JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الواحد والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ
العدد الواحد و الثلاثون
(٣٣٧) (٣٥٤)

تأثير جسيمات الفضة النانوية المنتجة حيوياً في بعض معايير نمو نبات الذرة الصفراء *Zea mayes* L.

م.م علاء حسين هامل
جامعة واسط/ كلية التربية الاساسية/ قسم علوم الحياة
Alaa.Hussein@uowasit.edu.iq
أ.م.د مرتضى حسين فياض
murtadha.fayadh@uobasrah.edu
جامعة البصرة/ كلية التربية للعلوم الصرفة/ قسم علوم الحياة
أ.د. وجدان حسين عبد الصاحب
wijdan.abdulsahib@uobasrah.edu.iq
جامعة البصرة/ كلية العلوم قسم علوم الحياة

المستخلص:

تواجه الزراعة تحديات جّمة وأحد الحلول المقترحة لمواجهة هذه التحديات استعمال التقنيات الحيوية الآمنة والصديقة للبيئة، في الدراسة الحالية، تم دراسة تأثير جسيمات الفضة النانوية المنتجة حيوياً في تحسين نمو نبات الذرة الصفراء صنف SF1280 F1. اجريت التجربة في الموسم الربيعي لسنة ٢٠٢٤-٢٠٢٥ في بيت بلاستيكي ضمن حديقة منزلية في محافظة واسط، واستعملت جسيمات الفضة النانوية بتراكيز (٠، ٢٠، ٤٠، ٦٠) ملغم.لتر$^{-1}$، وبواقع١٢ معاملة (٤تراكيز لجسيمات الفضة النانوية ×٣ مكررات) ، حيث اضيفت تراكيز الفضة النانوية باستعمال الرش الورقي، وتمت قياس الصفات الخضرية متمثلة بالوزن الطري و الجاف للمجموع الجذري و الخضري ونسبة المحتوي المائي و طول الجذر و ارتفاع النبات و متوسط قطر الساق و عدد الأوراق والمساحة الورقية و الصفات الفسيولوجية المتمثلة بتقدير دليل الكلوروفيل بطريقة SPAD و النسبة المئوية للعناصر الغذائيةNPK في الجذور والاوراق . واظهرت نتائج التجربة ان التركيز ٤٠ ملغم. لتر$^{-1}$ لجسيمات الفضة النانوية حقق أفضل تحسين في نمو نبات الذرة الصفراء. فقد ادى إلى تحسن معنوي عند $P\leq0.05$ مقارنةً بمجوعة السيطرة. وكانت نسبة الزيادة في متوسط وزن الجذور و الأوراق الطرية والجافة ٢٠.٧٦%، ١٣.٣٥%، ٢٣.٧٤% و ١٣.٩٠%، على التوالي. فضلاً عن

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الواحد والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

الزيادة في متوسط المحتوي المائي للجذور والاوراق بنسبة ١.٩٩% و ١.٦٩%، على التوالي. وسجلت نفس المعاملة زيادة في متوسط طول الجذر وطول الساق وقطر الساق و عدد الاوراق والمساحة الورقية ١١.٧٧%، ١٤.٦٤%، ٣٤.٧٨%، ١٨.٦٠ و ٥٦.١١%، كلاً على التوالي. فضلاً عن ذلك سُجلت **زيادة في الصفات الفسيولوجية ومنها متوسط محتوى الكلوروفيل 3.78% و متوسط محتوي النتروجين والفسفور والبوتاسيوم في الأوراق والجذر بنسبة زيادة وصلت الى 22.58%،32.53%،26.21%، 18.55%، 25.74% و 19.37%، على التوالي.**

الكلمات المفتاحية: جسيمات الفضة النانوية، الذرة الصفراء، صفات النمو الخضرية، صفات النمو الفسيولوجية.

The Effect of Biosynthesized Silver Nanoparticles on Some Growth Parameters of Maize (*Zea mays* L.)

Assit.Lec. Alaa Hussein Hamel
University of Wasit/ College of Basic Education/Department of Life Sciences
Alaa.Hussein@uowasit.edu.iq
Prof.Dr. Murtadha Hussein Fayyad
University of Basrah/ College of Education for pure Sciences/ Department of life Sciences
Dr Wijdan Hussein Abdul Sahib
wijdan.abdulsahib@uobasrah.edu.iq
University of Basrah/ College of Sciences/ Department of life Sciences

Abstract :

Agriculture faces numerous challenges, one proposed solution to these challenges is the use of safe and environmentally friendly biotechnology. In the present study, the effect of bioproduced silver nanoparticles on improving the growth of *Zea mays* SF1280 F1 was investigated. Experiment at greenhouse was conducted during the 2024-2025 spring season in Wasit province on *Zea mays* SF1280 F1. Silver nanoparticles were used at concentrations of (0, 20, 40, 60) $mg.L^{-1}$, with 12 treatments (4 concentrations of silver nanoparticles × 3 replicates). The experiment involved foliar application. Vegetative characteristics were measured, represented by the

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الواحد والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

fresh and dry weight of the root and shoot system, percentage of water content, root length, plant height, average stem diameter, number of leaves, leaf area, and physiological characteristics represented by estimating the chlorophyll index using the SPAD method and the percentage of nutrients (NPK) in the roots and leaves. The experiment results showed that the concentration of 40 $mg.L^{-1}$ of silver nanoparticles achieved the best improvement in the growth of *Zea mays* plants. There was a significant improvement at $P \leq 0.05$ compared to the control group. The percentage increase for average weight of fresh and dry roots and leaves was 20.76%, 13.35%, 23.74% and 13.90%, respectively. In addition, the average water content of roots and leaves increased by 1.99% and 1.69%, respectively. The same treatment recorded an increase in the average root length, stem length, stem diameter, number of leaves and leaf area by 11.77%, 14.64%, 34.78%, 18.60 and 56.11%, respectively. In addition, an increase was recorded in physiological characteristics, including the average chlorophyll content by 3.78% and the average nitrogen, phosphorus and potassium contents in leaves and roots by an increase percentage to 22.58%, 32.53%, 26.21%, 18.55%, 25.74% and 19.37%, respectively.

Keywords: silver nanoparticles, *Zea mays*, vegetative characteristics, physiological characteristics.

