

項目完成報告 Project Completion Report

項目負責人：Dr Juan Diego Gaitan Espitia

所屬單位：香港大學

行政摘要：

此試點計劃是為高價值的熱帶海參，即糙海參 (*Holothuria scabra*) 開發可持續養殖系統。本項目旨在利用本地和國際海產品市場對糙海參的高需求，為香港的海水養殖和漁業提供多樣化的謀生機會。最終目標是為本地漁業提供可持續、低成本的海參養殖技術所需之知識、技能及培訓，促進就業機會並加強我們在香港的水產養殖和漁業產業之競爭力。由於新冠肺炎帶來時間和物流上的限制，項目在運送動物到香港時面臨延誤，而實驗室工作亦因為安全規定而受到影響。有見及此，我們申請延期來完成待辦任務，尤其是在評估海參餵飼和養殖的方法。

在計劃開發過程中，我們與東南亞的海參養殖戶建立了聯繫。我們將海參幼參運送到香港，並在太古海洋科學研究所建立了室內養殖系統。由於運輸壓力，海參因細菌感染而出現皮膚損傷。因此，我們評估了這個問題，描述了細菌感染的情況並研究了海參的恢復情況。這些重要資訊將幫助當地漁民提高海參運輸後的存活率。同時，我們設計、建造並在戶外測試了用於海參養殖的網箱。我們的目標是為這些網箱使用低成本、環保的材料。作為其中的一部分，我們還進行了不同的試驗，測試了海參的密度及其存活率。最後，我們成功地進行了使用商業海參食品和我們自己用當地產品製成的飼料的初步測試。

Executive Summary:

This is a pilot project for developing a sustainable farming system for the highly valuable tropical sea cucumber, the sandfish *Holothuria scabra* in Hong Kong. This project aims to diversify livelihood opportunities for the marine aquaculture and fisheries industries in Hong Kong taking advantage of the high demand that exist for the sandfish in local and international seafood markets. The ultimate goal of this project is to provide knowledge, skills, and training on sustainable, low-cost sea cucumber farming techniques to local fishery communities, promoting employment opportunities and strengthening our aquaculture and fisheries industry in Hong Kong. Due to time and logistic constraints imposed by COVID, our project faced some delays in the delivery of the animals to Hong Kong, as well as our capacity to work in the laboratory due to safety regulations. Because of this, we applied for an extension period to complete the pending tasks, particularly in terms of assessment of feeding and farming methods for sea cucumbers.

During the development of the project, we established links with sea cucumber farmers in Southeast Asia. We transported sea cucumber juveniles to Hong Kong and set an indoor farming system at Swire Institute of Marine Science. Due to the transportation stress, sea cucumbers developed skin injuries induced by bacteria infection. Therefore, we assessed this problem, characterised the bacteria infection and sea cucumber recovery. This important information will help local fishermen to improve the survival of sea cucumbers after transportation. In parallel to this work, we constructed and tested cages for sea cucumber farming in the field. We aimed to use low cost, eco-friendly materials for these cages. As part of this, we also ran different trials testing densities of sea cucumbers and their survival. Finally, we successfully developed preliminary tests using commercial sea cucumber food as well as our own feeds made with local products.

1 項目名稱

香港可持續水產養殖熱帶糙海参 (*Holothuria scabra*) 試點計劃

2 項目概要

此試點計劃是為高價值的熱帶海參，即糙海參(*Holothuria scabra*) 開發可持續養殖系統。

本項目旨在利用本地和國際海產品市場對糙海參的高需求，為香港的海水養殖和漁業提供多樣化的謀生機會。最終目標是為本地漁業提供可持續、低成本的海參養殖技術所需之知識、技能及培訓，促進就業機會並加強我們在香港的水產養殖和漁業產業之競爭力。

3 項目完成時間表（與擬議的工作計劃比較）

本期項目的推行期為 6 個月，即 2022 年 1 月 1 日至 2022 年 6 月 30 日。由於一些物流限制（包括 COVID-19），無法按照原計劃獲取所有動物。因此，本項目獲得延期以完成任務，然而這次延期與 FEF2021013A 的時間安排重疊。

This project timeline of the project is 6 months, i.e. 1st Jan to 30th Jun 2022. In addition, due to some logistic restrictions (including COVID) it was difficult to get all the animals as initially planned. That's why this project received an extension to complete the tasks. Such extension was later on overlapped with the FEF2021013A.

