

المنظمة العربية للتنمية الزراعية
جائزة المنظمة للإبداع العلمي
نموذج بيانات أساسية - عن الدراسة المقدمة لنيل جائزة المنظمة 2018م

قطاع الثروة السمكية
البحوث والدراسات المميزة في مجال تقانات الاستزراع السمكي

تطوير بيولوجية وتفريخ خيار البحر الرملي في سلطنة عمان

**Reproductive Biology and hatchery of the sea cucumber
Holothuria scabra in the Sultanate of Oman**

إعداد
الباحث / خلفان بن محمد الراشدي
وزارة الزراعة والثروة السمكية
المديرية العامة للبحوث السمكية
سلطنة عمان

1. الملخص التنفيذي
2. الأهمية التطبيقية لموضوع البحث
3. أهداف البحث
4. الطريقة البحثية المتبعة
5. نتائج البحث
6. ماذا يحقق البحث للأمن الغذائي العربي
7. المجالات المنشور فيها البحث
8. المراجع المستخدمة في البحث
9. الورقة العلمية الأولى المنشورة 2018
10. الورقة العلمية الثانية المنشورة 2019
11. السيرة الذاتية للمرشح

جائزة المنظمة للإبداع العلمي

نموذج بيانات أساسية - عن الدراسة المقدمة لنيل جائزة المنظمة 2018م

عنوان البحث:

باللغة العربية:

بيولوجية تكاثر وتفرخ خيار البحر الرملي في سلطنة عمان

باللغة الانجليزية:

Reproductive Biology and hatchery of the sea cucumber *Holothuria scabra* in the Sultanate of Oman

الجهة

المشاركون ومعدوا البحث:

الباحث / خلفان بن محمد الراشدي الباحث الرئيسي-وزارة الزراعة والثروة السمكية - سلطنة عمان

الدكتور/ ميشيل كليربوت أستاذ مساعد- جامعة السلطان قابوس - سلطنة عمان

الدولة والمؤسسة التي أجري فيها الدراسة:

سلطنة عمان - مسقط - وزارة الزراعة والثروة السمكية - المديرية العامة للبحوث السمكية

تاريخ نشر الدراسة: 15 أكتوبر 2018

الدراسة الأولى: بيولوجية تكاثر خيار البحر الرملي في عمان

بدأ التسجيل الرسمي الأول لمصايد خيار البحر الرملي في سلطنة عمان قبل عشر سنوات فقط، وللأسف الشديد تشير الدراسات المنفذة حول مصايده بالإستنزاف الشديد لهذه الثروة كما هو الحال في معظم الدول المنتجة له . يعد خيار البحر الرملي في سلطنة عمان ضمن منظومة المصايد التقليدية ويقتصر تواجده بمحافظة الوسطى بولاية محوت ولكن بسبب الطلب الأجنبي الشديد له نتج عنه تدهور مصايده واستنزافه مهددا بالإنقراض . ومن أجل إنشاء قاعدة بيانات رئيسية لإدارة مصايده من ناحية ومن ناحية أخرى البدء باستراتيجية استزراعها كما هو حاصل في معظم الدول كجزء من إدارة مصايده، بات من الضروري دراسة الدورة التكاثرية السنوية وتحديد النضج الجنسي له ومعرفة العوامل الطبيعية الملائمة لتكاثره، بذلك تم تحديد ذلك من خلال دراسة معدل تغير نضج المبايض (GSI) بصفة شهرية ولمدة سنتين بناء على علاقات الأوزان المختلفة . وتشير نتائج الدراسة بأن أعلى نسبة لنضج المبايض تم رصدها في شهر مارس وإبريل من كل عام بمعدل يصل بين 9 الى 12%. كما تم تسجيل الحجم الأدنى للنضج بقياس طولي بلغ 16.5 سم وهو ما يعادل وزن 600 غرام، وأخيرا أظهرت الدراسة بأن تكاثر خيار البحر الرملي ونضج المبايض والتلقيح مرتبط طبيعيا بارتفاع درجات حرارة مياه البحر الشهرية وبارتفاع نسبة ترسب الامطار بذلك يعد هذان العاملان بمثابة المحفزين الرئيسيين لتكاثر خيار البحر الرملي في سلطنة عمان.

Reproductive biology of the sea cucumber *Holothuria scabra* in Oman

The first official records of the exploitation of *Holothuria scabra* in Oman were reported around 10 years ago. Unfortunately, the population of this exploited stock followed the same rapid decline as most exploited population of this sea cucumber elsewhere. *H. scabra* has always been part of the traditional exploitation of the benthos in Ghubbat Hashish of Mahout Bay but the foreign demand for the product overseas has put increased pressure on the resource and led to overfishing. To fill the need for a management strategy as well as to establish the background studies necessary to assess the aquaculture potential of this species in Oman, it was thus necessary to assess its reproductive biology. The reproductive cycle of *H. scabra* population

in Mahout was determined from monthly variations of the gonad somatic index based on dry weight relationships. Its reproductive status was examined with 15-30 individuals collected monthly. An annual period of reproduction was observed during late spring (pre-monsoon period) when a peak of GI index was recorded at 12% and 9% in April. The size at first maturity was estimated at 16.5 cm which corresponds to approximately 600 g fresh weight. The spawning appeared to be correlated to high temperature and precipitation which both may serve as exogenous cues for *H. scabra* gamete release. The application of this study in fisheries management and aquaculture is discussed. (مرفق الورقة العلمية الأولى)

الدراسة الثانية: التجارب الأولية لتفريخ وتربية اليرقات لدى خيار البحر الرملي في عمان

تطورت تقنيات الاستزراع السمكي لخيار البحر الرملي استجابة لمشكلة الاستنزاف السريع والشديد التي تواجهها هذه الثروة ومصايد السمكية ليصبح خيار البحر الرملي من أهم وأسهل انواع خيار البحر استزراعاً بعد النوع الياباني، ورغم ذلك فإن هذه التقنيات لم يتم تطبيقها على النوع العماني . وكخطوة أولى نحو تقييم جدوى استزراعها في سلطنة عمان كان من الضروري تطبيق تجارب تقنيات تفريخه وتقييم نجاحه . فقد نفذ خلال هذا البحث عدد 4 تجارب لتفريخ خيار البحر الرملي بهدف تقييم كل مرحلة من مراحل تفريخه كتقييم جودة الأمهات من خلال جمعها ونقلها الى مبنى التفريخ خلال رحلة تصل ل 5 ساعات ، ومدى استجابة هذه الأمهات للتلقيح الاصطناعي بناء على تقنية انضاج وإخصاب البيوض خارج الجسم، وتقييم نمو وتطور البيوض واليرقات حتى مرحلة الاستقرار وهي المرحلة الأخيرة في المفرخات . تم جمع عدد 80 من خيار البحر الرملي البالغة كأمهات تستخدم للتفريخ وبأوزان متفاوتة بين 200 و600 غرام من ولاية محوت بمحافظة الوسطى والتي تبعد حوالي 5 ساعات بالنقل البري عن العاصمة مسقط مقر التفريخ . تم نقل هذه الأمهات داخل أكياس بلاستيكية شفافة مملوء نصفها ماء والآخر هواء . وضعت الأكياس داخل صناديق تبريد تحتوي على ثلج جاف للحفاظ على حرارة المياه داخل الأكياس . وأظهرت تجربة النقل كفاءتها في الحفاظ على جودة الأمهات دون تسجيل للوفاة أو نزع لأحشاء خيار البحر الرملي، كما أثبتت تجارب التلقيح كفاءة تقنية انضاج البيوض وإخصابها خارج الجسم بنسبة تفوق 90% وذلك من خلال استخدام تقنية (انضاج البيوض) والمكتشفة حديثاً، نتج منها تطور ونمو طبيعي للبيوض واليرقات

الطافية، فقد اكتملت دورة اليرقات الطافية خلال 15 يومياً وتم تغذيتها بالطحالب الدقيقة المستزرعة بمعمل المفرخ، فقد وصل معدل البقاء والاستقرار حوالي 9% بعد مرور 29 يوماً وتم تسجيل حجم اليرقات بمعدل 0.5 سم. مع ذلك تم ملاحظة نسبة 70% وفيات عالية خلال الأيام الثلاث الأولى من تطور اليرقات وذلك بسبب هجوم المجذفيات الدقيقة والكاننات الأولية. يعد الاستزراع السمكي لخيار البحر الرملي واعداء والنتائج المحصلة من هذه الدراسة تشكل أساس نجاح الاستزراع ولكن هناك حاجة ماسة الى دراسات أخرى للتأكد من ضمان نسبة البقاء خاصة لليرقات الطافية والمستقرة.

