

文蛤養殖



行政院農業委員會水產試驗所
Fisheries Research Institute, COA

文蛤養殖



行政院農業委員會水產試驗所
Fisheries Research Institute, COA

中華民國一〇六年六月
June 2017



序

貝類是全球主要的養殖品項之一，以 2015 年為例，養殖貝類的產量為 1,643 萬公噸，約佔世界養殖總產量的五分之一，創造了將近 180 億美元的價值。在臺灣，貝類養殖產業同樣具有舉足輕重的地位，2015 年我國前十大養殖物種中，貝類就佔了三種，分別為文蛤、牡蠣與蜆；其中文蛤的產量達 6.4 萬公噸，產值超過 1.4 億美元。

文蛤的滋味鮮美，富含蛋白質與大量的鐵和維生素 B12，是高營養、低熱量的健康食物來源。然而它除了滿足人們的口腹需求之外，更具備了生態上的重要優點。文蛤為濾食性動物，主要以水體中的微細藻類、細菌或有機顆粒為食，成長過程不需要投餵動物性餌料，可以避免漁業資源的浪費，並可協助移除優養化水體中過多的浮游藻類、加速水中懸浮粒子的淨化。此外，在養殖過程中，文蛤會吸收水裡或空氣中的二氧化碳，碳酸離子會產生碳酸鈣，而後藉由鈣化作用，將二氧化碳長久封存於貝殼中。報導指出，1 公頃的文蛤養殖場的固碳量相當於 792 棵樹；而每 1,000 公斤的貝殼，約可固化 440 公斤的二氧化碳。因此，比起其他人為或者加強植樹等固碳方式，文蛤養殖顯然兼具方便、低廉、高效等諸多優點。換句話說，它是符合友善環境與永續生態要求，值得大力推動的養殖產業之一。

臺灣的文蛤養殖歷史悠久，於 1922 年從日本九州引進種貝，在西海岸進行養殖。1970 年代以後，隨著塶養技術的發展，加上市場需求量逐年增加，天然蛤苗的供應量嚴重不足。本所遂於 1980 年起，開始積極進行文蛤繁殖試驗，翌

年成功開發其人工繁殖技術，並推廣至民間業者應用；1983年貝苗量產技術更趨成熟，蛤苗從此供應無虞，從而帶動文蛤養殖產業的快速發展。迄 2015 年止，文蛤的總放養面積已達 7,300 公頃，總產值將近 45 億新臺幣。

雖然文蛤養殖多年來締造了不錯的榮景，也一直保持相當高的產量、產值，但最近幾年，本項產業開始遭遇發展上的瓶頸，包括每年三、六、九月的季節轉換期間，文蛤大量暴斃的消息時有所聞；2016 年起，無論是種苗或成貝，經常性的出現大量死亡情形等，在在嚴重影響本項產業的發展。到底是環境、氣候或者疾病問題導致文蛤的大量死亡，目前產學研界仍在積極的探究之中；然而有鑑於「預防勝於治療」向來是因應水產生物病害的主要原則，而做好養殖管理更是斧底抽薪之計，因此本所特將同仁們歷年來與文蛤相關之研究成果彙編成本技術手冊，內容除了繁養殖技術之應用外，尤其側重養殖過程中的水質與底土管理，希望藉以提供漁民朋友們最實用的參考資訊，終而能透過妥善的管理與防治策略，徹底解決文蛤長年性大量死亡的問題，並促進文蛤養殖產業的穩定與長遠發展。

行政院農業委員會水產試驗所
所長

陳君如

謹識

中華民國一〇六年六月

HARD CLAM





目

次

Contents

一、前言	1
二、生物學特徵	2
(一) 分類及形態特徵	2
(二) 生態習性	3
三、養殖池及其設備	5
(一) 養殖池	5
(二) 抽水馬達	6
(三) 水門	6
(四) 水車	6
(五) 發酵池	7
(六) 其他	7
四、放苗及適應狀況觀察與處理	8
(一) 放養蛤苗之規格	8
(二) 放苗前之整池	8
(三) 注水	12
(四) 種苗之撒放	13
(五) 撒苗後之觀察與後續處理	13



五、文蛤養殖之池塘管理.....	15
(一) 工作魚的放養.....	15
(二) 飼養方式.....	17
(三) 養殖管理.....	18
(四) 底土管理.....	25
六、文蛤養殖產業面臨之問題與因應.....	39
七、結語.....	46
附錄.....	48
一、防疫機關通訊地址.....	48
(一) 各縣(市)動物防疫機關.....	48
(二) 各縣(市)動物防疫機關附設魚病檢驗站.....	50
(三) 各大學魚病室.....	51
二、本所通訊地址.....	52





一、前言

臺灣地區俗稱文蛤 (Hard clam) 為粉蟻、蟻仔，市場上通稱蚶仔、蛤蜊，為海鮮店不可或缺之材料，家庭主婦亦視為一般菜餚羹湯原料，為極普遍的水產養殖生物。早期，臺灣地區淺海文蛤養殖業，北從淡水河口起，南至臺南，以彰化、雲林、嘉義等三縣養殖面積及產量最多，隨著養殖面積不斷擴張，造成天然種苗供不應求。天然種苗的來源，1970 年以前在淡水河口附近以鐵耙捕撈種苗 (約每臺斤 500 粒)，但數量有限。1971 年開始使用尼龍網撈捕 0.5—1.0 mm 沙粒般大小稚貝 (約每臺斤 200—300 萬粒)，在魚塢蓄養至較大規格再提供給養殖業者養成用，供養成用種苗數量顯著增加，魚塢養殖面積亦逐漸增加。採收機器發展後，將養成收穫用的引擎幫浦應用於採捕天然種苗，大大增加了種苗供應量。

臺灣地區漁業年報 1974 年之文蛤年產量已有 13,976 公噸，以淺海養殖為主，1975、1976 年略減產為 12,977、12,867 公噸，1977、1978 年減產近半為 7,845、6,747 公噸，顯現野生苗已日漸枯竭。1983 年人工育苗成功後大量繁殖種苗，逐漸從淺海轉為魚塢養殖，產量明顯增加至 16,049 公噸，2003 年提高至 31,518 公

噸，20 年來產量成長一倍。2012 年產量達 62,969 公噸，產值 36.1 億新臺幣。主要養殖地區為雲林、彰化、嘉義及臺南市。文蛤養殖密度從早期之每公頃 60 萬粒，因種苗供應量不虞匱乏及成熟的養殖管理技術，單位面積放養量逐年提高，放養種苗曾經高達每公頃 180 萬粒而養殖成功之實例，放養量以每公頃 100 萬粒較為普遍。近年來，季節性或偶發性養殖文蛤大量斃死的現象逐年嚴重，成為文蛤養殖發展的一大隱憂。爰此，本技術手冊彙整本所對於文蛤養殖研究的相關成果與技術，可作為從事文蛤養殖之科技人員及漁民參考，期望能防範養殖作業期間之意外損失，進而增加漁民的經濟收益。

二、生物學特徵

(一) 分類及形態特徵

文蛤的分類地位隸屬於軟體動物門 (Mollusca)、雙殼綱 (Bivalvia)、簾蛤目 (Veneroida)、簾蛤科 (Veneridae)、文蛤屬 (*Meretrix*)。臺灣地區現有文蛤屬之文蛤計有臺灣文蛤 (*Meretrix meretrix*)、文蛤 (*Meretrix lusoria*)、韓國文蛤 (*Meretrix lamarckii*)、中華文蛤 (*Meretrix petechialis*) 及皺肋文蛤 (*Meretrix*

lyrata) 等五種，皺肋文蛤較少見。目前臺灣大量養殖之文蛤以臺灣文蛤 (*Meretrix meretrix*) 及文蛤 (*Meretrix lusoria*) 較為普遍。

文蛤殼形略呈三角形，腹緣鈍圓，殼皮呈黃褐色為主，外殼顏色及斑紋會因成長環境、成長階段及個體大小等不同。



▲文蛤幼苗



▲本地種(左)與日本種(右)文蛤種苗之殼色有別



▲殼色似日本種之本地種文蛤

(二) 生態習性

文蛤屬廣鹽、廣溫性雙枚貝，成長之鹽度範圍為 10—45 psu，活存溫度範圍為 3—39°C。對溫度及鹽度適應力強大，如由高溫降至低溫或由高鹽度降至低鹽度均容易適應，但如溫度或鹽度由低往高升太快或反覆變化，文蛤體質會因虛弱而導致死亡。文蛤除極少數屬雌雄同體外，大都為雌雄異體，精、卵排出後在體外受精，繁殖季水溫 25—32°C，受精後 13—22 小時孵化，由自轉的擔輪仔態，變成可游動的「D 型」初期幼苗，在水體中游動過濾攝取所投餵之微藻為食物，經 4—8 天的浮游幼苗階段，再變態沉底成為爬行之初期稚貝。

文蛤一般都潛入沙中，攝餌屬濾食性，潛沙之深度依沙質特性而定，鬆軟沙質下潛較深，如遭受干擾才迅速向下潛逃，但下潛最大深度必需讓進排水管伸長後可攝取沙土中之間隙水，進排水管露出土表，才能以進排水方式，由鰓部過濾懸浮物質，攝取食物。食物的種類繁多，除浮游生物外，有懸浮性顆粒、水溶性物質或底部有機質經分解後微細物質。