١-المقدمة

تعد الذرة الصفراء من المحاصيل الاساسية عالميًا للأمن الغذائي والاقتصادي. وتزداد أهميتهما مع تزايد الحاجة إلى أساليب إنتاج غذائي مستدامة في مواجهة تغير المناخ والضغوط البيئية. وتنتمي الذرة الصفراء *Zea mays L.* إلى الفصيلة النجيلية(Gramineae) *Poaceae*. كما انها مصدرًا جيدًا للكربوهيدرات المعقدة، والألياف الغذائية، والفيتامينات(A،C،B)، والمعادن الأساسية مثل الفوسفور والبوتاسيوم (Chaudhary *et al.*, 2018). ويعتمد نجاح زراعة هذه المحصول في العراق على ظروف بيئية محددة. وعادةً ما تُزرع خلال موسم يمتد من تموز إلى تشرين الثاني. ويتطلب إنباتها درجات حرارة تتراوح بين ١٧ و٣٣مْ، ويحدث ذلك في غضون ٢ إلى ١١ يومًا. وتنمو بشكل جيد في تربة عميقة جيدة التصريف بدرجة حموضة تتراوح بين ٥.٨ و٦.٨. ويحدث النمو الخضري الأولي، الذي يتميز بظهور الأوراق الأربع الأولى، وبعد حوالي ١٥-٢٠ يومًا من

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الواحد والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

الزراعة، يليه نمو جذور عقدية قويةProp roots . تلاحظ الإزهار بعد حوالي ٤٩-٥٤ يومًا، مع حدوث الحصاد بين ٩٠ الى ١٠٥ ايام عندما تصل الحبوب إلى النضج الفسيولوجي، تتطلب الذرة متطلبات مائية كبيرة، حيث تحتاج إلى متوسط٥٠٠ ملم من الأمطار السنوية أو حوالي ٨٤٥ ملم من الري خلال موسم النمو، ويُعد الري بالتنقيط وسيلةً فعالةً لتعزيز كفاءة استعمال المياه في زراعة الذرة الصفراء من الناحية الاقتصادية، تُسهم الذرة الصفراء بشكل كبير في الإنتاج الزراعي العالمي والمحلي. بلغ الإنتاج في العراق منها حوالي ٥٣٨.٢٥١ طن في عام ٢٠٢٣ (ASGIG,2023). وعلى الرغم من الدور الحيوي لهذا المحصول، إلا أن الممارسات الزراعية التقليدية، وخاصة الاستعمال المكثف للأسمدة الكيميائية ، أدت إلى زيادة قصيرة الأجل في الغلة على حساب التدهور البيئي طويل الأجل، وتشمل العواقب السلبية تدهور الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للتربة، وتلوث المياه الجوفية باليوريا والفوسفات، وانبعاث اوكسيد النيتروز N_2O، وهو غاز دفيئاً قوياً يُسهم في الاحتباس الحراري واستنفاد طبقة الأوزون(Martínez-Dalmau *et al.*, 2021). وتُبرز هذه التحديات الحاجة المُلحة إلى مُدخلات زراعية أكثر استدامة، واستجابةً لهذه المخاوف البيئية، استكشفت الدراسات الحديثة إمكانات مواد جديدة مثل جسيمات الفضة النانوية المُحضرة بيولوجيًا. واشارت الى أن تطبيق جسيمات الفضة النانوية بتركيز منخفضة ١٠-٥٠ ملغم.لتر$^{-١}$ وباستعمال أحجام جسيمات مُتحكم بها وطرق تحضير مُحكمة، يُمكن أن تُؤثر إيجابًا على نمو النبات من خلال تعزيز الإنبات، وتحفيز نمو الجذور والأوراق، وتعزيز مقاومة الأمراض دون سُمية كبيرة (Ashraf *et al.*, 2025 Al Salama *et al.*, 2025). واشارت العديد من الدراسات ان التركيز من٢٠ الى ٦٠ ملغم.لتر$^{-١}$ هو التركيز المثالي لتعزيز النمو في نبات الذرة الصفراء؛ فيما قد تسبب التراكيز الأعلى من ٥٠ ملغم.لتر$^{-١}$ إجهادًا تأكسديًا وتقلل من الفوائد المحتملة لجسيمات الفضة النانوية (Nadar & Naqeeb, 2023; Siddiqi & Husen, 2022; González-Melendi *et al.*, 2021; Mehrian *et al.*,2015. ونظراً لتأثر النظم الزراعية باستمرار بأنواع مختلفة من الضغوط الحيوية وغير الحيوية في الآونة الأخيرة ، وطبيعة المبيدات والاسمدة الضارة وتصاعد تكاليفها برزت الحاجة لجسيمات الفضة النانوية كمجال واعد للبحث والتي لها تطبيقات عديدة في مجال الزراعة ، للسيطرة على أمراض النبات وتحسين العائد الزراعي أذ تعد بدائل فعالة ومنخفضة التكلفة وصديقة للبيئة. فضلاً عن ذلك، أظهرت الدراسات المتعلقة باستعمال جسيمات الفضة النانوية إمكانية تحسين معدلات النمو بشكل عام، وتقليل الإجهاد التأكسدي في نبات الذرة الصفراء (Tang *et*

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الواحد والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

(Irshad *et al.*,2020;2020 *al,.*).ومع ذلك، من المهم ملاحظة أن الدراسات الحقلية حولها لا تزال محدودة في العراق، مقارنة بالدول المحيطة به والتي قطعت شوطاً كبيراً في استعمال هذه التقنية في المجال الزراعي ومن هذه الدول ايران ومصر والاردن والسعودية مما يشير إلى الحاجة إلى مزيد من البحث في هذا المجال الواعد، لذا فقد هدفت الى تأثير جسيمات الفضة النانوية في تحسين نمو نبات الذرة الصفراء.

٢-المواد وطرائق العمل

٢-١: إجراء التجربة The Experiment Conducting

أُجريت التجربة الحقلية خلال الموسم الربيعي ٢٠٢٤-٢٠٢٥ على نبات الذرة الصفراء داخل بيت بلاستيكي قياس (٣متر طولاً×٣متر عرضاً×٢متر ارتفاعاً) ضمن حديقة منزلية بمحافظة واسط وبثلاثة مكررات لكل معاملة وزعت بشكل عشوائي ، مع الحفاظ على مسافة ٢٥سم بين الوحدات التجريبية.

