



Original Article

Synthesis of Nd - Glutamate Complex for *Paris polyphylla* Smith Stimulant Application

Truong Doan Thuat¹, Phan Phuoc Minh Hiep¹, Nguyen Thi Lieu¹, Phan Thi Dieu¹,
Vo Thi Tuyet Mai¹, Vo Thi Trong Hoa¹, Do Thi Diem Thuy¹, Cao Van Hoang^{1,*},
Nguyen Tri Quoc², Mai Hung Thanh Tung³

¹Quy Nhon University, An Duong Vuong, Quy Nhon, Vietnam

²Mien Trung Industry and Trade College, 251 Nguyen Tat Thanh, Tuy Hoa, Vietnam

³HCMC University of Industry and Trade, 140 Le Trong Tan, Tan Phu, Ho Chi Minh, Vietnam

Received 23 March 2023

Revised 07 May 2023; Accepted 12 July 2023

Abstract: Nd(HGlu)₃.3H₂O complexes were successfully synthesized using neodymium (III) nitrate and glutamic acid solution. Effects of glutamic acid concentration, preparation times and glutamic acid/Nd ratios on the reaction performance and the structure of the complexes were investigated. These fabricated complexes have been characterized by infrared spectroscopy (IR), thermogravimetric analysis (TGA) and mass spectrometry (MS). The obtained results showed that Nd[HGlu]₃.3H₂O complex improved the growth of *Paris polyphylla* Smith as compared to the control sample.

Keywords: Glutamic acid, Nd(HGlu)₃.3H₂O, complex, growth, *Paris polyphylla* Smith.

* Corresponding author.

E-mail address: caovanhoang@qnu.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.5549>

Nghiên cứu tổng hợp phức Nd - Glutamate từ quặng monazite bình định ứng dụng làm phân bón cho cây Bắp lá một hoa

Trương Đoàn Thuật¹, Phan Phước Minh Hiệp¹, Nguyễn Thị Liễu¹, Phan Thị Diệu¹,
Võ Thị Tuyết Mai¹, Võ Thị Trọng Hoa¹, Đỗ Thị Diễm Thúy¹, Cao Văn Hoàng^{1,*},
Nguyễn Trí Quốc², Mai Hùng Thanh Tùng³

¹Trường Đại học Quy Nhơn, An Dương Vương, Thành phố Quy Nhơn, Việt Nam

²Trường Cao đẳng Công thương Miền trung, 251 Nguyễn Tất Thành, Tuy Hòa, Việt Nam

³Trường Đại học Công thương Thành phố Hồ Chí Minh, 140 Lê Trọng Tấn, Tân Phú, Hồ Chí Minh, Việt Nam

Nhận ngày 23 tháng 3 năm 2023

Chỉnh sửa ngày 07 tháng 5 năm 2023; Chấp nhận đăng ngày 12 tháng 7 năm 2023

Tóm tắt: Phức chất Nd(HGlu)₃.3H₂O được tổng hợp thành công từ neodymium (III) nitrate và glutamic acid. Ảnh hưởng của nồng độ glutamic acid, thời gian phản ứng và tỉ lệ mol glutamic acid/Nd đến hiệu suất tạo phức đã được khảo sát. Phức chất tổng hợp được đặc trưng bằng phương pháp phổ hồng ngoại (IR), phương pháp phân tích nhiệt (TGA) và phổ khối lượng (MS). Kết quả khảo sát sự ảnh hưởng của phức chất Nd(HGlu)₃.3H₂O đến khả năng sinh trưởng của cây Bắp lá một hoa cho thấy, phức chất có khả năng làm tăng kích thước thân chính so với mẫu đối chứng.

Từ khóa: Glutamic acid Nd(HGlu)₃.3H₂O, phức chất, sinh trưởng, Bắp lá một hoa.

1. Mở đầu

Từ những năm 1970, nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng, hiệu quả của phân bón đối với cây trồng có thể được gia tăng đáng kể thông qua việc bổ sung một lượng nhỏ của các nguyên tố đất hiếm trong phân bón [1-4]. Ở nước ta hiện đã có nhiều công trình nghiên cứu về phức đất hiếm với một số phối tử hữu cơ ứng dụng trong lĩnh vực nông nghiệp công nghệ cao. Võ Văn Tân và cộng sự đã tổng hợp thành công phức chất glutamate - neodymium làm phân bón vi lượng cho cây cà chua và kết quả thu được là năng suất cà chua khá cao cũng như quả thu được đồng đều và căng bóng [5]. Nguyễn Bá Tiến [6] đã tổng hợp thành công phân bón vi lượng đất hiếm ứng dụng cho cây chè Thái Nguyên, kết quả thu được cho thấy, hàm lượng tannin cao hơn gấp 1,5 lần so với mẫu đối

