



# Bèo hoa dâu (Azolla) - Góp phần xây dựng nền nông nghiệp bền vững hạn chế phát thải

## ĐINH ĐẠI GIÁI

Viện Khoa học Công nghệ và Quản lý Môi trường, Trường Đại học Công nghiệp TP. Hồ Chí Minh

## NGUYỄN ĐĂNG NGHĨA

Viện Khoa học Nông nghiệp miền Nam

### 1. GIỚI THIỆU

Các loài bèo hoa dâu (Azolla) là loài thực vật nhỏ nhất trên thế giới nhưng có ý nghĩa thương mại nhất, nổi trên mặt nước và được tìm thấy sống ở môi trường nước ngọt và nước lợ. Azolla là một trong những loài thực vật phát triển nhanh nhất trên toàn cầu và nó có thể tăng gấp đôi diện tích bề mặt của nó sau mỗi 5 đến 10 ngày (3 - 5 ngày), làm cho nó trở thành một tài nguyên cực kỳ quý giá. Anabaena azollae, một loại vi khuẩn lam, được chứa trong thùy lá của Azolla, có khả năng cố định nitơ trong khí quyển, trong khi cố định nó có thể tiếp cận được với cây trồng (dưới dạng amôn-NH<sub>3</sub>). Do đó, mối quan hệ Azolla-Anabaena có ý nghĩa cực kỳ quan trọng trong nông nghiệp. Sự hiện diện của vi khuẩn lam cộng sinh, A. azollae, chiếm thùy lưng của lá, góp phần vào khả năng cố định đạm của hệ thống. Bởi vì đặc tính này, nó đã được sử dụng rộng rãi làm phân bón sinh học cho cây lúa. Ngoài ra, nó có thể được sử dụng cho nhiều thứ khác, chẳng hạn như thực phẩm và thức ăn chăn nuôi, sản xuất nhiên liệu sinh học, xử lý môi trường, nguyên liệu cho dược liệu... Bởi vì nó có rất nhiều công dụng, việc quảng bá và sử dụng Azolla-Anabaena trong hệ thống nông nghiệp bền vững sẽ hữu ích và tốt cho môi trường. Công dụng của Azolla là không thể chối cãi, song để phát triển hết công dụng của nó vẫn là vấn đề mà các nhà khoa học cần quan tâm. Bài viết tổng quan một số công dụng của bèo hoa dâu và bước đầu đề xuất một vài ý tưởng nhằm sử dụng được hiệu quả hơn.

### 2. MỘT SỐ ĐẶC ĐIỂM SINH HỌC VÀ CÔNG DỤNG CỦA BÈO HOA DÂU

#### 2.1. Đặc điểm sinh học của bèo hoa dâu

Bèo hoa dâu được xếp lại thành họ riêng là Azollaceae thuộc bộ Salviniales. Theo Lumpkin và cs. (1982), Elkan G.H. (1987) và Van Hove (1989), bèo hoa dâu được phân loại như sau:

**Bảng 1. Phân loại bèo hoa dâu [1]**

<b>Bộ</b>	Salviniales	
<b>Họ</b>	Azollaceae	
<b>Chi</b>	Azolla	
<b>Phân chi</b>	<b>Euazolla</b> (có 3 túi khí trong quả bào tử cái)	<b>Rhizosperma</b> (có 9 túi khí trong quả bào tử cái)
<b>Loài</b>	Azolla Filiculoides Azolla Mexicana Azolla Caroliniana A. Microphylla Kaulf	Azolla Pinnata Azolla Nilotica
<b>Giống</b>	Mỗi loài gồm rất nhiều giống	

Ở miền Nam Việt Nam, bèo hoa dâu thuộc họ Azollaceae, có 2 loài. Loại một là Azolla Pinnata Br, tán nổi, màu lục hay đỏ đỏ [2]. Loại này có nhánh đều hai bên (dạng lông chim); thân mang rễ không có rễ phụ, lá gắn nhau, gắn theo hai hàng kết lợp. Lá có hai thùy, thùy dưới chìm, thụ. Bào tử quả mang đại bào tử nang và tiểu bào tử nang. Bèo hoa dâu có thể phân bố khắp cùng ở ao, ruộng. Loại hai có tên khoa học là Azolla caroliana Wild. Tán nổi hơi nhỏ hơn loài trên, màu lục hay tím lúc già, nhánh không đều. Lá xoan rộng, trải trên mặt nước, mặt trên có mụn nhỏ; rễ dài đến 5cm. Phân bố khắp cùng ở ao, ruộng [2].

Nước là yêu cầu cơ bản cho sự tăng trưởng và phát triển của Azolla, vì cây cực kỳ nhạy cảm với việc thiếu nước. Azolla có thể tồn tại trong phạm vi pH từ 3,5 đến 10. Nhiệt độ tối ưu cho sự tăng trưởng và cố định nitơ tùy theo loài, thường dao động trong khoảng 20-30°C. Azolla phát triển tốt nhất trong bóng râm (tương đương 25-50% ánh sáng mặt trời cực đại); Trồng azolla thành công đòi hỏi phải sử dụng một lượng phân lân nhất định (0,5-1,0 kg P/ha/tuần) [3].