▲平躺在沙質土上的文蛤(左)慢慢向下潛(右)

文蛤在瞬間離開水體時，經常出現閉殼噴水的現象，在空氣中一段時間後，微開雙殼露出進排水管，在緊急狀況可長時間閉殼，水溫愈低文蛤閉殼憋氣時間愈長。如池塘底質較硬或文蛤大量聚集堆疊，無法向下潛藏棲息之個體，雖長時期平躺仍可適應而正常成長。但當水質環境惡化，平躺個體適應能力較弱，較正常潛沙者容易死亡。在某些成長階段會出現局部遷移現象，移動能力與個體大小有關，也與族群不同而有所差異。

三、養殖池及其設備

(一) 養殖池

最簡陋者為沙土堤，坡度小如沙丘，近岸處池邊水深不足，以每公頃 60—80 萬粒之低密度養殖為原則。土堤包覆有竹片、三合板、遮陽網、塑膠布、磚塊等，以確保堤土之沙土不流失，如池水較深池堤往往不夠堅固需定期修護。一般海埔新生地所建構之養成池面積普遍以 0.5—2.0 公頃較為常見，中間育成池之面積則在 1 公頃以下較多，放養沙粒大小以上規格之稚貝，因稚貝階段成長快速，每 2—4 週即可收穫每臺斤



▲具包覆之土堤池堤不夠堅固需定期修護

500 粒之養成用苗。中間育成池放苗前，去除各種水生動物之操作較養成池更嚴謹，所需水源儘量避免有其他競爭水生動物之卵或幼生混入，如螺類、外來種貽貝類等。

以砌石護坡和混凝土護坡堤岸之池塘，具有強固的堤岸可以供多角化運用，雖投資成本較高，若酌量增加水深，除文蛤外，可再放養蝦類及魚類等，使養殖池達到充分利用。

(二) 抽水馬達

供養殖期間緊急狀況下需持續注排水時使用。漲潮注水不便地區，遠距抽注海水或大排之半淡鹹水，深水井、淺水井亦靠抽水機抽取。因使用需求不同，分立軸式、沉水式及離水自吸式幫浦。

(三) 水門

簡易式水門，全靠人力拉起或插入，注排水量較小，柵門板太大操作不便等缺點。目前較普遍使用者為轉盤螺旋軸升降式，雖升降費時，但節省人力，注排水量較大。另有電動水門之設計，但因造價及故障率高，使用者不多。

(四) 水車

單養或低密度混養池水車一般備而不用，而較高密度混養池則需使用水車或各種型式之增氧設施。

(五) 發酵池

有機肥發酵池為小型土池、水泥池或塑膠槽等，任其自然增殖光合菌、微細藻等做為文蛤之食物。

(六) 其他

為便於養殖管理，塑膠筏與船外機及採收時用的籃具、網具、工寮等，亦不可或缺。



▲水門、注排水沉水泵、膠筏、船外機等設備

四、放苗及適應狀況觀察與處理

(一) 放養蛤苗之規格

一般養成用種苗之大小以每臺斤 500 粒為定單價之標準。若池塘含沙率較高，可放養小至兩分半或三分苗（約每臺斤 1,200—1,500 粒）之較小幼苗，因較小幼苗以相同金額可購得之個體數較多，購苗成本略低，放養密度稍高，如發生放養幼苗意外死亡後，仍可維持正常養殖密度。當養成用苗出現滯銷期間，稚貝在中間育成池任其成長至每臺斤 200—400 粒，成為較大體型苗，體型愈大移入養成池時容易受傷及適應不良，大多數活存之個體，在放苗初期的細心管理，養殖期可縮短 3—5 個月。

(二) 放苗前之整池

新闢或重新填沙之池塘，均需以推土機整平池底後，由曳引機施撒茶粕，再注入海水讓茶粕發酵。初榨出廠新茶粕施撒量每公頃 500 kg 即可達滅除水生動物之效果，但茶粕庫存愈久施撒量以每公頃 1,000 kg 以上，甚至 1,500 kg 才有效果。茶粕可作為底肥，兼具毒殺池中螺類與雜魚、蝦。當茶粕發酵後再排換水，經 2、3 星期即可放苗；若未排換水，則需經 1 個月以上再放苗比較安全。如池中有文蛤死殼等雜物，放苗前先以文蛤採收機撈除。



▲推土機重整池底



▲曳引機施撒茶粕



▲採收機備用中

養殖多年之池塘，收穫後將池水排乾，再以挖土機在池塘四周挖深溝，並用抽水機抽排滲入溝內之水，池底需曬乾至龜裂或風吹沙塵可揚起，為慎重起見可採樣檢測乾燥底土之氧化還原電位值後，再予回填整平。另外，視池底有機質黑土層厚度，再決定是否以耕耘機翻土打鬆，若不需翻土，則施撒茶粕，曬乾，放養前以採收機沖鬆底土，以利文蛤苗潛沙。



▲挖土機在池塘四周挖深溝，再利用抽水機抽排滲入溝內之水



▲耕耘機翻土打鬆曬乾龜裂池底

養殖 5 年以上，池底有機質厚度如超過 10 cm，則以挖土機翻土 1 m 以上，將深層沙質翻出地表，再以推土機整平。若深層並非沙質，則需重新填沙，如此雖然成本較高，但可確保文蛤高活存率與成長率。



▲池底有機質厚度超過 10 cm 以挖土機翻土 1 m 以上

近年來，在客觀環境條件許可下，多數業者在養殖池底埋設第一層沙層之淺水井管路，當文蛤收成清池後，先排乾池水，再抽排底部沙層水。曬乾至龜裂後，再施撒茶粕與豆粉作底肥，茶粕會毒殺水生生物免得文蛤養殖受到影響，使用茶粕後應持續排少量沙層水，使茶粕水下滲至一定的深度，當茶粕完全揮發後，再抽排沙層水，使已發酵茶粕及豆粉之肥水滲入底土間隙，待池底乾燥龜裂後，再以耕耘機翻鬆表層土，繼續曝曬 2 星期以上，



▲池底埋設第一層沙層淺水井管路抽排底部沙層水

然後注水準備放苗。經此方式整池，於放苗初期，池底較不容易繁生底藻、絲藻等水生植物。

(三) 注水

整池後放苗前第一次注水，決定往後養殖順利與否。有害水生動物卵或幼苗（如螺類、貽貝類、蝦蛄、吳郭魚等），在注水時很容易自公共水道中引入，並在養殖池中快速成長或增殖，與文蛤競爭食物，甚或干擾文蛤之攝食行為。如注水時在水門口處掛長袋形網以濾除大型生物，但小型生物仍會被引進。如以抽水機抽取公共水道水，並在出水管口綁細網，其網目是否小到足以阻隔小型生物，仍有疑慮。至於使用淺水井之沙層水，其鐵質含量雖高，但氧化沉澱快，容易滲入池底沙土間隙中，所以引注沙層水並混合地下淡水，雖然較費時日，卻可完全隔

絕公共水道之有害生物。

(四) 種苗之撒放

為確保文蛤苗均勻撒布，撒苗前先以中空膠條或在池堤壁面等距噴白漆作為界線標識，如僱請專業撒苗工，可組成 2 或 3 人一組，自備鋁盆撒苗載具，可免標識。調整放苗池之池水鹽度，稍低於原文蛤苗池鹽度。若氣溫低，則儘量降低水位在 30 cm 以內，以便觀察文蛤苗適應狀況。設定放養密度，概估每一標識區之撒苗量。若有大小不同規格幼苗放養在同一池塘，宜分區隔離撒布。夏季高水溫期撒苗時，以隨抓隨撒苗為宜，避免長時間高溫曝曬，傷害幼苗。

(五) 撒苗後之觀察與後續處理

1. 發現部分幼苗健康狀況有問題時，則在文蛤苗死亡後，再補放養不足部分。
2. 如底土太硬則幼苗無法潛沙，可用採收機沖鬆底土。
3. 若幼苗對池塘水質不適應時，需排水再注海水與淡水，調整鹽度、pH 值。
4. 大型苗如發生部分倒立時，則以鏈條或網具拖曳撫平。
5. 撒苗 3 日後，池水若未變清澈，則需降低水位，注入清澈海水與淡水。

6. 1—2 個星期攝食恢復正常後，再逐漸調高水位。
7. 放苗 1 個月後，再考慮是否酌量投撒飼料。

▲ 砌石或混凝土護坡堤岸在池堤壁面等距噴白漆作為撒苗界線標幟

▲ 僱請專業撒苗工 2 或 3 人一組，自備鋁盆撒苗載具

五、文蛤養殖之池塘管理

(一) 工作魚的放養

文蛤養殖池因文蛤屬濾食性，池水淺且清澈，池壁及池底容易生長大型的藻類如絲藻，絲藻大量繁生時會覆蓋文蛤導致其成長不良及缺氧，養殖業者以放養虱目魚來清除文蛤養殖池之絲藻，放養量在 1,000—1,200 尾/公頃。在冬季水溫低時，虱目魚攝食量降低無法完全清除底藻，造成絲藻或海菜在池中繁生，需耗費大量人力清除。本所於 2011 年研究在文蛤池放養黑星銀魮、黑鯛及黃錫鯛等耐寒性魚種，作為文蛤池工作魚以取代虱目魚的試驗，以供未來選擇放養種類的參考。從 2011 年 4 月 1 日到 11 月 11 日，在室外池飼育進行為期 7 個月的試驗，試驗處理分為 A 組放養虱目魚 4 尾 (1,200 尾/公頃) 及黃臘鯪 2 尾 (600 尾/公頃) 作為對照組，B 組放養虱目魚 2 尾 (600 尾/公頃)、黃錫鯛 2 尾 (600 尾/公頃) 及黑星銀魮 2 尾 (600 尾/公頃) 及 C 組放養黑鯛 3 尾 (900 尾/公頃)、黃錫鯛 3 尾 (900 尾/公頃)，各處理組的溫度在 23—32.9℃，鹽度維持在 10—20 psu，pH 在 7.96—8.23，溶氧量因為有打氣，均在 5.3 ppm 以上。各組文蛤的平均體重為 5.32、5.29 及 5.44 g，活存率在 90—92% 之間，三組間沒有顯著差異。各處

