

DOI:10.22144/ctu.jsi.2018.019

GIUN NHIỀU TƠ VÀ ỨNG DỤNG TRONG NUÔI TRỒNG THỦY SẢN BỀN VỮNG

Huỳnh Phước Vinh* và Vũ Ngọc Út

Khoa Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Huỳnh Phước Vinh (email: hpvinh@ctu.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 17/05/2018

Ngày nhận bài sửa: 28/06/2018

Ngày duyệt đăng: 30/07/2018

Title:

Polychaeta and its applications in the sustainable aquaculture

Từ khóa:

Đặc điểm sinh học, giun nhiều tơ, nuôi trồng thủy sản

Keywords:

Aquaculture, biology characteristic, polychaeta

ABSTRACT

Polychaeta are generally recognized as major group of segmented worms with no common morphological features. They spend most of their life burrowing underground in the U-shape burrow. They were firstly known as the baird in the fisheries industry all over the world. Through deeper studies, this group has been known with many roles in environmental bioremediation and has been playing important roles in the biodegradable processes. Moreover, they are significant feed in aquaculture and are also applied as a substantial sector in the sustainable aquaculture system – the multi-trophic aquaculture system. This article is to summarize some biological features of polychaeta and their important roles in the aquaculture industry.

TÓM TẮT

Giun nhiều tơ là một nhóm lớn của ngành giun đốt với nhiều hình dạng khác nhau. Chúng dành hầu hết thời gian sống bên dưới nền đáy trong những hang tự đào có dạng hình chữ U. Giun nhiều tơ được biết đến đầu tiên như là mối cá ở nhiều nơi trên thế giới. Các nghiên cứu sâu hơn cho thấy nhóm giun nhiều tơ có nhiều đóng góp trong cải thiện môi trường và đóng góp vào các quá trình phân hủy sinh học tự nhiên; ngoài ra, giun nhiều tơ còn là nguồn thức ăn quan trọng trong nuôi trồng thủy sản và được ứng dụng như là một mắt xích quan trọng trong hệ thống nuôi trồng thủy sản bền vững – hệ thống nuôi trồng thủy sản với nhiều bậc thức ăn khác nhau. Bài viết này sẽ tóm tắt một số đặc điểm sinh học của giun nhiều tơ và nêu ra tầm quan trọng của chúng trong nuôi trồng thủy sản.

Trích dẫn: Huỳnh Phước Vinh và Vũ Ngọc Út, 2018. Giun nhiều tơ và ứng dụng trong nuôi trồng thủy sản bền vững. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 54(Số chuyên đề: Thủy sản)(1): 142-152.

1 GIỚI THIỆU

Nghành nuôi trồng thủy sản đã và đang đóng một vai trò quan trọng trong việc đáp ứng nhu cầu thực phẩm cho sự gia tăng dân số toàn cầu. Sản lượng nuôi trồng thủy sản trên toàn thế giới đang tăng trưởng nhanh chóng, trung bình 9% mỗi năm, trong khi đó nhu cầu tiêu thụ thủy sản trung bình trên đầu người là 20 kg năm 2014 (FAO, 2016). Tình hình nuôi trồng thủy sản thâm canh các loài thủy sản trên toàn thế giới đang tiêu thụ một lượng lớn bột cá và

dầu cá có nguồn gốc từ khai thác tự nhiên. Việc sử dụng các loài cá không có giá trị kinh tế cao để làm thức ăn cho các loài cá nuôi đang gây ra vấn đề khai thác quá mức trên toàn cầu. Nhu cầu cao, nguồn cung hạn chế và giá thành cao của nguồn bột cá và dầu cá cho thấy sự cấp thiết của việc tìm kiếm các nguồn thay thế khác. Mặt khác, chất thải từ hoạt động nuôi trồng thủy sản như thức ăn dư thừa và chất thải của cá nuôi chứa một lượng lớn các thành phần có gốc nitơ có thể gây ô nhiễm nguồn nước và bùn đáy. Sự phân hủy các chất hữu cơ này làm tăng

cường hoạt động hô hấp trong thủy vực do hoạt động của vi khuẩn có thể dẫn đến tình trạng thiếu oxy cục bộ và gây chết các loài thủy sinh vật trong thủy vực, đặc biệt là các loài sống đáy và sống gần nền đáy. Tình trạng thiếu oxy còn hạn chế các chu trình chuyển hóa nitơ, làm giảm khả năng xử lý các chất thải có nguồn gốc nitơ trong thủy vực; từ đó có thể gây ra hiện tượng phú dưỡng (Vezzulli et al., 2004). Thực hành nuôi trồng thủy sản bền vững là một mục tiêu hứa hẹn để giảm tác động tiêu cực từ hoạt động nuôi trồng thủy sản đến môi trường, như là hệ thống nuôi trồng thủy sản kết hợp nhiều bậc thức ăn khác nhau nhằm tăng hiệu quả sử dụng thức ăn, phân hủy sinh học của chất thải hữu cơ, và kết hợp với hệ thống lọc sinh học để giảm thiểu sự tích tụ các chất độc hại trong môi trường. Phát triển nuôi trồng thủy sản bền vững cần được nâng cao theo cách bền vững về môi trường cùng với dự đoán và bảo đảm chất lượng môi trường. Do đó, áp dụng phương pháp sinh học nên là lựa chọn tối ưu để giảm thiểu mỗi tác động tiêu cực của nuôi trồng thủy sản; và cần lựa chọn những loài phù hợp có nhiều tiềm năng khác nhau. Sự kết hợp giữa loài sống đáy như nhóm giun nhiều tơ với hoạt động nuôi trồng thủy sản có thể là

một trong những lựa chọn tốt cho mục tiêu này. Giun nhiều tơ là nhóm sinh vật phổ biến ở nhiều nơi trên thế giới, có sẵn trong hầu hết môi trường đáy, có tiềm năng lớn về xử lý sinh học, có thể thay thế làm giảm lượng bột cá và dầu cá sử dụng, có thể là nguồn sinh khối tăng thêm và có thể tạo thêm thu nhập cho người nuôi. Bài viết này sẽ giới thiệu một số đặc điểm sinh học và sự đa dạng trong ứng dụng của nhóm giun nhiều tơ như là một tác nhân sinh học quan trọng trong môi trường với một cái nhìn tổng thể về tiềm năng của chúng trong việc phát triển thực hành nuôi trồng thủy sản bền vững.

2 NỘI DUNG

2.1 Đặc điểm sinh học

2.1.1 Phân loại và hình thái

Dựa trên sự phân loại trên họ toàn diện nhất và dựa trên hình thái học, nhóm giun nhiều tơ có thể được chia thành ba nhánh, trong đó hai nhánh Aciculata và Canalipalpata có cặp râu giữ chức năng cảm giác, vận động và bắt mồi, và nhánh thứ ba Scolecida không có cơ quan trên và các phần phụ của đầu khác (Rouse and Fauchald, 1997).

