VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology, Vol. 40, No. 1 (2024) 97-104

VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology

Journal homepage: https://js.vnu.edu.vn/NST

Original Article

Synthesis of Materials Based on La_2O_3 and SiO_2 as Growth Stimulants for *Salvia miltiorrhiza* Bunge

Nguyen Vu Ngoc Mai[1,*], Nguyen Thi Ly Na[1], Tran Thi Thu Phuong[1], Do Minh The[1], Nguyen Thi Thanh Binh[1], Vo Manh Tien[1], Nguyen Tri Quoc[2], Nguyen Thi Phuong Le Chi[3], Mai Hung Thanh Tung[4], Cao Van Hoang[1]

[1]*Quy Nhon University, 170 An Duong Vuong, Quy Nhon City, Vietnam*
[2]*Mientrung Industry And Trade College (MITC), 251 Nguyen Tat Thanh, Tuy Hoa, Vietnam*
[3]*Ho Chi Minh University of Natural Resources and Environment, 236B Le Van Sy, Ho Chi Minh City, Vietnam*
[4]*HCMC University of Industry and Trade, 140 Le Thanh, Tan Phu, Ho Chi Minh, Vietnam*

Received 15 September 2023
Revised 13 October 2023; Accepted 10 November 2023

Abstract: In this paper, La_2O_3/SiO_2 material was synthesized and applied for growth stimulants of *Salvia miltiorrhiza* Bunge. La_2O_3/SiO_2 material was successfully synthesized from $La(NO_3)_3$ and SiO_2 precursors by solid-phase thermal method. The material properties were confirmed through physicochemical characterization methods, including XRD, EDX, IR, and SEM analysis. The results of using La_2O_3/SiO_2 as a stimulating plant growth material for *Salvia miltiorrhiza* plants indicated that using La_2O_3/SiO_2 on *Salvia miltiorrhiza* plants had a significant effect. In the experimental model, the dry root yield increased by 0.27 tons/hectare, the root length increased by 3.6 cm on average, and the harvest time for Salvia miltiorrhiza was eleven days earlier. Additionally, the *Salvia miltiorrhiza* with La_2O_3/SiO_2 material was tougher than without it, and the gold leaf symptom was not observed in the experimental *Salvia miltiorrhiza*. Thus, the data suggested that La_2O_3/SiO_2 had a favorable effect on alvia miltiorrhiza; the harvest time for Salvia miltiorrhiza was eleven days.

Keywords: La_2O_3, SiO_2, stimulating plant growth, Salvia miltiorrhiza, root yield.

* Corresponding author.
E-mail address: nguyenvungocmai@qnu.edu.vn

https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.5604

Tổng hợp vật liệu trên cơ sở La_2O_3 và SiO_2 ứng dụng làm chất kích thích sinh trưởng cho cây Đan sâm (*Salvia miltiorrhiza* Bunge)

Nguyễn Vũ Ngọc Mai[1,*], Nguyễn Thị Ly Na[1], Trần Thị Thu Phương[1], Đỗ Minh Thế[1], Nguyễn Thị Thanh Bình[1], Võ Mạnh Tiến[1], Nguyễn Trí Quốc[2], Nguyễn Thị Phương Lệ Chi[3], Mai Hùng Thanh Tùng[4], Cao Văn Hoàng[1]

[1]*Trường Đại học Quy Nhơn, 170 An Dương Vương, Thành phố Quy Nhơn, Việt Nam*
[2]*Trường Cao đẳng Công thương Miền trung, 251 Nguyễn Tất Thành, Thành phố Tuy Hòa, Việt Nam*
[3]*Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Thành phố Hồ Chí Minh, 236B Lê Văn Sỹ, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam*
[4]*Trường Đại học Công thương Thành phố Hồ Chí Minh, 140 Lê Thanh, Tân Phú, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam*

Nhận ngày 15 tháng 9 năm 2023
Chỉnh sửa ngày 13 tháng 10 năm 2023; Chấp nhận đăng ngày 10 tháng 11 năm 2023

