ẢNH HƯỞNG CỦA NANO KẼM OXIT ĐẾN KHẢ NĂNG SINH TRƯỞNG VÀ CHỊU HẠN CỦA NGÔ TRONG GIAI ĐOẠN NẢY MẦM VÀ CÂY CON

Đến tòa soạn 09-08-2022

Trần Quốc Toàn[*1], Đặng Thị Hồng Phương[2]
1. Trường Đại học Sư phạm – Đại học Thái Nguyên
2. Trung Tâm Nhiệt Đới Việt – Nga, Bộ Quốc Phòng
Email: toantq@tnue.edu.vn

SUMMARY

EFFECTS OF ZINC OXIDE NANOSTRUCTURES ON GROWTH AND DROUGHT TOLERANCE OF MAIZE (Zea mays L) AT THE GERMINATED SEEDS AND THE SEEDLING STAGE

In this study, Zinc Oxide Nanostructures (UZ) were synthesized by the sonochemical method and tested in seed treatment of maize seeds. The experiment was arranged in a completely randomized block design with 3 replications. Corn seed was soaked in UZ solution with different concentrations (0.8 ÷ 3.2 mg/kg grain) for different times (10, 90, 180, 270 min) and one control formula in which no UZ was used. The results showed that the dose of 3.2mg UZ/kg of corn kernels soaked for 90 minutes gave the best results, with the highest growth, germination rate, and seedling quality, drought tolerance index, relative increase of 39.10% compared to the control formula. The result of this study is the scientific basis to propose solutions to improve drought tolerance, growth, and development of some plant varieties in Vietnam through the use of UZ.

***Keywords**: ZnO, nano, maize, growth, drought tolerance, seedling stage*

1. MỞ ĐẦU

Ngô (Zea mays L.) là cây lương thực quan trọng thứ hai sau cây lúa, được coi là cây trồng xóa đói giảm nghèo ở nhiều nơi trên thế giới và Việt Nam. Ngô có giá trị dinh dưỡng cao, được sử dụng làm thức ăn cho người, động vật và nguyên liệu thô trong các ngành công nghiệp,…[1-2]. Tuy nhiên năng suất cây ngô đang bị ảnh hưởng bởi sự biến đổi khí hậu và tình trạng thiếu chất dinh dưỡng, do đó việc áp dụng các thành tựu khoa học công nghệ hiện đại vào sản xuất nhằm tăng năng suất và sản lượng ngô là yêu cầu bức thiết hiện nay của ngành trồng trọt ở nước ta. Công nghệ nano đã và đang được ứng dụng hiệu quả trong nông nghiệp ở nhiều quốc gia trên thế giới trong lai tạo giống cây trồng mới, phân bón, thuốc trừ sâu, xử lý chất thải nông nghiệp,...Đã có những nghiên cứu ứng dụng các hạt nano kim loại (nano Fe, Cu, Co...) trên một số loại cây trồng như cà chua, lúa mì, lạc, đậu tương,... cho hiệu quả tích cực đối với sự phát triển của cây trồng, giúp tăng tỉ lệ nảy mầm, thúc đẩy sự phát triển cây non [3-6]. Nghiên cứu của Polischuk et al., (2000) cho thấy việc xử lý hạt giống với dung dịch nano kim loại trước khi gieo hạt có thể làm tăng hàm lượng protein lên tới 40%, kích thích quá trình trao đổi chất. Trong các chất dinh dưỡng vi lượng, kẽm được coi là nguyên tố quan trọng nhất, bởi kẽm là nguyên tố thiết yếu cho sự sinh trưởng và phát triển khỏe mạnh của ngô, ảnh hưởng đến sự tạo thành nhiều hợp chất quan

trọng của ngô như tinh bột, protein, vitamin, enzyme...và khả năng chống chịu các loại dịch bệnh [7]. Ngô là cây trồng nhạy cảm nhất đối với tình trạng thiếu kẽm và có nhu cầu kẽm rất lớn trong quá trình sinh trưởng [8-9]. Nghiên cứu này được tiến hành nhằm đánh giá hiệu quả của nano oxit kẽm chế tạo theo phương pháp hóa siêu âm đến sinh trưởng và chịu hạn của ngô trong giai đoạn nảy mầm và cây con.