chứng và hương chè cũng thơm hơn. Nguyễn Hữu Thiêng và cộng sự [7] đã tổng hợp thành công hệ phức đất hiếm với hỗn hợp phối tử amino acid và O-phenantroline và bước đầu thăm dò hoạt tính sinh học của các phức chất. Điều này chứng tỏ việc ứng dụng đất hiếm vào trong lĩnh vực sản xuất nông nghiệp đang dần trở nên phổ biến. Phân bón có chứa các nguyên tố đất hiếm có thể làm tăng quá trình trao đổi chất của cây trồng, tăng sự phát triển của bộ rễ, tăng khả năng chống hạn, tăng khả năng chịu đựng sâu bệnh và tăng khả năng hấp thụ nitơ của cây trồng do đó làm tăng hiệu quả cả về sản lượng và chất lượng. Cho đến nay, phân bón chứa đất hiếm đã được áp dụng trên cây trồng nhằm làm tăng sản lượng, chất lượng của trên 50 loại cây trồng bao gồm cây lương thực, cây lấy đường, cây công nghiệp, cây ăn trái và các loại rau. Nhiều nghiên cứu về phân bón đất hiếm cũng đã được thực hiện nhằm khẳng định vai trò của đất hiếm đối với sự tăng trưởng và kích thích sự tổng hợp diệp lục, thúc đẩy sự phát triển của cây trồng [8-12]. Sự tích lũy đất

* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: caovanhoang@qnu.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.5549>

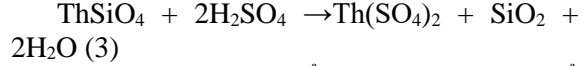
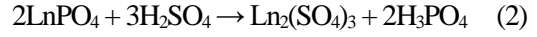
hiếm phụ thuộc vào liều lượng đất hiếm sử dụng [13-15].

Trong nghiên cứu này, phức Nd-Glutamate được điều chế từ quặng monazite Bình Định và khảo sát ảnh hưởng đến chiều cao thân chính đối với cây dược liệu Bảy lá một hoa.

2. Thực nghiệm

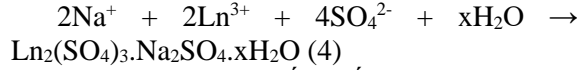
2.1. Tổng hợp phức Nd - Glutamate

Tách đất hiếm Nd từ quặng monazite:
 Tinh quặng monazite mỏ Nam Đê Gi (Bình Định) được sấy khô và rây phân chia kích thước xác định. Mỗi thí nghiệm lấy 200 g quặng để nghiên cứu. Cân quặng monazite đã được nghiền mịn cho vào bình cầu có dung tích 2 lít, cho tiếp H₂SO₄ 90% vào theo tỉ lệ quặng(g)/acid (g) = 1/3. Đun trong tủ hút ở nhiệt độ 180 °C trong 6 giờ [16].