Tóm tắt: Trong nghiên cứu này, vật liệu La_2O_3/SiO_2 được tổng hợp và ứng dụng làm chất kích thích sinh trưởng cây dược liệu Đan sâm. La_2O_3/SiO_2 được tổng hợp thành công từ tiền chất $La(NO_3)_3$ và SiO_2 bằng phương pháp nhiệt pha rắn, được xác nhận thông qua các phương pháp đặc trưng hóa lý bao gồm XRD, EDX, IR và SEM. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của vật liệu La_2O_3/SiO_2 đến sự sinh trưởng phát triển của cây Đan sâm cho thấy, La_2O_3/SiO_2 ảnh hưởng đáng kể đến sự sinh trưởng, phát triển của cây Đan sâm. Dữ liệu thực nghiệm thu được chỉ ra rằng năng suất rễ khô tăng 0,27 tấn/ha, chiều dài rễ trung bình tăng 3,6 cm và thời gian thu hoạch ít hơn 11 ngày so với mẫu đối chứng. Ngoài ra, cây Đan sâm có bổ sung La_2O_3/SiO_2 thì cứng cáp hơn và không có hiện tượng vàng. Điều này cho thấy La_2O_3/SiO_2 có tác dụng kích thích sinh trưởng đối với cây Đan sâm.

Từ khóa: La_2O_3, SiO_2, kích thích sinh trưởng thực vật, Đan sâm, năng suất rễ.

1. Mở đầu

Trước đây, nguyên tố silic không được xem là một nguyên tố thiết yếu (trong 16 nguyên tố cần thiết cho cây trồng) nhưng có vai trò quan trọng đối với cây trồng [1-3]. Hầu hết trong đất về bản chất đều giàu nguyên tố silic, chiếm từ 50-60% tùy loại đất. Nhưng điều quan trọng là silic tồn tại trong đất, cây trồng khó có thể hấp thu và sử dụng được. Đất rất dễ nghèo silic do trong điều kiện nhiệt đới, lượng silic dễ tiêu bị rửa trôi liên tục, mặt khác hằng năm các loại cây trồng đều lấy đi một lượng silic đáng kể. Theo Miyake và Takahashi, sức chịu đựng tốt hơn của cây đối với sự xâm nhập của nấm bệnh có thể cũng nhờ vào sự tích lũy Si trong lớp tế bào biểu bì [1]. Kết quả nghiên cứu trên nhiều loại cây trồng đã chứng tỏ, Si có ảnh hưởng tốt đến khả năng chống chịu của cây nhờ vào hàm lượng Si trong cây cao giúp bảo vệ cây trước sự tấn công của sâu bệnh [2, 3]. Nhiều nghiên cứu cho rằng, silic được cây hút dưới dạng SiO_3^{2-} một cách thụ động bằng quá trình thoát hơi nước của cây, hấp thụ có chọn lọc do sự chi phối của quá trình trao đổi chất qua hệ thống rễ cây, rõ ràng đã đến lúc phải nhìn nhận việc bón silic cho cây trồng là cần thiết đặc biệt, với nhóm cây như lúa, ngô, mía, dứa, cao lương,…

* Tác giả liên hệ.
Địa chỉ email: nguyenvungocmai@qnu.edu.vn

https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.5604

Nhiều dữ liệu về kết quả phân tích hàm lượng các nguyên tố đất hiếm trong đất trồng và cây cối cho thấy, trong đất trồng và cây cối thường chứa một lượng nguyên tố đất hiếm nhất định [4-6]. Cây trồng hấp thụ đất hiếm từ đất để đáp ứng nhu cầu sinh trưởng và phát triển. Các nguyên tố đất hiếm đóng vai trò quan trọng đối với quá trình sinh trưởng và phát thiển của thực vật. Đất hiếm ảnh hưởng tới hệ thống rễ, hệ thống lá và quá trình nảy mầm, phát triển chồi; thúc đẩy quá trình phát triển của cây, làm tăng hàm lượng chất diệp lục, tăng quá trình quang hóa, tăng sự hấp thụ các chất dinh dưỡng vi lượng và đa lượng cũng như khả năng chống chịu trong điều kiện bất lợi của thời tiết [7-9]. Đất hiếm tăng sự hấp thụ và tích lũy chất dinh dưỡng, tăng tốc độ tổng hợp, tăng khả năng tích lũy và vận chuyển các chất đường trong ngũ cốc [10]. Sự có mặt của đất hiếm còn làm tăng hàm lượng đường của mía, củ cải đường, dưa hấu, tăng hàm lượng fructozơ và vitamin C trong trái cây, tăng độ cay và thơm của hạt tiêu. Những vai trò này là nguyên nhân làm cho năng suất cây trồng tăng cao khi sử dụng phân bón chứa đất hiếm.

