

VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM  
VIỆN ĐỊA CHẤT VÀ ĐỊA VẬT LÝ BIỂN



CÁC CÔNG TRÌNH NGHIÊN CỨU  
ĐỊA CHẤT VÀ ĐỊA VẬT LÝ BIỂN  
TẬP XII

ISSN 1859 - 3070



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ  
HÀ NỘI - 2011

## MỤC LỤC

	Trang
1. <b>Phùng Văn Phách.</b> Về cấu trúc kiến tạo của bờ Bắc và bờ Nam trũng sâu Biển Đông.	13
2. <b>Trần Nghi, Đinh Xuân Thành, Nguyễn Đình Thái, Giáp Thị Kim Chi, Nguyễn Thị Tuyết Nhung, Nguyễn Đức Thành, Nguyễn Thị Thủy Tiên.</b> Tốc độ dâng cao và hạ thấp mực nước biển từ 8000 năm đến nay trên lãnh thổ Việt Nam.	27
3. <b>Nguyễn Ngọc.</b> Sinh tương trầm tích đáy vùng biển Bình Thuận - Cà Mau theo động vật Trùng lỗ (Foraminifera).	43
4. <b>Nguyễn Như Trung, Bùi Văn Nam.</b> Trường địa từ tham chiếu quốc tế phiên bản IGRF11 và trường địa từ bình thường khu vực Biển Đông.	56
5. <b>Nguyễn Tiến Hải, Hoàng Văn Vượng, Trần Văn Khá.</b> Một vài kết quả sử dụng radar xuyên đất đánh giá nguy cơ sụt lún đất dọc tuyến đường Hồ Chí Minh thuộc tỉnh Hà Tĩnh.	62
6. <b>Hoàng Văn Vượng, Trần Văn Khá.</b> Hiệu quả của phương pháp phân tích tương quan trong nghiên cứu bề dày trầm tích khu vực Trũng sâu Biển Đông và kế cận.	70
7. <b>Phùng Văn Phách, Phạm Tuấn Huy, Lê Đức Anh, Nguyễn Quang Minh.</b> Đặc điểm cấu trúc kiến tạo và địa động lực khu vực Côn Đảo và phụ cận.	80
8. <b>Nguyễn Thị Thu Hương, Phùng Văn Phách</b> Đặc trưng cấu trúc vỏ Trái Đất khu vực bể Tư Chính - Vũng Mây theo phân tích số liệu trọng lực vệ tinh.	96
9. <b>Nguyễn Trung Thành, Phạm Quốc Hiệp, Vũ Thị Thu Anh, Lê Đức Anh, Văn Thùy Linh.</b> Đặc điểm khoáng vật và địa hóa trầm tích bề mặt khu vực ven bờ đồng bằng sông Cửu Long và thềm lục địa kế cận.	104
10. <b>Dương Quốc Hưng, Bùi Nhị Thanh, Nguyễn Kim Thanh, Nguyễn Văn Điệp.</b> Đặc điểm địa chất tầng nông khu vực ngập nước đảo Trường Sa theo tài liệu địa chấn nông phân giải cao.	115

11. **Đỗ Huy Cường, Nguyễn Đức thành, Bùi Thị Bảo Anh, Nguyễn Thị Nhân, Nguyễn Xuân Tùng, Vũ Thị Thư.** Hiệu chỉnh phổ bức xạ trong phân tích SST và Chlorophyll-a theo số liệu ảnh vệ tinh. 122
12. **Phí Trường Thành, Trần Tuấn Dũng.** Ảnh hưởng của độ phân giải ảnh số đến kết quả đo khe nứt bằng ứng dụng phương pháp trắc đạc ảnh. 131
13. **Phí Trường Thành, Phùng Văn Phách.** Số hóa hệ thống thu thập và xử lý số liệu khe nứt. 139
14. **Nguyễn Hồng Lâm, Phạm Thị Thúy, Trần Hoàng Yến.** Xây dựng cơ sở dữ liệu thông tin điều tra khảo sát tài nguyên môi trường biển - Viện Địa chất và Địa vật lý biển - Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam. 148
15. **Lê Đình Nam, Nguyễn Thế Tiệp, Trần Xuân Lợi, Trần Hoàng Yến, Vũ Lê Phương, Vũ Hải Đăng.** Bước đầu ứng dụng phương pháp Sonar quét sườn xây dựng sơ đồ phân bố trầm tích bề mặt khu vực quần đảo Cô Tô. 161
16. **Phí Trường Thành, Phùng Văn Phách, Nguyễn Quốc Phi.** Xác định kích thước vật thể chuyển động bằng ảnh số thông qua phương trình hồi qui. 171
17. **Nguyễn Thị Nhân, Đỗ Huy Cường, Nguyễn Đức Thành, Bùi Thị Bảo Anh.** Một vài đặc trưng về môi trường nước dưới đất khu vực ven biển Ninh Thuận. 178
18. **Nguyễn Kim Dũng, Đào Thị Hà, Trần Văn Khá.** Phương pháp giải bài toán ngược 2D xác định độ sâu móng trầm tích bằng mô hình khối đa giác. 188
19. **Trịnh Hoài Thu, Trần Anh Tuấn, Phạm Việt Hồng.** Đánh giá mức độ ô nhiễm môi trường các huyện ven biển khu vực Thái Bình bằng công nghệ viễn thám & GIS. 196
20. **Trần Anh Tuấn, Lê Đình Nam.** Nghiên cứu ảnh hưởng mực nước biển dâng do biến đổi khí hậu toàn cầu tại khu vực quần đảo Trường Sa. 206
21. **Nguyễn Văn Điệp.** Ứng dụng phần mềm GM - SYS phân tích tài liệu thăm dò từ tại khu vực thềm lục địa Đông Nam Việt Nam. 214

22. Nguyễn Ngọc Tiến, Nguyễn Hồng Lâm, Nguyễn Hữu Cường, Nguyễn Kim Cát, Vũ Hải Đăng, Nguyễn Thế Luân, Đỗ Ngọc Thực. Đánh giá năng suất sinh học sơ cấp vùng biển vịnh Bắc Bộ. 221
23. Phạm Thị Lan Hương, Lê Ngọc Anh, Đỗ Thị Sơn. Xác định hàm lượng sắt trong các đối tượng mẫu bằng phương pháp trắc quang. 233
24. Vũ Thị Phương Thảo, Lê Quốc Hưng. Nghiên cứu về khả năng làm sạch nước nhiễm các hợp chất ni tơ của bèo tấm tím (*Spirodela polyrhiza*) bằng mô hình động lực tăng trưởng toán học. 241
25. Nguyễn Thị Bích Ngọc, Phạm Hồng Cường, Lê Trâm, Nguyễn Thùy Linh. Xây dựng CSDL bản đồ trên ArcGIS nhằm phục vụ quản lý và tra cứu dữ liệu khoa học công nghệ biển. 258
26. Phùng Văn Phách. Về Hội thảo Khoa học về Biển Đông do GRI tổ chức tại Paris (ngày 11-12/02/2011). 265
27. Nguyễn Như Trung. Thông tin về Hội nghị Khoa học và Công nghệ biển toàn quốc lần thứ V. 269
28. Nguyễn Thị Việt Anh, Phạm Thị Thúy. Thu thập thông tin về “Hoàng triều trực tỉnh địa dư toàn đồ”, một chứng cứ pháp lý quan trọng góp phần bảo vệ chủ quyền của Việt Nam. 272