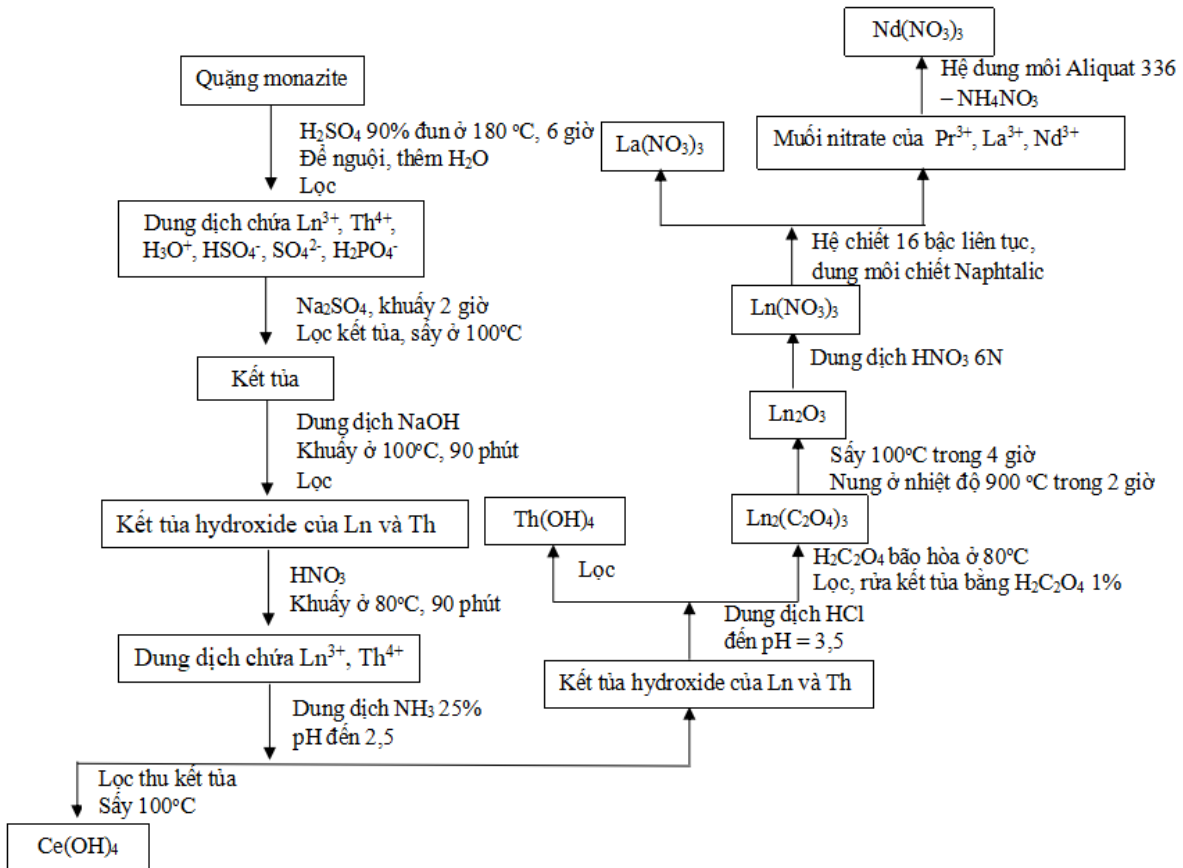


Sau khi đun 6 giờ, để nguội trong tủ hút để tránh SO₂ bay ra, quặng chuyển thành dạng bùn nhão có màu xám. Cho nước cất vào khuấy đều theo tỉ lệ quặng(g)/H₂O(ml) = 1/13. Lọc lấy dung dịch có màu xanh lam hơi nhạt chứa Ln³⁺, Th⁴⁺, H₃O⁺, HSO₄⁻, SO₄²⁻, H₂PO₄⁻.

Cho Na₂SO₄ rắn vào dung dịch thu được theo tỉ lệ quặng (g)/Na₂SO₄(g) = 1/4, khuấy từ trong 2 giờ ở nhiệt độ thường. Lọc lấy kết tủa, làm khô kết tủa ở 100 °C, kết tủa có màu xám trắng.

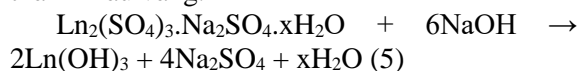


Quy trình tách đất hiếm Nd từ quặng monazite được trình bày ở Hình 1.

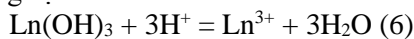


Hình 1. Quy trình tách đất hiếm Nd từ quặng monazite.

Hòa tan NaOH rắn vào nước cất rồi cho kết tủa ở trên theo tỉ lệ quặng(g)/NaOH(g) = 1/3, sau đó khuấy từ ở 100 °C trong 90 phút. Lọc lấy kết tủa (kết tủa màu xám trắng), làm khô kết tủa ở 100 °C. Sau khi làm khô, hydroxide của các nguyên tố đất hiếm từ màu xám trắng chuyển thành màu vàng.



Hòa tan hydroxide của các nguyên tố đất hiếm bằng dung dịch HNO_3 (tỉ lệ dd HNO_3 : H_2O là 4:3) ở 80 °C trong 90 phút, thu được dung dịch có màu đỏ da cam.



Cho dung dịch NH_3 đặc 25% vào dung dịch trên đến pH = 2,5 thu được kết tủa xeri (IV) hydroxide. Sau khi lọc phần kết tủa được làm khô ở 100 °C, thu được $\text{Ce}(\text{OH})_4$ có màu vàng nhạt.

Hòa tan kết tủa hydroxide đất hiếm $[\text{Ln}(\text{OH})_3]$ trong dung dịch HCl. Hiệu chỉnh giá trị pH của dung dịch về 3,5 để tách kết tủa $\text{Th}(\text{OH})_4$. Sau đó, dùng dung dịch $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ bão hòa ở 80 °C để kết tủa hết lượng đất hiếm dưới dạng $\text{Ln}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ trong khoảng 12 giờ, lọc lấy kết tủa và rửa lại bằng dung dịch $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 1%. Sấy khô kết tủa oxalate đất hiếm ở 100 °C trong vòng 4 giờ, sau đó cho vào chén sứ và tiến hành nung ở nhiệt độ 900 °C trong 2 giờ, thu được tổng oxide đất hiếm Ln_2O_3 . Hòa tan tổng oxide đất hiếm Ln_2O_3 bằng HNO_3 6N thu được dung dịch $\text{Ln}(\text{NO}_3)_3$ và cho qua hệ chiết 16 bậc liên

tục bằng dung môi chiết Naphtalic tách được La^{3+} ra khỏi hỗn hợp Pr^{3+} , La^{3+} , Nd^{3+} . Sau đó sử dụng dung môi Aliquat 336 - NH_4NO_3 tách được riêng lẻ Pr^{3+} và Nd^{3+} ở dạng muối nitrate [16].

Tổng hợp phức Nd - Glutamate: lấy 100 mL dung dịch $\text{Nd}(\text{NO}_3)_3$ có nồng độ 0,5 M vào cốc 250 mL, thêm từ từ dung dịch NH_4OH đến pH = 9 thì dừng lại ta sẽ thu kết tủa $\text{Nd}(\text{OH})_3$. Chuyển toàn bộ kết tủa này vào cốc 250 mL. Sau đó thêm glutamic acid vào cốc chứa kết tủa hydroxide neodymium theo các nồng độ acid từ 1 đến 4 M và gia nhiệt ở 80 °C. Duy trì nhiệt độ ở 80 °C để kết tủa tan hoàn toàn, sau đó đun nhẹ đến khi tạo váng trên bề mặt dung dịch thì dừng lại để kết tinh phức chất đất hiếm trong 4 giờ. Lọc rửa phức chất kết tinh bằng cồn tuyệt đối thu được phức chất Nd-glutamate. Sau đó, tiếp tục thu phần dung dịch để phân tích hàm lượng nguyên tố Nd chưa tạo phức. Nồng độ glutamic acid thay đổi lần lượt là 1, 2, 3 và 4M. Tỷ lệ mol glutamic acid/Nd thay đổi lần lượt là 1/1, 2/1, 3/1 và 4/1. Quy trình tổng hợp phức Nd - Glutamate được trình bày ở Hình 2.