#### 2.2. Công dụng của bèo hoa dâu

Làm sạch môi trường (xử lý nước thải, kim loại nặng...).

Theo Jonathan Bujak & Alexandra (2002), Azolla có thể phát triển mạnh mẽ trong nước thải sinh hoạt được xử lý một phần và trong hồ sinh học có nồng độ photphat, amoni nitrat cao. Azolla hấp thu, loại bỏ hầu hết photphat và nitrat trong nước và quá trình xử lý thực vật của nó có thể được tăng lên khi thả chung với bèo



*Bèo hoa dâu nổi trên mặt nước và được tìm thấy sống ở môi trường nước ngọt và nước lợ*

tấm, cung cấp một hệ thống tích hợp loại bỏ hầu hết phát phát và nitrat khỏi nước thải. Điều này mang lại tiềm năng làm sạch nước thải sinh hoạt bằng cách sử dụng Hệ thống sinh học Azolla. Khả năng loại bỏ kim loại nặng của Azolla đã được xác định bởi các nghiên cứu trên cả cây chủ động (sống) và thụ động (chết), với quá trình tích cực, được gọi là tích lũy sinh học, sử dụng bèo trồng trong các thùng chứa nước thải. Trong quá trình thụ động, nước thải được đưa qua sinh khối azolla khô được đóng gói thành biomatrix hoặc các bộ lọc sinh học azolla [4].

Cũng giống như bèo tây và các chi, loài bèo khác, bèo hoa dâu hấp thu kim loại nặng, chất khoáng, trong đó có  $\text{NO}_3^-$ . Cần lưu ý rằng, không có giải pháp vật lý và hóa học nào để có thể tách  $\text{NO}_3^-$  ra khỏi nguồn nước mặt, nhưng giải pháp sinh học thì có thể. Thực vật thủy sinh nói chung hấp thu  $\text{NO}_3^-$  làm giảm nguy cơ ô nhiễm  $\text{NO}_3^-$  ở nguồn nước mặt [5]. Bèo hoa dâu và các chi, loài bèo khác được dùng để xử lý nước thải là một giải pháp hữu hiệu [6, 7]. Azolla cũng được dùng để xử lý Mangan trong nước thải chăn nuôi [8].

Azolla còn có khả năng sản xuất nhiên liệu sinh học (dầu sinh học và dầu diesel sinh học) và khả năng sử dụng tảo Azolla macroalgae trong các ứng dụng xử lý sinh học và phân bón sinh học [8].

Maldonado và các tác giả [8] đã nghiên cứu, phân tích thông tin về hiệu quả loại bỏ thuốc, tập trung vào thuốc kháng sinh, sử dụng Lemna (Bèo tấm) và Azolla, điều này sẽ cho phép hiểu rõ hơn về các quá trình xử lý bằng thực vật từ góc độ sinh lý thực vật. Nhóm tác giả cho rằng có đủ bằng chứng khoa học về hiệu quả loại bỏ các hợp chất dược phẩm của các đại thực bào trôi nổi này ở quy mô phòng thí nghiệm, điều này cho thấy rằng ứng dụng của chúng trong điều kiện thực tế có thể mang lại kết quả tốt”.

Azolla hoặc được đưa vào đất trước khi cấy lúa hoặc được trồng xen canh với cây lúa. Việc xen canh cũng nâng cao hiệu quả

sử dụng phân N. Việc thu hồi kim loại nặng từ môi trường nước là một tính năng quan trọng khác của Azolla với vai trò là chất xử lý sinh học cho đất ngập nước (Wedland). Nói chung, Azolla hấp thụ hiệu quả các kim loại nặng từ môi trường nước chứa nồng độ thấp hơn ( $< 20 \text{ mg L}^{-1}$ ); tuy nhiên, các loài filiculoides đã được tìm thấy để hấp thụ hàm lượng kim loại cao hơn (0,40% Ni) từ dung dịch giàu Ni ( $500 \text{ mg L}^{-1}$ ) [8].

Việc sử dụng thực vật đại thực bào thủy sinh như Azolla với khả năng siêu tích lũy được biết đến là một lựa chọn thân thiện với môi trường để phục hồi nguồn lợi thủy sản bị ô nhiễm. Đánh giá hiện tại nhấn mạnh tiềm năng tích lũy thực vật của các đại thực vật, nhấn mạnh vào việc sử dụng Azolla như một ứng cử viên đầy hứa hẹn cho xử lý ô nhiễm bằng thực vật. Tác động của việc hấp thu kim loại nặng đối với hình thái và quá trình trao đổi chất của Azolla cũng đã được thảo luận để hiểu rõ hơn và sử dụng mối liên hệ cộng sinh này trong lĩnh vực xử lý ô nhiễm [9].