# NGHIÊN CỨU VỀ KHẢ NĂNG LÀM SẠCH NƯỚC NHIỄM CÁC HỢP CHẤT NITƠ CỦA BÈO TẮM TÍM (SPIRODELA POLYRHIZA) BẰNG MÔ HÌNH ĐỘNG LỰC TĂNG TRƯỞNG TOÁN HỌC

Vũ Thị Phương Thảo<sup>(1)</sup>, Lê Quốc Hưng<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Trường Đại học Mỏ - Địa chất

<sup>(2)</sup> Trung tâm Viễn thám quốc gia

## TÓM TẮT

Sử dụng thực vật để làm sạch nước thải đã và đang được xem như phương pháp hữu hiệu thay thế cho những phương pháp hóa lý truyền thống bởi rất nhiều điểm ưu việt của nó. Nghiên cứu này nghiên cứu về khả năng làm sạch nước thải có nồng độ amoni cao và những yếu tố ảnh hưởng đến sự hấp thu amoni cũng như những yếu tố ảnh hưởng đến các quá trình xảy ra bên trong ao bèo tấm tím *Spirodela polyrhiza*. Trong quá trình nghiên cứu, thí nghiệm đã được tiến hành. Trong mỗi thí nghiệm, sự thay đổi các yếu tố ảnh hưởng chính tới sự tăng trưởng của bèo tấm tím *S. Polyrhiza* như nồng độ amoni và mật độ thảm bèo đã lần lượt được thay đổi. Mục đích của việc tiến hành những thí nghiệm này là để phát hiện ra được ảnh hưởng của các yếu tố nói trên tới sự tăng trưởng và hấp thu amoni của bèo tấm tím.

Cuối cùng, một mô hình động lực tăng trưởng toán học, sử dụng những nghiên cứu trước cùng với sự điều chỉnh cho phù hợp với nghiên cứu hiện tại được phát triển. Mô hình thiết lập mối quan hệ của những thông số chính là nhiệt độ, cường độ ánh sáng, mật độ thảm bèo, nồng độ amoni tới sự tăng trưởng và hấp thu amoni của bèo tấm tím. Từ mô hình này, hàm lượng nitơ tổng số, hàm lượng amoni trong môi trường nước sau một khoảng thời gian, đặc biệt là khối lượng bèo tấm tím trên ao sẽ được dự đoán. So sánh kết quả thực nghiệm và kết quả của mô hình, thấy có sự tương đồng khá cao. Căn cứ vào kết quả của mô hình, quy mô sử dụng bèo tấm tím để xử lý nước thải và kế hoạch thu hoạch bèo có thể được đưa ra một cách hợp lý. Để có được hiệu quả cao nhất của việc vận chuyển amoni từ bèo tấm tím thì việc hoạch định ra được kế hoạch thu hoạch bèo là rất cần thiết và cần được xem xét một cách kỹ lưỡng.

## I. GIỚI THIỆU CHUNG

Không biết tự bao giờ, trên mặt ao chuôm nơi đồng bằng Bắc Bộ, các loài bèo tấm sinh sống, nảy nở và được nhân dân dùng làm thức ăn cho gia súc, gia cầm. Người ta biết đến chúng đơn giản như là những loài thực vật có sức sinh sôi nảy nở

ghê gớm, chỉ với một lượng nhỏ vài thân mong manh hôm trước, đến vài hôm sau số lượng đã là gấp đôi và chỉ khoảng chục ngày không nhìn tới thì ao đã kín đặc bèo tấm. Cho đến những năm đầu thập kỷ cuối của thế kỷ trước, người ta bắt đầu dành sự quan tâm đặc biệt đến những loài bèo tấm này. Chúng nhanh chóng trở thành công cụ hữu ích của phương pháp xử lý nước thải mới, phương pháp xử lý nước thải bằng thực vật với thuật ngữ tiếng Anh “Phytoremediation”.

Phytoremediation là việc sử dụng thực vật vào các quá trình vận chuyển, biến đổi các chất nguy hiểm hoặc lấy đi những chất ô nhiễm hiện diện trong môi trường. Đây là kỹ thuật mang đến nhiều giá trị nhất định và đặc biệt nó rất an toàn trong việc làm sạch môi trường, chi phí cho phương pháp lại ít hơn nhiều so với các phương pháp hóa lý truyền thống. Ý tưởng đầu tiên về Phytoremediation xuất hiện từ những nghiên cứu ở cuối thập niên 80 của thế kỷ trước về khả năng sống sót phi thường của một số loài thực vật trong những môi trường với nồng độ cao của kim loại nặng. Sự khám phá các cây siêu tích lũy các kim loại nặng có thể gây độc đối với những loài thực vật khác, đã mang đến ý tưởng sử dụng các loài thực vật có khả năng tách kim loại ra khỏi môi trường, trả lại chất lượng tốt hơn cho môi trường. Tương tự như vậy, khả năng phân hủy các chất thải hữu cơ bằng cách hấp thu chúng từ môi trường và biến chúng trở thành các chất hóa học vô hại cũng đã được quan tâm rất nhiều. Các loài bèo tấm đã và đang được biết đến với khả năng sống sót và phát triển tốt ở những môi trường nước có nồng độ cao của chất dinh dưỡng. Việc ứng dụng phytoremediation mà các loài thực vật của nó ở đây là các loài bèo tấm, với cái tên dung dị nơi thôn dã là ao bèo tấm vào việc xử lý một số loại nước thải nhiễm các hợp chất của nitơ như nước thải nhà máy phân đạm, nước thải sinh hoạt,... mang đến hiệu quả xử lý cao và nhiều lợi ích.

