

CHUYỂN HÓA NĂNG LƯỢNG-VẬT CHẤT CỦA QUÁ TRÌNH SẢN XUẤT SƠ CẤP VÀ SẢN LƯỢNG CÁ TRONG HỆ SINH THÁI BIỂN NHIỆT ĐỚI

NGUYỄN TÁC AN, VÕ DUY SƠN

Tóm tắt: Bài báo trình bày các vấn đề cơ bản liên quan đến sự chuyển hóa năng lượng-vật chất của quá trình sản xuất sơ cấp và sản lượng cá trong vùng biển nhiệt đới. Xem xét những vấn đề liên quan đến dòng năng lượng ở mức tự dưỡng, khả năng xây dựng mô hình năng suất sơ cấp tổng quát cho vùng Biển Đông Việt Nam và phụ cận. Thẩm định việc đánh giá bậc dinh dưỡng của cá biển dựa trên mô hình dòng carbon thực vật phù du-động vật nổi, mô hình Pauli Christensen, và các đánh giá bậc dinh dưỡng bằng mô hình Ecopath-Ecosim trong các vùng biển ven bờ Việt Nam.

I. CHUYỂN HÓA NĂNG TƯỢNG - CÁC ĐỊNH HƯỚNG NGHIÊN CỨU

Chuyển năng lượng là đặc trưng quan trọng của hệ sinh thái nhất là môi trường thủy sinh vật biển. Nhiều nỗ lực nghiên cứu sự chuyển năng lượng trong hệ sinh thái nhằm xác định trường cá đánh bắt và các yếu tố ảnh hưởng đến trường cá. Có hai khuynh hướng giải quyết vấn đề này:

a. Khuynh hướng xác định mối quan hệ giữa năng suất sơ cấp và sản lượng cá đánh bắt.

Năng suất sơ cấp là nguồn năng lượng sơ khởi trong biển, nó có mối quan hệ mật thiết với sản lượng cá biển đánh bắt thông qua mối liên hệ hiệu suất chuyển hóa năng lượng và bậc dinh dưỡng (Pauli-Christensen 1995). Hiệu suất chuyển năng lượng của dòng dinh dưỡng qua mỗi mức dinh dưỡng có vai trò quan trọng đối với sự tạo thành sinh khối trong một mức dinh dưỡng, là tỷ số giữa sinh khối hay năng lượng tạo thành của mức dinh dưỡng kế tiếp và trước đó (Lindeman, 1942). Theo quan điểm này có hai vấn đề cần xác định:

- Phần năng suất sơ cấp chuyển thành sinh khối cá nghĩa là phần năng suất tinh sau khi đã chi phí cho các hoạt động hô hấp, bài tiết của chính thực vật. Đây là công việc có nhiều khó khăn về mặt kỹ thuật, nhất là xác định sự hô hấp của phù du thực vật. Lý thuyết mô hình dòng năng lượng mức sản xuất sơ cấp-động vật ăn cỏ, phát triển theo hướng bài toán cân bằng dinh dưỡng với hàm mục tiêu chịu các ràng buộc về trao đổi chất, cho phép

xác định phần năng suất tinh chuyển thành sinh khối của các mức dinh dưỡng bên trên. Và có thể định tính được bậc dinh dưỡng cho cá đánh bắt.

- Bậc dinh dưỡng của cá đánh bắt và hiệu suất chuyển năng lượng từ thực vật phù du đến cá. Việc xác định các thông số này cũng chỉ ở mức tương đối dựa trên bậc dinh dưỡng ở những vùng biển phụ cận, hoặc theo giả thuyết Pauli-Christensen, và mô hình dòng năng lượng thực vật phù du-động vật nổi.

b. Khuynh hướng xác định cấu trúc và chức năng của chuỗi thức ăn bằng cách định giá sinh khối và dòng năng lượng.

Hướng này sử dụng khái niệm hiệu suất dinh dưỡng của hệ sinh thái. Đó là phần sản phẩm được sử dụng trong hệ sinh thái nghĩa là tỷ lệ giữa phần năng lượng bị đánh bắt, bị ăn thịt, do di chuyển vào-ra khỏi hệ, dùng để tăng sinh và tổng các phần năng lượng đó cùng với phần năng lượng mất do các sự chết khác (Christensen and Walter 2004), mô hình Ecopath-Ecosim là thành tựu của hướng nghiên cứu này. Để đạt được kết quả, mô hình đòi hỏi số liệu đầu vào tương đối đầy đủ, và ngay cả điều này được thỏa mãn thì hiệu suất chuyển năng lượng, vật chất được đồng hóa và tiêu hao cũng chỉ được định giá mang tính lý luận, và có thể mắc phải nhiều đánh giá sai lầm nếu thông tin đầu vào không được lượng giá chính xác (Christensen 2004).

Khuynh hướng xác định mối liên hệ giữa năng suất sơ cấp và sản lượng cá đánh bắt tuy không làm rõ cấu trúc dinh dưỡng của từng bậc nhưng đơn giản hơn về yêu cầu số liệu cũng như cho phép tiên liệu các thay đổi về trường cá thông qua phương tiện ảnh viễn thám. Và do vậy trọng tâm của việc nghiên sự chuyển năng lượng trong hệ sinh thái biển nhiệt đới là nghiên cứu đánh giá năng suất sơ cấp dựa trên các thông số về hàm lượng chlorophyll trung bình trong lớp quang hợp, bức xạ ngày có hoạt tính quang hợp ở bề mặt biển, hệ số suy giảm ánh sáng theo độ sâu, nhiệt độ nước trung bình trong lớp quang hợp...

Bài báo này trình bày một số vấn đề cơ bản theo hướng nghiên cứu chuyển hóa năng lượng thực vật phù du-cá bao gồm:

- Dòng năng lượng qua mức tự dưỡng:

Xác định phần năng suất có thể chuyển thành sinh khối phù du thực vật, và lên đến cá.

- Dòng năng lượng qua chuỗi thức ăn sơ cấp-động vật ăn cỏ:

Xác định dòng năng lượng xuất phát từ nguồn năng lượng sơ cấp lên đến động vật ăn cỏ. Qua đó có thể định tính được bậc dinh dưỡng của cá đánh bắt.