Preliminary trials on hatchery and larval development of *Holothuria scabra* in Oman

Although sea cucumber *Holothuria scabra* has always been part of the traditional exploitation of the benthos of Mahout Bay in the Arabian Sea, the foreign demand for the product and its high price have put increased pressure on the resource leading rapidly to overfishing. Aquaculture of this species has developed as a response to the overfishing problem but has not been yet studied in Oman. As a first step to evaluate its potential for aquaculture in Oman it was thus necessary to conduct hatchery trials. Four hatchery trials were conducted to evaluate the quality of the local broodstock, the response and efficiency of *in-vitro* maturation and fertilization and the success of larval development and rearing. Collected animals of 200-600 g were transported by road for 5 hours with zero evisceration to the Hatchery station. *In-vitro* maturation and fertilization success of more than 90% were achieved using the maturation inducing fractions (MIF) method leading to the development of mature eggs and normal embryos larvae. Auricularia larval stages were completed within 15 days and fed normally on microalgae *Phaeodactylum tricornutum*, *Chaetoceros sp.* and *Nanochloropsis sp.* Average settlement rate and size for pentactula juveniles were closely to 9% and 0.5 mm, respectively, nearly one month post-fertilization (PF). However, a high mortality of 70% was observed during early larval development caused by ciliated protozoans and copepods attack. The culture of *H. scabra* population in Oman is thus promising but further research is needed to ensure higher survival rates, particularly in the early larval stages where adequate water filtration and sterilization is essential. (مرفق الورقة العلمية الثانية).

2. الأهمية التطبيقية لموضوع البحث:

ينقسم البحث الدراستين تتعلق كلاهما بتقنيات الاستزراع السمكي:

1. دراسة بيولوجية ودورة تكاثر خيار البحر الرملي : استمرت الدراسة لمدة عامين متتاليين، وتعد

دراسة بيولوجية التكاثر من أهم الدراسات العلمية للكائنات الحية عموما فمن خلالها يتم فهم تاريخ حياة الكائن الحي. لذلك تهدف هذه الدراسة أساسا في الحفاظ على ثروة خيار البحر الرملي وحماية مصايد من جهة وفهم بيولوجية حياته وتكاثره لتطبيقها عند الشروع في الاستزراع السمكي من جهة أخرى، وتعد دراسة بيولوجية تكاثر الكائنات البحرية بمثابة الخطوة الأولى للاستزراع السمكي الواجب دراسته فمن خلالها يتم جمع الأمهات المحملة بالبيض ومن خلالها يتم وضع الخطط الزمنية للإنتاج السمكي للمفرخات والمزارع . كما تأتي أهمية هذه الدراسة في معرفة الآلية الصحيحة لتفريخ خيار البحر من حيث تهيئة البيئة المناسبة لتكييف الأمهات وتفريخها، فمن خلال هذه الدراسة إتضح لدينا جليا مدى أهمية درجات الحرارة وكمية ترسب الأمطار في التكاثر الطبيعي لخيار البحر الرملي في سلطنة عمان فكلاهما عاملان رئيسيان للتكاثر ويمكن عبر ذلك تكييف الأمهات اصطناعيا مستقبلا مع توفير الغذاء.

كما أن أحد أهم معوقات خيار البحر عامة هو قياس أطواله بسبب خاصية التمدد والتقلص اللتين يتميز بهما، فمن خلال البحث تمكن فريق العمل من اختراع برنامج الكتروني لقياس الأطوال عبر أخذ صورة فوتوغرافية للشكل البطني لخيار البحر يظهر فيه فتحة الفم وفتحة الشرج يتم خلالها أخذ القياس الطولي من الفم وحتى فتحة الشرج مع الأخذ في الاعتبار التواءات خيار البحر . وتم توثيق عمل ذلك في الورقة العلمية الأولى الخاصة بالتكاثر . وتم تسمية البرنامج بالهولوميتر (Holometer software).

2. أما الدراسة الثانية فترتكز على تفريخ خيار البحر الرملي ، فرغم اعتبار استزراع خيار البحر

الرملي الأكثر انتشارا في المناطق الاستوائية بين بقية أنواع خيار البحر الأخرى ورغم سهولة وبساطة تطبيق خطوات استزراعه إلا أن تفريخه ما زال يواجه بعض التحديات الفنية ليومنا هذا أدى الى فشل الكثير من المزارع السمكية المنتجة لخيار البحر الرملي وذلك نتيجة عدم قدرتها على ضمان إنتاج البيوض المخصبة واليرقات طوال العام وعلى عدم القدرة في الحصول على كميات تجارية منها عبر التفريخ، فعادة ما يعتمد التفريخ بهدف الحصول على البيوض المخصبة واليرقات على تقنية الصدمة الحرارية أو المياه المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية أو تجفيف

الأمهات لفترة قصيرة أو عندما يكون القمر بدرا وغيرها بشرط أن تكون الأمهات المعرضة لإحدى هذه الطرق في طور مراحل النضج الجنسي، فتصبح الأمهات مكرهة على إطلاق البيوض والحيوانات المنوية وهنا يعرف التلقيح بالتلقيح بالإكراه (Forced Spawning)، ولكن للأسف الشديد قد تصبح هذه الطرق محدودة وخطيرة، محدودة من حيث أن نجاح التلقيح يعتمد في الحصول على أمهات ناضجة فقط ولا يتم ذلك الا في موسم التكاثر الطبيعي، أيضا قد يصل الأمر الى عدم إمكانية تفقيس خيار البحر حتى في موسم تكاثره بسبب ضغوطات نقلها وفسيولوجية الكائن من ناحية الفقس بالإكراه، وخطيرة من حيث أنه في حالة فشل الحصول على أمهات ناضجة تتأثر السيولة المالية وتزداد التكاليف وقد تتوقف المزرعة انتاجها خلال ذلك العام، وحتى في حالة النجاح والحصول على البيض فان المياه التي تحتوي على البيض الناتج من التلقيح قد يتعرض لهجمات البكتيريا ومخلفات التلقيح ومادة سابونين (Saponins) التي يفرزها خيار البحر الناتجة من الضغوط التي يواجهها . بذلك لم يكن من السهل إخصاب بيوض بسبب كونها مسدودة داخل المرحلة الاختزالية الأولية (Meiotic phase). ولا يحدث إخصابا لبيوض خيار البحر الا إذا كانت البيوض في مرحلة النضج المتكامل وذلك بعد انقسامات المرحلة الاختزالية الثانية.