理組在 4—11 月上旬因水溫維持在 20℃ 以上，池中魚類正常攝食，大型藻類受到良好的控制。雖然 9 月之後由高水溫 32℃ 逐漸下降到 11 月的 22℃，但在 4—11 月期間，各試驗池的池壁及池底皆沒有大型藻類生長，各處理組工作魚仍足以完全清除池中的大型藻類，顯示三處理組對於清除大型藻類的效果一樣好。但實驗持續進行到 2012 年 1 月底至 2 月中旬，因寒流接連來襲，使水溫長時間維持在 15℃ 以下，最冷時達到 11℃，雖然虱目魚沒有凍死，但放養虱目魚及黃臘鰻的 A 組池中已長滿絲藻，但其他兩組卻完全沒有絲藻生長，顯示文蛤池在冬季期間應放養黑星銀鯧、黑鯛及黃錫鯛，可以有效控制池內大型藻類的成長。



▲ A 組的虱目魚在 1-2 月間的低水溫期停止攝食，造成絲藻繁生

(二) 飼養方式

文蛤的攝食方式為濾食性，在天然環境下主要是攝取環境周圍之微細藻類及有機碎屑。但在高密度的養殖池中，自然生產的藻類及有機碎屑不足以供給養殖文蛤所需，必須另外以人為方式來補充。目前文蛤養殖業者的主要養殖方式有抽取藻水、直接供給飼料、添加肥水及池中吊雜魚或雞、鳥糞發酵，間接培養池中藻類。

1. 藻水

養殖方式主要是文蛤養殖池與魚蝦養殖池形成循環水系統，藻水由魚蝦養殖池供給，經由文蛤池文蛤濾食後，再將高透明度的池水送回魚蝦養殖池。

2. 飼料

雙枚貝的鰓為濾取食物的器官，鰓只有選擇顆粒大小的能力，過小的食物顆粒不易為鰓所濾取，能被鰓有效濾取的顆粒才會經由唇瓣送入口中，過大的顆粒會由外套膜排出體外。過去投餵方式是將魚粉直接投撒入池底，但魚粉的顆粒大小不一，文蛤無法完成攝取利用，大顆粒需經由細菌分解後才能為文蛤所利用。研究發現，食物顆粒在 6–25 μm 最易為文蛤所攝食，目前開發的文蛤飼料有多種廠牌（順大、富裕、泰山、台榮、東立、

金馬等)。如直接投餵飼料魚文蛤池，投餵量不要超過每週每公頃 60 kg，應視池塘狀況及氣候調整，否則容易因超量投餌，導致有機物大量堆積於池底，底層因缺氧發酵形成還原態，影響文蛤的成長和活存率。

3. 有機肥發酵池

在養殖場內隔 1 小池塘，投入大量的魚粉、豆粉、下雜魚漿等物料，這些物質會在池中先發酵分解成小分子後再抽入養殖池，業者常以目測水色來決定投餵量。

(三) 養殖管理

高密度的養殖文蛤常需投入大量的飼料 (如魚粉、豆粉、下雜魚漿等)，或者將這些物質在小池塘中先發酵後再抽入養殖池，培養文蛤成長所需的天然餌料生物。養殖過程中將有機物分解後當作文蛤成長的營養源，但是長期大量的投餌會產生大量的殘餌



▲ 有機肥發酵池

及排泄物沉澱堆積於池底，雖然養殖池本身有「自淨能力」，但超出池塘自淨能力時，會引起養殖環境的水質與底質的惡化，影響文蛤的成長或生存。文蛤池的養殖環境因素為：

1. 水溫

文蛤屬廣溫性，水溫在 3—39℃ 之間具有活動力，文蛤在 25—35℃ 的水溫範圍，成長明顯較快，而在 20℃ 以下則成長減緩。而從 25℃ 開始，若每小時增溫 1℃，在 41℃ 以上，文蛤會出現適應不良的行為，無法正常潛沙，至 45℃ 則開始死亡。在夏季高水溫期，常因池水淺且清澈，陽光直射池底，研究結果顯示，池底水溫曾有 42℃ 的記錄。因此在高水溫期應提高池水水位，可避免池底水溫過高影響文蛤活存。有機物分解與水溫有直接的關係，有機物含量為 240 g/m²、15℃ 時，需 25 天的時間才能分解 90% 的有機物，在 35℃ 時，僅需 5—6 天。由於有機物的關係，使池底成為微生物繁殖的良好地點，細菌消耗了大量的氧氣來分解沉澱物，使得池底表土以下變成無氧狀態。會產生對養殖生物有害的物質，如氨-氮、亞硝酸-氮、硫化物、重金屬等，毒性會隨著溫度的升高而增強。在冬季低水溫期，虱目魚攝食量降低，不能有效清除底藻，造成絲藻或海菜等在池中繁生，需耗費大量的人力清除，且寒流來時，常因水溫低於 10℃ 時，造成虱目魚大量凍死。

2. 鹽度

研究報告指出，文蛤受精卵孵化的適宜鹽度在 25—35 psu，浮游幼生培育的適宜鹽度為 25—30 psu，而平均體長 1.6 cm 的文蛤苗，其成長適宜鹽度為 16—36 psu，可見文蛤的體型愈大愈能適應低的鹽度。通常文蛤池鹽度維持在 20—25 psu 之間，在梅雨及夏天颱風季節時，應提防豪雨造成池水鹽度過低而影響文蛤生長。冬天則需防患東北季風吹襲，造成蒸散作用而使池水鹽度升高，因此需每日測量鹽度，以海水或淡水調節池水至適當的鹽度。

3. 酸鹼 (pH) 值

研究發現，文蛤剛開始移入不同 pH 環境中，會呈現規則的反應，pH 5—8 時，開殼率幾乎相同，均在 95% 以上，在 pH 4 或在 pH 9 時，開殼率分別只有 20% 及 25%，而 pH 3 與 pH 10 時會緊閉雙殼。文蛤在 pH 3 的強酸環境中能忍受 72 小時，在最後階段亦發現可正常開殼呼吸；相反的，pH 10 環境中 18 小時後全部死亡，顯示文蛤較能容忍酸性水質。

造成水域中 pH 值太低的可能原因：(1)乾旱後下雨 (酸雨)，使池水之 pH 值陡降。(2)水域中有機質過多發生酸化現象。一般而言，水域中 pH 值太低時，顯示水域中有機質過多，使池底的氧化狀態明顯下降，而發生酸化現象，因此除了改善水質外，底

質之情況亦要改善，才能達到治本的功效。一般養殖池塘水質 pH 值過低，可能是有機質過多所造成，可以撒布農用石灰調整池水 pH 值，第二天早上可再潑灑有益性細菌（依產品使用濃度而定）或 15 mg/L 的光合菌，可有效的改善水質。池水 pH 值太高時，簡單的作法是部分換水，因為藻類濃度過高需換水來稀釋。



▲曳引機施撒石灰

4. 溶氧量

養殖池氧氣的來源有三，第一是空氣經過水表面以擴散的方式溶入水中，第二是養殖池中的藻類或植物在白天行光合作用而產生氧氣，第三是以人為方式，如水車攪動水面以增加水體與空氣接觸的面積，來提高水中的溶氧。文蛤的耗氧量會受水中溶氧量、水溫及鹽度的影響，當水中溶氧量增加及溫度升高時，文蛤的耗氧量也跟著增加，而文蛤在鹽度 20 psu 和 30 psu 的耗氧量高於鹽度 10 psu 的耗氧量，顯示水中溶氧量和溫度升高時，文蛤的

新陳代謝率增大，有利於文蛤成長，在不適的鹽度環境下，文蛤的新陳代謝會降低，不利文蛤成長。文蛤對低溶氧的抵抗力甚強，在溫度 25℃、溶氧低於 0.25 ppm 的情況下，經過 48 小時才開始死亡，至第 6 天時，死亡率僅達 55%。文蛤在無氧的環境下尚可生存數日。

5. 無機含氮化合物

養殖池的無機氮化合物包括氨態氮、亞硝酸態氮、硝酸態氮。其中氨態氮係有機物或殘餌經細菌分解而來。

(1) 氨態氮

水中氨態氮以未解離的氨 (NH_3) 和解離的氨 (NH_4^+) 兩種型式存在，其中以 NH_3 對水生動物較具毒性。研究結果顯示，水中氨氮濃度在 280 ppb 時，會使文蛤幼苗的濾食率降低 50%，而氨氮對文蛤之 96 小時的致死濃度 (LC_{50}) 為 3.3 ppm。要降低水中的氨氮濃度，可以 A. 增加池水溶氧量，如曝氣打水車來氧化氨氮；B. 使用水質改良劑，如麥飯石吸附氨氮、硝化菌將氨氮氧化亞硝酸；C. 引入較清淨的水。

