

**BỘ GIÁO DỤC
VÀ ĐÀO TẠO**

**VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM**

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



Nguyễn Thị Thanh Huyền

**CHẾ TẠO VÀ NGHIÊN CỨU CÁC ĐẶC TRƯNG
TÍNH CHẤT CỦA NANO Fe⁰, Cu⁰, Co⁰, ĐỊNH HƯỚNG
ỨNG DỤNG TRONG NÔNG NGHIỆP**

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KHOA HỌC VẬT CHẤT

Ngành: Hóa Vô cơ

Mã số: 9.44.01.13

Hà Nội - 2024

Công trình được hoàn thành tại: Học Viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Người hướng dẫn khoa học : PGS. TS. Hoàng Anh Sơn

Cơ quan công tác: Viện Khoa học Vật liệu - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án đã bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án tiến sĩ cấp Học viện họp tại Học Viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam vào hồi....giờ....phút, ngày....tháng....năm.....

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Học Viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

- Thư viện Quốc gia Việt Nam

DANH MỤC CÁC BÀI BÁO ĐÃ XUẤT BẢN LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

1. **Nguyen Thi Thanh Huyen**, Nguyen Hong Nhung, Le Thanh, Pham Duy Khanh, Tran Dai Lam and Hoang Anh Son, 2018, *Preparation and characterization of zerovalent iron nanoparticles*, Vietnam Journal of Chemistry, 56(2), 226-230.
2. **Huyen Nguyen Thi Thanh**, Son Hoang Anh, Nhung Hong Nguyen, Chi Que Tran, Dong Nguyen Van, Quy Vu Ngoc, 2018, *Research on the impact of nano metals particle in growth development and yield of maize/ The 9th International Workshop on Advanced Materials Science and Nanotechnology (IWAMSN2018)*, 8-12 November, Ninh Binh City, Vietnam.
3. **Nguyễn Thị Thanh Huyền**, Nguyễn Hồng Nhung, Phạm Duy Khánh, Trần Quế Chi, Trần Thị Thanh Thảo, Hoàng Anh Sơn, 2019, *Chế tạo và nghiên cứu đặc trưng tính chất của hạt nano coban hóa trị không*. Tạp chí Hóa học, 57(4e1,2) 264-268.
4. Son Hoang Anh, Nhung Nguyen Hong, Chi Tran Que, Yen Hoang Quach Thi, Toan Nguyen Thi, Huong Tran Thi, Chan Do The, Son Le Phuc, Trung Nguyen Quoc, Son Vu Hong, **Huyen Nguyen Thi Thanh** and Chi Phan, 2016, *Preparation and study physicochemical characterization of zero – valent iron, copper and cobalt nanoparticles*. Proceedings The 8th International Workshop on Advanced Materials Science and Nanotechnology, 405-415.
5. Son A. Hoang, Hanh H. Cong, Shukanov V. P., Karytsko L. A., Poljanskaja S. N., Melnikava E. V., Mashkin I. A., **Huyen T. Nguyen**, Khanh D. Pham and Chi M. Phan, 2022, *Evaluation of metal nano-particles as growth promoters and fungi inhibitors for cereal crops/ Chem. Biol. Technol. Agric.* 9:12 <https://doi.org/10.1186/s40538-021-00277-w>
6. Hoàng Anh Sơn, Công Hồng Hạnh, **Nguyễn Thị Thanh Huyền**, Phạm Duy Khánh. Bằng độc quyền sáng chế số 31198 của Cục sở hữu trí tuệ thuộc Bộ Khoa học và Công nghệ, 2022, *Phương pháp xử lý củ gừng giống (zingiber officinale) bằng dung dịch nano kim loại coban hóa trị không (Co⁰) để tăng năng suất thu hoạch*. 2022.
7. Hoàng Anh Sơn, Trần Quế Chi, Nguyễn Quốc Trung, Quách Thị Hoàng Yến, **Nguyễn Thị Thanh Huyền**, Đàm Văn Phú, Lê Trọng Hính, Vũ Ngọc Quý, 2017, *Ứng dụng hạt nano kim loại để xử lý hạt giống nhằm kích thích sinh trưởng và tăng năng suất thu hoạch của cây ngô*. Tạp chí Hóa học 55(3e12), 204-209, ISSN: 0866144.

I. GIỚI THIỆU LUẬN ÁN

1. Tính cấp thiết của đề tài

Ngành nông nghiệp hiện nay đang phải đối mặt với hàng loạt thách thức mang tính toàn cầu như: Dân số thế giới ngày càng tăng nhanh, diện tích đất trồng trọt ngày càng bị thu hẹp, các vấn đề về biến đổi khí hậu, hoặc về môi trường như tồn dư thuốc trừ sâu, phân bón... Do đó nhu cầu thay đổi phương thức canh tác truyền thống bằng những kỹ thuật nông nghiệp mới nhằm tiết kiệm chi phí, nâng cao năng suất, chất lượng cây trồng và an toàn với môi trường là rất cần thiết. Việc ứng dụng công nghệ nano trong ngành nông nghiệp hứa hẹn giải quyết được các vấn đề này.

Thật vậy, công nghệ nano ứng dụng cho nông nghiệp hiện nay chủ yếu đang được nghiên cứu ở 5 khía cạnh. Một là kích thích sinh trưởng thực vật. Hai là tăng năng suất cây trồng. Ba là bảo vệ thực vật. Bốn là cải thiện chất lượng đất. Năm là giám sát thông minh mầm bệnh và dư lượng thuốc trừ sâu.

Cùng với sự phát triển sôi động của công nghệ nano gần đây các nhà khoa học đã nghiên cứu ảnh hưởng các nguyên tố vi lượng kích thước nano (<100nm) đối với cây trồng. Ảnh hưởng của các hạt nano có thể thông qua các công đoạn như xử lý hạt giống trước khi gieo trồng, kết hợp trong phân bón lá, phân bón nhả chậm, thuốc diệt cỏ, thuốc trừ sâu...

Khi xử lý hạt giống bằng các nano kim loại, điển hình như nano đồng, sắt, coban... chúng có tác dụng tiêu diệt các vi sinh vật, bảo vệ hạt giống khỏi các tác nhân gây bệnh. Ngoài ra chúng còn tạo các điều kiện bất lợi đối với các vi sinh vật gây bệnh trong đất, đồng thời chúng được cây trồng hấp thụ với vai trò như các nguyên tố vi lượng kích thích quá trình sinh trưởng của cây. Các nguyên tố vi lượng làm tăng độ ẩm xuyên qua lớp vỏ của hạt giống, kích hoạt các quá trình sinh hoá trong hạt giống, làm tăng khả năng sống, nảy mầm, sinh trưởng của các bộ phận trên mặt đất cũng như hệ thống rễ cây. Khả năng nảy mầm của hạt càng mạnh góp phần làm giảm lượng tiêu thụ chất dinh dưỡng dự phòng, tăng hô hấp của cây, cho phép hạt

nảy mầm và đâm chồi ngay cả với một lượng nhỏ chất dinh dưỡng trong nội nhũ. Trong thực tế, từ trước đến nay người nông dân thường sử dụng kim loại ở dạng muối hoặc phức chelat để xử lý hạt giống, phun, bón. Tuy nhiên, hàm lượng độc tố của kim loại ở dạng hạt nano được chứng minh là nhỏ hơn 10 – 40 lần so với độc tố của muối các kim loại đó. Việc sử dụng nano kim loại để xử lý hạt giống trước khi gieo trồng nhằm thay thế các biện pháp xử lý hạt giống thông thường hiện nay, góp phần nâng cao năng suất cây trồng và giảm thiểu ô nhiễm môi trường là biện pháp vô cùng cần thiết để phát triển một nền nông nghiệp sạch, an toàn và thân thiện với môi trường.