- Sự chuyển hoá năng lượng của phù du thực vật trong vùng biển nhiệt đới:

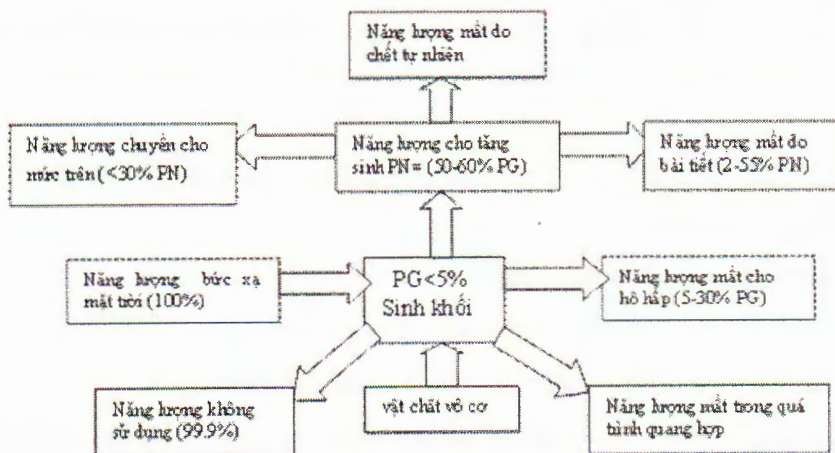
Xác định khả năng xây dựng mô hình năng suất-sinh khối thực vật, bức xạ để đánh giá năng suất sơ cấp trên qui mô tổng thể cho các vùng biển.

- Sự chuyển hóa năng lượng từ thực vật phù du đến cá:

Xem xét đánh giá bậc dinh dưỡng của cá đánh bắt ở vùng biển đông Việt Nam trên cơ sở các đánh giá bậc dinh dưỡng của cá đánh bắt trong vùng biển nhiệt đới, bậc dinh dưỡng của cá xuất phát từ dòng năng lượng sơ cấp-động vật nổi, và từ lý thuyết Pauli-Christensen.

II. DÒNG NĂNG LƯỢNG QUA MỨC TỰ DƯỠNG

Sự chuyển năng lượng chỉ xảy ra theo một hướng, năng lượng bức xạ mặt trời được thực vật phù du bắt và sử dụng để chuyển hóa thành năng lượng tăng sinh, năng lượng tiêu tán cho quá trình duy trì sinh khối, năng lượng mất cho quá trình bài tiết. Phần năng lượng tăng sinh sẽ được chuyển cho các thành phần sinh khối khác có mức dinh dưỡng cao hơn với năng lượng giảm dần. Phần năng lượng tiêu hao cho quá trình hô hấp và duy trì sinh khối bị mất đi dưới dạng nhiệt, và phần năng lượng chi phí cho quá trình bài tiết chính là lượng vật chất dễ bị phân rã bởi vi sinh vật. Sự chuyển hóa năng lượng ở mức phù du thực vật bị chi phối bởi nhiều yếu tố như tình trạng dinh dưỡng, tính chất thủy lý, tương tác sông biển, các độc chất do nhiễm bẩn..., và đặc biệt là ảnh hưởng của khí hậu mùa ở vùng nhiệt đới. Toàn bộ các ảnh hưởng này làm thay đổi về cấu trúc thành phần loài thực vật ưu thế trong thủy vực, các mức năng lượng bên trên bị giãn ra. Như vậy chuỗi chuyển hóa năng lượng bị dài nên sản phẩm cuối cùng như cá, mực... có sản lượng thấp hơn.



Hình 1: Mô hình khái niệm về chuyển hóa năng lượng ở mức tự dưỡng, PG:năng suất thô, PN: năng suất tinh.

Mô hình khái niệm quá trình tạo thành năng suất sơ cấp ở hình 1 cho thấy:

- Hiệu suất dinh dưỡng sinh thái trong trường hợp mức tự dưỡng chính là phần năng suất thô trừ đi hô hấp của thực vật và chết tự nhiên, có thể chiếm trên 50% năng suất thô.

- Hiệu suất chuyển năng lượng là phần năng suất thô trừ đi toàn bộ các chi phí của mức dinh dưỡng, và do đó chỉ ở cấp độ dưới 30% năng suất thô được chuyển cho các mức dinh dưỡng bên trên như động vật nổi kích thước bé và trung bình. Phần năng lượng mất qua con đường bài tiết có thể trên 30% năng suất thô và cũng từng đó năng lượng mất dưới dạng nhiệt.

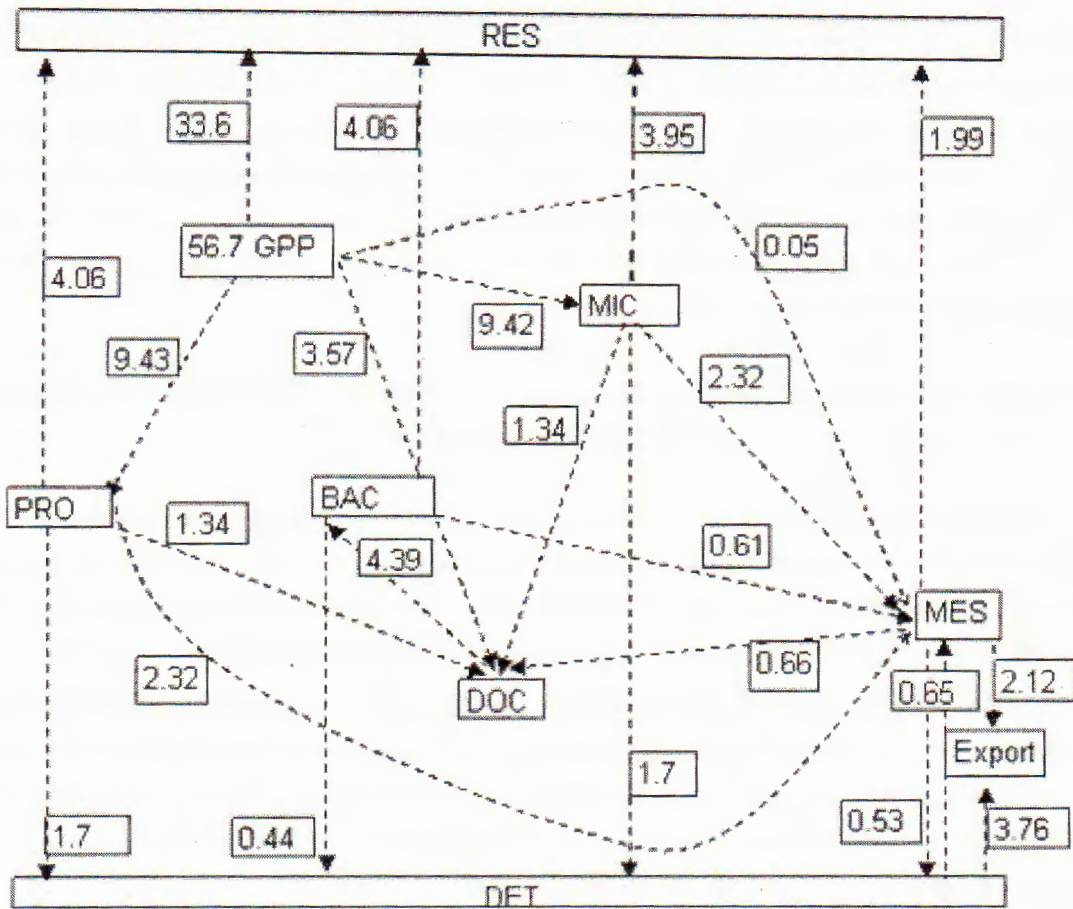
Trong thực tiễn chuyển hoá năng lượng ở mức cơ bản không chỉ là các hoạt động tự dưỡng. Một số các vi sinh vật dị dưỡng sử dụng nguồn năng lượng đầu vào là chất hữu cơ hòa tan cũng tạo ra một lượng vật chất hữu cơ, và được gọi là sức sản xuất sơ cấp. Nguồn thức ăn này có thể chiếm đến 20% tổng khẩu phần ăn của động vật ăn cỏ.