Trong khuôn khổ của nghiên cứu này, tác giả tiến hành nuôi trồng loài bèo tấm tím với cái tên khoa học là *Spirodela polyrhiza* trong môi trường nước với các thí nghiệm khác nhau trong sự điều chỉnh của cường độ ánh sáng, nhiệt độ, nồng độ chất dinh dưỡng và mật độ cây trồng. Từ kết quả của những thí nghiệm này, ảnh hưởng của các yếu tố nói trên tới vai trò làm sạch nước của bèo tấm tím và các quá trình liên quan được khám phá. Cũng từ đây, mô hình động lực tăng trưởng toán học được sử dụng để tái hiện các quá trình xảy ra bên trong ao nuôi trồng bèo tấm tím. Các thông số ảnh hưởng chính tới mô hình là nhiệt độ môi trường nước, cường độ ánh sáng, thời gian chiếu sáng, nồng độ của các hợp chất nitơ, mật độ cây trồng.

## II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Vật liệu dùng cho nghiên cứu là bèo tấm tím hay *S. Polyrhiza* được cho là có gốc gác tại Florida, có thân thể to lớn nhất trong họ Lemnaceae nhưng vẫn được coi là

một loài thực vật nhỏ bé. Toàn bộ cơ thể với chiều dài từ 4-10mm có từ 2 đến ba lá tròn. Mặt trên tiếp xúc với không khí có màu xanh, mặt dưới tiếp xúc với bề mặt của nước có màu đỏ tía[15]. Đây là sự khác biệt cơ bản của bèo tấm tím với các loại bèo tấm khác, do đó mà cái tên của nó cũng được ra đời phải chăng từ sự khác biệt này. Rất dễ dàng để có thể nhìn thấy loài bèo tấm tím này ở nhiều nơi trong các thủy vực nước ngọt, đặc biệt là ở các nước nhiệt đới và cận nhiệt đới.

Sau đây, một số nghiên cứu cơ bản về loài bèo tấm nói chung và bèo tấm tím nói riêng sẽ được điểm lại. *S. Polyrhiza* cũng như hơn 40 loài anh em trong họ *Lemnaceae* của nó, được biết đến bởi sự tăng trưởng nhanh, sự phân bố rộng rãi, nhanh trưởng thành và khả năng sống bền bỉ trước sự thay đổi của môi trường [20], [21]. Có những nghiên cứu chứng minh về khả năng hấp thụ asen của *S. Polyrhiza*. Thậm chí M. Azizur Rahman đã coi *S. Polyrhiza* là máy lọc asen tự nhiên [4].

Sự tăng trưởng của các loài bèo tấm nói chung đã được Driever et al., 2005 chứng minh là bị ảnh hưởng trực tiếp bởi các yếu tố nhiệt độ, mật độ cây, cường độ chiếu sáng, thời gian chiếu sáng, nồng độ chất dinh dưỡng nitơ và phot pho. [9], [10] Các cây thuộc họ bèo tấm có thể tăng trưởng ở phạm vi rộng của nhiệt độ, từ 5-35<sup>0</sup>C [24] với nhiệt độ lý tưởng chung là khoảng từ 20- 35<sup>0</sup>C, phụ thuộc vào loài[30]

Tuy nhiên, nếu được nuôi trồng ở nhiệt độ 45<sup>0</sup>C thì các loài bèo tấm đều bị chết nhanh chóng [19]. Đối với nồng độ chất dinh dưỡng photpho  $\leq 0.1\text{mgPL}^{-1}$  và nitơ  $2\text{mgNL}^{-1}$  thì đều không có ảnh hưởng đáng kể nào đến sự tăng trưởng của các loài bèo tấm. (Leng et al., 1995)[20] Debusk et al. (1981) [12] nói rằng mật độ thảm bèo tấm đóng vai trò quyết định đối với sự tăng trưởng của bèo tấm. Mật độ thảm bèo tấm lý tưởng thì khác nhau giữa các tác giả khác nhau, phụ thuộc vào điều kiện nuôi trồng của mỗi thí nghiệm. Một vài tác giả đã đưa ra những mật độ thảm bèo tấm lý tưởng như 1600g TLT. m<sup>-2</sup> (1995) trong khi những người khác đưa ra những mật độ khác thấp hơn như 250g TLT. m<sup>-2</sup> (Koles et al., 1987) [16] và thậm chí là từ 400 tới 800g TLT. m<sup>-2</sup> (Skillicorn et al., 1993) [27]

Có một vài tác giả đã sử dụng mô hình toán học để tái hiện và xác định sự chuyển vận nitơ trong ao bèo tấm. Peng et al. (2007) [15] dựa trên động lực của N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> tổng số, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, nitơ hữu cơ trong bùn, trong nước và trong thân bèo tấm được nuôi trồng để dự đoán các quá trình chuyển vận nitơ trong ao bèo tấm truyền thống. Trong nghiên cứu với tựa đề “*Mô hình động lực học cho sự vận chuyển chất hữu cơ và chất dinh dưỡng của bèo tấm dựa trên hệ xử lý nước thải*” của Bal Krishna, Chongrak Polprasert (2008)[5] đã tiến hành điều tra ảnh hưởng của một vài loại bèo tấm trong xử lý nước thải dân dụng và phát triển thành mô hình động lực. Bốn bể thí nghiệm được xây dựng bằng xi măng gạch vây quanh cùng với chế độ thủy lực, tỷ lệ

chất dinh dưỡng và mật độ cây đã được xem xét và được theo dõi phân tích.

Trên nền tảng các nghiên cứu kể trên và một số nghiên cứu khác, tác giả đã quyết định tiến hành các thí nghiệm cần thiết đối với loại bèo tấm tím *S. Polyrhiza*, sau đó phát triển mô hình động lực tăng trưởng toán học áp dụng cho ao nuôi trồng loại bèo tấm này với mong muốn có thể sử dụng mô hình này để điều hành và kiểm soát được sự tăng trưởng của ao bèo tấm tím, từ đó xem xét khả năng sử dụng ao bèo tấm tím cho việc xử lý nước thải có nhiễm các hợp chất của nitơ, đặc biệt là amoni.

### III. THÍ NGHIỆM

Trong nghiên cứu này, thí nghiệm được tiến hành với mục đích để tìm ra được sự ảnh hưởng của nồng độ amoni  $N-NH_4^+$  và mật độ thảm bèo tới sự tăng trưởng của *S. polyrhiza*. Ở mỗi thí nghiệm, đối với mỗi điều kiện cụ thể, ba bản sao được nuôi trồng. Kết quả đưa ra là giá trị trung bình của ba bản sao. Bèo tấm tím được trồng trong những chậu cây với chiều cao 12cm, đường kính 10cm. Thể tích nước trong mỗi chậu cây là 500ml. Những chậu cây này được đặt trong máy sinh học Biotron với các điều kiện vật lý được điều khiển như nhiệt độ lý tưởng  $27^{\circ}C$ , nhịp sinh học 13 tiếng ngày và 11 tiếng đêm, độ ẩm 80%. Tất cả các thí nghiệm được tiến hành trong vòng 10 ngày.

