

تحضير جسيمات أوكسيد الزنك النانوية باستخدام قشر ثمرة الرمان الخارجي وتقييم تأثيرها في بعض صفات النمو الخضري لصنفين من الفاول العادي

م. علي عبد الحميد صالح^(١) ، د. لينا ممدوح النداف^(٢) ، أ.د. أحمد علي مهنا^(٣)

الملخص

تم التحضير البيولوجي لأوكسيد الزنك النانوي في مركز التقانة الحيوية في جامعة البعث عام ٢٠٢١، ووصفت الجسيمات النانوية باستخدام التحليل المرئي للأشعة فوق البنفسجية (UV-vis) وكانت ذروة الامتصاص عند طول موجة ٣٦٦ نانومتر. بين تحويل فورييه بالأشعة تحت الحمراء (FT-IR) أن المجموعة الوظيفية الفعالة المتعلقة بال Zn-O كانت ضمن طول موجة ٥٨٠ إلى ٦١٣ سم^{-١}، أظهر نمط حيود الأشعة السينية (XRD) انخفاض التبلور للجسيمات النانوية بحجم ٣٧ نانومتر، كما كشف المسح بالمجهر الإلكتروني (SEM) أبعاد الجسيمات النانوية التي تراوحت بين 25-45 nm. طبقت الجسيمات النانوية الناتجة من عملية التحضير البيولوجي وجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة كيميائياً لدراسة تأثيرها في بعض مؤشرات النمو لصنفين من الفول العادي (قبرصي-حماه٢). تمت الزراعة في ريف منطقة صافيتا التابعة لمحافظة طرطوس خلال الموسمين الزراعيين ٢٠٢١/٢٠٢٢ و ٢٠٢٢/٢٠٢٣ بتصميم القطاعات العشوائية الكاملة (R.C.B.D) وبنظام القطع المنشقة بثلاثة مكررات وتضمنت أربع معاملات بالجسيمات النانوية، اثنتان بطريقة نفع البذور بتركيز 25ppm واثنتان بطريقة الرش الورقي بتركيز 50ppm خلال ثلاث مراحل من نمو النبات وذلك بالجسيمات المحضرة بيولوجياً وكيميائياً إضافة للشاهد دون معاملة. بينت النتائج تفوق معاملة الرش الورقي بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة كيميائياً في صفات ارتفاع النبات وعدد الأفرع/النبات، كما أظهرت معاملة

تحضير جسيمات أكسيد الزنك النانوية باستخدام قشر ثمرة الرمان الخارجي وتقييم تأثيرها في بعض صفات النمو الخضري لصفين من الفول العادي

نقع البذور بالجسيمات النانوية المحضرة كيميائياً تفوقاً في صفات تركيز الكلوروفيل في الأوراق ومساحة المسطح الورقي مقارنة بالشاهد غير المعامل.

الكلمات المفتاحية: التحضير البيولوجي - أكسيد الزنك النانوي ZnONPs - الفول - الرش الورقي - نقع البذور.

(١) طالب دكتوراه. قسم المحاصيل الحقلية. كلية الهندسة الزراعية. جامعة البعث. سورية

(٢) دكتور. قسم المحاصيل الحقلية. كلية الهندسة الزراعية. جامعة البعث. سورية

(٣) أستاذ دكتور. قسم المحاصيل الحقلية. كلية الهندسة الزراعية. جامعة البعث. سورية

Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles Using Pericarps Pomegranate Peel and Evaluation of their Effect on some Vegetative Growth Traits of Two Faba Bean Cultivars

**Ali Abdulhamid Saleh⁽¹⁾, Dr. Lina Mamdoh Alnaddaf⁽²⁾,
Prof. Dr. Ahmad Ali Mouhna⁽³⁾**

ABSTRACT

The biosynthesis of nano zinc oxide was carried out at the Biotechnology Center at Al-Baath University in 2021. The nanoparticles were characterized using the ultraviolet visible spectroscopy analysis (UV-vis) and the absorption peak was at a wavelength of 366 nm. Fourier transform infrared (FT-IR) showed that the active functional group related to Zn-O was within the wavelength of 580 to 613cm⁻¹. The X-Ray diffraction (XRD) pattern demonstrated low crystalline for nanoparticles with a size of 37 nm. Scanning electron microscopy (SEM) revealed the dimensions of the nanoparticles that ranged from 25-45 nm. The nanoparticles resulting from the biosynthesis process and chemically prepared zinc oxide nanoparticles were applied to study their effect on some growth indicators of two faba bean varieties (Cypriot-Hama2). The cultivation was carried out in the countryside of Safita area affiliated to Tartous Governorate during the two agricultural seasons 2021/2022 and 2022/2023 using a randomized complete block design