تحت الظروف الطبيعية، وفي العادة تستعيد الانقسامات الاختزالية تطورها قبل الفقس الطبيعي مباشرة وتحت ظروف وتحكم داخلي وخارجي غامض حتى الآن، ويتم بعدها إخصاب البيوض الناضجة، كما أن نسبة التفقيس والإخصاب الناتجة من هذه التقنيات تكون متفاوتة وأكثرها تكون ضئيلة جدا بين 20 و70% وهذا يقلل من كمية الانتاج مما يتطلب الأمر الى جمع أمهات أخرى بأعداد إضافية ومحاولة تفريخها مرة أخرى وهذا يعني بذل الكثير من الوقت والعمالة دون ضمان نجاح العملية.

من هنا تأتي الأهمية التطبيقية لهذه الدراسة وكالاتي : فقد اعتمدت هذه الدراسة وبنجاح (الأول مرة على المستوى الإقليمي وثاني دولة في العالم بعد مدغشقر) على تطبيق تقنية انضاج وإخصاب البيوض (الغير ناضجة) اصطناعيا خارج الجسم (Maturation Inducing Fractions)، فتم عملية انضاج البيوض خلال ساعتين فقط (للعلم الفترة الزمنية الطبيعية للنضج الجنسي لخيار البحر الرملي تصل من 3 الى خمسة أشهر طبقا للبيئة) وتخصيبها بالخلايا الذكرية دون

إكراه. بذلك يمكن للمزارع السمكية المنتجة لخيار البحر الرملي استخدام هذه التقنية وضمان إنتاج البيوض واليرقات حسب الكمية المستهدفة في خط الإنتاج دون قلق وبدون استهلاك الكثير من الوقت والمال، فقد حققت نسبة التفقيس والاختصاص لأكثر من 90% فهي تقنية أثبتت قدرتها على استدامة إنتاج اليرقات في المفرخات. ووجب القول بأن هذه التقنية أصبحت تجارية ويمكن الحصول عليها في الأسواق العالمية. بل يمكن صناعتها محليا بعد معرفة مكوناتها التحليلية. ويعتبر البروفيسور البلجيكي إيجور المذكور ضمن طاقم البحث هنا هو المشرف الرئيسي على اختراع هذه المادة. كما يعد جائب التفريخ السمكي من أهم جوانب الاستزراع السمكي لما لهذه المرحلة الحساسة العديد من التقنيات والتي تحتاج الى كفاءة فنية عالية ودقة في الأداء. وعليه فإن هذه الدراسة لن تفيد سلطنة عمان فقط بل أيضا الدول العربية التي لديها الإهتمام باستزراع خيار البحر الرملي كجمهورية مصر العربية والجمهورية اليمنية والمملكة العربية السعودية ودولة الإمارات العربية المتحدة والصومال. فالتقنيات المكتسبة من هذا البحث سيكون لها علاقة بتحسين الانتاجية والجدوى الاقتصادية ووجب ختام هذه الجزئية بأن قطاع الاستزراع السمكي يعد من أسرع قطاعات إنتاج الأغذية نموا في العالم.

3. أهداف البحث:

تواجه مصايد خيار البحر الرملي عالميا الإستنزاف الشديد والسريع، فقد تم استنزافه في معظم دول العالم المنتجة له وذلك بسبب قيمته الاقتصادية وسهولة صيده وتواجده في المياه الضحلة. ويعد خيار البحر الرملي من الموارد البحرية ذات القيمة الاقتصادية العالية حيث يصل سعره التجاري العالمي الى أكثر من 1000 دولار للكيلو الجاف الواحد. كما أدى الاستمرار في استنزاف هذه الثروة بسبب جشع التجار الى اعتبار خيار البحر الرملي ضمن الكائنات البحرية المهددة بالإنقراض حسب القائمة الحمراء (IUCN Red List). وقد وجب التنويه أيضا الى أن انقراض خيار البحر الرملي مثل

غيره من الأنواع أدى الى عمل خلل في التوازن البيئي البحري وتصلب أرضية البحر وهجرة الأسماك، حيث يقوم خيار البحر بعملية تقليب تربة البحر وإخصابها من خلال توفير المكونات الغذائية الخارجة من جسمه نتيجة تغذيته على الرواسب والمواد العضوية . أما من الناحية الاجتماعية والاقتصادية أدى استنزاف خيار البحر الرملي الى هبوط مستوى معيشة الصيادين المعتمدين على صيد هذه الثروة نتج عنه تفشي الفقر وقلة المعيشة خاصة النساء العاملات في هذا المصيد وهو الحال هنا في عمان . وعليه أتفقت جميع البحوث والدراسات الخاصة حول كيفية إدارة مصايد خيار البحر الرملي على أهمية النهوض بالاستزراع السمكي كحل جذري لتعزيز واستدامة مخزونه الطبيعي وتعزيز الانتاج الوطني . كما يمكن للاستزراع السمكي إحياء معيشة الصيادين والصيدات العاملة في المصيد من خلال تأمين معيشتهم وذلك من خلال اطلاق الصغار (المنتجة من الاستزراع) الى مواطنه الطبيعية وإعادة الحياة في هذه المناطق البحرية المتضررة . تقوم الدراسة على معالجة بعض معوقات التفريخ السمكي لخيار البحر الرملي فجانبا التفريخ هو أهم مراحل الاستزراع السمكي ونجاحه يضمن نجاح بقية جوانب الاستزراع . تعد دراسة تفريخ وانتاج يرقات خيار البحر الرملي هي الأولى في سلطنة عمان فكان لزاما ضمان خطوات التفريخ السمكي وتقييم كل مرحلة من مراحل انتاج الاستزراع السمكي وتعزيز المخزون الطبيعي والتي تعد الأهداف التفصيلية للبحث وهي:

1. تحديد مواسم تكاثره وحجم البلوغ الاول والتعرف على العوامل البيئية المؤثرة على التكاثر
2. تقييم ضمان جمع ونقل خيار البحر الى المفرخ دون تسجيل الوفيات خلال رحلة تستغرق خمس ساعات بالنقل البري
3. تقييم مدى نجاح تقنية التفريخ وهي انضاج البيوض واخصابها خارج الجسم (*in-vitro maturation* and fertilization)، وتقييم نسبة التفقيس والاخصاب
4. دراسة نمو وتطور البيوض ويرقات خيار البحر حسب التغذية وحساب الزمن التطوري للنمو
5. دراسة نسبة استقرار اليرقات وهي المرحلة الأخيرة من تفريخ خيار البحر لانتاج الصغار

4. الطريقة البحثية المتبعة:

1. تم جمع عدد لا يقل عن 15 عينة من خيار البحر الرملي بصفة شهرية ولفترة سنتين بهدف دراسة موسم تكاثره (spawning season) وتحديد الحجم المناسب لبلوغ جنسه (size at first maturity) مع اخذ قراءات درجات الحرارة ودرجات ترسب الأمطار . إتخذت خطوات الدراسة على أخذ الأطوال والأوزان ويتم استخراج المبايض والأحشاء وتحديد أوزانها أيضا . ثم يتم تجفيف الأعضاء ووزنها مرة اخرى لما هو معروف عن صعوبة قياس خيار البحر وهو في الحالة الرطبة. تم قياس الأطوال عبر برنامج هولوميتر وهو برنامج الكتروني تم اختراعه من قبل فريق عمل المشروع ويعتمد على قياس الأطوال من خلال صورة خيار البحر الباطنية . يعتمد دراسة موسم التكاثر بطريقة حساب درجات النضج الجنسي للمبايض (Gonad Systematic Index) والتي اعتمدت أيضا لأول مرة على أخذ أوزانها المجففة بسبب انكماش الأعضاء الرطبة لخيار البحر.
2. أما في ما يخص الدراسة الثانية فقد أنجزت عدة تجارب لتفريخ خيار البحر الرملي وذلك بوحدة الاستزراع السمكي التابعة لجامعة السلطان قابوس بالعاصمة مسقط، وتم جمع أمهات خيار البحر الرملي بمحافظة الوسطى ولاية محوت (5 ساعات برا من العاصمة مسقط) وهي الموطن الطبيعي لهذه الثروة ومصايدها . تم جمع عدد 80 عينة من أمهات خيار البحر وبأوزان مختلفة لعدد 4 تجارب من خلال الغوص أو شرائها من الصيادين، وتم نقلها برا في أكياس شفافة تحتوي على نصف ماء بحر ومزودة بالأكسجين، وضعت الأكياس في خزان التبريد ونقلها الى العاصمة مسقط. عند الوصول يتم تأقلم العينات بمياه البحر بالوحدة ووضعها في أحواض حتى بدء تجارب التفريخ.
3. من أجل التفريخ تم استخدام تقنية انضاج البيوض وخصابها خارج الجسم (Maturation Inducing Fractions)، وتبدأ العملية على قطع بطون الأمهات واستخراج مبايض الخلايا الذكرية (الحيوانات المنوية) والخلايا الأنثوية (البيض) من الأمهات ووضعها في أوعية زجاجية منفصلة تحتوي على مياه نقية ومعقمة، يتم تقطيع مبايض الخلايا الى قطع صغيرة جدا للحصول على الخلايا نفسها . يتم بعدها إضافة مادة نيرين (Nirine) وهي مادة مستخرجة من أحد أنواع قنأذ البحر (Gratillatripneustes) ولها القدرة على انضاج مبايض خيار البحر الرملي خلال ساعتين، حيث لم تستخدم هذه المادة في تفريخ خيار البحر الرملي إلا في مدغشقر

وهنا في سلطنة عمان. بعد إضافة المادة يتم التأكد من نضج البيوض وحساب عددها من ثم يتم اخصابها باضافة قطرات بسيطة من الحيوانات المنوية عليها ليتم الاخصاب وتقييمه.

4. يتم متابعة تطور البويضة وانقساماتها كل نصف ساعة وبالتصوير من خلال المجهر الإلكتروني وبتكبير 40X حتى مرحلة الفقس، بعد الفقس يتم وضع اليرقات في أحواض مجهزة بمياه نقية وصافية وحساب عددها، لتبدأ مرحلة تغذية اليرقات بعدد ثلاثة أنواع من الأغذية الدقيقة وبكميات معينة حسب التطور والنمو، يتم تغيير مياه الحوض بصفة يومية مع حساب عدد الوفيات ولمدة عشرين يوماً. عند مرحلة استقرار اليرقات يتم نقل اليرقات الى أحواض تحتوي على مياه نقية أيضاً ولكن باستخدام نظام المفتوح وتم استخدام الطحالب البنية الكبيرة إضافة الى الأغذية الدقيقة كغذاء لليرقات المستقرة وكمحفز لها على الاستقرار.
5. يتم حساب نسبة استقرار الصغار بعد مرور شهر من التفريخ والتأكد من جودة وكفاءة الصغار

5. نتائج البحث:

1. تمكن البحث مبدئياً بتحديد موسم تكاثر خيار البحر وتحديد حجم البلوغ الأول له ومعرفة العوامل البيئية المحفزة للتكاثر. أنجزت الدراسة من خلال دراسة نسبة نضوج المبايض بصفة شهرية (GSI) ولمدة عامين. وتشير نتائج الدراسة ببدء النضج خلال شهر فبراير ويتم اطلاق البيوض خلال شهر مارس وابريل من كل عام . وتعتبر درجات حرارة مياه البحر السطحية وترسب مياه الأمطار عاملين اساسيين للنضج الجنسي فالعلاقة بينهما طردية . تم من خلال هذه الدراسة نشر ورقة علمية في إحدى المجالات العلمية العالمية المحكمة (مرفق الورقة العلمية)
2. تمكن أحد معوقات استزراع خيار البحر الرملي في تقنية جمع ونقل الأمهات لمسافات بعيدة، فكما هو معروف عند مرحلة الخطر أو الضغط البيئي خاصة أثناء الجمع والنقل يقوم خيار البحر بنزع أحشائه كاملة بما فيها المبايض خارج الجسم وبالتالي يتم فقد المبايض من خلال

- البحث تم التوصل الى إمكانية جمع ونقل الأمهات بنسبة 100% دون تسجيل أية وفيات أو نزع لأحشاء والمبايض ولمدة 5 ساعات نقل بري وتفاصيل الطريقة المستخدمة وثقت في المجلة
3. من أهم معوقات تفريخ خيار البحر الرملي عالميا هو عدم الضمان في الحصول على بيوض ناضجة في أي وقت من العام وأيضا الحصول على يرقات بنسبة عالية . تقنيات تفريخ خيار البحر الرملي المستخدمة حاليا كالصدمة الحرارية وغيرها لم تنجح في تأمين وفرة البيوض وأعدادها طوال العام، بل يقتصر العمل أحيانا خلال مواسم التكاثر ولكن لا ضمان للحصول على كميات كبيرة. من خلال البحث إستطعنا إدخال تقنية إنضاج بيوض أمهات خيار البحر (سواء الناضجة أو غير ناضجة) خلال ساعتين فقط وبنسبة 90% ، وبنسبة إخصاب عالية أيضا لا تقل عن 90%
4. استطعنا من خلال البحث رصد قياس وزمن تطور اليرقات بدء بالبيض وانتهاء باستقرار اليرقات، فهذه البيانات تساعدنا على الاستعداد وتجهيز المياه واستبدالها ومعرفة الفترة الزمنية لإستقرار اليرقات وإعداد الأغذية أيضا.
5. خلال هذه التجارب كانت هناك نسبة عالية من الوفيات المؤقتة وصلت بنسبة 40 الى 70% خلال مراحل اليرقات المبكرة (الأيام الثلاث الأولى)، السبب الرئيسي والذي تم رصده هو هجوم مكتف من المجذافيات والكاننات الأولية (copepods and ciliate protozoans) ورغم حدوث مثل هذا الهجوم عادة في المفرخات بصفة عامة بسبب تلوث الأغذية أو عدم نقاوة مياه البحر المستخدمة في المفرخات الا أن حدوثه لدينا سببه هو تلوث بيئة العمل نفسها حيث تزامن عمل تجارب تفريخ خيار البحر الرملي بتجارب تفريخ أسماك الكوفر باستخدام نفس المفرخ ونفس الكوادر الفنية لجميع التجارب. وهذا ما يمكن تفاديه مستقبلا
6. غالبا ما تحصل الوفيات للكاننات البحرية أثناء مرحلة استقرار اليرقات (larval settlement) وسببها عدم وجود محفزات الاستقرار فتستمر اليرقات بالطفو حتى الوفاة، ورغم وجود محفزات عديدة الا أن الدراسات الحالية لم تتمكن من إيجاد حلول جذرية لهذه المشكلة فعادة ما تكون نسب الاستقرار متفاوتة من الصفر وحتى 30% بالنسبة لخيار البحر الرملي، استطاعت تجارب التفريخ لدينا من تحقيق نسبة لا بأس بها وهي 9% ونسبة جيدة مقارنة بالدراسات المختلفة ويكمن نجاح ذلك في استخدامنا مياه مفتوحة بشكل دائم (Flow-thru system) مع

وجود بودرة الطحالب البنية المجففة والطحالب الدقيقة التي كان لها دور في استقرار اليرقات ونموها حتى وصول الصغار لحجم 0.5 سم، وهي المرحلة النهائية لوجود الصغار في المفرخ ليتم نقلها بعد ذلك في أحواض خارجية.