Trong các nguyên tố vi lượng thì đồng có ý nghĩa đặc thù quan trọng trong sự sống của thực vật và không thể thay thế bởi bất kì nguyên tố nào khác. Đồng là thành phần chính của các enzym tập trung ở rễ cây, tham gia vào quá trình chuyển hóa nitơ và quá trình oxi hóa xảy ra trong tế bào thực vật và nó nằm trong thành phần cơ bản của các men oxi hóa. Dưới tác dụng của đồng sự hô hấp của thực vật tăng lên mãnh liệt, tăng hàm lượng diệp lục và tính chống chịu của nó. Tiếp theo là sắt, sắt là chất xúc tác quan trọng trong quá trình sản xuất chất diệp lục giúp cho lá cây có màu xanh. Sắt ảnh hưởng đến nhiều quá trình tổng hợp và chuyển hóa của các hợp chất hữu cơ trong đó có sắc tố tế bào (xitocrôm) – tác nhân truyền, tham gia vào quá trình hô hấp và thậm chí đi vào trong thành phần của các men oxihóa peroxide và các chất xúc tác. Ngoài ra nó còn là thành phần của phức sắt, hợp chất chức năng trong số các tác nhân truyền (vận chuyển) trong quá trình quang hợp, khử NO_3^- và SO_4^{2-} , đồng hóa nitơ và sinh tổng hợp clorophin. Coban thuộc nhóm siêu vi lượng, là thành phần xúc tác cho nhiều phản ứng sinh hóa của cây, liên quan đến quá trình khử nitrate và tổng hợp đạm. Coban là một thành phần trung tâm của vitamin cobalamin, hoặc vitamin B-12. Coban có tác động tích cực đến sự tích tụ chất diệp lục, tăng độ bền của liên kết của phức chất diệp lục với protein và khả năng chống lại sự phá hủy chúng trong bóng tối. Như vậy trong những nguyên tố vi lượng cần thiết cho cây trồng thì sắt, đồng và coban là 3 nguyên tố không thể thiếu và có tầm quan trọng bậc nhất.

Mặt khác trong các loại cây lương thực ở nước ta thì cây ngô hiện là cây chủ lực chỉ sau cây lúa, các loại cây được liệu thì có cây gừng hiện nay đang là loại cây có vai trò xóa đói giảm nghèo, mang lại hiệu quả kinh tế cao ở nhiều địa phương, đặc biệt là các tỉnh miền núi phía Bắc. Tuy nhiên sản xuất ngô và gừng hiện nay chủ yếu sử dụng các phương pháp canh tác truyền thống, phụ thuộc hoàn toàn vào điều kiện tự nhiên dẫn đến năng suất cây trồng chưa cao. Do vậy, ứng dụng khoa học công nghệ, lựa chọn mô hình canh tác thông minh kết hợp với sử dụng chế phẩm nano kim loại xử lý giống chính là giải pháp cốt lõi để tăng năng suất cho cây trồng.

Ngoài ra, để đánh giá tác động của việc sử dụng các hạt nano Fe^0 , Cu^0 , Co^0 ở các điều kiện khí hậu và thổ nhưỡng khác nhau, đề tài không chỉ nghiên cứu ảnh hưởng của hạt nano kim loại đến sinh trưởng phát triển của cây trồng ở vùng khí hậu nhiệt đới đề tài còn nghiên cứu ảnh hưởng của hạt nano kim loại đến sự sinh trưởng phát triển của cây lúa mì, lúa mạch trồng ở vùng khí hậu ôn đới.

Chính vì vậy, việc lựa chọn hướng nghiên cứu chế tạo các nano hóa trị không của 3 kim loại Fe^0 , Cu^0 , Co^0 và khảo sát đánh giá tác động của chúng đối với sự sinh trưởng phát triển, tăng năng suất một số đối tượng cây trồng cụ thể là cây ngô, cây gừng trong điều kiện khí hậu nhiệt đới và cây lúa mì, lúa mạch trong điều kiện khí hậu ôn đới trong luận án nghiên cứu sinh có tính mới cũng như cả ý nghĩa khoa học và giá trị thực tiễn ở trong nước và trên thế giới.

Xuất phát từ yêu cầu khoa học và thực tế trên, nghiên cứu sinh đã lựa chọn đề tài “Chế tạo và nghiên cứu các đặc trưng tính chất của nano kim loại Fe^0 , Cu^0 , Co^0 , định hướng ứng dụng trong nông nghiệp” làm luận án tiến sĩ của mình.

2. Mục tiêu nghiên cứu của luận án:

- Chế tạo được các tinh thể nano kim loại Fe, Cu, Co hoá trị 0 (Fe^0 , Cu^0 , Co^0) có kích thước dưới 100 nm bằng phương pháp khử bởi hydro mới sinh.

- Tìm ra các điều kiện phù hợp để xử lý hạt giống ngô, lúa mì, lúa mạch/củ giống gừng trước khi gieo trồng bằng các nano kim loại hóa trị không (Fe^0 , Cu^0 , Co^0).

- Đánh giá được khả năng kích thích sinh trưởng trong giai đoạn nảy mầm, phát triển thân, rễ, lá, khả năng tăng năng suất thu hoạch của các cây ngô, cây gừng, cây lúa mì, lúa mạch sau khi xử lý hạt giống bằng các nano Fe^0 , Cu^0 , Co^0 và cơ chế tác động của chúng.

3. Nội dung nghiên cứu của luận án:

1. Nghiên cứu chế tạo và đặc trưng tính chất của các nano kim loại Fe^0 , Cu^0 , Co^0 .

2. Nghiên cứu chế tạo và đặc trưng hóa lý của dung dịch xử lý hạt giống trên cơ sở dung dịch huyền phù của các nano kim loại.

3. Khảo sát ảnh hưởng của các hạt nano kim loại Fe^0 , Cu^0 , Co^0 đến sinh trưởng phát triển, năng suất, chất lượng sản phẩm của cây ngô, cây gừng và cây lúa mì lúa mạch.

4. Bố cục của luận án

Luận án với 110 trang bao gồm 3 chương. Chương 1: Tổng quan. Chương 2: Thực nghiệm và phương pháp nghiên cứu. Chương 3: Kết quả và thảo luận.

II. NỘI DUNG LUẬN ÁN

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Tìm hiểu, thu thập các thông tin khoa học liên quan đến vật liệu nano kim loại, bao gồm các tính chất đặc trưng và các phương pháp chế tạo nano kim loại. Trên cơ sở đó đưa ra các phương pháp chế tạo vật liệu nano kim loại cũng như hóa chất thích hợp cho đề tài. Phương pháp chế tạo 3 nano kim loại Fe, Cu, Co được lựa chọn là phương pháp khử hóa học với tác nhân khử là khí hydro. Khí hydro được tạo ra từ phản ứng điện phân nước được sử dụng trực tiếp để tăng cường hiệu quả của quá trình khử.

Tìm hiểu một số quan điểm về cơ chế tác dụng của nano kim loại siêu phân tán lên thực vật cho thấy, cơ chế tác dụng của các hạt nano rất phức tạp bởi chúng tác động cùng một lúc lên nhiều đối tượng và nhiều quá trình diễn ra bên trong tế bào, tại trung tâm tế bào hoặc toàn bộ hệ thống, trong đó tâm hoạt động của các enzym có thể là đối tượng tác động của hạt nano. Có rất nhiều nghiên cứu của các nhà khoa học trên thế giới đã chứng minh được hiệu quả của việc ứng dụng của các hạt nano kim loại đối với cây trồng. Tuy nhiên đến nay cơ chế tác động của hạt nano kim loại siêu phân tán lên thực vật vẫn chưa có nghiên cứu nào công bố tường minh và vẫn đang còn nhiều tranh cãi. Trong luận án này tôi giả thiết đối tượng hoạt động của các hạt nano là tâm hoạt động của các enzym.