Bảng 1: Phân loại giun nhiều tơ theo bộ, dưới bộ, trên họ và dưới họ (O: Order, SO: Suborder, SF: Superfamily, F: Family) (trích từ Fauchald, 1977)

1. O. ORBINIIDA F. Orbiniidae F. Parapnidae F. Questidae	7. O. OPHELIIDA F. Opheliidae F. Scalibregmidae	SO. Glyceriformia F. Glyceridae F. Goniadidae F. Lacydoniidae	12. O. STERNASPIDA F. Stermaspidae
2. O. CTENODRILIDA F. Ctenodrilidae F. Paregodrilidae	8. O. PHYLLODOCIDA SO. Phyllodociformia F. Phyllodocidae F. Alciopidae F. Lopadorhynchidae F. Pontodoridae	Suborder not recognized: F. Lospilidae F. Nephtyidae F. Sphaerodoradae F. Tomoptendae F. Typhloscolecidae	13. O. OWENIIDA F. Oweniidae
3. O. PSAMMODRILIDA F. Psammodrilidae	SO. Aphroditiformia SF. Aphroditacea F. Aphroditidae F. Polynoidae F. Polyodontidae F. Pholoididae F. Euleperthidae F. Sigalionidae SF. Chrysopetalacea F. Chrysopetalidae F. Palmyridae SF. Pisionacea F. Pisionidae	9. O. AMPHINOMIDA F. Amphinomidae F. Euphrosinidae	14. O. FLABELLIGERTDA F. Flabelligeridae F. Poeobiidae
4. O. COSSURIDA F. Cossuridae	SO. Nereidiformia F. Hesionidae F. Pilargiidae F. Syllidae F. Calamyzidae F. Nereidae F. Antonbmunidae	10. O. SPINTHERIDA F. Spinteridae	15. O. FAUVELIOPGIDA F. Fauveliopsidae
5. O. SPIONIDA SO. Spioniformia F. Apistobranchidae F. Spionidae F. Magelonidae F. Trochaetidae F. Poecilochaetidae F. Heterospionidae SO. Chaetopteriformia F. Chaetopteridae SO. Cirratulifonnia F. Cirratulidae F. Acrocirridae	SO. Nereidiformia F. Hesionidae F. Pilargiidae F. Syllidae F. Calamyzidae F. Nereidae F. Antonbmunidae	11. O. EUNICIDA SF. Eunicea F. Onuphidae F. Euniceidae F. Lumbrineridae F. Iphitimidae F. Arabellidae F. Lysaretidae F. Dorvilleidae Super –family not recognized: F. Histriobdellidae F. Ichthyotomidae	16. O. TEREBELLIDA F. Sabellariidae F. Pecunarusidae F. Ampharetidae F. Terebellidae F. Trichobranchidae F. Bogueidae
6. O. CAPITELLIDA F. Capitellidae F. Arenicolidae F. Maldanidae			17. O. SABELLIDA F. Sabellidae F. Sabellongidae F. Caobangidae F. Serpulidae F. Spirorbidae Families of uncertain affinities: F. Dinophilidae F. Nerillidae F. Polygordiidae F. Protodrilidae F. Saccocirridae

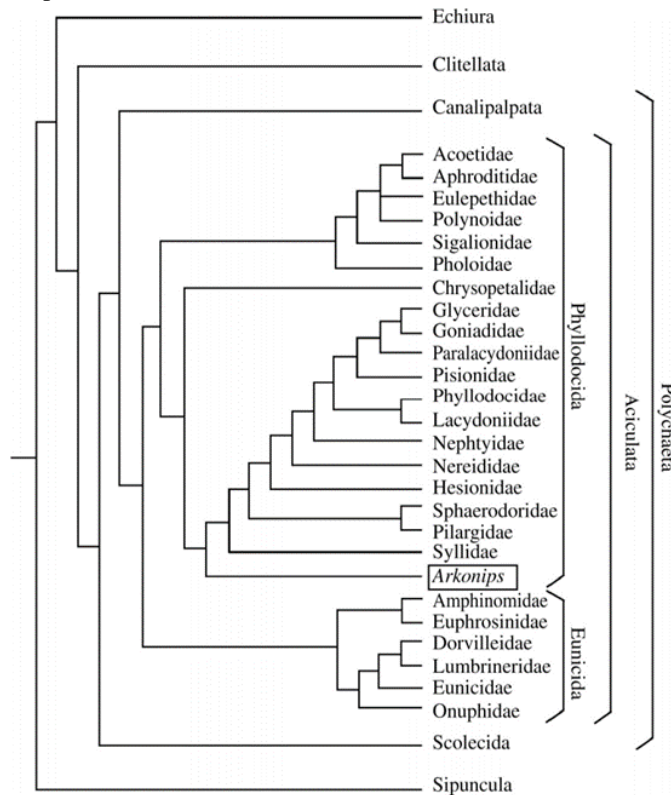
Nghiên cứu của Rouse and Fauchald (1997) đã cung cấp nhiều thông tin hữu ích về giun nhiều tơ

các dữ liệu được thu thập và mã hóa về hình thái của chúng và các phân loài có liên quan. Sự tổng hợp này giúp làm rõ, kích thích cuộc tranh luận, giúp xác

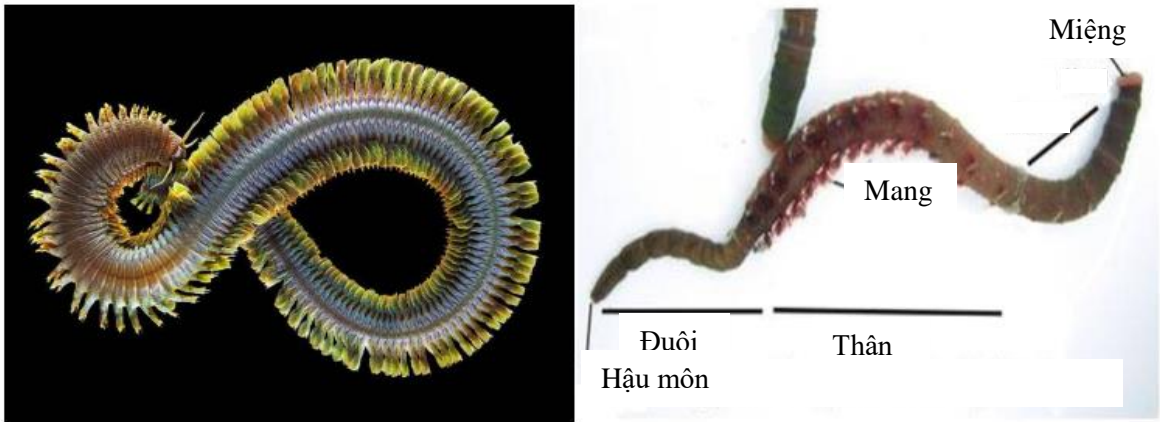
định các lĩnh vực đang còn tranh cãi và cần được giải quyết. Tùy thuộc vào độ chi tiết khi phân tích mẫu vật, nhóm giun nhiều tơ có thể được nhận dạng là nhóm có sự hiện diện của cặp râu giữ chức năng cảm giác, vận động và bắt mồi, cơ quan bài tiết hỗn hợp, các cơ quan phát hiện thức ăn và các cặp lông cứng hỗ trợ vận động (Westheide *et al.*, 1999). Khoảng 168 loài giun nhiều tơ (dưới 2% tổng số loài) được phát hiện ở môi trường nước ngọt (Glasby and Timm, 2008). Sơ đồ nhánh trước đây đã được trình bày bởi Rouse (1999, 2000) với các đặc điểm bổ sung, nhưng vẫn ở mức độ bản phôi mẫu với các hạn chế trong phân loại nhóm Arkonips (Farrell and Briggs, 2007). Bảng 1 và Hình 1 thể hiện sự khác nhau trong hệ thống phân loại giun nhiều tơ.