(R.C.B.D) and a split plot system with three replicates. It included four treatments with nanoparticles, two by soaking seeds at a concentration of 25ppm and two by foliar spraying at a concentration of 50ppm during three stages of plant growth with biologically and chemically prepared particles in addition to the control. The results showed that the foliar spray treatment with chemically prepared zinc oxide nanoparticles was superior in plant height and number of branches/plant. The seed soaking treatment with chemically prepared nanoparticles also showed superiority in leaf chlorophyll concentration and leaf surface area compared to the untreated control.

Key Words: Biological synthesis – Zinc oxide nanoparticles (ZnONPs) – Faba bean – Foliar spraying – Seeds soaking.

(1) PhD student. Dep. Field crops. Faculty of Agriculture. Al-Baath University. Syria.

(2) Dr. Dep. Field crops. Faculty of Agriculture. Al-Baath University. Syria.

(3) Prof. Dr. Dep. Field crops. Faculty of Agriculture. Al-Baath University. Syria.

تعد تقنية النانو من التقنيات الحديثة التي أثبتت تأثيراتها الإيجابية في مجالات عديدة منها الزراعية والطبية والهندسية وفي مجال الطاقة [1]، إذ يتم التعامل فيها مع المواد والتراكيب التي تتراوح أبعادها بين ١-١٠٠ نانومتر [2].

أدى الطلب الكبير على الجسيمات النانوية إلى إنتاجها بتطبيق التقنيات الفيزيائية والكيميائية على نطاق واسع، على الرغم من سلبياتها العديدة: كتكلفتها المرتفعة وضررها بالبيئة والكائنات الحية، ولكن بسبب ازدياد الوعي للقضايا البيئية والسلامة فقد برزت أهمية استخدام طرائق تصنيع الجسيمات النانوية المعدنية النظيفة وغير السامة والصديقة للبيئة، حيث ازداد استخدام المصادر البيولوجية مثل الميكروبات والأجزاء النباتية وفضلات الخضار والفضلات الزراعية.. الخ لتصبح طرائق بديلة لتصنيع الجسيمات النانوية وهي طرائق صديقة للبيئة فعالة وغير سامة [3].

في السنوات الأخيرة تم إنتاج أنواع مختلفة من الجسيمات النانوية من النباتات والأجزاء النباتية، نظراً لاحتواء المستخلصات النباتية على مركبات فعالة كالكلويدات alkaloids والفلافونيدات flavonoids والستيرويدات steroids والتانينات tannins والفينولات Phenols والتربينات Terpenes وغيرها من المركبات الطبيعية، حيث تتركز هذه المنتجات بالأوراق والساق والجذور والبراعم والأزهار واللحاء والبذور حيث تعمل كعوامل استقرار وإرجاع لتفاعلات الإرجاع الحيوية في عملية تحضير الجسيمات النانوية المعدنية [4].

تحتوي قشرة ثمرة الرمان على العديد من المكونات التي تؤدي دوراً علاجياً عبر التأثير في الأنشطة البيولوجية المختلفة وهي مصدر غني بالفلافونيدات flavonoids والتانينات tannins والعديد من المركبات الفينولية، وأشار الباحثون إلى أن مستخلص قشر الرمان له نشاط مرجع اتجاه الجذور الحرة (free radicals) [5].

أجريت دراسات عديدة استُخدمت فيها المستخلصات النباتية في تحضير أكسيد الزنك النانوي حيث قام [6] باستخدام مستخلص جذور الفجل (*Raphanus sativus*) في

عملية التحضير، حيث حصل على جسيمات نانوية ذات أشكال كروية وعصوية وبحجم تراوح بين ١٥-٢٥ نانومتر، أشار تحليل XRD بأن الجسيمات ذات طبيعة بلورية، وأظهر تحليل FT-IR نطاقات اهتزازية متعلقة بوجود أكسيد الزنك في العينة حيث ظهرت عند 472 cm^{-1} و 650 cm^{-1} .