Ở thí nghiệm thứ nhất, bèo tấm tím được nuôi trồng ở các điều kiện nồng độ amoni là khác nhau. Nồng độ amoni thay đổi từ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15  $mgN-NH_4^+L^{-1}$ . 42 chậu cây với 14 chế độ dinh dưỡng khác nhau về nồng độ amoni đã được nuôi trồng. TLK của mật độ thảm bèo ban đầu được chọn là  $7.3gTLK.m^{-2}$

Ở thí nghiệm thứ hai, mật độ thảm bèo là khác nhau. Bèo tấm tím được trồng ở các mật độ thảm bèo 1.8, 3.6, 7.2, 14.4, 18, 21.8, 25.5  $gTLK.m^{-2}$ . Như vậy, 21 chậu cây đã được trồng ở 7 loại mật độ thảm bèo. Nồng độ chất dinh dưỡng  $N-NH_4^+$  ở thí nghiệm này là  $8mgL^{-1}$

Nước đưa vào nuôi trồng ban đầu là nước máy. Mẫu nước máy được giữ lại và phân tích đầy đủ các chỉ tiêu hóa lý cần thiết. Những điều kiện chất dinh dưỡng khác như  $N-NO_3^- = 2mgL^{-1}$ ,  $P-PO_4^{3-} = 0.2mgL^{-1}$  là giống nhau cho cả 3 thí nghiệm. Nước được hút ra một nửa và bơm bổ sung cho đủ 500ml sau mỗi hai ngày thí nghiệm. Hàm lượng chất dinh dưỡng cũng được bổ sung cho đủ như điều kiện thí nghiệm.

Mẫu nước được lấy và phân tích các chỉ tiêu hóa học như nồng độ nitơ tổng số (TN), nồng độ amoni ( $N-NH_4^+$ ), nitorat ( $N-NO_3^-$ ), nitorit ( $N-NO_2^-$ ), sau mỗi hai ngày thí nghiệm. Các chỉ tiêu như độ pH, nồng độ oxy hòa tan DO được đo hàng ngày sau mỗi 24h thí nghiệm. Các mẫu được phân tích theo tiêu chuẩn của Mỹ [3].

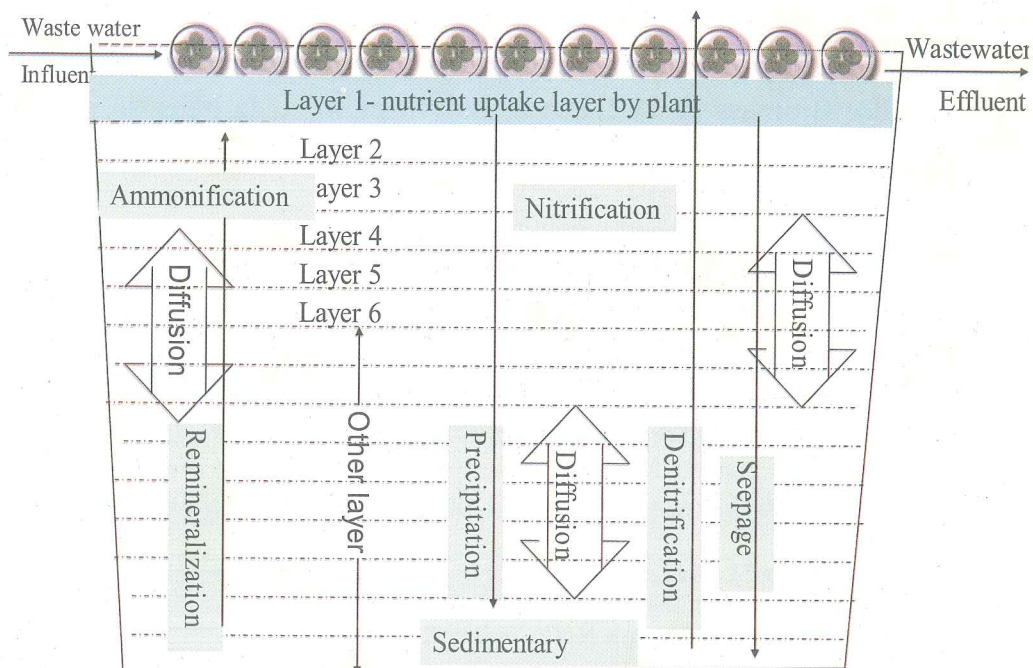


Mẫu cây được thu hoạch sau cả kỳ thí nghiệm, sau đó được sấy khô và được tiến hành phân tích hàm lượng nitơ tổng số và hàm lượng photpho tổng số trong lá.

Mục đích của thí nghiệm thứ hai là tìm ra ảnh hưởng cụ thể của nồng độ amoni đối với sự tăng trưởng của bèo tấm tím; còn đối với thí nghiệm thứ hai, ảnh hưởng cụ thể của mật độ thảm bèo đối với sự tăng trưởng và hấp thụ amoni của loài bèo này cũng sẽ được khám phá.

#### IV. MÔ HÌNH TĂNG TRƯỞNG ĐỘNG LỰC TOÁN HỌC

##### *Cơ chế của mô hình*



Hình 1: Cấu trúc ao bèo tấm tím sử dụng cho mô hình

##### *Dữ liệu vào*

Các chỉ tiêu chất lượng nước ban đầu, trọng lượng tươi ban đầu của thực vật cũng như các điều kiện môi trường sống như cường độ ánh sáng, thời gian chiếu sáng là những dữ liệu cần thiết cho đầu vào của mô hình. Nhiệt độ nước đo ở °C, cường độ ánh sáng đo bằng  $\text{mol photons}^{-1}\text{m}^{-2}\text{ ngày}^{-1}$ , trọng lượng ban đầu của thực vật được tính bằng số gram trọng lượng tươi (hoặc khô) của bèo tấm tím trên  $1\text{m}^2$  mặt nước.

##### *Dữ liệu ra*

Kết quả của mô hình là nhóm số liệu về sự thay đổi hàng ngày của sinh khối, hàm lượng nitơ tổng số được hấp thụ bởi bèo tấm tím, hàm lượng nitơ tổng số dùng cho các quá trình khử nitơ và các quá trình khác, các hàm lượng chất nitơ tổng số, nitơ hữu cơ, hàm lượng nitorat trong môi trường nước.