Tìm hiểu tổng quan về tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước về ứng dụng của hạt nano kim loại trong lĩnh vực trồng trọt cho thấy hạt nano kim loại có tác dụng thúc đẩy sinh trưởng phát triển đến cây trồng và đang rất được quan tâm trong lĩnh vực ứng dụng vào sản xuất nông nghiệp. Đã có rất nhiều nghiên cứu của các nhà khoa học trên thế giới cũng như trong nước đã chứng minh được tác dụng của hạt nano kim loại đối với cây trồng. Tuy nhiên vẫn thiếu những nghiên cứu sâu về một dạng hạt nano kim loại hóa trị không, phương pháp và điều kiện để tổng hợp chúng, các tính chất lý- hóa - sinh đặc trưng của chúng ở trạng thái kim loại cũng như khi chuyển hóa thành dung dịch giàu năng lượng để xử lý hạt giống trước khi gieo trồng.

Chính vì vậy, việc lựa chọn hướng nghiên cứu chế tạo các nano kim loại Fe, Cu, Co hóa trị không bằng phương pháp khử bởi hydro và khảo sát các tính chất hóa- lý, ảnh hưởng của chúng đối với sự sinh trưởng phát triển, năng suất của một số cây trồng thông qua quá trình xử lý hạt giống/củ giống trước khi gieo trồng trong luận án có tính mới và ý nghĩa khoa học cũng như giá trị thực tiễn ở cả trong nước và trên thế giới.

CHƯƠNG 2: THỰC NGHIỆM VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Hóa chất, vật tư và thiết bị

2.1.1. Hóa chất

Các hóa chất được dùng trong nghiên cứu có độ tinh khiết cao, do hãng Merck của Đức sản xuất bao gồm: Sắt nitrat $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, đồng sunfat $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, coban nitrat $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, natri hydroxit NaOH, amoni hydroxit NH_4OH .

2.1.2. Vật tư

Hạt ngô giống là giống ngô lai LVN10 là giống lai đơn của Viện nghiên cứu Ngô. Củ gừng giống là giống gừng trâu truyền thống được trồng phổ biến của huyện Hà Quảng, Cao Bằng. Hạt giống lúa mì, lúa mạch là giống lúa chín sớm của Belarus được thương mại bởi hãng Evro- Semena, Belarus.

2.1.3. Thiết bị

Máy điện phân sinh khí Hydro (Mỹ, model HGH-300). Lò ống có điều khiển nhiệt độ Nabertherm (Đức model R 50/500/12). Máy rung siêu âm Elmasonic S60H. Máy đo pH 7110. Máy ly tâm lạnh tốc độ cao. Máy nghiền bi hành tinh Frichs (Đức).

2.2. Chế tạo vật liệu nano kim loại Fe^0 , Cu^0 , Co^0

2.2.1. Chế tạo tiền chất

Quy trình chế tạo tiền chất: Cho muối kim loại tương ứng ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) vào nước cất, sau đó khuấy cho tan hết, ta được dung dịch muối kim loại. Nhỏ từ từ dung dịch NaOH hoặc dung dịch NH_4OH vào dung dịch muối kim loại để tạo sản phẩm kết tủa. Phần kết tủa thu được đem lắng gạn, rửa bằng nước cất nhiều lần để rửa hết các ion. Tiến hành lọc ly tâm sản phẩm thu được, rồi đem sấy khô, rồi nung trong không khí sau đó đem nghiền mịn ta thu được sản phẩm cuối cùng là bột oxit.

2.2.2. Chế tạo các hạt nano kim loại Fe^0 , Cu^0 , Co^0

Đưa tiền chất vào thuyền sứ rồi đưa vào buồng phản ứng. Sau đó đưa buồng phản ứng vào lò nung. Lắp ống dẫn khí, van an toàn. Điện phân tạo dòng khí H₂ lưu lượng 300ml/phút. Gia nhiệt từ từ đến nhiệt độ thích hợp. Để lò nguội tự nhiên trong khi vẫn tiếp tục điện phân tạo dòng khí H₂ để bảo vệ mẫu. Sau khi lò nguội, lấy sản phẩm ra và bảo quản trong môi trường chân không.

2.2.3. Các phương pháp nghiên cứu đặc trưng tính chất của vật liệu và đánh giá tác động của hạt nano kim loại lên cây trồng

2.2.3.1. Các phương pháp nghiên cứu đặc trưng tính chất của vật liệu

Luận án đã sử dụng các phương pháp nghiên cứu đặc trưng tính chất của vật liệu bao gồm: Phương pháp phổ nhiễu xạ tia X (XRD) để phân tích cấu trúc của vật liệu. Phương pháp phổ huỳnh quang tia X (XRF) và phương pháp tán xạ năng lượng (EDX) để phân tích thành phần hóa của mẫu. Phương pháp kính hiển vi điện tử quét (SEM) để đánh giá hình thái và kích thước hạt. Phương pháp phổ Zeta, phương pháp tán xạ ánh sáng động DLS để xác định sự phân bố kích thước hạt và thế năng Zeta. Phương pháp BET để xác định diện tích bề mặt riêng của mẫu.

2.2.3.2. Các phương pháp đánh giá tác động của hạt nano kim loại lên cây trồng

a. Phương pháp xử lý hạt giống/củ giống bằng hạt nano kim loại

Dung dịch huyền phù nano kim loại được chế tạo bằng cách hòa một lượng nano kim loại vào một thể tích nước cất (khử ion) theo nồng độ đã định, dùng để xử lý hạt giống. Đưa dung dịch vừa pha vào máy rung siêu âm bật ở chế độ liên tục, thời gian rung từ 10 đến 40 phút. Dưới tác động của sóng siêu âm các hạt nano kim loại tham gia vào phản ứng khử và được chuyển hóa thành dạng huyền phù trong môi trường nước.

Hạt giống/củ giống được ngâm trong dung dịch huyền phù các hạt nano kim loại ở thời gian cụ thể sau đó vớt ra và đem đi ương trồng ngay để đạt hiệu quả tốt nhất. Căn cứ vào định lượng gieo hạt giống/củ giống trên

lha để tính toán khối lượng hạt giống/củ giống và lượng nano kim loại cần thiết để xử lý theo từng công thức thí nghiệm.

b. Phương pháp đánh giá tác động của hạt nano kim loại lên cây trồng

Các phương pháp đánh giá sự sinh trưởng phát triển của cây ngô, cây gừng theo quy chuẩn quốc gia về khảo nghiệm giá trị canh tác và sử dụng của giống ngô, gừng. Đối với cây lúa mì, lúa mạch được xác định theo tiêu chuẩn hiện hành của cộng hòa Belarus.

CHƯƠNG 3: KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

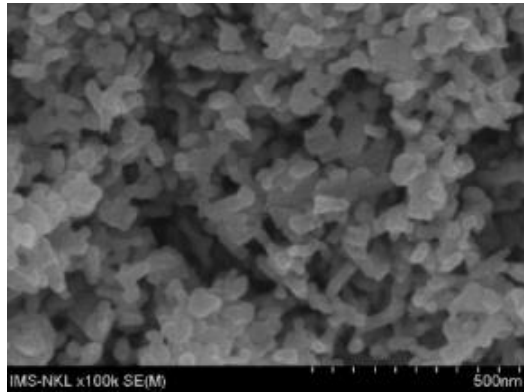
3.1. Kết quả nghiên cứu chế tạo và đặc trưng tính chất của vật liệu nano kim loại Fe⁰, Cu⁰, Co⁰

3.1.1. Kết quả chế tạo các tiền chất Fe₂O₃, CuO, Co₃O₄

Chế tạo được các tiền chất Fe₂O₃, CuO, Co₃O₄ ở dạng bột dùng làm tiền chất cho các phản ứng hoàn nguyên Fe⁰, Cu⁰, Co⁰ với hình dạng tương đối đồng đều. Kích thước hạt trung bình của Fe₂O₃ là 88,51nm, CuO có kích thước hạt trung bình là 81,17nm và độ tinh khiết là 99,96%, Co₃O₄ có kích thước hạt trung bình là 90,91nm. Đặc trưng tính chất của các tiền chất được xác định bằng các phương pháp phổ nhiễu xạ tia X (XRD), kính hiển vi điện tử quét (SEM), phương pháp tán xạ ánh sáng động DLS và phương pháp phổ huỳnh quang tia X (XRF).