III. DÒNG NĂNG LƯỢNG SƠ CẤP-ĐỘNG VẬT NỔI

Sự chuyển dinh dưỡng rất phức tạp trong các hệ thống biển khác nhau, và do đó sự chuyển năng lượng đến cá có hiệu quả hay không liên quan đến cấu trúc dòng năng lượng giữa mức sản xuất sơ cấp và động vật ăn cỏ. Theo quan điểm cũ chuỗi thức ăn bao gồm: thức ăn cơ bản là tảo silic với sự phụ hoạ của tảo roi, động vật giáp xác ăn cỏ kích thước trung bình (chủ yếu copepod) thuộc mức dinh dưỡng thứ hai và cá ăn động vật nổi thuộc mức thứ ba. Tuy nhiên theo Ulrich Sommer và cộng sự (2002) thì điều này chỉ đúng với hệ thống vùng biển có nước trời, có đặc trưng mức dinh dưỡng thực vật cao, tỷ số Si/N và P cao. Thực vật phù du trong hệ thống biển nghèo dinh dưỡng chủ yếu là picoplankton có kích thước quá nhỏ cho sự ăn cỏ của copepod nên thực vật phù du có dòng năng lượng thông qua nguyên sinh động vật kích thước bé - kích thước lớn. Vì vậy động vật giáp xác ăn hai loại protozoa sẽ có mức dinh dưỡng cấp 3-4, và cá ăn động vật ăn cỏ chiếm mức 4-5. Những vị trí nuôi trồng phú dưỡng có N, P cao nhưng Si thấp nên thành phần loài của thực vật phù du ít tảo silic, và nhiều loài tảo khó ăn. Vì vậy dòng năng lượng chuyển hoá phát triển theo hướng chất hữu cơ hoà tan - vi sinh vật - nguyên sinh động vật kích thước bé - kích thước lớn. Trong trường hợp như vậy động vật giáp xác chiếm mức 4-5. Hiệu suất chuyển sinh thái cao nhất trong vùng nước trời, và ở mức thấp hơn đáng kể đối với vực nước nghèo dinh dưỡng, thủy vực nuôi trồng thủy sản phú dưỡng.

Mô hình dòng năng lượng sơ cấp-động vật phù du ở hòn Một vịnh Nha Trang vào tháng 4-2007 được trình bày trên hình 2. Năng suất sơ cấp thô của thực vật tính trung bình trong cột nước $56,7 \text{ mgC/m}^3 \cdot \text{ngày}$. Năng lượng này chuyển cho nguyên sinh động vật $9,43 \text{ mgC/m}^3 \cdot \text{ngày}$, động vật nổi kích thước bé $9,42 \text{ mgC/m}^3 \cdot \text{ngày}$ nhưng cho động vật phù du kích thước trung bình chỉ $0,05 \text{ mgC/m}^3 \cdot \text{ngày}$. Dòng vật chất từ nguyên sinh động vật, động vật nổi kích thước bé, vi sinh vật đến động vật phù du kích thước trung bình $2,32$; $2,32$; và $0,61 \text{ mgC/m}^3 \cdot \text{ngày}$ với tổng năng lượng $5,3 \text{ mgC/m}^3 \cdot \text{ngày}$. Tuy nhiên chỉ $2,78 \text{ mgC/m}^3 \cdot \text{ngày}$ là lượng năng suất cần thiết cho sự tạo sinh khối của động vật nổi kích thước trung bình.

Hiệu suất chuyển năng lượng từ bức xạ bề mặt biển sang năng suất thô $1,57\%$ nhưng hiệu suất chuyển hoá sang động vật nổi có kích thước trung bình chiếm $10,5\%$ năng suất thô. Và hiệu suất chuyển hoá dinh dưỡng của động vật phù du với nguồn thức ăn thực vật nổi là 21% nhưng hiệu suất chuyển năng lượng từ thực vật theo định nghĩa Linderman chỉ $11,48\%$ bao gồm phần trực tiếp từ thực vật, từ động vật kích thước bé, nguyên sinh động vật trừ hô hấp, phần đóng góp vào chất rắn và hữu cơ hòa tan. Và chỉ $10,37\%$ vật chất hữu cơ bao gồm động vật - chất rắn lơ lửng được cá sử dụng. Vi sinh vật dị dưỡng chiếm 11% lượng thức ăn trong khẩu phần của động vật nổi kích thước bé, và chiếm $20,5\%$ trong tổng dòng năng lượng sơ cấp đến động vật phù du kích thước trung bình. Dòng vật chất của nguyên sinh động vật, vi sinh vật dị dưỡng, động vật nổi kích thước bé và trung bình đóng góp vào chất rắn hữu cơ là $87,4 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{ngày}$. Lượng chất rắn được tái sử dụng làm nguồn thức ăn cho các mức dinh dưỡng bên trên $75,2 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{ngày}$. Như vậy lượng chất hữu cơ mất do sự lắng $12,2 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{ngày}$. Phần lớn nguồn năng lượng từ thực vật phù du đóng góp vào khoang hữu cơ hòa tan $71,4 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{ngày}$, và hầu như rất ít ở dạng chất rắn lơ lửng. Xét theo nguồn năng lượng xuất phát từ thực vật phù du thì có $7,71\%$ dòng vật chất của năng suất thô tồn tại dưới dạng chất rắn hữu cơ lơ lửng trong đó $1,1\%$ có khả năng lắng đọng, và $6,3\%$ dưới dạng hữu cơ hòa tan. Năng lượng mất cho sự thở trong cả dòng năng lượng chiếm $84,1\%$ năng suất thô.