استخدم [7] قشر الموز (*Musa acuminata*) في تحضير جسيمات أكسيد الزنك النانوية، كانت الجسيمات النانوية الناتجة بأشكال مختلفة تتراوح أحجامها بين ٣٠-٨٠ نانومتر، وأشارت هذه الدراسة إلى أن درجة $\text{pH}=12$ هي الدرجة المثالية لتحضير الجسيمات، بيّن تحليل FT-IR عدة حزم امتصاص عند 3420، 2926 و 1510 cm^{-1} مرتبطة بوجود O-H، C-H ومجموعات الأمينات على التوالي.¹

حصل [8] على جسيمات ZnO-NPs حيويًا بالاعتماد على مستخلص نبات عدس الماء (*Lemna minor*)، ويبيّن تحليل حيود الأشعة السينية XRD أن بلورات النانو تقع في نطاق 11.7 نانومتر، أظهر تحليل المطياف الضوئي UV-vis امتصاصي أعظمي عند طول موجة 369 نانومتر.

حضّر [9] جسيمات أكسيد الزنك النانوية باستخدام المستخلص المائي لنبات الزعتر (*Thymbra spicata* L.) بحجم تراوح بين 6.5-7.5 نانومتر، كما لاحظوا أن لها قمم امتصاص في طيف جهاز UV.vis عند طول موجة ٣٦٠ نانومتر تقريباً.

يعد الزنك من العناصر الصغرى الأساسية لكل الخلايا الحية، ويشارك في عدد كبير من الوظائف الخلوية والجزيئية ضمن الخلايا النباتية، حيث يؤدي دوراً أساسياً في تصنيع البروتين والعديد من الهرمونات النباتية، والتمثيل الضوئي، ومقاومة النبات ضد الأمراض، وتشكيل حبوب اللقاح وتحسين مستوى الأنزيمات المضادة للأكسدة ومستوى الكلوروفيل داخل الأنسجة النباتية [10].

تُعدّ بذور الفول من أغنى بذور المحاصيل من حيث القيمة الغذائية، حيث يتراوح محتواها من البروتين ٢٧٠-٣٢٠ غرام/كغ من المادة الجافة، ويزرع الفول من أجل الحصول على قرونه الخضراء التي تستعمل في الطهي، ومن أجل بذوره التي تستهلك خضراء أو جافة

تحضير جسيمات أوكسيد الزنك النانوية باستخدام قشر ثمرة الرمان الخارجي وتقييم تأثيرها في بعض صفات النمو الخضري لصنفين من الفول العادي

ويدخل نبات الفول في العديد من الدورات الزراعية لتقليل تواجد نيماتودا الحبوب الحويصلية (*Heterdera avenae*) والأمراض المنقولة بالتربة [11]

أظهرت دراسة قام بها [12] لتقييم تأثير الرش بالزنك النانوي في صفات النمو الخضري لأربعة تراكيب وراثية من الفول وذلك باستخدام أربعة تراكيز للرش، وجود فروق معنوية بين المعاملات المدروسة، حيث سجلت المعاملة بالتركيز 60 mg/L أعلى متوسط لصفات ارتفاع النبات (98.33) سم، مساحة المسطح الورقي (7884) سم² ويفرق معنوي مقارنة بباقي التراكيز والشاهد الذي سجل (75.96) سم و(4241) سم² في هاتين الصفتين، كما سجل التركيزين 180 , 120 mg/L أعلى متوسط لصفتي عدد الأفرع/النبات وتركيز الكلوروفيل في الأوراق على التوالي مقارنة بباقي المعاملات.

أجرى [13] تجربة لدراسة تأثير المواد النانوية على الفول (أوكسيد الزنك والكبريت)، وأشارت النتائج بأن الزنك النانوي تركيز (50 ppm) سبب زيادة معنوية في ارتفاع النبات، عدد الأفرع/النبات، عدد الأوراق والمساحة الورقية مقارنة مع تراكيز الكبريت النانوي والشاهد.

في دراسة لاستجابة ثلاثة أصناف من الفول لأسمدة البورون والحديد والزنك النانوية أشار [14] إلى التأثير الإيجابي للأسمدة النانوية المستخدمة على خصائص الغلة والنمو، حيث سجل سماد الزنك النانوي أعلى القيم لصفات ارتفاع النبات (61.6) سم وعدد الأفرع على النبات (8.2) فرع/النبات ووزن المئة بذرة (120.2) غ و غلة النبات البذرية (49.8) غ/النبات مقارنة بالشاهد الذي سجل (58.4) سم، 7.7 فرع/النبات، 112.7 غ، 39.6 غ/النبات) لهذه الصفات على التوالي.

وفي دراسة أخرى لتأثير شيلات الزنك النانوية على النمو والغلة لثلاثة طرز وراثية من الفول وذلك باستخدام الرش بتركيزين (0.5, 1 g/L) من الجسيمات النانوية بينت النتائج تفوق المعاملة بالتركيز 0.5 g/L في صفات ارتفاع النبات، وزن المئة بذرة والغلة البيولوجية، في حين تفوقت المعاملة بالتركيز 1 g/L في صفات عدد الأفرع/النبات، دليل الكلوروفيل SPAD، عدد البذور في القرن والغلة البذرية/النبات [15].