(2) 亞硝酸態氮

氨氮在水中經過亞硝酸菌的硝化作用可轉變為毒性也相當強的亞硝酸態氮。水中亞硝酸態氮濃度在 280 ppm 時，會使文蛤

幼苗的濾食率降低 50%。而亞硝酸態氮對文蛤之 96 小時的 LC_{50} 為 756 ppm。在正常的水域中，亞硝酸鹽的含量不高，當含量偏高時，則意味著池底惡化和殘餌過多，可能會使水生物罹病，所以最好能每週測試一次，以便確時掌握池底的環境狀態，才能妥當控制管理。

(3) 硝酸態氮

水中硝酸態氮濃度在 2,500 ppm 時，會使文蛤幼苗的濾食率降低 50%。而硝酸態氮對文蛤之 96 小時的 LC_{50} 為 2,600 ppm。

6. 硫化氫

硫化氫為具有溶解性、臭味很強（臭雞糞味）、毒性也很強，其對於水生物之影響與水溫，溶氧量與 pH 值有關。水中硫化氫的主要來源，是在水中缺氧和大量殘餌的情況下，從由海水中的 SO_4^{2-} 還原分解而產生硫化氫。在 25°C 環境下，硫化氫對文蛤之 96 小時的 LC_{50} 為 1.5 ppm，文蛤對硫化氫的抵抗力頗強，可能與文蛤長期適應於含有多量還原態硫化物之底泥環境中生活有關。試驗觀察發現，當文蛤接觸水中溶解性硫化物後，立刻將殼緊閉，且隨溶解性硫化物濃度之增高，其閉殼率愈高，在 2—6 小時之後，文蛤開殼率才又增加，且隨溶解性硫化物濃度之增高而愈早開殼，之後文蛤逐漸死亡。文蛤死亡後，蛤肉分解也會產

生硫化氫，蛤肉重 1.2 g 的文蛤，在死後 48 小時及 120 小時所產生的溶解性硫化物分別為 1 mg 及 14 mg，而硫化氫為 0.35 mg 及 2.07 mg。因此發現文蛤死亡時，最好將死亡的文蛤由池中移除，以免文蛤死後蛤肉分解產生硫化氫，造成毒害。降低水中的硫化氫濃度方式有：(1)增加池水溶氧量，如曝氣打水車，可以氧化硫化氫，降低其濃度；(2)撒含鐵較多的紅色土壤，使硫化氫轉變為硫化鐵沉澱而消除其毒性。

7. 有機物質

除了一般生物的殘骸，文蛤池有機物的主要來源是養殖時投放之魚粉、豆粉、下雜魚漿或發酵池發酵後，再抽入養殖池中。一般養殖池底部堆積之有機物會先行好氣性分解，若沒有氧氣補充時，則行嫌氣性分解。適量的有機物投入，可增加養殖池的肥沃度，有利於文蛤的成長。文蛤養殖期間大都憑經驗，以目測水色來投飼，易超量導致池底有機物堆積，底層因缺氧而形成還原態。在養殖過程中，池底的狀況對文蛤特別的重要，因為牠們棲息在底土，底質惡化會影響文蛤成長或生存，池底狀態會隨時間而改變，也會被有機殘留物累積，如死亡藻類、糞便和殘餌的影響，導致高耗氧及發展成還原態，在此環境下，厭氧分解的產物，如氨、硫化氫、甲烷及有機酸，對養殖生物都有害處，尤其是與

底土相依的底棲生物如蝦、蟹及貝類等受到的影響最為直接。文蛤棲息在底土中，池底狀況的好壞，文蛤所受影響最為直接，因此文蛤養殖池的底土管理就顯得特別的重要。

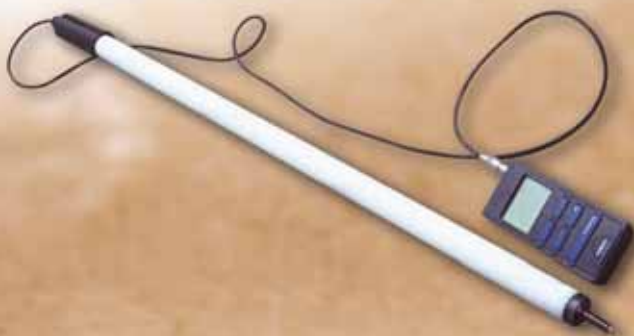
(四) 底土管理

1. 底土狀態之評估

底土狀態的評估方法有氧化還原電位、可溶性氨-氮、硫濃度及有機物含量等。但只有氧化還原電位法能直接在養殖池測量瞭解底土狀態，可以馬上進行相關的養殖管理操作。氧化還原電位 (oxidation reduction potential, ORP) 是底質有機物質負載程度的指標，因為氧化還原電位的變化，能反應底土中有機物含量，當有機物增加時，會因微生物的分解造成底土溶氧量減少而使氧化還原電位下降。當有機物減少時，耗氧量下降，氧化還原電位會逐漸上升，因此可作為養殖池底土有機物質污染的指標。

(1) 氧化還原電位的測量：

測定的儀器組合：pH/ORP meter 本體 (具測量 ORP 項目的任何品牌皆可) 加上測量 ORP 用的白金電極，使用前應先用 ORP 標準液確認 ORP 電極是否老化，並以其作為測量基準 (例如 ORP 標準液為 220 mV，而儀器測量值為 250 mV，顯示儀器測量值高估 30 mV，因此在池塘所測的值需減 30 mV，才是池塘 ORP 值)。



▲pH/ORP meter 本體及測量 ORP 用的白金電極

測定的方法：將白金電極直接插入養殖池底土 2—3 cm 處，經 30—60 秒，數值穩定後即完成測定。因為池底土表並非平坦，有機物易累積在較深的凹面底土，因此可以將池塘分成 6—9 個區域，每個區域測量 3—5 點求得測量平均值，以充分瞭解各區的底土狀態，然後據以進行養殖管理操作。



▲ORP 數值可直接在養殖池測得

(2)ORP 數值的意義：

當池中溶氧耗盡，會產生許多厭氧反應，而在池底形成還原

性產物和潛在有毒物質。ORP 在 200—300 mV 之間時， NO_3^- 會還原成 NO_2^- 、 Mn^{+4} 還原為 Mn^{+2} ；在 100—200 mV 之間時， NO_2^- 還原為 NH_4^+ ；在 50 mV 時， Fe^{+3} 還原為 Fe^{+2} ；在 -150—-250 mV 之間時， SO_4^{-2} 還原為 S^{-2} (H_2S)；在 -250 mV 時， CO_2 則還原為 CH_4 。由上述可發現，ORP 在 -150 mV 以下時，會產生還原性的有毒物質。

氧化還原電位數值與氧化還原狀態及氧化還原反應的關係

氧化還原狀態	ORP (mV)	氧化還原反應
氧化態	400—700	$\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$
低還原態	100—400	$\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^-$
		$\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NH}_4^+$ (100—200 mV)
還原態	100—-100	$\text{Fe}^{+3} \rightarrow \text{Fe}^{+2}$
高還原態	-100—-300	$\text{SO}_4^{-2} \rightarrow \text{S}^{-2}$ (-150—-250mV)
		$\text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4$ (< -250mV)

2. ORP 如何應用在文蛤養殖的底土管理

ORP 高低對與文蛤活存有何影響？如何應用 ORP 值進行文蛤池的底土管理？由於 ORP 在 -150 mV 以下會產生還原性的有毒物質，底土管理依 ORP 值可分成三個階段：

(1) 正常養殖期 (底土 ORP 值在 -150 mV 以上) 的管理：

避免過多的殘餌，以免有機物累積於池底而使 ORP 下降，

投餵的飼料必須注意適合文蛤攝食的食物顆粒粒徑為 5—25 μm ，過大或過小的飼料顆粒均無法被文蛤攝食而累積於池底；飼料的投餵量，應視養殖物的狀況而增減，避免殘餌過多，使得底層因缺氧而形成還原態。在此種環境下，厭氧分解的產物如氨、硫化氫、甲烷及有機酸，都會對養殖生物造成危害，尤其與底土相依的底棲生物，如蝦、蟹及貝類所受的影響最為直接。

(2)底土改善期 (底土 ORP 值在 -150—-250 mV) 的管理：

改善底土 ORP 值達 -150 mV 以上，應避免產生對文蛤有影響的還原性有毒物質 (H_2S 及 CH_4)。增加水車數量或運轉時間，使水與空氣充分接觸，溶入氧氣，提供微生物分解有機物所需的氧氣，並使水中氨、二氧化碳等有害氣體逸出水面。每週定期使用二氧化氯 (0.5 ppm) 或光合菌 (15 ppm)，可以提高底土的 ORP，並減少底土易氧化物 (easily oxidized material, EOM) 及底土需氧量 (sediment oxygen demand, SOD)，使文蛤在優良的底土環境下成長，不僅可提升文蛤的成長率也增加文蛤的飼料效率。

(3)危險期 (底土 ORP 值在 -250 mV 以下) 的管理：

氧化還原電位在 -250 mV 以下時， CO_2 還原為 CH_4 ，顯示底土被有機物嚴重污染，處於極度缺氧狀態，應立即進行緊急搶救措施，才能避免文蛤大量死亡。

