مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٩) العدد (١٣) ٢٠٢٥
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (9) No. (13) 2025

فعالية المعاملة بجسيمات الزنك النانوية المحضّرة بطرائق مختلفة في تشكّل العقد الآزوتية ومحتوى البذور من البروتين والجدوى الاقتصادية لصنفين من الفول العادي

د. لينا ممدوح النداف*

أ.د. أحمد علي مهنا**

م. علي عبد الحميد صالح***

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٥/١٠/١ . قُبِل للنشر في ٢٠٢٥/١١/٣)

□ ملخّص □

تم إجراء هذا البحث في ريف منطقة صافيتا التابعة لمحافظة طرطوس خلال الموسمين الزراعيين ٢٠٢١/٢٠٢٢ و٢٠٢٢/٢٠٢٣ وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (R.C.B.D) بنظام القطع المنشقة بثلاثة مكررات لكل معاملة، حيث تضمنت التجربة أربع معاملات مختلفة بأوكسيد الزنك النانوي، معاملتين بنقع بذور الفول بجسيمات الزنك النانوية المحضرة بيولوجياً وكيميائياً تركيز 25 ppm، ومعاملتين بالرش الورقي بالجسيمات المحضرة بيولوجياً وكيميائياً بتركيز 50 ppm خلال ثلاث مراحل من نمو النبات بالإضافة للشاهد غير المعامل.

بيّنت النتائج تفوق نباتات الصنف القبرصي المرشوشة بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً في صفتي عدد العقد الآزوتية (٧٩,٢ عقدة/النبات) والغلة البيولوجية (٦٢٥٠ كغ/هكتار)، بينما أظهرت نباتات الصنف حماه٢ المرشوشة بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً تفوقاً في صفة وزن وحجم العقد الآزوتية (٢,٧٤ غ، ٢,٨٨ سم^{٣}) على التوالي، وحققت نباتات الصنف حماه٢ المعاملة بنقع البذور بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً أعلى قيمة لصفة المحتوى البروتيني في البذور بلغت (٢٦,٢٤%). حققت معاملة نقع البذور بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً أعلى قيمة للجدوى الاقتصادية بلغت (١٩٩,٤%).

الكلمات المفتاحية: أوكسيد الزنك النانوي ZnONPs– الفول – نقع البذور– الرش الورقي– الجدوى الاقتصادية.

* دكتور. قسم المحاصيل الحقلية. كلية الهندسة الزراعية. جامعة حمص. سورية

** أستاذ دكتور. قسم المحاصيل الحقلية. كلية الهندسة الزراعية. جامعة حمص. سورية

***طالب دكتوراه. قسم المحاصيل الحقلية. كلية الهندسة الزراعية. جامعة حمص. سورية

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٩) العدد (١٣) ٢٠٢٥
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (9) No. (13) 2025

The Effectiveness of Treatment with Zinc Nanoparticles Synthesized by Various Methods on Nodulation, Seeds Content of Protein and Economic Feasibility in Two Varieties of Faba Bean

Dr. Lina Mamdoh Alnaddaf*

Prof. Dr. Ahmad Ali Mouhna**

Ali Abdulhamid Saleh***

(Received 1/10/2025 . Accepted 3/11/2025)

□ ABSTRACT □

This research was conducted in the countryside of Safita area, Tartous Governorate during the two agricultural seasons 2021/2022 and 2022/2023 according to a randomized complete block design (R.C.B.D) with a split plot system with three replicates for each treatment. The experiment included four different treatments with zinc oxide nanoparticles. Two treatments by soaking the seeds with biologically and chemically synthesized zinc nanoparticles at a concentration of 25ppm, and two treatments by foliar spraying with biologically and chemically synthesized particles at a concentration of 50ppm, during three stages of plant growth in addition to the control.

The results showed the Cypriot variety plants sprayed with biologically synthesized nano zinc outperformed number of nitrogenous nodules (79.2 node/plant) and biological yield (6250 kg/ha). The plants of Hama2 variety sprayed by chemically synthesized nanoparticles showed superiority in the weight and size of nitrogenous nodules (2.74 g, 2.88 cm^3) respectively. Hama2 plants treated by soaking seeds with chemically synthesized nanoparticles achieved the highest value for the protein content in seeds, reaching (26.24 %). The highest value of economic feasibility achieved with the treatment by soaking seeds with biosynthesized nanoparticles, reaching (199.4 %).

Key Words: Zinc oxide nanoparticles (ZnONPs) - Faba beans - Seeds Soaking - Foliar Spraying - Economic Feasibility.

* Dr. Dep. Field crops. Faculty of Agriculture. Homs University. Syria.

** Prof. Dr. Dep. Field crops. Faculty of Agriculture. Homs University. Syria.

*** PhD student. Dep. Field crops. Faculty of Agriculture. Homs University. Syria.

١- المقدمة:

يعد الفول محصولاً مهماً من الناحية البيئية والتغذوية والاقتصادية (Xiao *et al.*, 2021)، ويساهم الفول في استدامة أنظمة الزراعة من خلال قدرته على إمداد النظام الزراعي بالآزوت بعملية التثبيت الحيوي مما يجعله مثالي للدمج في تقنيات الزراعة الفعالة من حيث التكلفة (Jensen *et al.*, 2010).

لقد أدت الآثار الاقتصادية والبيئية والصحية المرتبطة بإنتاج واستهلاك المنتجات الحيوانية إلى زيادة البحث والاهتمام العام بالأنظمة الغذائية المستدامة والتي تشمل استكشاف بدائل للأنظمة الغذائية القائمة على الحيوانات، وقد أثّر ذلك على استخدام الفول كغذاء غني بالبروتين وشجّع على الانتقال من البروتينات الحيوانية إلى أنظمة غذائية مستدامة تركز على زيادة استهلاك البروتينات النباتية (Kavyashree *et al.*, 2025).

يوجد أكثر من ٨٠ نوع من الفول منتشر حول العالم، ويزرع محصول الفول على نطاق واسع من قبل المزارعين نظراً لغلته العالية وإمكانية تخزينه لفترات طويلة وسهولة نقله (Sathya and Devi, 2018)، ويتميز الفول بغناه بالعناصر الغذائية فهو يحتوي على ضعف المحتوى البروتيني تقريباً لمحاصيل الحبوب متضمناً الغلوبيولين (٦٠ %) والألبومين (٢٠ %) والغلوتين (١٥ %) والبرولامين (٨ %)، ويساوي محتوى البروتين في الفول ما هو موجود في اللحوم والأسماك ولذلك عُرف شعبياً باسم "لحم الفقراء"، ويتم استخدامه لتعزيز محتوى البروتين في السلع الغذائية المختلفة مثل الخبز والبسكويت (Dhull *et al.*, 2022).