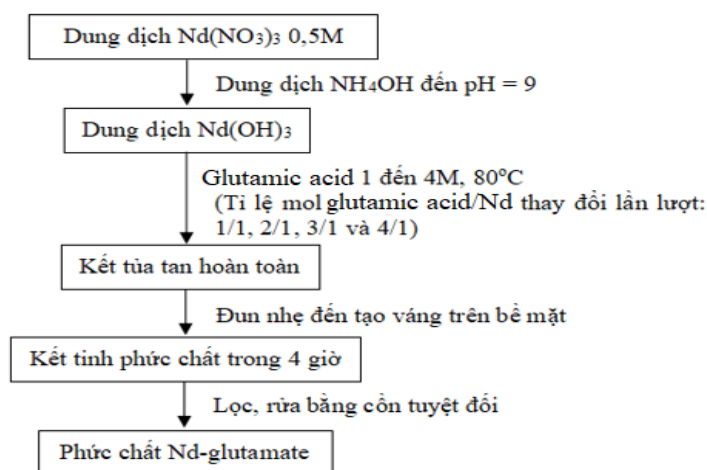
Hiệu suất kết tủa của phức chất đất hiếm được tính như sau:

$$\text{Hiệu suất} = (\text{C}_i - \text{C}_f) / \text{C}_i \times 100$$

Trong đó:

C_i : nồng độ Nd ban đầu;

C_f : nồng độ Nd trong dung dịch sau khi tạo phức.



Hình 2. Quy trình tổng hợp phức Nd - Glutamate.

2.2. Đặc trưng vật liệu

Đặc trưng các liên kết hóa học của vật liệu tổng hợp được xác định bằng phương pháp phổ hồng ngoại (FTIR- Tensor-27, Bruker). Phổ khối lượng của phức chất được xác định theo phương pháp LC/MS (6470B Triple quadrupole LC/MS). Độ bền của vật liệu được xác định bằng phương pháp phân tích nhiệt (Shimadzu DTA-50H). Hàm lượng Nd còn lại trong dung dịch được xác định bằng phương pháp plasma cao tần cảm ứng ghép nối khối phổ (Elan 9000 DRC).

2.3. Thí nghiệm khảo sát khả năng kích thích sinh trưởng của phức chất Nd-glutamate đến chiều cao thân chính cây Bắp lá một hoa

Địa chỉ trồng Bắp lá một hoa: xã An Toàn, huyện An Lão, tỉnh Bình Định.

Thời gian khảo sát: từ 15/4/2022 đến 15/8/2022.

Bố trí thí nghiệm ở điều kiện tự nhiên ngoài đồng ruộng trên 2 công thức thí nghiệm (I và II), được bố trí theo phương pháp khối hoàn toàn ngẫu nhiên, với 3 lần nhắc lại (a, b, c), diện tích mỗi ô thí nghiệm là 30 m² [4].

Diện tích thí nghiệm:

+ Tổng số ô thí nghiệm: 6 ô (2 công thức x 3 lần lặp lại)

+ Diện tích mỗi ô thí nghiệm: 30 m²

+ Diện tích thí nghiệm: 30 m² × 6 ô = 180 m²

Công thức thí nghiệm:

Ký hiệu	Thành phần (tính cho 1 ha)
ĐC	15 tấn phân chuồng + 25kg N+ 25 kg P ₂ O ₅ + 12 kg K ₂ O
Phức chất Nd-glutamate	15 tấn phân chuồng + 25kg N+ 25 kg P ₂ O ₅ + 12 kg K ₂ O + 1 lít dung dịch Phức chất Nd-glutamate 1000 mg/L (pha trong 360 lit nước trước khi phun)

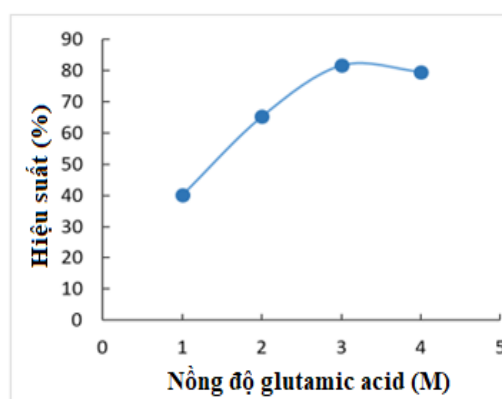
- Thời gian phun vật liệu phức chất Nd-glutamate: phun 1 lần vào ngày 15/4/2022 trong kỳ khảo nghiệm (15/4/2022 - 15/8/2022), phun cho cây (phun lá) lúc chiều mát, không phun trước khi mưa.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Khảo sát điều kiện thích hợp tổng hợp phức chất Nd - Glutamate

a) Ảnh hưởng của nồng độ glutamic acid đến hiệu suất kết tinh của phức chất Nd-glutamate

Ảnh hưởng của nồng độ glutamic acid đến hiệu suất tạo phức chất đất hiếm Nd - glutamate được trình bày ở Hình 3.