## V. CÁC PHƯƠNG TRÌNH CỦA MÔ HÌNH

### (1) Phương trình tăng trưởng sinh khối

Mô hình tăng trưởng động lực toán học với 4 thông số chính là nhiệt độ, cường độ chiếu sáng, nồng độ amoni và mật độ thảm bèo. Phương trình chủ đạo của mô hình đã được phát triển từ phương trình tăng trưởng sinh khối của Monod để tái tạo lại ảnh hưởng của những yếu tố này tới sự tăng trưởng và chuyển vận amoni, nitơ tổng số của ao bèo tấm tím. Sau đây là phương trình tăng trưởng sinh khối của mô hình:

$$\frac{d[\text{Biomass}]}{dt} = \mu_{\max} \cdot \frac{[\text{NH}_4^+]}{K_{[\text{NH}_4^+]} + [\text{NH}_4^+]} \left( \alpha - \frac{\text{Density}}{\text{Density} - K_{\text{density}}} \right) \frac{\text{PAR}}{K_{\text{PAR}} + \text{PAR}} \theta_1 \left( \frac{T - T_{\text{top}}}{T_{\text{top}}} \right)^2 \theta_2 \left( \frac{T - T_{\text{top}}}{T_{\text{top}}} \right) - \text{Mortality}$$

Trong đó: Biomass là TLT của *S. polyrhiza*;  $K_{[\text{NH}_4^+]}$  là hằng số nửa bão hòa của amoni;

$K_{\text{duckweed}}$  = hằng số;  $\text{PAR}$  = cường độ ánh sáng ban ngày;

$K_{\text{density}}$  = hằng số nửa bão hòa cho mật độ bèo;  $K_{\text{PAR}}$  = hằng số;

$T_{\text{top}}$  = nhiệt độ lý tưởng = 27°C;  $T$  = nhiệt độ ao trồng thực tế;

$\theta_1, \theta_2$  = hằng số;  $\text{Mortality}$  = sinh khối bị chết đi

### (2) Phương trình tính hàm lượng nitơ tổng số được hấp thụ bởi bèo tấm tím:

$$\text{NH}_{\text{up}} = \text{Biomass} * f(\text{NH}_4^+)$$

Trong đó:  $\text{TN}_{\text{byplant}}$  là TN mà *S. Polyrhiza* hấp thụ;

Hàm  $f(\text{NH}_4^+)$  được tìm ra bởi kết quả phân tích thí nghiệm về TN ở trong thân bèo.

### (3) Phương trình tính hàm lượng amoni trong môi trường nước sau khi nuôi trồng BTT

$$\frac{d[\text{NH}_4^+]}{dt} = \frac{Q}{V} ([\text{NH}_4^+]_{\text{flowin}} - [\text{NH}_4^+]_{\text{flowout}}) + \left( D_{\text{NH}_4^+} \frac{d^2[\text{NH}_4^+]}{dz^2} \right) - [\text{NH}_4^+]_{\text{Nitrification}} + [\text{NH}_4^+]_{\text{MineralizationFromOrganicNitrogen}} + [\text{NH}_4^+]_{\text{MineralizationFromSedimentaryNitrogen}} - [\text{NH}_4^+]_{\text{UptakeByPlant}}$$

Trong đó:  $D_{\text{NH}_4^+}$  = hệ số khuếch tán

$[\text{NH}_4^+]$  = nồng độ amoni trong môi trường nước

$[\text{NH}_4^+]_{\text{flowin}}, [\text{NH}_4^+]_{\text{flowout}}$  = nồng độ amoni trước và sau khi xử lý bằng bèo tấm tím

$dt$  = thời gian xử lý nước bằng cây

$dz$  = chiều sâu tầng nước

$Q$  = tỷ lệ dòng chảy ( $m^3d^{-1}$ )

$V$  = thể tích nước trong bể

$[NH_4^+]_{Nitrification}$  = nồng độ amoni bị tiêu dùng cho quá trình khử nitrat

$[NH_4^+]_{MineralizationFromOrganicNitrogen}$  = nồng độ amoni tạo thành từ quá trình phân hủy hợp chất hữu cơ có chứa nitơ.

$[NH_4^+]_{MineralizationFromSedimentaryNitrogen}$  = nồng độ amoni được tạo thành từ các quá trình phân hủy nitơ trong bùn đáy của ao.

$[NH_4^+]_{UptakeByPlant}$  = nồng độ amoni được hấp thụ bởi BTT.

(4) Phương trình tính hàm lượng nitrat trong môi trường nước sau khi nuôi trồng BTT

$$\frac{d[NO_3^-]}{dt} = \frac{Q}{V} ([NO_3^-]_{flowin} - [NO_3^-]_{flowout}) + \left( D_{NO_3^-} \frac{d^2[NO_3^-]}{dz^2} \right) + [NO_3^-]_{Nitrification} - [NO_3^-]_{Dentrification} - [NO_3^-]_{uptakebyplant}$$

Trong đó:  $D_{NO_3^-}$  = hệ số khuếch tán;  $[NO_3^-]$  = nồng độ nitrat trong môi trường;

$[NO_3^-]_{flowin}$ ,  $[NO_3^-]_{flowout}$  = nồng độ nitrat trong nước trước và sau khi xử lý bằng BTT;

$[NO_3^-]_{Nitrification}$  = nồng độ nitrat được tạo ra bởi quá trình nitrat hóa;

$[NO_3^-]_{Dentrification}$  = nồng độ nitrat bị tiêu dùng cho quá trình khử nitơ;

$[NO_3^-]_{UptakeByPlant}$  = nồng độ nitrat được hấp thụ bởi BTT.

(5) Phương trình tính hàm lượng chất hữu cơ có chứa nitơ

$$\frac{d[OrgN]}{dt} = \frac{Q}{V} ([OrgN]_{flowin} - [OrgN]_{flowout}) - [OrgN]_{Precipitation} - [OrgN]_{Mineralization}$$

Trong đó:  $[OrgN]$  = hàm lượng chất hữu cơ có chứa nitơ trong môi trường nước

$[OrgN]_{flowin}$ ,  $[OrgN]_{flowout}$  = hàm lượng chất hữu cơ có chứa nitơ trong nước trước và sau khi xử lý bằng BTT.

$[OrgN]_{Precipitation}$  = hàm lượng chất hữu cơ có chứa nitơ được sinh ra bởi quá trình kết tủa

$[OrgN]_{Mineralization}$  = hàm lượng chất hữu cơ có chứa nitơ được sinh ra bởi quá trình khoáng hóa.