Hình 2: Dòng năng lượng ở hòn Một vịnh Nha Trang ($\text{mgC}/\text{m}^3 \cdot \text{ngày}$) ở thí nghiệm 10/5/2007. GPP: năng suất thô; Pro: động vật nguyên sinh; Bac: vi sinh vật dị dưỡng; DOC: hữu cơ hoà tan; MIC: động vật nổi kích thước bé; MES: động vật nổi kích thước trung bình; DET: chất vẩn hữu cơ; RES: hô hấp; EXP: sản phẩm ra khỏi hệ.

Theo Nguyễn Cho (2004), vùng ven biển Nha Trang có mật độ động vật phù du trung bình $23 \text{ mg}/\text{m}^3$ vào tháng 3 và $50 \text{ mg}/\text{m}^3$ tháng 4-5. Nếu xem tỷ số carbon-trọng lượng tươi chủ yếu của Copepoda 0,05 thì hàm lượng carbon trung bình của động vật phù du vào tháng 3 $1,15 \text{ mgC}/\text{m}^3$, tháng 4-5 là $2,5 \text{ mgC}/\text{m}^3$. Thực vật phù du tại hòn Một vào tháng 4-5 có hàm lượng carbon trung bình $16,1 \text{ mgC}/\text{m}^3$ với tỷ lệ $\text{C}/\text{chl} = 35$. Theo đó hiệu suất chuyển năng lượng từ thực vật phù du lên động vật nổi tương ứng 7,14 và 15,53% tương đối trùng với kết quả của mô hình hình 2 được tính theo định nghĩa của Linderman. Bậc dinh dưỡng của động vật ăn cỏ trung bình là 2,5-2,8 nên bậc dinh dưỡng của cá có mức 3,5 hoặc cao hơn trong vùng nước nông và nuôi trồng thủy sản. Mô hình cho kết quả đánh giá tương tự các tổng kết của Ulrich Sommer. Theo mô hình Ecopath tính cho vịnh Thái Lan thì bậc dinh dưỡng của động vật nổi là 2, cá tạp-2,56, cá đuối-3,13 (Christensen, 1998).

Sự khác biệt giữa định chức năng của động vật nổi ở vịnh Thái Lan và hòn Một vịnh Nha Trang một phần do khác biệt về địa lý nhưng chủ yếu là do mô hình Ecopath-Ecosim xem xét sự tương tác trong hệ sinh thái không tính đến vai trò của vi sinh vật dị dưỡng, động vật nguyên sinh cũng như động vật ăn cỏ kích thước bé (hình 1). Vấn đề này có thể tìm thấy ở hầu hết các cấu trúc dinh dưỡng ứng dụng mô hình Ecopath-Ecosim cho nhiều vùng biển khác nhau trên Thế giới. Theo đó phù du thực vật chiếm bậc 1, động vật nổi (bao gồm ăn cỏ, ăn tạp..) chỉ ở mức 2-2,44.

IV. SỰ CHUYỂN HOÁ NĂNG LƯỢNG CỦA THỰC VẬT PHÙ DU TRONG VÙNG BIỂN NHIỆT ĐỚI

Như đã trình bày trên hình 2, hiệu suất chuyển hoá năng lượng bức xạ mặt trời sang năng suất sơ cấp có mức giới hạn trung bình không quá 5%. Tuy nhiên hiệu suất này thay đổi khá lớn ở các vùng từ cửa sông đến Đại dương trong vùng biển nhiệt đới và cận nhiệt đới. Nó phản ánh các tác động khác nhau đối với quá trình biến đổi năng lượng của hệ sinh thái.

Brian E. Cole và James E. Cloern (1987) cho rằng mỗi vùng sinh thái có một đặc trưng về mối quan hệ tuyến tính giữa năng suất sơ cấp tích phân (IP) và tích chlorophyll tích phân (IB) với năng lượng bức xạ bề mặt biển (E_T) hoặc tích chlorophyll trung bình trong vùng quang hợp (B_m) với độ sâu quang hợp (Z_e) và năng lượng bức xạ bề mặt biển như sau:

$$IP = a \cdot IB \cdot E_T + c = a \cdot B_m \cdot Z_e \cdot E_T + c$$

Phương trình trên có thể viết dưới dạng hiệu suất chuyển hóa năng lượng (Eff%):

$$Eff (\%) = IP/E_T = a \cdot IB + c/E_T$$

Hiệu suất chuyển hoá gia tăng làm gia tăng sinh khối vực nước nếu năng lượng bức xạ đủ lớn, và khi năng lượng bức xạ ngày quá thấp thì hiệu suất chuyển hoá ít phụ thuộc vào sinh khối thực vật. Hiên nhiên trong khoảng bức xạ đặc trưng nào đó của từng vùng thì a, c là hằng số.

Brian E. Cole và James E. Cloern (1987) cho rằng mọi giá trị đo đạc nằm bên trên đường hồi qui là do tác động của các nhân tố ngoại lai như sự tăng quá mức dinh dưỡng, nhiệt độ của hệ, hoặc các số liệu giảm bất thường dưới đường cong là do các yếu tố như sự giảm sút đáng kể về dinh dưỡng, tốc độ đồng hoá thấp không bình thường hoặc do độc tố.

Sự chuyển hoá năng lượng ở phù du thực vật trong vùng biển nhiệt đới và cận nhiệt đới thay đổi tương đối khác nhau.

- Vùng Biển Đông Trung Hoa có hiệu suất 0,36% với chỉ số sử dụng năng lượng $0,36 \text{ gC.gchla}^{-1} \cdot (\text{Enstein/m}^2)^{-1}$.

- Vùng ven bờ có độ sâu 0-200 m từ cửa sông chanjiang và phía Bắc đảo Đài Loan 3,02%; 0,25 gC.gchla⁻¹.(Enstein/m²)⁻¹.

- Vùng Biển Đông Việt Nam phần phía Bắc từ độ sâu 3.000m sang phía Philipine 0,57%; 0,20 gC.gchla⁻¹.(Enstein/m²)⁻¹.

- Vùng Nam Trung bộ và ven bờ 2,8%; 0,20 gC.gchla⁻¹.(Enstein/m²)⁻¹.