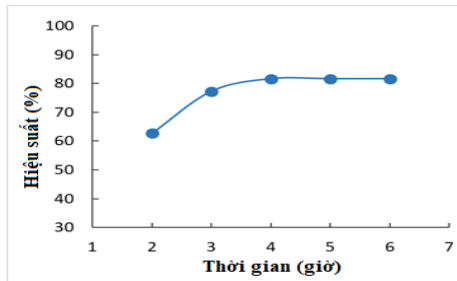
Hình 3. Ảnh hưởng của nồng độ glutamic acid đến hiệu suất tạo phức chất đất hiếm Nd - glutamate.

Kết quả ở Hình 3 cho thấy, khi nồng độ glutamic acid tăng từ 1 M đến 3 M thì hiệu suất thu được phức chất Nd - glutamate tăng và đạt 81,6%. Tuy nhiên khi tăng nồng độ glutamic acid lên 4 M thì hiệu suất có sự giảm nhẹ (79,55%). Điều này được lý giải là do khi ở nồng độ cao acid glutamic dễ bị kết tinh lại làm ngăn cản phản ứng tạo phức giữa glutamic acid và neodymium. Vì vậy, nồng độ glutamic acid thích hợp được chọn là 3 M để tiến hành cho các nghiên cứu sự tạo phức Nd - glutamate.

b) Ảnh hưởng của thời gian đến hiệu suất tổng hợp phức chất Nd-glutamate

Kết quả khảo sát về ảnh hưởng của thời gian đến hiệu suất tổng hợp phức chất Nd-glutamate được trình bày ở Hình 4. Thời gian phản ứng tạo phức chất Nd- glutamate ảnh hưởng lớn đến hiệu suất tạo phức. Khi thời gian phản ứng tạo phức tăng thì hiệu suất tạo phức Nd - glutamate cũng tăng theo. Nhưng hiệu suất tạo phức cũng chỉ tăng đến 1 giá trị nhất định, khi đó tăng tiếp

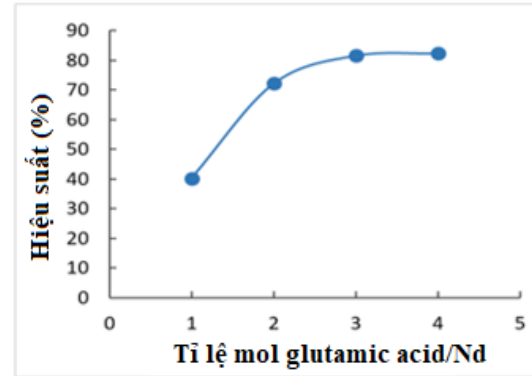
thời gian phản ứng tạo phức thì hiệu suất tạo phức chất cũng không tăng. Kết quả ở Hình 4 cho thấy, thời gian phản ứng thích hợp để tổng hợp phức chất Nd - glutamat là 4 giờ.



Hình 4. Sự ảnh hưởng của thời gian phản ứng đến hiệu suất thu phức chất Nd-glutamat.

c) Nghiên cứu ảnh hưởng tỷ lệ mol glutamic acid/Nd đến hiệu suất kết tinh phức Nd-glutamate

Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ mol glutamic acid/Nd đến hiệu suất kết tinh phức Nd-glutamate được trình bày ở Hình 5. Kết quả cho thấy ở tỷ lệ mol glutamic acid/Nd lớn thì hiệu suất tạo phức chất tăng hay nói cách khác tỷ lệ glutamic acid/Nd càng lớn thì khả năng kim loại neodymium tạo phức càng lớn. Trong nghiên cứu này tỷ lệ mol glutamic acid/Nd được lựa chọn là 3/1, vì khi tăng tiếp tỷ lệ này lên 4/1 thì hiệu suất có tăng nhưng không nhiều chỉ tăng từ 81,6 lên 82,38%. Mặt khác khi lượng glutamic acid lớn hơn lượng neodymium quá nhiều thì khi kết tinh tạo phức cũng kèm theo cả sự kết tinh của glutamic acid dư thừa.

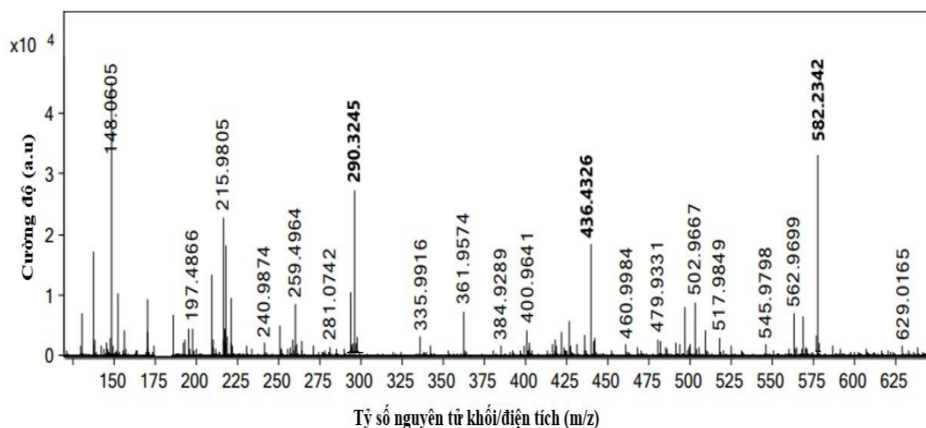


Hình 5. Đồ thị ảnh hưởng của tỷ lệ mol glutamic acid/Nd đến hiệu suất thu phức chất Nd-glutamate.