3.1.2. Kết quả chế tạo nano kim loại Fe⁰

Để chế tạo nano Fe⁰ ta khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian phản ứng đến cấu trúc và kích thước hạt của vật liệu từ đó tìm ra nhiệt độ và thời gian tối ưu nhất để nung mẫu. Sau khi khảo sát điều kiện nung mẫu được lựa chọn là nhiệt độ 400°C và thời gian là 90 phút. Các đặc trưng tính chất của hạt nano Fe⁰ được xác định bằng các phương pháp: XRD, SEM, XRF, BET, và DLS.

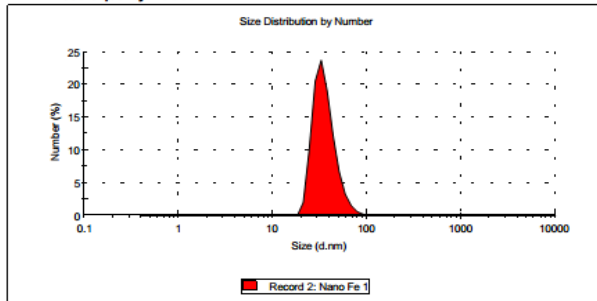


Hình 3.1. Ảnh SEM của mẫu nano Fe⁰

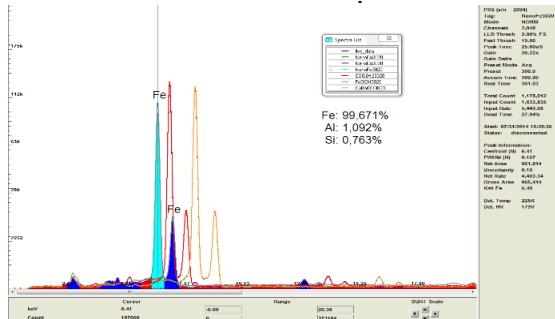
Results

	Size (d.n...	% Number	Width (d.n...
Z-Average (d.nm): 58,76	Peak 1: 36,19	100,0	10,80
PdI: 0,121	Peak 2: 0,000	0,0	0,000
Intercept: 0,926	Peak 3: 0,000	0,0	0,000

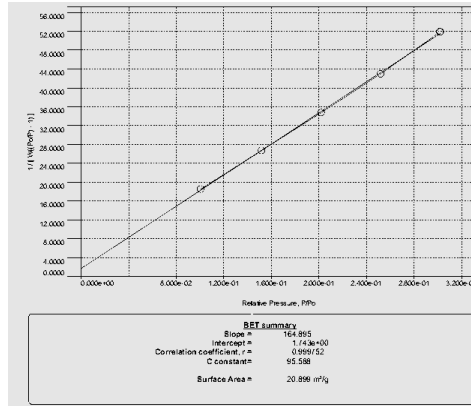
Result quality **Good**



Hình 3.2. Phân bố kích thước hạt của mẫu nano Fe⁰



Hình 3.3. Phân tích thành phần nguyên tố mẫu nano Fe⁰

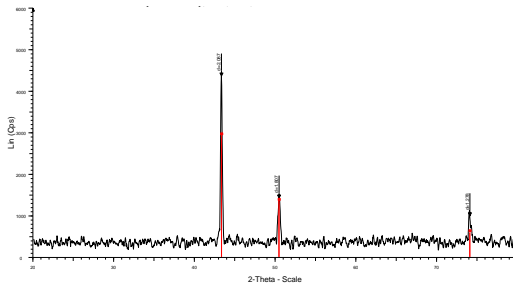


Hình 3.4. Kết quả đo diện tích bề mặt riêng BET của mẫu nano Fe⁰

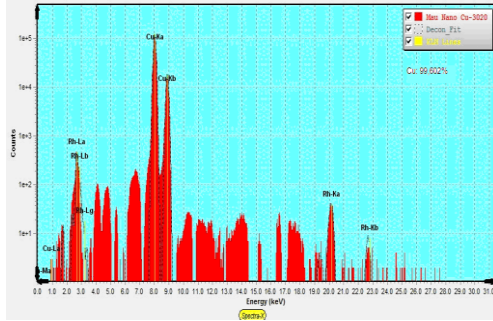
Bằng phương pháp khử bởi hydro mới sinh từ phản ứng điện phân nước với lưu lượng 300ml/phút đã chế tạo thành công bột nano kim loại Fe⁰ từ sắt (III) oxit Fe₂O₃ tại nhiệt độ phản ứng là 400°C và thời gian phản ứng là 90 phút. Hạt nano Fe⁰ nhận được có kích thước trung bình 58,76nm, độ sạch 99,67%.

3.1.3. Kết quả chế tạo nano kim loại Cu⁰

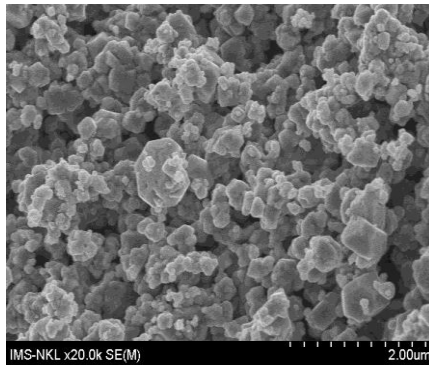
Khảo sát ảnh hưởng của thời gian và nhiệt độ của phản ứng đến cấu trúc và kích thước hạt của vật liệu từ đó đưa ra được thời gian tối ưu để nung mẫu là 400°C và thời gian là 60 phút. Đặc trưng tính chất của hạt nano Fe⁰ được xác định bằng các phương pháp: XRD, SEM, XRF, BET, và DLS.



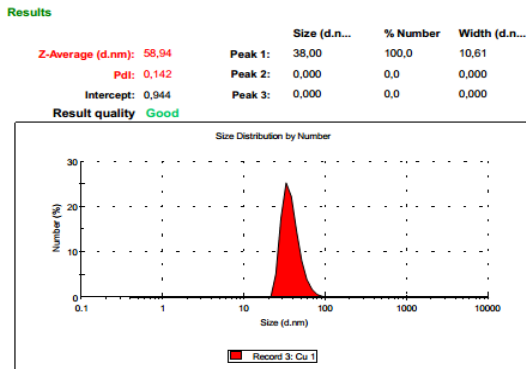
Hình 3.5. Giản đồ XRD của mẫu nano Cu⁰ nung ở 400°C trong 60 phút



Hình 3.6. Phân tích thành phần hóa nano Cu^0 bằng phương pháp XRF



Hình 3.7. Ảnh SEM của mẫu nano Cu^0 chế tạo được tại $400^\circ\text{C}/60$ phút

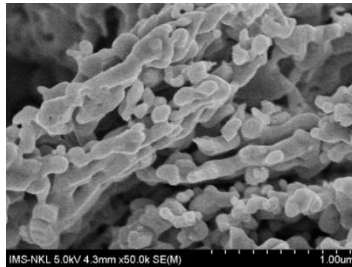


Hình 3.8. Kết quả đo kích thước hạt trung bình của mẫu nano kim loại Cu^0

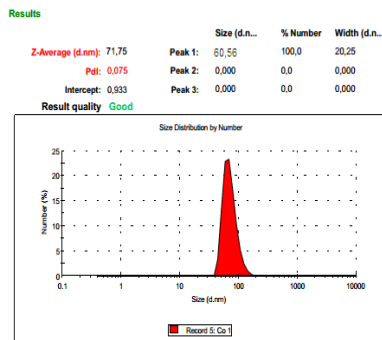
Bằng phương pháp khử bởi hydro mới sinh từ phản ứng điện phân nước. Đã chế tạo thành công bột nano kim loại Cu^0 từ đồng (II) oxit CuO tại nhiệt độ phản ứng là 400°C , thời gian phản ứng là 60 phút và lưu lượng khí hydro 300ml/phút. Nano Cu^0 chế tạo được có kích thước trung bình 58,94nm, độ sạch 99,6%.