	擬議		實際	
活動	第一至三個月	第四至六個月	第一至三個月	第四至十一個月
海參苗運輸到香港和進行適應				
室內養殖				
魚排養殖				
提取具營養品質參肉				
研討會和培訓				
報告				

項目目標 Project Objectives	進展 Progress %
一、制定香港糙海参的詳細養殖方案，優化糙海参幼參的適應期、存活率和快速成長。 1) Establish a detailed protocol for sandfish farming in Hong Kong, optimizing juvenile acclimation, survival and rapid growth.	50
二、開發和比較室內養殖場和室外魚排的海參養殖技術。 2) Develop and compare farming techniques using indoor ponds and fish rafts.	50
三、利用本地海参的食物來源以開發低成本飼料，並在海參的生長、存活、化學成分和營養質量方面與商業飼料進行比較。 3) Develop low-cost feeds using local food sources and compare with commercial feeds in terms of growth, survival, chemical composition, and nutritional quality of sea cucumbers.	70
四、開發低成本乾制技術的試點試驗。 4) Develop pilot trials for low-cost drying meat technology.	50
五、為本地漁業業界舉辦一系列關於海參之正確養殖、收穫、處理和乾制的工作坊。 5) Conduct a series of workshops for the fishery community regarding proper farming, harvesting, handling, and drying of sea cucumbers.	50
六、通過直接示範、培訓和技術信息的傳播，鼓勵在香港發展小規模糙海参養殖。 6) Encourage, through direct demonstration, training and the dissemination of technical information, the development of sandfish aquaculture for small-scale farms in Hong Kong.	50

4 計劃成果及影響：

本項目將為香港水域的熱帶海參養殖制定一套規程，為本地漁業社區的發展提供知識，為香港新型水產養殖系統的推廣提供經驗、工具和技術。可衡量的利益將是漁業社區與海參養殖發展和實施這一系統。我們將在沿海地區建立養殖系統，並提供最佳養殖參數以及加工和商業化的重要資訊。該專案將促進香港海鮮市場所有相關部門之間的互動和網路關係。我們的香港乾貨和雜貨商協會及生物科技部門 (Labway Biotech Ltd) 的合作夥伴，將成為漁民生產的海參商品化的直接紐帶。其他預期結果包括: i)持續供

應可供香港商品化的海參肉;ii)增加漁業社區實施熱帶海參養殖場的興趣。這項計畫的直接影響將會是生計機會的多樣化，有助改善本地社區的社會經濟狀況，增加就業機會，並加強香港的水產養殖和漁業。

5 進展:

此項目的目的是使用從越南、印尼和菲律賓進口的海參苗，來推行一個養殖系統。這些動物是我們在室內和室外養殖的初始群體。然而，我們面臨一個重大的挑戰，運送的動物因為壓力而產生皮膚傷口。我們評估了這些傷口的特徵，以制定治療方法。主要由於細菌的活動，這些傷口造成海參的死亡。然而，我們成功地解決了這個問題，並建立了一套白斑病海參健康復原的方案。

6 簡介

海參是棘皮動物（海洋無脊椎動物，也包括海膽和海星），屬於海參科。它們主要存在於海洋底層的沙質生境中。牠們身形細長，表皮的觸感如皮革。全世界有超過 1000 種海參，牠們中的大多數於亞太地區被發現、養殖和野生捕撈，特別是在東亞和東南亞地區。海參被認為是一種美味佳餚，是亞洲悠久的烹飪和醫療歷史的一部分。正是由於這個原因，在這些地區，特別是中國，對生海參和加工海參的需求都很高。經過清洗、脫脂、煮沸和加工的海參在法語中被稱為 *Beche de Mer*；在印度尼西亞被稱為 *Trepang*，在菲律賓被稱為 *Balatan*，在馬來西亞被稱為 *Gamat*。優質的海參每公斤可賺取 200 美元或以上。在香港或中國，海參有很高的經濟價值，因為它們是中國傳統農曆新年期間必要的傳統食品。一些別具重要商業價值的海參有 糙海參（*Holothuria scabra*）、黑乳海參（*Holothuria whitmaei*）、仿刺參（*Apostichopus japonicus*）、綠刺參（*Stichopus chloronotus*）、黃乳海參（*Holothuria fuscogilva*）等。牠們分布於淺水與深水區域，會在沙地/泥地區域移動、爬行和鑽洞、因此對海洋生態系統非常重要，因為牠們能循環利用營養物質，同時也有維持海洋的 pH 值的作用。海參是雌雄兩性分開的雌雄異體動物，而幼蟲週期大約為 1-2 週。現時科學界已能利用它們的生命週期，通過室內孵化器孵化和生產海參幼參，並在室外自然棲息地放養，成功地人工養殖海參。