يحتوي الفول أيضاً على العديد من المركبات النشطة حيوياً مثل الفينولات والفلافونيدات مع نشاط واضح مضاد للأكسدة الأمر الذي يجعلها تُقلل من معدل الإصابة بأمراض السرطان وأمراض القلب والأمراض العصبية التنكسية، وأثبتت التجارب المخبرية إلى أن للفول نشاطاً مضاداً لمرض السكري يعود إلى نشاطه المضاد للجذور الحرة، مما يساهم في تجديد خلايا بيتا في البنكرياس ويقي من تأثير مركب الستربتوزوتوسين السام للخلايا والذي يعد المفتاح للسيطرة على المرض (Sathya and Devi, 2018).

تؤدي تقنية النانو دوراً مهماً في زيادة الإنتاج وتحسين نوعية الغذاء المنتج من قبل المزارعين، وقد أثبتت مكانتها في العلوم الزراعية والصناعات ذات الصلة بوصفها تكنولوجيا متعددة التخصصات ورائدة في حل المشكلات (Mousavi and Rezaei, 2011)، كما تُعد الأداة التي تساعد في حل التحديات التي تواجه المزارعين في إدارة تقنيات المحاصيل من خلال الحصول على محاصيل ذات إنتاجية عالية مع التقليل من استعمال المواد الكيميائية الاصطناعية (Prasad *et al.*, 2014; Kumar, 2013).

يمكن للأسمدة النانوية أن تحسن كفاءة السماد، الغلة، والنوعية، كما تحسن من مقاومة النبات للجفاف بزيادة محتوى الكلوروفيل Ch_b، اللبيدات، الأحماض الأمينية، والبروتينات، كما أفادت العديد من الدراسات بأن تطبيق المواد النانوية يعزز مقاومة النبات للعجز المائي من خلال تعزيز النمو وتنشيط الإنزيمات المضادة للأكسدة (Sheta *et al.*, 2025).

إن الجسيمات النانوية الأكثر استخداماً في الزراعة هي أكسيد الزنك والفضة والذهب وأكسيد النحاس وثاني أكسيد التيتانيوم والسيليكا وأكسيد الألومنيوم والأنابيب النانوية الكربونية والحديد والجرافين (Deka, 2019).

أشار (Hosseini and Eghtedari, 2012) إلى أن الإنتاج العالمي من مصادر دقائق النانو بلغ ١٠٣ طن في عام ٢٠٠٤ وهو في زيادة سنوية مستمرة ويمكن أن يؤدي دوراً مهماً في التنمية الاقتصادية للبلدان النامية في المجال الزراعي.

يؤدي الزنك دوراً أساسياً في تصنيع البروتين والعديد من الهرمونات النباتية، ومقاومة النبات ضد الأمراض، وتحسين مستوى الإنزيمات المضادة للأكسدة ومستوى الكلوروفيل داخل الأنسجة النباتية (Rudani *et al.*, 2018)، وللزنك دور هام في استقلاب الدهون والتعبير الجيني من خلال مشاركته في عمليات تضاعف الحمض النووي (DNA) (Kaur *et al.*, 2024)، كما له دور في نمو العقد الآزوتية وزيادة حجمها ووزنها، ويشارك الزنك مع بقية العناصر الصغرى بشكل مباشر في عملية التثبيت الحيوي للآزوت الجوي من خلال تنشيط إنزيم النتروجيناز (Salamah *et al.*, 2015).

في دراسة قام بها (Bashandy *et al.*, 2024) لتقييم تأثير جسيمات أوكسيد الزنك النانوية تركيز 50 ppm ومستخلص الأعشاب البحرية والتلقيح الميكروبي بالرايزوبيوم على تكون العقد الجذرية والغلة في الفول، بيّنت النتائج أن كل المعاملات سواء كانت بشكل فردي أو مدمج كان لها أثر معنوي على صفات النبات، ووجد أن المعاملات المدمجة كانت أكثر فعالية من المعاملات الفردية وذلك بمعاملة ثلاثية (جسيمات أوكسيد الزنك النانوية + تلقيح ميكروبي + مستخلص الأعشاب البحرية) التي أظهرت التحسن الأكبر في تكون العقد (عدد العقد الجذرية/النبات ووزنها الجاف (بالميليغرام) والغلة ونوعية البذور لنباتات الفول، وسجّلت المعاملة بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية بشكل مفرد زيادة معنوية في عدد العقد الجذرية على النبات ووزن العقد الجاف بلغت (١٦,٨ عقدة/النبات، ٨٥,٨ ملغ) مقارنة بالشاهد (دون معاملة) الذي سجّل (١٤,٥ عقدة/النبات، ٨٢,٤ ملغ) على التوالي.

في دراسة قام بها (Srinivasan *et al.*, 2017) لتقييم تأثير كل من جسيمات أوكسيد النحاس وأوكسيد الزنك النانوية على نمو نبات اللوبياء، أشارت النتائج إلى أن نقع البذور بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية أدت إلى زيادة في عدد العقد الجذرية على النبات وطول الجذر والغلة من البذور كما أدت إلى تحسين الإنبات وقوة النمو.

أظهرت نتائج دراسة قام بها (Ghidan *et al.*, 2020) تأثير إيجابي لجسيمات أوكسيد الزنك النانوية وتركيز عالي من جسيمات الكبريت النانوية كأسمدة نانوية على الفول، فقد حقق التركيز 50 ppm من الزنك و٢٠٠ ppm كبريت زيادة معنوية في إنتاجية نبات الفول (غ/النبات) والنسبة الأعلى من النتروجين والبروتين في بذور الفول مقارنة مع بقية المعاملات، تبعه التركيز كبريت 100 ppm، كبريت 50 ppm ومن ثم الشاهد.