Sự khác biệt về hiệu suất chuyển hoá liên quan đến cấu trúc thành phần loài thực vật phù du trong đó hiệu suất thấp thường tương ứng vùng nước biển sâu với nano và picoplankton chiếm ưu thế. Các vực nước ven bờ có hiệu suất cao hơn và thông thường tảo silic ưu thế. Một vấn đề khá nổi bật là chỉ số sử dụng năng lượng giảm dần từ phần Biển Đông Trung Hoa đến phần Biển Đông Việt Nam, và tạo thành các vùng sinh học có chỉ số sử dụng năng lượng tương ứng 0,36 ; 0,25 ; 0,2 gC.gchla⁻¹.(Enstein/m²)⁻¹ tương tự như Forget và cộng sự (2007) đã tìm thấy có sự phân chia các vùng sinh học ở vùng biển ôn đới.

Bảng 1: Các đặc trưng năng suất sơ cấp vùng cửa sông, biển nhiệt đới và cận nhiệt đới

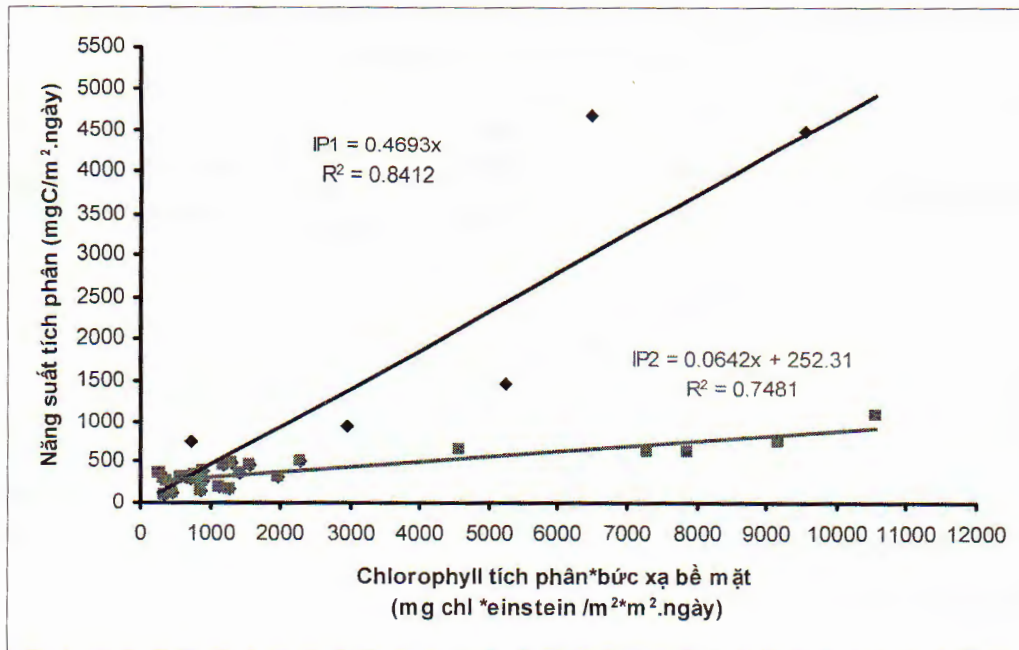
Vùng	IB	IP	IP/IB	ψ	Eff	E _T	Ze	K	T	S
Tây Bắc Biển Đông Trung Hoa (1)	14,60	266,00	1,52	0,71	1,70	25,80	1,50	3,09	12,39	31,22
	19,00	394,00	1,73	0,44	1,37	47,30	13,00	0,35	17,29	31,35
	36,90	939,00	2,12	0,32	1,94	79,70	3,00	1,66	24,83	28,51
	28,90	198,00	0,57	0,17	0,83	39,50	2,00	2,61	22,45	32,21
	12,90	108,00	0,70	0,30	0,65	27,60	1,00	4,98	15,58	31,55
Đông Nam Biển Đông Trung Hoa (1)	30,70	328,00	0,89	0,41	2,10	25,80	9,00	0,54	17,82	33,94
	27,70	492,00	1,48	0,38	1,72	47,30	21,00	0,22	18,88	34,28
	24,50	303,00	1,03	0,16	0,63	79,70	10,00	0,47	27,80	32,47
	39,40	458,00	0,97	0,29	1,91	39,50	5,00	0,90	24,62	33,99
	32,70	392,00	1,00	0,43	2,34	27,60	6,00	0,84	20,89	34,33
Chung cho Biển Đông Trung Hoa (1)	25,30	307,00	1,01	0,47	1,96	25,80	3,00	1,39	16,01	33,03
	24,80	459,00	1,54	0,39	1,60	47,30	18,00	0,26	18,35	33,30
	28,60	515,00	1,50	0,23	1,07	79,70	5,00	0,87	26,81	31,15
	35,90	371,00	0,86	0,26	1,55	39,50	3,00	1,47	23,90	33,40
	26,10	297,00	0,95	0,41	1,78	27,60	2,00	2,22	19,12	33,40
Ven bờ biển Trung Hoa Độ sâu 0-200m từ cửa sông Chanjiang và Bắc Đài Loan (2)	80,00	4500,00	4,69	0,47	6,22	119,40	13,00	0,36	24,45	27,10
	48,98	1470,00	2,50	0,28	2,28	106,60	13,00	0,36	22,78	28,34
	68,79	4710,00	5,71	0,73	8,25	94,20	10,00	0,46	26,41	30,07
	82,34	640,00	0,65	0,08	1,11	95,50	27,00	0,17	24,50	27,40
	87,09	620,00	0,59	0,08	1,22	83,80	77,00	0,06	27,44	32,52
	85,13	740,00	0,72	0,08	1,13	107,70	66,00	0,07	27,13	31,45
	114,53	1100,00	0,80	0,10	1,97	92,10	61,00	0,08	28,34	33,77
	81,82	660,00	0,67	0,14	1,95	55,90	84,00	0,06	27,77	33,28

Biển Đông 3/2000	17,86	180,00	0,84	0,14	0,42	71,40	102,00	0,05	25,48	33,40
Kinh độ 115,5-120	17,18	260,00	1,26	0,29	0,83	51,50	102,00	0,05	24,45	34,01
Vĩ độ 18,2 (2)	16,30	150,00	0,77	0,17	0,47	53,20	85,00	0,06	27,34	33,38
Hòn một-Nha Trang (3) 5-2007	7,00	358,00	4,26	0,94	1,58	37,50	20,00	0,13	27,73	34,04
Nam Trung bộ 7-2003 (3)	33,50	740,00	1,84	0,33	5,62	21,73	64,42	0,17		
Nam Trung bộ 7-2004 (3)	30,17	320,00	0,88	0,35	2,80	18,83	54,85	0,20		
Nam Trung bộ 4-2004 (3)	23,84	110,00	0,38	0,08	0,93	19,56	68,10	0,16		
Nam Trung bộ 5-2004 (3)	15,43	360,00	1,94	0,46	3,08	19,30	35,89	0,31		

IB (mg/m²), IP (mgC/m².ngày), ψ (gC.gchl⁻¹.(Enstein/m²)⁻¹): chỉ số sử dụng bức xạ mặt trời, Eff (%): hiệu suất sử dụng bức xạ mặt trời, Z_e(m): Độ sâu quang hợp, k(1/m): hệ số suy giảm ánh sáng, T,S: nhiệt độ, độ muối, (1): Gwo-Ching Gong và cộng sự -2003, (2): Yuh-Ling Lee Chen 2004, (3): Võ Duy Sơn 2005-VG.