Bên cạnh đó, cây Đan sâm là một cây thuốc quý di thực vào Việt Nam. Hiện nay, cây Đan sâm được trồng nhiều ở Tây Bắc, sinh trưởng tốt. Trong Đông y, rễ của đan sâm được dùng trong các bài thuốc có tác dụng bổ máu, điều trị bệnh tim mạch [11]. Đan sâm (*Salvia miltiorrhiza Bunge*) thuộc họ Hoa môi Lamiaceae là cây thảo lâu năm cao chừng 40 - 80 cm, rễ hình trụ đường kính 0,5 - 1,5 cm màu đỏ nâu. Lá kép mọc đối, phiến lá có lông, hoa mọc thành chùm ở đầu cành, hoa môi, màu đỏ tím nhạt, quả nhỏ dài 3 mm, rộng 1,5 mm. Ra hoa tháng 4 - 6, quả tháng 7 - 9; thu hoạch lấy rễ vào trước mùa đông. Rễ cây có vỏ màu đỏ nâu, trên mặt cắt ngang có nhiều vết màu đỏ sẫm, nên vị thuốc có tên gọi Đan (Đơn) sâm, tức là sâm có màu đỏ tía. Các thành phần có hoạt tính sinh học quan trọng của Đan sâm bao gồm các hợp chất diterpen thuộc nhóm tanshinones, trong đó các hợp chất quan trọng là tanshinon IIA, cryptotanshinon và acid acid salvianolic A [12, 13]. Gần đây, cây Đan sâm được di thực trồng ở khu vực miền Trung và Tây Nguyên, kết quả bước đầu cho thấy, cây thích nghi với điều kiện thổ nhưỡng, đặc biệt phù hợp trồng dưới tán rừng. Trong nghiên cứu này vật liệu La_2O_3/SiO_2 tổng hợp được ứng dụng làm chất cung cấp dinh dưỡng cho cây Đan sâm nhằm góp phần gia tăng năng suất và chất lượng dược liệu.

2. Thực nghiệm

2.1. Tổng hợp vật liệu

2.1.1. Điều chế vật liệu SiO_2

Cân 15 gam cát (cát đã được rửa sạch và phơi khô và nung ở nhiệt độ 600 ^oC) cho vào cốc teflon, thêm 150 mL dung dịch NaOH nồng độ 6,5 M. Tiến hành đun hỗn hợp (luôn giữ thể tích không đổi) trên bằng máy khuấy từ gia nhiệt trong 120 phút ở nhiệt độ 90 ^oC. Sau đó, tiếp tục khuấy đến khi hỗn hợp nguội hoàn toàn. Tiến hành lọc thu dung dịch Na_2SiO_3. Dung dịch HCl 2M được cho từ từ vào trong 1 lít dung dịch Na_2SiO_3 (vừa cho vừa khuấy đều tránh tạo kết tủa ngay lập tức) đến khi xuất hiện kết tủa trắng và pH khoảng 7, thu được hỗn hợp silica lẫn NaCl. Rửa hỗn hợp bằng nước cất, thử lại nước rửa bằng dung dịch $AgNO_3$ cho đến khi không còn tạo kết tủa trắng. Lọc lấy phần kết tủa trắng đem sấy ở 180 ^oC trong 12 giờ, sau đó nung trong 4 giờ tại nhiệt độ 450 ^oC.

2.1.2. Điều chế vật liệu La_2O_3/SiO_2

Hòa tan 3,94 g $La(NO_3)_3.6H_2O$ trong 50 mL nước cất. Cho dung dịch muối $La(NO_3)_3$ từ từ vào 75 mL dung dịch NH_3 nồng độ 25% được đựng trong cốc thủy tinh và khuấy liên tục trong 2 giờ. Thêm 0,755 gam SiO_2 vào hỗn hợp trên (tỷ lệ khối lượng La_2O_3/SiO_2 = 2/1), khuấy thêm 2 giờ nữa, cốc thủy tinh được bịt kín và tiếp tục ủ ở nhiệt độ 25-30 ^oC trong vòng 48 giờ. Sau đó, lọc phần chất rắn và rửa nhiều lần bằng nước cất và sấy khô ở 100 ^oC trong không khí. Hỗn hợp chất rắn được nung ở 800 °C trong 4 giờ, thu được vật liệu La_2O_3/SiO_2. Vật liệu La_2O_3 được tổng hợp tương tự nhưng không có SiO_2 [14].

2.2. Đặc trưng vật liệu

Thành phần pha được xác định bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (D8-Advance 5005).