(6) Phương trình tính hàm lượng nitơ trong bùn ao

$$\frac{d[N_{se\ dim\ ent}]}{dt} = [N_{se\ dim\ ent}] + [N]_{PlantMortality} - [N]_{Mineralization}$$

Trong đó:  $[N_{se\ dim\ ent}]$  = hàm lượng nitơ trong bùn ao được xử lý bằng BTT

$[N]_{PlantMortality}$  = hàm lượng nitơ được sinh ra qua quá trình phân hủy BTT chết

$[N]_{Mineralization}$  = hàm lượng nitơ được sinh ra bởi quá trình khoáng hóa.

(7) Phương trình tính hàm lượng DO trong môi trường nước

$$\frac{d[DO]}{dt} = \frac{Q}{V} ([DO]_{flowin} - [DO]_{flowout}) + \left( D_{DO} \frac{d^2[DO]}{dz^2} \right) + [DO]_{AirationFromAir} - [DO]_{Nitrification} - [DO]_{MineralizationOfOrganicN} - [DO]_{MineralizationOfSe\ dim\ entaryN}$$

Trong đó:  $[DO]$  = hàm lượng DO trong môi trường nước;

$[DO]_{flowin}, [DO]_{flowout}$  = hàm lượng DO trong nước trước và sau khi xử lý bằng BTT;

$D_{DO}$  = hệ số khuếch tán của DO;  $[DO]_{AirationFromAir}$  = Hàm lượng DO từ không khí;

$[DO]_{Nitrification}$  = hàm lượng DO được tiêu dùng bởi quá trình nitrat hóa;

$[DO]_{MineralizationOfOrganicN}$  = hàm lượng DO được tiêu dùng bởi quá trình khoáng hóa các hợp chất hữu cơ có chứa nitơ;

$[DO]_{MineralizationOfSe\ dim\ entaryN}$  = hàm lượng DO được tiêu dùng bởi quá trình khoáng hóa các hợp chất có chứa nitơ ở trong bùn đáy

(7) Phương trình tính toán sự nitrat hóa

$$Nitrification = \frac{\mu_n}{Y_n} \left( \frac{[NH_4^+]}{K_1 + [NH_4^+]} \right) \left( \frac{DO}{K_2 + DO} \right) C_T$$

$$K_1 = e^{0.051(T-15.8)}$$

$$C_T = e^{0.098-(T-15)}$$

Trong đó:  $\mu_n$  = tỷ lệ tăng trưởng lớn nhất của vi khuẩn nitrosomonas

$Y_n$  is hệ số tăng trưởng lớn nhất của vi khuẩn nitrosomonas

$$K_2 = 1.3$$

[25]

## (8) Phương trình tính toán sự khoáng hóa từ nitơ hữu cơ

$$\text{Su khoáng hóa tu nito huu co} = K_{\text{minersed}} \theta_{\text{minersed}}^{(T-20)} [\text{sedN}]$$

Trong đó:  $K_{\text{minersed}}$  = hệ số tỷ lệ khoáng hóa cho nitơ trầm tích đáy

$$\theta_{\text{minersed}}^{(T-20)} = \text{hằng số Arrhenius} \quad [25]$$

## (9) Phương trình tính toán sự khử nitơ

$$\text{Denitrification} = K_d \theta_d^{(T-20)} [\text{NO}_3^-]$$

Trong đó  $K_d$  = hệ số tỷ lệ của sự khử nitơ [25]

## (10) Phương trình tính toán sự kết tủa

$$\text{Precipitation} = K_{\text{prec}} [\text{Org.N}]$$

Trong đó  $K_{\text{prec}}$  = hệ số tỷ lệ kết tủa của hợp chất hữu cơ có chứa nitơ [25]

## VI. CÁC THÔNG SỐ CỦA MÔ HÌNH

Mô hình được viết trên nền FORTRAN. Các hệ số trong mô hình, một số được lấy từ các nghiên cứu cơ bản trước đây, một số được cải biến và đơn giản hóa cho phù hợp với điều kiện thực tại. Các thông số của mô hình được nêu cụ thể trong bảng dưới đây:

Các thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị đo	Nguồn
Chiều sâu tầng nước	$Dz$	-	M	Đo
Khoảng thời gian	$Dt$	-	$d^{-1}$	Được xác định
Số tầng nước	$Nlay$	-	-	Đo
Tổng số ngày nuôi trồng	$Iday$	-	$d^{-1}$	-
Tỷ lệ tăng trưởng lớn nhất	$Rdckmax$	0.46	$d^{-1}$	-
Hằng số bán thấm cho amoni	$Knh$	2	-	Kết quả TN
Hằng số bán thấm ánh sáng	$Kpar$	1.0	-	Kết quả TN
Hằng số bán thấm mật độ bèo	$Kdck$	25	-	Kết quả TN

Các thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị đo	Nguồn
Hằng số hiệu quả ánh sáng	$\theta T_1$	0.0025	-	[25]
Hằng số hiệu quả nhiệt độ	$\theta T_2$	0.66	-	[25]
Nhiệt độ lý tưởng của bèo	$T_{op}$	27	°C	[19]
Tỷ lệ thực vật chết	$R_{dckmrt}$	0.009	d <sup>-1</sup>	[25]
Hằng số Arrhenius cho thực vật chết	$\theta_{tamrt}$	1.05	-	[25]
Tỷ lệ tăng trưởng lớn nhất của nitrosomonas	$\mu_{n1}$	0.008.d <sup>-1</sup>	d <sup>-1</sup>	[27]
Hệ số tăng trưởng của nitrosomonas	$Y_n$	0.25	-	[25]
Hàng số bán bão hòa oxy của nitrosomonas	$K_2$	1.3	-	[25]
Hệ số tỷ lệ amoni hóa hợp chất nitơ hữu cơ	$K_{ao}$	0.1	-	[25]
Hằng số Arrhenius cho sự amoni hóa hợp chất nitơ hữu cơ	$\theta_{O}$	1.05	-	[25]
Hệ số tỷ lệ khoáng hóa nitơ bùn đáy	$K_{as}$	0.03	-	[25]
Hằng số Arrhenius khoáng hóa nitơ bùn đáy	$\theta_{aS}$	1.05	-	[25]
Hệ số tỷ lệ của sự khử nitơ	$K_d$	1.9	-	[25]
Hằng số Arrhenius cho sự khử nitơ	$\theta_{D}$	1.05	-	[25]
Hệ số kết tủa hợp chất nitơ hữu	$K_p$	0.035	-	[25]