Giun nhiều tơ không có các đặc điểm hình thái phổ biến; tuy nhiên, chúng thường có thể được phân biệt bởi sự kết hợp đặc điểm sau: đầu có các phần phụ cảm giác, cơ thể phân đốt và có các tơ cứng ở mỗi đốt, và hầu hết giun nhiều tơ có các cơ quan phát hiện thức ăn là các hố trên cơ thể với các tơ nhỏ bên trong ở mặt sau của phần đầu (Beesley *et al.*, 2000; Rouse and Pleijel, 2001). Giun nhiều tơ cũng có thể được nhận biết bởi phần thân dài với các đốt

giống nhau thường mang một cặp phụ bộ được gọi là parapodia trên mỗi đốt với các lông cứng bằng chitin (Hình 2, gai được điều khiển bởi các cơ có thể kéo dài và rút lại). Phần đầu của giun nhiều tơ có thể có nhiều các cấu trúc cảm giác như các râu xúc giác, râu và súc mao. Tương tự như các loài động vật ăn thịt khác, chúng cũng thường có hàm lớn. Ở cuối các đốt ở phần thân là đuôi, được gọi là pygidium, chứa hậu môn (Brusca and Brusca, 2003). Con cái thường lớn hơn con đực và đôi khi cơ thể cũng dày hơn; sự khác biệt giữa cá thể đực và cái có thể được phân biệt dựa trên số lượng cơ quan bài tiết hiện hữu, cơ quan sinh dục hiện hữu, vị trí của lỗ sinh dục, và hình dạng của phần phụ bộ ở đuôi (pygidial); khác biệt đực cái có thể rõ ràng hơn đối với các cá thể đực có cơ thể nhỏ bé với kích thước giảm rõ rệt và hình thái đơn giản hóa; con đực có thể sống trong cơ thể của con cái (Polychaeta Facts & Information Bristle Worms, 2015). Hầu hết giun nhiều tơ có cơ thể tròn mềm với kích thước cơ thể từ 1 mm đến gần 3 m. Kích thước của giun nhiều tơ trưởng thành dao động rất lớn. Một số loài khi trưởng thành kích thước vẫn rất nhỏ và có thể sống giữa các hạt cát. Cá thể giun nhiều tơ dài nhất được biết đến lên đến khoảng 61 m với cơ thể nhỏ như sợi chỉ.



Hình 1: Phân loại giun nhiều tơ (trích từ Farrell and Briggs, 2007)



Hình 2: Giun nhiều tơ *Alitta virens* (trái), phân cơ thể đặc trưng của giun nhiều tơ (phải)

(nguồn: https://www.flickr.com/photos/a_semenov/7456291708; https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arenicole_morpho.jpg)

2.1.2 Phân bố và tập tính ăn

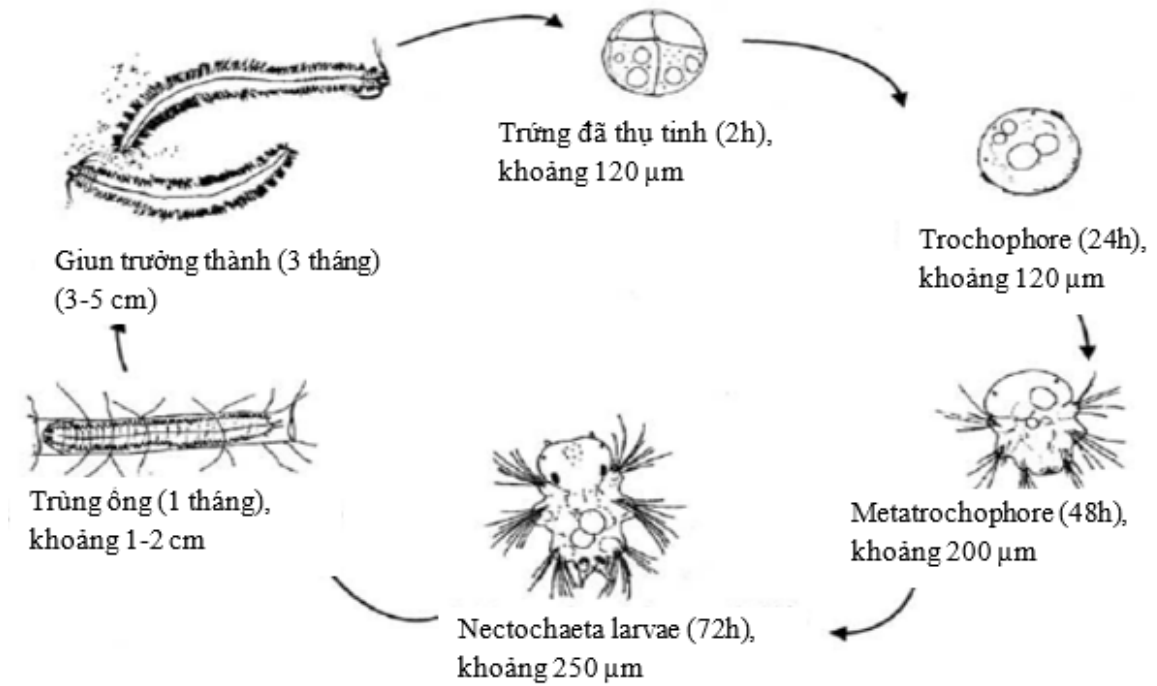
Giun nhiều tơ có thể được tìm thấy trong mọi môi trường trong đại dương trên thế giới, hiện diện từ nơi sâu thẳm đến các vùng cửa sông và bờ đá, và thậm chí bơi lội tự do trong nước. Tuy nhiên, chỉ một số loài sống trong môi trường nước ngọt (Glabsy and Timm, 2008). Hầu hết giun nhiều tơ sống dưới đáy biển, nơi chúng ẩn mình trong cát và bùn hoặc bò trên bề mặt đáy. Có một số loài bơi lội và hoàn toàn sống trôi nổi trong cột nước. Do sự đa dạng của chúng, giun nhiều tơ là một mắt xích cực kỳ quan trọng trong chuỗi thức ăn ở đại dương. Ngoài ra, giun nhiều tơ cũng có thể được tìm thấy trong hang trầm tích trên các bãi biển hoặc sống tập trung cùng với nhau trong các cấu trúc dạng ống (Australian museum, 2015). Giun nhiều tơ cũng rất phong phú trong các thảm cỏ biển và các khu vực rừng ngập mặn, nơi có hàm lượng chất hữu cơ lớn tích lũy từ lá cây rụng (Hutchings and Hoegh-Guldberg, 2008). Do vậy sự hiện diện của giun nhiều tơ phần lớn phụ thuộc vào tính chất nền đáy hiện hữu.

Theo Fauchald and Jumars (1979), giun nhiều tơ gồm nhiều loài với các tập tính ăn khác nhau bao gồm: nhóm các loài ăn dưới bề mặt đáy, loài ăn thịt, loài ăn lọc, loài ăn thực vật, hoặc loài ăn trên bề mặt đáy. Gần đây, Jumar et al. (2015) đã mở rộng công trình nghiên cứu của Fauchald and Jumars (1979) bằng cách sử dụng cấu trúc hình thái trong tập tính ăn của giun nhiều tơ dựa trên sự tìm kiếm và lựa chọn thức ăn của chúng. Nghiên cứu hình thái và so sánh sự khác biệt về cấu trúc kiểu hình khoang miệng để chia nhỏ và sắp xếp chúng vào các tập tính

ăn khác nhau. Nhóm nghiên cứu đã giữ lại sự khác biệt giữa tập tính ăn các vật chất có kích thước nhỏ và tập tính ăn các loại thức ăn có kích thước lớn. Họ chia cấu trúc tập tính ăn để phân biệt giữa cơ chế tìm kiếm đưa thức ăn đến miệng và cấu trúc của khoang miệng, ví dụ, có cơ và không có cơ. Các tác giả cũng đề cập rằng các loài có kích thước nhỏ là một ngoại lệ đối với sự phân biệt ăn vật chất có kích thước nhỏ hay lớn do chúng có ruột nhỏ dẫn đến hạn chế trong việc ăn đa dạng các loại thức ăn với đa dạng các kích thước.