Đặc trưng các liên kết hóa học của vật liệu tổng hợp được xác định bằng phương pháp phổ hồng ngoại (IR- Tensor-27, Bruker). Sự có mặt của các nguyên tố trong các mẫu vật liệu tổng hợp được phân tích bằng phương pháp phổ tán xạ năng lượng tia X (thiết bị Jeol 5410). Khảo sát hình ảnh bề mặt bằng phương pháp hiển vi điện tử quét (JEOL JSM-6500F).

2.3. Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của La_2O_3/SiO_2 đến sự sinh trưởng của cây Đan sâm

Diện tích đất trồng 300 m^2 chia 6 luống thử nghiệm, trong đó 3 luống đối chứng và 3 luống thử nghiệm có bổ sung La_2O_3/SiO_2 kích thích sinh trưởng cây trồng. Vật liệu La_2O_3/SiO_2 được pha với tỷ lệ thích hợp theo từng thời điểm kích thích sinh trưởng và phun trên lá.

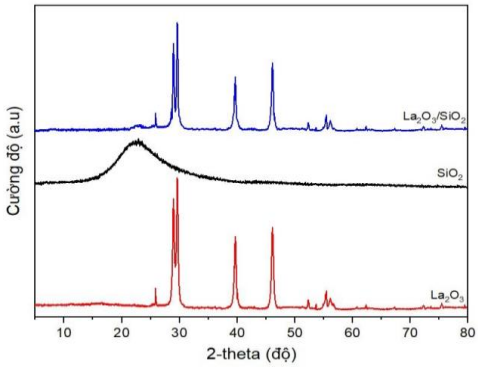
- Các luống đối chứng được trồng theo quy trình kỹ thuật trồng cây Đan sâm của Viện dược liệu [15] như sau: thời gian trồng vào ngày 05/4/2022, khoảng cách trồng 30 x 20 cm; phân bón trên 1 ha gồm 20 tấn phân chuồng hoai, 200 kg phân (urê), 500 kg supe lân và 300 kg phân kali (K_2O).

- Các luống thử nghiệm có bổ sung La_2O_3/SiO_2: cho 1 gam La_2O_3/SiO_2 vào 1 lít dung dịch chitosan nồng độ 500 mg/L, sau đó pha trong 360 lít nước trước khi phun cho 1 ha cây Đan sâm. Tổng số lần phun La_2O_3/SiO_2 cho mẫu thí nghiệm trong suốt quá trình phát triển và sinh trưởng của cây Đan sâm là 5 lần (thời điểm Đan sâm trồng được 0,5; 2; 4; 8 và 12 tháng), phun cho cây (phun lá) lúc chiều mát, không phun trước mưa.