3.1.4. Kết quả chế tạo nano kim loại Co^0

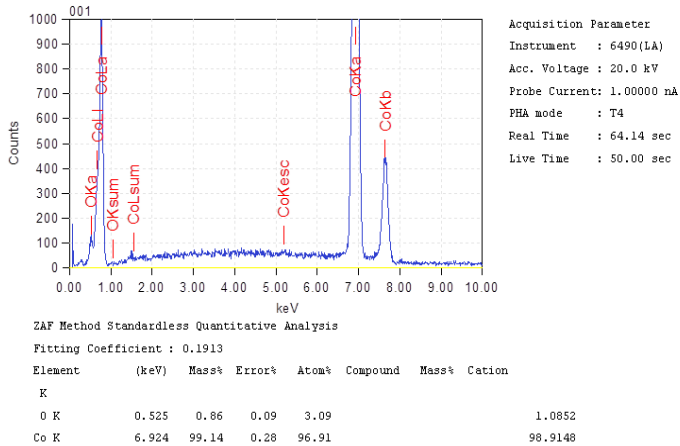
Khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian phản ứng đến cấu trúc và kích thước của hạt nano Co^0 từ đó đưa ra nhiệt độ và thời gian tối ưu để nung mẫu là tại nhiệt độ 500°C và thời gian là 60 phút. Đặc trưng tính chất của hạt nano Co^0 được xác định bằng các phương pháp: XRD, SEM, XRF, BET, và DLS.



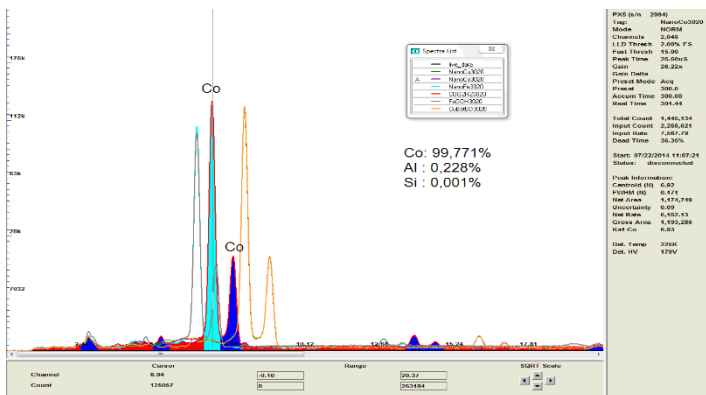
Hình 3.9. Ảnh SEM của Co^0 tại 500°C , thời gian phản ứng 60 phút



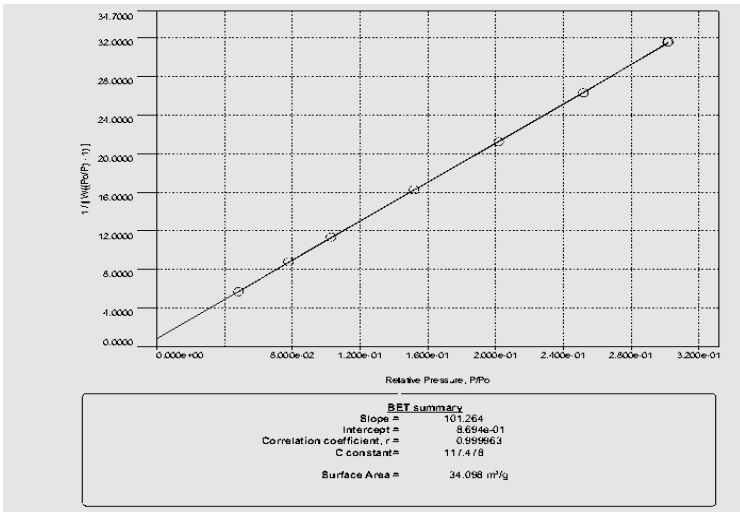
Hình 3.10. Phân bố kích thước hạt của mẫu nano Co^0 chế tạo tại 500°C , thời gian phản ứng 60 phút



Hình 3.11. Phổ EDX của mẫu nano Co^0 chế tạo tại 500°C , thời gian phản ứng 60 phút



Hình 3.12. Phân tích thành phần nguyên tố mẫu nano Co^0 sau phản ứng khử bằng phương pháp XRF



Hình 3.13. Kết quả đo diện tích bề mặt riêng BET của mẫu nano Co⁰

Trên cơ sở phân tích kết quả XRD, EDX, XRF, BET và ảnh SEM cho thấy điều kiện tối ưu chế tạo vật liệu nano Co⁰ là ở nhiệt độ 500°C thời gian nung là 60 phút, lưu lượng khí hydro 300ml/phút. Vật liệu nano Co⁰ thu được ở dạng bột màu đen, xốp có kích thước trung bình 71,75nm, độ sạch từ 98,91 đến 99,71% (theo EDX và XRF).

3.2. Kết quả nghiên cứu chế tạo và đặc trưng tính chất dung dịch huyền phù của các hạt nano kim loại

Chế tạo dung dịch huyền phù là một khâu quan trọng trong việc xử lý hạt giống trước khi gieo trồng bằng các hạt nano kim loại. Các hạt nano kim loại trong quá trình tạo dung dịch huyền phù bằng sóng siêu âm sẽ làm xuất hiện các tác nhân có hoạt tính cao trong dung dịch huyền phù, có khả năng tham gia trực tiếp vào các phản ứng bên trong tế bào, hoặc làm chất xúc tác cho các phản ứng đó. Do vậy, việc chế tạo dung dịch huyền phù nano kim loại có độ ổn định là hết sức quan trọng. Việc kiểm soát tính ổn định của các dung dịch được thực hiện thông qua giá trị zeta của chúng. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng việc tăng thế năng lượng zeta làm tăng tính ổn định của

dung dịch dẫn đến tăng cường khả năng hấp thụ của hạt nano kim loại đối với hạt giống/củ giống. Từ đó kích thích nảy mầm, tăng cường sức đề kháng cho cây con, tăng khả năng sinh trưởng và phát triển cho cây trồng.

Đối với mỗi kim loại khác nhau, hàm lượng trong dung dịch khác nhau, thời gian rung siêu âm khác nhau vì vậy thế năng lượng zeta của chúng là khác nhau. Để chọn được thời gian rung siêu âm và hàm lượng hạt tối ưu cho từng loại hạt nano kim loại ta khảo sát ảnh hưởng của thời gian rung siêu âm và hàm lượng hạt đến thế zeta của dung dịch huyền phù của các nano kim loại. Thế zeta của dung dịch huyền phù được đo bằng máy Zeta-Nanosizer ZS. Kết quả cho thấy khi không rung siêu âm thì giá trị tuyệt đối thế zeta của dung dịch các hạt nano Fe^0 , Cu^0 , Co^0 thấp và gần điểm không hơn nhiều so với dung dịch đã được rung siêu âm. Khi đó bằng mắt thường cũng có thể thấy các hạt có khuynh hướng co cụm và dung dịch chưa tạo huyền phù. Như vậy để chế tạo được dung dịch huyền phù nano kim loại có độ ổn định ta chọn các khoảng thời gian rung siêu âm của dung dịch các hạt nano kim loại cho giá trị tuyệt đối thế zeta là lớn nhất. Vậy sau khi khảo sát thời gian rung siêu âm của các dung dịch huyền phù nano được lựa chọn là:

- Dung dịch huyền phù nano Fe^0 : Thời gian rung siêu âm thích hợp cho từng nồng độ 3mg/l, 4mg/l, 5mg/l lần lượt là 20, 10, 20 phút.