2.1.3 Sinh sản và vòng đời

Nhóm giun nhiều tơ có tập tính sinh sản rất đa dạng bao gồm cả sinh sản đơn tính và hữu tính. Trong khi hầu hết giun nhiều tơ là loài đơn tính có giới tính đực và cái rõ ràng, một số loài là loài lưỡng tính có cả cơ quan sinh dục đực và cái và một vài loài khác có thể mang kiểu hình đực vào một thời điểm cụ thể trong vòng đời và sau đó chuyển thành giới tính cái. Sự sinh sản của giun nhiều tơ bị chi phối bởi các nhân tố môi trường và nội tiết; các hành vi sinh sản và giao phối đồng bộ ở một số loài được thực hiện thông qua các tín hiệu hóa học khác nhau bao gồm các loại kích thích tố (Hardege, 1999; Andries, 2001; Hardege et al., 2004). Sự phối hợp sinh sản và giao phối đồng thời nhờ các tín hiệu hóa học đã được nghiên cứu kỹ trên nhóm giun nhiều tơ Nereidid (Hardege, 1999). Giun nhiều tơ ở vùng ôn đới thường sinh sản theo mùa. Dinh dưỡng, chu kỳ sáng tối, độ mặn và nhiệt độ là các yếu tố môi trường phổ biến ảnh hưởng sự thành thực ở giun nhiều tơ (Schroeder and Hermans 1975; Olive, 1980; Garwood and Olive, 1982).



Hình 3: Vòng đời giun nhiều tơ *Platynereis dumerilii*

(nguồn: <https://www.slideshare.net/YuveenaGokool/phylum-annelidespptx>)

Vòng đời ở giun nhiều tơ khá đa dạng từ phát triển trực tiếp cho đến chu kỳ sống phức tạp với giai đoạn phù du và sống đáy khi trưởng thành, hay phức tạp hơn khi vòng đời của chúng bao gồm giai đoạn trưởng thành sống đáy sẽ biến thái và bơi ra vùng biển khơi để sinh sản. Trứng sau khi nở phát triển thành ấu trùng bơi tự do còn gọi là trochophore, giai đoạn này có thể kéo dài từ vài giờ cho đến nhiều tuần trước khi chúng bắt đầu bám đáy và biến thái

thành giun trưởng thành. Một số ấu trùng giun nhiều tơ bắt đầu tìm thức ăn trong giai đoạn phù du, trong khi các loài khác có noãn hoàng lớn hơn thì không cần ăn trong khoảng thời gian dài hơn (Smart, 2008). Cá thể trưởng thành có thể sống tự do hoặc trên bề mặt đáy, sống ký sinh hoặc cộng sinh. Ở các loài có giai đoạn ấu trùng, giai đoạn ấu trùng có thể ngắn rồi chuyển sang giai đoạn trưởng thành sau vài giờ cho đến vài ngày, hoặc giai đoạn ấu trùng dài và có khả năng phân tán rộng.



Hình 4: Sử dụng giun nhiều tơ làm thức ăn cho tôm bố mẹ

(nguồn: <https://tepbac.com/tin-tuc/full/san-xuat-tom-giong-chat-luong-cao-lam-giam-ems-8911.html>)

2.2 Vai trò của giun nhiều tơ trong nuôi trồng thủy sản bền vững

2.2.1 Nguồn thức ăn sạch không chứa mầm bệnh

Tiềm năng thương mại của giun nhiều tơ bắt đầu đầu tiên với nghề khai thác thủy sản với ứng dụng làm môi câu cá, chúng dần được quan tâm và chú ý hơn với nhiều hơn những khả năng ứng dụng, đặc biệt là trong lĩnh vực nuôi trồng thủy sản. Vào những năm 1980, nhiều trang trại giun nhiều tơ được hình thành chủ yếu để cung cấp môi sống cho khai thác thủy sản. Trong tự nhiên, giun nhiều tơ cũng góp một phần trong khẩu phần ăn tự nhiên của các loài cá và giáp xác. Nhiều nhà nghiên cứu đã đề xuất sử dụng giun nhiều tơ như là loại thức ăn kích thích sự thành thực ở các loài giáp xác và sử dụng chúng như là nguồn thức ăn tươi sống cho ấu trùng cá bơn do chúng có thành phần dinh dưỡng cao. Theo Tirado (1996), việc sử dụng giun nhiều tơ làm thức ăn kết hợp với thức ăn viên đã cải thiện thời gian hồi phục lượng tinh trùng và các đặc điểm sinh dục đực khác ở tôm thẻ chân trắng *Penaeus vannamei*. Từ đó, việc sử dụng giun nhiều tơ làm thức ăn cho các loài cá và tôm bố mẹ đã được tăng lên mạnh mẽ. Ngày nay, nguồn thức ăn cho cá bơn bố mẹ *Solea solea* thường được bổ sung giun nhiều tơ. Nhiều nghiên cứu đã được tiến hành và thành công như kết hợp giun nhiều tơ (*Nereis diversicolor*) và sò điệp trong chế độ ăn của cá bơn bố mẹ *Solea solea*, bổ sung giun nhiều tơ (*Hediste diversicolor*) cùng với cá mực trong giai đoạn cuối thành thực ở *Solea selegalensis*, hay nghiên cứu trên loài *Solea solea* cho thấy sự tăng trưởng và hiệu suất sinh sản tốt hơn khi cho ăn bổ sung giun nhiều tơ so với bổ sung hai mảnh vỏ (Baynes et al., 1993; Bertotto et al., 2006; Cardinaletti et al., 2009).

Trong nuôi tôm, giun nhiều tơ thường được sử dụng để kích thích thành thực tôm bố mẹ do chúng có chứa nguồn đạm cao, chất béo thiết yếu PUFA (ARA và EPA) và các hợp chất hỗ trợ hoạt động nội tiết tố khác. Giun nhiều tơ sống cát (*Perinereis nuntia*) được cho là có khả năng thúc đẩy tăng trưởng, tỷ lệ sống, chất lượng dinh dưỡng và chất lượng tinh trùng của tôm sú (*Penaeus monodon*) so với sử dụng thức ăn viên (Leelatanawit et al., 2014). Tương tự, trên tôm thẻ đuôi xanh (*Penaeus merguensis*), nghiên cứu của nhóm tác giả Memon et al. (2012) cũng cho thấy kết quả tốt về tăng trưởng, tỷ lệ sống và tăng tinh trùng khi so sánh giữa nguồn thức ăn là giun nhiều tơ *Sabellaria* sp. so với cá mực *Loligo vulgaris* và sò *Anadara granosa*. Ngày nay, mô hình nuôi trồng thủy sản hiện đại khép kín hoàn toàn các thành phần của một loài nuôi được

xem như là một mô hình bền vững. Nhiều nghiên cứu đã và đang được tiến hành hoặc đã hoàn thành. Trong đó thành phần rất quan trọng góp phần vào khép kín chu trình là nguồn thức ăn không có mầm bệnh, đặc biệt là sự hiện diện của thức ăn tươi sống trong khẩu phần ăn. Ngày càng có sự gia tăng sử dụng giun nhiều tơ có nguồn gốc tự nhiên làm thức ăn sống cho một số loài cá và giáp xác, hoặc kích thích sự thành thực sinh dục và sinh sản ở cá bơn và tôm he (Luis and Passos, 1995), gây ra nguy cơ lây lan nhiều mầm bệnh. Từ đó cho thấy, nhu cầu của việc nuôi giun nhiều tơ tách biệt khỏi môi trường tự nhiên nhằm góp phần hạn chế và kiểm soát mầm bệnh là vô cùng cần thiết. Phát triển nuôi giun nhiều tơ sẽ góp phần cung cấp cho các trang trại nuôi thủy sản nguồn thức ăn tươi sống được kiểm soát về mầm bệnh, và góp phần quan trọng vào sự bền vững của ngành nuôi trồng thủy sản.

