

NANO đồng và tiềm năng ứng dụng trong hoạt động dạy học Công nghệ Sinh học thực vật

Phạm Trường An*

*ThS.Trường ĐH An Giang - ĐHQG TP.HCM

Received: 6/4/2023; Accepted: 10/4/2023; Published: 14/4/2023

Abstract: Nano copper (CuNPs) has recently emerged as a promising material with potential applications in agriculture and biotechnology. This paper aims to review the current state of knowledge regarding the potential of nano Cu in these fields. We begin by summarizing the synthesis methods and properties of nano Cu, including its unique physical and chemical properties that make it an attractive candidate for use in agriculture and biotechnology. We then discuss the potential applications of nano Cu in plant growth promotion, disease control, and environmental remediation. In addition, we review the current understanding of the mechanisms underlying the effects of nano Cu on plant growth and disease resistance. Finally, we discuss the challenges and opportunities associated with the use of nano Cu in these fields, including potential risks to human health and the environment. Overall, this paper highlights the potential of nano Cu as a versatile and effective tool for improving agricultural productivity and environmental sustainability.

Keywords: CuNPs, nano synthesis, metal oxide nanoparticles, nano copper

1. Đặt vấn đề

Nano đồng là một dạng vật liệu nano được sản xuất từ đồng thông qua quá trình khử hóa học. Với kích thước siêu nhỏ chỉ khoảng vài đến vài chục nanomet, nano đồng đã được sử dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau.

Trong lịch sử, Nano đồng đã được sử dụng trong lĩnh vực y tế để làm chất kháng khuẩn và chống nhiễm trùng. Nó cũng được sử dụng trong sản xuất mỹ phẩm, các sản phẩm chống oxy hóa và các sản phẩm chống tia cực tím. Ngoài ra, nano đồng cũng được sử dụng trong lĩnh vực điện tử, trong sản xuất màng lọc nước và trong sản xuất pin; sử dụng để tạo ra các bề mặt tự làm sạch và các vật liệu chống ăn mòn.

Trong bài báo này, tác giả sẽ đưa ra một cái nhìn toàn diện về cơ chế hoạt động và tiềm năng ứng dụng nano đồng trong các lĩnh vực nghiên cứu trong nông nghiệp nói chung và trong lĩnh vực Công nghệ sinh học (CNSH) nói riêng.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Các phương pháp tổng hợp nano đồng

Có nhiều PP để tổng hợp nano đồng, tùy thuộc vào mục đích sử dụng và yêu cầu kỹ thuật. Dưới đây là một số PP tổng hợp nano đồng phổ biến (Ramya Devi J et al., 2012):

PP khử hóa học: Đây là PP tổng hợp nano đồng thông dụng nhất. Quá trình này thường sử dụng hóa chất khử như borohydride natri, hydrazine,

formaldehyde hoặc các chất khác để khử ion đồng thành nano đồng.

PP điện hóa: Đây là PP sử dụng điện tích để khử ion đồng thành nano đồng. Quá trình này thường được thực hiện trong một dung dịch chứa ion đồng, trong đó một điện cực được sử dụng để tạo ra điện trường cần thiết để khử ion thành nano đồng.

PP siêu âm: PP này sử dụng sóng siêu âm để tạo ra các điều kiện cần thiết để khử ion đồng thành nano đồng.

PP sol-gel: PP này sử dụng một dung dịch chứa ion đồng và các chất hóa học khác để tạo ra một gel. Sau đó, gel được nung để tạo ra nano đồng.

2.2. Cơ chế kháng khuẩn của nano đồng

Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng Nano đồng là một chất có khả năng kháng khuẩn hiệu quả nhờ các cơ chế chuyên biệt. CuNPs tương tác với thành tế bào vi sinh vật vì ái lực của nó đối với nhóm cacboxyl có trên bề mặt vi sinh vật (Ingle A, 2014). Việc tạo ra các loại phản ứng oxy (ROS), làm tổn thương màng, mất hoạt tính của enzyme, rối loạn chức năng protein là nguyên nhân dẫn đến hoạt động kháng khuẩn của các hạt nano (Lemire JA et al., 2013). Các nghiên cứu cũng đã phát hiện ra rằng khi CuNPs tiếp xúc với tế bào vi khuẩn, nó sẽ giải phóng các ion Cu, được hấp thụ trên thành tế bào dẫn đến việc tạo ra ROS và làm mất tính toàn vẹn của màng. Tương tự, CuNPs cũng là nguyên nhân gây ra sự phá vỡ các con đường trao đổi chất của tế

bào, hình thành các lỗ trên màng, phát triển stress oxy hóa, cuối cùng gây ra cái chết của tế bào vi sinh vật (Deryabin DG et al., 2013).