3. Kết quả và thảo luận

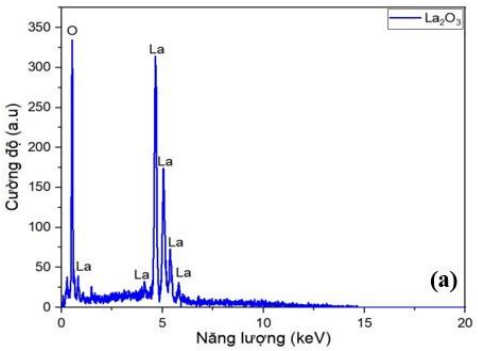
3.1. Đặc trưng vật liệu

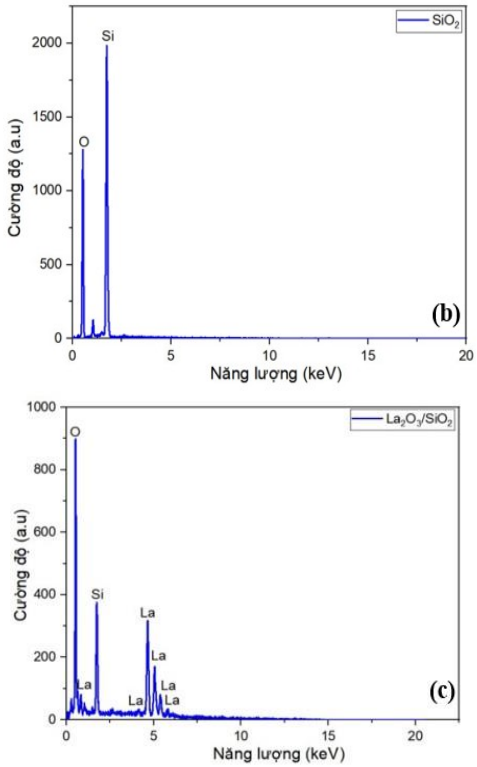
Để xác định các hợp phần trong vật liệu La_2O_3, SiO_2 và La_2O_3/SiO_2, các vật liệu tổng hợp được đặc trưng bằng phương pháp nhiễu xạ tia X, kết quả được trình bày ở Hình 1. Trên giản đồ nhiễu xạ tia X của SiO_2 xuất hiện một đỉnh nhiễu xạ có độ rộng bán phổ lớn với đỉnh nhiễu xạ ở góc 2-theta khoảng 23° [16, 17]. Còn trên giản đồ XRD của La_2O_3 có các đỉnh nhiễu xạ có cường độ mạnh được quan sát ở các góc 2-theta bằng 27, 28, 39 và 48° lần lượt tương ứng với các mặt (220), (300), (400) và (622) (theo thẻ chuẩn JCPDS 04 - 0856) [18]. Trong khi đó, giản đồ nhiễu xạ tia X của các vật liệu La_2O_3/SiO_2, xuất hiện các đỉnh nhiễu xạ đặc trưng sắc nét cho hợp phần cho La_2O_3, còn đỉnh nhiễu xạ đặc trưng cho SiO_2 ở góc 2-theta khoảng 23° có cường độ rất yếu.



Hình 1. Giản đồ XRD của các vật liệu La_2O_3, SiO_2 và La_2O_3/SiO_2.

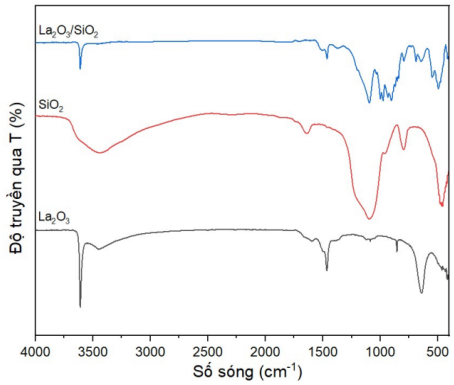
Để xác định thành phần các nguyên tố có mặt trong vật liệu La_2O_3/SiO_2, các vật liệu được đặc trưng bằng phổ EDX. Kết quả được trình bày ở Hình 2. Kết quả phổ tán xạ năng lượng tia X của các vật liệu La_2O_3, SiO_2 và La_2O_3/SiO_2 ở Hình 2 chỉ ra rằng, đỉnh phổ có cường độ mạnh đặc trưng cho Si, O và La xuất hiện lần lượt tại mức năng lượng 1,88; 0,50 và 4,62 KeV. Từ phổ EDX cho thấy, xuất hiện đầy đủ các đỉnh phổ đặc trưng cho cả hai hợp phần SiO_2 và La_2O_3 trong vật liệu La_2O_3/SiO_2, không có sự xuất hiện của nguyên tố lạ [19].





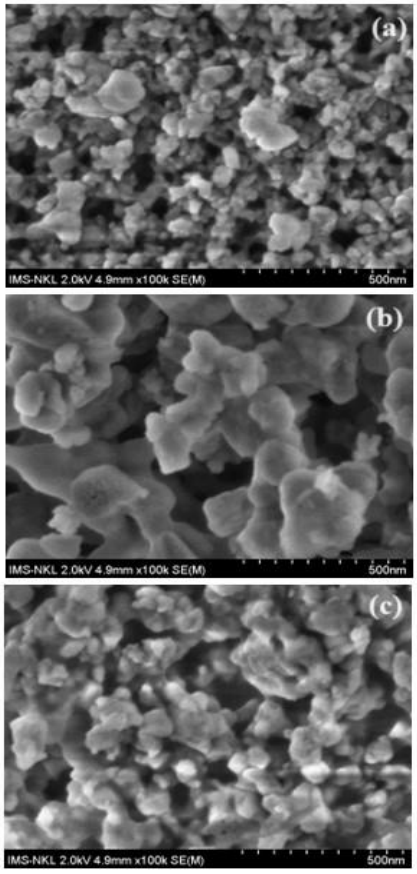
Hình 2. Phổ EDX của các vật liệu La_2O_3 (a) SiO_2 (b) và La_2O_3/SiO_2 (c).