٢-٢: تحضير تربة التجربة

غُربلت التربة التي تم الحصول عليها من ضفاف نهر دجلة للحصول على تربة ناعمة، ثم حُضر بعد ذلك خليط تربة ١:١ (تربة: بتموس) ، وفُرش بعدها الخليط على فرشة بلاستيكية، وأضيف إليه المبيد الفطري Radomil5G ، وتمت تغطيته وتُرك للتعرض لضوء الشمس لمدة ثلاثة أيام لغرض التعقيم. وبعد ذلك ، عبئت جميع الأصص المهيأة للتجربة وذات الأبعاد (١٠ سم ارتفاعًا × ٩ سم قطرًا) بوزن ٣ كغم من هذا الخليط لكل اصيص. وتم توزيع الأصص الخاصة بتراكيز محلول جسيمات الفضة النانوية الثلاثة (٢٠، ٤٠، ٦٠) ملغم.لتر$^{-1}$ و (٠ ملغم.لتر$^{-1}$) لمجموعة السيطرة. تم تنفيذ التجربة وفقاً للمعطيات التالية

١. موعد زراعة النباتات في ١٧نيسان ٢٠٢٤.
٢. موعد بزوغ البادرات بشكل تام بعد مرور (٧)ايام .
٣. إستمرار عمليات الري بطريقة السعة الحقلية.
٤. موعد الرشة الأولى بتاريخ ٧/٥/ ٢٠٢٤، أي بعد مرور ٢١ يوماً من الزرع.
٥. تكرار الرش بمعدل مرتين خلال الاسبوع الواحد للنباتات لحد ٥٠ يوماً.
٦. تم تسجيل درجات الحرارة الصغرى والعظمى خلال فترة الدراسة باستعمال المحرار الزئبقي .

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الواحد والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

٢-٢: زراعة بذور نبات الذرة الصفراء: نفذت التجربة من خلال زراعة بذور الذرة الصفراء صنف SF1280 F1 من شركة الريف الخضراء، بغداد، العراق. وضعت في كل سندانة ٥ بذور بعد اختيار البذور الجيدة، وكانت نسبة انباتها مالا يقل عن ٩٥% استمرت المراقبة حتى نهاية التجربة .

٢-٣: تحضير تراكيز جسيمات الفضة النانوية

تم تحضير ثلاث تراكيز (٢٠، ٤٠، ٦٠) ملغم.لتر$^{-١}$من جسيمات الفضة النانوية المنتجة حيوياً من بكتيريا *Bacillus halotolerans* strain AhWM4 التي تم الحصول عليها من مختبرات الاحياء المجهرية التطبيقية في كلية العلوم ،جامعة البصرة، والتي تم توصيفها في دراسة سابقة قيد النشر(Hamel *et al.*,2026)، وقيست الكميات بدقة باستعمال ميزان حساس (بدرجة دقة ±٠.٠٠١ ملغم). وبعد ذلك، تم اضافة هذه التراكيز كلاً على حدة الى لتر من الماء المقطر منزوع الأيونات، ثم عُرضت لجهاز الموجات فوق الصوتية Water Bath sonication المبرد بإضافة مكعبات الثلج لمدة ١٠دقائق لتجنب ارتفاع حرارة المحلول. وبعد انتهاء الاذابة، تُركت التراكيز لحين الاستقرار وفحصت بصريًا للتأكد من عدم وجود تكتلات أو رواسب، وكُررت هذه العملية قبل كل عملية رش لمحلول جسيمات الفضة النانوية، مع التأكد من ضرورة حفظ المحاليل في أوعية معتمة ومغلقة جيداً لمنع تأكسدها، أما معاملة السيطرة (٠ ملغم.لتر $^{-١}$) فشملت ماء الري فقط.

٢-٤:تطبيق الرش الورقي لمحلول جسيمات الفضة النانوية المنتج من البكتيريا *Bacillus halotolerans* strain AhWM4

تم تطبيق الرش الورقي لمحلول جسيمات الفضة النانوية بتراكيز(٢٠، ٤٠، ٦٠) ملغم.لتر$^{-١}$ مرتين في الاسبوع للوحدات التجريبية عندما أصبح عدد الأوراق ٤-٥ ورقات، أي بعد مرور ٢١ يوماً من موعد الزراعة بالنسبة للذرة الصفراء. واستعملت لهذا الغرض مرشات بلاستيكية بحجم ٢ لتر مع إضافةTween كمادة ناشرة. وتم رش اوراق النباتات المدروسة حتى مرحلة البلل، ونزول اول قطرة. واتخذت الإجراءات الاحترازية بوضع غطاء بلاستيكي عازل لمنع تأثير تداخل رش الوحدة التجريبية في الوحدات التجريبية المجاورة. اما بالنسبة للسيطرة فقد تمت معاملتها بالماء المقطر فقط.

٢-٥:قياس تأثير معاملات التجربة على صفات النمو لنباتي الذرة الصفراء

أخذت قياسات المجموعين الخضري والجذري لثلاث مكررات ولكل معاملة، قبل موعد التزهير لدراسة صفات النمو التالية :-

٢-٥-١: صفات النمو الخضرية

JOBS مجلة العلوم الأساسية Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الواحد والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

أخذت قياسات المجموعين الخضري والجذري لثلاث مكررات ولكل معاملة قبل موعد التزهير ،لقياس الوزن الطريFresh Water (FW)للمجموع (الخضري و الجذري)، تم اولاً فصل المجموع الخضري عن الجذري ، حيث خضع كلٌ من الجزأين لعملية غسل وتنظيف شاملة لإزالة الأتربة العالقة بهما، ثم قُطعت كلاً على حدة. وُوزن كل من الجزأين باستعمال ميزان إلكتروني حساس. وُضع بعد ذلك المجموع (الخضري و الجذري) الذي تم قياس وزنه الطري داخل كيس ورقي لكل معاملة على حدة ، ثم جففت في فرن كهربائي متجدد الهواء على درجة حرارة درجة ٦٥ م لمدة ٤٨ ساعة لحين ثبات الوزن. وبعد انتهاء هذه الفترة، وزن المجموع الخضري و الجذري كلٌ على حدة باستعمال الميزان الإلكتروني الحساس لإيجاد الوزن الجاف(DW)Dry Water للنباتات المدروسة. وتم استخرج المحتوي المائي Water content% للمجموع الخضري والجذري لكل مكرر من كلّ معاملة بتطبيق المعادلة التالية(Sade *et al.*,2010):-

$$\text{المحتوي المائي\%(WC)} = \frac{\text{الوزن الرطب(FW)} - \text{الوزن الجاف(FD)}}{\text{الوزن الرطب (FW)}} * 100$$