Tác dụng diệt khuẩn của nanocompozit là do sự giải phóng các ion Cu và CuNPs. Các ion Cu được giải phóng, khi tương tác với màng vi khuẩn bên ngoài, tương tác với các amin và nhóm cacboxyl trong lớp peptidoglycan cũng như với các nhóm sulfhydryl, dẫn đến biến tính protein. Các ion Cu (Cu^{2+}) liên kết với DNA và tham gia vào liên kết chéo của các sợi acid nucleic, dẫn đến sự phá hủy của cấu trúc xoắn. Theo cách tương tự, các CuNPs được giải phóng sẽ dính vào màng tế bào và thâm nhập vào vi khuẩn thông qua quá trình nội bào.

Tính nhạy cảm của vi sinh đối với cơ chế diệt khuẩn của CuNPs chủ yếu phụ thuộc vào kích thước hạt, lực hút tĩnh điện giữa tế bào vi sinh vật và nồng độ các hạt nano, thành phần của thành, màng tế bào vi sinh vật và bản chất kỵ nước hoặc ưa nước của các hạt nano.

2.3. Ảnh hưởng của nano đồng đối với thực vật

Quá trình hấp thu đồng là một quá trình chuyển hóa qua trung gian. Trong tổng số đồng có trong lá, hơn 70% được liên kết trong lục lạp. Điều này cho thấy đồng đóng một vai trò quan trọng trong việc tạo ra hoặc ổn định chất diệp lục và các sắc tố thực vật khác như plastocyanin. Theo Sudhir Shende và cộng sự (2017), sự hấp thu của các ion đồng được giải phóng từ CuNPs, cơ chế này giả định cho việc hấp thụ đồng và hoạt động của Cu^{2+} trong quá trình sinh trưởng và phát triển của cây về các khía cạnh chung của quá trình trao đổi chất ở thực vật. CuNPs khi được đưa vào đất sẽ rửa trôi các ion đồng (Cu^{2+}). Các ion được hệ thống rễ vận chuyển qua thân cây đến các bộ phận khác của cây. Trong tế bào thực vật, các ion đồng tham gia vào các quá trình trao đổi chất khác nhau, cụ thể như quang hợp vì nó là hàm lượng chính của sắc tố plastocyanin của chất diệp lục. Các chất vận chuyển Cu, chaperon Cu, ATPase loại P... hoạt động trong quá trình trao đổi chất đều được kích hoạt bởi các CuNPs, sau đó giúp cho thực vật sinh trưởng và phát triển.

2.4. Độc tính của nano đồng

Đối với một số kim loại như đồng, tính độc hại của oxit kim loại nano là do các ion kim loại tan ra từ vật liệu. Độ tan của các nano kim loại là một yếu tố quan trọng cho tính độc hại của chúng. Trong so sánh giữa CuONP (oxit đồng nano) và CuO (oxit đồng thô), CuONP có độ tan cao hơn và do đó độc hơn.

Đối với tảo, CuONP có độc hay không phụ thuộc vào lượng ion đồng được giải phóng. Tuy nhiên, số

lượng ion đồng được giải phóng bởi CuONP không phụ thuộc vào kích thước của nano hạt. So sánh giữa CuONP và CuO thô cho thấy CuONP có độc hơn do có diện tích bề mặt lớn hơn và tính tương tác cao hơn, kích thước nhỏ hơn gây ra độc tính cao hơn so với các nano hạt đồng lớn hơn. Các nano hạt đồng được coi là có độc tính cao hơn so với các nano hạt đồng lớn hơn ở cá Zebra. Tuy nhiên, các hạt đồng siêu mịn có kích thước 400 nm độc hơn so với các nano hạt đồng.

Ngay cả trong cây trồng, các hạt oxit kim loại có tính độc tăng theo tỷ lệ so với hạt có kích thước phân tử nhỏ hơn. Đối với các tế bào, nồng độ cao của CuNPs đã được chứng minh là làm giảm tỷ lệ tử vong của tế bào. Tuy nhiên, cơ chế hoạt động cho hiệu ứng độc hại của CuNPs có thể xảy ra thông qua các PP khác, bao gồm sự tan ra của ion đồng.