وجد (Ragab *et al.*, 2022) أن الرش الورقي بمستخلص أوراق المورينغا (٥٠ مل/ل) وجسيمات أوكسيد الزنك النانوية (٥٠ ملغ/ل) على الفول المزروع تحت ظروف الإجهاد الملحي حفّز مؤشرات النمو وهي (طول الساق، عدد الأوراق، محتوى الماء النسبي، الوزن الرطب والجاف للجذور والبراعم)، صبغات التمثيل الضوئي (الكلورفيل Ch_a, Ch_b والكلوروفيل الكلي والكاروتينات الكلية)، البرولين، العناصر المعدنية (Na^+,k^+,Ca^{+2},Zn^{+2})، النشاط الأنزيمي والفينول الكلي مقارنة بنباتات الشاهد.

في دراسة أجراها (Hasan *et al.*, 2023) لتأثير جسيمات الزنك النانوية في النمو والغلة لثلاثة طرز وراثية من الفول (محلي، تركي، إسباني) وذلك باستخدام الرش بتركيزين (٠,٥، ١ غ/ل) من الجسيمات النانوية، تفوقت المعاملة بالتركيز ٠,٥ غ/ل معنوياً في صفات ارتفاع النبات (١٢١,٨ سم) ووزن المئة بذرة (١٤١,٢٣

غ) والغلة البيولوجية (٣٢٥,٤٦ غ/النبات) مقارنة بالشاهد الذي سجّل (١٠٤,٣ سم، ١٢٥,١٤ غ، ٢١١,٥٦ غ/النبات) لهذه الصفات على التوالي، في حين تفوقت المعاملة بالتركيز ١ غ/ل في صفات عدد الأفرع على النبات (١٢,٥٩ فرع/النبات) ودليل الكلوروفيل (٤٠,٩٣ SPAD) وعدد القرون على النبات (٢٩,٨٩ قرن/النبات) وعدد البذور في القرن (٥,٤٧ بذرة/القرن) والغلة البذرية على النبات (١٤٤,١٦ غ/النبات)، في حين كانت قيم الشاهد لهذه الصفات على التوالي (١٠,٩٩ فرع/النبات، ٣٧,٨٤ SPAD، ٢٧,١٩ قرن/النبات، ٤,٨١ بذرة/القرن، ٩٧,٥٣ غ/النبات).

٢- أهمية البحث وأهدافه:

نظراً لأهمية محصول الفول واحتلاله المرتبة الثالثة من حيث المساحة المزروعة بعد العدس والحمص كمصدر غذائي هام غني بالبروتين لشريحة واسعة من السكان في سورية في ظل ارتفاع أسعار مصادر البروتين الحيواني بأنواعها، كان من الأهمية بمكان العمل على تحسين إنتاجيته من خلال البحث وتقصّي كل الأساليب والتقنيات الحديثة في الزراعة بما فيها تقانة النانو والأسمدة النانوية التي تتمتع بإمكانات كبيرة لتحقيق الزراعة المستدامة وتلبية الحاجة المتزايدة لسد النقص الناجم عن العديد من المشاكل التي يعاني منها المحصول في سورية، ومنها ارتفاع نسبة الأزهار والقرون المتساقطة وفشل المبايض في إنتاج البذور، مما أدى إلى انخفاض كبير في إنتاجية المحصول وهذا ما أظهرته البيانات الإحصائية من انخفاض للإنتاجية في وحدة المساحة خلال السنوات الأخيرة، فقد انخفضت الإنتاجية من حوالي ٢ طن/هكتار في عام ٢٠١٥ إلى ما يقارب ١,٤٥ طن/هكتار في عام ٢٠٢٣ (المجموعة الإحصائية الزراعية، ٢٠٢٣).

وكان الهدف من الدراسة ما يلي:

١- دراسة تأثير جسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة بيولوجياً وكيميائياً في تشكّل العقد الآزوتية والغلة البيولوجية ومحتوى البذور من البروتين لصنفين من الفول العادي مزروعين في سورية.

٢- دراسة الجدوى الاقتصادية للتجربة المطبقة.

٣- مواد البحث وطرائقه:

٣-١- المادة النباتية:

تم تنفيذ البحث باستخدام صنفين من الفول مزروعين في سورية هما: قبرصي، وحماه٢

٣-٢- مكان تنفيذ البحث:

نُفذ البحث في قرية سنديانة اوبين الواقعة في ريف صافيتا الشرقي في محافظة طرطوس على ارتفاع ٤٨٨ م عن مستوى سطح البحر، وتتمتع بمناخ معتدل.

٣-٣- تحضير الأرض للزراعة وتصميم التجربة:

تم إجراء تحليل لتربة الموقع كما هو موضح في الجدول (١)، وتحديد احتياجات التربة من العناصر الغذائية والمعدنية الضرورية لنمو النبات. تم إضافة السماد العضوي (بقري) بالإضافة إلى التسميد بالعناصر الكبرى (N,P,K)

حسب توصيات وزارة الزراعة.

الجدول (١) الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة موقع الزراعة

H	C	آزوت N%	كربونات كالسيوم $CaCO_3$	كلس فعال %	مادة عضوية %	ppm		التحليل الميكانيكي		
						بوتاس K	فوسفور P	رمل %	طين %	سلت %
٧,١٢	٠,٣٥	٠,٠٩٦	آثار	آثار	١,٧١	١٣٨,٦٨	٧,٦٩	٤٦	٣٢	٢٢

تم حراثة التربة مرتين بشكل متعامد، وتنظيفها من الحجارة والحشائش، وتمت الزراعة خلال الموسمين الزراعيين ٢٠٢١-٢٠٢٢/٢٠٢٢-٢٠٢٣ بتصميم القطاعات العشوائية الكاملة (R.C.B.D) بنظام القطع المنشقة وبثلاثة مكررات لكل معاملة، حيث خصصت القطع الأولية للمعاملات بأوكسيد الزنك النانوي المحضر بيولوجياً وكيميائياً، معاملتين لنقع البذور تركيز 25 pmm، معاملتين للرش الورقي تركيز 50 ppm بالإضافة للشاهد، والقطع الثانوية للأصناف المستخدمة في الدراسة (قبرصي-حماه٢)، كانت أبعاد القطع التجريبية (٢×٣)م، حوت على خمسة خطوط، المسافة بين الخط والخط ٤٠ سم والمسافة بين البذور داخل الخط ٢٥ سم.