فيما قيس طول الجذر بتثبيت النبات في وضع عمودي ثابت، وتحديد نقطة البداية واتصاله بالمجموع الخضري حتي النهاية. كما تم تحديد ارتفاع النباتات المدروسة(سم) Plant Height باستعمال شريط قياس، حيث يتم قياس الارتفاع ابتداءً من سطح التربة في الأصيص وصولاً إلى أعلى قمة نامية للنبات. و أستعمل جهاز القدمة Vernier Caliper لقياس قطر الساق (ملم) Stem Diameter بدقة. تم إجراء القياس من خلال وضع الجهاز بشكل عمودي على الساق عند نقطة محددة، وغالبًا ما كانت هذه النقطة تقع على مسافة ثابتة من قاعدة النبات. وقبل بدء القياسات، خضع الجهاز لعملية معايرة دقيقة للتأكد من دقة النتائج. ثم حُسبت اعداد الأوراق لكل مكرر و المساحة الورقية وتضمنت طريقة القياس بفصل الأوراق عن النباتات المُختارة، تلتها عملية غسل وتنظيف شاملة لإزالة الأتربة والشوائب. وبعد ذلك، تم ترتيب الأوراق على سطح قياس موحد، حيث أستعمل برنامج Imagej(v.١١) لتسجيل المساحة لكل ورقة(Negi & Singh, 2023). ثم حُسبت المساحة الورقية الكلية لكل معاملة.

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الواحد والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

شكل (٢-١):قياس قطر الساق باستعمال جهاز القدمةVernier.

٢-٥-٢: صفات النمو الفسيولوجية

بعد مرور ٥٠ يوماً من الزرع بالنسبة للذرة الصفراء تم قياس محتوى الكلوروفيل مباشرة في الحقل باستعمال جهاز المقياس الرقمي اليدوي SPAD-502 meter. في هذه المرحلة، وتم قياس ثلاثة مكررات من كل معاملة ومن ثم اخذ معدلها، شكل (٢-١). في كل مكرر خضعت الأوراق لقياسات دقيقة باستعمال الجهاز الذي يوفر قراءة فورية لمستوى الكلوروفيل، والذي يُعبر عن قابلية النبات على امتصاص الضوء وكفاءة عملية البناء الضوئي. وقد خضعت جميع الإجراءات لمعايرة مسبقة لضمان دقة القياسات وثباتها عبر جميع العينات. وتُعتمد القياسات على أخذ قراءات من أوراق محددة في المواقع نفسها (Felix *et al.*,2012). فيما قيست النسبة المئوية للنتروجين والفسفور والبوتاسيوم للمجموع الجذري والخضري باستعمال جهاز المايكروكلدال MicroKjedahl و المطياف الضوئيSpectrophotometer و جهاز اللهب Flame photometer ، كلاً على التوالي ووفقا للطرق المذكورة من قبل (Rathje, 1959; Murphy & Riley, 1962; Haynes, 1980).

.

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الواحد والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

شكل (٢-١):قياس محتوى الكلوروفيل مباشرة في الحقل باستعمال جهاز المقياس الرقمي اليدوي SPAD meter.

٢-٦: التحليل الإحصائي Statistical analysis

استعمل البرنامج الإحصائي Statistical Analysis System –SAS(٢٠١٨) في تحليل بيانات دراسة تأثير جسيمات الفضة النانوية بتراكيز (٠، ٢٠، ٤٠، ٦٠) ملغم.لتر$^{-1}$ ، اذ تم قياس ثلاث مكررات من كل معاملة جمعت بعد ذلك الأوزان الفردية لهذه المعاملات واستخرج المتوسط بقسمة مجموع القياسات على عدد المكررات وقورنت الفروق المعنوية بين المتوسطات باختبار اقل فرق معنوي Least Significant Difference –LSD عند مستوى معنوية $P\leq0.05$.

٣-النتائج

٣-١: قياس الصفات الخضرية لنبات الذرة الصفراء

اظهرت نتائج الجدول (٣-١)، ان معاملة نبات الذرة الصفراء بتراكيز الفضة النانوية المختبرة كان له تأثيرات معنوية عند مستوى $P\leq0.05$ كان اعلاه عند التركيز (٤٠ملغم.لتر$^{-1}$) مقارنةً بمجوعة السيطرة على صفات النمو الخضرية، اذ كانت نسبة الزيادة في متوسط وزن الجذور و الأوراق الطرية والجافة ٢٠.٧٦% و١٣.٣٥% و٢٣.٧٤% و١٣.٩٠% على التوالي. فضلاً عن الزيادة في متوسط المحتوي المائي للجذور والاوراق ١.٩٩%و ١.٦٩%، على التوالي. وسجلت نفس المعاملة زيادة في متوسط طول الجذر وطول الساق وقطر الساق و عدد الاوراق والمساحة الورقية ١١.٧٧%، ١٤.٦٤%، ٣٤.٧٨%، ١٨.٦٠ و ٥٦.١١%، على التوالي. جدول (٣-١).

جدول(٣-١): تأثير جسيمات الفضة لنانوية على صفات النمو الخضرية لنبات الذرة الصفراء.