Ở qui mô vùng, năng suất tích phân của cột nước IP1 gia tăng cao nhất khi sinh khối tích phân dưới 80 mg chl_a/m². Trong trường hợp này một lượng lớn sản phẩm quang hợp bị mất dưới dạng nhiệt nhưng phần lớn là dưới dạng các chất hữu cơ bài tiết dễ phân rã. Điều này làm cho mạch dinh dưỡng bị thay đổi, bậc dinh dưỡng của các sinh vật bên trên sẽ cao hơn, và động vật ăn tạp chiếm ưu thế do nguồn chất vẫn hữu cơ cao. Trường hợp thứ hai năng suất tích phân cột nước IP2 gia tăng yếu so với sự gia tăng cả về sinh khối của phù du thực vật lẫn năng lượng bức xạ mặt trời. Mức năng suất này dưới 1200 mgC/m².ngày, và có sự tích lũy cao sinh khối trong cột nước đối với những vực nước có mức dinh dưỡng trung bình-cao. Nếu không có nguồn chất hữu cơ xâm nhập từ bên ngoài vào hệ thì mạch dinh dưỡng sẽ trở nên ngắn hơn. Trường hợp vực nước nghèo dinh dưỡng, năng suất sơ cấp dưới 252 mgC/m².ngày thì sự phụ thuộc vào sinh khối và năng lượng bức xạ là không rõ ràng (hình 3).

Các phân tích sự chuyển hoá năng lượng của phù du thực vật trong vùng biển nhiệt đới chỉ ra rằng có thể xây dựng mô hình đánh giá năng suất sơ cấp tinh dựa trên mối liên hệ giữa năng suất, sinh khối thực vật phù du và bức xạ năng lượng mặt trời ở bề mặt biển cho từng vùng biển khác nhau. Mô hình tương quan tuyến tính đã đề cập ở trên chỉ có thể áp dụng cho vùng Biển Đông Việt Nam và các vùng biển lân cận khác nếu thủy vực nằm trong giai đoạn xuất hiện nước trôi. Tuy nhiên cần lưu ý là các đánh giá như vậy mang tính qui mô không gian rộng.



Hình 3: Mối liên hệ năng suất sơ cấp, chlorophyll và bức xạ ngày ở bề mặt biển.

V. CHUYỂN HOÁ NĂNG LƯỢNG TỪ THỰC VẬT PHÙ DU ĐẾN CÁ

Năng suất sơ cấp tinh có mối quan hệ với sản lượng cá đánh bắt thông qua hiệu suất chuyển sinh thái ET, bậc dinh dưỡng TL theo công thức Pauli và Christensen (1995) trong đó hiệu suất chuyển giữa các bậc được giả thiết 10% và định trọng số là 8%.

$$NF = NP * ET^{TL-1}$$

Trên qui mô toàn cầu, Pauli và Christensen đã xác định bậc dinh dưỡng cho các hệ sinh thái khác nhau như ở bảng 2. Theo đó bậc dinh dưỡng của cá trong vùng nước trời 2,8 nhưng đối với các thềm biển vùng nhiệt đới, không nhiệt đới 3,3-3,5. Các đầm, vịnh trong vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới có mức dinh dưỡng cao nhất 3,6 và hiệu suất chuyển dinh dưỡng dưới 13% (bảng 3).

Hiệu suất chuyển dinh dưỡng cho từng mức dinh dưỡng dưới bậc 4 không quá 12% trong vùng nhiệt đới, trung bình hình học 9,82% khá trùng với giả thiết của Pauli và Christensen (1995). Hiệu suất này cũng đúng với vùng cận nhiệt đới nhưng mức 2 có hiệu suất chuyển dinh dưỡng thay đổi khá lớn lên đến 19,5%. Vùng ôn đới có hiệu suất thấp hơn, trung bình 7% ở mức 2 và có thể lên đến 13%.

Bảng 2: Đánh giá toàn cầu năng suất sơ cấp, mức dinh dưỡng trung bình cho các hệ sinh thái khác nhau (Pauli và Christensen, 1995).

Loại hệ sinh thái	Diện tích	IP	sản lượng đánh bắt	Phần không tiêu thụ	bậc dinh dưỡng	độ tin cậy
	10^6km^2	$\text{gC/m}^2 \cdot \text{năm}$	$\text{g/m}^2 \cdot \text{năm}$	$\text{g/m}^2 \cdot \text{năm}$		95%
Đại dương mở	332	103	0,01	0,002	4	1,3-2,7
Nước trôi	0,8	973	22,2	3,36	2,8	17,8-47,9
Thềm biển nhiệt đới	8,6	310	2,2	0,671	3,,3	16,1-48,8
Thềm biển không nhiệt đới	18,4	310	1,6	0,706	3,,5	19,2-85,5
Hệ thống rạn và ven bờ	2	890	8	2,51	2,5	5,4-19,8
Sông và hồ	2	290	4,3	Kxd	3	11,3-62,9
Trung bình định trọng số	363,8	126	0,26	0,07	2,8	6,3-14,4

Bảng 3: Các tham số chuyển dinh dưỡng vùng đầm, vịnh nhiệt đới trao đổi nước kém (nguồn:Hsing-Juh Lin và cộng sự, 2006).