2.2.2 Nguồn protein và lipid thay thế bột cá và dầu cá

Chất đạm (protein) là thành phần có giá thành cao nhất trong thức ăn nhân tạo, cần thiết cho sự tăng trưởng của vật nuôi do đóng vai trò quan trọng trong sự phát triển của cơ bắp, hoạt động của enzyme và chức năng của tế bào. Bên cạnh đó, chất béo (lipid) cũng quan trọng không kém. Cung cấp đầy đủ các chất béo thiết yếu sẽ đảm bảo sức khỏe, sự phát triển và sinh sản của các loài vật nuôi. Hầu hết các nguồn protein và lipid cho nuôi trồng thủy sản đều đến từ bột cá và dầu cá, nhưng bột cá và dầu cá đã được cảnh báo sẽ là một vấn đề trong nuôi trồng thủy sản hiện nay và trong tương lai. Theo Tacon và Metian (2008), việc sản xuất bột cá và dầu cá cơ bản là từ những loài cá nhỏ có nguồn gốc từ khai thác biển như: cá mòi, cá cơm, cá trích, lươn cát,... được đánh bắt quanh vùng Biển Bắc và quanh khu vực bờ biển phía tây Nam Mỹ. Việc đánh bắt quá mức trên khắp thế giới, các vấn đề tự nhiên bao gồm El Niño và biến đổi khí hậu, và sự gia tăng nuôi trồng thủy sản hàng năm đang ảnh hưởng và làm giảm số lượng cá tự nhiên theo từng năm. Trong năm 2014, khoảng 16 triệu tấn cá đánh bắt được sử dụng để sản xuất bột cá và dầu cá phục vụ làm thức ăn trong chăn nuôi (FAO, 2016). FAO (2016) cũng đề cập đến sản lượng nuôi trồng thủy sản đã tăng lên đáng kể trong hai thập kỷ qua, điều đó đã thúc đẩy lượng tiêu thụ sản phẩm thủy sản trung bình trên phạm vi toàn cầu tăng cao. Naylor (2000) cho biết rằng tỷ lệ nuôi trồng thủy sản đang tăng và cao hơn tỷ lệ khai thác thủy sản trong tổng sản lượng cá trên toàn thế giới, điều này sẽ gây ra áp lực lớn lên các loài cá nhỏ biên khơi do nhu cầu ngày càng cao của sản lượng bột cá và dầu cá. Lợi ích kinh tế từ việc sử dụng các loài có giá trị thấp để nuôi các loài có giá trị cao là

có thật. Tuy nhiên, khai thác một lượng lớn các loài cá này bao gồm cả cá trưởng thành sắp sinh sản là không bền vững. Theo số liệu thống kê, để sản xuất 1 kg bột cá khô cần khoảng 4 kg cá tươi (Allan et al., 2000), và cần ít nhất 1 kg bột cá để sản xuất 1 kg cá nuôi (FAO, 2006).

Mặc dù một phần của nguồn bột cá và dầu cá được sản xuất từ phụ phẩm đánh bắt và phụ phẩm chế biến, nhưng việc sử dụng một lượng lớn bột cá và dầu cá có nguồn gốc tự nhiên cần được xem xét và cần được thay thế một phần bởi các nguồn protein

và lipid khác. Một số nguồn protein có nguồn gốc thực vật đã được sử dụng như các loại hạt có dầu, đậu nành, lúa mì, hoặc ngô,... một vài trong số chúng còn có hàm lượng đạm rất cao lên đến 60-75% (Halver and Hardy, 2002), nhưng chúng lại chứa hàm lượng các axit amin thiết yếu thấp hơn so với bột cá. Nhiều thử nghiệm về việc sử dụng các nguồn protein từ thực vật thay thế cho bột cá đã được thực hiện trên nhiều loài cá khác nhau với kết quả tăng trưởng thấp hơn hoặc chi phí cao hơn do phải cải thiện để phù hợp với nhu cầu của từng loài cá (Kissil et al., 2000; Tacon, 2004).



Hình 5: Thu hoạch giun nhiều tơ từ bể nuôi

Đối với lipid, nhiều loài cá không thể tự tổng hợp một số axit béo thiết yếu, chúng cần tiêu thụ từ thức ăn của chúng (Sargent et al., 1997). Hầu hết các loài cá nuôi cần được bổ sung các chất béo thiết yếu từ nguồn dầu cá để phát triển và sinh sản tốt, đặc biệt là giai đoạn ấu trùng ở các loài cá biển (Brett and Navarra, 1997). Thay thế dầu cá bằng các nguồn chất béo khác là một phương pháp bền vững. Tuy nhiên, không phải tất cả các nguồn chất béo đều chứa đầy đủ các loại chất béo cần thiết, nhất là dầu thực vật. Thực vật trên cạn không chứa n-3 HUFA, loại chất béo có sẵn trong hầu hết các thực vật phù du biển (Domergue et al., 2005). Có thể nói rằng chất béo có nguồn gốc từ các nguồn thủy sinh vật sẽ thích hợp hơn cho động vật thủy sinh. Trong tự nhiên, giun nhiều tơ là một nguồn thức ăn tự nhiên quan trọng cho ấu trùng các loài sinh vật biển. Chúng cung cấp cho ấu trùng một số enzyme tiêu hóa, protein và axit béo cần thiết cho sự tăng trưởng và sự sống còn của ấu trùng. Chúng chứa hàm lượng protein và lipid khá cao chiếm 50% và 12% trọng lượng khô của chúng (Brown et al., 2011). Hơn nữa, chúng là nguồn cung cấp hai loại axit béo n-3 và n-6 cần thiết cho sự phát triển và thành thực của tôm

nước ngọt (Lytle et al., 1990), và đáp ứng đầy đủ nhu cầu axit béo cần thiết cho giai đoạn ấu niên của cá cá có vây và các loài giáp xác (Luis and Passos, 1995).

Từ đó, bằng chứng rõ ràng rằng giun nhiều tơ có thể là một nguồn cung cấp protein và lipid phù hợp cho thức ăn thủy sản, nhất là với các loài cá và giáp xác để thay thế toàn bộ hoặc một phần cho nhu cầu protein và lipid có nguồn gốc từ cá biển. Tiềm năng của giun nhiều tơ để được sử dụng trong thức ăn nuôi trồng thủy sản là rất lớn do nhu cầu từ việc lựa chọn nguồn protein và lipid thay thế bột cá và dầu cá truyền thống hiện nay. Tuy nhiên, để làm được điều đó, cần cải thiện được vấn đề giá thành và giải quyết các vấn đề kinh tế khác. Giá của sản phẩm từ giun nhiều tơ phải hợp lý hơn so với bột cá và dầu cá sẵn có hiện nay. Mặt khác, chúng cần phải được nghiên cứu nhiều hơn nhằm tìm ra các quy trình nuôi phù hợp nhất, đảm bảo giá thành thấp nhất, mà năng suất và hiệu quả là cao nhất.