文蛤飼養 18 週後各處理組文蛤之飼育成果與底土狀態

處 理 方 式	對 照 組	光合菌組	二氧化氯組
最初重量(g)	1.05±0.25	1.05±0.25	1.05±0.25
最後重量(g)	8.03±0.62 ^c	8.72±0.38 ^b	10.09±0.87 ^a
底土有機物含量(%)	2.78±0.30	2.73±0.58	2.75±0.16
底土 EOM (mgO ₂ /g 乾土重)	11.34±3.10 ^a	8.82±2.50 ^b	7.68±2.10 ^b
底土 SOD (mgO ₂ /g 乾土重)	8.47±0.82 ^a	4.43±0.52 ^b	3.88±0.72 ^b
ORP (mV)	26.0±7.8 ^c	53.0±6.2 ^b	102.5±11.2 ^a
飼料效率(%)	267.4±28.0 ^c	294.4±36.0 ^b	345.3±15.0 ^a

a, b, c：代表 $p < 0.05$ 之統計差異

3. 底土有機物污染的緊急改善對策

ORP 是底土有機物負載程度的指標，因為 ORP 的變化，可以反應底土中有機物含量，當有機物增加時，會因微生物的分解，造成底土溶氧量減少而使氧化還原電位下降。當有機物減少時，ORP 會逐漸上升，可作為有機污染的指標。而有機物在池土的濃度通常在 2—4%，以 10 cm 厚的底土層來計算，每公頃的有機物之含量約有 20—40 噸。在這麼高含量的背景值下，要確認因為養殖而造成的有機物增加量是非常困難的。而 EOM 是指底土中易氧化物質的計量指標，數值愈高，顯示底土中的易氧化物質愈多。EOM 的測定有助於更適當的池塘管理 (Avnimelech et al., 2004)。因此經由 ORP 及 EOM 的測定，可以顯示底土因過量的有機物造成的嚴重污染狀態。

將室內 15 個試驗桶 (70×50 cm, 底部裝有 10 cm 的砂土) 排乾水後, 進行底土曬乾作業, 第 15 天進行第 1 次底土分析, 土壤濕度在 13.82—15.16%, EOM 濃度 $3.28-4.15 \text{ mgO}_2/\text{g}$ 乾土重。第 30 天進行第 2 次底土分析, 土壤濕度在 11.20—12.32%, EOM 濃度 $2.58-2.84 \text{ mgO}_2/\text{g}$ 乾土重。再將 15 個試驗桶中引進海水及微打氣, 7 天後測量底土 ORP 在 $+218-+231 \text{ mV}$ 、EOM 濃度 $1.60-2.37 \text{ mgO}_2/\text{g}$ 乾土重, 本次試驗要到 30 天才會有改善底土的效果, 可能是試驗桶位於室內, 缺乏陽光照射而拉長時間。

再將 15 個試驗桶各加入 20 g 的鰻粉 (約 618 kg/公頃), 7 天後 ORP 由 $+218-+231 \text{ mV}$ 變為 $-290-386 \text{ mV}$ 、EOM 濃度 $3.25-4.62 \text{ mgO}_2/\text{g}$ 乾土重。

試驗桶 (70×50 cm) 添加 20 g 鰻粉 (約 600 kg/公頃), 比較 3 種方法對底土 ORP 及 EOM 的改善效果

處 理 方 式	對 照 組	打氣增氧 (連續打氣)	二氧化氯 (16 ppm)	底土曝露 (8 小時)
最初 ORP (mV)	-330±35	-325±36	-336±25	-352±38
24 小時 ORP	-338±22 ^c	-215±62 ^b	-348±42 ^c	-153±26 ^a
48 小時 ORP	-334±32 ^c	-156±22 ^b	-338±52 ^c	-36±8 ^a
10 天 ORP	-337±47b	+55±12 ^a	-327±37 ^b	+83±21 ^a
最初 EOM (mgO ₂ /g 乾土重)	4.48±0.37	4.24±0.44	4.54±0.37	4.62±0.42
24 小時 EOM	4.41±0.41 ^c	4.03±0.38 ^b	4.52±0.41 ^c	3.82±0.26 ^a
48 小時 EOM	4.40±0.49 ^c	3.88±0.41 ^b	4.39±0.49 ^c	3.14±0.38 ^a
10 天 EOM	4.38±0.45 ^b	2.86±0.32 ^a	4.28±0.45 ^b	2.78±0.28 ^a

a, b, c : 代表 $p < 0.05$ 之統計差異

改善底土的方式有運用打氣增氧、添加二氯化氮及底土曝露等，試驗的結果發現：

(1)運用打氣增氧：

3 個試驗桶連續打氣 24 小時，平均 ORP 由 -325 mV 上升到 -215 mV ，EOM 由 $4.24\text{ mgO}_2/\text{g}$ 乾土重降至 $4.03\text{ mgO}_2/\text{g}$ 乾土重，48 小時平均 ORP 為 -156 mV ，EOM 降至 $3.88\text{ mgO}_2/\text{g}$ 乾土重，10 天後平均 ORP 變為 $+55\text{ mV}$ ，EOM 降至 $2.86\text{ mgO}_2/\text{g}$ 乾土重，顯示連續打氣可以逐漸改善池底還原狀態。

(2)添加二氯化氮：

試驗桶添加二氯化氮 1 ppm 、 8 ppm 及 16 ppm ，每個處理 3 重覆，在添加後 24 小時及 10 天後，3 組的平均 ORP 並未改善，仍在 -325 — -388 mV 之間，EOM 在 3.75 — $4.74\text{ mgO}_2/\text{g}$ 乾土重。可能是底土有機物的量超過二氯化氮所能氧化的量，因此即使添加 16 ppm 的二氯化氮，底土 ORP 也未獲改善，必須進一步的試驗，以瞭解二氯化氮對有機物的氧化能力。

(3)底土曝露：

將 3 個試驗桶排乾池水，使底土曝露在空氣 12 小時後，加水回復到原來的高度，結果平均 ORP 由原來的 -352 mV 變為 -153 mV ，EOM 降至 $3.82\text{ mgO}_2/\text{g}$ 乾土重，48 小時後平均 ORP

為 -36 mV、EOM 降至 3.14 mgO₂/g 乾土重，10 天後平均 ORP 為 +83 mV、EOM 降至 2.78 mgO₂/g 乾土重，顯示底土曝露在空氣後，可獲得立即的改善效果。

綜合上述結果顯示，打氣增氧及底土曝露顯著增加底土的 ORP 及減少底土的 EOM，達到快速改善池塘底土環境的效果。

4. 底土曝露對文蛤的影響

為了瞭解底土曝露對文蛤是否有所影響，利用 6 個已養殖 12 個月的室外文蛤試驗池 (4 × 8 m) 進行試驗，分為底土曝露 4 小時、8 小時及 12 小時 3 個處理組，每組 2 重覆。各組排水前，平均 ORP 分別為 -121.4 mV、-113.2 mV、-136.2 mV；平均 EOM 分別為 3.56 mgO₂/g 乾土重、3.48 mgO₂/g 乾土重與 3.64 mgO₂/g 乾土重。底土曝露期間由 9:30—21:30 之間，因有日照，所以底土溫度為 28—42℃，試驗完成之後，試驗池重新進水，24 小時後各組平均 ORP 分別為 7.2 mV、9.6 mV 與 7.4 mV；平均 EOM 分別為 2.86 mgO₂/g 乾土重、2.71 mgO₂/g 乾土重與 2.83 mgO₂/g 乾土重。觀察試驗池文蛤在底土曝露 4—12 小時後，在第 7 天時的死亡率，結果只有底土曝露 12 小時處理組有 0.094% (3 粒/3200 粒) 的死亡率，第 14 天的死亡率為 0.250% (8 粒/3200 粒)，其他兩組則沒有文蛤死亡。可見底土曝露 8 小時內對文蛤沒有影響。

不過試驗所用的文蛤池底土狀態並沒有惡化到需要立即改善的地步 (ORP 在 -250 mV 以下)，因此試驗池文蛤的健康狀態還不錯，所以要依據實際狀況增減底土曝露的時間。去年的曬池試驗發現，底土 EOM 及 SOD 都是在 14 天期間急速下降，顯示乾燥的效果及池底曝露在空氣中至少需要 14 天，才能確保池塘底土的改善效果。而 Avnimelech et. al. (2004) 也發現，吳郭魚池的底土曝露至少需要在空氣中 10 天，底土的 EOM 及硫化物才會降到最低。本試驗發現，短期間的底土曝露也有助於減少底土的 EOM，3 個處理組間 (曝露 4、8 及 12 小時) 在提升 ORP 及減少底土的 EOM 效果方面並沒有顯著差異 ($p > 0.05$)。換言之，底土曝露在空氣中 4 小時後即可有效提升底土 ORP 及降低 EOM，達到改善底質的目的，對文蛤也沒有不良的影響。

底土曝露時間對底土改善及文蛤活存之影響

處 理 方 式	4 小時組	8 小時組	12 小時組
最初 ORP(mV)	-121.4±15	-113.2±25	-136.2±18
24 小時 ORP	7.2±1.6	9.6±1.4	7.4±1.7
最初 EOM(mgO ₂ /g 乾土重)	3.65±0.64	3.48±0.53	3.64±1.07
24 小時 EOM	2.86±0.41	2.71±0.82	2.83±0.65
文 蛤 死 亡 率			
實驗後 24 小時死亡率(%)	0	0	0
實驗後 7 天死亡率(%)	0	0	0.094±0.010
實驗後 14 天死亡率(%)	0	0	0.250±0.080