Azolla được sử dụng làm thức ăn tươi để nuôi cá ở các vùng nước mở như hồ. Sử dụng Azolla để giảm hiện tượng phú dưỡng trong nuôi kết hợp chăn nuôi gia súc/gia cầm. Việc sử dụng Azolla được báo cáo để làm sạch nước có thể được khai thác trong các hệ thống nuôi kết hợp. Một trong những đặc điểm của chăn nuôi gia súc/gia cầm - cá tích hợp là sự tích tụ các chất dinh dưỡng từ phân động vật dẫn đến hiện tượng phú dưỡng. Hiện tượng phú dưỡng hệ thống ao nuôi dẫn đến suy giảm chất lượng nước, đặc biệt là oxy hòa tan ảnh hưởng đến sản lượng cá. Azolla tích hợp với hệ thống này có thể hấp thụ các chất dinh dưỡng dư thừa và do đó làm giảm hiện tượng phú dưỡng. Sử dụng bèo hoa dâu trong các hệ thống canh tác khác. Nuôi vịt trồng lúa là một tập quán truyền thống ở châu Á [10], [7-8].

Ở những vùng thường xuyên bị dịch bệnh sốt rét (tác nhân chính là muỗi Anopheline) thì bèo hoa dâu là một biện pháp thân thiện với môi trường để hạn chế dịch bệnh. Sự sinh sản của Anopheline gần như bị ngăn chặn hoàn toàn trong các bể, giếng và ao được bao phủ hoàn toàn bởi Azolla [7, 8, 11, 12].



Để xử lý kim loại nặng, một nghiên cứu của Antunes, A. P. M và cộng sự [13-15], [7-10] đã nhận thấy rằng, *Azolla filiculoides* đã loại bỏ 86% và 100% vàng khỏi các dung dịch kim loại ban đầu gồm 2-10 mg vàng l-1 tăng dần khi nồng độ vàng (III) ban đầu tăng lên. Sinh khối cho hiệu suất loại bỏ lớn hơn 95% khỏi dung dịch ở tất cả các nồng độ sinh khối được đo. Loại bỏ hoàn toàn vàng xảy ra ở pH 2, với 42% loại bỏ ở pH 3 và 4, loại bỏ 63% và 73% ở pH 5 và 6 tương ứng. Không quan sát thấy sự loại bỏ phụ thuộc vào nhiệt độ.

Kết quả của việc sử dụng hệ thống cộng sinh cố định đạm *Azolla-Anabaena* để cải thiện chất lượng nước thải đô thị đã qua xử lý, đặc biệt là về những gì liên quan đến hiệu quả loại bỏ phốt pho (40-65%), thu được trong các thử nghiệm liên tục được thực hiện trong vài năm qua và đã được trình bày trước đó, là rất hứa hẹn [16].

#### *Sử dụng làm phân bón*

*Azolla* có thể được sử dụng như một loại phân bón sinh học khi nó còn ẩm hoặc có thể được làm khô thành dạng hạt hoặc viên để dễ bảo quản và vận chuyển. Nó cũng có thể được kết hợp với các thành phần khác để sản xuất “siêu phân bón sinh học” như *Hasiru SiriTM* - một trong số nhiều sản phẩm được tiếp thị dưới tên *Hasiru Organics* của *Boothankad Group of Estates (BGE)* thuộc sở hữu của gia đình *Bang Karnataka* của Ấn Độ [17].

Việc sử dụng bèo hoa dâu làm phân bón sinh học, giúp giảm lượng đạm urê phải sản xuất, tiết kiệm đáng kể tài nguyên nước và năng lượng. Năm 2018, trên toàn cầu có 2.170.000 tấn phân urê được sản xuất, tiêu tốn 27.742.225m<sup>3</sup> nước, chiếm 16% lượng nước tiêu thụ toàn cầu; tiêu tốn 376.979.956 kWh điện, chiếm 26% lượng điện tiêu thụ toàn cầu. Giảm sản xuất mỗi tấn urê sẽ tiết kiệm được 12,8m<sup>3</sup> nước và 173,7 kWh điện [6]. Việc sử dụng quá nhiều phân bón tổng hợp (Phân vô cơ) có thể dẫn đến những rủi ro nghiêm trọng về môi trường, trong khi ủ phân xanh và tươi nguyên liệu có thể cung cấp chất dinh dưỡng giải phóng chậm. Nghiên cứu này tuyên bố rằng việc sử dụng phân hữu cơ *Azolla* như một ứng dụng riêng lẻ hoặc kết hợp có thể giảm sử dụng phân bón tổng hợp tới 60% mà không làm giảm đáng kể sự tăng trưởng và năng suất hạt của lúa [8, 18].