٢- مبررات البحث وهدفه:

إن زيادة تكاليف الإنتاج الزراعي في سورية بسبب غلاء الأسمدة والمبيدات المستخدمة في عمليات مكافحة الأمر الذي حدّ نوعاً ما من إمكانية التوسع في المساحات المزروعة بسبب عدم القدرة على تغطية التكاليف، ومن هنا فقد كان لإيجاد طرائق جديدة لتزويد النبات بالمغذيات الضرورية لنموه والتي من شأنها أن تخفف تكاليف الإنتاج من جهة وتحقق زيادة مقبولة في الإنتاجية من جهة أخرى أهمية بالغة، وقد بيّن [16] أنه يمكن زيادة كفاءة استخدام الموارد مع الحد الأدنى من الضرر الذي يلحق بالإنتاج من خلال استخدام التكنولوجيا الحديثة في الزراعة، ومن هنا كان الهدف من الدراسة الحالية ما يلي:

١- دراسة تأثير جسيمات أكسيد الزنك النانوية ZnO NPs المحضرة بيولوجياً باستخدام قشر ثمرة الرمان الخارجي في بعض صفات النمو الخضري لصنفين من الفول (قبرصي وحماه ٢)، ومقارنتها مع الجسيمات المحضرة كيميائياً.

٣- مواد وطرائق البحث:

٣-١- تحضير جسيمات أكسيد الزنك النانوية ZnO NPs:

٣-١-١- استخلاص قشر الرمان:

تم الحصول على ثمار الرمان *Punica granatum* من إنتاج محلي، حيث تم غسلها وتنظيفها بالماء ومن ثم تم جمع القشرة الخارجية مع الأجزاء الوسطى ما بين البذور وجففت تحت ضوء الشمس لمدة أسبوع حتى الجفاف التام، تم طحنها بالخلط حتى أصبحت بودرة وحُفظت في البراد لحين الاستخدام، تم أخذ 10 g من بودرة قشر الرمان الجافة وخلطت مع 100 ml من الماء المقطر المنزوع الشوارد في دورق زجاجي سعة 250 ml، تم تحريك الخليط الناتج لمدة ١٥ دقيقة على درجة حرارة ٦٠-٧٠ درجة مئوية ومن ثم تُرك بدرجة حرارة الغرفة حتى صباح اليوم التالي.

تم فصل المحلول بواسطة ورق ترشيح وتعريضه للتردد المركزي ٤٠٠٠ دورة/دقيقة لمدة ١٠ دقائق وإعادة العملية ثلاث مرات ومن ثم تم جمعه في وعاء معقم، وذلك في مركز التقانة الحيوية بجامعة البعث.

تحضير جسيمات أكسيد الزنك النانوية باستخدام قشر ثمرة الرمان الخارجي وتقييم تأثيرها في بعض صفات النمو الخضري لصنفين من الفول العادي

٣-١-٢- التحضير الحيوي لأوكسيد الزنك النانوي ZnO NPs:

تم إذابة 2.97g من بلورات نترات الزنك $[Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O]$ في 100 mL من الماء المقطر منزوع الشوارد (0.1mol/L) في دورق مخروطي سعته 250 mL، تم تحريكه مغناطيسياً لمدة ٢٠ دقيقة على درجة حرارة ٨٠ درجة مئوية، تم إضافة 40 mL من المستخلص المائي لقشر الرمان مع التحريك، بمجرد أن يصبح المستخلص المائي على تماس مع أيونات الزنك يتغير لون المحلول تلقائياً.

تم ضبط درجة (pH) الخليط على ١٢ أو أكثر باستخدام ماءات البوتاسيوم (KOH)، تم فصل الراسب بواسطة جهاز الطرد المركزي عند ٤٠٠٠ دورة/دقيقة لمدة ١٥ دقيقة.

جُمعت الحبيبات وغُسلت مرتين بالكحول الايثيلي ومن ثم بالماء المقطر منزوع الشوارد، تم تجفيف الحبيبات بدرجة حرارة ٦٠ درجة مئوية بعد اكتمال تشكل الجسيمات النانوية ZnO NPs.