7 項目目標

7.1 一、制定香港糙海參的詳細養殖方案，優化糙海參幼參的適應期、存活 率和快速成長。1) Establish a detailed protocol for sandfish farming in Hong Kong, optimizing juvenile acclimation, survival and rapid growth.

海參養殖，特別是糙海參 *Holothuria scabra*，對香港來說是一個獨特的經濟機會。在本地發展這項業務，有三個主要挑戰。

1)購買苗種和幼參：糙海參的主要供應商是越南、印度尼西亞和菲律賓的漁民。然而，採購參苗需要與這些國家的漁民密切合作，並在本地作安排，才能將海參進口到香港。

2)海參在運輸過程中的存活率：苗種、幼參和成體的運輸通常是通過飛機進行的。動物被裝在塑料袋裡，裡面是充氣的海水。然而，根據飛行時間和香港機場的海關程序，動物可能因氧氣耗盡而死亡。這會造成本地養殖業原料的重大損失。

3)初到埠的海參在香港進行適應性訓練：對於存活的海參，第一個挑戰是適應香港的水質、餵飼和養殖條件。這個階段很關鍵，因為牠決定了養殖項目的成功。

我們制定了一套在香港養殖糙海參的計畫。通過這個計畫，我們優化了動物在運輸過程中和運輸後的存活率。養殖海參主要包括三個階段，孵化（第一階段）、育苗養殖（第二階段）和商業生長（第三階段）。由於項目期限及 新冠肺炎所造成的延誤，我們已完成第一階段及部分第二階段。我們在這個階段的主要挑戰是動物從這些國家運到香港期間的死亡率。造成死亡的原因是由於細菌感染造成的皮膚傷口和動物健康的下降。在這個項目中，我們分析了感染，解決了這個問題，並開發了在運輸和香港適應期間減少和控制感染的方法。由於健康的動物對於生長和水產養殖生產非常重要，因此這是項目成功的基礎。我們也按計劃開始了室內養殖和室外養殖的網箱設計。

第一階段（與越南和印尼的農民外包）為孵化生產，內容包括 1) 產卵動物；2) 卵子和精子收集；3) 受精；4) 受精卵放養於水槽中；5) 製備活飼料微藻；6) 孵化幼蟲的養殖；7) 餵飼幼蟲；8) 幼蟲沉澱；9) 餵飼沉澱幼蟲直至早期幼參。在此室內過程中，最基本的是保持持續的水質監測及飼養缸的管理。

第二階段（本項目制定的流程），包括 1) 購買幼參並運送至香港；2) 幼參適應；3) 治療感染；4) 餵飼動物；5) 開始實施室內/室外養殖。此階段要避免的兩個主要挑戰是生長速度緩慢和死亡。

糙海參的苗場養殖：

- 1) 早期的幼參（通常約 25-35 天大）是從東南亞的漁民採購的。然後這些個體在做足措施安排的狀態下運到香港，避免長途飛行和/增加在塑料袋中沒有額外氧氣的時間的過程。
- 2) 抵達後，所有個體的健康和生存狀況經過目視檢查。塑料袋水體混濁可能代表有個體死亡。因此，還需要人工檢查以確認海參的狀態。軟的、融化的身體是死亡的典型表現。堅實的身體是健康動物的良好信號（圖 1）。
- 3) 在所有個體被檢查後，牠們會被分離到獨立的塑料容器中，在 28°C 下放置 24 小時。這段時間有助於牠們在處理和運輸後的恢復。在這段時間內，容器內有持續的氣泡空氣供應。每個容器都有微藻以供進食。
- 4) 將有皮膚疾病、食慾不振和行動不便的海參與健康的分隔開來。然後我們利用分子生物學的方法分析傷口細菌成分。在知道致病細菌後，我們採取了一些措施來改善和恢復海參的健康。

