藻則在 5°C 及 8°C 低溫環境增殖能力較佳，顯示其對低溫耐受性較高。以高溫 39°C 培養處理會造成圓篩藻及繭型藻死

亡，由此可推知圓篩藻及繭型藻具較窄的高溫耐受性。比較低溫及高溫耐受性試驗結果，於 8 - 39°C 之溫度區間經 16 天培養，角刺藻的藻細胞數含量皆有增長，可見角刺藻耐溫性廣；而圓篩藻、繭型藻及綠球藻在高溫培養試驗中藻細胞數皆高於起始細胞數，可見此三株微藻於高溫環境成長較佳。陳 (2006) 指出溫度對等鞭金藻、周氏扁藻、擬球藻及牟氏角毛藻的增殖率有顯著影響。其中牟氏角毛藻在 35°C 的增殖率最高，且於 15 - 35°C 之溫度區間中，角毛藻增殖生物量亦是隨溫度上升而增加，而其他三種藻類在 35°C 時均無法成長。此研究成果指出牟氏角毛藻較其他藻類有較廣的溫度耐受性，與本試驗結果相似。

三、文蛤養殖應用成效

由本試驗結果發現，文蛤對各株微藻可接受之最適投餵濃度皆不同，其中以矽藻類所需濃度皆較綠球藻低，此結果可能與藻細胞體大小有關。Lei and Su (1985) 以不同餌藻餵飼草蝦苗試驗中指出，餌藻濃度不足會影響蝦苗之活存與生長，但每一種餌藻有其適當之濃度範圍，該試驗結果顯示各種餌藻之適當濃度 (cells/ml) 與餌料大小成反比，但該濃度與藻體體積 (cell volume) 之乘積在各藻間則相等，因此蝦苗所攝食到各餌藻之總體積量均大致相等。

本試驗經為期一個月的文蛤養殖成效評估，結果顯示投餵角刺藻有最佳活存率，比較矽藻及綠藻投餵文蛤，以矽藻投餵對文蛤確實有較佳的成長表現。雖然雙殼類動物是否為選擇性攝食者至目前為止仍尚不清楚，但由密西西比河之指甲貝腸道中所含的綠藻和矽藻確實比水樣中比例要多，其腸道內容物似乎反映了水中浮游植物的相對豐度 (Gale and Lowe, 1971)。林 (2015) 則認為水色呈現褐色與茶褐色類，其池水營養鹽較高，水中藻類以褐藻、矽藻、綠藻等浮游植物所組成，為文蛤養殖上較佳的水色。可由此推知文蛤對餌藻種類有一定程度的篩選，本研究結果與前人研究貝類對餌藻關係之結果相符合。

結 論

經由本研究結果顯示，由於遮蔽率 70% 處理組水溫變化最小與多樣性數值最高結果推論，文蛤池上方覆蓋光電板確實可穩定池水溫度，穩定養殖環境。文蛤對不同藻種有不同濃度需求，且養殖池中之矽藻大多能成為文蛤之餌料，其中角刺藻於文蛤養殖試驗有較佳之養殖成效。本研究結果顯示，分離之微藻培養於高溫環境增長表現較佳，在文蛤快速生長的夏季，能有效培育文蛤易攝食之角刺藻等矽藻，便於易地培養再添加於文蛤池中。綜合以上，角刺藻耐溫性廣，且用於投餵文蛤活存率較高，應可在文蛤養殖過程中額外培養角刺藻做為文蛤餌藻，進而有效提升文蛤的養殖成效。

謝 辭

本試驗由行政院農業委員會水產試驗所科技計畫經費支持，計畫執行期間承蒙本所東港生技研究中心及海水繁養殖中心臺西試驗場諸多同仁協助及提供建議，使本試驗可順利完成，在此一併致謝。

參考文獻

- 行政院農業委員會 (2003) 申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法。92年12月15日農授中字第 0921070714 號令。
- 李安進, 周芷儀, 黃麗月 (2019) 養殖文蛤的餌料。文蛤科學化養殖 (秦宗顯、劉秉忠主編), 水產試驗所特刊, 26: 39-52。
- 林子皓 (2015) 雲林地區文蛤養殖池水色與浮游植物群聚組成關係之研究。國立高雄海洋科技大學水產養殖研究所 碩士論文, 84 pp。
- 周芷儀, 周昱翰 (2020) 文蛤池結合太陽光電之養殖生態研究。農業生態系長期生態研究研討會摘要集, 臺灣, 62-63。
- 周昱翰 (2017) 文蛤的養殖與管理。科學發展, 535: 14-17。
- 周昱翰, 何雲達, 葉信利 (2017) 文蛤池結合太陽能光電之新養殖模式研發。水產試驗所2017年年報 (許晉榮主編), 75。

- 周昱翰, 陳高松 (2019) 文蛤池結合太陽能光電之新養殖模式開發. 文蛤科學化養殖 (秦宗顯、劉秉忠主編), 水產試驗所特刊, 26: 75-82.
- 陳士元 (2006) 周氏扁藻吸收氮-氮效率及其應用於循環系統的探討. 國立嘉義大學水產生物學系 碩士論文, 88 pp.
- 陳文樹 (2006) 文蛤的養殖過程和收成獲益. 漁業推廣月刊, 234: 28-29.
- 陳威克, 張峻齊, 余峰維, 許晉榮 (2019) 臺灣文蛤養殖產業與綠能共構問卷調查分析. 水試專訊, 68: 44-49.
- 彭慶仁 (2014) 小球藻於煙道氣最適生長條件之探討. 國立臺中教育大學科學應用與推廣學系 碩士論文, 100 pp.
- 葉信利 (2017) 明珠生輝、風華再現 - 台灣的貝類養殖. 科學發展, 535: 6-13.
- 劉富光, 何雲達, 郭仁杰, 廖一久 (2001) 優質文蛤的養殖技術. 農政與農情, 114: 91-96.
- 漁業署 (2019) 中華民國108年中華民國臺閩地區漁業統計年報. 行政院農業委員會漁業署, 臺北.
- 蕭智遠 (2013) 放養密度及投餵模式對文蛤(*Meretrix lusoria*)生長及活存之影響. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系 碩士論文, 49 pp.
- Chien, Y. H. and W. H. Hsu (2006) Effects of diets, their concentrations and clam size on filtration rate of hard clams (*Meretrix lusoria*). J. Shellfish Res., 25(1): 15-22.
- Chou, C. Y. and Y. H. Chou (2020) Effects of microalgae concentration and species on feeding hard clam, J. Fish. Soc. Taiwan, 47(2): 1-7.
- Gale, W. F. and R. L. Lowe (1971) Phytoplankton ingestion by the fingernail clam, *Sphaerium transversum* (say), in pool 19, Mississippi river. Ecology, 52(3): 507-513.
- Hemaiswarya, S., R. Raja, R. Ravi Kumar, V. Ganesan and C. Anbazhagan (2011) Microalgae: a sustainable feed source for aquaculture. World J. Microbiol. Biotechnol., 27: 1737-1746.
- Lei, C. H. and H. M. Su (1985) Growth and survival of *Penaeus monodon* larvae fed with selected food organisms. J. Fish. Soc. Taiwan, 12(2): 54-69.