٣-٢-٢- توصيف الجسيمات النانوية ZnO NPs:

٣-٢-٢-١- طيف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV-Vis):

تم أخذ 0.2g من جسيمات أكسيد الزنك النانوية ZnO NPs وحلها في 100ml من الماء المقطر، وقيس الامتصاص عن طريق المسح بجهاز المطياف الضوئي وذلك ضمن طول موجة يتراوح بين ٢٠٠-٤٠٠ نانومتر وفواصل ٠,٥، حيث تم فحص العينة في مركز التقانة الحيوية بجامعة البعث.

٣-٢-٢-٢- جهاز فورييه (FT-IR):

تم إجراء التحليل الكيميائي للجسيمات باستخدام جهاز "فورييه" لتحويل طيف الأشعة تحت الحمراء (FT-IR) ورصد المجموعات الكيميائية الموجودة في العينة، تم القياس بجهاز FT-IR الموجود في كلية العلوم بجامعة البعث وتتردد موجي بين $4000-400\text{ cm}^{-1}$.

٣-٢-٢-٣- الأشعة السينية (X-Ray diffraction):

تستخدم تقنية الأشعة السينية لتصنيف المواد من مختلف الأنواع، تم تنفيذها لاختبار وتحليل شكل جسيمات أكسيد الزنك النانوية المحضرة باستخدام قشر الرمان، وذلك باستخدام إشعاع طول موجته $\lambda = 1.5401 \text{ \AA}$ عند زاوية 2θ نيتا ($20^\circ - 80^\circ$).

٣-٢-٤- المجهر الإلكتروني الماسح (SEM):

يُمسح المجهر الإلكتروني الماسح سطح العينة المدروسة مستخدماً موجة مركزة من الإلكترونات والتي تتفاعل مع الذرات كاشفةً شكل وأبعاد الجزيئات في العينة، تم فحص جسيمات أكسيد الزنك النانوية التي تم تحضيرها بالمسح بالمجهر الإلكتروني (SEM) في هيئة الطاقة الذرية في دمشق.

٣-٣-٣- تصميم التجربة وتحضير الأرض للزراعة:

تم إجراء التجربة الحقلية في قرية سندية أوبين في منطقة صافيتا التابعة لمحافظة طرطوس والتي تقع على ارتفاع ٤٨٨ م عن سطح البحر وبمناخ معتدل ورطوبة جوية متوسطة، تمت حراثة التربة مرتين بشكل متعامد بعمق ٣٠ سم، وتنظيفها من الحجارة والحشائش، كما تم إجراء تحليل لتربة الموقع كما هو موضح في الجدول (١) وإضافة الأسمدة اللازمة حسب توصيات وزارة الزراعة.

الجدول (١) الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة موقع الزراعة

التحليل الميكانيكي			PMM		مادة	كلس	كربونات	آزوت	EC	PH
سلت	طين	رمل	فسفور	بوتاس K	عضوية	فعال	كالسيوم	N%		
%	%	%	P		%	%	Caco ₃			
٢٢	٣٢	٤٦	٧,٦٩	١٣٨,٦٨	١,٧١	آثار	آثار	٠,٠٩٦	٠,٣٥	٧,١٢

تمت الزراعة خلال الموسمين الزراعيين ٢٠٢١-٢٠٢٢/٢٠٢٢-٢٠٢٣ بتصميم القطاعات العشوائية الكاملة (R.C.B.D) بنظام القطع المنشقة، حيث خصصت القطع الرئيسية للمعاملات بأوكسيد الزنك النانوي المحضر بيولوجياً وكيميائياً، معاملتين لنقع البذور تركيز 25ppm، معاملتين للرش الورقي تركيز 50ppm بالإضافة للشاهد، والمنشقة من الدرجة الأولى للأصناف المستخدمة في الدراسة (قبرصي-حماه٢)، كانت أبعاد القطع

تحضير جسيمات أكسيد الزنك النانوية باستخدام قشر ثمرة الرمان الخارجي وتقييم تأثيرها في بعض صفات النمو الخضري لصفين من الفول العادي

التجريبية (3×2) م، حوت على خمسة خطوط، المسافة بين الخط والخط ٤٠ سم والمسافة بين البذور داخل الخط ٢٥ سم.

٣-٤- تحضير البذور للزراعة ومتابعة عمليات الخدمة الزراعية والرش الورقي:

تم نقع بذور كلا الصنفين قبل الزراعة بجسيمات أكسيد الزنك النانوية المحضرة بيولوجياً وكيميائياً بتركيز 25ppm، وباقي البذور تم نقعها بالماء المقطر لمدة ساعة واحدة، وتم مراقبة إنبات بذور الفول ونمو البادرات ومتابعة مراحل النمو والتطور المختلفة، كما تم القيام بأعمال الخدمة الزراعية من تعشيب ومكافحة وري عند اللزوم، تم رش نباتات الفول لكلا الصنفين بجسيمات أكسيد الزنك النانوية تركيز 50ppm في مراحل النمو الخضري، والإزهار، وتشكل القرون.