2.THỰC NGHIỆM

2.1. Vật liệu và hóa chất

Hạt giống ngô lai NK 4300 do Công ty Syngenta Việt Nam cung cấp.

Các hóa chất thí nghiệm đều thuộc loại PA: $ZnSO_4$, NaOH của hãng Merk (Đức).

2.2. Chế tạo vật liệu

Chuẩn bị 150 mL dung dịch NaOH 0,50M vào buret và cốc thủy tinh 500 mL chứa 150mL $ZnSO_4$ 0,25M đặt trong bể siêu âm (Ultrasons H-D, Selecta, tần số 50 kHz, công suất 250 W). Mở khóa buret với tốc độ 1mL/phút. Nhiệt độ của phản ứng được duy trì ở 30 ^oC trong suốt quá trình phản ứng. Sau khi nhỏ hết NaOH, dung dịch trong cốc được rung siêu âm thêm 15 phút. Kết tủa thu được có màu trắng đục đem lọc hút chân không, sau đó được rửa nhiều lần bằng nước cất hai lần cho đến môi trường trung tính. Kết tủa sau khi lọc được sấy trong tủ sấy ở 80 ^oC trong 48 giờ. Vật liệu thu được dạng bột màu trắng và được ký hiệu là UZ. Dung dịch UZ được pha trong nước cất hai lần với các nồng độ thích hợp, sau đó đem rung siêu âm trong 10 phút, để lắng rồi cho vào lọ bảo quản.

2.3.Phương pháp xác định các đặc trưng lý hóa của vật liệu

Vật liệu UZ sau khi chế tạo được xác định hình thái học bề mặt bằng phương pháp hiển vi điện sử quét (SEM), hiển vi điện tử truyền qua (TEM), thành phần hóa học bằng phương pháp phổ tán sắc năng lượng (EDX) trên máy FESEM Hitachi S-4800. Cấu trúc vật liệu được xác định bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD) trên máy D8 Advanced Brucker.

2.4. Phương pháp xử lý hạt ngô giống bằng nano kẽm oxit

2.4.1. Thời gian ngâm và tỷ lệ nảy mầm của hạt ngô giống

Tiến hành ngâm hạt ngô giống trong dung dịch UZ với nồng độ 1mg/kg hạt, ở những khoảng thời gian khác nhau (10, 90, 180, 270 phút) ứng với 4 công thức từ CT1 đến CT4. Sau đó, gạn bỏ dung dịch, để hạt khô tự nhiên trong 15 phút rồi mang đi gieo trong điều kiện phòng thí nghiệm. Theo dõi sự sinh trưởng và phát triển của cây đến giai đoạn ngô được 3 - 4 lá.

2.4.2. Nồng độ nano ZnO và tỷ lệ nảy mầm của hạt ngô giống

Hạt ngô giống được ngâm trong dung dịch UZ với các nồng độ khác nhau (0,8 ÷ 3,2 mg/kg hạt) ở thời gian thích hợp. Thí nghiệm được bố trí theo khối ngẫu nhiên hoàn chỉnh, 3 lần nhắc lại với 4 công thức sau:

CT1: đối chứng-hạt giống ngô ngâm với nước lã

CT2: hạt giống ngô được xử lý bằng UZ với nồng độ 0,8 mg/kg

CT3: hạt giống ngô được xử lý bằng UZ với nồng độ 2,0 mg/kg

CT4: hạt giống ngô được xử lý bằng UZ với nồng độ 3,2 mg/kg

2.5. Phương pháp nghiên cứu khả năng chịu hạn của cây ngô trong giai đoạn cây non.

Thời kì cây con và ra hoa là 2 thời kỳ cây ngô mẫn cảm nhất với điều kiện hạn. Để đánh giá khả năng chịu hạn của ngô ở thời kì cây con trong điều kiện hạn nhân tạo ta dựa theo bằng phương pháp của tác giả Lê Trần Bình và Lê Thị Muội [10]. Theo đó, ngô được gieo vào chậu cát sạch có đục lỗ ở dưới đáy với số lượng 30 hạt/chậu. Thí nghiệm được tiến hành nhắc lại 3 lần với 6 công thức: 3 công thức xử lý hạt ngô trong UZ và 3 công thức đối chứng (ĐC) tương ứng khi không xử lý hạt ngô bằng UZ. Chăm sóc bình thường khi cây con được 3 lá thì ngưng tưới nước để bắt đầu gây hạn. Theo dõi đánh giá mức độ cây không héo ở các thời điểm 3, 5, 7 ngày kể từ khi ngừng tưới. Sau 7 ngày gây hạn thì tưới nước trở lại, theo dõi và đánh giá khả năng cây phục hồi sau 3, 5, 7 ngày kể từ khi tưới trở lại. Sau khi tưới trở lại, thì cây nào có khả năng phục hồi cao hơn thì có khả năng chịu hạn cao hơn ở thời kỳ cây con.

2.6. Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu thí nghiệm được tổng hợp và xử lý theo phương pháp thống kê sinh học bằng phần mềm

Excel và SAS 9.1.

2.7. Các chỉ tiêu theo dõi

a. Các chỉ tiêu nảy mầm và cây non đối với cây ngô gồm:

Tỷ lệ nảy mầm (%) = 100 x tổng số hạt mọc/tổng số hạt gieo. Hạt được coi là nảy mầm khi rễ mầm xuất hiện dài khoảng 2 mm.

Khối lượng cây mầm, rễ mầm, mầm (g/cây): được tính trung bình của tổng số cây nảy mầm. Sử dụng cân phân tích điện tử để cân.

Chiều dài rễ, chiều dài thân mầm (cm): được tính trung bình của tổng số cây nảy mầm và được đo bằng thước Panme.

b. Các chỉ tiêu chịu hạn đối với cây ngô gồm:

Tỷ lệ cây không héo *(%)* = (tổng số cây không héo/tổng số cây) x 100%

Giống có tỷ lệ cây không héo cao thì có khả năng chịu hạn cao hơn ở thời kỳ cây con.

Tỷ lệ cây hồi phục *(%)* = (số cây phục hồi/tổng số cây) x 100%

Chỉ số hạn tương đối:

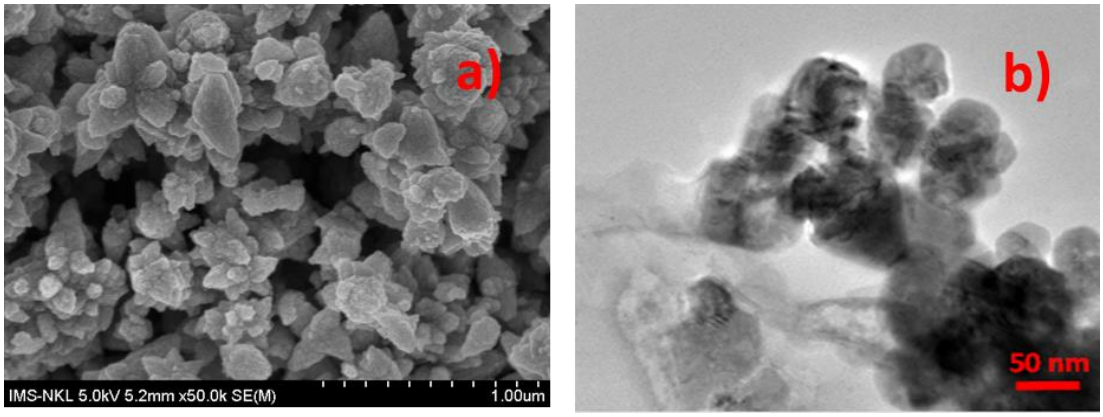
$$S = \frac{1}{2}\sin\alpha(ab+bc+cd+de+eg+ga) \quad (1)$$