7. تمكن البحث من ايجاد وسيلة حديثة لقياس أطوال خيار البحر عبر برنامج الكتروني يمكن حساب مدى تقلص وتمدد خيار البحر دون استخدام أدوات قياس الأطوال كالمسطرة وغيرها والتي قد تعطي اخطاء حسابية تؤثر سلبا على نتائج بحوث دراسة الأطوال والأوزان . وتم تسمية هذه الطريقة بالهولوميتر (Holometer software).

6. ماذا يحقق البحث للأمن الغذائي العربي

ظهر خلال العقدين الماضيين صيد نوع من اللافقاريات الغير معروف اقليميا وهو صيد خيار البحر وبكثافة شديدة دون أن يكون هناك أدنى استهلاك محلي أو إقليمي (عربي) له بل يتم تسويقه مجففا كغذاء ودواء الى الأسواق الآسيوية، ويعد خيار البحر الرملي (*Holothuria scabra*) من الأنواع الاقتصادية العالية ليأتي ترتيبه الثاني اقتصاديا بعد خيار البحر الأحمر الياباني، كما يعد هذا النوع ضمن الأنواع الأعلى قيمة اقتصاديا في الدول العربية من حيث الوزن مقارنة ببقية الكائنات البحرية الأخرى بمعنى هو الأقل وزنا والأكثر قيمة ليتجاوز سعره التجاري العالمي الى أكثر من 1000 دولار امريكي للكيلو الجاف الواحد. ومن الأهمية بمكان أن نذكر بأن خيار البحر الرملي ينتشر جغرافيا في العديد من الدول العربية كجمهورية مصر العربية والمملكة العربية السعودية واليمن والصومال وموريتانيا وتم اكتشافه حديثا تواجده في دولة الإمارات العربية المتحدة . وكما ذكرنا سلفا فإن معظم العاملين على جمع وتجفيف هذا النوع من كنوز البحار العربية هم من أسر الصيادين التقليديين ويشمل أيضا النساء بأعداد كبيرة كما هو الحال في سلطنة عمان وفي العديد من دول العالم . لذلك يعتمد الكثير من الصيادين لمعيشتهم ومعيشة أبنائهم ولأمنهم الغذائي بما يكسبونه من جمع خيار

البحر الرملي فهو المورد الرئيسي للتخفيف من الفقر لديهم . فالأمن الغذائي يركز على عنصرين رئيسيين هما وفرة واستدامة الغذاء كما ونوعا وعلى وفرة القدرة الشرائية الكافية للحصول على الغذاء نفسه طوال العام، حيث أن أحد المعوقات الرئيسية التي تعترض الحصول على الغذاء هو النقص المزمن في الدخل الأسري . لذلك فإن رفاهية المجتمعات والأسر الساحلية والعاملة على خيار البحر الرملي تعتمد على تواجد ووفرة هذا الكائن البحري ومن ثم بيعه . ولكن للأسف الشديد فبسبب قيمته الاقتصادية العالية وسهولة جمعه والطلب الأسيوي الشديد له إضافة الى ممارسات الصيد الخاطئة نتج عنه استنزافه السريع في معظم دول العالم بما فيها الدول العربية، بل وصل الأمر أن يدخل هذا الكائن مرحلة الإنقراض وبالفعل فقد تم تسجيله حديثا ضمن القائمة الحمراء للكائنات المهددة بالإنقراض. وعليه فإن استنزافه ما هو الا تهديد للأمن الغذائي ولمعيشة الصيادين التقليديين العاملين في مهنة صيده، فمن أجل استدامة هذه الثروة البحرية وتأمين معيشة المجتمعات الساحلية المعتمدة على صيد هذه الثروة فلا بد من تعزيز واسترجاع مخزونه الطبيعي وإيجاد بدائل لإنتاجه، ومن هنا يهدف الاستزراع السمكي بصفة عامة الى تعزيز الأمن الغذائي واما استزراع خيار البحر الرملي يوفر السيولة المالية الهادفة الى تعزيز واستدامة الحصول على الغذاء . ووجب ختام هذه الجزئية بأن قطاع الاستزراع السمكي يعد من أسرع قطاعات إنتاج الأغذية نموًا في العالم، مما يعني ذلك بمثابة المنقذ السريع للأمن الغذائي في العالم.

كما يتطلب طبيعة عمل استزراع السمكي خيار البحر الرملي مشاركة المجتمعات الساحلية من خلال تعزيز المخازين وبالفعل قد بدأنا في عمان مشاريع تعزيز المخزون الطبيعي للأنواع الاقتصادية الهامة كالصفيلج والعمل جار الآن لخيار البحر الرملي. أيضا نجاح هذه التجربة يضمن نجاح التفريخ السمكي بشكل مستدام ويمكن من خلاله توزيع صغار خيار البحر المنتجة من المفرخ للصيادين وللنساء الساحليات لتربيتهن على السواحل باستخدام نظام التحويط الشبكي فخيار البحر لا يحتاج الى تغذية وإنما يستمد غذائه من تربة البحر نفسها، وهذه التجارب تم تطبيقها في بعض الدول كمدغشقر وجزر القمر وأستراليا وكالودونيا الجديدة مما قلل من نسبة الفقر لديهم . فالفقر ليس نتيجة وانما هو نقص في الحصول على السيولة المالية وخلاصة القول بأن نجاح مشاريع الاستزراع السمكي بصفة عامة يكمن بمدى نجاح التفريخ السمكي والذي يعتمد بدوره على ضمان الحصول على البيوض واليرقات بشكل مستدام وطوال العام وهنا يكمن مغزى هذه الدراسة وبالنسبة لخيار

البحر الرملي فنجاح تفريخه بشكل مستدام سيعكس نجاحه على رفاهية ومعيشة الصيادين وليس ذلك فقط بل يتعدى الى الحفاظ على البيئة البحرية التي يعد فيها خيار البحر المنظف الرئيسي لأرضية البحر وإخصابها . فالحفاظ على البيئة البحرية وحمايتها ما هو الا جزء رئيسي ضمن منظومة الأمن الغذائي.

7. المجالات المنشور فيها البحث:

يوجد للبحث نشرتين علميتين:

1. بيولوجية تكاثر خيار البحر الرملي في سلطنة عمان (2018)

Al-Rashdi KM. and Claereboudt MR. 2018. Reproductive biology of the sea cucumber *Holothuria scabra* (Jaeger 1883) in Mahout Bay, Arabian Sea, Oman. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies; (6): 100-108.

تم نشر الدراسة في المجلة الدولية للمصايد السمكية والدراسات المائية (International journal of fisheries and aquatic studies) وهي مجلة دولية محكمة مع وجود عامل التأثير (impact factor) 0.5، نشرت الدراسة عام 2018 في العدد السادس، كما يمكن الحصول عليها عبر الرابط التالي:

<http://www.fisheriesjournal.com/archives/2018/vol6issue6/PartB/6-5-6-729.pdf>

2. تجارب تفريخ وتطور اليرقات لخيار البحر الرملي في سلطنة عمان (2019)

Al-Rashdi KM., Claereboudt MR and Eeckhaut I. 2019. Preliminary trials on hatchery and larval development of the sea cucumber *Holothuria scabra* in the Sultanate of Oman. Asian Journal of Fisheries and Aquatic research, Vol. 2(3):1-9.