معايير	التراكيز ملغم.لتر$^{-1}$	LSD	النسبة

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الواحد والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

النمو المقاسة		٠	٢٠	٤٠	٦٠		المئوية للزيادة %
الجذور	الوزن الطري (غم)	11.11 ±0.67	12.24 ±1.10	11.62 ±0.93	10.14 ±0.25	٠.١٠	٢٠.٧٦
	الوزن الجاف (غم)	2.72±0.11	2.90±0.16	2.80±0.14	2.56±0.07	٠.٠٢	١٣.٣٥
	المحتوى المائي %	75.46±0.63	76.24±0.92	75.90±0.71	74.75±0.34	٠.٣٠	١.٩٩
الأوراق	الوزن الطري (غم)	20.69±1.56	22.77±2.18	21.78±2.03	18.40±0.48	٠.٥٩	٢٣.٧٤
	الوزن الجاف (غم)	3.57±0.17	3.78±0.28	3.69±0.22	3.32±0.10	٠.١١	١٣.٩٠
	المحتوى المائي %	82.70±0.53	83.33±1.13	83.00±0.71	81.94±0.46	٠.٧٧	١.٦٩
طول الجذر للنبات (سم)		38.20±3.67	40.35±2.06	39.32±2.04	36.10± 2.35	٢.٠١	١١.٧٧
طول الساق (سم)		30.60±1.53	32.63±2.28	31.43±1.69	28.47±1.23	٠.٧٣	١٤.٦٤
قطر الساق للنبات (ملم)		8.83±3.67	10.33±1.86	9.67±1.75	7.67±0.82	١.٢٢	٣٤.٧٨
عدد الأوراق لكل نبات (ورقة .نبات$^{-1}$)		7.83±0.75	8.50±1.05	8.17±0.75	7.17±0.75	٠.٤٤	١٨.٦٠
المساحة الورقية الكلية (سم^{2})		٢٤٩.٧٣ ±37.51	±68.80 ٣١٣.٢٧	٢٨٠.٣٣ ±54.80	٢٠٠.٦٧ ±17.23	٧.٦٦	٥٦.١١

٣-٢: صفات النمو الفسيولوجية

اظهرت نتائج الجدول (٣-٢)، ان معاملة نبات الذرة الصفراء بتراكيز الفضة النانوية المختبرة كان له تأثيرات معنوية على صفات النمو الفسيولوجية عند مستوى $P\leq0.05$ كان اعلاه عند التركيز (٤٠ملغم.لتر$^{-1}$) مقارنةً بمجوعة السيطرة ، اذ سجلت زيادة بنسبة 3.78% في متوسط دليل

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الواحد والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

الكلوروفيل Chlorophyll content (SPAD) كما سجلت زيادة في متوسط محتوي النتروجين والفسفور والبوتاسيوم في الأوراق والجذر بنسبة بلغت 22.58%، 32.53%، 26.21%،18.55 %، 25.74% و 19.37%، على التوالي، جدول (٣-٢).

جدول(٣-٢): تأثير جسيمات الفضة النانوية على صفات النمو الخضري لنبات الذرة الصفراء.

معايير النمو المقاسة		التراكيز ملغم.لتر$^{-1}$ ٠	٢٠	٤٠	٦٠	LSD	النسبة المئوية للزيادة%
الكلوروفيل		35.87±1.02	36.60±1.07	36.13± 0.92	35.27±0.61	٠.٠٣٣	3.78
النيتروجين %	الجذور	1.15±0.09	1.27±0.16	1.20±0.18	1.03±0.08	٠.٠٠٧	22.58
الفسفور %	الجذور	0.17±0.02	0.18±0.02	0.18±0.02	0.14±0.01	٠.٠٠١	32.53
البوتاسيوم %	الجذور	0.82±0.06	0.92±0.09	0.85±0.05	0.73±0.05	٠.٠٠٢	26.21
النيتروجين %	الأوراق	2.27±0.16	2.45±0.22	2.35±0.19	2.07± 0.08	٠.٠٠٧	18.55
الفسفور %	الأوراق	0.26±0.02	0.29±0.03	0.27±0.02	0.23±0.01	٠.٠٠٣	25.74
البوتاسيوم %	الأوراق	1.84± 0.12	1.97±0.17	1.92±0.16	1.66±0.08	٠.٠٠٥	19.37

٤- المناقشة

برزت جسيمات الفضة النانوية كواحدة من أكثر الجسيمات النانوية استعمالاً، نظرًا لتطبيقاتها المتعددة الجوانب في العديد من المجالات العلمية والتكنولوجية الحيوية. ترتبط فعالية هذه الجسيمات النانوية وسلامتها ارتباطًا وثيقًا بطرق التصنيع المستعملة. ان جسيمات الفضة النانوية المُصنّعة عبر طرق فيزيائية وكيميائية يمكن أن تُسبب آثارًا ضارة في أنظمة النبات (Khan *et al.*, 2023). في حين، تُقدم الطرق البايلوجية التي تستعمل الكائنات الحية بديلاً أكثر استدامة وصديقًا للبيئة. اذ تُقلل

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الواحد والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

هذه الطرق بشكل كبير من الاعتماد على المواد الكيميائية الخطرة، وتُخفف من الآثار السلبية للبيئة (Agrawal *et al.*, 2024; Singhal *et al.*, 2023). يُمثل ادخال تقنية الجسيمات النانوية في الممارسات الزراعية نقلة نوعية، إذ يُقلل من الاعتماد على المبيدات الحشرية التقليدية، ويُمهد الطريق لاستراتيجيات زراعة مستدامة (Alhammad *et al.*, 2023).

في الدراسة الحالية، أظهرت النتائج ان جسيمات الفضة النانوية المنتجة حيوياً له تأثير معنوي عند مستوي احتمال $P \leq 0.05$ في نمو الذرة الصفراء *Zea mays* وقد استخدمت ثلاثة تراكيز من جسيمات الفضة النانوية (٢٠، ٤٠، و٦٠ ملغم.لتر$^{-1}$)، وبالمقارنة مع معاملات السيطرة، لوحظ تحسن ملحوظ في جميع معايير النمو بالمقارنة مع السيطرة (٠ملغم.لتر$^{-1}$). اتفقت هذه النتائج مع دراسة Salama (2020) أن جسيمات الفضة النانوية المطبقة على الذرة الصفراء *Zea mays* أدت إلى تحسن ايجابي في طول البراعم والجذور وزيادة المساحة الورقية وارتفاع مستويات الكلوروفيل والكربوهيدرات والبروتينات. وقد يعزي سبب ذلك الى أن جسيمات الفضة النانوية تعزز نمو النبات من خلال تعديل مجموعة من العمليات الفسيولوجية والكيميائية الحيوية، وخاصة خلال المراحل المبكرة من النمو. مثلاً تحفز نمو كل من الجذور والبراعم من خلال تعزيز انقسام الخلايا واستطالتها وتحسين امتصاص العناصر الغذائية(Wang *et al.*, 2020). ووجد Vargas *et al.*(2024)إن استخدام جسيمات الفضة النانوية كمحفزات إنبات ونمو للذرة *Zea mayz* والشعير *Hordeum vulgare* يُحسّن من مدة الإنبات وانتاجية محاصيل البذور المذكورة. فيما وجد Soliman *et al.*(2020)استخدام جسيمات النانو الفضية إلى تحسين إنبات البذور ونمو نباتات *Z. mays* L. و *Trigonella foenum-graecum* L. و *Allium cepa* L. بشكل ملحوظ. و عززت نشاط إنزيمات مضادات الأكسدة، بما في ذلك الكاتالاز، والبيروكسيديز، والأسكوربات بيروكسيديز، فضلاً عن محتوى الجلوتاثيون والأسكوربات، في حين انخفض محتوى المالونديالدهيد بزيادة تركيز جسيمات الفضة النانوية وقد ارتفعت مستويات التعبير عن إنزيمات مضادات الأكسدة في الشتلات المعالجة بجسيمات الفضة النانوية مقارنةً بمجموعة السيطرة. فيما أكد Lahuta *et al.* (2022) على أهمية حجم وتركيز جسميات الفضة النانوية، حيث أظهروا أن التراكيز المنخفضة حفزت إنبات القمح ونمو الشتلات.