動物裝在塑料袋裡的到來



檢查動物的健康和生存



活著的動物被稱重和加工



動物在飼養前被分開並適應環境



動物屍體被移除

圖 1. 海參從東南亞運到香港的運輸及處理過程

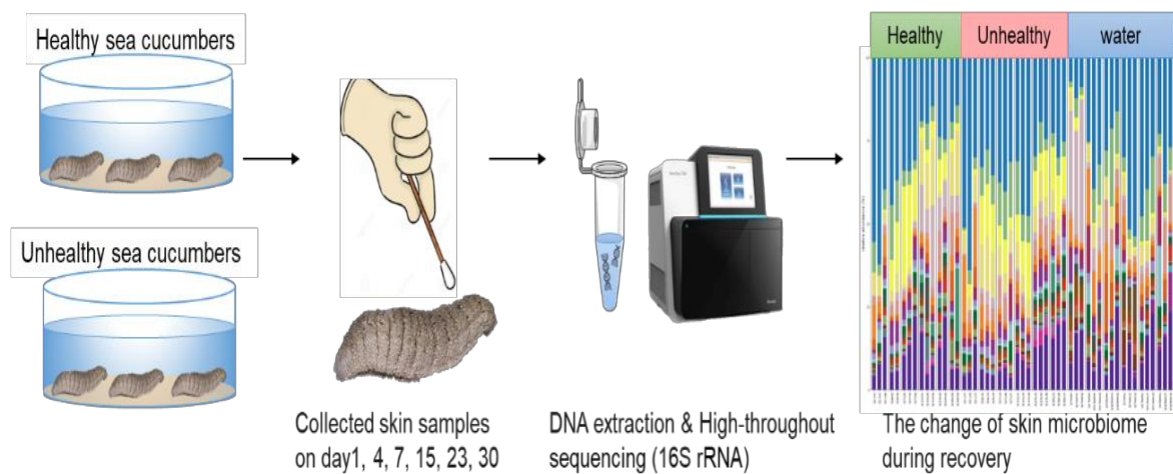


圖 2. 在運送和適應香港環境期間導致皮膚傷口和死亡細菌的分離和辨識實驗流程概覽。

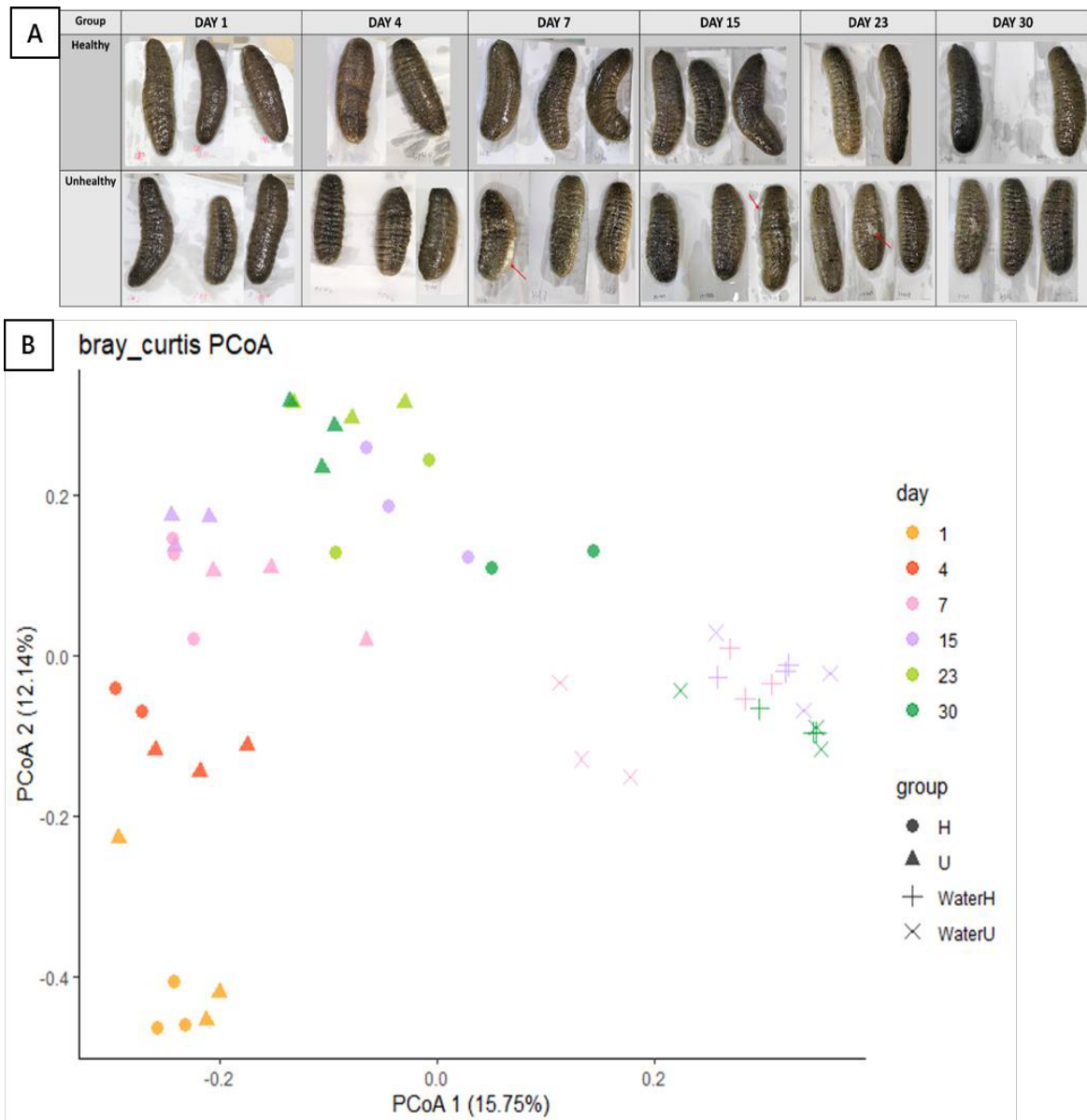


圖 3. 各時間點取樣海參的照片記錄(A)和皮膚微生物群隨時間變化的主坐標分析 (PCoA) (B) 。H-健康；U-不健康；WaterH-健康組的水樣本；WaterU-不健康組的水樣本