Các đặc điểm liên kết trong vật liệu La_2O_3, SiO_2 và La_2O_3/SiO_2 được khảo sát bằng phổ hồng ngoại, kết quả được trình bày ở Hình 3. Phổ hồng ngoại của La_2O_3 cho thấy, xuất hiện các dải phổ tại số sóng 649 cm^{-1} ứng với dao động của liên kết La-O trong La_2O_3 [20] và một dải phổ có cường độ cao và sắc nét ở 3625 cm^{-1} được gán cho dao động kéo dài và uốn cong của O-H trong nhóm La-O-H [21]. Còn đối với phổ hồng ngoại của SiO_2 có đỉnh hấp thụ có cường độ mạnh ở số sóng 1115 cm^{-1} đặc trưng cho dao động O-Si-O (siloxane), tại số sóng 1594,73 cm^{-1} là ứng với dao động uốn của nhóm -OH, dao động ở số sóng khoảng 800 cm^{-1} có thể là dao động của các nhóm Si-OH (silanol), từ 475 cm^{-1} là dao động của Si-O [22]. Các dải phổ ở 3421 cm^{-1} và 1625 - 1490 cm^{-1} có thể được quy cho dao động O-H trong nước hấp thụ trên bề mặt vật liệu [23]. Trong khi đó, trên phổ hồng ngoại của vật liệu La_2O_3/SiO_2, xuất hiện đầy đủ các đỉnh phổ đặc trưng cho hợp phần SiO_2 và La_2O_3.



Hình 3. Phổ hồng ngoại của các vật liệu La_2O_3, SiO_2 và La_2O_3/SiO_2.

Hình ảnh bề mặt ngoài của các vật liệu La_2O_3, SiO_2 và La_2O_3/SiO_2 được quan sát bằng phương pháp SEM, kết quả được trình bày ở Hình 4.



Hình 4. Ảnh SEM của các vật liệu La_2O_3 (a), SiO_2 (b) và La_2O_3/SiO_2 (c)

Ảnh SEM ở Hình 4 cho thấy, vật liệu La_2O_3 gồm các hạt với đa dạng hình dáng với kích thước trung bình khoảng 40 - 50 nm nhưng có xu hướng co cụm lại với nhau; còn vật liệu SiO_2 cũng gồm các hạt kết hợp lại với nhau tạo ra bề mặt gồ ghề, lồi lõm có kích thước khoảng 50 - 100 nm. Đối với vật liệu La_2O_3/SiO_2, có sự phân tán các hạt La_2O_3 trên SiO_2 tạo nên bề mặt gồ ghề, lồi lõm và kích thước khoảng 50 - 80 nm.

3.2. Ảnh hưởng của La_2O_3/SiO_2 đến sự sinh trưởng của cây Đan sâm

Kết quả khảo sát ảnh hưởng của La_2O_3/SiO_2 đến sự sinh trưởng, phát triển cây Đan sâm được trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1. Các thông số liên quan đến sự sinh trưởng phát triển của cây Đan sâm khi sử dụng vật liệu La_2O_3/SiO_2.

Thông số	Đối chứng (n=50)	La_2O_3/SiO_2 (n=50)
Thời gian trồng	05/4/2022	05/4/2022
Thời gian thu hoạch	(5/8/2023) 487 ngày	(24/7/2023) 476 ngày
Chiều dài trung bình rễ chính (cm)	27,6 ± 0,3	31,2 ± 0,5
Năng suất (tấn rễ khô/ha)	1,94 ± 0,1	2,21 ± 0,3
Màu sắc lá	Xanh và có hiện tượng vàng lá	Xanh đậm

Hiện tượng vàng lá của cây Đan sâm khi không có (đối chứng) bổ sung vật liệu La_2O_3/SiO_2 được trình bày ở Hình 5.

Kết quả thử nghiệm trồng Đan sâm trong trường hợp có bổ sung vật liệu La_2O_3/SiO_2 cho thấy, đối với mẫu đối chứng thì năng suất rễ đạt 1,94 tấn rễ khô/ha, rễ chính có chiều dài trung bình 27,6 cm, thời gian sinh trưởng đến lúc thu hoạch là 487 ngày. Trong khi đó, mẫu bổ sung vật liệu La_2O_3/SiO_2 có năng suất rễ đạt 2,21 tấn rễ khô/ha (năng suất rễ thu được tăng 13,92% so với mẫu đối chứng), rễ chính có chiều dài trung bình 31,2 cm, thời gian sinh trưởng đến thời điểm thu hoạch là 476 ngày. Bên cạnh đó, rễ chính còn có kích thước đồng đều, lá xanh đậm và không có hiện tượng vàng lá so với mẫu đối chứng. Điều này có thể được giải thích do Si có ảnh hưởng lên sự tổng hợp lignin, nếu thiếu Si thì hàm lượng lignin bị giảm đáng kể. Si đóng vai trò như chất dinh dưỡng có tác dụng tăng cường sự sinh trưởng, cứng cáp, cải thiện năng suất cây trồng và chất lượng nông sản [24].