تم الحصول على جسيمات أكسيد الزنك النانوية المحضرة كيميائياً من الهيئة العامة للبحوث العلمية بدمشق وكانت بأبعاد تتراوح من ٥-١٠ نانومتر.

٣-٥- المؤشرات المدروسة:

- ارتفاع النبات سم:

تم قياس ارتفاع النبات بمسطرة مدرجة عن طريق قياس طول الساق الرئيسية من مستوى سطح التربة حتى قمة النبات في نهاية مرحلة النضج الأخضر.

- تركيز الكلوروفيل في الأوراق ملغ/غ:

تم تقديره بحسب طريقة [17]، حيث تم أخذ ٥٠٠ ملغ من الأوراق النباتية وسحقها باستخدام هاون خزفي مع ٢٠ مل من الأسيتون بتركيز ٨٠% ثم تركها في الثلاجة لليوم التالي، أكمل الحجم بالماء المقطر حتى ٥٠ مل وفصل الراشح عن الراسب المتبقي بوساطة جهاز الطرد المركزي ١٠٠٠/دقيقة لمدة ٥ دقائق، وتم قراءة الامتصاصية على الأطوال الموجية (٦٦٣-٦٤٥) نانومتر بوساطة جهاز المطياف الضوئي (Spectrophotometer) ثم حُسبت كمية الكلوروفيل أ وب، والنسبة أ/ب وفق المعادلتين:

$$(a) W/V \times 1000 / (D_{645}^{2,69} - D_{663}^{12,7}) = \text{وزن طازج}^{-1} \text{ غ.م.لغ}^{-1}$$

$$(b) W/V \times 1000 / (D_{663}^{4,68} - D_{645}^{22,9}) = \text{وزن طازج}^{-1} \text{ غ.م.لغ}^{-1}$$

D: الامتصاصية عند طول الموجة المحدد

V: حجم مستخلص الكلورفيل النهائي (مل)

W: وزن الأوراق الطازج (غ).

- مساحة المسطح الورقي سم^٢:

تم حسابها بطور الإزهار لنبات الفول وذلك بطريقة الأقراص عن [18]، حيث تم أخذ عشر نباتات فول بطور الإزهار من كل مكرر وتنظيفها من الجذور، ثم جمعت أوراق كل نبات ووزنت ووضعت فوق بعضها البعض، وثقبت بمنقب ذو فتحة دائرية، ثم حسب وزن الدوائر الخضراء الناتجة، ومن خلال المعادلة التالية حصلنا على مساحة المسطح الورقي الأخضر مقدره ب (سم^٢) وذلك لعشرة نباتات من الفول:

$$L * S / Z = \text{مساحة المسطح الورقي الأخضر}$$

حيث: L: وزن الأوراق على نبات واحد (غ)

S: مساحة فتحة المنقب الدائرية (πr^2)

Z: وزن الدائرة الخضراء الواحدة (غ)

- عدد الأفرع/النبات:

تم قياس هذه الصفة عند نهاية مرحلة الإزهار، حيث تم حساب متوسط عدد الأفرع على النبات لعشرة نباتات مأخوذة عشوائياً من كل قطعة تجريبية.

٤- النتائج والمناقشة:

٤-١- تحضير وتوصيف جسيمات أكسيد الزنك النانوية:

تم الاستدلال على التحضير الحيوي لجسيمات الزنك النانوية باستخدام قشر ثمرة الرمان الخارجي في هذه الدراسة بتغير اللون الواضح وتشكل الراسب، وذلك بعد رفع درجة حموضة الوسط PH إلى ١٢ بإضافة ماءات البوتاسيوم KOH الشكل (١).