Trong đó: S - chỉ số chịu hạn tương đối; a: % cây không héo sau 3 ngày gây hạn, b: % cây phục hồi sau 3 ngày gây hạn; c: % cây không héo sau 5 ngày gây hạn, d: % cây phục hồi sau 5 ngày gây hạn; e: % cây không héo sau 7 ngày gây hạn, g: % cây phục hồi sau 7 ngày gây hạn; α: góc tạo bởi 2 trục mang trị số gần nhau và tính bằng 360/x; x: số chỉ tiêu theo dõi (ở đây x=6, sinα=sin(360/6)) [9].

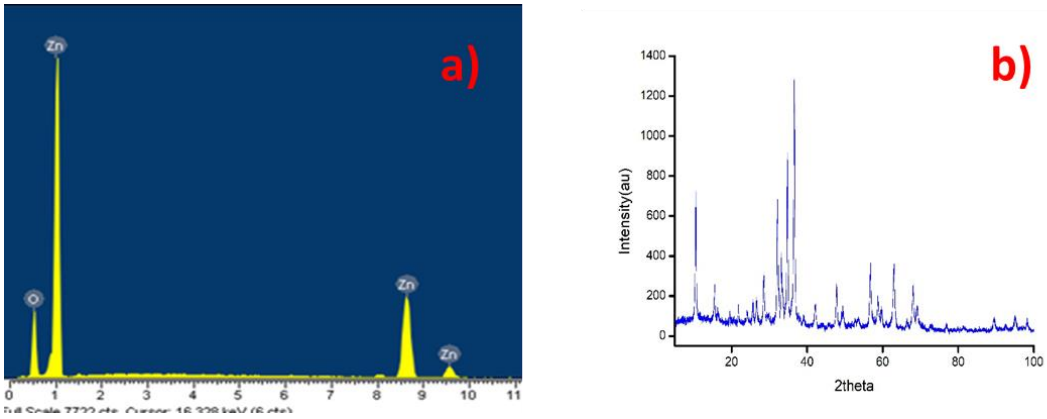
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Một số đặc trưng lý hóa của vật liệu

Kết quả phân tích hình thái học bề mặt của vật liệu UZ được chỉ ra ở hình 1.



Hình 1. (a) ảnh SEM, (b) ảnh TEM của vật liệu UZ



Hình 2. (a) Phổ EDX, (b) Giản đồ XRD của vật liệu UZ

Kết quả phân tích ở hình 1 cho thấy, vật liệu UZ có hình đa giác, dạng hạt nano với kích thước cỡ 20-60nm. Kết quả phân tích EDX của UZ (hình 2.a) cho thấy, sự xuất hiện các pic đặc

trưng của Zn và O chứng tỏ UZ chế tạo được có độ tinh khiết cao với thành phần chính là Zn và O. Kết quả phân tích cấu trúc của UZ bằng phép đo XRD (hình 2.b) cho thấy, giản đồ XRD của UZ xuất hiện đỉnh các đỉnh đặc trưng 2θ tại 31.20, 34.70, 36.52, 47.61, 56.58, 62.85, 66.41, 67.93, 69.08, 72.54 và 76.85^o tương ứng với các mặt (100), (002), (101), (102), (110), (103), (200), (212), (201), (202) và (203) của cấu trúc lục giác wurtzite ZnO [11]. Kết quả này phù hợp với kết quả ảnh SEM và EDX của UZ.