٤-٣- تحضير البذور للزراعة:

تم نقع بذور كلا الصنفين قبل الزراعة بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة بيولوجياً حسب (Saleh *et al.*, 2025) بأبعاد ٣٧ نانو متر، وجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة كيميائياً بأبعاد تتراوح من ٥-١٠ نانومتر والتي تم الحصول عليها من الهيئة العامة للبحوث العلمية بدمشق بتركيز 25 ppm لمدة ساعة واحدة، وباقي البذور تم نقعها بالماء المقطر.

٥-٣- إجراء عمليات الخدمة الزراعية والرش بأوكسيد الزنك النانوي:

تم مراقبة إنبات بذور الفول ونمو البادرات ومتابعة مراحل النمو والتطور المختلفة، حيث نُفذت عمليات الخدمة الزراعية من تعشيب ومكافحة وذلك اعتماداً على مياه الأمطار، والري عند الحاجة، ورُشت نباتات الفول لكلا الصنفين بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية تركيز 50 ppm في مراحل النمو الخضري (٤٠ يوماً بدءاً من الزراعة)، الإزهار (٧٧ يوماً بدءاً من الزراعة)، وتشكل القرون (٩٧ يوماً بدءاً من الزراعة).

٦-٣- المؤشرات المدروسة:

تم دراسة المؤشرات الآتية:

-عدد ووزن وحجم العقد الآزوتية Number, weight and size of nitrogenous nodes:

يقصد بها العقد المتشكلة على المجموع الجذري لنبات الفول، وقد تم أخذ عشرة نباتات من كل مكرر وقلعها من التربة بعد ريها جيداً بالماء، ثم تمت إزالة التراب العالق بالجذور وتحديد عدد العقد الآزوتية المتشكلة ومن ثم تم وزنها بميزان حساس، وبعدها وضعت في سلندر مدرج يحوي ماء لحساب حجمها وذلك في طور الإزهار لنبات الفول (Tikhanov, 1979).

-الغلة البيولوجية Biological yield (كغ/هـ):

تم تقديرها عن طريق قلع عشرة نباتات في مرحلة النضج من كل قطعة تجريبية ثم تنظيفها من التراب وتجفيفها هوائياً لمدة عشرة أيام ثم وزنها على ميزان حساس وتحويل الوزن إلى كغ/هكتار.

-**المحتوى البروتيني Protein content**:

تم تقدير المحتوى البروتيني في بذور الفول الجافة عن طريق أخذ عينات بذرية من كل مكرر بعدة مرات، ومن ثم حُسبت النسبة المئوية للبروتين وفق طريقة كلداهل (Goyal *et al.*, 2022).

-**الجدوى الاقتصادية Economic feasibility**:

بعد جني المحصول ومعرفة قيمة منتجاته البذرية (وحدة نقدية/هكتار)، وحساب النفقات الكلية (المصاريف) منذ الزراعة حتى الحصاد مقدرة بـ (وحدة نقدية/هكتار)، تم حساب الدخل الصافي (وحدة نقدية/هكتار) الناتج من هذا المحصول البذري وذلك باستخدام المعادلة الآتية (Tikhanov, 1979):

الدخل الصافي(الربح)= قيمة المنتجات – النفقات الكلية

ومن ثم مستوى الثبات الاقتصادي لقطع التجربة مقدراً كنسبة مئوية حسب المعادلة:

الجدوى الاقتصادية = الدخل الصافي/النفقات الكلية × ١٠٠

٧-٣- التحليل الإحصائي Statistical analysis:

تم إجراء التحليل الإحصائي باستخدام برنامج Genstat 12 ودراسة الفروق المعنوية بين المعاملات وحساب قيمة أقل فرق معنوي (L.S.D) عند مستوى معنوية ٥% للمؤشرات الحقلية و١% للمؤشرات المخبرية.

٤- النتائج والمناقشة:

٤-١- عدد العقد الآزوتية (عقدة/النبات):

بيّنت نتائج التحليل الإحصائي الموضحة في الجدول (2) وجود فروق معنوية بين المعاملات بأوكسيد الزنك النانوي والشاهد (غير المعامل)، فقد سُجلّت القيم (٧٧، ٧٣,٥، ٧٣,٣٥ عقدة/النبات) لكل من معاملة الرش الورقي بأوكسيد الزنك النانوي المحضر بيولوجياً ومعاملتي نقع البذور بأوكسيد الزنك النانوي المحضر كيميائياً والمحضر بيولوجياً على التوالي، متفوقين بذلك على معاملة الرش الورقي بأوكسيد الزنك النانوي المحضر كيميائياً الذي سجّل متوسط قدره (٦٣,٠٥ عقدة/النبات) والتي تفوقت بدورها أيضاً على الشاهد الذي سجّل أدنى متوسط قدره (٤٧,٦٥ عقدة/النبات)، ويعود ذلك إلى الدور الذي يؤديه الزنك في تنشيط بكتريا العقد الجذرية من خلال تحفيزه لعمل أنزيم النتروجيناز (Salamah *et al.*, 2015)، كما يمكن أن يكون لزيادة نمو المجموع الجذري وزيادة طول الجذر دوراً في زيادة عدد العقد الموجودة على الجذور الناجمة عن التحسن في مؤشرات النمو الخضري للنباتات المعاملة بالجسيمات النانوية (Saleh *et al.*, ٢٠٢٥)، جاءت هذه النتيجة متوافقة مع ما وجده (Bahanday *et al.*, 2024; Srinivasan *et al.*, 2017).

(الجدول :) 2 تأثير نقع البذور والرش الورقي بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية في صفة عدد العقد الآزوتية بالمتوسط للموسمين المدروسين(عقدة/النبات)

المعاملة بالجسيمات النانوية	الصنف		متوسط المعاملات
	قبرصي	حماه٢	
الشاهد (دون معاملة)	49.50 de	45.80 e	47.65 c
النقع بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً	73.20 abc	73.50 abc	73.35 a
النقع بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً	68.30 abc	78.70 a	73.50 a
الرش بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً	79.20 a	74.80 ab	77.00 a
الرش بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً	64.80 bc	61.30 cd	63.05 b
متوسط الصنفين	67.00 a	66.82 a	
$LSD_{0.05}$	المعاملات	الصنفين	المعاملات*الصنفين
	8.850	5.600	12.510
% C.V	11		

إن الأحرف المتشابهة ضمن الجدول دليل عدم وجود فروق معنوية.