Từ kết quả nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng tạo phức của các nguyên tố đất hiếm cho thấy điều kiện tối ưu để tổng hợp phức chất Nd-glutamate là: nồng độ glutamic acid là 3 M; tỷ lệ mol glutamic acid/Nd là 3/1; thời gian tạo phức là 4 giờ.

3.2. Đặc trưng phức chất Nd-glutamate

Để nghiên cứu thành phần phức chất Nd - glutamate, phức chất được đặc trưng bằng phổ khối lượng. Trên phổ khối lượng của phức chất Nd-glutamate (Hình 6) có xuất hiện các pic có cường độ mạnh, đồng thời có giá trị m/Z đạt giá trị lớn nhất tại 290,3245, 436,4326 và 582,2342 ứng với khối lượng phân tử của $[\text{Nd}(\text{Glu})]^{2+}$, $[\text{Nd}(\text{Glu})_2]^+$ và $[\text{Nd}(\text{Glu})_3]$.

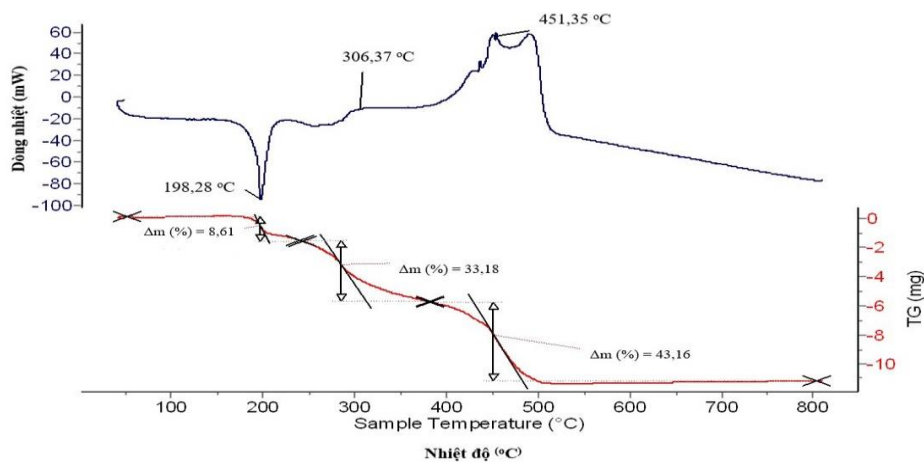


Hình 6. Phổ khối lượng của phức Nd - glutamate.

Giản đồ phân tích nhiệt của phức chất Nd - glutamate được khảo sát trong cùng điều kiện phân tích được trình bày ở Hình 7. Từ giản đồ phân tích nhiệt cho thấy, trên đường cong DTA có một hiệu ứng thu nhiệt ở 198,28 °C và hai hiệu ứng tỏa nhiệt ở 306,37 và 451,35 °C. Giản đồ TGA của phức chỉ ra rằng quá trình phân hủy phức Nd - glutamate có thể chia thành 3 giai đoạn. Giai đoạn đầu tiên hoàn tất tại 245 °C ứng với sự giảm 8,61% khối lượng. Khối lượng giảm này phù hợp với giá trị lý

thuyết của 8,49% khối lượng tương ứng với 3 phân tử nước tách ra. Giai đoạn thứ hai kết thúc ở 380 °C ứng với việc giảm 33,18% khối lượng. Giai đoạn thứ hai này tương ứng với sự phân hủy dần dần của ion HGLu-.

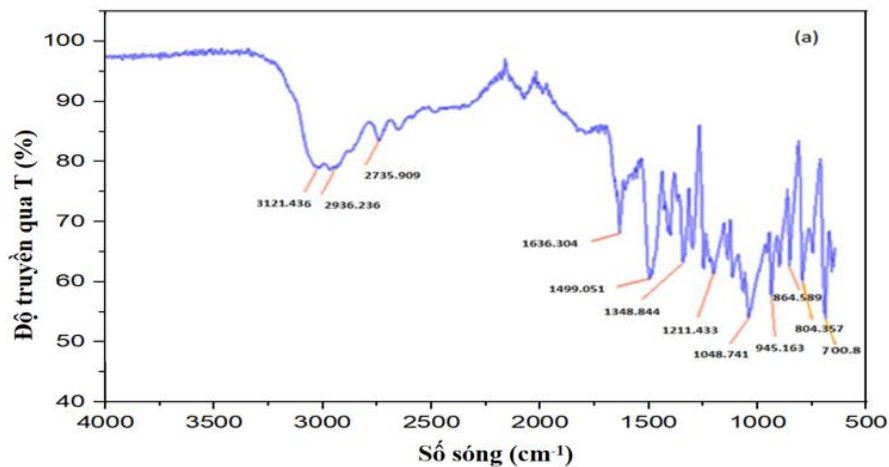
Ở giai đoạn 3, khối lượng tiếp tục bị giảm 43,16%, được cho là do ion HGLu- tiếp tục bị phân hủy, phần khối lượng còn lại không thay đổi được biết là của hợp chất Nd_2O_3 . Như vậy công thức giả định của phức là $\text{Nd}(\text{HGLu})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ [5].