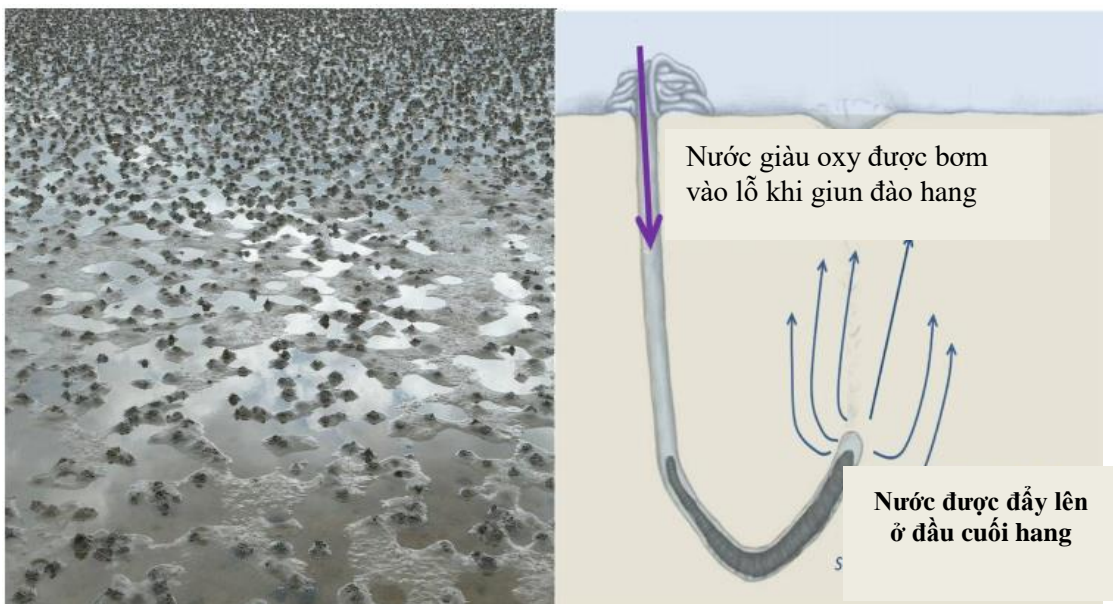
2.2.3 Đóng gói sinh học kháng sinh

Các vấn đề về bệnh do nhiễm khuẩn ở cá nuôi thường được điều trị bằng việc sử dụng các loại

thuốc kháng sinh thông qua đường tiêm, ngâm, và trộn với thức ăn viên; tuy nhiên, việc điều trị đối với cá bột còn nhiều hạn chế nhất là phương pháp tiêm và trộn với thức ăn viên. Phương pháp điều trị bằng cách ngâm cá bột vào dung dịch kháng sinh thường được sử dụng, nhưng khá tốn kém và có tác động xấu đến môi trường cũng như sức khỏe cá. Cùng với sự thành công trong giàu hóa *Artemia* với kháng sinh nhằm giảm tác động môi trường giảm giá thành mà vẫn giữ được hiệu quả cao của thuốc, nhóm tác giả Katharios *et al.*, (2005) đã áp dụng và thành công phương pháp giàu hóa tương tự đối với trứng giun nhiều tơ (*Nereis virens*) để đồng gói sinh học oxytetracycline qua quá trình khếch tán đơn giản từ nước vào trong trứng (1 microgram trên mỗi trứng) và sử dụng làm thức ăn cho ấu trùng cá bơn *Solea solea* để điều trị *Vibrio anguillarum*. Trứng giun nhiều tơ (*Nereis virens*) có chứa alanine và glycine làm tăng sự ngon miệng cho ấu trùng tôm cá giúp chúng dễ dàng được chấp nhận làm thức ăn kể cả khi đã nạp kháng sinh và tiềm năng ức chế sự phát triển của vi khuẩn được đảm bảo bởi sự hiện diện của thuốc tính kháng khuẩn (hợp chất Bromophenol) trong những trứng chưa được nạp kháng sinh (Katharios *et al.*, 2005). Từ đó, tiềm năng ứng dụng của trứng giun nhiều tơ trong đồng gói sinh học một số loại kháng sinh tương tự như đối với *Artemia* trong sản xuất giống một số loài cá đặc thù.

2.2.4 Xử lý sinh học các chất thải từ nuôi trồng thủy sản và sinh khối tăng thêm

Mọi hệ thống nuôi trồng thủy sản với tất cả các loài nuôi đều tạo ra chất thải với kích thước và lượng khác nhau tùy thuộc vào loại thức ăn, kích cỡ cá, mật độ thả và loài nuôi (Bischoff, 2007). Chỉ riêng ở lĩnh vực nuôi tôm công nghiệp, Cát và *ctv.* (2006) cho biết trong các loại hình nuôi tôm thâm canh và nuôi công nghiệp, một lượng rất lớn thức ăn, phân vô cơ, phân hữu cơ được đưa vào ao nuôi nhằm tăng năng suất sản phẩm. Tuy nhiên, hiệu quả sử dụng các thành phần bổ sung này thường khá thấp, ví dụ lượng thức ăn đưa vào chỉ được hấp thu khoảng 25 - 30%. Một lượng rất lớn chất thải có chứa thành phần nitơ từ thức ăn thừa và phân cá từ hoạt động nuôi trồng thủy sản trên toàn thế giới đã và đang gây nhiều tác động tiêu cực đến môi trường. Các thành phần dinh dưỡng này là nguồn cung cấp cho sự phát triển của nhiều vi sinh vật trong đó có cả vi khuẩn có hại gây ảnh hưởng xấu đến các loài cá nuôi. Một số thiết bị kỹ thuật và phương pháp xử lý đã được áp dụng để xử lý vấn đề này bao gồm xử lý hóa học, sử dụng thực vật thủy sinh, hoặc xử lý cơ học. Không may là những phương pháp này vẫn kém hiệu quả, phức tạp và tốn chi phí khá cao (Cho *et al.*, 1994). Những chất thải này có thể gây ra sự sụt giảm oxy, thay đổi chất lượng nước, và thậm chí là thành phần hóa học của bùn đáy và sinh vật đáy (Carvalho *et al.*, 2007). Xử lý sinh học các chất thải thông qua việc sử dụng các sinh vật ăn lọc để giảm chất thải hữu cơ và vi khuẩn từ hoạt động nuôi trồng thủy sản là một sự lựa chọn đáng quan tâm.

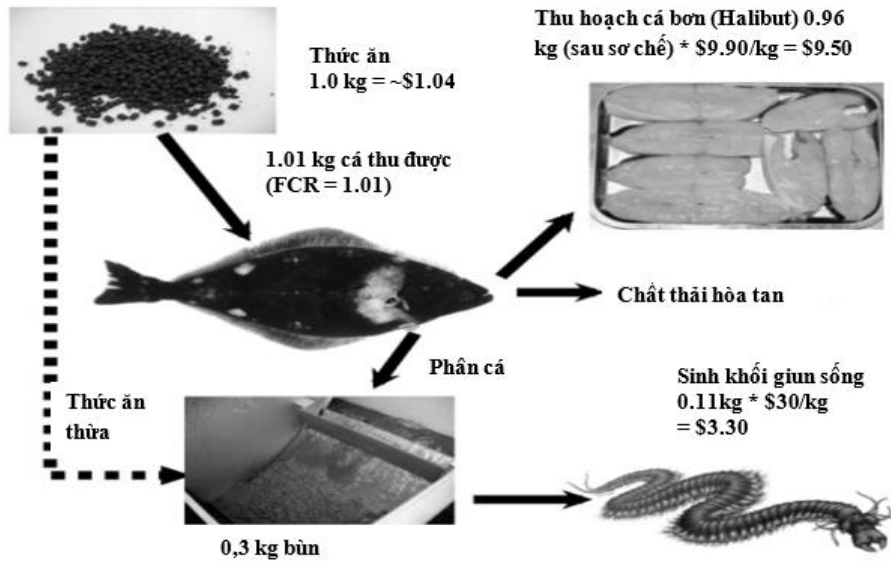


Hình 6: Hang giun nhiều tơ trên bãi biển (trái) và hình minh họa hoạt động đào hang của loài *Arenicola marina* (phải) (Delefosse *et al.*, 2015)