- Dung dịch huyền phù nano Cu^0 : Thời gian rung siêu âm thích hợp cho từng nồng độ 3mg/l, 4mg/l, 5mg/l là 20 phút.

- Dung dịch huyền phù nano Co^0 : Thời gian rung siêu âm thích hợp cho từng nồng độ 3mg/l, 4mg/l, 5mg/l lần lượt là 20, 30, 30 phút.

3.3. Kết quả đánh giá ảnh hưởng của các hạt nano kim loại Fe^0 , Cu^0 , Co^0 đến cây ngô, cây gừng, cây lúa mì và lúa mạch

3.3.1. Kết quả đối với cây ngô

Mục đích của nghiên cứu là đánh giá khả năng sinh trưởng, hàm lượng diệp lục chlorophyll, nhóm các hợp chất sinh học flavonoid trong đó có anthocyanin của cây ngô, đây chính là làm rõ cơ chế tác động của nano kim loại đối với từng loại tế bào thực vật và xác định loại nano kim loại với hàm lượng

tối ưu của nó ảnh hưởng tới khả năng chống chịu hạn, khả năng sinh trưởng phát triển và tăng năng suất của cây ngô.

Thí nghiệm gồm 11 công thức được thể hiện ở bảng 3.1 với 3 loại nano kim loại ở 3 hàm lượng khác nhau và 2 công thức đối chứng bao gồm công thức ĐC1 không xử lý tức là gieo hạt trực tiếp và công thức ĐC2 là xử lý với nước tương ứng. Tiến hành thí nghiệm theo 2 bước. Bước thứ nhất là làm trong phòng thí nghiệm. Bước thứ 2 là khảo nghiệm sản xuất tại đồng ruộng.

Bảng 3.1. Công thức thí nghiệm

STT	Công thức
1	ĐC1 (Đối chứng, không xử lý)
2	ĐC2 (Đối chứng xử lý với nước)
3	Fe CT1 (nano Fe ⁰ nồng độ 5mg/l)
4	Fe CT2 (nano Fe ⁰ nồng độ 4mg/l)
5	Fe CT3 (nano Fe ⁰ nồng độ 3mg/l)
6	Cu CT1 (nano Cu ⁰ nồng độ 5mg/l)
7	Cu CT2 (nano Cu ⁰ nồng độ 4 mg/l)
8	Cu CT3 (nano Cu ⁰ nồng độ 3mg/l)
9	Co CT1 (nano Co ⁰ nồng độ 5mg/l)
10	Co CT2 (nano Co ⁰ nồng độ 4mg/l)
11	Co CT3 (nano Co ⁰ nồng độ 3mg/l)

3.3.1.1. Đánh giá ảnh hưởng của việc xử lý hạt ngô giống bằng các nano kim loại trong thí nghiệm qui mô nhà ươm

Khi khảo sát đánh giá ảnh hưởng của việc xử lý hạt ngô giống bằng các nano kim loại trong thí nghiệm qui mô nhà ươm. Đã tiến hành khảo sát ảnh hưởng của việc xử lý hạt ngô giống bằng các nano kim loại Fe⁰, Cu⁰, Co⁰ đến sự nảy mầm, sự sinh trưởng phát triển và đánh giá hàm lượng diệp lục, anthocyanin ở cây ngô giai đoạn cây non.

Kết quả bước đầu cho thấy hạt giống được xử lý bằng hạt nano kim loại Fe^0 , Cu^0 , Co^0 mọc nhanh và đều hơn so với đối chứng trong đó sự tác động của nano Cu^0 và Co^0 là mạnh hơn nano Fe^0 trong sinh trưởng thân; ngược lại nano Fe^0 tăng cường sinh trưởng rễ tốt hơn hai loại nano còn lại. Cả 3 nano kim loại đều làm tăng cường khả năng sinh tổng hợp chlorophyll và anthocyanin, trong đó, nano Fe^0 thể hiện vai trò tăng cường diệp lục cao nhất; ngược lại công thức xử lý với Cu^0 và Co^0 ở nồng độ 4mg/l cho kết quả tăng cường hàm lượng anthocyanin cao nhất.

Qua kết quả đánh giá ảnh hưởng của các nano kim loại Fe^0 , Cu^0 , Co^0 tới tỷ lệ nảy mầm, khả năng sinh trưởng phát triển của cây ngô và khả năng tăng cường sinh tổng hợp anthocyanin. Nhận thấy, nano Cu^0 ở nồng độ 4mg/l cho kết quả tốt nhất. Do vậy, tôi tiếp tục tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của nano Cu^0 tới khả năng sinh trưởng của cây ngô trong điều kiện hạn nhân tạo.

Đánh giá sự sinh trưởng của cây ngô khi xử lý với hạt nano Cu^0 4 mg/l ở điều kiện bình thường và điều kiện gây hạn nhân tạo. Tôi đã tiến hành đánh giá một số chỉ tiêu sinh hóa như đánh giá hàm lượng diệp lục và carotenoid, hàm lượng anthocyanin, hoạt độ enzyme SOD và APX lá ngô và các yếu tố cấu thành năng suất ở thời điểm sau 7 ngày, 14 ngày và 21 ngày gây hạn.

Đối với hàm lượng diệp lục và carotenoid. Kết quả cho thấy cây ngô xử lý với nano Cu^0 có hàm lượng diệp lục và carotenoid cao hơn so với đối chứng trong điều kiện hạn tại các thời điểm 7, 14, 21 ngày. Carotenoid được biết đến như là chất bảo vệ diệp lục. Hàm lượng Carotenoid ở cây đối chứng trong điều kiện hạn giảm 81,64 và 53% tại các thời điểm tương ứng 7, 14 và 21 ngày xử lý hạn. Trong khi đó, cây xử lý với nano Cu^0 hàm lượng carotenoid giảm 79, 81 và 64% tại các thời điểm 7, 14 và 21 ngày xử lý hạn. Hàm lượng arotenoid cao ở cây xử lý với nano Cu^0 trong điều kiện hạn góp phần giúp cho cây bảo vệ sự phân hủy diệp lục gây ra bởi điều kiện khô hạn. Ngoài ra, hàm lượng chất diệp lục cao hơn ở cây ngô xử lý với nano Cu^0 cũng có thể góp phần vào sự suy giảm ít sinh khối so với đối chứng.

Đánh giá sự tăng hàm lượng của anthocyanin gây ra bởi hạn cho thấy, cả hai nhóm xử lý với nano Cu^0 và đối chứng đều tăng hàm lượng anthocyanin so với mẫu không xử lý hạn. Hàm lượng anthocyanin sau 21 ngày chịu hạn cũng có sự khác biệt giữa các nhóm công thức. Trong điều kiện bình thường không gây hạn, cây ngô xử lý với nano Cu^0 và đối chứng cho hàm lượng anthocyanin tương đương (khác biệt không có ý nghĩa thống kê). Ngược lại, trong điều kiện xử lý hạn 21 ngày, hàm lượng anthocyanin ở cây ngô xử lý với nano Cu^0 cao hơn (1,16 lần) đối chứng với mức khác biệt có ý nghĩa. Tương tự như thời điểm 14 ngày sau hạn, đánh giá sự tích lũy của anthocyanin gây ra bởi hạn ở cây ngô xử lý với nano Cu^0 và đối chứng đều cho thấy sự tăng lên có ý nghĩa khi so sánh với mẫu không hạn tương ứng. Kết quả này chứng tỏ rằng, tăng cường hàm lượng anthocyanin là một trong những cơ chế thích nghi của cây đáp ứng với điều kiện khô hạn.