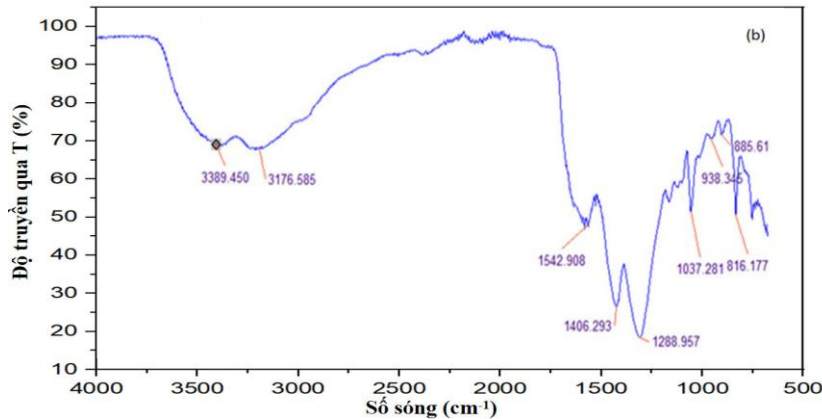


Hình 7. Giản đồ phân tích nhiệt của phức chất Nd-glutamate.

Các đặc điểm liên kết trong glutamic acid và phức chất Glutamate - Nd được khảo sát bằng phổ hồng ngoại, kết quả được trình bày ở Hình 8. Kết quả phổ hấp thụ hồng ngoại của

phức chất Nd-Glutamat (Hình 8b) có sự khác nhau về hình dạng cũng như vị trí của cái dải hấp thụ đặc trưng so với phổ của glutamic acid tự do (Hình 8a).





Hình 8. Phổ hấp thụ hồng ngoại của glutamic acid (a) và phức chất $\text{Nd}(\text{HGlu})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (b).

Điều này cho thấy đã xảy ra sự tạo phức giữa ion Nd^{3+} với glutamic acid. Cụ thể: Các dải phổ hấp thụ ở số sóng 1499,1 và 1636,3 cm^{-1} lần lượt đặc trưng cho dao động hoá trị đối xứng và bất đối xứng đặc trưng cho nhóm $-\text{COO}-$ trên phổ hồng ngoại của glutamic acid tự do dịch chuyển về vùng có số sóng thấp hơn (1406,3 và 1542,9 cm^{-1}) trên phổ của phức chất chứng tỏ nhóm cacboxyl của glutamic acid đã tạo phối trí với ion Nd^{3+} . Bên cạnh đó, trên phổ hồng ngoại của phức Nd-glutamate còn có sự dịch chuyển mạnh số sóng từ 3121,42 cm^{-1} ứng với nhóm $-\text{NH}_3^+$ trong phổ của glutamic acid thành

3389,5 cm^{-1} , chứng tỏ có sự phối trí giữa Nd và $-\text{NH}_2$ gây ra sự chuyển dịch này.

3.3. Khả năng kích thích sinh trưởng của $\text{Nd}(\text{HGlu})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ đến chiều cao thân chính Báy lá một hoa

Do thời gian sinh trưởng của cây Báy lá một hoa từ khi trồng đến khi thu hoạch ít nhất phải 5 năm nên trong nghiên cứu này, thông số đánh giá sự phát triển của cây Báy lá một hoa là chiều cao thân chính. Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của phức chất $\text{Nd}(\text{HGlu})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ đến chiều cao thân chính của cây Báy lá một hoa được trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1. Ảnh hưởng của phức $\text{Nd}(\text{HGlu})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ đến chiều cao thân chính của cây Báy lá một hoa

Công thức	Đơn vị	Kỳ khảo sát từ 15/4/2022 - 15/8/2022		
		15/4	15/6	15/8
Đối chứng	cm	29,12± 0,23	32,23± 0,25	36,22± 0,13
Phức chất Nd-glutamate	cm	29,12 ± 0,23	35,32± 0,32	39,30± 0,21

Tại kỳ theo dõi từ ngày 15/4/2022 đến ngày 15/8/2022, chiều cao thân chính cây Báy lá một hoa tăng dần. Cụ thể: đối với mẫu đối chứng, chiều cao thân chính tăng từ 39,12 - 46,22 cm; còn mẫu sử dụng phức chất Nd-glutamate thì chiều cao thân chính tăng từ 39,82 - 49,30 cm. Kết quả này cho thấy, sự sai khác chiều cao thân chính của cây Báy lá một hoa giữa các công thức thí nghiệm là không nhiều, điều này có thể là do cây Báy lá một hoa có thời gian từ khi trồng đến thu hoạch ít nhất là 5 năm nên sự thay đổi chiều cao thân chính chậm.