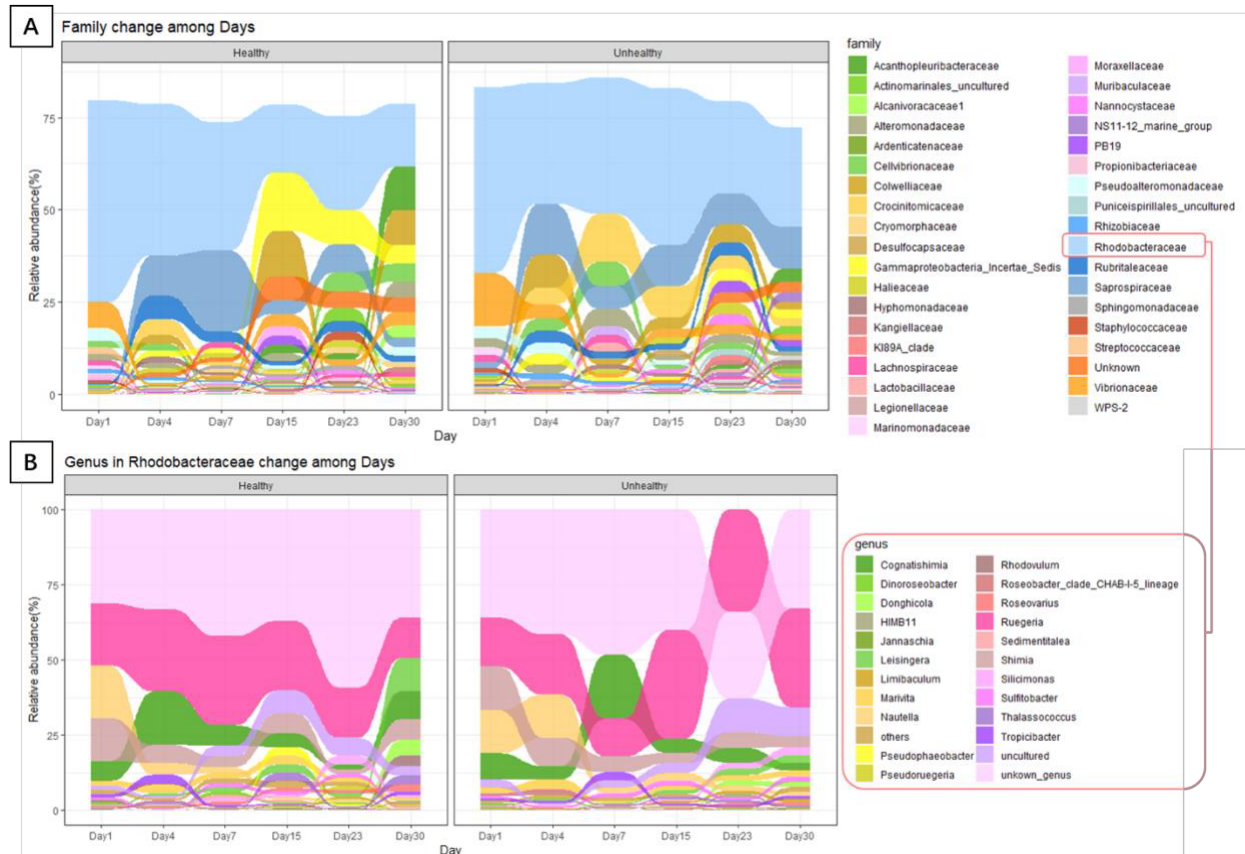


圖 4. 微生物相關細菌的變化，顯示有皮膚傷口的海參如何在我們的治療下有所復原並達到與健康海參相似的水平。

總括而言，我們所開發提升海參運輸後復原及存活率的流程非常成功。這項研究不僅鑒定引致海參皮膚受傷和死亡的細菌，找出方法控制並降低它對海參的影響。

7.2 二、開發和比較室內養殖場和室外魚排的海參養殖技術。2) Develop and compare farming techniques using indoor ponds and fish rafts.

我們在這方面的主要進展是建立了室內養殖海參的設施。我們建立了一個高度受控的室內系統，以長期養殖海參。動物在此階段表現出積極的反應，持續進食和生長。



圖 5. 海參室內養殖系統。



圖 6. 開發用於在魚排上養殖海參的戶外籠子。上圖顯示使用低成本材料建造的籠子

魚排已為網箱和海參的放置作好準備。我們用少量的海參進行了第一次探索，以確定它們在香港的存活率和對水的耐受性。然而，這次試驗的時間不夠長，不足以確定生長和存活情況。因此，這項試驗將會在第二階段的擴展計劃中繼續進行。

7.3 三、利用本地海參的食物來源以開發低成本飼料，並在海參的生長、存活、化學成分和營養質量方面與商業飼料進行比較。