Trong tự nhiên, giun nhiều tơ đóng một vai trò quan trọng trong phân hủy vật chất hữu cơ và phục hồi các khu vực ven biển bị ảnh hưởng bởi các hoạt động nuôi trồng thủy sản (Heilskov *et al.*, 2006). Chúng sử dụng các hạt lơ lửng trong nước làm nguồn thức ăn của chúng; chúng mang dòng nước giàu oxy vào lớp trầm tích nhờ hoạt động đào hang của chúng, cho phép vi khuẩn phát triển nhanh hơn và làm giảm lượng chất hữu cơ. Trong nuôi trồng thủy sản, các chất thải này không thực sự là chất thải. Chúng vẫn chứa các chất dinh dưỡng chưa được tiêu hóa, đó là một nguồn dinh dưỡng đầy tiềm năng. Để tối ưu hóa việc sử dụng thức ăn trong các hệ thống nuôi trồng thủy sản, nhiều nhà nghiên cứu đã nghiên cứu khả năng sử dụng của giun nhiều tơ như là một thành phần xử lý sinh học cho chất thải trong nuôi trồng thủy sản. Theo Kinoshita *et al.* (2008), chất thải từ lồng nuôi hoặc trong ao cá có thể được xử lý bởi quá trình xử lý sinh học đặc trưng của các loài giun nước. Nghiên cứu của nhóm tác giả Batista *et al.* (2003) đã cho thấy rằng *N. diversicolor* có thể phát triển và sinh sản với thức ăn viên dư thừa từ hoạt động nuôi cá tráp. Ngoài ra, giun nhiều tơ có thể thích ứng hành vi ăn uống với điều kiện môi trường, chuyển đổi giữa các tập tính ăn như: ăn thịt, ăn thực vật, ăn phù du sinh vật, ăn vi khuẩn, ăn sinh vật đáy và ăn tạp.

Những loài ăn lọc không xương sống có tiềm năng trong xử lý chất hữu cơ và vi khuẩn thông qua việc lọc hiệu quả có thể được xem như là loài xử lý sinh học các chất thải tiềm năng (Loredana *et al.*, 2010). Nghiên cứu của nhóm tác giả trên loài giun nhiều tơ *Sabella spallanzanii* cho thấy chúng lọc khá hiệu quả và loại bỏ các vi khuẩn khác nhau khỏi nước thải. Một kết quả thử nghiệm khác đã cho thấy chúng loại bỏ hiệu quả hầu như tất cả các nhóm vi khuẩn bao gồm các nhóm vi khuẩn là tác nhân gây

bệnh trên người, vibrio, và chất hữu cơ. Palmer (2010) đã sử dụng kết hợp bộ lọc cát và giun nhiều tơ để xử lý nước ao ô nhiễm hữu cơ, kết quả làm giảm đáng kể chất rắn lơ lửng, chlorophyll a, và chuyển đổi chất dinh dưỡng trong ao thành sinh khối sinh học; tỷ lệ xử lý nước đạt 1500 L trên mét vuông trên ngày và 300-400 g sinh khối giun nhiều tơ trên mét vuông sau khi kết thúc thí nghiệm. Những điều này cho thấy nhiều tùy chọn khác nhau của việc đưa giun nhiều tơ vào hệ thống xử lý nước trong nuôi trồng thủy sản để giảm thiểu tác động tiêu cực của chất thải nuôi trồng thủy sản đối với môi trường và lợi ích kinh tế tăng thêm từ việc giảm chi phí lọc và tạo ra thêm sinh khối giun nhiều tơ như một sản phẩm phụ. Đa số giun nhiều tơ là loài ăn cận bã hữu cơ, chúng có thể sử dụng cả thức ăn cho cá và phân cá trong chế độ ăn của chúng một cách hiệu quả. Trong các hệ thống này, với nhiều bậc dinh dưỡng khác nhau, chất thải của loài này lại là thức ăn của một loài khác. Một vài nghiên cứu đã chứng minh được tiềm năng của giun nhiều tơ trong sử dụng hiệu quả phân cá từ các ao nuôi thủy sản. Nghiên cứu của Honda and Kikuchi (2002) trên loài *Nereis diversicolor* nuôi trong bùn lấy từ khu vực nuôi lươn; nuôi *Nereis diversicolor* trong hệ thống tuần hoàn tuần hoàn với cá tráp (García-Alonso *et al.*, 2008); hay Palmer (2010) đã thành công khi nuôi hai loài *Perinereis nuntia* và *Perinereis helleri* trên nền cát và sử dụng nước thải từ ao nuôi tôm. Một nghiên cứu khác của nhóm tác giả Kinoshita *et al.*, (2008) cho thấy tập tính ăn mùn bã làm tăng khả năng tái sử dụng dinh dưỡng dư thừa trong hệ thống nuôi khi kết hợp giun nhiều tơ *Capitella capitata* với hào *Crassostera virginica* để xử lý sinh học các chất thải nuôi trồng thủy sản có nguồn gốc protein từ các ao nuôi và lồng bè.



Hình 7: Sự chuyển hóa dinh dưỡng, sinh khối thu được và tính giá trị kinh tế từ hệ thống nuôi cá bơn kết hợp giun nhiều tơ *Nereis* (Brown et al., 2011)

Về thành phần axit béo, giun nhiều tơ *N. diversicolor* nuôi bằng chất thải và giun tự nhiên tương đối giống nhau, đặc biệt chứa các axit béo 16: 0, 18: 1-9; 18: 2-6 và 20: 5 ω 3, EPA và DHA với liều lượng cao, ngoại trừ DHA không tìm thấy ở giun nhiều tơ có nguồn gốc tự nhiên (Brown et al., 2011). Nhóm tác giả Brown et al. (2011) cũng đã đề cập, giun nhiều tơ được cho ăn bằng thức ăn thừa từ hoạt động nuôi cá bơn lớn nhanh hơn giun nhiều tơ cho ăn bằng thức ăn dành cho cá bơn; trong đó thức ăn cá bơn có bổ sung 75% phân cá cho kết quả tốc độ tăng trưởng nhanh hơn là nghiệm thức thức ăn cá bơn 100% và nghiệm thức 50% thức ăn cá bơn - 50% phân cá. Mỗi 1 kg thức ăn cho cá bơn ăn tạo ra khoảng 0,3 kg bùn bao gồm phân và thức ăn thừa, lượng bùn này có thể tạo ra khoảng 0,11 kg sinh khối giun nhiều tơ với lợi nhuận tăng thêm khoảng 3,3 USD cho mỗi kg thức ăn cho cá được sử dụng (Hình 8).