تم نشر الدراسة حديثاً في المجلة الآسيوية للمصايد السمكية والبحوث المائية (Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research) وهي مجلة محكمة تعنى بنشر البحوث السمكية بشقيها المصايد والاستزراع السمكي وتعمل هذه المجلة تحت مظلة المنظمة الدولية للحقل العلمي (Science Domain International) والتي تقوم بنشر البحوث العلمية في مجالات علمية متنوعة كالهندسة والطب والزراعة وغيرها ومقرها المملكة المتحدة وموقعها الإلكتروني هو <http://www.sciencedomain.org/>

نشرت هذه الدراسة في عدد 2 من الإصدار الثالث، 2019. ويمكن الحصول على الورقة عبر الرابط التالي:

<http://www.journalajfar.com/index.php/AJFAR/issue/view/4325>

8. المراجع العلمية المستخدمة في البحث

الورقة العلمية الأولى

1. Al-Rashdi KM, Claereboudt MR. Evidence of rapid overfishing of sea cucumbers in the Sultanate of Oman. SPC Beche-de-mer Information Bulletin 2010; 30:10-13.
2. Al-Rashdi KM, Claereboudt MR, Al-Busaidi SS. Density and size distribution of the sea cucumber, *Holothuria scabra* (Jaeger, 1935) at six exploited sites in Mahout Bay, Sultanate of Oman. Agricultural and Marine Sciences. 2007; 12:43-51.
3. Al-Rashdi KM, Al-Busaidi SS, Al-Rassadi IH. Status of the sea cucumber fishery in the Sultanate of Oman. SPC Beche-de-mer Information Bulletin 2007b; 25:17-21.
4. Arsad NA, Othman R, Shaleh SRM. Reproductive Pattern of Sea Cucumber, *Holothuria scabra* at Two Different Sites in Sabah, Malaysia. Journal of Natural Sciences Research. 2017; 7:67-78.
5. Asha PS, Muthiah P. Reproductive biology of the commercial sea cucumber *Holothuria spinifera* (Echinodermata: Holothuroidea) from Tuticorin, Tamil Nadu, India. Aquaculture. 2008; 16:231-242.
6. Benitez-Villalobos F, Martínez-García M. Reproductive biology of the starfish *Phariapyramidatus* (Echinodermata: Asteroidea) from the Mexican tropical Pacific. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 2012; 92:1409-1418
7. Benitez-Villalobos F, Avila-Poveda OH, Gutiérrez-Méndez IS. Reproductive biology of *Holothuria fuscocinerea* (Echinodermata: Holothuroidea) from Oaxaca, Mexico. Sexuality and Early Development in Aquatic Organisms. 2013; 1:13
8. Chao SM, Chen CP, Alexander PS. Reproductive Cycles of Tropical Sea Cucumbers (Echinodermata: Holothuroidea) in Southern Taiwan. *Marine Biology* 1995; 122:289-295.
9. Claereboudt MR, Al-Rashdi KM. Shallow-water sea cucumbers inventory in the Sultanate of Oman. SPC Bechedemer Information Bulletin. 2011; 31:25-27.
10. Clarke S. Understanding pressures on fishery resources through trade statistics: a pilot study of four products in the Chinese dried seafood market. *Fish and Fisheries*. 2004; 5:53-74.
11. Conand C. Are holothurian fisheries for export sustainable? In: Lessios HA, Macintyre IG. (eds). Smithsonian Tropical Research Institute, Balboa, Panama. Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium. 1997; 2:2021-2026.
12. Conand C. Present status of world sea cucumber resources and utilisation: an international overview. In: Lovatelli A, Conand C, Purcell S, Uthicke S, Hamel JF, Mercier A. (eds.) Advances in sea cucumber aquaculture and management. FAO Fisheries Technical Paper 2004, 463:425, 13-23
13. Conand C. Sea cucumber biology: taxonomy; distribution; biology; conservation status. In: Bruckner A.W. (ed).

- Proceedings of the CITES workshop on the conservation of sea cucumbers in the families *Holothuriidae* and *Stichopodidae*. NOAA Technical Memorandum. 2005; 244:33-50
14. Conand C. Expansion of global sea cucumber fisheries buoys exports. *Re-vista de Biología Tropical, Universidad de Costa Rica*. 2017; 65:1-10.
 15. Conand C, Byrne M. A review of recent developments in world sea cucumber fisheries. *Marine Fisheries Review*.1993;55:1-13.
 16. Conand C. Reproductive biology of the holothurians from the major communities of the New Caledonian Lagoon. *Marine Biology*. 1993; 115:439-450
 17. Conand C, Muthiga N, Aumeeruddy R, de la Torre-Castro M, Frouin P, Mgaya Y, *et al*. A three-year project on sea cucumbers in the southwestern Indian Ocean: National and regional analyses to improve management. *SPC Beche-de-mer Information Bulletin*. 2006;23:11-15.
 18. Cowan ME, Gomez ED. A preliminary note on the reproductive periodicity of the sea cucumber *Holothuria scabra*. *Philippine Journal of Biology*.1982; 11:175-178.
 19. Dabbagh AR, Keshavarz M, Mohammadikia D, Afkhami M, Nateghi SA. *Holothuria scabra* (Holothuroidea: Aspidochirotida): first record of a highly valued sea cucumber, in the Persian Gulf, Iran. *Marine Biodiversity Records*. 2012; 5:69
 20. Dissanayake DCT, Stefansson G. Present status of the commercial sea cucumber fishery in the coastal waters of Sri Lanka. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 2012; 92:831-841.
 21. Drumm D, Lonergan R. Reproductive biology of *Holothuria Leucospilota* in the Cook Islands and the implications of traditional fishing of gonads on the population. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 2005; 39:141-156.
 22. Fabinyi M, Barclay K, Eriksson H. Chinese trader perceptions on sourcing and consumption of endangered seafood. *Frontiers in Marine Science*. 2017; 4:1-12.
 23. Ferdouse F. World markets and trade flows of sea cucumber/beche-de-mer. In: Lovatelli A, Conand C, Purcell SW, Uthicke S, Hamel J-F *et al.*, editors. *Advances in sea cucumber aquaculture and management*. FAO Fisheries Technical Paper. 2004; 463:101-117.
 24. Guzman HM, Guevara CA, Hernandez IC. Reproductive Cycle of Two Commercial Species of Sea Cucumber (Echinodermata: Holothuroidea) from Caribbean Panama. *Marine Biology*. 2003; 142:271-279.
 25. Hamel JF, Himmelman JH, Dufresne L. Gametogenesis and spawning of the sea cucumber *Psolus fabricii* (Duben and Koren). *Biological Bulletin*. 1993; 184:125-143
 26. Hasan MH. Destruction of a *Holothuria scabra* population by overfishing at Abu Rhamada Island in the Red Sea. *Marine Environmental Research*. 2005;60:499-511.
 27. Hoareau T, Conand C. Sexual reproduction of *Stichopus chloronotus*, a Fissiparous Sea Cucumber, on Reunion Island, Indian Ocean. *SPC Beche-de-mer Information Bulletin*. 2001; 15:4-12.
 28. Hopper DR, Hunter CL, Richmond RH. Sexual Reproduction of the Tropical Sea Cucumber, *Actinopygmauritaniana* (Echinodermata; Holothuroidea) in Guam. *Bulletin of Marine Science*.1998; 63:1-9.
 29. James DB, James PSBR. A hand-book on Indian seacucumbers. Central Marine Fisheries Research Institute Publication. 1994; 59:47.
 30. James DB. Studies on Indian Echinoderms: Re-description of two little known holothurians with a note on an early juvenile of *Holothuria scabra* from Indian Seas. *Journal of Marine Biological Association, India*. 1978; 18:55-61.
 31. Jupp BP, Durako MJ, Kenworthy WJ, Thayer GW, Schillak L. Distribution, abundance and species composition of seagrasses at several sites in Oman. *Aquatic Botany*. 1996; 53:199-213.
 32. Kithakeni T, Ndaro SGM. Some aspects of sea cucumber, *Holothuria scabra* (Jaeger, 1935), along the coast of Dar es Salam. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science*. 2002; 1:163-168.
 33. Kumara A, Dissanayake C. Preliminary study on broodstock rearing, induced breeding and grow-out culture of the sea cucumber *Holothuria scabra* in Sri Lanka. *Aquaculture Research*. 2017; 48:1058-1069.
 34. Lokani P. Fisheries dynamics, ecology and management of beche-de-mer at the Warrior Reef, Torres Straits Protected Zone, Papua New Guinea. M.Sc. James Cook University, Australia, 1995.
 35. Matthes H. People's Democratic Republic of Yemen. Beche-de-mer resources of PDRY. A report prepared for the Beche-de-mer Fishery Development Project 1983, 25.
 36. Mezali K, Soualili DL, Neghli L, Conand C. Reproductive cycle of the sea cucumber *Holothuria (Platyperona) sanctori* (Holothuroidea: Echinodermata) in the southwestern Mediterranean Sea: Inter-population variability. *Invertebrate Reproduction and Development*. 2014; 58:179-189.