لم يكن هناك فروق معنوية بين الصنفين المدروسين في متوسط هذه الصفة فقد سجّل كل من الصنف القبرصي وحماه٢ متوسط قدره (٦٧، ٦٦,٨٢ عقدة/النبات) على التوالي، من جهة أخرى كان للتفاعل بين المعاملات بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية والصنفين المدروسين أثر معنوي على هذه الصفة فقد سجّلت نباتات الصنف القبرصي المرشوشة بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة بيولوجياً أعلى قيمة قدرها (٧٩,٢ عقدة/النبات)، في حين سجّلت نباتات الصنف حماه٢ للشاهد (غير المعامل) أدنى قيمة لهذه الصفة بلغت (٤٥,٨٠ عقدة/النبات).

٢-٤- وزن العقد الآزوتية (غ/النبات):

يبيّن الجدول رقم (٣) وجود فروق معنوية بين متوسطات المعاملات المدروسة مقارنة بالشاهد (غير المعامل) في صفة وزن العقد الآزوتية، فقد سجّلت معاملة الرش الورقي بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة كيميائياً أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ (٢,٣٨ غ/النبات)، تلتها كل من معاملتي الرش الورقي بالجسيمات النانوية المحضرة بيولوجياً ونقع البذور بالجسيمات النانوية المحضرة كيميائياً بمتوسط (٢,٣٢ غ/النبات) ومن ثم معاملة نقع البذور بالجسيمات النانوية المحضرة بيولوجياً بمتوسط (٢,١٣ غ/النبات) وبفرق معنوي عن الشاهد (غير المعامل) الذي سجّل أدنى متوسط قدره (١,١٠ غ/النبات)، ويمكن أن يعود ذلك إلى تعزيز وصول المغذيات إلى العقد نتيجة تحسّن مؤشرات النمو للنبات كما أن زيادة عدد العقد على جذور النبات الواحد أدى بالنتيجة إلى زيادة وزنها، توافقت هذه النتيجة مع النتيجة التي حصل عليها (Bashanday *et al.*, 2024).

الجدول (٣): تأثير نقع البذور والرش الورقي بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية في صفة وزن العقد الآزوتية على النبات بالمتوسط

المعاملة بالجسيمات النانوية	الصنف		متوسط المعاملات
	قبرصي	حماه٢	
الشاهد (دون معاملة)	1.15 ^{d}	1.04 ^{d}	1.10 ^{b}
النقع بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً	2.20 ^{abc}	2.06 ^{bc}	2.13 ^{a}
النقع بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً	2.31 ^{abc}	2.32 ^{abc}	2.32 ^{a}
الرش بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً	2.03 ^{bc}	2.60 ^{ab}	2.32 ^{a}
الرش بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً	2.01 ^{c}	2.74 ^{a}	2.38 ^{a}
متوسط الصنفين	1.94 ^{a}	2.15 ^{a}	
$LSD_{0.05}$	المعاملات	الصنفين	المعاملات*الصنفين
	0.408	0.258	0.577
% C.V	16.5		

إن الأحرف المتشابهة ضمن الجدول دليل عدم وجود فروق معنوية.

لم يكن هناك فرق معنوي بين متوسطي الصنفين المدروسين في هذه الصفة فقد بلغا (٢,١٥، ١,٩٤ غ/النبات) لكل من الصنف حماه٢ والقبرصي على التوالي، كان للتفاعل بين العوامل المدروسة أثر معنوي على هذه الصفة فقد سجّلت نباتات الصنف حماه٢ المرشوشة بجسيمات أوكسيد الزنك المحضرة كيميائياً أعلى قيمة بلغت (٢,٧٤ غ/النبات)، بينما سجّلت نباتات هذا الصنف للشاهد غير المعامل أدنى قيمة بلغت (١,٠٤ غ/النبات).

٣-٤- حجم العقد الآزوتية (سم^{٣}/النبات):

أظهرت النتائج فروقاً معنوية بين المعاملات بأوكسيد الزنك النانوي مقارنة بالشاهد في متوسط هذه الصفة، فقد تفوقت كل من معاملتي نقع البذور والرش الورقي بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة كيميائياً بقيم بلغت (٢,٦٧، ٢,٦٤ سم^{٣}/النبات) على التوالي تلتها معاملتي الرش الورقي ونقع البذور بالجسيمات النانوية المحضرة بيولوجياً التي سجّلت (٢,٥٠، ٢,٤٣ سم^{٣}/النبات) على التوالي، في حين سجّل الشاهد (دون معاملة) أدنى قيمة قدرها (١,٤٢ سم^{٣}/النبات)، وقد تعود تلك الزيادة في حجم العقد إلى الزيادة الحاصلة في مؤشرات العقد الجذرية مثل عدد العقد ووزنها بفضل الدور المحفز الذي يؤديه الزنك في تشكيل العقد ونموها (Kaur *et al.*, 2024) وبالتالي زيادة حجمها النهائي، اتفقت هذه النتيجة مع (Srinivasan *et al.*, 2017) الذي وجد تحسّن في مؤشرات العقد الجذرية على نبات اللوبياء عند المعاملة بالجسيمات النانوية.

الجدول (٤): تأثير نقع البذور والرش الورقي بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية في صفة حجم العقد الآزوتية على النبات بالمتوسط للموسمين المدروسين (سم^3/النبات)

المعاملة بالجسيمات النانوية	الصنف		متوسط المعاملات
	قبرصي	حماه٢	
الشاهد (دون معاملة)	1.47 ^{c}	1.37 ^{c}	1.42 ^{b}
النقع بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً	2.53 ^{ab}	2.32 ^{ab}	2.43 ^{a}
النقع بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً	2.69 ^{ab}	2.65 ^{ab}	2.67 ^{a}
الرش بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً	2.18 ^{b}	2.82 ^{a}	2.50 ^{a}
الرش بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً	2.40 ^{ab}	2.88 ^{a}	2.64 ^{a}
متوسط الصنفين	2.25 ^{a}	2.41 ^{a}	
$LSD_{0.05}$	المعاملات	الصنفين	المعاملات*الصنفين
	0.437	0.276	0.618
% C.V	15.6		

إن الأحرف المتشابهة ضمن الجدول دليل عدم وجود فروق معنوية.