Ở châu Phi, nông nghiệp là ngành kinh tế quan trọng nhất và sử dụng 75% lực lượng lao động. Nguồn dự trữ nhiên liệu hóa thạch và chi phí phân bón nitơ thương mại ngày càng tăng đòi hỏi phải tìm ra các giải pháp thay thế khác, chẳng hạn như sử dụng phân bón sinh học, như hệ thống cộng sinh *Azolla-Anabaena*. Loại cây này khá phổ biến ở lục địa châu Phi. Phân loại học của *Azolla* được xem xét và kết quả của dự

án hợp tác giữa Bồ Đào Nha và Guinea-Bissau về việc sử dụng loài dương xỉ thủy sinh này làm phân xanh trong canh tác lúa được phân tích. Cuối cùng, chúng tôi tập trung vào tầm quan trọng của việc sử dụng các sinh vật cố định đạm, như *Azolla*, có thể giúp các nước đang phát triển cải thiện một cách hiệu quả nền nông nghiệp bền vững hơn, không có nguy cơ xảy ra các vấn đề liên quan đến tác động bất lợi của phân bón hóa học đối với độ phì nhiêu của đất trong dài hạn, năng suất đất và các vấn đề môi trường [19].

Bên cạnh đó, việc sử dụng các chất hóa học (hóa chất nông nghiệp và thủy sản) trong thực hành canh tác đưa vào môi trường nhiều chất độc hại khác nhau, gây ra các vấn đề độc hại nghiêm trọng đối với môi trường và sức khỏe con người. Ứng dụng các chất sinh học/hữu cơ trong canh tác nông nghiệp thay cho các chất hóa học là một giải pháp quan trọng và khả thi cho các vấn đề độc hại nêu trên đối với môi trường. *Azolla* (*Azolla* sp.) là loài dương xỉ nổi sống dưới nước, có thể ứng dụng trong nông nghiệp, chăn nuôi, nuôi trồng thủy sản và trồng trọt tổng hợp để cung cấp chất dinh dưỡng và các mục đích khác. Vì vậy, các chất hóa học có thể được thay thế bằng *Azolla* để khắc phục vấn đề gây ra bởi các biện pháp canh tác vô cơ. Rất ít nhà nghiên cứu nhấn mạnh và báo cáo về bối cảnh này, tuy nhiên, thông tin toàn diện liên quan đến việc áp dụng *Azolla* trong các phương pháp canh tác hữu cơ khác nhau là quá ít. Do đó, đánh giá hiện tại đã được tập trung để đưa ra một cái nhìn tổng quát về các khía cạnh ứng dụng khác nhau của *Azolla* trong thực hành canh tác hữu cơ [20].

Đưa cây bèo hoa dâu vào luân canh cây trồng ở các vùng trồng lúa như một loại cây trồng chính. *Azolla* cần phải được đưa vào luân canh ở các vùng trồng lúa và cần tổ chức sản xuất giống tốt. Ở những vùng 3 vụ lúa/năm, có thể trồng 2 vụ lúa 1 vụ bèo hoa dâu; biện pháp này để cho đất nghỉ ngơi và có thời gian hồi phục, ngoài ra vụ bèo để cung cấp dinh dưỡng (N) và cải tạo đất. Bèo hoa dâu còn có tác dụng kiểm soát cỏ dại trong canh tác lúa nước. Vi khuẩn lam trong bèo hoa dâu có tác dụng ức chế mêtan (CH<sub>4</sub>) trong đất sản xuất lúa nước [5, 6].

#### *Giảm phát thải khí nhà kính*

*Azolla* chính là yếu tố đã giúp biến đổi khí hậu nhà kính 49 triệu năm trước, khi nhiệt độ trung bình tại Bắc cực là 20°C sang khí hậu mát mẻ ngày nay với hai cực có băng. Sở dĩ có được sự biến chuyển thần kỳ đó là nhờ khả năng hấp thụ CO<sub>2</sub> gấp nhiều lần cây xanh và gấp đôi sinh khối chỉ sau 3-5 ngày. Ngoài ra, các nghiên cứu gần đây cho thấy *Azolla* còn giúp giảm phát thải khoảng 40% lượng khí nhà kính CH<sub>4</sub> từ ruộng lúa. Bởi lẽ theo các tính toán, tín chỉ các-bon thì 1m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>



tương đương  $28\text{m}^3 \text{CO}_2$ . Theo một số tính toán khác, nếu như 25% diện tích lúa nước ở Việt Nam được thả bèo hoa dâu thì chúng ta sẽ đạt được mục tiêu giảm phát thải 9% khí  $\text{CH}_4$  như Chính phủ Việt Nam đã cam kết tại COP 26. Như vậy Azolla hiện nay đang trở thành một công cụ hữu hiệu trong cuộc chiến cam go chống sự nóng lên toàn cầu (do biến đổi khí hậu) [17].

Bèo hoa dâu có khả năng hấp thụ  $\text{CO}_2$  cao, tăng nhanh khi môi trường chứa nhiều  $\text{CO}_2$ , trong môi trường  $\text{CO}_2$  chiếm khoảng 385ppm (2008), Azolla filiculoides hấp thụ 2.587kg C/ha/năm, tăng lên 4.660kg C/ha/năm ở môi trường 1.000ppm  $\text{CO}_2$ , 6.569kg C/ha/năm, tương đương 24.108kg  $\text{CO}_2$ /ha/năm ở môi trường 1.600ppm  $\text{CO}_2$ . Do vậy, mặt nước gần các nhà máy nhiệt điện nên nuôi bèo hoa dâu để giảm  $\text{CO}_2$  ra môi trường toàn cầu [6].