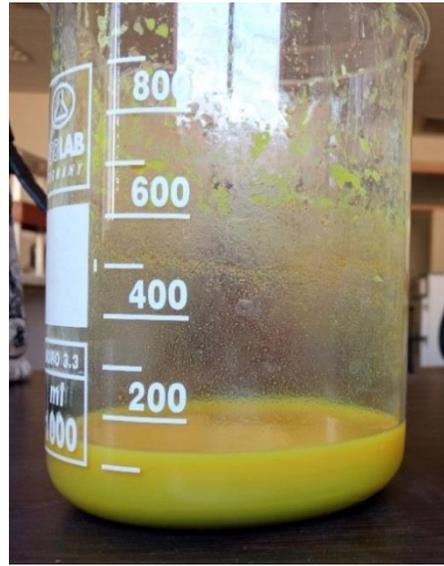
تحضير جسيمات أوكسيد الزنك النانوية باستخدام قشر ثمرة الرمان الخارجي وتقييم تأثيرها في بعض صفات النمو الخضري لصنفين من الفول العادي

يتضمن التحضير الحيوي إرجاع أيونات المعدن إلى جسيمات نانوية معدنية بمساعدة المواد الفعالة في النبات مثل البولي فينول Polyphenole وعديدات السكريات والقلويات والفيتامينات والأحماض الأمينية [19].

تعمل الفلافونيدات flavonoids كعوامل مرجعة لأيونات المعدنية، فالمجموعات الوظيفية للفلافونيدات مسؤولة عن تشكل الجسيمات النانوية، ويحدث الإرجاع بانتقال الفلافونيدات من الإينول إلى الكيتون بغرض تشكل الجسيمات النانوية [20].



(ب)



(أ)

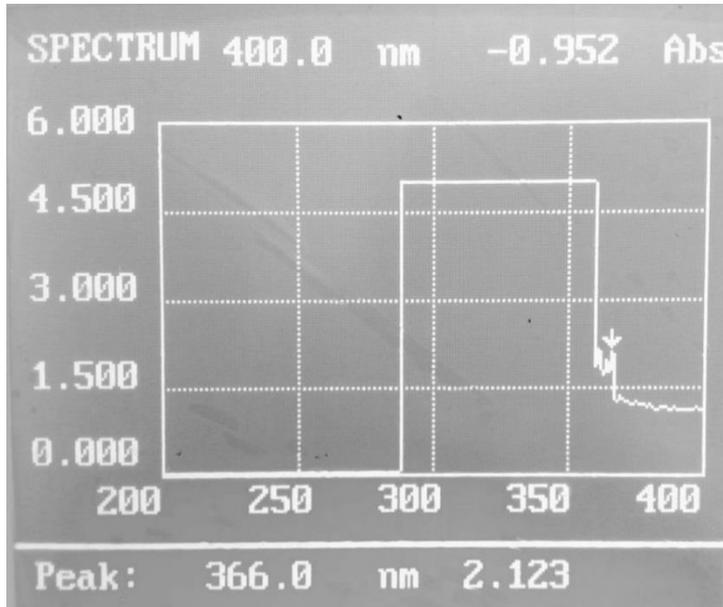
الشكل (١) (أ) الراسب الأصفر المتشكل نتيجة إرجاع أيونات المعدن.

(ب) ترسيب الجسيمات النانوية بعد عملية الطرد المركزي.

أكدت العديد من الدراسات أن الفلافونيدات يمكن أن تؤدي دور مضادات أكسدة ومركبات مخلبة للمعدن، حيث يمكنها أن تخلب أيونات المعدن مانعة إياها من المشاركة في تشكيل الجذور الحرة، في هذا السياق يعتبر الكورسيتين (الفلافونيد الرئيسي بين الفلافونيدات) مرتبطة نشطة بيولوجياً ومجموعاته الهيدروكسيلية قادرة على تشكيل معقدات مع أيونات

ومعدنية مختلفة، وذلك يساعد في فهم دور الفلافونويدات في بداية تشكل الجسيمات النانوية ومراحل التجميع والإرجاع [20].

يوضح الشكل (٢) الطيف المرئي للأشعة فوق البنفسجية UV لجسيمات أكسيد الزنك النانوية التي تم تحضيرها باستخدام قشر ثمرة الرمان الخارجي، يستخدم التحليل الطيفي الضوئي للأشعة فوق البنفسجية عادة للتأكد من تشكل الجسيمات النانوية، لأن وجود تأثير رنين البلازمون السطحي (SPR) يسبب بدء اهتزاز الإلكترونات عند نطاق معين من الطول الموجي.