لم يكن الفرق معنوياً بين متوسطي الصنفين المدروسين بمتوسطات بلغت (٢,٤١، ٢,٢٥ سم^3/النبات) لكل من الصنف حماه٢ والقبرصي على التوالي، بينما كان التفاعل بين العوامل المدروسة أُثر معنوي على هذه الصفة فقد سجّلت نباتات الصنف حماه٢ المرشوشة بجسيمات أوكسيد الزنك المحضرة كيميائياً أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ (٢,٨٨ سم^3/النبات)، في حين سجّلت نباتات هذا الصنف دون معاملة (الشاهد) أدنى متوسط بلغ (١,٣٧ سم^3/النبات).

٤-٤- الغلة البيولوجية (كغ/هكتار):

أوضحت النتائج المبينة في الجدول (٥) تفوق معاملتي نقع البذور بجسيمات الزنك النانوية المحضرة بيولوجياً وكيميائياً بقيم بلغت (٥٩٦٥,٥، ٥٧٠٦ كغ/هـ) لكل منها على التوالي وبفارق معنوي عن الشاهد (دون معاملة) الذي سجّل (٥١٢١ كغ/هـ)، وسجّلت معاملتي الرش الورقي بالجسيمات النانوية المحضرة بيولوجياً وكيميائياً متوسطين بلغا (٥٦٤٢، ٥٤٥٧ كغ/هـ) دون فارق معنوي عن الشاهد، وقد تعود هذه الزيادة المعنوية في معاملات نقع البذور إلى تفوقها في صفتي مساحة المسطح الورقي ووزن المئة بذرة (Saleh *et al.*, 2025)، انسجمت هذه النتيجة مع ما وجده (Hasan *et al.*, 2023).

كما بيّنت النتائج وجود فرق معنوي بين متوسطي الصنفين المدروسين، فقد تفوق الصنف القبرصي بمتوسط بلغ (٥٨٤٢,٢ كغ/هـ) على الصنف حماه٢ الذي سجّل (٥٣١٤,٤ كغ/هـ)، وقد يعود ذلك إلى تفوق الصنف القبرصي في صفتي عدد القرون/النبات ووزن المئة بذرة (Saleh *et al.*, ٢٠٢٥) الأمر الذي أدى إلى زيادة التباين بينهما في متوسط صفة الغلة البيولوجية.

الجدول (٥): تأثير نقع البذور والرش الورقي بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية في صفة الغلة البيولوجية بالمتوسط للموسمين المدروسين (كغ/هـ)

المعاملة بالجسيمات النانوية	الصنف		متوسط المعاملات
	قبرصي	حماه٢	
الشاهد (دون معاملة)	5488.00 abc	4754.00 c	5121.00 b
النقع بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً	6121.00 a	5810.00 ab	5965.50 a
النقع بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً	5901.00 a	5511.00 abc	5706.00 a
الرش بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً	6250.00 a	5034.00 bc	5642.00 ab
الرش بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً	5451.00 abc	5463.00 abc	5457.00 ab
متوسط الصنفين	5842.20 a	5314.40 b	
$LSD_{0.05}$	المعاملات	الصنفين	المعاملات*الصنفين
	570.300	360.700	806.500
% C.V	8.5		

إن الأحرف المتشابهة ضمن الجدول دليل عدم وجود فروق معنوية.

كان هناك أثر معنوي للتفاعل بين عوامل الدراسة على متوسط هذه الصفة، فقد سجّلت نباتات الصنف القبرصي المرشوشة بجسيمات الزنك النانوية المحضرة بيولوجياً أعلى قيمة بلغت (٦٢٥٠ كغ/هـ)، بينما كانت أدنى قيمة سجلتها نباتات الصنف حماه٢ للشاهد (دون معاملة) بلغت (٤٧٥٤ كغ/هـ).

٥-٤- المحتوى البروتيني في البذور (%):

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي في الجدول (٦) وجود فروق معنوية بين المعاملات المدروسة والشاهد غير المعامل في متوسط صفة نسبة البروتين في البذور، فقد تفوقت معاملة نقع البذور بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة بيولوجياً على بقية المعاملات والشاهد مسجّلة أعلى متوسط بلغ (٢٥,٢٠ %)، كما سجّلت معاملة نقع البذور بالجسيمات النانوية المحضرة كيميائياً والرش الورقي بالجسيمات النانوية المحضرة بيولوجياً وكيميائياً زيادة في نسبة البروتين فقد بلغت (٢٤,٦٣، ٢٤,٢٣، ٢٣,٧٥ %) على التوالي وبفرق معنوي عن الشاهد الذي سجّل أدنى متوسط لهذه الصفة بلغ (٢١,٤١ %)، ويمكن أن تعزى هذه الزيادة في نسبة البروتين إلى الدور الأساسي الذي يؤديه الزنك في اصطناع البروتين داخل خلايا النبات، الأمر الذي أدّى إلى زيادة تراكمه داخل الخلايا كما يُلاحظ أن معاملتي نقع البذور كان لهما الأثر الأكبر على هذه الصفة ويمكن أن يعود ذلك إلى التأثير المبكر للزنك في المراحل الأولى من عمر النبات على عملية اصطناع البروتين داخل الخلايا مما جعل لمعاملة النقع الأثر الأكبر مقارنة بمعاملة الرش الورقي، وجاءت هذه النتيجة متناغمة مع ما وجده (Ghidan *et al.*, 2020).

الجدول (٦): تأثير نقع البذور والرش الورقي بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية في صفة المحتوى البروتيني في البذور بالمتوسط للموسمين المدروسين (%)

المعاملة بالجسيمات النانوية	الصنف		متوسط المعاملات
	قبرصي	حماه٢	
الشاهد (دون معاملة)	22.22 f	20.61 g	21.41 d
النقع بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً	24.79 b	25.60 a	25.20 a
النقع بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً	23.02 de	26.24 a	24.63 b
الرش بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً	25.76 a	22.70 ef	24.23 bc
الرش بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً	23.99 c	23.51 cd	23.75 c
متوسط الصنفين	23.96 a	23.73 a	
$LSD_{0.01}$	المعاملات	الصنفين	المعاملات*الصنفين
	0.497	0.314	0.703
% C.V	1.3		

إن الأحرف المتشابهة ضمن الجدول دليل عدم وجود فروق معنوية.