3) Develop low-cost feeds using local food sources and compare with commercial feeds in terms of growth, survival, chemical composition, and nutritional quality of sea cucumbers.

大多數海參是清道夫，牠們沿著海底移動，以環繞其嘴的管腳收集微小的藻類顆粒或微小海洋動物為食。在幼年階段，它們的大部分食物完全依賴於微藻類。微藻類因其高含量的多不飽和脂肪酸和強效的抗氧化劑而聞名。同時，它們是碳水化合物、富含



必需氨基酸的蛋白質、維生素和微量元素的豐富來源。通常，它們還具有抗菌、抗病毒和/或免疫刺激的活性。正是這些特性，使微藻成為海參的重要飼料。在這個項目中，我們旨在評估海參生長的效率，比較商業飼料和使用當地食物來源的情況。對於商業飼料，我們使用了一個中國品牌，它混合了螺旋藻粉、馬尾藻粉和裂壺藻粉（所有藻類的比例約為 30%）。然後將混合飼料轉化為顆粒狀（圖 7），並將其混合在沙子裡，用於餵養海參。

圖 7. 來自一個商業品牌的微觀和宏觀海藻混合物的顆粒，用於餵養海參。

從觀察所得，動物對商業飼料和我們自己為它們準備的食物表現出同等的偏好。植物和動物材料的混合是有效的，海參顯示出積極的進食和消化。我們將根據不同類型的飼料進一步評估動物營養品質的差異。

7.4 四、開發低成本乾制技術的試點試驗。4) Develop pilot trials for low-cost drying meat technology.