4. Kết luận

Đã tổng hợp thành công phức chất Nd-glutamate với điều kiện tổng hợp gồm: nồng độ glutamic acid là 3 M, tỉ lệ mol glutamic acid/Nd là 3/1, thời gian phản ứng 4 giờ, công thức phức là $\text{Nd}(\text{HGlu})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Kết quả khảo sát sự ảnh hưởng của $\text{Nd}(\text{HGlu})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ đến khả năng sinh trưởng của cây Báy lá một hoa cho thấy, có sự tăng nhẹ chiều cao thân chính (từ 39,82 - 49,30 cm) so với mẫu đối chứng (tăng từ 39,12 - 46,22 cm).

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo dưới đề tài cấp Bộ mã số CT2022.08.QNU.03 (thuộc Chương trình Khoa học và Công nghệ cấp Bộ).

Tài liệu tham khảo

- [1] Z. M. Wu, X. Tang, C. Tsui, Studies on the Effect of Rare Earth Elements on the Increase of Yield in Agriculture, *J. Chin Rare Earth Soc.*, Vol. 1, 1983, pp. 70-75.
- [2] B. S. Guo, Rare Earth in Agriculture, China Agriculture Science and Technology Press, Beijing, China, 1988, pp. 30-150.
- [3] J. B. Ning, S. L. Xiao, Effect of Rare Earth Elements on Day Lily, *J. Chin Rare Earth Soc.*, Vol. 5, 1989, pp. 52.
- [4] Z. Cao, C. Stowers, L. Rossi, W. Zhang, L. Lombardini, X. Ma, Physiological Effects of Cerium Oxide Nanoparticles on the Photosynthesis and Water use Efficiency of Soybean (*Glycine Max (L.) Merr.*), *Environ. Sci. Nano*, Vol. 4, 2017, pp. 1086-1094.
- [5] V. V. Tan, N. T. P. Trang, Synthesis of Glutamate-Neodymium and its Application to the Production of the Micronutrients Fertilizer, *Journal of Applied Chemistry*, Vol. 5, No. 1, 2011, pp. 39-44 (in Vietnamese).
- [6] N. B. Tien, N. Y. Ninh, N. M. Phuong, M. C. Thuan, N. Q. Anh, D. T. Lien, Production of Rare Earth Micro-Fertilizers Applying for the Growth of Tea, Collection of Reports of the 4th National Chemistry Conference, Chemical Symposium for Agriculture, Forestry and Fishery, 2003, pp. 9-13 (in Vietnamese).
- [7] L. H. Thieng, Synthesis, Characterized Studies and Antibacterial Activity of the Complexes some Rare Earth Elements with Mixed Ligand Amino Acid and O-phenantroline, Science and Technology Research Topics Thai Nguyen University, Code Number: DH2015-TN04-04, 2017 (in Vietnamese).
- [8] B. Xiong, Application of the Rare Earths in Chinese Agriculture and Their Perspective Development, In: Proceedings of the Rare Earths in Agriculture Seminar, Australian Academy of Technol Sci and Engineering, Victoria, Australia, 1995, pp. 5-9.
- [9] D. Wang, C. Wang, Z. Wei, H. Qi, G. Zhao, Effect of Rare Earth Elements on Peroxidase Activity in Tea Shoots, *J. Sci Food Agri.*, Vol. 83, No. 11, 2003, pp. 1109-1113.
- [10] X. Lao, C. Liu, S. Yang, X. Li, Y. Ma, W. Wang, Rare Earth Absorption and Distribution of Maize Plant, *Chin Bull Bot.*, Vol. 13, 1996, pp. 59-61.
- [11] F. F. Fu, A. Tasuku, Distribution of Rare Earth Elements in Seaweed: Implication of Two Different Sources of Rare Earth Elements and Silicon in Seaweed, *J. Phycol.*, Vol. 36, 2000, pp. 62-70.
- [12] F. F. Fu, T. Akagi, S. Yabuki, M. Iwaki, The Variation of REE (Rare Earth Elements) Patterns in Soil-Grown Plants: A New Proxy for the Source of Rare Earth Elements and Silicon in Plants, *Plant Soil.*, Vol. 235, 2001, pp. 53-64.
- [13] Z. G. Wei, M. Yin, X. Zhang, Rare Earth Elements in Naturally Grown Fern *Dicranopteris Linearis* in Relation to Their Variation in South-Jiangxi Region (Southern China), *Environ Pollut*, Vol. 114, 2001, pp. 345-355.
- [14] A. Wyttenbach, P. Schleppe, J. Bucher, V. Furrer, L. Tobler, The Accumulation of the Rare Earth Elements and of Scandium in Successive Needle Age Classes of Norway Spruce, *Biol Trace Elem Res.*, Vol. 41, 1994, pp. 13-29.
- [15] S. Liu, L. Wang, S. Zhang, Effect of Long-Term Foliagedressing Rare Earth Elements on Their Distribution, Accumulation and Transportation in Soil - Spring Wheat System, *Chin J. Appl Ecol.*, Vol. 8, No. 1, 1997, pp. 55-58.
- [16] C. V. Hoang, Recovery and Separation of Rare Earths from Nam De Gi Monazite Ore, Binh Dinh as Fertilizer for Crops, National Key Project, Code Number: 02.08/2016-2020, 2018-2021, (in Vietnamese).