Vị trí	Tổng năng suất tinh ($\text{gtươi/m}^2 \cdot \text{năm}$)	Mức dinh dưỡng trung bình của cá	Tổng đánh bắt ($\text{gtươi/m}^2 \cdot \text{năm}$)	Hiệu suất chuyển dinh dưỡng trung bình hình học
Vịnh Tapong Bay	15.280	2,05	119	5,5
Đầm Chiku	50.600	3,4	890	12
Đầm Terminos	14.912	3,6	6,48	7
Đầm Tampamachoco	1953	3,08	16,9	13
Đầm Celestun	15.550	3,57	0,26	9,6
Đầm Huizache -Caimanero	3816	2,5	7,4	8,3
Biển Bo Hai	908,05		23,09	
Vịnh Kuosheng	6710	3,32		
Vịnh Tongoy	7125	3,63		
Mức dinh dưỡng cao nhất của cá ăn tạp		3,2		

Vùng nhiệt đới có hiệu suất chuyển dinh dưỡng trung bình xấp xỉ 10% nhưng với từng vùng địa lý có sự khác biệt rất lớn ở từng mức dinh dưỡng, như mức 2 tăng đến 15-23%, mức 3: 12-17%, mức 4: 16-18%. Theo khái niệm hiệu suất chuyển hóa năng lượng của Lindeman thì hiệu suất chuyển năng lượng trong mô hình dòng carbon (hình 2) lên đến động vật nổi là 11, 28% với bậc dinh dưỡng trung bình 2,5, và mỗi ngày động vật nổi tăng sinh 1,99 mgC/m³.ngày. Nếu theo khái niệm chuyển dinh dưỡng của Pauli-christensen giá trị này là 1,89 mgC/m³.ngày. Các kết quả này chỉ ra mô hình Pauli-christensen cho kết quả tốt trong vùng biển nông và vùng biển chịu tác động của nuôi trồng thủy sản.

Vùng Biển Đông Việt Nam với diện tích khai thác cá biển 226.000 km², khả năng đánh bắt 1.700.000 tấn/năm tương ứng 7,5 g tươi/m².năm (MoFi, 2006). Theo mô hình Pauli-christensen (1995) thì bậc dinh dưỡng trong vùng nước trời 3,6 lớn hơn thống kê 2,8 (bảng 3). Các nghiên cứu ở vịnh Thái Lan cho kết quả về bậc dinh dưỡng cá tạp-2,56; cá đuối-3,13 (Christensen, 1998). Ở vịnh Lingayan-Philippines thì nhóm cá nhỏ biển khơi có bậc 3,6, nhóm ăn thịt trung gian là 3,8, và cá nhồng 4,4 (Liana Talaue-McManus và cộng sự).

Như vậy có thể thấy mô hình dòng năng lượng qua các mức thực vật-động vật nổi, mô hình Pauli-Christensen, các số liệu trong vùng biển nhiệt đới và xung quanh Biển Đông Việt Nam khẳng định bậc dinh dưỡng của cá đánh bắt trong vùng này có bậc 3,5, hiệu suất chuyển dinh dưỡng 8-10%

Bảng 4: So sánh năng suất tinh, hiệu suất chuyển dinh dưỡng cho mỗi mức và trung bình hình học (Hsing-Juh Lin và cộng sự, 2004)

Vị trí nghiên cứu	Khí hậu	Năng suất tinh (gWW/m ² n ăm)	Mức	Mức	Mức	Mức	Trung bình hình học (II-V)
			II	III	IV	V	
			(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Đầm Chiku (Lin et al., 2001)	Nhiệt đới	50.600	15	7,7	7,8	2,8	12
Đầm Terminos (Manickchand- Heileman et al., 1998)	Nhiệt đới	11.754	6,7	6,9	7,4	6,8	7
Đầm Takapoto Atoll (Niquil et al., 1999)	Nhiệt đới	4.254	23	12	16	NA	17
Great Barrier Reef (Johnson et al., 1995)	Nhiệt đới	97.163	5,7	17	18	0,5	5,4

Tiahura Reefa (Arias-Gonzalez et al., 1997)	Nhiệt đới	17.650	8,7	9,2	9	4,8	7,7
Trung bình	Nhiệt đới		11,82	10,5 6	11,6 4	3,73	9,82
Tongoy Bay (Wolff, 1994)	Cận nhiệt đới	7.125	14	11	14	14	14
Vịnh Kuosheng Bay	Cận nhiệt đới	6.710	25	2,7	4,1	8,8	6,5
Trung bình	Cận nhiệt đới		19,5	6,85	9,05	11,4	10,25
Sundays Beach (Heymans and McLachlan, 1996)	Ôn đới	10.556	24	10	7	11	12
Vùng cửa sông Ythan (Baird and Ulanowicz, 1993)	Ôn đới	12.000	6,4	2,4	3,2	5,6	3,7
Vùng cửa sông Swartkops (Baird and Ulanowicz, 1993)	Ôn đới	12.652	3,5	8,3	0,8	1,1	2,8
Vùng cửa sông Kromme (Baird and Ulanowicz, 1993)	Ôn đới	16.046	1,7	7,1	3,2	7,1	3,4
Vùng cửa sông Ems (Baird and Ulanowicz, 1993)	Ôn đới	1.409	17	7	3,3	NA	7,4
Vịnh Chesapeake (Wulff and Ulanowicz, 1989)	Ôn đới	17.436	18	7,2	7	1,2	5,7
Biển Baltic Sea (Wulff and Ulanowicz, 1989)	Ôn đới	8.594	19	20	5,9	14	13
Trung bình	Ôn đới		13	9	4	7	7

VI. CÁC VẤN ĐỀ CHÍNH VỀ CHUYỂN HÓA NĂNG LƯỢNG VÀ VẬT CHẤT CỦA QUÁ TRÌNH SẢN XUẤT SƠ CẤP TRONG HỆ SINH THÁI BIỂN NHIỆT ĐỚI

Các vấn đề trình bày ở trên cho thấy để có thể đánh giá chuẩn xác trường cá biển cần nghiên cứu sự chuyển hoá năng lượng ở thực vật biển. Trong đó trọng tâm là xây dựng mô hình năng suất tinh tương ứng với sự tạo thành sinh khối trung bình của thực vật trong lớp quang hợp. Và điều này có thể thực hiện dựa trên mô hình mối liên hệ giữa năng suất tích phân của cột nước với năng lượng bức xạ ngày ở bề mặt biển, hệ số suy giảm ánh sáng trong cột nước hoặc độ sâu quang hợp. Tuy nhiên cần phải xác định rõ ràng năng suất đo đạc phải thực sự là năng suất tinh nghĩa là phần năng lượng thô trừ đi các chi phí cho quá trình quang hợp như hô hấp và bài tiết, hay nói cách khác phần năng suất còn lại chỉ để dùng cho tăng trưởng và các loại tiêu hao khác trong hệ sinh thái. Đây cũng là vấn đề thường bắt gặp trong các mô hình nghiên cứu cấu trúc và định chức năng các bậc dinh dưỡng với thông số đầu vào không thống nhất như năng suất sơ cấp tinh, năng suất tinh tổng số. Và hệ quả là bậc dinh dưỡng và hiệu suất của cá đánh bắt thay đổi rất lớn ngay cả trong một vùng nghiên cứu như phần Biển Đông Trung Hoa.