3.2. Ảnh hưởng của thời gian ngâm hạt ngô giống trong dung dịch UZ đến tỷ lệ nảy mầm, sinh trưởng của cây non

Ảnh hưởng của thời gian ngâm hạt giống trong dung dịch nano ZnO (UZ) với nồng độ 1mg/kg hạt đến tỉ lệ nảy mầm hạt ngô giống và sinh trưởng của cây ngô được thể hiện ở bảng 1. Tỷ lệ nảy mầm là tiêu chí quan trọng đầu tiên để đánh giá khả năng nảy mầm của hạt giống. Kết quả cho thấy khi xử lý hạt ngô giống trong 10 phút (CT1) thì tỉ lệ nảy mầm đạt 85,51%, khi tăng thời gian xử lý từ 90-270 phút đã làm tăng tỉ lệ nảy mầm, CT2 cho tỉ lệ nảy mầm cao nhất là 95,72% so với CT1 ở mức có ý nghĩa thống kê 95%. Các công thức CT2, CT3, CT4 có tỉ lệ nảy mầm sai khác không có ý nghĩa thống kê. Sau 3-9 ngày nảy mầm chiều cao của cây non ở các công thức đều tăng nhanh, sau 9 ngày nảy mầm CT2 cho chiều cao cây cao nhất (19,48cm) so với các công thức khác ở mức có ý nghĩa thống kê.

Khối lượng cây sau 9 ngày nảy mầm đạt từ 1,85 – 2,02 g/cây và không có sự khác biệt giữa các thời gian xử lý. Về khối lượng bộ rễ, thời gian xử lý hạt cũng không ảnh hưởng đến chỉ tiêu này. Ngô có khối lượng bộ rễ sau 9 ngày nảy mầm dao động từ 1,10- 1,18 g/cây, sự khác biệt này không có ý nghĩa thống kê ở mức 95% giữa các công thức thí nghiệm. Thời gian ngâm hạt ngô giống trong dung dịch UZ thích hợp cho hạt ngô nảy mầm tốt nhất là 90 phút được chọn là thời gian tối ưu cho các nghiên cứu tiếp theo.

Bảng 1. Ảnh hưởng của thời gian xử lý hạt ngô giống trong dung dịch UZ

Công thức	Thời gian ngâm hạt (phút)	Tỷ lệ nảy mầm (%)	Chiều cao cây (cm) sau nảy mầm (ngày)				Khối lượng cây (g/cây)	Khối lượng bộ rễ (g/cây)
			3	5	7	9		
CT1	10	85,51^{a}	8,37^{c}	10,52^{b}	13,83^{b}	19,15^{c}	1,85^{a}	1,10^{a}
CT2	90	95,72^{b}	11,91^{a}	13,29^{a}	15,80^{ab}	19,48^{a}	2,02^{a}	1,16^{a}
CT3	180	95,18^{b}	9,72^{bc}	11,97^{a}	16,35^{a}	19,37^{b}	1,98^{a}	1,18^{a}
CT4	270	92,43^{b}	10,12^{b}	12,05^{a}	15,08^{ab}	19,38^{cb}	1,99^{a}	1,16^{a}
CV (%)		4,31	7,90	5,32	7,88	3,51	6,58	8,04
$LSD_{0,05}$		5,72	1,46	1,17	2,44	1,27	0,24	0,16

Ghi chú: *$LSD_{0,05}$ là khác biệt có ý nghĩa thống kê nhỏ nhất. CV% là hệ số biến thiên. Các chữ cái a, b, c là khác biệt có ý nghĩa ở mức 95%.*

3.3. Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch UZ đến tỷ lệ nảy mầm, sinh trưởng của cây ngô non

Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch UZ đến tỉ lệ nảy mầm và sinh trưởng của cây ngô non được trình bày ở bảng 2. Kết quả cho thấy, khi sử dụng nano ZnO xử lý hạt ngô giống (CT2-CT4) thì tỷ lệ nảy mầm và chiều cao cây con ở 3, 5, 7 và 9 ngày sau nảy mầm đều cao hơn so với công thức đối chứng CT1, khác biệt này có ý nghĩa thống kê ở mức 95%. Như vậy, khi xử lý hạt giống với nano ZnO có ảnh hưởng tích cực đến nẩy mầm và phát triển của cây con. Điều này có

thể được giải thích là do kích thước nhỏ, hoạt tính phản ứng cao, các hạt nano oxit kẽm dễ dàng xâm nhập vào các tế bào để tham gia vào quá trình tổng hợp các enzyme cần thiết cho việc tăng tốc các quá trình trao đổi chất trong cây, kích thích các quá trình sinh lý trong cây. Tỷ lệ nảy mầm hạt ngô ở CT4 là cao nhất (98,66%) và khác biệt với các công thức CT2, CT3 và công thức đối chứng CT1. Ở CT2 khi xử lý hạt ngô giống với nồng độ UZ thấp (0,8mg/kg hạt) thì tỷ lệ nảy mầm (đạt 86,66%) tương đương với tỷ lệ nảy mầm của công thức đối chứng CT1 (không xử lý bằng UZ) ở mức có ý nghĩa thống kê. Chiều cao cây có xu hướng tăng khi tăng nồng độ xử lý nano ZnO. CT4 cho chiều cao cây cao cao nhất, khác biệt so với các công thức khác, 9 ngày sau khi nảy mầm, cây cao 22,97 cm. Kết quả nghiên cứu này, phù hợp với nghiên cứu của tác giả [13] khi phun nano oxit kim loại lên cây ngô.

Phân tích khối lượng cây và rễ ngô được tiến hành 9 ngày sau nảy mầm, lúc cây bắt đầu sử dụng hết dinh dưỡng dự trữ trong nội nhũ. Kết quả bảng 2 cho thấy, khối lượng cây con sau 9 ngày nảy mầm đạt từ 2,02-2,33 g/cây nhưng sự khác biệt này không có ý nghĩa thống kê. Khối lượng rễ cây tăng khi tăng nồng độ xử lý, đạt cao nhất là 1,27g ở CT4. Khối lượng bộ rễ dao động từ 1,12-1,27 g/cây. CT3, CT4 cho khối lượng rễ khác nhau nhưng không có sự khác biệt thống kê. Như vậy, CT4 với UZ nồng độ 3,2 mg/kg hạt, thời gian ngâm 90 phút cho tỉ lệ nảy mầm và chất lượng cây mầm cao nhất so với công thức đối chứng CT1 được chọn là công thức tối ưu.

Bảng 2. Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch UZ trong xử lý hạt ngô giống

Công thức	Nồng độ UZ (mg/kg)	Tỷ lệ nảy mầm (%)	Chiều cao cây (cm) sau nảy mầm (ngày)				Khối lượng cây (g/cây)	Khối lượng bộ rễ (g/cây)
			3	5	7	9		
CT1 (ĐC)	0	84,17^{b}	8,67^{b}	11,52^{c}	15,02^{c}	17,16^{c}	2,02^{a}	1,12^{c}
CT2	0,8	86,66^{b}	9,58^{b}	12,50^{bc}	16,37^{cb}	18,84^{cb}	2,24^{a}	1,20^{b}
CT3	2,0	96,15^{ab}	11,56^{a}	14,62^{ba}	17,35^{b}	20,36^{b}	2,28^{a}	1,27^{a}
CT4	3,2	98,71^{a}	11,74^{a}	15,88^{a}	18,84^{a}	22,97^{a}	2,33^{a}	1,25^{a}
CV (%)		8,12	7,01	9,65	5,81	5,84	10,51	2,56
$LSD_{0,05}$		13,36	1,35	2,46	2,15	2,18	0,43	0,07

Ghi chú: *$LSD_{0,05}$ là khác biệt có ý nghĩa thống kê nhỏ nhất. CV% là hệ số biến thiên. Các chữ cái a, b, c là khác biệt có ý nghĩa ở mức 95%.*

3.4. Ảnh hưởng của UZ đến sinh trưởng của ngô trong điều kiện hạn ở giai đoạn cây con