توضح النتائج أيضاً عدم وجود فرق معنوي بين متوسطي الصنفين المدروسين بالنسبة لهذه الصفة الذين سجّلا (٢٣,٩٦، ٢٣,٧٣ %) للصنف القبرصي وحماه٢ على التوالي.

كان للتداخل المزدوج لعوامل التجربة أثر معنوي على هذه الصفة فقد تفوقت نباتات الصنف حماه٢ التي نُقعت بذورها بجسيمات الزنك النانوية المحضرة كيميائياً وبيولوجياً بقيم عالية بلغت (٢٦,٢٤، ٢٥,٦٠ %)، وكذلك نباتات الصنف القبرصي المرشوشة بالجسيمات النانوية المحضرة بيولوجياً التي بلغت (٢٥,٧٦ %)، في حين سجّلت نباتات الصنف حماه٢ للشاهد غير المعامل أدنى قيمة لهذه الصفة بلغت (٢٠,٦١ %).

-الجدوى الاقتصادية:

بيّنت النتائج في الجدول (٨) وجود فرق معنوي بين الجدوى الاقتصادية للمعاملات المدروسة مقارنة بالشاهد (دون معاملة)، فقد بلغت (١٩٩,٤٠، ١٧٩,٣٥، ١٦٨,٤٥، ١٥٨,٧٥ %) لكل من معاملات نقع البذور بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة بيولوجياً وكيميائياً والرش الورقي بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة بيولوجياً وكيميائياً، بينما سجّل الشاهد (١٤٢,٩٥ %).

الجدول (٧): الإيرادت الكلية والنفقات للمعاملات المدروسة كمتوسط للموسمين المدروسين (ل.س)

المعاملة بالجسيمات النانوية		الصنف		متوسط المعاملات
		قبرصي	حماه٢	
الشاهد (دون معاملة)	الإيرادات الكلية	1370666٧	11758333	12732500
	النفقات	5275000	5200000	5237500
النقع بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً	الإيرادات الكلية	16235833	1517166٧	15703750
	النفقات	5282000	5206000	5244000
النقع بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً	الإيرادات الكلية	15230000	1408916٧	14659583
	النفقات	5284000	5208000	5246000
الرش بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً	الإيرادات الكلية	17568333	13262500	1541541٧
	النفقات	5775000	5700000	5737500
الرش بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً	الإيرادات الكلية	15268333	15282500	1527541٧
	النفقات	5942000	5867000	5904500
متوسط الصنفين	الإيرادات الكلية	15601833	13912833	
	النفقات	5511600	5436200	

كما أظهرت النتائج وجود فرق معنوي بين متوسطي الصنفين المدروسين، فقد سجّلت الجدوى الاقتصادية للصنف القبرصي قيمة بلغت (١٨٣,٣٢ %) مقارنة بالجدوى الاقتصادية للصنف حماه٢ التي بلغت (١٥٦,٢٤ %)، كان هناك تأثير معنوي للتداخل المزدوج بين الصنفين والمعاملات بأوكسيد الزنك النانوي، فقد سجّلت نباتات الصنف القبرصي المعاملة بنقع البذور والرش الورقي بالجسيمات النانوية المحضرة بيولوجياً أعلى قيم بلغت (٢٠٧,٤، ٢٠٤,٢ %) على التوالي، في حين سجّلت نباتات الصنف حماه٢ للشاهد (دون معاملة) أقل قيمة بلغت (١٢٦,١ %).

الجدول (٨): الجدوى الاقتصادية للمعاملات المدروسة كمتوسط للموسمين المدروسين (%)

المعاملة بالجسيمات النانوية	الصنف		متوسط المعاملات
	قبرصي	حماه٢	
الشاهد (دون معاملة)	159.8 ^{ab}	126.1 ^{b}	142.95 ^{b}
النقع بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً	207.4 ^{a}	191.4 ^{a}	199.40 ^{a}
النقع بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً	188.2 ^{a}	170.5 ^{ab}	179.35 ^{a}
الرش بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً	204.2 ^{a}	132.7 ^{b}	168.45 ^{a}
الرش بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً	157 ^{ab}	160.5 ^{ab}	158.75 ^{a}
متوسط الصنفين	183.32 ^{a}	156.24 ^{b}	
$LSD_{0.05}$	المعاملات	الصنفين	المعاملات*الصنفين

	36.02	22.78	50.94
% C.V			17.6

إن الأحرف المتشابهة ضمن الجدول دليل عدم وجود فروق معنوية

٥- الاستنتاجات:

يمكن أن نستنتج من الدراسة ما يلي:

١- تم الحصول على أعلى غلة بيولوجية من الفول العادي وأعلى محتوى بروتيني في البذور بالمتوسط للموسمين وللصنفين المدروسين عند المعاملة بنقع البذور بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة بيولوجياً تركيز ٢٥ ppm مقارنة مع الشاهد (دون معاملة).

٢- حقّقت معاملة نقع بذور الصنف حماه٢ بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة كيميائياً تركيز 25 ppm أعلى محتوى بروتيني في البذور.

٣- سجّلت نباتات الصنف القبرصي المرشوشة بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة بيولوجياً تركيز 50 ppm أعلى القيم في صفات الغلة البيولوجية وعدد العقد الآزوتية.

٤- أظهرت نباتات الصنف حماه٢ المرشوشة بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة كيميائياً تركيز 50 ppm تفوقاً في صفات وزن وحجم العقد الآزوتية.

٥- تفوق الصنف القبرصي على الصنف حماه٢ في صفة الغلة البيولوجية، ولم يكن بينهما فروق معنوية في باقي الصفات المدروسة.

٦- أظهرت معاملة نقع البذور بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة بيولوجياً بالمتوسط للموسمين المدروسين أعلى جدوى اقتصادية للمحصول بلغت (١٩٩,٤ %).

٦- التوصيات:

ننصح مزارعي الفول في منطقة صافيتا وفي المناطق المشابهة في ظروفها البيئية بالآتي:

١- زراعة صنف الفول القبرصي الذي تميّز بغلة بيولوجية أعلى مقارنة بالصنف حماه٢.