Các thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị đo	Nguồn
cơ				
Nồng độ N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ban đầu	<i>Nhini</i>	10	gm <sup>-3</sup>	Được xác định
Nồng độ N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ban đầu	<i>Noini</i>	3	gm <sup>-3</sup>	-nt-
Nồng độ hợp chất nitơ hữu cơ ban đầu	<i>Norgini</i>	0	gm <sup>-3</sup>	-nt-
Nồng độ DO ban đầu	<i>Doini</i>	2	gm <sup>-3</sup>	Đo
Nồng độ nitơ bùn đáy ban đầu	<i>Nsedini</i>	0	g	Đo
Trọng lượng sinh khối ban đầu	<i>Bdckini</i>	-	gm <sup>-2</sup>	Đo
Tốc độ dòng chảy	<i>Q</i>	0	m <sup>3</sup> d <sup>-1</sup>	Đo
Nồng độ N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> trong dòng chảy vào	<i>Nhfin</i>	0	gm <sup>-3</sup>	Đo
Nồng độ N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> trong dòng chảy vào	<i>Nofin</i>	0	gm <sup>-3</sup>	Đo
Nồng độ nitơ trong hợp chất hữu cơ có chứa nitơ trong dòng chảy vào	<i>Norgfin</i>	0	gm <sup>-3</sup>	Đo
DO trong dòng chảy vào	<i>Dofin</i>	0	gm <sup>-3</sup>	Đo
Hệ số khuếch tán amoni	<i>Dnh</i>	0.0144	m <sup>2</sup> d <sup>-1</sup>	[6]
Hệ số khuếch tán nitrat	<i>Dno</i>	0.0144	m <sup>2</sup> d <sup>-1</sup>	[6]
Hệ số khuếch tán DO	<i>DDo</i>	0.0144	m <sup>2</sup> d <sup>-1</sup>	[6]
Khoảng cách thu hoạch	<i>Hvstday</i>		d <sup>-1</sup>	Đo
Tỷ lệ thu hoạch	<i>Hvst</i>		gm <sup>-2</sup>	Đo

## KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

(1) *Hiệu quả của nồng độ amoni và mật độ thảm bèo tới sự tăng trưởng và hấp thụ nitơ của S. polyrhiza*

Kết quả thí nghiệm đã chỉ ra một cách rõ ràng rằng sự tăng trưởng và khả năng hấp thụ nitơ dưới dạng hợp chất amoni, nitrat, nitrit của *S. Polyrhiza* bị ảnh hưởng một cách rõ rệt bởi nồng độ amoni và mật độ thảm bèo. Sự tăng trưởng của *S. Polyrhiza*, ở đây, được thể hiện qua sự tăng sinh khối BI (Biomass increment) và tỷ lệ tăng trưởng liên hệ RGR (Relative growth rate) được tính như sau:

$$BI = \frac{TLT_{thuhoach}.m^{-2} - TLT_{bandau}.m^{-2}}{t_2 - t_1}$$

$$RGR = \frac{\ln TLT_{thuhoach} - \ln TLT_{bandau}}{t_2 - t_1}$$

Thời điểm ban đầu  $t_1$ , và thời điểm thu hoạch  $t_2$  ở cả hai phương trình nói trên được tính bằng đơn vị ngày đêm.

Với các môi trường nuôi trồng khác nhau về nồng độ amoni, sự tăng trưởng của *S. Polyrhiza* tăng dần theo chiều hướng tăng của nồng độ  $N-NH_4^+$  tăng dần từ  $2mgL^{-1}$ , đạt giá trị cao nhất tại nồng độ amoni ở  $8mgL^{-1}$  và sau đó sự tăng trưởng giảm dần khi tiếp tục tăng nồng độ amoni trong môi trường nước. Cụ thể, RGR đạt giá trị cao nhất 0.43, sự tăng sinh khối từ  $3gTLKm^{-2}$  ở nồng độ  $2mgN-NH_4^+ L^{-1}$ , đạt cao nhất  $11.2gTLK$  mỗi  $m^2$  ở nồng độ  $8mgN-NH_4^+ L^{-1}$ , sau đó sự tăng sinh khối cũng như RGR giảm dần. Kết quả phân tích hàm lượng nitơ tổng số trong thân bèo cũng chỉ ra rằng, ở những điều kiện nuôi trồng khác nhau về nồng độ amoni, đem đến hàm lượng nitơ tổng số khác nhau trong thân bèo. Cụ thể hàm lượng TN được phân tích nằm trong khoảng từ  $35.3mgTN.g^{-1}TLK$  tới  $35.97 mgTN.g^{-1} TLK$  (thay đổi trong khoảng 1,9%). Hàm lượng TN cao trong thân bèo thu nhận được trong môi trường có hàm lượng amoni lớn hơn  $6mgN-NH_4^+ L^{-1}$ . Như vậy, phải chăng hàm lượng amoni cao trong môi trường nước đem đến thân bèo chất lượng hơn hay nói một cách khác thì ở hàm lượng amoni cao hơn, khả năng hấp thụ amoni của bèo tằm tím là cao hơn?

Từ kết quả thí nghiệm nói trên, phương trình nói lên quy luật về ảnh hưởng của nồng độ amoni tới sự tăng trưởng của bèo tằm tím đã được khám phá. Với nồng độ  $N-NH_4^+ \leq 8$  thì tỷ lệ tăng trưởng tuân theo:

$$RGR = RGR_{max} \frac{[NH_4]}{K_{NH} + [NH_4]}$$

Trong đó  $RGR$  là tỷ lệ tăng trưởng trong 1 ngày



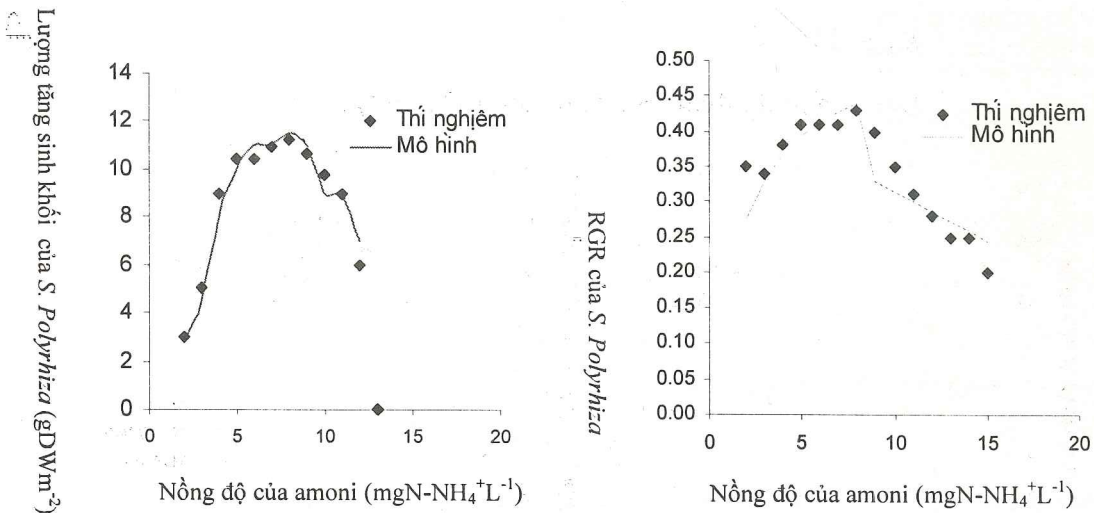
$RGR_{max}$  là tỷ lệ tăng trưởng lớn nhất của bào tằm tím trong 1 ngày = 0.55