我們設計了一套海參加工與乾燥的流程。由於新冠肺炎造成時間和物流上的限制與延遲，本研究中使用海參未能達到加工的尺寸，因此我們使用其他品種的當地海參進行試驗。我們將繼續進行加工試驗，作為第二階段的一部分。

7.5 五、為本地漁業業界舉辦一系列關於海參之正確養殖、收穫、處理和乾制的工作坊。 5) Conduct a series of workshops for the fishery community regarding proper farming, harvesting, handling, and drying of sea cucumbers.

7.6 六、通過直接示範、培訓和技術信息的傳播，鼓勵在香港發展小規模糙 海參養殖。 6) Encourage, through direct demonstration, training and the dissemination of technical information, the development of sandfish aquaculture for small-scale farms in Hong Kong.

目標 5 和目標 6 互有關聯，對項目發展非常重要。儘管在新冠肺炎後，團體聚會受到限制，但我們仍能與一些當地學校、非政府組織（Life jungle）和對此種養殖機會感興趣的漁民社區進行互動。這包括參觀 SWIMS 的室內系統，以及戶外參觀和與南丫島索罟灣的非政府組織 Life Jungle 互動。這些活動將在第二階段的延長期內加強參與。



圖 8. 與漁民舉行的研討會的例子。在這些活動中，我們向漁民提供培訓、材料和工具，以使他們參與到香港的海參養殖中。他們學會瞭如何在魚籠中培養和餵養海參、如何將海參曬乾和商業化。

8 總結及願景

此試點計劃成功開發並測試了一個可持續的糙海參 (*Holothuria scabra*) 養殖系統。儘管受到新冠肺炎疫情的挑戰，如運輸延誤和實驗室工作限制，我們依然克服困難並達成了多項目標。通過建立室內養殖系統和戶外網箱，我們不僅提升了海參幼體的存活率，還設計出了低成本、環保的養殖材料。我們與東南亞養殖戶的合作進一步加強了我們的技術知識和實踐經驗。我們的初步試驗也表明，本地製成的飼料可以有效支持糙海參的成長。

展望未來，我們期望本地漁民能夠充分利用這個開發完成的養殖系統，在香港推廣糙海參的養殖，從而增加他們的收入。我們的願景是建立一個可持續、低成本的海參養殖生態系統，為香港的水產養殖和漁業產業提供穩定的發展道路。我們相信，通過持續的技術改進和社區培訓，香港有望為全球市場提供優質的海產產品。

聲明 Declaration

本人特此向漁業提升基金管理委員會及包含增補基金在內的相關基金的督導委員會作出以下不可撤回的聲明：本完成報告已就涉及的所 有由第三方擁有的數據及資料適當地列明了相關的資料來源，而本機構已就使用及公開發布此等數據及資料獲得所需的授權。

本報告內所表達的任何意見、結果、結論或建議，不一定反映漁業提升基金或基金信託人的立場。

我，代表我本人及上述獲資助機構，特此向漁業提升基金管理委員會及包含增補基金在內的相關基金的督導委員會作出以下不可撤回的聲明、保證和承諾，我本人及上述申請機構：

1. 沒有與任何被聯合國安全理事會、歐洲聯盟、英國財政部、美國財政部外國資產管制辦公室或香港金融管理局，或任何適用的制裁法律制裁或可能制裁或作為目標的國家、組織或活動有任何交揭或與之有任何形式的聯繫；
2. 沒有以任何不法形式使用由漁業提升基金或相關的增 補基金所獲得的金錢（及其產生的任何盈餘），不論 是涉及行賄、清洗黑錢、恐怖主義活動或任何違反國際及本地法律的行為；及
3. 把所有資助款項（及其產生的任何盈餘）均用作符合漁業提升基金目標的研究或項目，而沒有把任何資助 款項（包括產生的任何盈餘）分發予獲資助機構的任何成員及／或公眾人士。」

簽署 Signature: 