37. Minami Y, Yoshikuni M. The reproductive cycle of the sea cucumber *Holothuria scabra* around Shioya Fishing Port, Okinawa Prefecture. *Aquaculture Science*. 2014; 62:235-242.
38. Mohan R, Siddeek MSM. Habitat preference, distribution and growth of post larvae, juvenile and pre-adult Indian white shrimp, *Penaeus indicus* in Ghubbat Hashish Bay, Gulf of Masirah, Sultanate of Oman. *Fisheries Management and Ecology*. 1995; 3:165-174.
39. Morgan AD. Aspects of the reproductive cycle of the sea cucumber *Holothuria scabra* (Echinodermata: Holothuroidea). *Bulletin of Marine Science*. 2000; 66:47-57
40. Muthiga NA. The reproductive biology of a new species of sea cucumber, *Holothuria (Mertensiothuria) arenacava* in a Kenyan marine protected area: the possible role of light and temperature on gametogenesis and spawning. *Marine Biology*. 2006; 149:585-593.
41. Muthiga NA, Kawaka J. The Effects of Temperature and Light on the Gametogenesis and Spawning of Four Sea Urchin and One Sea Cucumber Species on Coral Reefs in Kenya. *Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium, Florida, 2008*, 11.
42. Omar HA, Abdel Razek FA, Abdel Rahman SH, El Shimy NA. Reproductive Periodicity of Sea Cucumber *Bohadschiavitiensis*(Echinodermata: Holothuroidea) in Hurghada Area, Red Sea, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research*.2013; 39:115-123.
43. Purcell SW, Mercier A, Conand C, Hamel JF, Toral-Granda MV, Lovatelli A, *et al*. Sea cucumber fisheries: global analysis of stocks, management measures and drivers of overfishing. *Fish and Fisheries*. 2013; 14:34-59.
44. Purcell SW, Samyn Y, Conand C. Commercially important sea cucumbers of the world. *FAO Species Catalogue for Fishery Purposes*. 2012; 6:180.
45. Purcell SW. Value, Market Preferences and Trade of Beche-De-Mer from Pacific Island Sea Cucumbers. *PLoS ONE*. 2014; 9(4):e95075.
46. Ramofafia C, Byrne M, Battaglione SC. Reproduction of the commercial sea cucumber *Holothuria scabra* (Echinodermata: Holothuroidea) in the Solomon Islands. *Marine Biology*. 2003; 142:281-288.
47. Rasolofonirina R, Vaïtilingon D, Eeckhaut I, Jangoux M. Reproductive cycle of edible echinoderms from the southwestern Indian Ocean. II. The sandfish *Holothuria scabra* (Jaëger, 1833). *West Indian Ocean, Journal of Marine Science*. 2005; 4:61-75
48. Reichenbach N. Ecology and fishery Biology of *Holothuria fuscogilvain* the Maldives Indian Ocean (Echinodermata: Holothuroidea). *Bulletin of Marine Science*. 1999; 64(1):103-113.
49. Shi W, Morrison J, Böhm E, Manghnani V. The Oman upwelling zone during 1993, 1994 and 1995. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*. 2000; 47:1227-1247.
50. Shiell G, Uthicke S. Reproduction of the commercial sea cucumber *Holothuria whitmaei* [Holothuroidea: Aspidochirotida] in the Indian and Pacific Ocean regions of Australia. *Marine Biology*. 2005; 148(5):973-986.
51. Simunovic A, Grubelic I. A contribution to the knowledge of the species *Holothuria tubulosa*Gmelin, 1788 (Holothuria, Echinodermata) in the coastal area of the central eastern Adriatic. *Acta Adriatica*. 1998; 39:13-23.
52. Skewes TD, Dennis DM, Burrige. Survey of *Holothuria scabra* (sandfish) on Warrior Reef, Torres Strait, CSIRO Division of Marine Research, 2000.
53. Smiley S, McEuen FS, Chaffee C, Krishnan S. Echinodermata: holothuroidea. *Reproduction of Marine Invertebrates*. 1991; 6:663-750.
54. Thorson G. Reproduction and larval ecology of marine bottom invertebrates. *Biological Reviews* 1950; 25:1-45
55. To AWL, Shea SKH. Patterns and dynamics of beche-de-mer trade in Hong Kong and mainland China. *Traffic Bulletin*. 2012; 24:65-76.
56. Tortonese E. Researches on the coast of Somalia. *Littoral Echinodermata. Monitore Zoologico Italiano (N.S.)*. 1980; 13:99-139.
57. Uthicke S, Conand C. Local examples of beche-demer overfishing: an initial summary and request for information. *SPC Beche-demer Information Bulletin*. 2005; 21:9-14.
58. Uthicke S, Welch D, Benzie JAH. Slow growth and lack of recovery in overfished holothurians on the Great Barrier Reef: evidence from DNA fingerprints and repeated large-scale surveys, *Conservation Biology*. 2004; 18:1395-1404.
59. Vannuccini S. Sea Cucumbers: A Compendium of Fishery Statistics. In: Lovatelli A, Conand C, Purcell S, Uthicke S, Hamel JF, Mercier A, Eds., *Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management*, FAO Fisheries Technical Paper, 2004, 339-345.