و كشفت نتائج الدراسة الحالية ،ان تطبيق الرش الورقي لهذه الجسمات المنتجة حيوياً عند تركيز ٤٠ ملغم.لتر$^{-1}$ ، حقق اعلى زيادة بالمقارنة مع السيطرة (٠ ملغم.لتر$^{-1}$) وتركيز ٦٠ ملغم ملغم.لتر$^{-1}$ في

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الواحد والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

اغلب معايير النمو المدروسة في نباتي الذرة الصفراء. اتفقت هذه النتيجة مع الدراسة التي توصل اليها Akhtar *et al.*(2021)التي اشارت أن الجرعات الصغيرة من جسيمات الفضة النانوية عززت النمو، بينما أدت الجرعات العالية إلى زيادة التأثير المثبط ومع ذلك، أظهرت جسيمات الفضة النانوية المُنتجة بتركيز ٤٠ جزءًا في المليون أفضل النتائج في زيادة أطوال البراعم والجذور، وطول الأوراق، ومحتوى الكلوروفيل والكاروتينات وقد يعزي سبب ذلك الى ان أنواع الأوكسجين التفاعلية Reactive Oxygen Species(ROS) تلعب دورًا مزدوجًا عند التراكيز المنخفضة، فقد تحفز النمو، بالمقابل فأن التراكيز العالية، تُحفز الإجهاد التأكسدي وتثبط النمو. وهذا يتفق مع ما توصل اليه Chen et al. (2023) و Adejumo et al. (2023) أن التراكيز المعتدلة من جسيمات الفضة النانوية عززت تحمل الجفاف في الذرة الصفراء *Zea mays* من خلال تحفيز أنشطة إنزيمات مضادات الأكسدة وتعديل بروتينات الإجهاد الأزموزي. في المقابل، فأن التراكيز التي تتجاوز الحد الأمثل قد تعيق النمو. افاد Wang *et al.* (2020) ان التركيز ٥٠ ملغم.لتر$^{-1}$ من جسيمات الفضة النانوية قد حفز زيادة انقسام الخلايا والتعبير الجيني في نبات رشاد أذن الفأر أو رشاد ثال *Arabidopsis thaliana* هو نبات زهري ينتمي لعائلة الخردل. بينما تركيز ١٠٠ ملغم.لتر$^{-1}$ أو أكثر ثبط نمو الجذور وقلل من انقسام الخلايا. تُظهر هذه الدراسات أن هناك تركيزًا مثاليًا لجسيمات الفضة لنانوية يمكن أن تعزز نمو النبات وامتصاص العناصر الغذائية، في حين أن التراكيز الأعلى قد تكون أقل فعالية. لذلك، يُنصح بتحديد التركيز الأمثل لجسيمات الفضة لنانوية بناءً على نوع النبات والظروف البيئية لتحقيق أفضل النتائج.

وبينت النتائج انه لا يوجد هنالك اختلاف معنوي بين التراكيز المختبرة(٢٠، ٤٠، ٦٠) ملغم .لتر$^{-1}$في بعض من صفات النمو مثل طول الجذر ومحتوي الكلوروفيل ونتروجين وفسفور الجذر. وهذا يتفق مع ما ذكرته دراسة Prasad *et al.*(2017)ان تطبيق جسيمات الفضة النانوية على نباتات الأرز والذرة والفول السوداني أدى إلى تغييرات متفاوتة في الصفات النباتية. على سبيل المثال، لوحظت زيادات ملحوظة في محتوى الكلوروفيل في بعض الحالات، بينما كانت تأثيرات جسيمات الفضة النانوية على طول الجذور والساق غير معنوية، ذلك يشير إلى أن صفات النمو، قد تكون أكثر حساسية لتأثير جسيمات الفضة النانوية مقارنة بالصفات المورفولوجية مثل طول الساق أو عدد الأوراق. في حين وجد Sadak (2019) أن جسيمات الفضة النانوية كان تأثيرها في عدد الأوراق أقل وضوحًا بالمقارنة مع بقية الخصائص المدروسة لنبات الحلبة، فيما وجد (2020)

Wang *et al.* ان هنالك اختلافًا واضحًا في تأثير جسيمات الفضة النانوية على صفات مثل الكلوروفيل والكتلة الحيوية لنبات الجرجير، بينما كان التأثير في الطول أقل وضوحًا. وهذا ما اكده Shahraki *et al.* (٢٠٢٤) ان جسيمات الفضة النانوية ليس لها تأثيرًا ملحوظًا في محتوى الكلوروفيل وطول الجذر والساق في نبات الريحان *Ocimum basilicum* L. بينما زادت من المركبات المضادة للأكسدة، مما يعكس استجابة تفاضلية للصفات. تظهر هذه الدراسات ان الصفات النباتية تختلف في حساسيتها لتأثير جسيمات الفضة النانوية. قد تكون بعض الصفات، مثل محتوى الكلوروفيل والوزن الجاف، أكثر تأثراً بتراكيز الفضة النانوية مقارنةً بصفات أخرى مثل طول الساق أو عدد الأوراق. هذا قد يفسر لماذا لم تُلاحظ فروق معنوية في بعض الصفات بين التراكيز المختلفة. تلعب خصائص هذه الجسيمات، مثل الحجم والشكل والتغطية السطحية، دورًا مهمًا في تأثيرها في النباتات. أظهرت دراسة Gao *et al.*,(2023) أن الجسيمات الصغيرة الحجم يمكن أن تكون أكثر سمية للنباتات بسبب قدرتها على التفاعل مع الأغشية الخلوية . لذلك، قد تؤثر هذه الخصائص في كيفية استجابة النبات للتراكيز المختلفة من جسيمات الفضة النانوية. تؤدي العوامل البيئية، مثل نوع التربة ودرجة الحموضة ودرجة الحرارة، دورًا في كيفية استجابة النباتات لجسيمات الفضة النانوية. و قد تؤثر هذه العوامل في توافره للنباتات، وبالتالي الحد من تأثيرها (Zuverza-Abd El-Aziz *et al.*,2022; Mena *et al.*,2016).