Hình 5. Cây Đan sâm khi không có (đối chứng) (a) và có bổ sung vật liệu La_2O_3/SiO_2 (b).

Bên cạnh đó, các nguyên tố đất hiếm được biết đến có vai trò quan trọng trong việc phát triển rễ của thực vật; thúc đẩy quá trình quang hợp, tăng sự hấp thụ các chất dinh dưỡng vi lượng và đa lượng và có khả năng chống chịu tốt trong điều kiện bất lợi của thời tiết [25]. Do vậy, khi bổ sung La_2O_3/SiO_2 trên cây Đan sâm đã làm cho cây cứng cáp hơn và sự phát triển của rễ cũng mạnh hơn, dẫn đến tăng năng suất cây dược liệu Đan sâm.

4. Kết luận

Đã tổng hợp thành công vật liệu La_2O_3/SiO_2 bằng phương pháp nhiệt pha rắn. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của vật liệu La_2O_3/SiO_2 đến sự sinh trưởng của cây Đan sâm cho thấy, mẫu đối

chứng thì năng suất rễ đạt 1,94 tấn rễ khô/ha, rễ chính có chiều dài trung bình 27,6 cm. Mẫu bổ sung vật liệu La_2O_3/SiO_2 có năng suất rễ đạt 2,21 tấn rễ khô/ha (năng suất tăng 13,92%), rễ chính có chiều dài trung bình 31,2 cm và không thấy hiện tượng vàng lá so với mẫu đối chứng.

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.05 (thuộc Chương trình Khoa học và Công nghệ cấp Bộ).

Tài liệu tham khảo

[1] Y. Miyake, E. Takahashi, Silicon Deficency of Tomato Plant, Soil Sci. Plant Nutr, Vol. 24, 1978, pp. 175-189.

[2] A. Dobermann, T. Fairhurst, Rice - Nutrient Disorders and Nutrient Management, Oxford Graphic Printers Pte Ltd, 2000.

[3] V. V. Matichenkov, D. V. Calvert, Silicon as a Beneficial Element for Sugarcane, J. Amer, Soc, of Sugarcane Technologists, Vol. 22, 2002, pp. 21-29.

[4] Z. Hu, H. Richter, G. Sparovek, E. Schnug, Physiological and Biochemical Effects of Rare Earth Elements on Plants and Their Agricultural Significance; A Review, J. Plant Nutr., Vol. 25, No. 1, 2004, pp. 183-220.

[5] E. Diatloff, F. W. Smith, C. J. Asher, Rare Earth Elements and Plant Growth, First Effects of Lanthanum and Cerium on Root Elongation of Corn and Mungbean, Journal of Plant Nutrition, Vol. 18, 1995, pp. 1963-1976.

[6] E. Diatloff, F. W. Smith, C. J. Asher, Rare Earth Elements and Plant Growth, Second Responses of Corn and Mungbean to Low Concentrations of Lanthanum in Dilution, Continously Flowing Nutrient Solutions, Journal of Plant Nutrition, Vol. 18, 1995, pp. 1977-1989.

[7] J. Chang, Effects of Lanthanum on the Permeability of Root Plasmalemma and the Absorption and Accumulation of Nutrients in Rice and Wheat, Plant Physiol Commun, Vol. 27, 1991, pp. 17-21.

[8] B. S. Guo, Rare Earth in Agriculture, China Agriculture Science and Technology Press, Beijing, China, 1988, pp. 30-150.

[9] Z. M. Wu, X. Tang, C. Tsui, Studies on the Effect of Rare Earth Elements on the Increasement of Yield in Agriculture, J. Chin Rare Earth Soc., Vol. 1, 1983, pp. 70-75.

[10] J. B. Ning, S. L. Xiao, Effect of Rare Earth Elements on Day Lily, J. Chin Rare Earth Soc., Vol. 5, 1989, pp. 52.

[11] Z. Y. Fang, M. Zhang, J. N. Li, X. Zhao, Y. Q. Zhang, L. Fang, Tanshinone IIA: A Review of its Anticancer Effects, Frontiers in Pharmacology, Vol. 11, No. 61, 2021, pp. 1087-1097.