2.5. Tiềm năng ứng dụng nano đồng trong lĩnh vực nông nghiệp

Các ứng dụng khoa học của nano hạt đồng (CuNP) là rất đa dạng và hiệu quả, đặc biệt trong việc chống lại các mầm bệnh gây bệnh khác nhau trong lĩnh vực nông nghiệp.

* Kháng bệnh vi khuẩn và virus

CuNPs có một số tính năng độc đáo như kích thước nhỏ, diện tích bề mặt cao, tính tương thích sinh học, phản ứng sinh học và hóa học cao giúp tiêu diệt tế bào vi khuẩn hiệu quả. Các CuNPs được chế tạo sinh học có hoạt tính kháng khuẩn chống lại cả các chủng vi khuẩn gây bệnh gram dương và gram âm. CuONP tổng hợp từ màu xanh lá cây thể hiện hoạt tính kháng khuẩn tiềm năng chống lại *Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridium difficile*, *Staphylococcus aureus* và *Escherichia coli*. Việc chế tạo CuNPs sử dụng chiết xuất lá cây loa kèn lửa cho thấy sự ức chế chống lại vi khuẩn gram dương *Staphylococcus aureus* và cả vi khuẩn gram âm *Klebsiella aerogenes*. CuONP được tổng hợp từ lá cây ké hoa vàng có thể được sử dụng thương mại trong ngành dệt may như một chất kháng khuẩn tiềm năng. Việc phủ CuONP có thể ức chế cả vi khuẩn gram dương và gram âm khi nó được sử dụng trong vải bông.

* Hoạt tính kháng nấm và bảo vệ mùa màng

Mặc dù có một số loại thuốc chống nấm có sẵn trên thị trường, nhưng sự phát triển của vấn đề kháng thuốc là một mối đe dọa nghiêm trọng. Một số nghiên cứu cho thấy rằng CuNPs có thể được sử dụng như một chất chống nấm vì chúng có thể ức chế một số loại nấm gây bệnh ở thực vật. Tuy nhiên, cần có nhiều nghiên cứu hơn để đảm bảo cơ chế kháng nấm chính xác của CuNPs và việc sử dụng chúng như một chất

kháng nấm trong tương lai.

CuNPs tổng hợp xanh từ thực vật có thể kiểm soát một số chủng nấm gây bệnh như *Fusarium oxysporum* Schldt., *Alternaria solani* (Ellis & G. Martin) LR Jones, *Aspergillus niger* Tiegh., và *Penicillium citrinum* Thom. CuNPs được tổng hợp bằng cách sử dụng Chitosan thể hiện hoạt tính kháng nấm chống lại mầm bệnh cây cà chua *A. solani* và *F. oxysporum*.

CuNPs tổng hợp hóa học có hiệu quả cao đối với *Candida albicans* (CP Robin) Berkhout và *Aspergillus flavus* Link. Trong một báo cáo khác, CuNPs thể hiện hoạt tính kháng nấm chống lại một số mầm bệnh phá hoại cây trồng như *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn và *Phoma destiva* Plowr.

Trong một nghiên cứu thực địa, người ta thấy rằng thuốc diệt nấm gốc Cu hiệu quả hơn các hóa chất nông nghiệp khác đối với mầm bệnh *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary trên cà chua.

Vì CuNPs có các đặc tính kháng khuẩn và kháng nấm tiềm năng nên nó cũng có thể được sử dụng trong bảo quản thực phẩm và đóng gói thực phẩm. Với nồng độ đồng cao sẽ tạo độc tính trực tiếp đối với một số vi khuẩn và nấm gây hư hỏng thực phẩm (Nilanjan Chakraborty et al., 2022).

* Phân bón và chất hỗ trợ sinh trưởng ở thực vật

Ở thực vật, đồng được yêu cầu ở nồng độ rất thấp với vai trò là vi chất dinh dưỡng nhưng lại rất quan trọng trong quá trình sinh trưởng của thực vật. Tuy nhiên, khi sử dụng ở nồng độ cao sẽ thúc đẩy độc tính và cản trở sự phát triển ở thực vật. Lục lạp thực vật chứa số lượng Cu tối đa vì nó giúp tổng hợp lục lạp và các sắc tố khác. Thiếu Cu dẫn đến hiện tượng bất thường như biến dạng lá non, hoại tử, uốn thân, ảnh hưởng đến sinh trưởng sinh dưỡng và giảm chất lượng hạt của cây trồng.