1. Purcell SW, Hair CA, Mills DJ. Sea cucumber culture, farming and sea ranching in the tropics: progress, problems and opportunities. *Aquaculture*. 2012; 68-81.
2. Conand C. Present status of world sea cucumber resources and utilization: An international overview. P.13-23. In: Lovatelli A, Conand C, Purcell S, Uthicke S, Hamel JF, Mercier A, editors. Advances in sea cucumber aquaculture and management. FAO Fisheries. 2014; No. 463, 425pp.
3. Junus S, Kwong P, Khoo G. A review on the recent advances in the biology and aquaculture technology of *Holothuria scabra*. 3. 2018; 4 (2) :5-25
4. Purcell, SW, Williamson, DH, Ngaluafe, P. Chinese market prices of beche-de-mer: Implications for fisheries and aquaculture, *Marine Policy*, 2018; (91): 58-65.
5. Hamel JF, Conand C, Pawson DL, Mercier A. The sea cucumber *Holothuria scabra* (Holothuroidea: Echinodermata): its biology and exploitation as beche-de-mer. *Advances in Marine Biology*, 2001; (41): 129-223.
6. Lovatelli A, Conand C, Purcell S, Uthicke S, Hamel JF, Mercier A. Advances in sea cucumber aquaculture and management, FAO Fisheries Technical Report. Rome. 2004; 463.
7. Eriksson H, de la Torre-Castro M, Purcell S, Olsson P. Lessons for resource conservation from two contrasting small-scale fisheries. *AMBIO*. 2014; (44): 204-213.
8. Watanabe S, Sumbing J, Lebata-Ramos M. Growth pattern of the tropical sea cucumber, *Holothuria scabra*, under captivity. *JARQ*. 2014; 48(4), 457-464.
9. Al-Rashdi KM, Al-Busaidi SS, Al-Rassadi IH. Status of the sea cucumber fishery in the Sultanate of Oman. SPC Beche-de-mer Information Bulletin. 2007;(25): 17-21.
10. Al-Rashdi KM, Claereboudt MR. Evidence of rapid overfishing of sea cucumbers in the Sultanate of Oman. SPC Beche-de-mer Information Bulletin. 2010; (30): 10-13.
11. Al-Rashdi KM, Claereboudt MR. Reproductive biology of the sea cucumber *Holothuria scabra* (Jaeger 1883) in Mahout Bay, Arabian Sea, Oman. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 2018; (6): 100-108.
12. Asha PS, Muthiah P. Reproductive biology of the commercial sea cucumber *Holothuria spinifera* (Echinodermata: Holothuroidea) from Tuticorin, Tamil Nadu, India. *Aquaculture* 2008; 16: 231-242.
13. Benitez-Villalobos F, Avila-Poveda OH, Gutiérrez-Méndez IS. Reproductive biology of *Holothuria fuscocinerea* (Echinodermata: Holothuroidea) from Oaxaca, Mexico. *Sexuality and Early Development in Aquatic Organisms* 2013; 1, 13
14. Muthiga NA, Kawaka J. The Effects of Temperature and Light on the Gametogenesis and Spawning of Four Sea Urchin and One Sea Cucumber Species on Coral Reefs in Kenya. *Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium, Florida 2008; Session number 11.*
15. Omar HA, Abdel Razek FA, Abdel Rahman SH, El Shimy NA. Reproductive Periodicity of Sea Cucumber *Bohadschiavitiensis*(Echinodermata: Holothuroidea) in Hurghada Area, Red Sea, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research* 2013; (39): 115-123.
16. Al Rashdi KM. Project final report on diversity, stock and aquaculture potential of sea cucumber in Oman. Ministry of Agriculture and Fisheries Wealth, Aquaculture Centre, Muscat, Sultanate of Oman. 2012.
17. Léonet A, Rasolofonirina R, Wattiez R, Jangoux M, Eeckhaut I. A new method to induce oocyte maturation in holothuroids (Echinodermata). *Invertebrate Reproduction and Development*. 2018 ; (53) : 13-21.
18. Eeckhaut I, Lavitra T, Léonet A, Jangoux M, Rasolofonirina R. *In-vitro*fertilisation : a simple, efficient method for obtaining sea cucumber larvae year round. In : Hair CA, Pickering TD, Mills DJ, editors. Asia-Pacific tropical sea cucumber aquaculture. Australian Centre for International Agricultural Research Proceedings. New Caledonia. 2012 ; (136): 40-49.

19. Pitt R, Duy NDQ. Breeding and rearing of the sea cucumber *Holothuria scabra* in Vietnam. In: Lovatelli, A, Conand C, Purcell S, Uthicke S, Hamel JF, Mercier A, editors. Advances in sea cucumber aquaculture and management. FAO Fisheries Tech. Pap. 2004; (463): 333-346.
20. Duy NDQ. Seed production of sandfish *Holothuria scabra* in Vietnam. SEAFDEC. Aquaculture Extension Manual. South Asian Fisheries Development Center, Iloilo, Philippine. 2010; No. 28.
21. Hair C, Kaure T, Southgate PC, Pickering T. Potential breakthrough in hatchery culture of Sandfish *Holothuria scabra* by using algal concentrate as food. SPC Bêche-de-mer Inf. Bull. 2011; (31): 60–61.
22. Agudo N. *Sandfish Hatchery Techniques*. The Worldfish Center, Secretariat of the Pacific Community, and Australian Center for International Agricultural Research. 2006; 42pp.
23. Battaglione SC, Seymour JE, Ramofafia C, Lane I. Spawning induction of three tropical sea cucumbers: *Holothuria scabra*, *H. fuscogilva* and *Actinopygamauritiana*. Aquaculture. 2002; (207): 29–47.
24. Leonet A, Delroisse J, Schuddinck C, Ruddy W, Jangoux M, Eeckhaut I. Thioredoxins induce oocyte maturation in holothuroids (Echinodermata). 2018. (*In press*).
25. Purcell SW, Ngaluafe P, Foale SJ, Cocks N, Cullis BR, Lalavanua W. Multiple factors affect socioeconomics and wellbeing of artisanal sea cucumber fishers. PLoS One. 2016; (11), e0165633.
26. Mercier A, Battaglione SC, Hamel JF. Settlement preferences and early migration of the tropical sea cucumber *Holothuria scabra*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 2000; (249): 89-110.
27. Li L, Li Q, Kong L. The effect of different substrates on larvae settlement in sea cucumber, *Apostichopus japonicas*. Journal of the world aquaculture society. 2010; (41): 124-130.
28. Ramofafia C, Byrne M, Battaglione SC. Development of three commercial sea cucumbers, *Holothuria scabra*, *H. fuscogilva* and *Actinopygamauritiana*: larval structure and growth. Journal of Marine and Freshwater Research. 2003; (54): 657–667.
29. James BD. Captive breeding of the sea cucumber, *Holothuria scabra*, from India. In: Lovatelli A, Conand C, Purcell S, Uthicke S, Hamel JF, Mercier A, editors. Advances in sea cucumber aquaculture and management. FAO Fisheries Tech. Pap. 2004; (463):385-398.
30. Asha PS, Muthia P. Spawning and larval rearing of sea cucumber *Holothuria (Theelothuria) spinifera* Theel. SPC Beche-de-mer Information Bulletin. 2002; (16): 11-15.
31. Ruth U, Remie M, Daisy A, Lance B, Neil Angelo S. Small-scale hatcheries and simple technologies for sandfish (*Holothuria scabra*) production. In: Hair C.A., Pickering TD, Mills DJ, editors. Asia–Pacific tropical sea cucumber aquaculture. Australian Centre for International Agricultural Research Proceedings. New Caledonia. 2012; (136): 209 pp.
32. James BD, Rajapandian ME, Basker BK, Gopinathan CP. Successful induced spawning and rearing of the holothurians *Holothuria (Metriatyla) scabra* Jaeger at Tuticorn. Marine Fisheries Infor. Ser. 1988; (87): 30-33.
33. McLean E, Ibrahim FS, Al-Rashdi KM. Environmental Better Management Practices for Omani Aquaculture. Ministry of Agriculture & Fisheries Wealth, Aquaculture Centre, Muscat, Sultanate of Oman. 2011.
34. Militz AT, Leini E, Duy ND, Paul GS. Successful large-scale hatchery culture of sandfish *Holothuria scabra* using micro-algae concentrates as a larval food source. Aquaculture Reports. 2018; (9): 25-30.