المصادر references :

1. Abd El-Aziz, S. M., & Farahat, E. A. (2023). The Activity of *Vossia cuspidata* Polysaccharides-Derived Monometallic CuO, Ag, Au, and Trimetallic CuO-Ag-Au Nanoparticles Against Cancer, Inflammation, and Wound Healing. *J. Inorg. Organomet. Polym.*, 33, 853–865. https://doi.org/10.1007/s10904-023-02542-x

2. Adejumo, A. L., Azeez, L., Kolawole, T. O., Aremu, H. K., Adedotun, I. S., Oladeji, R. D., Adeleke, A. E., & Abdullah, M. (2023). Silver nanoparticles strengthen *Zea mays* against toxic metal-related phytotoxicity via enhanced metal phytostabilization and improved antioxidant responses. *Int. J. Phytoremediat.*, 25(12), 1676–1686. https://doi.org/10.1080/15226514.2023.2187224

3. Agrawal, S., Sen, S., Bhui, A. K., & Singh, R. (2024). Biological synthesis of nanoparticles (pp. 15–29). Elsevier BV. https://doi.org/10.1016/b978-0-443-15457-7.00017-4

4. Akhtar, Y., Akram, A., Raja, N., & Awan, G. (2021). Comparative investigation of effects of phytosynthesized and mycosynthesized based silver nanoparticles on the

growth of maize. *World J. Biol. Biotechnol.*, 6, 37. https://doi.org/10.33865/wjb.006.03.0449

5. Al Salama, Y., Alghoraibi, I., Zein, R., & Alsouse, M. (2025). Silver Nanoparticles Seed Priming for Sustainable Enhancement of Durum Wheat Growth, Yield, and Nutrient Enrichment. *IET Nanobiotechnol.*, 2025, 6152486. https://doi.org/10.1049/nbt2/6152486

6. Alhammad, B. A., Ahmad, A., & Seleiman, M. F. (2023). Nano-Hydroxyapatite and ZnO-NPs Mitigate Pb Stress in Maize. *Agronomy*, 13(4), 1174. https://doi.org/10.3390/agronomy13041174

7. Ashraf, H., Anjum, T., Ahmad, I. S., Ahmed, R., Aftab, Z. E. H., & Rizwana, H. (2025). Phytofabricated silver nanoparticles unlock new potential in tomato plants by combating wilt infection and enhancing plant growth. *Sci. Rep.*, 15, 10527. https://doi.org/10.1038/s41598-025-89724-4

8. Authority of Statistics & Geographic Information Systems (ASGIS). (2023). Production of crops and vegetables for the year 2023. Retrieved July 21, 2025, from http://www.cs-gis.gov.iq

9. Chaudhary, P., Sharma, A., Singh, B., & Nagpal, A. K. (2018). Bioactivities of phytochemicals present in tomato. *J. Food Sci. Technol.*, 55(8), 2833–2849. https://doi.org/10.1007/s13197-018-3221-z

10. Chen, S., Liu, H., Yangzong, Z., Gardea-Torresdey, J. L., White, J. C., & Zhao, L. (2023). Seed Priming with Reactive Oxygen Species-Generating Nanoparticles Enhanced Maize Tolerance to Multiple Abiotic Stresses. *Environ. Sci. Technol.*, 57(48), 19932–19941. https://doi.org/10.1021/acs.est.3c07339

11. Faizan, M., Sehar, S., Rajput, V. D., Faraz, A., Afzal, S., Minkina, T., Sushkova, S., Adil, M. F., Yu, F., Alatar, A. A., Akhter, F., & Faisal, M. (2021). Modulation of Cellular Redox Status and Antioxidant Defense System after Synergistic Application of Zinc Oxide Nanoparticles and Salicylic Acid in Rice (*Oryza sativa*) Plant under Arsenic Stress. *Plants (Basel, Switzerland)*, 10(11), 2254. https://doi.org/10.3390/plants10112254

12. Felix, L., Ceulemans, R., & Scarascia-Mugnozza, G. (2012). Effects of different nitrogen fertilization regimes on leaf chlorophyll content and photosynthesis in poplar. *Eur. J. Forest Res.*, 131(2), 333–342. https://doi.org/10.1007/s10342-011-0502-1

13. Gao, M., Chang, J., Wang, Z., Zhang, H., & Wang, T. (2023). Advances in transport and toxicity of nanoparticles in plants. *J. Nanobiotechnol.*, 21(1), 75. https://doi.org/10.1186/s12951-023-01830-5

14. González-Melendi, P., Fernández-Pacheco, R., Coronado, M. J., Corredor, E., Testillano, P. S., Risueño, M. C., & Villalobos, F. J. (2021). Silver nanoparticles increase nitrogen, phosphorus, and potassium concentrations in leaves and stimulate root length and number of roots in tomato seedlings in a hormetic manner. *Int. J. Mol. Sci.*, 22(21), 11790. https://doi.org/10.3390/ijms222111790

15. Hamel, A. H., Al-Tamimi, W. H., & Fayadh, M. H. (2026). Bacterial diversity in oil field environments and evaluation of their ability to biosynthesize silver nanoparticles (AgNPs). *Nat. Environ. Pollut. Technol.*, 25(1), D1801. https://doi.org/10.46488/NEPT.2026.v25i01.D1801

16. Haynes, R. J. (1980). A comparison of two modified Kjeldahl digestion techniques for multi-element plant analysis with conventional wet and dry ashing methods. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 11, 459–467. https://doi.org/10.1080/00103628009367053

