



# SỬ DỤNG HẠT NANO KIM LOẠI TỔNG HỢP XANH TRONG CANH TÁC NÔNG NGHIỆP

Nguyễn Thị Hồng<sup>1</sup>, La Việt Hồng<sup>2</sup>, Chu Đức Hà<sup>1</sup>, Trần Đăng Khoa<sup>1</sup>,  
Bùi Thị Thu Hương<sup>3</sup>, Đồng Huy Giới<sup>3</sup>, Lê Huy Hàm<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội

<sup>2</sup>Trường Đại học Sư phạm Hà Nội 2

<sup>3</sup>Học viện Nông nghiệp Việt Nam



Việc sử dụng hạt nano kim loại tổng hợp xanh trong canh tác nông nghiệp đang ngày càng được chú trọng như một giải pháp bền vững để nâng cao năng suất và đảm bảo an toàn môi trường. Các phương pháp tổng hợp nano kim loại truyền thống thường liên quan đến việc sử dụng hóa chất độc hại và tiêu thụ năng lượng cao, nhưng qua nguyên lý tổng hợp xanh, chúng ta có thể tạo ra hạt nano kim loại bằng cách sử dụng nguồn gốc từ thực vật và dung môi ít độc, từ đó giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường. Tuy nhiên, khi áp dụng công nghệ này trong nông nghiệp, cần phải thực hiện một cách cẩn thận và kiểm soát chặt chẽ.



Hiện nay, công nghệ nano được ứng dụng rộng rãi trên nhiều lĩnh vực khác nhau như y học và bảo vệ sức khỏe con người, nông nghiệp, công nghệ thực phẩm và mỹ phẩm. Trong canh tác nông nghiệp, công nghệ nano và đặc biệt là hạt nano được ứng dụng rộng rãi trong sản xuất phân bón, thuốc bảo vệ thực vật, kích thích sự nảy mầm của hạt giống và bảo quản rau quả, nông sản. Một số nguyên tố như bạc, kẽm, đồng, sắt, silic, titan, magie và mangan ở dạng nano thể hiện tác dụng tích cực đối với sự sinh trưởng và phát triển của cây trồng, đồng thời có tác dụng đối kháng với một số tác nhân gây bệnh [1, 2]. Tuy nhiên, việc sử dụng các sản phẩm nano kim loại trong canh tác nông nghiệp rất hạn chế, do lo ngại tồn dư kim loại nặng trong đất và tác động của hạt nano đến cây trồng và hệ

vi sinh vật có lợi trong đất chưa rõ ràng. Hiện nay, tổng hợp xanh là một cách tiếp cận bền vững trong sản xuất các vật liệu nano, giảm thiểu các chất thải độc hại, tăng cường an toàn cho người sản xuất và người tiêu dùng, phát triển các công nghệ có khả năng tái chế và phân hủy sinh học [3].

## Các phương pháp tổng hợp hạt nano kim loại truyền thống

Tổng hợp hạt nano kim loại là quy trình tạo ra các hạt kim loại có kích thước từ 1-100 nm (kích thước nano) bằng phương pháp vật lý, hóa học và sinh học, chủ yếu dựa theo hai nguyên lý: i) Nguyên lý từ trên xuống (top-down) là tổng hợp nano kim loại từ tiền chất là vật liệu khối có kích thước lớn hơn kích thước nano; ii) Nguyên lý từ dưới lên (bottom-up) là tổng hợp nano kim loại từ tiền chất là các nguyên tử hoặc phân tử.