Thời kì cây con là thời kỳ cây ngô mẫn cảm nhất với điều kiện hạn. Kết quả nghiên cứu sự ảnh hưởng của UZ tới sinh trưởng của ngô trong điều kiện hạn ở giai đoạn cây con thông qua tỉ lệ cây không héo, cây phục hồi và chỉ số chịu hạn tương đối được trình bày ở bảng 3. Khi bị hạn, lượng nước trong tế bào giảm gây tổn thương cho cây, cây ngô sẽ có những cơ chế đáp ứng để làm giảm hoặc tránh bị tổn thương. Kết quả ở bảng 3 cho thấy, sau 3 ngày gây hạn, sinh trưởng của cây ngô bắt đầu bị ảnh hưởng ở tất cả các công thức thí nghiệm, quan sát thấy lá non quăn lại, thân và rễ chưa bị ảnh hưởng nhiều. Cây bị héo lá và số lượng cây bị héo, bị chết cũng tăng lên cao khi thời gian gây hạn tăng [2]. Khi hạt ngô được xử lý bởi UZ giúp gia tăng tỷ lệ cây không héo và tỷ lệ cây hồi phục so với công thức đối chứng. Với cùng một giống ngô,

cùng một kiểu gen, cùng mức phản ứng với các stress từ môi trường nhưng công thức được xử lý bởi UZ cho chỉ số chịu hạn tương đối cao hơn công thức đối chứng (ĐC), tăng 39,10%. Kết quả nghiên cứu này phù hợp với các nghiên cứu của tác giả [3], [12]. Sau 3 ngày tưới nước trở lại, cây ngô được xử lý bởi UZ có tỉ lệ hồi phục cao, đạt 100%.

Bảng 3. Ảnh hưởng của UZ đến chỉ số chịu hạn tương đối của ngô ở giai đoạn cây con

Công thức	%CKH sau 3 ngày hạn	%CKH sau 5 ngày hạn	%CKH sau 7 ngày hạn	%CPH sau 3 ngày hạn	%CPH sau 5 ngày hạn	%CPH sau 7 ngày hạn	Chỉ số chịu hạn tương đối
ĐC	72,56	42,85	17,25	87,65	57,81	44,57	7617,95
UZ	79,42	49,64	27,15	100,00	73,12	55,84	10596,58

Ghi chú: Công thức CKH: cây không héo; CPH: cây phục hồi

4. KẾT LUẬN

Đã chế tạo thành công nano ZnO theo phương pháp hóa siêu âm, nano ZnO có dạng hạt, kích thước cỡ 20-60nm. Xử lý hạt ngô giống bằng nano ZnO đã kích thích sự nảy mầm cây ngô, giúp cây ngô sinh trưởng tốt và làm tăng khả năng chịu hạn của cây con trong giai đoạn nảy mầm và cây con. Khi ngâm hạt ngô giống trong dung dịch UZ nồng độ 3,2 mg/kg hạt, thời gian ngâm 90 phút cho khả năng sinh trưởng, tỉ lệ nảy mầm và chất lượng cây mầm cao nhất, chỉ số chịu hạn tương đối tăng 39,10% so với công thức đối chứng (không xử lý bằng dung dịch UZ). Kết quả thu được cho thấy có thể nâng cao khả năng chịu hạn, kích thích sự nảy mầm, tăng khả năng sinh trưởng của ngô thông qua việc sử dụng các hạt nano ZnO chế tạo bằng phương pháp hóa siêu âm. Cần thử nghiệm nano ZnO trên các cây trồng khác để có thể ứng dụng đại trà trong sản xuất nông nghiệp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Buu Ngo Quoc, Trong Hien Dao, Hoai Chau Nguyen, Xuan Tin Tran, Tuong Van Nguyen, Thuy Duong Khuu, Thi Ha Huynh, "Effects of nanocrystalline powders (Fe, Co, and Cu) on the germination, growth, crop yield and product quality of Soybean (DT-51)". *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, 5, 015016, (2014).