Kết quả đo hoạt độ enzyme của lá ngô trong điều kiện thường và điều kiện gây hạn nhân tạo cho thấy: cây xử lý nano Cu^0 có hoạt độ enzyme SOD, APX cao hơn so với đối chứng. SOD là một enzyme đặc biệt ổn định có thể chuyển đổi các gốc superoxide phá hoại thành một dạng ít nguy hiểm hơn là hydrogen peroxide. Sự tăng cường hoạt động của SOD trong điều kiện khô hạn giúp cho cây ngô xử lý với nano Cu^0 giảm hàm lượng superoxide tích lũy trong cây qua đó giúp cây thích ứng tốt hơn với điều kiện khô hạn. Tương tự như vậy, cùng với sự gia tăng hoạt động của enzyme SOD, kết quả phân tích hoạt độ enzyme APX cũng cho thấy sự tăng cường hoạt độ enzyme trong điều kiện khô hạn, qua đó giúp cây giảm hàm lượng chất oxi hóa tự do trong cây. APX được biết đến là enzyme tham gia vào quá trình chuyển hóa hydrogen peroxide thành nước và oxi tiêu chuẩn. Tăng cường hoạt độ APX làm giảm hàm lượng hydrogen peroxide tích tụ qua đó giúp cây đáp ứng tốt hơn với hạn thông qua cơ chế giải độc gây ra bởi các chất oxi hóa tự do.

Cùng với sự tăng cường hàm lượng chất carotenoid (non-antioxidant), sự tăng cường hoạt động của các enzyme chống oxi hóa như SOD và APX giúp cho cây được bảo vệ tốt hơn trong điều kiện hạn, thể hiện bởi sự suy

giảm, sự phân hủy diệp lục gây ra bởi hạn.

So sánh với cây không xử lý hạn, cây ngô xử lý với nano Cu⁰ trong điều kiện xử lý hạn giảm 30% số hạt/cây và giảm 20% khối lượng hạt (năng suất hạt/cây). Trong khi đó, ở cây đối chứng trong điều kiện hạn cho thấy sự suy giảm 77% số hạt/cây và 61% năng suất hạt/cây. Kết quả này cho thấy, tiềm năng của việc ứng dụng hạt nano Cu⁰ trong việc duy trì năng suất cây ngô trong điều kiện hạn. Kết quả năng suất hạt cũng phù hợp với sự duy trì hàm lượng diệp lục cao hơn ở cây ngô xử lý với nano Cu⁰ trong điều kiện hạn so với cây đối chứng tương ứng.

3.3.1.2. Ảnh hưởng của xử lý bằng các hạt nano kim loại Fe⁰, Cu⁰, Co⁰ đến sự sinh trưởng của cây ngô qua kết quả thử nghiệm tại đồng ruộng

Mục đích thí nghiệm là để đánh giá khả năng sinh trưởng, phát triển và năng suất của cây ngô khi sử dụng các hạt nano kim loại để xử lý hạt giống. Các thí nghiệm được triển khai ở vùng đất bãi dộc tụ với đặc điểm đất thịt nhẹ tại xã Chiềng Sung, huyện Mai Sơn tỉnh Sơn La với giống ngô LVN10.

Khảo sát đánh giá ảnh hưởng của xử lý hạt giống bằng các hạt nano kim loại Fe⁰, Cu⁰, Co⁰ đến sự sinh trưởng của cây ngô giai đoạn còn non, giai đoạn cây trưởng thành, khả năng chống chịu hạn, chống chịu sâu bệnh và đến các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất của cây ngô. Kết quả cho thấy hạt giống được xử lý bằng hạt nano kim loại giúp cây ngô mọc nhanh và đều hơn so với đối chứng, thời gian tung phấn và phun râu cũng sớm hơn, khả năng chống hạn của cây ngô tốt hơn và điều đó dẫn đến năng suất cũng tốt hơn.

3.3.2. Kết quả đối với cây gừng

Đã khảo sát ảnh hưởng của xử lý củ gừng giống bằng nano kim loại Fe⁰, Cu⁰, Co⁰ đến thời gian sinh trưởng và các chỉ tiêu sinh trưởng của cây gừng trâu bao gồm: Đánh giá ảnh hưởng của nano kim loại đến chiều cao, khả năng đẻ nhánh, chiều dài, chiều rộng của lá, năng suất và chất lượng gừng sau thu hoạch.

Kết quả cho thấy đối với củ giống được xử lý bằng hạt nano kim loại ta thấy cây gừng ở nhóm được xử lý bằng nano Fe⁰ ra lá sớm hơn từ 3-4 ngày, đẻ nhánh sớm hơn 1-2 ngày so với đối chứng; xử lý bằng nano Co⁰ ra lá sớm hơn từ 2-3 ngày, đẻ nhánh sớm hơn 1-2 ngày so với đối chứng. Đặc biệt, xử lý bằng nano Fe⁰ rút ngắn được thời gian thu hoạch khoảng 5 ngày. Đánh giá năng suất gừng thu hoạch cho thấy:

- Xử lý bằng nano Cu⁰ hàm lượng 500 mg/ha cho năng suất cao vượt 14,2% so với đối chứng.

- Gừng trâu xử lý bằng nano Fe⁰ hàm lượng 400 mg/ha cho năng suất cao vượt 30,8% so với đối chứng.

-Xử lý bằng nano Co⁰ hàm lượng 300 mg/ha cho năng suất cao nhất vượt 45,02% so với đối chứng.

3.3.3. Ảnh hưởng của hạt nano kim loại lên cây lúa mì và lúa mạch trong điều kiện khí hậu ôn đới

Mục đích của nghiên cứu này là khảo sát ảnh hưởng của các hạt nano kim loại Fe⁰, Cu⁰, Co⁰ đến sự sinh trưởng phát triển của cây lúa mì, lúa mạch ở vùng khí hậu ôn đới khi được xử lý hạt giống trước khi gieo trồng. Thí nghiệm được tiến hành tại Viện Thực vật học Thực nghiệm thuộc Viện Hàn lâm Khoa học Quốc gia Belarus.

Đã khảo sát ảnh hưởng của các nano kim loại đối với sự phát triển đặc tính kháng nấm của hạt giống lúa mì, lúa mạch. Ảnh hưởng của xử lý hạt giống trước khi gieo trồng đối với năng suất và các chỉ số về cấu trúc cây trồng. Kết quả phân tích cấu trúc cây trồng cho thấy rằng quá trình xử lý hạt giống bằng nano kim loại có tác dụng đáng kể đối với thân và hạt. Sự cải thiện đáng kể nhất là đối với hạt nano kim loại Fe⁰ và Co⁰. Các hạt nano kim loại này đã làm tăng khối lượng trung bình của thân cây lên 20-60%, khối lượng tai tăng lên 20-50%. Xử lý hạt giống bằng nano Co⁰ hàm lượng 0,5mg/kg cho kết quả tốt nhất.

KẾT LUẬN

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu của luận án, có thể rút ra một số kết luận như sau:

1. Bằng phương pháp khử bởi hydro mới sinh đã chế tạo thành công và khảo sát được các đặc tính hóa - lý của vật liệu nano Fe⁰, Cu⁰, Co⁰. Trong đó:

Chế tạo được nano Fe⁰ với kích thước hạt trung bình 58,76nm, độ tinh khiết 99,67%. Nano Cu⁰ với kích thước hạt trung bình 58,94nm, độ tinh khiết 99,60%. Nano Co⁰ với kích thước hạt trung bình 71,75nm, độ tinh khiết 99,71%.

2. Đã khảo sát được ảnh hưởng của hàm lượng các nano kim loại và thời gian siêu âm đến thế zeta của dung dịch xử lý hạt giống và đưa ra quy trình phù hợp xử lý mỗi loại giống khác nhau. Cụ thể:

- Dung dịch huyền phù nano Fe⁰: Thời gian rung siêu âm thích hợp cho từng nồng độ 3mg/l, 4mg/l, 5mg/l lần lượt là 20, 10, 20 phút.

- Dung dịch huyền phù nano Cu⁰: Thời gian rung siêu âm thích hợp cho từng nồng độ 3mg/l, 4mg/l, 5mg/l là 20 phút.