Bản chất của tổng hợp hóa học là sử dụng một số chất khử, phổ biến như  $\text{NaBH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{N}_2\text{O}$  và  $\text{C}_6\text{H}_{15}\text{NO}_3$  để cung cấp electron cho ion kim loại trong dung dịch, từ đó ion kim loại chuyển sang trạng thái nguyên tử và kết hợp lại để tạo thành các hạt có kích thước nano. Hiệu suất khử, kích thước và hình dạng của hạt nano có thể được kiểm soát bởi nồng độ chất khử, nhiệt độ, pH của dung dịch phản ứng, thời gian và tốc độ khuấy, trong khi tính ổn định của hạt nano kim loại được duy trì bằng việc bổ sung chất hoạt động bề mặt [bao gồm  $\text{C}_{19}\text{H}_{42}\text{BrN}$ ,  $\text{NaC}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_4$  và  $(\text{C}_6\text{H}_9\text{NO})_n$ ], polymer [bao gồm  $(\text{CH}_2\text{CH})_n$ ,  $\text{C}_{2n}\text{H}_{4n+2}\text{O}_{n+1}$  và  $(\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2)_n$ ], và một số hợp chất hữu cơ nhỏ (bao gồm sodium thiopental, citrate và ascorbate) [4]. Tổng hợp hóa học các hạt nano kim loại được đánh giá là phổ biến và hiệu quả. Tuy nhiên, trong quá trình tổng hợp hóa học có thể xuất hiện các phản ứng phụ, tạo ra sản phẩm phụ



không mong muốn, ảnh hưởng đến chất lượng của hạt nano kim loại và yêu cầu các bước xử lý và tẩy rửa sau tổng hợp để loại bỏ sản phẩm phụ [4]. Hơn nữa, các chất khử sử dụng trong tổng hợp hóa học phải có tính khử mạnh, gây khó khăn trong việc kiểm soát hình dạng và kích thước của hạt nano kim loại do động học phản ứng khử diễn ra rất nhanh và không đồng đều.

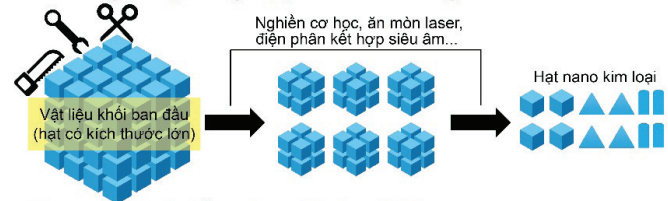
Trong tổng hợp hạt nano kim loại bằng con đường vật lý, các kỹ thuật không dựa vào phản ứng hóa học, giúp tránh được sự tạo thành sản phẩm phụ và các hạn chế về mặt hóa học. Các nguyên lý chính của quy trình này bao gồm khử ion kim loại (sử dụng điện, nhiệt hoặc ánh sáng để chuyển ion kim loại thành hạt nano kim loại), nghiền cơ học (sử dụng các thiết bị như máy nghiền bi, máy nghiền ống, và máy nghiền siêu âm nhằm gây áp lực và ma sát mạnh lên vật liệu để tạo ra các hạt nano), phủ mỏng và kết tủa (tạo ra một lớp mỏng kim loại trên bề mặt và sau đó kết tủa các hạt nano từ lớp mỏng) [5]. Các phương pháp tổng hợp vật lý trong sản xuất hạt nano kim loại có ưu điểm là tạo ra các hạt có độ tinh khiết cao do không sử dụng hóa chất khử hay chất ổn định. Điều này giảm thiểu nguy cơ tạp chất, đồng thời cho phép kiểm soát chặt chẽ hơn về kích thước và hình dạng của hạt. Phương pháp này cũng cho phép sử dụng nguyên liệu đầu vào đa dạng, từ rắn đến lỏng và khí, mở ra khả năng sản xuất quy mô lớn với nhiều loại hạt nano kim loại khác nhau. Tuy nhiên, các hạn chế của phương pháp này là chi phí đầu tư cao, tiêu thụ năng lượng lớn, khó khăn trong việc áp dụng cho kim loại có nhiệt độ nóng chảy cao và tốc độ tổng hợp chậm [6].