$K_{NH}$  là hằng số = 2

$[NH_4]$  là nồng độ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ban đầu

Với nồng độ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> lớn hơn 8 thì tỷ lệ tăng trưởng được tuân theo phương trình:

$$RGR = -0.0139.[NH_4] + 0.453$$



Hình 2: RGR và sự tăng sinh khối thu được của *S. Polyrhiza* được nuôi trồng ở nồng độ amoni khác nhau

Ở các điều kiện khác nhau về mật độ bào tằm tím, RGR tỷ lệ nghịch với chiều tăng của mật độ bào. Cụ thể, RGR đạt giá trị cao nhất 0.46 ở giá trị thấp nhất của mật độ bào [1,85gTLK (25gTLT)]. Tuy nhiên ở mật độ thấp, theo thời gian, algae sẽ phát triển nhanh, sinh khối thu được cũng không nhiều do hạn chế về sinh khối ban đầu. Điều này cũng đã được đề cập ở một vài nghiên cứu trước [2], [7], [18]. Do đó, để chọn được mật độ bào lý tưởng nhất - là mật độ cây đem lại sự tăng trưởng tốt nhất cũng như sự chuyển vận chất dinh dưỡng là nhiều nhất - ta sẽ chọn ở mật độ mà sự tăng sinh khối là cao nhất [1], [12],[14], [22], ở thí nghiệm này là mật độ bào = 14.4gTLK.m<sup>-2</sup>(200gTLT.m<sup>-2</sup>). Khi được trồng ở mật độ này, bào sẽ cho sinh khối cao nhất = 12.17gTLK.m<sup>-2</sup>ngày, sự chuyển vận nitơ cũng là cao nhất = 443.2mgNm<sup>-2</sup>ngày<sup>-1</sup>. So với các loại thực vật khác như bào tây (là loại thực vật cũng có khả năng hấp thụ chất dinh dưỡng tốt, chỉ chuyển vận được khoảng hơn 200mgNm<sup>-2</sup>ngày<sup>-1</sup>), chứng tỏ khả năng chuyển vận TN phi thường của bào tằm tím (tham khảo biểu đồ TN được vận chuyển bởi *S. polyrhiza* khi được nuôi trồng ở các chế độ khác nhau về nồng độ amoni, về mật độ thảm thực vật được lấy từ kết quả thí nghiệm và kết quả mô hình.

Ảnh hưởng của mật độ thảm bèo tới sự tăng trưởng RGR được biểu diễn qua phương trình:

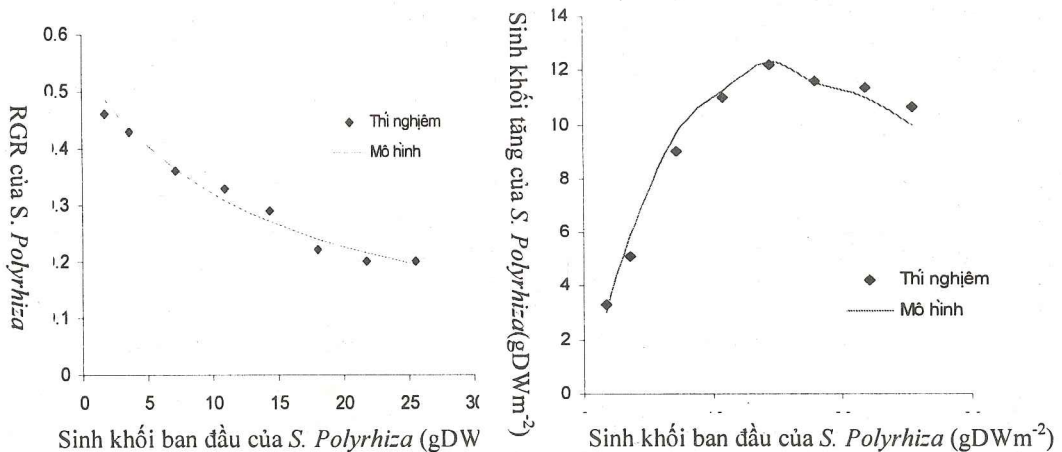
$$RGR = RGR_{max} \left( 1 - \frac{Den}{Den + K_{Den}} \right)$$

Trong đó:  $RGR$  = tỷ lệ tăng trưởng của bèo tấm tím

$RGR_{max}$  = tỷ lệ tăng trưởng lớn nhất của bèo tấm tím trong 1 ngày = 0.55

$K_{den}$  = 15

$Den$  = mật độ thảm bèo ban đầu ( $gDWm^{-2}$ )



Hình 3: RGR và sự tăng sinh khối thu được của *S. Polyrrhiza* được nuôi trồng ở các mật độ bèo khác nhau (Kết quả theo mô hình và theo TN)

(2) Kế hoạch thu vớt bèo tấm tím để đảm bảo tối đa khả năng chuyển vận nitơ của ao bèo tấm tím.

Từ kết quả thí nghiệm, đối với loại hình nước thải giàu amoni, ta có thể chọn bèo tấm tím như là giải pháp sinh học cho phát triển bền vững, vừa đơn giản lại rẻ tiền. Tuy nhiên, loại hình ao bèo tấm tím chỉ phù hợp ở những nơi có đất đai và không gian rộng, nơi có nhiều loại hình ao ổn định khác nhau, mà ao bèo tấm tím sẽ là bước xử lý cuối cùng của chuỗi ao này, sau khi nước thải đã được xử lý qua các bể lắng, bể lọc, đảm bảo BOD, COD không quá cao. Nước sau khi xử lý bằng ao bèo tấm tím có thể được dùng làm nước uống, nước tắm giặt cho gia súc, gia cầm. Lượng tăng sinh khối của bèo tấm tím có thể dự đoán bằng mô hình nói trên, từ đó đem đến kế hoạch thu vớt hợp lý nhất, mang lại nguồn thức ăn sạch cho gia súc, gia cầm. Cũng từ mô hình kể trên, có thể tính toán được lượng dòng chảy phù hợp cho ao bèo tấm tím, đảm bảo đáp ứng khả năng làm sạch dòng nước thải bản, trả lại cho tự nhiên môi trường nước trong lành, thân thiện.