Bèo hoa dâu làm thức ăn cho động vật nhai lại giúp giảm phát thải khí  $\text{CH}_4$  từ chất thải của chúng. Khí  $\text{CH}_4$  gây hiệu ứng nhà kính cao gấp 25 (Có tài liệu là 28 lần [17]) so với  $\text{CO}_2$  trên cùng một tỷ lệ thể tích. Khí  $\text{CH}_4$  gây hiệu ứng nhà kính chiếm 15 - 20% tổng số khí gây hiệu ứng nhà kính toàn cầu. Theo nghiên cứu của Kimani S.M. và cộng sự 2018, đất trồng lúa nước có thả bèo hoa dâu phát thải khí  $\text{CH}_4$  bằng 2/3 lượng  $\text{CH}_4$  phát thải trên đất lúa nước không thả bèo [6].

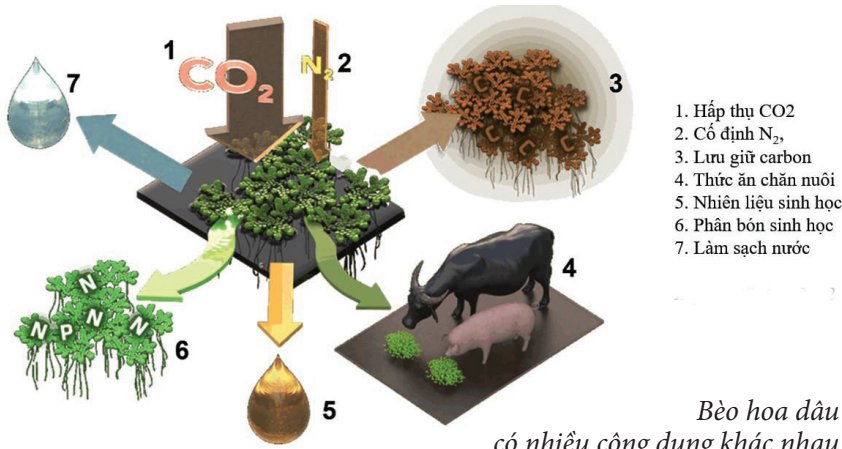
Sử dụng tổng hợp đạm sinh học - hóa học trong canh tác lúa là con đường hướng tới sản xuất lúa gạo bền vững. Các thí nghiệm đã được thực hiện để đánh giá tác động của việc bón Azolla (tảo lam lục) cùng với việc giảm liều lượng bón phân N (urê) khuyến nghị đối với lượng phát thải oxit nitơ ( $\text{N}_2\text{O}$ ),  $\text{CH}_4$ , khả năng gây nóng lên toàn cầu (GWP) và khí nhà kính (GHGI) trong gạo. Bón Azolla cùng với giảm liều lượng urê không làm giảm đáng kể năng suất lúa và GHGI giảm lần lượt là 18,41%, 16,88% và 17,97% ở Pusa 1509, Pusa RH-10 và Pusa-44 khi so sánh đến việc xử lý phân bón được đề nghị. Những phát hiện của nghiên cứu này cho thấy rằng việc sử dụng Azolla trong lúa có thể giúp giảm 25% lượng phân urê bón cho lúa mà không ảnh hưởng đến năng suất lúa. Đây sẽ là một tình huống đôi bên cùng có lợi cho người nông dân, những người sẽ tiết kiệm được chi phí phân bón cũng như cho các nhà hoạch định chính sách bằng cách giảm thiểu phát thải khí nhà kính [8].

#### *Cung cấp dinh dưỡng và thức ăn*

Trong tất cả các chuyến bay vũ trụ từ trước đến nay, các phi hành gia đều được cung cấp oxy, thức ăn và nước từ Trái đất... và chất thải của họ phải được đưa về Trái đất. Các tàu vận tải thực hiện những chức năng đó, bởi vậy sẽ rất khó khăn cho các chuyến du hành vũ trụ với thời gian và khoảng cách dài. Do đó, khi phi hành gia Liên Xô (cũ) Siencopaki còn sống, ông đã

đề xuất khả năng tái chế trong một hệ sinh thái khép kín. Trong hệ thống này, thực vật đóng vai trò rất quan trọng vì chúng quang hợp, hấp thụ  $\text{CO}_2$  và sản xuất  $\text{O}_2$ , cung cấp chất dinh dưỡng và thức ăn. Hơi nước do thực vật thải ra cũng có thể được ngưng tụ và khoáng hóa để sử dụng tiếp. Trong hệ thống hỗ trợ sự sống vòng kín, Azolla có thể tồn tại để thực hiện các chức năng thiết yếu [17].