### Tổng hợp xanh hạt nano kim loại

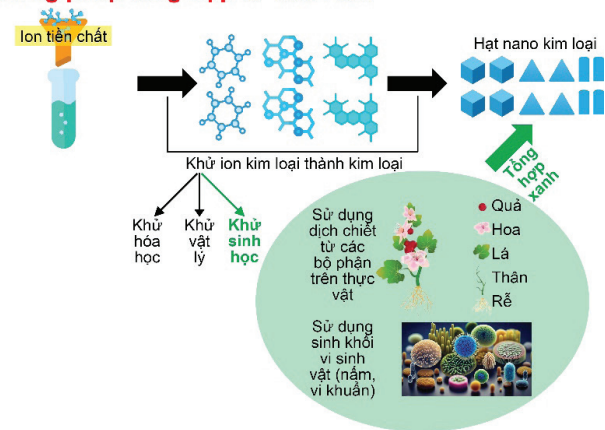
Nguyên lý tổng hợp xanh hạt nano kim loại từ các vật liệu sinh học khác nhau có nguồn gốc từ dịch chiết thực vật hoặc vi khuẩn, nấm, tảo dựa trên việc sử dụng chất khử để khử muối kim loại thành các hạt nano kim loại [3, 7]. Quá trình này là một phần của phương pháp tổng hợp xanh, ưu tiên sử dụng các nguyên liệu an toàn và thân thiện với môi trường. Dung môi thường sử dụng trong quá trình tổng hợp xanh là nước hoặc ethanol (ít độc hại, giúp hòa tan các chất khử và muối kim loại hiệu quả). Chất khử thu được từ các bộ phận của thực vật (như lá, hoa, hoặc rễ) bằng cách nghiền nhỏ và chiết xuất trong dung môi đã chọn. Các hợp chất như phenolic, alkaloid, flavonoid và terpenoid trong chiết xuất thực vật đóng vai trò như chất khử, giúp khử ion kim loại thành hạt nano

kim loại. Chất ổn định tương thích sinh học thường là các hợp chất tự nhiên có trong dịch chiết thực vật, giúp ổn định bề mặt các hạt nano và ngăn chặn sự tập trung hoặc kết tủa. Chúng cũng giúp kiểm soát kích thước và hình dạng của hạt nano [3].

#### Phương pháp tổng hợp từ trên xuống



#### Phương pháp tổng hợp từ dưới lên



#### Các phương thức tổng hợp hạt nano kim loại.

Phản ứng tổng hợp xanh hạt nano kim loại thường được tiến hành ở nhiệt độ cao để tăng hiệu quả khử và ổn định hạt nano. Điều kiện nhiệt độ và thời gian phản ứng được tối ưu hóa để đạt được kích thước và độ tinh khiết mong muốn. Quá trình này không chỉ giúp tạo ra các hạt nano kim loại với đặc tính mong muốn mà còn giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường và sức khỏe con người so với các phương pháp tổng hợp hóa học truyền thống, thường liên quan đến các hóa chất độc hại với chi phí cao [3].

Phương pháp tổng hợp xanh hạt nano kim loại dựa trên các tiền chất sinh học phụ thuộc vào nhiều yếu tố, như giá trị pH, nhiệt độ, dung môi, thời gian phản ứng và nồng độ của các chất. Nhiệt độ là yếu tố quan trọng nhất trong việc làm thay đổi kích thước và hình dạng của hạt nano cũng như mức độ tổng hợp của hạt. Các loại hình dạng khác nhau của hạt nano xanh (tam giác, bát diện dạng mảnh, hình cầu và hình que) có thể được điều



chính tùy thuộc vào nhiệt độ và thời gian phản ứng. Giá trị pH và nhiệt độ kiểm soát sự hình thành các trung tâm phản ứng. Độ pH tăng cường số lượng trung tâm tạo mầm, thúc đẩy sự hình thành của hạt nano kim loại tổng hợp xanh.

Hạt nano kim loại tổng hợp xanh thể hiện hoạt tính được lý cao hơn so với hạt nano kim loại được tổng hợp bằng các phương pháp hóa lý khác. Tính ổn định và khả năng phân tán của hạt nano kim loại tổng hợp xanh có thể được kiểm soát bởi các yếu tố ảnh hưởng khác nhau như pH, nhiệt độ, thời gian lưu và tỷ lệ trộn. Dịch chiết từ các bộ phận, như rễ, thân, nhựa cây, lá và hạt của một số loại cây thường được sử dụng để tổng hợp hạt nano kim loại tổng hợp xanh. Sử dụng hạt nano kim loại tổng hợp xanh trong nông nghiệp giúp giảm tác động có hại đến môi trường và tiết kiệm chi phí, đồng thời không tạo ra hiệu ứng tích lũy cho môi trường canh tác [1, 2].