5. 其他改善文蛤池底質的方法

經常應用在改善文蛤池底質的方法有灑石灰、沸石粉、添加光合菌及活菌等方法，茲分述如下：

(1)石灰 (lime)：

石灰在本質上並不是肥料，可稱為土壤及水質之改良劑，常被應用來改良池塘池底污泥及中和池水水質的酸度，以提升 pH 值。

A.使用方法

池塘曬池或放養前，將石灰直接均勻撒布於池底（一般使用農用石灰每分池 60—70 kg），經 7—12 天再進水，培養出水色時，即可放養文蛤。養殖期間使用石灰時須先與水混合後，再均勻潑灑全池塘，使用量為 5—20 mg/L。

B.使用效果

灑石灰除可增加底土的 pH 值，進而增加底土中磷的利用率，促進土壤微生物的活動，加速池底有機物的分解外，石灰亦可增加池水的鹼度和硬度，增加池水中 pH 值的穩定性。文蛤貝殼的成分主要由碳酸鈣所構成，約佔 95%，加上其他的無機物及少量的有機物（貝殼素及胺基酸），灑石灰可提供鈣質，作為形成文蛤外殼的來源。

(2)沸石粉 (zeolite)：

沸石粉為含水的矽酸礦物具有極高的鹽基置換容量 (C.E.C. 交換能力，160－180 mg/100g)，俗稱的麥飯石、健康石都是同一類型之礦物。目前已有 40 多種，其中可用於池塘為堆積岩之斜髮沸石 (clinoptilolite) 和絲光沸石 (mordenite) 最適宜。

A.使用方法

清理池塘曬池後，池塘未放水時，撒布沸石粉於池底每分地 60－80 kg，以吸附部分之重金屬、硫化氫等物，以間接穩定池底土壤之酸鹼值。養殖期間若必須大量換水 (1/2 或 1/3)，可用沸石粉每分地用 40 kg 混水攪拌，均勻潑灑或用乾粉直接撒布。每月定期使用沸石粉，每分地水深 1 m 用量 20 kg，在黃昏時撒布最佳。

B.使用效果

在天然沸石中以斜髮沸石較適合養殖場之使用，可作為養殖池水淨化及池底土壤改良劑。此種沸石對水中之銨離子具有選擇吸著性，此外亦可吸附硫化氫、二氧化硫、二氧化碳等氣體。

沸石屬於鹼性，能中和水中的酸度，調節水中 pH 值，控制水質的安定性。能迅速吸收水中有機腐化物，改善水質，消除水中生物代謝產生的各種有害氣體而增加溶氧量，故正在「反水」

的池塘，可使用沸石粉做為搶救之用。

在海水養殖系統，由於水中鈉之高含量與氨產生競爭，因此在海水中沸石的效用要比淡水中低很多，但是由於沸石可以成為良好之菌床，因此與光合菌一併使用，其功效將更好。

(3)光合菌 (photosynthetic bacteria)：

光合菌係水中微生物，目前應用於有機廢水淨化和水產養殖上的光合菌，主要是紫色非含硫細菌中的一些種類，包括紅螺菌屬、紅假單胞菌屬及紅微菌屬。

A.使用方法

使用時必須在天氣良好的早晨，水深 1 m 每分地使用 15 公升 (液狀) 之量，以池水稀釋 10—20 倍，均勻潑灑於全池，同時啟動水車，以加快分布速度，須連續每隔 1—2 週使用 1 次。

B.使用效果

光合菌可將有機物或硫化氫等有毒物質加以吸收利用，而使耗氧的異營微生物因缺乏營養而轉弱，因而降低底質之生物需氧量，使氧化層增厚，溶氧提高，底質及水質因而被淨化，而維持良好生態環境並穩定水色，促進養殖生物之健康及成長。菌體含有粗蛋白 65.45%、粗脂肪 7.18%、粗纖維 2.78%、灰分 4.28% 及可溶性醣類 20.31%，具有高營養價值，可作為文蛤的食物。

(4) 益生菌 (bacteria for improve water quality) :

種類包括異營性好氣及兼性厭氧菌、異營性厭氣及兼性厭氣菌、硝化菌及甲烷氧化菌等四種，常用於水產養殖的有枯草桿菌、乳酸菌、硝化菌。

A. 使用方法

可撒布於養殖池塘中或添加於飼料中。

B. 使用效果

高密度養殖池，適時添加益生菌，可以分解及利用有機質或硫化氫進而達到改善養殖池底質的目的。

本所應用光合菌及益生菌探討其對文蛤養殖之效果。光合菌組每週 1 次以光合菌菌液全池潑灑 15 ppm。異營菌為市售粉狀活菌，含枯草桿菌、酵母菌、硝化細菌，每公克約有 1×10^6 cell。異營菌組每週 1 次以粉狀活菌溶於水中打氣 2 小時後，全池潑灑 3 ppm，混合菌組則依據上述光合菌及異營菌之半數施放。在養殖 4 個月後，對照組水中氨氮明顯高於其他 3 組，枯草桿菌曾應用在養殖池水的處理，具有很好的氨氮去除效果 (陳，1992)，光合菌能利用的氮源有氮氣、氨、尿素等 (Willison, 1993)，所以在養殖中期以後，添加活菌可以降低總氨的累積，避免因總氨濃度升高影響到文蛤的成長。經過 7 個月的飼育，各組文蛤之平均體

重，以添加光合菌 15 ppm 組 6.17 g 最好，其次為異營菌 3 ppm 組 6.05 g 及二者各減半之混合組 5.81 g，最差為對照組 4.17 g，四組有明顯的差異，但活存率及肥滿度四組沒有明顯的差異。添加細菌的處理組文蛤的蛋白質和脂質均高於對照組，且在肝醣含量上四組有明顯的差異，以異營菌組 (64.92 mg/100g) 和混合菌組 (63.64 mg/100g) 最好，其次為光合菌組 (50.52 mg/100g)，最差的是對照組 (29.82 mg/100g)。Jeng et al. (1979) 對臺灣的文蛤及牡蠣作化學組成分析時，認為肝醣含量愈高風味愈好。添加活菌處理組文蛤的肝醣含量明顯較高，顯示其風味也較佳。本試驗顯示，添加光合菌及益生菌可以改善池塘水質、提高文蛤的成長率、增加肝醣的含量及提升文蛤的品質。



▲光合菌室外量產

六、文蛤養殖產業面臨之問題與因應

2016 及 2017 年繁殖區及養殖區之文蛤均遭遇非季節性嚴重死亡之災情，有隨水道之水流方向蔓延擴散的趨勢，如不慎注入有文蛤死亡池之排水，數日後注水口之定點周邊即可發現有文蛤零星死亡，常因注水口有水流沖刷較深，透明度低不易發現文蛤從底土中浮出躺平，躺平為死亡前之徵兆，若及時降低鹽度或增加溶氧量，躺平之個體仍有機會潛回沙土表層下方，否則局部面積內同時出現 5—10 個個體張開雙殼死亡，發臭之蛤肉即形成感染原而蔓延擴散。

以本所臺西試驗場之養殖試驗池的各局部定點放苗養成為例，入秋後 10 月中測試超高密度放苗，至隔年 2 月中均可正常快速成長，3 月初尚未出現異常，3 月 20 日在其中之一池塘出現大量個體浮出平躺（3 月 17 日仍正常），活存率距離池壁愈近愈低，依序為 2%、18%、24%，由於混凝土鋼筋之池壁厚度不足出現破損穿洞，漲潮時即注入少量排水溝內他池排出之水，致死情形逐日擴散增加，而同為超高密度放苗之另一池仍在正常狀態。兩超高密度放苗池在 2 月 16 日以群聚式超高密度蓄養文蛤成貝，3 月 21 日採樣檢測活存率分別為 82%、27%，較大個體成貝

先發現死亡。隔週 3 月 27 日再採樣檢測活存率分別降為 56%、9%，同池之各個定點區塊之較小個體仍未發現死亡個體。大個體成貝活存個體移至死亡較嚴重池蓄養對照檢測後續之活存情況，分別在 4 月 6、11、18 日採樣檢測活存率逐次降為 41%、20%、5%。第 3 口成貝蓄養池在 2 月 16 日放養同批成貝，分 10 個定點聚落，在 3 月 27 日仍在正常狀態。但 4 月 6 日採樣檢測活存率為 43%，活存個體移至死亡較嚴重池蓄養，在 4 月 11、18 日採樣檢測活存率分別降為 78%、67%。在但 4 月 6 日採樣檢測高密度放苗各區塊 3 月 27 日仍未發現死亡個體之局部定點，幾乎找不著活存之個體。

在 2017 年初春節過後，稍有降雨或無風起霧天，文蛤種苗中間育成業者即出現災情。查訪發現，有因工作魚病變無法清除大型藻，導致池水清澈需投撒輔助飼料，常因不慎投撒過量或投撒分布不均，易在池中局部發酵形成有機質分解造成水質惡化，惡化區塊若有高密度文蛤集聚，水溫上升導致文蛤無法適應而死亡。往年初春魚塢池水溫度之最高溫未超過 25℃，很少發生嚴重的局部爆斃現象，今年有不少即將收成之文蛤池在低水溫回暖天氣，即出現池中之文蛤局部或零星開殼正在死亡中之個體，收購商販需確認池中無死亡個體擴散，再給予採收上市。一般慣例都