Từ ngày 24 - 30/7/1980, trên trạm vũ trụ Chào mừng 6, hai nhà du hành vũ trụ Gorbatko (Liên Xô cũ) và Phạm Tuấn đã làm thí nghiệm về bèo hoa dâu. 5 năm sau, một nhóm các nhà khoa học của Việt Nam thuộc Viện Sinh vật học - Viện Khoa học Vật liệu và Liên Xô cũ thuộc Viện các vấn đề Y sinh học, Viện Sinh học phân tử và Di truyền đã có bản báo cáo "Tình trạng không trọng lượng và hoạt động sống của bèo hoa dâu". Thí nghiệm được tiến hành trong hộp có trọng lượng 0,25kg, kích thước 130x120x55mm. Mỗi công thức đã sử dụng 2 thiết bị như đã nói, trong mỗi cái đặt 9 cây. Thiết bị cùng với cây đặt trong tối được đưa lên con tàu vũ trụ, sau đó trong con tàu được đặt gần nguồn chiếu sáng 3-4 klux và nhiệt độ 22 - 23°C. Kết thúc thí nghiệm, thiết bị lại bị tối. Sau khi đưa xuống đất 1/2 số cây dùng để nghiên cứu ngay để thu các chỉ số, còn các cây còn lại được dùng để trồng lại trong điều kiện phòng thí nghiệm ở Viện các vấn đề Y sinh học (Liên Xô cũ) và phòng thí nghiệm sinh lý hóa sinh vật thuộc Viện Sinh vật học (Việt Nam). Song song với thí nghiệm này sau hai ngày tiến hành thực nghiệm đối chứng phòng thí nghiệm và vận chuyển... Báo cáo còn nghiên cứu ảnh hưởng về sau của các nhân tố của chuyến bay vào vũ trụ lên các đặc điểm sinh lý, hóa sinh của bèo hoa dâu: "Sau khi thu được bèo hoa dâu từ vũ trụ trở về chúng tôi đã trồng lại trong điều kiện phòng thí nghiệm. Cây sinh trưởng và phát triển bình thường, ra rễ vào ngày thứ hai. Tốc độ sinh trưởng trong điều kiện không trọng lượng không khác với đối chứng ở trên mặt đất. Thành phần sinh hóa của các thể hệ bèo hoa dâu mà trước đây đã ở trong điều kiện không trọng lượng không bị thay đổi và giống như bèo hoa dâu ở công thức đối chứng. Kết luận: (1) Có thể đề nghị chọn bèo hoa dâu là một trong số những cây đưa vào hệ thống sinh học đảm bảo đời sống trong hệ sinh thái kín; (2) Sự biến đổi cấu trúc hình thái của bèo hoa dâu nhận thấy ở công thức bay và công thức đối chứng vận chuyển không phải do hiệu quả của tình trạng không trọng lượng mà do sự phá hủy định hướng của cây và tác động cơ học lúc vận chuyển; (3) Tình trạng không trọng lượng (6 ngày) không ảnh hưởng đến hoạt động sống bình thường của hệ cộng sinh trong bèo; (4) Tình trạng không trọng lượng (6 ngày)



1. Hấp thụ CO<sub>2</sub>
2. Cố định N<sub>2</sub>
3. Lưu giữ carbon
4. Thức ăn chăn nuôi
5. Nhiên liệu sinh học
6. Phân bón sinh học
7. Làm sạch nước

Bèo hoa dâu có nhiều công dụng khác nhau

không ảnh hưởng đến hoạt động sống của bèo hoa dâu lúc trồng lại về sau trên mặt đất. Khi nghiệm thu để tài, các nhà khoa học ngoài kiến nghị tiến hành nghiên cứu tiếp để sớm đưa bèo hoa dâu sử dụng vào hệ sinh thái kín trong các con tàu vũ trụ còn để nghị tìm hiểu giá trị dinh dưỡng cho người; tác dụng chống phóng xạ; tính ứng dụng vào đời sống [17].

*Sản xuất làm dược liệu*

Thuốc dựa trên thực vật hiện nay có nhu cầu lớn ở các nước đang phát triển về chăm sóc sức khỏe ban đầu không phải vì chúng rẻ mà còn tốt hơn khả năng tương thích với hệ thống cơ thể con người và tác dụng phụ rất thấp. Vì lý do này, đánh giá hiện tại tập trung để tiết lộ ý nghĩa dược phẩm của loài Azolla.

Thuốc Phylamin (bào chế từ cây bèo hoa dâu) đã được cấp Bằng độc quyền sáng chế (cán bộ của Viện là đồng tác giả) và được Bộ Y tế Việt Nam cho phép lưu hành từ năm 1993 với công dụng: Bổ sung dưỡng chất thiết yếu; Tăng sinh lực, thể lực và hạ cholesterol; Tăng cường miễn dịch và giảm tác dụng phụ của xạ trị và hóa trị liệu - góp phần tăng chất lượng sống của bệnh nhân ung thư và người cao tuổi.