Trong số các hạt nano kim loại, nano Ag là hạt được tổng hợp xanh phổ biến nhất. Nano Ag tổng hợp xanh, sử dụng các thành phần từ thực vật như rễ, thân, nhựa, lá và hạt, đang mở ra những triển vọng mới. Với khả năng khử Ag<sup>+</sup> từ dung dịch AgNO<sub>3</sub> bằng các hợp chất tự nhiên như polysaccharides, phenolics, và alkaloids, quá trình này không chỉ thân thiện với môi trường mà còn hiệu quả trong việc tạo ra các hạt nano có khả năng ổn định cao mà không tạo ra các sản phẩm phụ độc hại (Ag<sub>2</sub>O) [8]. Sự chuyển màu của dung dịch từ vàng nhạt sang nâu đậm không chỉ là dấu hiệu của sự hình thành

nano Ag mà còn là bằng chứng của sự hấp thụ ánh sáng hiệu quả. Những nano Ag này nhờ vào kích thước và hình dạng có thể kiểm soát được, mang lại khả năng kháng khuẩn tốt, đáp ứng nhu cầu ngày càng cao về các giải pháp an toàn sinh học trong các ứng dụng từ nông nghiệp [9]. Ngoài ra, các hạt nano kim loại khác, như CuO, MgO, Au... cũng có thể được tổng hợp xanh từ dịch chiết thực vật (bảng 1). Ví dụ, dịch chiết nước bưởi (*Citrus maxima*) và hạt của cây hồ tiêu dài (*Piper longum*) có thể tổng hợp hạt nano vàng có kích thước 56 nm, trong khi dịch chiết từ hành tây (*Allium cepa*) có thể tổng hợp được hạt nano vàng với kích thước 100 nm. Lá cây rau bina hoang dại (*Chenopodium album*) có thể tổng hợp ra hạt nano vàng có hình cầu với kích thước 10-30 nm. Dịch chiết từ hoa của cây kim ngân Nhật Bản (*Lonicera japonica*) tổng hợp được hạt nano vàng có kích thước trung bình đạt 8,02 nm.

### Một số lưu ý khi sử dụng hạt nano kim loại tổng hợp xanh trong canh tác nông nghiệp

Khi sử dụng hạt nano kim loại tổng hợp xanh trong canh tác nông nghiệp, có một số lưu ý quan trọng cần được xem xét để đảm bảo hiệu quả và an toàn:

*Thứ nhất*, trước khi áp dụng rộng rãi, các hạt nano kim loại cần được thử nghiệm kỹ lưỡng để đánh giá tác động đến các loại cây trồng, đất và hệ sinh thái xung quanh. Điều này bao gồm việc kiểm tra sự tương thích sinh học và tác động lâu dài đến hệ sinh vật trong đất.