٢- استخدام معاملة نقع البذور بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة بيولوجياً تركيز 25 ppm كمعاملة ناجعة وذات تأثير فعّال في زيادة إنتاجية صنف الفول القبرصي والجدوى الاقتصادية للمحصول.

٧- المراجع العربية:

[١] *المجموعة الإحصائية السنوية الزراعية* (٢٠٢٣). قسم الإحصاء، مديرية الإحصاء والتعاون الدولي، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، دمشق، سورية.

٨- المراجع الأجنبية:

[1] Bashandy, S. O., Abd El-Hafeez, A. M., & Sarhan, M. G. R. (2024). Influence of Zinc Oxide Nanoparticles (ZnONPs*), Seaweed Extract and Microbial Inoculation with Rhizobium on Faba Bean Nodulation*, Yield, and Quantity. Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering, 15(10), 279-285.

[2] Deka, P. (2019). *The Effects of Zinc Oxide Nanoparticles on Plants and on Host-Pathogen Interactions*. (Doctoral dissertation, North Dakota State University).

[3] Dhull, S. B., Kidwai, M. K., Noor, R., Chawla, P., & Rose, P. K. (2022*). A review of nutritional profile and processing of faba bean (Vicia faba L.)*. Legume Science, 4(3), e129.

[4] Ghidan, A. Y., Kahlel, A. M. S., & Al-Antary, T. M. (2020). *Effect of nanotechnology liquid fertilizers on yield and nitrogenous compounds of broad bean (Vicia faba L.).* Fresenius Environmental Bulletin, *29*(6), 4124-4128.

[5] Goyal, K., Singh, N., Jindal, S., Kaur, R., Goyal, A., & Awasthi, R. (2022). Kjeldahl method. *Adv. Tech. Anal. Chem*, *1*, 105.

[6] Hasan, A. I., AbdulKafoor, A. H., Aahmed, Y., Al-Falahi, A. S. I., & Ghaffoori, A. T. (2023, December). *The Effect of Chelated Nano Zinc on Growth and Yield of Several Genotypes of Faba Bean Vicia faba* L. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (*Vol. 1252, No. 1, p. 012036). IOP Publishing.

[7] Hosseini, S., and Eghtedari, S. (2012). *The attitude of agricultural experts about development of nanotechnology in agriculture sector of Iran*. Arpn J. of Agric. and Biol. Science, 7(2), 130-132.

[8] Jensen, E. S., Peoples, M. B., & Hauggaard-Nielsen, H. (2010). *Faba bean in cropping systems*. Field crops research, 115(3), 203-216.

[9] Kaur, S., Garg, T., Joshi, A., Awasthi, A., Kumar, V., & Kumar, A. (2024). *Potential effects of metal oxide nanoparticles on leguminous plants: Practical implications and future perspectives*. Scientia Horticulturae, *331*, 113146.

[10] Kavyashree, N. M., Reddy, V., & Sharada, H. B. (2025). *Faba Beans: Origin, History, Taxonomy and Breeding*. Faba Beans, 1.

[11] Kumar, K. (2013). *Nanobiotechnology and its implementation in agriculture*. *J. of* Advanced Botany and Zoology, 1-3.

[12] Mousavi, S., Rezaei, M. (2011*). Nanotechnology in agriculture and food production.* J. Appl. Environ. Biol. Sci., 1(10), 414-419.

[13] Prasad, R., Kumar, V., & Prasad, K. S. (2014). *Nanotechnology in sustainable agriculture: present concerns and future aspects.* African journal of Biotechnology, 13(6), 705-713.

[14] Ragab, S. M., Turoop, L., Runo, S., & Nyanjom, S. (2022*). The effect of foliar application of zinc oxide nanoparticles and Moringa oleifera leaf extract* on *growth, biochemical parameters and in promoting salt stress tolerance in faba bean.* African Journal of Biotechnology, *21*(6), 252-266.

[15] Rudani, K., Vishal, P., & Kalavati, P. (2018). *The importance of zinc in plant growth-A review*. Int. Res. J. Nat. Appl. S*ci*, *5*(2), 38-48.

[16] Salamah, S., Hyadar, A., Ahmad, T. (2015*). Effect of Boron and Zinc Foliar Application on Some Morphologic Components and Percentage of Protein Vicia faba* L. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies, 37(3), 109-127.

[17] Saleh A. A., Alnaddaf, M. L., Mouhna, A. A. (2025). *Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles using pericarps pomegranate peel and evaluation of their effect on some vegetative growth traits of two faba bean cultivar*s**,** Homs University Journal for Scientific Research, 47(٢), ١١9-14٦.

[18] Saleh A. A., Alnaddaf, M. L., Mouhna, A. A. (2025*). Effect of Treatment with Biologically and Chemically Synthesized Zinc Oxide Nanoparticles on some Productive Traits of Two Faba Bean Cultivars***,** Homs University Journal for Scientific Research, 47(5), 129-147.

[19] Sathya Prabhu, D., & Devi Rajeswari, V. (2018). *Nutritional and Biological properties of Vicia faba L.: A perspective review*. International Food Research Journal, 25(4), 1332-1340.

[20] Sheta, M. H., El-Khair, A., Ramadan, A. M., Shawer, S. S., & Salim, F. J. (2025*). Comparative Efficiency of Nano and Chelated Forms of Iron, Zinc and Manganese for Improvement Yield and Water Use Efficiency of Faba Bean Grown under Drought Stres*s. Egyptian Journal of Soil Science, *65*(1), 597-618.

[21] Srinivasan, R., Maity, A., Singh, K. K., Ghosh, P. K., Kumar, S., Srivastava, M. K., ... & Kumari, B. (2017*). Influence of copper oxide and zinc oxide nano-particles on growth of fodder cowpea and soil microbiological properties*. Range Management and Agroforestry, *38*(2), 208-214.

[22] Tikhanov, A.B. (1979*). Brotefoarozeia Recyroocbercaioshai Cictema Obrabotke Botshfe f cteb uejni Odessa*. Zemleelia, 262p.

[23] Xiao, J. X., Zhu, Y. A., Bai, W. L., Liu, Z. Y., Li, T. A. N. G., & Zheng, Y. (2021). *Yield performance and optimal nitrogen and phosphorus application rates in wheat and faba bean intercropping*. Journal of Integrative Agriculture, *20*(11), 3012-3025.