17. Irshad, S., Riaz, M., Anjum, A. A., Sana, S., Saleem, R. S. Z., & Shaukat, A. (2020). Biosynthesis of ZnO Nanoparticles Using *Ocimum basilicum* and Determination of Its Antimicrobial Activity. *J. Anim. Plant Sci.*, 30, 185–191. https://doi.org/10.36899/

18. Jackson, M. L. (1959). *Soil chemical analysis*. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 85(3), 251–252. https://doi.org/10.1002/jpln.19590850311

19. Khan, S., Zahoor, M., Sher Khan, R., Ikram, M., & Islam, N. U. (2023). The impact of silver nanoparticles on the growth of plants: The agriculture applications. *Heliyon*, 9(6), e16928. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16928

20. Lahuta, L. B., Szablińska-Piernik, J., Stałanowska, K., Głowacka, K., & Horbowicz, M. (2022). The size-dependent effects of silver nanoparticles on germination, early seedling development and polar metabolite profile of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Int. J. Mol. Sci.*, 23(21), 13255. https://doi.org/10.3390/ijms232113255

21. Martínez-Dalmau, J., Berbel, J., & Ordóñez-Fernández, R. (2021). Nitrogen Fertilization. A Review of the Risks Associated with the Inefficiency of Its Use and Policy Responses. *Sustainability*, 13(10), 5625. https://doi.org/10.3390/su13105625

22. Mehrian, S. K., Heidari, R., & Rahmani, F. (2015). Effect of silver nanoparticles on free amino acids content and antioxidant defense system of tomato plants. *Eur. J. Plant Sci.*, 12(5), 825–838. https://doi.org/10.1007/s10876-015-0932-4

23. Murphy, J., & Riley, J. P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta*, 27, 31–36. https://doi.org/10.1016/S0003-2670(00)88444-5

24. Nadar, N. V., & Naqeeb, F. (2023). Plant mediated fabrication of silver nanoparticles, process optimization, and impact on tomato plant. *Sci. Rep.*, 13, 18048.

25. Negi, N. S., & Singh, M. C. (2023). An image analysis based system (ImageJ) for determination of leaf area in seven chrysanthemum varieties. *The Pharma Innovation J.*, 12, 2275–2281. https://www.thepharmajournal.com/

26. Prasad, T. N. V. K. V., Adam, S., Visweswara Rao, P., Ravindra Reddy, B., & Giridhara Krishna, T. (2017). Size dependent effects of antifungal phytogenic silver nanoparticles on germination, growth and biochemical parameters of rice (*Oryza sativa* L), maize (*Zea mays* L) and peanut (*Arachis hypogaea* L). *IET Nanobiotechnol.*, 11(3), 277–285. https://doi.org/10.1049/iet-nbt.2015.0122

27. Sadak, M. S. (2019). Impact of silver nanoparticles on plant growth, some biochemical aspects, and yield of fenugreek plant (*Trigonella foenum-graecum*). *Bull. Natl. Res. Cent.*, 43, 38. https://doi.org/10.1186/s42269-019-0077-y

28. Sade, N., Gebretsadik, M., Seligmann, R., Schwartz, A., & Moshelion, M. (2010). The role of tobacco aquaporin1 in improving water use efficiency, hydraulic conductivity, and yield production under salt stress. *Plant Physiol.*, 152(1), 245–254. https://doi.org/10.1104/pp.109.145854

29. Salama, H. M. H. (2012). Effects of silver nanoparticles in some crop plants, common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and corn (*Zea mays* L.). *J. Biol. Sci. Innov. Res.*, 3(10), 190–197. https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133085425

30. Shahraki, S. H., Ahmadi, T., & Jamali, B. (2024). The biochemical and growth-associated traits of basil (*Ocimum basilicum* L.) affected by silver nanoparticles and silver. *BMC Plant Biol.*, 24, 92. https://doi.org/10.1186/s12870-024-04770-w

31. Siddiqi, K. S., & Husen, A. (2022). Plant response to silver nanoparticles: A critical review. *Crit. Rev. Biotechnol.*, 42(7), 773–990. https://doi.org/10.1080/07388551.2021.1975091

32. Singhal, A., Baweja, P., Gupta, S., Chopra, H., & Gandhi, P. B. (2023). Biogenesis of nanoparticles using microorganisms: A Review. *Plant Sci. Today*. https://doi.org/10.14719/pst.2373

33. Soliman, M. M., Soliman, M. M., Qari, S. H., Abu-silver Elsaoud, A. M., El-Esawi, M. A., Alhaithloul, H. A. S., & Elkelish, A. (2020). Rapid green synthesis of nanoparticles from blue gum augment growth and performance of maize, fenugreek, and onion by modulating plants cellular antioxidant machinery and genes expression. *Acta Physiol. Plant.*, 42(9), 170. https://doi.org/10.1007/S11738-020-02179-5

34. Tang, Q., Qian, Y., Yang, D., Qiu, X., Qin, Y., & Zhou, M. (2020). Lignin-Based Nanoparticles: A Review on Their Preparations and Applications. *Polymers*, 12(11), 2471. https://doi.org/10.3390/polym12112471

35. Vargas, S. Z., Granados-Olvera, J. A., Rangel-Ruíz, K. L., & Perez-Gutierrez, E. (2024). Evaluation of the effects of the use of silver nanoparticles as growth promoters of corn (*Zea mays*) and barley (*Hordeum vulgare*). *J. Agrar. Nat. Resour. Econ.*, 14(8). https://doi.org/10.35429/janre.2024.8.14.

36. Wang, L., Sun, J., Lin, L., Fu, Y., Alenius, H., Lindsey, K., & Chen, C. (2020). Silver nanoparticles regulate *Arabidopsis* root growth by concentration-dependent modification of reactive oxygen species accumulation and cell division. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 190, 110072. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.110072

37. Zuverza-Mena, N., Martínez-Fernández, D., Du, W., Hernandez-Viezcas, J. A., Bonilla-Bird, N., López-Moreno, M. L., Komárek, M., Peralta-Videa, J. R., & Gardea-Torresdey, J. L. (2017). Exposure of engineered nanomaterials to plants: Insights into the

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الواحد والثلاثون
٢٠٢٥م /١٤٤٧هـ

physiological and biochemical responses-A review. *Plant Physiol. Biochem.*, 110, 236–264. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.05.037

مجلة العلوم الاساسية
للعلوم التربوية والنفسية وطرائق التدريس للعلوم الاساسية