Giun nhiều tơ đã được biết đến từ nhiều thế kỷ trước. Nhiều loài có giá trị đã được nghiên cứu và phát triển kỹ thuật nuôi để chủ động trong sản xuất và giảm phụ thuộc vào đánh bắt tự nhiên. Mặc dù nghề nuôi giun nhiều tơ vẫn chưa được phổ biến rộng rãi do khó khăn về kỹ thuật trong nuôi các loài này, nhưng không thể phủ nhận giá trị kinh tế và vai trò quan trọng của chúng trong nuôi trồng thủy sản. Đây là một trong những nguồn đạm và chất béo có thể được dùng để thay thế cho bột cá và dầu cá nhằm giảm áp lực cho việc đánh bắt các loài cá nhỏ như hiện nay. Bên cạnh đó, chúng còn là nguồn thức ăn tươi sống cho các loài tôm cá, đặc biệt là đối với sự thành thực của cá bơn và các loài tôm he có giá trị

kinh tế lớn hiện nay. Ngoài ra, chúng còn có thể là mắt xích quan trọng trong hệ thống nuôi trồng thủy sản kết hợp nhiều bậc thức ăn khác nhau với vai trò làm tăng hiệu quả sử dụng thức ăn, cải thiện môi trường, và là nguồn thu nhập tăng thêm cho người nuôi trong nuôi trồng thủy sản. Các yếu tố trên cho thấy sự cần thiết trong tập trung nghiên cứu về nhóm loài tiềm năng này để ứng dụng và tích hợp với hoạt động nuôi trồng thủy sản hiện nay ở Việt Nam và trên thế giới, từ đó đóng góp vào tính bền vững của hoạt động nuôi trồng thủy sản trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Allan, G.L., Parkinson, S., Booth, M.A., Stone, D.A., Rowland, S.J., Frances, J. and Warner-Smith, R., 2000. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture*, 186(3): 293-310.
- Andries, J.C., 2001. Endocrine and environmental control of reproduction in Polychaeta. *Canadian Journal of Zoology*, 79(2): 254-270.
- Australia museum, 2015. Vol. 4A. Polychaeta, Myzostomida, Pogonophora, Echiura, Sipuncula. CSIRO Publishing, Melbourne, 1-296
- Batista, F.M., Costa, P.F., Ramos, A., Passos, A.M., Ferreira, P.P. and da Fonseca, L.C., 2003. Production of the ragworm *Nereis diversicolor* (OF Muller, 1776), fed with a diet for gilthead seabream *Sparus auratus* L., 1758: survival, growth, feed utilization and oogenesis. *BOLETIN-INSTITUTO ESPANOL DE OCEANOGRAFIA*, 19(1/4): 447.
- Baynes, S.M., Howell, B.R. and Beard, T.W., 1993. A review of egg production by captive sole,

- Solea solea (L.). *Aquaculture Research*, 24(2): 171- 180. Bertotto, D., Barbaro, J., Francescon, A., Richard, J., Libertini, A. and Barbaro, A., 2006. Induced spawning in common sole (*Solea solea* L.). *Aquaculture Research*, 37(4): 423-427.
- Beesley, P.L., Ross, G.J. and Glasby, C.J. eds., 2000. *Polychaetes & allies: the southern synthesis* (Vol. 4). CSIRO publishing.
- Bischoff, A., 2007. Solid waste reduction of closed recirculated aquaculture systems by secondary culture of detritivorous organisms. PhD thesis, University of Kiel.
- Brett, M. and MÜLLER-NAVARRA, D.Ö.R.T.H.E., 1997. The role of highly unsaturated fatty acids in aquatic foodweb processes. *Freshwater Biology*, 38(3): 483-499.
- Brown, N., Eddy, S. and Plaud, S., 2011. Utilization of waste from a marine recirculating fish culture system as a feed source for the polychaete worm, *Nereis virens*. *Aquaculture*, 322: 177-183.
- Brusca, R. C. and Brusca, G. J., 2003. *Invertebrates* (2nd ed.). Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates. ISBN 978-0-87893-097-5.
- Cardinaletti, G., Mosconi, G., Salvatori, R., et al., 2009. Effect of dietary supplements of mussel and polychaetes on spawning performance of captive sole, *Solea solea* (Linnaeus, 1758). *Animal reproduction science*, 113(1): 167-176.
- Carvalho, S., Barata, M., Gaspar, M.B., Pousão-Ferreira, P. and da Fonseca, L.C., 2007. Enrichment of aquaculture earthen ponds with *Hediste diversicolor*: consequences for benthic dynamics and natural productivity. *Aquaculture*, 262(2): 227-236.
- Cát L. V., Nhung Đ. T. H., Cát N. N., 2006. *Nước nuôi thủy sản: Chất lượng và biện pháp cải thiện chất lượng*, Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- Cho, C.Y., Hynes, J.D., Wood, K.R. and Yoshida, H.K., 1994. Development of high-nutrient-dense, low-pollution diets and prediction of aquaculture wastes using biological approaches. *Aquaculture*, 124(1-4): 293-305.
- Delefosse, M., Kristensen, E., Crunelle, D., et al., 2015. Seeing the Unseen—Bioturbation in 4D: Tracing Bioirrigation in Marine Sediment Using Positron Emission Tomography and Computed Tomography. *PLoS ONE* 10(4): e0122201. doi:10.1371/journal.pone.0122201.
- Domergue, F., Abbadi, A. and Heinz, E., 2005. Relief for fish stocks: oceanic fatty acids in transgenic oilseeds. *Trends in plant science*, 10(3): 112-116.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016. *State of the world aquaculture*. FAO Fisheries Technical Paper. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy.
- Farrell, U.C. and Briggs, D.E., 2007. A pyritized polychaete from the Devonian of Ontario. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 274(1609): 499-504.
- Fauchald, K. 1977. The polychaete worms. Definitions and keys to the orders, families and genera.-*Nut. Hist. Mus. Los Angeles Cry Sci. Ser.* 28: 1-188.
- Fauchald, K. and Jumars, P.A., 1979. The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds (Vol. 17, pp. 193-284). Aberdeen University Press.
- García-Alonso, J., Müller, C.T. and Hardege, J.D., 2008. Influence of food regimes and seasonality on fatty acid composition in the ragworm. *Aquatic Biology*, 4(1): 7-13.
- Garwood, P.R. and Olive, P.J.W., 1982. The influence of photoperiod on oocyte growth and its role in the control of the reproductive cycle of the polychaete *Harmothoe imbricata* (L.). *International Journal of Invertebrate Reproduction*, 5(3): 161-165.
- Glasby, C.J. and Timm, T., 2008. Global diversity of polychaetes (Polychaeta; Annelida) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595(1): 107-115.
- Gokool Y., 2017. Phylum annelides, truy cập ngày 01/06/2018. Từ <https://www.slideshare.net/YuveenaGokool/phyllum-annelidespptx>.
- Halver, J. and Hardy, R. W., 2002. *Fish Nutrition*. Academic Press.
- Hardege, J.D., 1999. Nereidid polychaetes as model organisms for marine chemical ecology. In *Reproductive Strategies and Developmental Patterns in Annelids* (pp. 145-161). Springer Netherlands.
- Hardege, J.D., Bartels-Hardege, H., Müller, C.T. and Beckmann, M., 2004. Peptide pheromones in female *Nereis succinea*. *Peptides*, 25(9): 1517-1522.
- Heilskov, A.C., Alperin, M. and Holmer, M., 2006. Benthic fauna bio-irrigation effects on nutrient regeneration in fish farm sediments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 339(2): 204-225.
- Honda, H. and Kikuchi, K., 2002. Nitrogen budget of polychaete *Perinereis nuntia* vallata fed on the feces of Japanese flounder. *Fisheries Science*, 68(6): 1304-1308.
- Hutchings, P.A. and Hoegh-Guldberg, O., 2008. *The Great Barrier Reef: biology, environment and management* (Vol. 2). Csiro publishing.