- Dung dịch huyền phù nano Co⁰: Thời gian rung siêu âm thích hợp cho từng nồng độ 3mg/l, 4mg/l, 5mg/l lần lượt là 20, 30, 30 phút.

3. Đã nghiên cứu và đánh giá được khả năng kích thích sinh trưởng trong giai đoạn nảy mầm, phát triển thân, rễ, lá, tăng năng suất của các cây ngô, gừng, lúa mì, lúa mạch sau khi xử lý bởi các hạt nano kim loại Fe⁰, Cu⁰, Co⁰. Cụ thể như sau:

+ **Đối với cây ngô:**

- Hạt giống được xử lý bằng hạt nano kim loại Fe⁰, Cu⁰, Co⁰ giúp cây ngô mọc nhanh và đều hơn so với đối chứng, khả năng chống hạn của cây ngô tốt hơn.

- Làm rõ được cơ chế tác động của nano kim loại đối với sự sinh trưởng phát triển và khả năng chịu hạn của cây ngô, đặc biệt là khi xử lý bằng nano Cu⁰. Xử lý hạt giống bằng nano Cu⁰ nồng độ 4 mg/l cho năng suất cao nhất (đạt 74,66 tạ/ha), vượt so với đối chứng (61,69 tạ/ha) là 21,02 %.

- Vấn đề về chất lượng sản phẩm sau thu hoạch được đánh giá thông qua hàm lượng tinh bột ở ngô thành phẩm. Kết quả đối với hàm lượng tinh bột trong ngô cho thấy: Hàm lượng tinh bột ở công thức xử lý với nano Co^0 , Fe^0 đều cao hơn so với đối chứng. Nano Cu^0 mặc dù hàm lượng tinh bột trong ngô thành phẩm không cao hơn so với đối chứng nhưng bù lại năng suất lại tăng vượt đối chứng.

- Các vấn đề về môi trường và an toàn thực phẩm được đánh giá thông qua hàm lượng tồn dư kim loại Fe^0 , Cu^0 , Co^0 trong ngô thành phẩm. Kết quả cho thấy quá trình xử lý hạt giống không làm thay đổi nhiều hàm lượng kim loại trong ngô thành phẩm, thậm chí còn giảm so với đối chứng hoặc dưới ngưỡng phát hiện của phép đo. Nồng độ kim loại trong tất cả các mẫu ngô đều thấp hơn nhiều giới hạn cho phép của Tổ chức Y tế Thế giới WHO.

+ Đối với cây gừng:

Đối với củ giống được xử lý bằng hạt nano kim loại ta thấy cây gừng ở nhóm được xử lý bằng nano Fe^0 ra lá sớm hơn từ 3-4 ngày, đẻ nhánh sớm hơn 1-2 ngày so với đối chứng; xử lý bằng nano Co^0 ra lá sớm hơn từ 2-3 ngày, đẻ nhánh sớm hơn 1-2 ngày so với đối chứng. Đặc biệt, xử lý bằng nano Fe^0 rút ngắn được thời gian thu hoạch khoảng 5 ngày. Đánh giá năng suất gừng thu hoạch cho thấy:

- Xử lý bằng nano Cu^0 hàm lượng 500 mg/ha cho năng suất cao vượt 14,2% so với đối chứng.

- Gừng trâu xử lý bằng nano Fe^0 hàm lượng 400 mg/ha cho năng suất cao vượt 30,8% so với đối chứng

- Xử lý bằng nano Co^0 hàm lượng 300 mg/ha cho năng suất cao nhất vượt 45,02% so với đối chứng.

- Hàm lượng tồn dư kim loại Fe^0 , Cu^0 , Co^0 trong gừng sau thu hoạch cho thấy hàm lượng nano Fe^0 , Cu^0 đều thấp và thấp hơn so với đối chứng. Còn hàm lượng nano Co^0 dưới ngưỡng phát hiện của phép đo.

- Vấn đề về chất lượng sản phẩm sau thu hoạch được đánh giá thông qua hàm lượng 6-gingerol và 6-shogaol có trong tinh dầu gừng. Kết quả cho

thấy nhóm kết quả có sử dụng nano Cu^0 để xử lý củ giống gừng cho hàm lượng 6-gingerol và 6-shogaol có trong tinh dầu gừng khá thấp, thấp hơn đến 1,7- 3,8 lần so với đối chứng. Còn nano Fe^0 , Co^0 cho kết quả cao hơn so với đối chứng.

+ Đối với cây lúa mì, lúa mạch:

Phân tích cấu trúc cây trồng cho thấy rằng quá trình xử lý bằng hạt nano có tác dụng đáng kể đối với thân và hạt. Sự cải thiện đáng kể nhất là đối với hạt nano kim loại Fe^0 và Co^0 . Các hạt nano kim loại này đã làm tăng khối lượng trung bình của thân cây lên 20-60%, khối lượng tai tăng lên 20-50%. Xử lý hạt giống bằng nano Co^0 hàm lượng 0,5mg/kg cho kết quả tốt nhất.

4. Thông qua kết quả khảo nghiệm với các đối tượng cây trồng khác nhau, ở các điều kiện khí hậu, thổ nhưỡng khác nhau cho thấy: Mỗi loại cây trồng dù ở điều kiện khí hậu, thổ nhưỡng nào cũng có thể gây ra tác động kích thích sinh trưởng phát triển bởi các nano kim loại sau khi xử lý hạt giống. Tuy nhiên mỗi loại hạt nano kim loại chỉ có thể có tác dụng tích cực với mỗi loại cây trồng nhất định, ở một hàm lượng nhất định.

TÍNH MỚI CỦA LUẬN ÁN

1. Phát triển và làm rõ được cơ sở lý thuyết, điều kiện tiên hành thực nghiệm đối với phương pháp chế tạo các tinh thể nano kim loại hóa trị không dạng bột (Fe^0 , Cu^0 , Co^0) từ các oxit, hydroxit tương ứng bằng phương pháp khử bởi hydro sinh ra từ phản ứng điện phân nước.

2. Đã thiết lập được các điều kiện chế tạo và thông số đặc trưng đối với dung dịch huyền phù của từng loại nano kim loại (Fe^0 , Cu^0 , Co^0) để xử lý hạt giống ngô, lúa mì, lúa mạch/củ giống gừng trước khi gieo trồng.

3. Đã chỉ ra cơ chế tác động và hoạt tính sinh học của nano kim loại đối với sự sinh trưởng phát triển của cây ngô qua việc khảo sát ảnh hưởng đối với các sắc tố như hàm lượng diệp lục, anthocyan. Làm rõ được cơ chế chống chịu hạn của cây ngô trên cơ sở tác động của hạt nano Cu^0 đến hoạt độ enzym (APX, SOD) của cây.

4. Đã chỉ ra rằng, xử lý giống bằng nano kim loại cho kết quả tích cực với nhiều đối tượng cây trồng ở các điều kiện thổ nhưỡng, khí hậu khác nhau. Tuy nhiên, mỗi nano kim loại có tác động tích cực với từng đối tượng cây trồng. Ở điều kiện khí hậu nhiệt đới (Việt Nam), xử lý bằng nano Cu^0 với hàm lượng 80mg/ha cho năng suất ngô tăng 21,02%, nano Co^0 với hàm lượng 300mg/ha cho năng suất gừng tăng đến 45,02%. Ở điều kiện khí hậu ôn đới (Belarus), xử lý bằng nano Co^0 với hàm lượng 0,5mg/kg giống lúa mạch đã làm tăng trọng lượng bông lúa lên 1,2-1,5 lần so với đối chứng. Tính an toàn sinh học của quá trình xử lý giống bằng nano kim loại cũng đã được chứng minh thông qua đánh giá dư lượng của các nano kim loại trên các sản phẩm sau thu hoạch đều nằm dưới ngưỡng cho phép của tổ chức WHO.