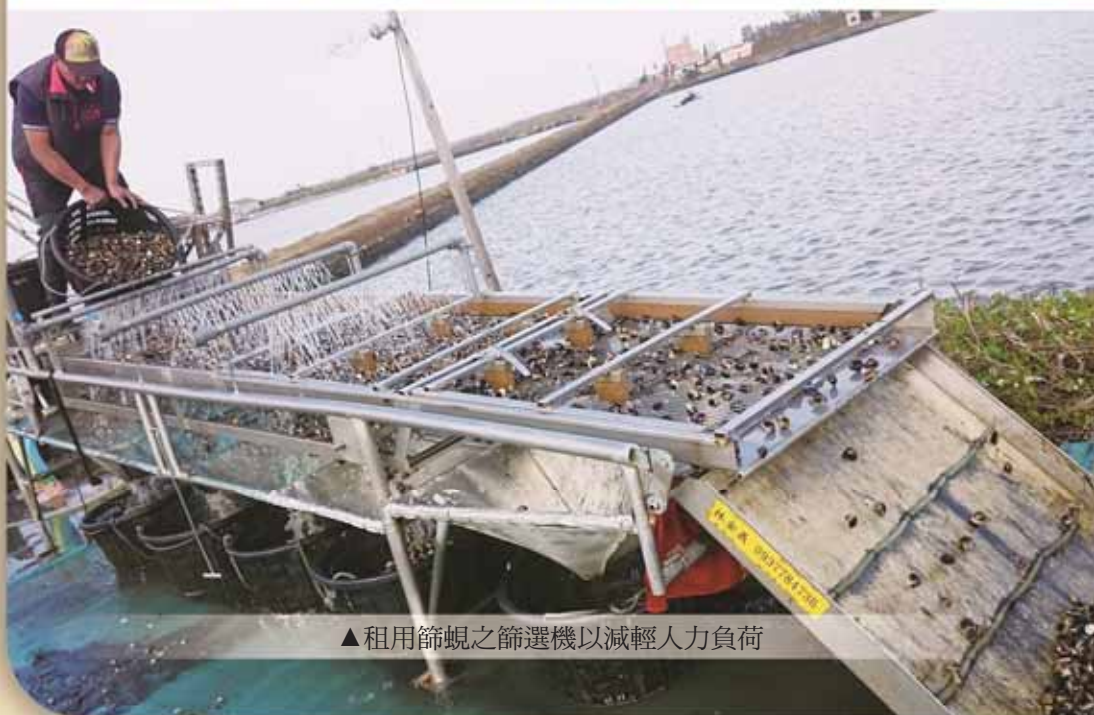
▲粉狀料施撒至船外機水流處擴散



▲未完全發酵之池水抽注入水車水流擴散



▲文蛤收成人工篩選



▲租用篩蜆之篩選機以減輕人力負荷



▲嚴重死亡文蛤池收成人工挑撿活體



▲嚴重死亡文蛤種苗育成池收成死殼堆置池邊

是連續收穫 2 或 3 天，收穫期間因翻攪池底水體混濁，需持續排換水，排出溶解過量的營養鹽，否則會爆發水華而倒藻泛池。今年曾出現個例因單一養成池面積太大，暫停收穫期間發現文蛤死亡，收穫商延遲採收時間，遭遇水溫高低起伏異常，養殖文蛤處在全池爆斃的風險中。

每當陰雨後放晴 3、5 日。池水透明度快速下降水色變深，則不得不排換水，微藻過量繁殖池塘如長時間未被文蛤大量攝食水色仍會轉清澈，會成為另一種文蛤死亡之風險。反之，在長期好天氣，也有池水清澈見池底之窘境，池底非出現大型絲狀藻，而是出現綿密紅褐色底藻，紅褐色底藻若非過量且有工作魚啃食翻攪控制增殖，未必不利於文蛤，其效果有如微量之文蛤輔助飼料沉於池底，類似有機碎屑形同容易攝取之食物。



▲文蛤池收成後抽排混濁之池水

但如池水清澈微細底藻增殖過量且老化枯萎，容易脫離底土浮出水面，會堆積在下風處之池堤邊，該處常發現局部文蛤死亡。一般在下風處若無明顯的有機質堆積，則該區域的文蛤成長較快，在本試驗場之文蛤養成試驗池中，備用水車在一整個養殖季均固定在同一定點，葉片打水形成的水流範圍內之文蛤，個體較水流範圍之外者大，水流愈快之處愈明顯，且殼內之肉含量愈多。

在無污染的潮間帶，或河口附近之半淡鹹水區域，以高密度放養文蛤，選對季節常有 4、5 個月即可收成的實例，即使食物來源明顯不足，潮汐之水流條件良好，也可促進快速成長，但卻有爆斃、埋沒、流失等風險。在魚塢養殖如要讓池水流動，產生足以促進文蛤快速成長的程度，在耗電力成本上未必划算，是否有相關之節電設施的研發，正考驗著文蛤魚塢養殖產業。

目前，更嚴峻的考驗，非典型死亡季節而意外死亡的問題，季節交替與爆熱天氣，大多數業者有套預防措施，防不勝防也沒可奈何，現階段種苗業者生產之種苗，育成率明顯低於往年，起霧、颳南風都得密切觀察文蛤是否有不適應的徵兆，在時效內進行緊急處置。排換水為基本操作，而注入之水源為關鍵，不少業者認為降低鹽度即可救急緩和不適應狀況。若無法從海堤外直接引入漲潮之外海水源，則需抽取魚塢底下之沙層水，鐵質含量高也未必可以大量使用。魚塢底之淺層水若無鐵質，常被過量抽取應急，因池底含水之沙層相通範圍廣闊，一池抽取注水，相鄰之其他各池之水位隨之下降而變淺，不得不競相抽取沙層水以補應有的深度。

七、結語

文蛤養殖從放苗到收成期長達 13—15 個月，平日的飼養及池塘管理以保持池水水質符合文蛤的需求外，最重要的是底土的管理必須確實，才能夠避免大量死亡的發生，確保文蛤的產量。根據試驗池塘底土之水分含量、EOM 及 SOD 的數據顯示，池底至少需要曝露在空氣中 14 天以上，才能確保池塘底土的改善效果。文蛤池添加茶粕作為基肥，由底土 ORP、EOM 及 SOD 的數據顯示，發酵作用在第 7 天時達到最高點，而在 28 天時發酵完成。發酵完成後將池水排乾進行曝曬，同樣也顯示至少需要 14 天以上，其 EOM 與 SOD 數值才會下降。因此文蛤池添加基肥發酵完成後，至少需要曬池 14 天，才能進行文蛤苗放養作業，避免底土惡化造成文蛤苗成長停滯或死亡。

此外，文蛤養殖期間，每週定期使用二氧化氯及光合菌，可以顯著增加底土的 ORP，減少底土的 EOM 及 SOD，達到改善池塘底土環境，提升文蛤成長及肥滿度之效。當文蛤池底土惡化時（底土 ORP < -250 mV），可先排乾池水，使底土曝露在空氣中 4 小時，即可有效提升底土的 ORP 及降低 EOM，達到快速改善底質的目的；另，底土曝露 8 小時以內對文蛤的活存沒有任何影響。

雖然文蛤養殖存在一些有待解決的問題，但是由於文蛤屬濾食性，吃水中藻類及有機碎屑，飼料的成本遠低於養殖魚蝦類，屬於易獲利的養殖行業，除了傳統的通路之外，或可結合當地產銷班及漁會，利用文蛤的生態習性，發展文蛤的有機養殖模式，改善文蛤的肥滿度與活存率，提昇文蛤產品的品質，建立具有產銷履歷的文蛤產品，進而發展文蛤生產區的自有品牌。



▲ 優殖文蛤

附錄

一、防疫機關通訊地址

(一) 各縣（市）動物防疫機關

機 關 名 稱	地 址	電 話
臺北市動物保護處	11048 臺北市信義區吳興街600巷109號	02-87897158
新北市政府動物保護防疫處	22063 新北市板橋區四川路一段157巷2號	02-29596353
基隆市政府產業發展處	20201 基隆市中正區義一路1號	02-24238660
桃園市政府動物保護防疫所	33053 桃園市桃園區縣府路57號	03-3326742
新竹縣家畜疾病防治所	30295 新竹縣竹北市縣政五街192號	03-5519548
新竹市政府產業發展處 農林畜牧科	30051 新竹市中正路120號	03-5216121
苗栗縣動物防疫所	36059 苗栗縣苗栗市勝利里國福路10號	037-320049
臺中市動物保護防疫處	40877 臺中市南屯區萬和路一段28-18號	04-23869420
南投縣家畜疾病防治所	54058 南投縣南投市民族路499號	049-2222542
彰化縣動物防疫所	50093 彰化縣彰化市中央路2號	04-7620774
雲林縣動植物防疫所	64041 雲林縣斗六市雲林路二段517號	05-5523250