**Bảng 1. Hiệu quả của một số hạt nano kim loại tổng hợp xanh.**

Bộ phận trên cây	Loại hạt	Kích thước hạt	Đặc tính
Quả của cây <i>Capsicum Frutescence</i>	Nano Ag	20-25 nm	Hoạt tính kháng khuẩn ở nồng độ 80 µg/ml
Lá của cây <i>Malus domestica</i>	Nano CuO	18-20 nm	Hoạt tính kháng khuẩn và chống oxy hóa
Bông cải của cây <i>Brassica oleracea</i>	Nano Ag	42-83 nm	Kháng <i>Escherichia coli</i> và <i>Staphylococcus aureus</i>
Lá và rễ của cây <i>Phyllanthus reticulatus</i>	Nano Ag	11-30 nm	Kháng <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>E. coli</i> , <i>Pseudomonas putida</i> và <i>S. aureus</i>
Cây <i>Phyllanthus Reticulatus</i>	Nano MgO	20-200 nm	Kích hoạt cơ chế kháng bệnh héo xanh vi khuẩn trên cây cà chua
Quả của cây <i>Hovenia dulcis</i>	Nano Au	15-20 nm	Hoạt tính kháng khuẩn và chống oxy hóa
Hạt của cây <i>Abelmoschus Esculentus</i>	Nano Au	45-75 nm	Hoạt tính kháng nấm <i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. niger</i> và <i>Candida albicans</i>
Lá của cây <i>Hibiscus Tiliaceus</i>	Nano Ag	20-65 nm	Kháng vi khuẩn <i>Xanthomonas campestris</i> và <i>Ralstonia solanacearum</i>
Lá của cây <i>Ruellia tuberosa</i>	Nano CuO	23 nm	Hoạt tính kháng khuẩn và khả năng quang xúc tác
Lá của cây <i>Sphaeranthus Indicus</i>	Nano Au	25 nm	Tăng cường sự phân chia tế bào ở chóp rễ và quá trình nảy mầm của cây <i>Allium cepa</i>
Vỏ của cây <i>Punica Granatum</i>	Nano ZnO và CuO	10-40 nm	Tăng cường diệt lục ở cây <i>Capsicum annum</i>
Cây <i>Matricaria chamomilla</i> , <i>Olea europaea</i> và <i>Lycopersicon esculentum</i>	Nano ZnO	40-124 nm	Kháng bạc lá trên cây lúa gạo
Rễ và lá của cây thuộc họ Poaceae	Nano ZnO	18 nm	Cải thiện năng suất hạt và hàm lượng Zn, N, P, K trong hạt



Liều lượng cao quá mức hoặc áp dụng không đúng cách có thể gây hại cho cây trồng và môi trường. Đồng thời, cần đảm bảo rằng các hạt nano kim loại được ổn định và phân tán đều trong các dung dịch sử dụng để phun lên cây hoặc trộn vào đất. Sự kết tủa hoặc tập trung quá mức của hạt nano có thể làm giảm hiệu quả và tính an toàn của chúng. Việc hiểu rõ cách thức các hạt nano kim loại phân hủy hoặc tương tác với các yếu tố môi trường như nước, đất, và sinh vật sẽ giúp đánh giá nguy cơ tích lũy hạt nano trong hệ sinh thái và khả năng chuyển hóa của chúng sang các dạng có hại [6].

*Thứ hai*, nano hóa các hợp chất tự nhiên trong canh tác nông nghiệp là rất lớn, mở ra cánh cửa cho những cải tiến đáng kể trong quản lý và bảo vệ cây trồng. Khi các hợp chất tự nhiên như các loại dầu thiên nhiên, chiết xuất thực vật và dược liệu được nano hóa chúng có thể được sử dụng hiệu quả hơn phân bón, thuốc trừ sâu, hoặc chất kích thích tăng trưởng truyền thống. Ví dụ, các nano hạt có thể được thiết kế để thả chậm và kiểm soát việc giải phóng chất dinh dưỡng, giúp cây trồng hấp thụ một cách hiệu quả hơn, giúp giảm thiểu lượng phân bón cần sử dụng. Đồng thời, việc áp dụng các hạt nano chứa

hợp chất sinh học trong nông nghiệp cũng hứa hẹn giảm thiểu rủi ro đối với sức khỏe con người và động vật, góp phần vào việc phát triển nông nghiệp bền vững [10].