[12] X. Chen, Z. W. Zhou, C. C. Xue, X. X. Li, S. F. Zhou, Role of P-glycoprotein in Restricting the Brain Penetration of Tanshinone IIA, a Major Active Constituent from the Root of Salvia Miltiorrhiza Bunge, Across the Blood-brain Barrier, Xenobiotica, Vol. 37, No. 6, 2007, pp. 635-678.

[13] P. Fu, F. Y. Du, W. Chen, M. L. K. Yao, Y. Liu, Tanshinone IIA Blocks Epithelial-mesenchymal Transition Through HIF-1α Downregulation, Reversing Hypoxia-induced Chemotherapy Resistance in Breast Cancer Cell Lines, Oncol, Rep., Vol. 31, 2014, pp. 2561-2568.

[14] Y. Xin, Z. Wang, Q. Yongxin, Z. Zhang, S. Zhang, Synthesis of Rare Earth (Pr, Nd, Sm, Eu and Gd) Hydroxide and Oxide Nanorods (Nanobundles) by a Widely Applicable Precipitation Route, Journal of Alloys and Compounds, Vol. 507, No. 1, 2010, pp. 105-111.

[15] National Institute of Medicinal Materials, Danshen (*Salvia miltiorrhizza* Bunge) Plant Growing Process Originating from Sichuan - China in Vietnam, Decision No. 324/QĐ-VDL Date 8/5/2014.

[16] J. Cui, Y. Liang, D. Yang, Y. Liu, Facile Fabrication of Rice Husk Based Silicon Dioxide Nanospheres Loaded with Silver Nanoparticles as a Rice Antibacterial Agent, Scientific Reports, Vol. 6, No. 1, 2016.

[17] R. K. Biswas, P. Khan, S. Mukherjee, A. K. Mukhopadhyay, J. Ghosh, K. Muraleedharan, Study of Short Range Structure of Amorphous Silica from PDF using Ag Radiation in Laboratory XRD System, RAMAN and NEXAFS, Journal of Non-Crystalline Solids, Vol. 488, 2018, pp. 1-9.

[18] M. S. Niasaria, G. Hosseinzadeh, F. Davar, Synthesis of Lanthanum Carbonate Nanoparticles Via Sonochemical Method for Preparation of Lanthanum Hydroxide and Lanthanum Oxide Nanoparticles, J. Alloys Compd., Vol. 509, 2011, pp. 134-140.

[19] Tejani, Jayadeep et al., Controlled Synthesis and Characterization of Lanthanum Nanorods, International Journal of Thin Film Science and Technology, Vol. 9, No. 2, 2020, pp. 5.

[20] Q. Zhou, H. Zhang, F. Chang, H. Li, H. Pan, W. Xue, D. Y. Hu, S. Yang, Nano La_2O_3 as a Heterogeneous Catalyst for Biodiesel Synthesis by Transesterification of Jatropha Curcas L. Oil, J. Indust, Eng, Chem., Vol. 31, 2015, pp. 385-339.

[21] Q. Mu, Y. Wang, Synthesis, Characterization, Shape-preserved Transformation, and Optical Properties of $La(OH)_3$, $La_2O_2CO_3$, and La_2O_3 Nanorods, Journal of Alloys and Compounds, Vol. 509, No. 2, 2011, pp. 396-401.

[22] M. Waseem, S. Mustafa, A. Naeem, K. H. Shah, I. Shah, I. U. Haque, Synthesis and Characterization of Silica by Sol-gel Method, J. Park. Mater. Soc., Vol. 3, No. 1, 2009, pp. 19.

[23] X. Wang, M. Wang, H. Song, B. Ding, A Simple Sol-gel Technique for Preparing Lanthanum Oxide Nanopowders, Mater. Lett., Vol. 60, 2006, pp. 2261-2265.

[24] V. D. Meena, M. Dotaniya, V. Coumar, S. Rajendiran, Ajay, S. Kundu, A. Subba Rao, A Case for Silicon Fertilization to Improve Crop Yields in Tropical Soils, Proc. Natl. Acad. Sci., India, Sect. B, Vol. 84, 2014, pp. 505-518.

[25] X. K. Tang, Z. Tong, Effects of Rare Earth Elements on Plant Root Growth and Activity, Rare Metal, Vol. 5, 1988, pp. 22-24.