嘉義市政府建設處	60006 嘉義市中山路199號	05-2254321
嘉義縣家畜疾病防治所	61249 嘉義縣太保市太保一路1號	05-3620025
臺南市動物防疫保護處 新營辦公室	73064 臺南市新營區長榮路一段501號	06-6323039
臺南市動物防疫保護處 忠義辦公室	70045 臺南市忠義路一段87號	06-2130958
高雄市動物保護處	83068 高雄市鳳山區忠義街166號	07-7462368
屏東縣家畜疾病防治所	90052 屏東縣屏東市豐田里民學路58巷23號	08-7224109
宜蘭縣動植物防疫所	26841 宜蘭縣五結鄉成興村利寶路60號	03-9602350
花蓮縣動植物防疫所	97058 花蓮縣花蓮市瑞美路5號	03-8227431
臺東縣動物防疫所	95065 臺東縣臺東市中興路二段733號	089-233720
澎湖縣家畜疾病防治所	88050 澎湖縣馬公市西文里118-1號	06-9212839
金門縣動植物防疫所	89142 金門縣金湖鎮裕民農莊20號	082-336625
連江縣政府建設局	20941 連江縣南竿鄉介壽村76號	0836-22926

(二) 各縣（市）動物防疫機關附設魚病檢驗站

機 關 名 稱	地 址 、 網 址 及 服 務 時 間	電 話
行政院農業委員會家畜衛生試驗所水生動物生產醫學平台	http://aquamed.nvri.gov.tw/	
水生動物疾病診斷輔助系統	http://aqua.nvri.gov.tw/	
雲林縣動植物防疫所附設臺西魚病檢驗站	63676 雲林縣臺西鄉中央路271號 服務時間： 每周一、三、五 08:30~12:00	05-6984703
嘉義縣家畜疾病防治所附設東石水產動物疾病檢驗中心	61446 嘉義縣東石鄉瀨村新結莊14之2號 服務時間： 每周一、三、五 09:00~12:00	05-3734330
嘉義縣水產動物疾病防治中心	62444 嘉義縣義竹鄉新店村2之6號 服務時間： 每周二、四 9:00~12:00	05-3427922
臺南市動物防疫保護處附設北門水產動物疾病檢驗中心	72742 臺南市北門區保吉里海埔1-186號 服務時間： 冬季 每周一、三 09:00~12:00 夏季 每周一、三、五 09:00~12:00	06-7864793
高雄市動物保護處附設永安檢驗站	82842 高雄市永安區永安里新興路124號 服務時間： 每周一至週五 09:00~12:00	07-6915512

高雄市動物保護處 附設林園檢驗站	83250 高雄市林園區田厝路46號 服務時間： 每周一、三、五 09:00~12:00	07-7462368
屏東縣家畜疾病防治所 附設屏東縣屏南魚病檢驗站	93143 屏東縣佳冬鄉六根村佳和路128號 服務時間： 每周二、四 09:00~14:30	08-8717971

(三) 各大學魚病室

魚 病 室 名 稱	地 址	電 話
國立臺灣大學獸醫專業學院北區魚病中心	臺北市大安區基隆路三段153號	02-33661296
國立中興大學獸醫學院中區魚病中心	臺中市南區國光路250號	04-22840894 轉508
國立嘉義大學農學院附設動物醫院	嘉義市新民路580號	05-2732918
國立高雄海洋科技大學水產疾病研究室	高雄市楠梓區海專路142號	07-3617141 轉3719
國立屏東科技大學獸醫學院南區魚病中心	屏東縣內埔鄉老埤村學府路1號	08-7703202 轉5159

二、本所通訊地址

行政院農業委員會水產試驗所			
地 址	20246 基隆市中正區和一路 199 號		
電 話	02-24622101	傳 真	02-24629388
淡水繁養殖研究中心			
電 子 郵 件	sdyang@mail.tfrin.gov.tw		
地 址	50562 彰化縣鹿港鎮海埔巷 106 號		
電 話	047-772175	傳 真	047-775424
淡水繁養殖研究中心竹北試驗場			
地 址	30267 新竹縣竹北市泰和里 111 號		
電 話	035-551190	傳 真	035-554591
海水繁養殖研究中心			
電 子 郵 件	slyeh@mail.tfrin.gov.tw		
地 址	72453 臺南市七股區三股里海埔 4 號		
電 話	06-7880461	傳 真	06-7881597
海水繁養殖研究中心臺西試驗場			
地 址	63676 雲林縣臺西鄉中央路 271 號		
電 話	05-6982921 05-6983331	傳 真	05-6983158
沿近海資源研究中心			
電 子 郵 件	l-j.wu@mail.tfrin.gov.tw		
地 址	80672 高雄市前鎮區漁港北三路 6 號		
電 話	07-8218104	傳 真	07-8218205

東港生技研究中心

電 子 郵 件	tichen@mail.tfrin.gov.tw		
地 址	92845 屏東縣東港鎮豐漁里 67 號		
電 話	08-8324121	傳 真	08-8320234

東部海洋生物研究中心

電 子 郵 件	yshu@mail.tfrin.gov.tw		
地 址	96143 臺東縣成功鎮五權路 22 號		
電 話	089-850090	傳 真	089-850092

東部海洋生物研究中心水產生物種原庫

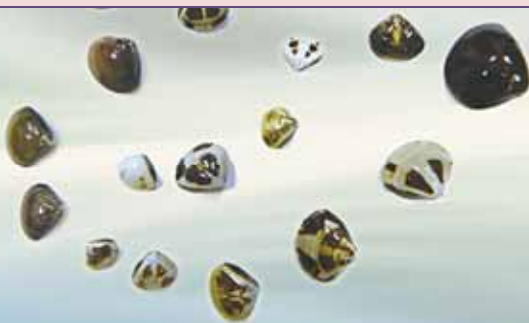
地 址	95093 臺東市知本路 2 段 291 巷 299 號		
電 話	089-514362	傳 真	089-514366

澎湖海洋生物研究中心

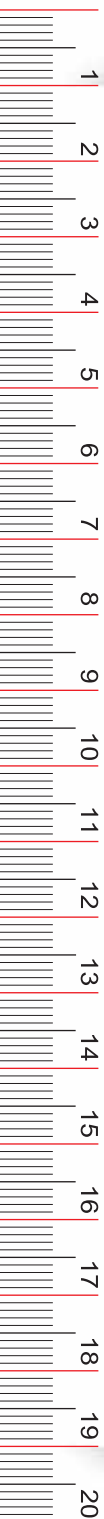
電 子 郵 件	kjlin@mail.tfrin.gov.tw		
地 址	88049 澎湖縣馬公市興港北街 8 號		
電 話	06-9277101	傳 真	06-9277334

澎湖海洋生物研究中心水產生物種原庫

地 址	88059 澎湖縣馬公市蔴裡里 266 號		
-----	-----------------------	--	--



MEMO



Handwriting practice lines consisting of horizontal lines spaced evenly down the page, intended for notes or calculations.

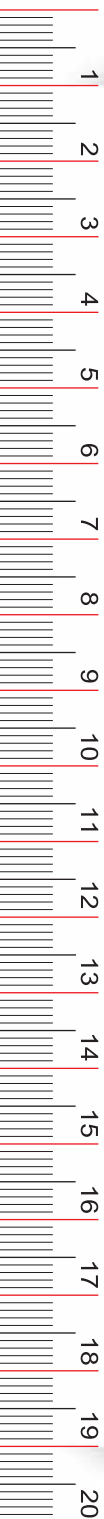


MEMO



20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

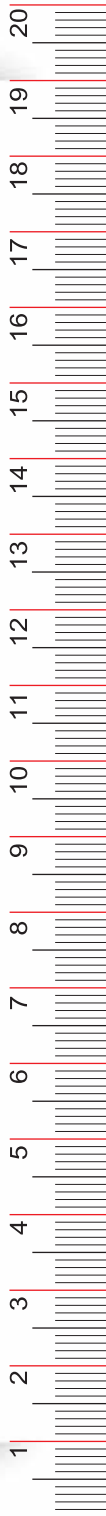
MEMO



Handwriting practice lines consisting of horizontal lines spaced evenly down the page, intended for notes or calculations.



MEMO



國家圖書館出版品預行編目 (CIP) 資料

文蛤養殖 / 林志遠總編輯. -- 基隆市 :
行政院農業委員會水產試驗所, 民 106.6
面 ; 公分. --
(水產試驗所技術手冊 ; 10)
ISBN 978-986-05-2744-5 (平裝)
1. 水產養殖 2. 文蛤
438.663 106009438



文蛤養殖

發行人：陳君如

總編輯：林志遠

編輯委員：張錦宜、曾振德、許晉榮
葉信明、蔡慧君、葉信利

著者：何雲達、周昱翰

校稿：許晉榮、鄧晶瑩、黃世鈴

編輯：李周陵

出版者：行政院農業委員會水產試驗所

地址：基隆市中正區 20246 和一路
199 號

電話：(02)24622101

傳真：(02)24629388

網址：<http://www.tfrin.gov.tw>

印刷：紙本館企業有限公司

電話：(02)25322032

出版日期：一〇六年六月

定價：新臺幣 100 元整

展售處：

1. 五南文化廣場臺中總店

臺中市中山路 6 號

(04)22260330

2. 國家書店

臺北市松江路 209 號 1 樓

(02)25180207

<http://www.govbooks.com.tw>

GPN 1010600820

ISBN 978-986-05-2744-5

本書內容保留所有權，非經本所同意，不得重製、數位化或轉載。



Hard clam

ISBN 978-9860527445

00100



9 789860 527445