2. Azeem Tariq, Shakeel A. Anjum, Mahmood A. Randhawa, Ehsan Ullah, Muhammad Naeem, Rafi Qamar, Umair Ashraf1, Mubashar Nadeem, "Influence of Zinc Nutrition on Growth and Yield Behaviour of Maize (Zea mays L.) Hybrids", *American Journal of Plant Sciences*, 5, 2646-2654, (2014).

3. Phạm Thị Hòe, Trần Mỹ Linh, Nguyễn Tường Vân, Ngô Quốc Bưu, Nguyễn Chi Mai, Lê Quỳnh Liên, Ninh Khắc Bản, Lê Thị Thu Hiền, Nguyễn Hoài Châu, "Nghiên cứu tác động của nano kẽm oxide và nano cobalt đối với quá trình nảy mầm ở hạt đậu tương (Glycine max (L.) Merr), *Tạp chí Công nghệ Sinh học*, 16(3), 501–508, (2018).

4. H. Liu, W. Gan , Z. Renge, P. Zhao, "Effects of zinc fertilizer rate and application method on photosynthetic characteristics and grain yield of summer maize", *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 16 (2), 550-562, (2016).

5. Amin Farnia, Saeed Khodabandehloo, "Changes in Yield and its Components of Maize (Zea mays L.) to Foliar Application of Zinc Nutrient and Mycorrhiza under Water Stress Condition", *International Journal of Life Sciences 9* (5), 75 – 80, (2015).

6. Trần Quốc Toàn, Đặng Thị Hồng Phương, Đặng Văn Thành, Hà Xuân Linh, "Ảnh hưởng của phân bón nano kẽm oxit đến sinh trưởng, năng suất, chất lượng ngô trồng tại Phú Bình, Thái Nguyên", *Tạp chí Phân tích Hóa, Lý và Sinh học,* 25(2), 77-81, (2020).

7. Đặng Thị Hồng Phương, Trần Quốc Toàn, Hà Xuân Linh, "Ảnh hưởng của phân bón lá nano kẽm oxit đến sinh trưởng, phát triển, năng suất, chất lượng cam Sành trồng tại Hàm Yên, Tuyên Quang", *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, 18, 152-157, Kỳ 2 tháng 9/2020.

8. Rameshraddy, Mahesh Salimath , K.N. Geetha and A.G. Shankar, ZnO Nanoparticle Improves Maize Growth, "Yield and Seed Zinc under High Soil pH Condition", *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(12),1593-1601, (2018).

9. Nguyễn Thế Hùng, Bùi Thế Hùng, Nguyễn Việt Long, Nguyên Văn Lộc, Giáo trình cây ngô (Zea maysL.), NXB Nông nghiệp, Hà Nội, (2016).

10. Lê Trần Bình, Lê Thị Muội, Phân lập gen và chọn dòng chống chịu ngoại cảnh bất lợi ở cây lúa. Nxb Đại học Quốc gia, Hà Nội, (1998).

11. Ü. Özgür,-Ya. I. Alivov, C. Liu, A. Teke, M. A. Reshchikov, S. Doğan, V. Avrutin, S.-J. Cho, and H. Morkoç, "A comprehensive review of ZnO materials and devices", *Journal of Applied Physics*, 98(4), 041301-04133103, (2005).

12. Lê Văn Trọng, Lê Thị Lâm, "Nghiên cứu một số chỉ tiêu sinh lý, hóa sinh liên quan đến khả năng chịu hạn của một số giống ngô (*Zea mays* L) ở giai đoạn cây con", *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, 54-59, Kỳ 1 tháng 9/2021.

13. Ngô Quang Vinh, Bùi Xuân Mạnh, Đinh Thị Hương, Lê Quý Kha, Nguyễn Hoài Châu, "Ảnh hưởng của xử lý hạt giống và phun chế phẩm nano đến sinh trưởng, phát triển và năng suất ngô tại Long An", *Tạp chí Khoa học Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam*, 2(99), 60-63, (2019).