**3. MỘT SỐ GIẢI PHÁP PHÁT TRIỂN BÈO HOA DÂU GÓP PHẦN XÂY DỰNG NỀN NÔNG NGHIỆP BỀN VỮNG HẠN CHẾ PHÁT THẢI**

*Một là*, nghiên cứu và cải tiến công nghệ nhân giống: Hiện nay nhân giống bèo hoa dâu chủ yếu bằng phương pháp vô tính, còn hạn chế lớn trong sản xuất đại trà và bảo quản giống lâu dài. Cần tập trung nghiên cứu quá trình sinh sản hữu tính và quy trình bảo quản bào tử, phát triển các giống bèo có tính trạng quý, khả năng sinh trưởng ổn định hơn, phù hợp với điều kiện khí hậu đa dạng để nâng cao hiệu quả sản xuất giống và ứng dụng rộng rãi hơn.

*Hai là*, mở rộng ứng dụng trong nông nghiệp bền vững: Azolla nên được phát triển như một công cụ quan trọng trong nông nghiệp hữu cơ, phân bón sinh học, giảm dùng phân bón hóa học, cải tạo đất và nâng cao độ phì nhiêu đất. Đồng thời thúc đẩy hệ thống luân canh hoặc xen canh với cây lúa, đặc biệt ở vùng canh tác 3 vụ lúa/năm nhằm cân bằng dinh dưỡng cho đất và tăng năng suất cây trồng.

*Ba là*, phát triển các ứng dụng môi trường và xử lý ô nhiễm: Khai thác tối đa khả năng làm sạch nước thải, hấp thụ kim loại nặng và giảm phát thải khí nhà kính như CH<sub>4</sub> từ ruộng lúa và khí thải động vật. Tăng cường nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi Azolla trong xử lý môi trường, phục hồi nguồn lợi thủy sản và liên kết với các hệ thống sinh thái khác để tạo hệ sinh thái cân bằng.

*Bốn là*, phát triển chế phẩm từ Azolla trong y dược và thức ăn: Nghiên cứu sâu hơn về các tính năng dược liệu của Azolla, mở rộng sản xuất các chế phẩm hỗ trợ sức khỏe như Phylamin và các sản phẩm bổ sung dinh dưỡng. Đồng thời phát triển nguồn thức ăn chăn nuôi giàu protein từ Azolla cho gia cầm, cá và động vật nhai lại nhằm hướng tới sự bền vững trong ngành chăn nuôi.

*Năm là*, ứng dụng Azolla trong các hệ sinh thái khép kín và không gian: Nghiên cứu và ứng dụng Azolla trong hệ thống sinh thái kín, như môi trường không gian và các chuyến bay lâu dài nhằm tái chế không khí, cung cấp dinh dưỡng và thức ăn, đồng thời xử lý chất thải sinh học. Điều này mở ra hướng phát triển khoa học công nghệ mới dựa trên Azolla trong lĩnh vực sinh học vũ trụ.

*Sáu là*, giải pháp nâng cao nhận thức và thúc đẩy lấy công nghệ vào sản xuất: Tuyên truyền, đào tạo và hỗ trợ kỹ thuật cho người nông dân, các tổ chức, doanh nghiệp về lợi ích và cách thức sử dụng Azolla hiệu quả trong nông nghiệp và môi trường. Tổ chức sản xuất giống tốt, quy trình nuôi trồng đại trà để tạo chuỗi giá trị bền vững cho sản phẩm Azolla.

Các giải pháp này nhằm thúc đẩy việc ứng dụng và phát triển bèo hoa dâu hiệu quả, góp phần BVMT và phát triển nông nghiệp bền vững trong tương lai ■

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Jonathan Bujak & Alexandra, dịch giả Phạm Gia Minh, "The Azolla story-A message from the future", Hà Nội: Tri thức, 2022.
2. Phạm Thị Thu Hương, "Khoa học - Công nghệ của