*Thứ ba*, sử dụng hạt nano canxi và nano silic trong canh tác nông nghiệp đang ngày càng được chú trọng như một hướng tiếp cận mới để cải thiện sức khỏe và năng suất của cây trồng. Hạt nano canxi có thể giúp cải thiện cấu trúc tế bào và tăng cường sự phát triển của cây trồng bằng cách thúc đẩy sự hấp thụ và sử dụng canxi hiệu quả hơn, kích thích sự phát triển của bộ rễ [11]. Mặt khác, hạt nano silic được biết đến với khả năng tăng cường sức đề kháng của cây trồng đối với sâu bệnh và cải thiện cơ chế thích nghi với stress môi trường như hạn hán và nhiệt độ cao [12]. Silic giúp tăng cường cấu trúc của thân cây, giúp cây trở nên chắc khỏe hơn và khó bị gãy đổ. Ngoài ra, việc sử dụng nano silic có thể góp phần vào việc cải thiện chất lượng bề mặt lá, từ đó tăng khả năng quang hợp và tổng hợp chất khô [12]. Sự kết hợp của nano canxi và nano silic có thể cung cấp một giải pháp toàn diện để nâng cao sức khỏe và độ bền của cây trồng, giúp tối ưu hóa sản lượng và chất lượng nông sản trong điều kiện canh tác hiện đại ✍

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] G. Guleria, S. Thakur, M. Shandilya, et al. (2023), "Nanotechnology for sustainable agro-food systems: The need and role of nanoparticles in protecting plants and improving crop productivity", *Plant Physiol. Biochem.*, **194**, pp.533-549, DOI: 10.1016/j.plaphy.2022.12.004.
- [2] Y. Tang, W. Zhao, G. Zhu, et al. (2023), "Nano-pesticides and fertilizers: solutions for global food security", *Nanomaterials*, **14(1)**, DOI: 10.3390/nano14010090.
- [3] C. Hano, B.H. Abbasi (2021), "Plant-based green synthesis of nanoparticles: Production, characterisation and applications", *Biomolecules*, **12(1)**, DOI: 10.3390/biom12010031.
- [4] S. Tripathi, S. Mahra, J. Victoria, et al. (2023), "Recent advances and perspectives of nanomaterials in agricultural management and associated environmental risk: A review", *Nanomaterials*, **13(10)**, DOI: 10.3390/nano13101604.
- [5] X. Wang, H. Xie, P. Wang, et al. (2023), "Nanoparticles in plants: Uptake, transport and physiological activity in leaf and root", *Materials*, **16(8)**, DOI: 10.3390/ma16083097.
- [6] M. Haris, T. Hussain, H.I. Mohamed, et al. (2023), "Nanotechnology - A new frontier of nano-farming in agricultural and food production and its development", *Sci. Total. Environ.*, **857**, Pt 3, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.159639.
- [7] H. Bahrulolum, S. Nooraei, N. Javanshir, et al. (2021), "Green synthesis of metal nanoparticles using microorganisms and their application in the agrifood sector", *J. Nanobiotechnology*, **19(1)**, DOI: 10.1186/s12951-021-00834-3.
- [8] N. Liaqat, N. Jahan, K.U. Rahman, et al. (2022), "Green synthesised silver nanoparticles: Optimisation, characterisation, antimicrobial activity, and cytotoxicity study by hemolysis assay", *Front Chem.*, **10**, DOI: 10.3389/fchem.2022.952006.
- [9] M. Tariq, K.N. Mohammad, B. Ahmed, et al. (2022), "Biological synthesis of silver nanoparticles and prospects in plant disease management", *Molecules*, **27(15)**, DOI: 10.3390/molecules27154754.
- [10] C.M. Rojas, A.P.D. Luque (2023), "Nanobiosensors and nanoformulations in agriculture: New advances and challenges for sustainable agriculture", *Emerg. Top Life Sci.*, **7(2)**, pp.229-238, DOI: 10.1042/ETLS20230070.
- [11] F.J. Carmona, A. Guagliardi, N. Masciocchi (2022), "Nanosized calcium phosphates as novel macronutrient nano-fertilizers", *Nanomaterials*, **12(15)**, DOI: 10.3390/nano12152709..
- [12] G. Yan, Q. Huang, S. Zhao, et al. (2024), "Silicon nanoparticles in sustainable agriculture: Synthesis, absorption, and plant stress alleviation", *Front Plant Sci.*, **15**, DOI: 10.3389/fpls.2024.1393458.