Phản ứng tăng trưởng thực vật qua trung gian CuNPs phụ thuộc vào một số yếu tố như nồng độ, kích thước, loài thực vật và cấu trúc của các hạt. Trong một nghiên cứu, người ta phát hiện ra rằng CuNPs có thể kích thích sự phát triển của rễ và chồi ở các loài cây họ đậu và lúa mì. Phản ứng tăng trưởng thường thay đổi theo nồng độ CuNPs khác nhau. Khi cây lúa mì được xử lý bằng 20, 25, nồng độ 30 và 35 ppm của CuNPs nó cho thấy sự tăng trưởng và sản lượng tốt hơn. Nồng độ trên 1000 ppm làm giảm tốc độ tăng trưởng của lúa mì, sau đó là giảm sản lượng. Khi CuNP được áp dụng trên cây hành tím với nồng độ 20 µg/ml, nó đã tăng cường chỉ số tăng trưởng và phân bào. Chỉ số phân bào giảm khi tăng nồng độ CuNPs.

3. Kết luận

Nano đồng đã được quan sát là một chất kháng khuẩn rất tiềm năng với khả năng tác động nhanh, rẻ tiền và dễ sản xuất. Hiệu suất kháng khuẩn của nano đồng khác nhau tùy theo kích thước. Trong một số sánh giữa các hình dạng như hạt, kim và dạng tấm, cấu trúc của các vật liệu nano đồng dạng tấm đã cho thấy hoạt động kháng khuẩn tiềm năng nhất do các yếu tố như diện tích bề mặt lớn và sự giải phóng ion đồng.

Một số hợp chất với đồng cũng cho thấy một lượng đáng kể hoạt động kháng khuẩn như CuO nano và CuNPs được nhúng trong axit polylactic. Các PP để tạo ra vật liệu nano bao gồm sử dụng PP ablation bằng laser, xử lý sol-gel, coprecipitation, khử hóa học, chiếu xạ vi sóng và các PP khác.

Nghiên cứu kháng khuẩn cho thấy rằng các hạt nano đồng tạo ra ROS (reactive oxygen species) chống lại vi khuẩn, dẫn đến tổn thương DNA. Bởi vì hiệu suất kháng khuẩn đáng kể của đồng, nguyên tố này đã được sử dụng cho các ứng dụng, bao gồm việc cung cấp thuốc, bao bì thực phẩm kháng khuẩn và xử lý lọc nước.

Nano đồng đã chứng minh là có tính độc thấp hơn so với các vật liệu đồng đang có trên thị trường, đây là nguồn nguyên liệu tiềm năng thay thế cho các chất bảo vệ thực vật độc hại hiện tại, khi sử dụng đúng cách và đúng liều lượng. Bên cạnh đó nano đồng còn được cung cấp dưới dạng vi chất dinh dưỡng quan trọng trong quá trình sinh trưởng của cây trồng.

Việc học tập, nghiên cứu và ứng dụng các sản phẩm từ nano là hướng đi mới và quan trọng góp phần trong xây dựng hệ sinh thái nông nghiệp tiên tiến và bảo vệ môi trường.

Tài liệu tham khảo

1. Ramyadevi J, Jeyasubramanian K, Marikani A, Rajakumar G, Rahuman AA. (2012). *Synthesis and antimicrobial activity of copper nanoparticles. Mater Lett Vol 71, 114-116.*
2. Ingle A, Duran N, Rai M. (2014). *Bioactivity, mechanism of action, and cytotoxicity of copper-based nanoparticles: A review. Appl Microbiol Biotechnol.*
3. Lemire JA, Harrison JJ, Turner RJ. (2013). *Antimicrobial activity of metals: mechanisms, molecular targets and applications. Nature Reviews Microbiology volume 11, pages371-384.*
4. Deryabin DG, E. S. Aleshina, A. S. Vasilchenko, T. D. Deryabina, L. V. Efremova, I. F. Karimov, L. B. Korolevskaya. (2013). *Investigation of copper nanoparticles antibacterial mechanisms tested by luminescent Escherichia coli strains. Nanotechnologies in Russia 8, 402-408.*