- Báo Nông nghiệp Việt Nam" [Online]. Available: [baonongnghiepdientu@gmail.com](mailto:baonongnghiepdientu@gmail.com). [Accessed 02 5 2023].
3. Nor Anis Nadhirah Md Nasir, Irnis Azura Zakarya, Saadi Ahmad Kamaruddin, "Comparative hyperaccumulator of *Azolla pinnata* and *Lemna minor* for livestock wastewater treatment: morpho-physiological and genetic approach", [Online]. Available: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2572090/v1>. [Accessed 03 5 2023].
  4. S. Prabakaran a, T. Mohanraj a, A. Arumugam b, S. Sudalai c; "A state-of-the-art review on the environmental benefits and prospects of *Azolla* in biofuel, bioremediation and biofertilizer applications", [Online]. Available: DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2572090/v1>. [Accessed 3 5 2023].
  5. Maldonado a, Edmundo G. Moreno Terrazas b, Franz Zirena Vilca c d (2022), "Application of duckweed (*Lemna sp.*) and water fern (*Azolla sp.*) in the removal of pharmaceutical residues in water: State of art focus on antibiotics", [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156565>. [Accessed 3 5 2023].
  6. Muhammad Akhtar, Nadeem Sarwar, Arooba Ashraf, Amjad Ejaz, Shafaqat Ali & Muhammad Rizwan (2020); "Beneficial role of *Azolla sp.* in paddy soils and their use as bioremediators in polluted aqueous environments: implications and future perspectives", [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1786885>. [Accessed 3 5 2023].
  7. K. Malyan a 1, Arti Bhatia a, Smita S. Kumar b, Ram Kishor Fagodiya c, Arivalagan Pugazhendhi d, Pham Anh Duc (2019); "Mitigation of greenhouse gas intensity by supplementing with *Azolla* and moderating the dose of nitrogen fertilizer", [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101266>. [Accessed 3 5 2023].
  8. Mahmoud F. Seleiman, Omnia M. Elshayb, Abdelwahed M. Nada, Sara A. El-leithy, Lina Baz, Bushra A. Alhammad and Ayman H. A. Mahdi (2022); "Azolla Compost as an Approach for Enhancing Growth, Productivity and Nutrient Uptake of *Oryza sativa L.*", [Online]. Available: *Agronomy* 2022, 12(2), 416; <https://doi.org/10.3390/agronomy12020416>. [Accessed 3 5 2023].
  9. Anjuli Sood, Perm L. Uniyal, Radha Prasanna & Amrik S. Ahluwalia, "Phytoremediation Potential of Aquatic Macrophyte, *Azolla*", vol. 41, pp. 122-137, 2012.
  10. Paul Brouwer, Henriette Schlupepmann, Klaas GJ Nierop, Janneke Elderson, Peter K Bijl, Ingrid van der Meer, Willem de Visser, Gert-Jan Reichart, Sjeef meekens, and Adrie van der Werf (2018); "Growing *Azolla* to produce sustainable protein feed: the effect", "Growing *Azolla* to produce sustainable protein feed: the effect", *Journal of The Science of Food and Agriculture.*, vol. 98(12): 4759-4768, 2018.
  11. Andre Lejeune, Arsenia Cagauanl and Charles Van Hovel (1998), "Azolla Research and Development: Recent Trends and Priorities", in the 8th Congress of the African Association for Biological Nitrogen Fixation, November 23-27, 1998, 1999.
  12. Francisco Carrapiço, Generosa Teixeira & M. Adélia Diniz (2000); "Azolla as a biofertiliser in africa. a challenge for the future", "azolla as a biofertiliser in africa. a challenge for the future", *Revista de Ciências Agrárias, Lisboa, Portugal, Vols. 23 (3-4), 2000, pp. 120-138, 2000.*
  13. Jatindra Nath Bhakta, PhD - Professor, Department of Ecological Studies & International Centre for Ecological Engineering, University of Kalyani, West Bengal, India, *Research Advancements in Organic Farming, Chapter 10. The Role of Azolla in Organic Farming, BISAC: SCI026000, DOI: https://doi.org/10.52305/VAUE5779, 2023.*
  14. Nguyễn Hữu Thuộc, Nguyễn Quốc Thông, Nguyễn Thị Chi, "Sử dụng công nghệ tế bào để thu nhận bào hoa đậu (hệ cộng sinh của Dương xỉ *Azolla* và vi khuẩn *Lam Anabaena Azolla*) và tạo các dạng bào có tính trạng quý", <http://tailieudientu.lrc.tnu.edu.vn> › Upload › brief, 1987.
  15. Ansari, M. A. & Sharma, V. P., "Role of azolla in controlling mosquito breeding in Ghaziabad District villages (U.P.)", *Indian J. Malariol*, vol. vol. 28, pp. pp. 51-54, 1991.
  16. Antunes, A. P. M., Watkins, G. M. & Duncan, J. R., "Batch studies on the removal of gold (III) from aqueous solution by *Azolla filiculoides*", *Biotechnology Letters*, vol. vol. 23, pp. pp. 249-251, 2001.
  17. Basak, B., Pramanik, A. H., Rahmnan, M. S., Taradar, S. U. & Roy. B.C., "Azolla (*Azolla pinnata*) as a feed ingredient in broiler ration", *Int. J. Poult. Sci.*, Vols. pp. 29-24., pp. pp. 29-24, 2002.
  18. Becerra, M. , Preston, T. R. & Ogle, B., "Effect of replacing whole boiled soya beans with azolla in the diets of growing ducks", *Livestock Research and Rural Development*, Vols. vol. 7, no. 3, pp. pp. 1-10, 1995.
  19. Costa, M.L., Santos, M.C., Carrapiço, F. & Pereira, A.L, "Azolla-anabaena's behaviour in urban wastewater and artificial media - Influence of combined nitrogen", *Water Research* , vol. vol. 43, pp. pp. 3743-3750, 2009.
  20. Dao, T. T. & Tran, Q. T., "Use of azolla in rice production in Vietnam", In *Nitrogen and Rice*, ed. IRRI, pp. pp. 395-405, 1979.