Một vấn đề nữa là cần xây dựng mô hình dòng năng lượng ở mức sản xuất sơ cấp và động vật nổi làm cơ sở cho việc đánh giá bậc dinh dưỡng của cá cho các vùng, các mùa khác nhau trong dải ven bờ và Biển Đông Việt Nam.

Trên cơ sở các số liệu đầu ra của các mô hình như vậy sản lượng cá có thể xác định theo công thức đơn giản của Pauli-Christensen.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Brian E. Cole & James E. Cloern, 1987.** An empirical model for estimating phytoplankton productivity in estuaries. Mar. Ecol. Prog. Ser. 36: 299-305.
2. **Christensen, V. 1998.** Fishery-induced changes in a marine ecosystem: insight from models of the Gulf of Thailand. Journal of Fisheries Biology 53 : 128 - 1422.
3. **Christensen.V, Walters. Carl J, 2004.** Ecopath with Ecosim: methods, capabilities and limitations. Ecological Modelling 172 : 109-139.
4. **Donald Scavia, 1988.** On the role of bacteria in secondary production. Limnol. Oceanogr., 33(5):1220-1224.
5. **Evelyn Sherr, Barry Sherr, 1988.** Role of microbes in pelagic food webs: A revised concept. Limnol. Oceanogr., 33(5): 1225-1227.
6. **George A. Jackson, 2003.** Simple inverse software (gjackson@tamu.edu).

7. **George T.F. Wong, Jota Kanda, 2001.** New production in the East China Sea, comparison between well-mixed winter and stratified summer conditions. *Continental Shelf Research* 21, 751-764
8. **Gwo-Ching Gong, Fuh-Kwo Shiah, Kon-Kee Liu, Yun-Ho Wen, Ming-Hsin Liang, 2000.** Spatial and temporal variation of chlorophyll a, primary productivity and chemical hydrography in the southern East China Sea. *Continental Shelf Research* 20, 411-436
9. **Hsing-Juh Lin, Kwang-Tsao Shao, Jiang-Shiou Hwang, Wen-Tseng Lo, I-Jiunn Cheng, and Lih-Huwa Lee, 2004.** A trophic model for kuosheng bay in northern taiwan. *J. Marine Science and Technology*, 12(5), 424-432.
10. **Hsing-Juh Lin, Xiao-Xun Dai, Kwang-Tsao Shao, Hwei-Meei Su, Wen-Tseng Lo, Hwey-Lian Hsieh, Lee-Shing Fang, Jia-Jang Hung, 2006.** *Marine Environmental Research* 62, 61-82.
11. **[Http://www.MoFi.org.vn](http://www.MoFi.org.vn)**
12. **John L. Wylie and David J. Currie 1991.** The relative importance of bacteria and algae as food sources for crustacean- zooplankton. *Limnol. Oceanogr*, 36(4), 708-728.
13. **Liana Talaue-McManus, Wilfredo Licuanan, Leah Asuncion, Kathleen Silvano, Merliza Bonga and Charisma de Castro, 1** Primary production and fisheries in Lingayen Gulf, northern Philippines: biological oceanography component. SARCS/WOTRO/LOICZ report, Philippines -appendix G.
14. **Nguyễn Cho, 2004.** Động vật phù du vịnh Nha Trang. *Tuyển Tập Nghiên Cứu Biển*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, trang 99-107.
15. **Raymond L. Lindeman, 1942.** The Trophic-Dynamic Aspect of Ecology. *Ecology*, Vol. 23, No. 4. (Oct., 1942), pp. 399-417.
16. **Odum.H.T, Baalsrud.K, Eugence Cronin.L, Flemer.David A, Pomeroy.L.R.** Energy transfer, part IV. In *Pollution and marine ecology* edited by Theodore A.olson and Fredrick J.Burgess, 1967. Interscience publishers, a division of John & Sons, Newyork-London-Sydney.
17. **Pauli.D; Christensen.V, 1995.** Primary production required to sustain global fisheries. *Nature*, 3, 255-2577
18. **Võ Duy Sơn, 2005.** Báo cáo năng suất sơ cấp vùng biển ven bờ và thềm lục địa Khánh Hoà – Bình Thuận, chương trình hợp tác Việt Nam - Đức, 2003-2005.
19. **T.Hama, K.H.Shin and N.Handa, 1997.** Spatial Variability in the Primary Productivity in the East China Sea and Its Adjacent Waters. *J.Oceanography*, 53, 41- 51.

20. **Tammi L. Richardson, George A. Jackson, Hugh W. Ducklow, Michael R. Roman, 2004.** Carbon fluxes through foodwebs of the eastern equatorial Pacific: an inverse approach. *Deep-Sea Research I* 51, 1245–1274
21. **Tong Ling, Tang Qisheng, and Pauli.D, 2000.** A preliminary approach on mass-balance Ecopath model of Bohai sea. *Chinese journal of applied ecology*, 11(3): 435-440.
22. **Ulrich Sommer, Herwig Stibor, Alexis Katechakis, Frank Sommer, Thomas Hansen, 2002.** Pelagic food web configurations at different levels of nutrient richness and their implications for the ratio fish production:primary production. *Hydrobiologia* 484, 11–20.
23. **Yuh-ling Lee Chen, Houng-Yung Chen, 2006.** Seasonal dynamics of primary and new production in the northern South China Sea: The significance of river discharge and nutrient advection. *Deep-Sea Research I* 53, 971–986
24. **Yuh-ling Lee Chen, Houng-Yung Chen, David M. Karl, Masayuki Takahashi, 2004.** Nitrogen modulates phytoplankton growth in spring in the South China Sea. *Continental Shelf Research* 24. 527–541.
25. **Yuh-ling Lee Chen, Houng-Yung Chen, Wen-Huei Lee, Chin-Chang Hung, George T.F. Wong, Jota Kanda, 2001.** New production in the East China Sea, comparison between well-mixed winter and stratified summer conditions. *Continental Shelf Research* 21, 751–764

THE ENERGY TRANSFER BETWEEN PRIMARY PRODUCTION AND FISH YIELD IN THE TROPICAL REGION

NGUYEN TAC AN, VO DUY SON

Summary: Some basic issues on the energy transfer between primary production and fish yield in the tropical region were mentioned. In which some remarks on energy flow of autotrophic level, primary production-meso zooplankton, and the ability to construct a general model for the East Sea of Vietnam with simple parameters were discussed. Carbon flow, Pauli Christensen, and Ecopath-Ecosim model were used to verify the trophic level of fish in the coastal zone of Vietnam.

Ngày nhận bài: 08 - 10 - 2007

Địa chỉ: Viện Hải dương học

Người nhận xét: TS. Lê Đình Màu