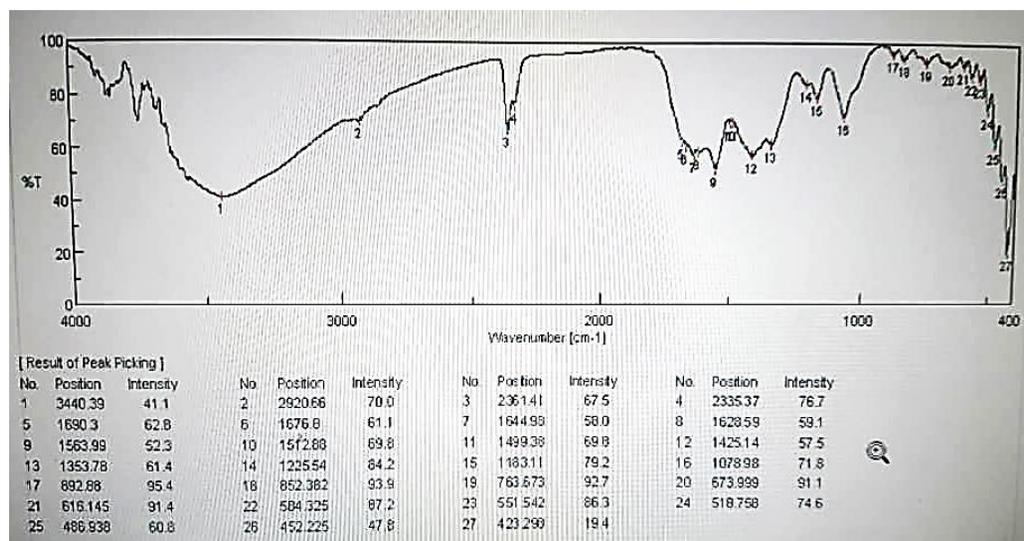
الشكل (٢) الطيف المرئي للأشعة فوق البنفسجية UV لجسيمات أكسيد الزنك النانوية التي تم تحضيرها باستخدام قشر ثمرة الرمان الخارجي

تم تسجيل طيف الأشعة فوق البنفسجية عند طول موجة ضمن المجال 200nm-400nm الذي أظهر ذروة الامتصاص عند طول موجة ٣٦٦ نانومتر، حيث يمكن تحديد طبيعة وقيمة فجوة النطاق لجسيمات ZnONPs باستخدام الامتصاص الأساسي الذي يتوافق مع طول الموجة للطاقة اللازمة لإثارة الإلكترون من نطاق التكافؤ إلى نطاق التوصيل، تم الحصول على نتائج مماثلة من قبل [8-9].

تحضير جسيمات أكسيد الزنك النانوية باستخدام قشر ثمرة الرمان الخارجي وتقييم تأثيرها في بعض صفات النمو الخضري لصنفين من الفول العادي

حركة الإلكترونات تبدأ بالتأرجح عند مدى طول موجة محدد والناجمة عن تأثير رنين بلازمون السطح (SPR)، إن القمة التي تم الحصول عليها عند طول موجة 366 نانومتر تشير إلى التحضير الحيوي الناجح لجسيمات أكسيد الزنك النانوية ووجودها في الخليط، تتوافق هذه النتيجة مع [21].

تم الحصول على طيف FT-IR للبيودرة الجافة في مدى 400-4000 سم⁻¹ يظهر طيف FT-IR قمم متعددة عند 3440.39، 2920.66، 1676.8، 1628.59، 1563.99، 1425.14، 1353.78، 1078.98، 892.88، 763.673، 616.145، 518.758، 486.938 و 423.290 cm⁻¹.



الشكل (3) طيف FT-IR لجسيمات أكسيد الزنك النانوية المحضرة باستخدام قشر ثمرة الرمان الخارجي

وفقاً للشكل (3) فإن العديد من الحزم تشير إلى وجود O-H، C-H، C=C، N-H، C-C، C-N، C-O، ويوضح طيف FT-IR قمة امتصاص عند 3440.39 cm⁻¹ والتي تعود للرابطة O-H، وهذا يشير إلى وجود مجموعات الفينولات، كما أعطت الرابطة C-H ارتفاع بالحزمة عند 2920.66 cm⁻¹ دليل على وجود الميثيلين، وأشارت الذروة عند 1676.8cm⁻¹ و 1644.98cm⁻¹ إلى وجود الرابطة C=C، في حين كانت الذروة

عند 1563.99cm^{-1} يعود لوجود رابطة N-H وهذا يعني وجود مجموعات الأمينات الأولية، وتعود القمة عند 1425.14cm^{-1} إلى الرابطة C-C في المجموعات العطرية، وأدى وجود الرابطة C-N للأمينات العطرية إلى قمة امتصاص عند 1353.78cm^{-1} ، أما القمة عند 1225.54cm^{-1} فدللت على وجود الرابطة C-O للإيتر العطري، تتناغمت هذه النتيجة مع ما وجدته [6-7].

إن قمة الامتصاص عند 580cm^{-1} ، 613cm^{-1} مرتبطة بوجود ZnO، هذا مؤشر إلى الرابطة Zn-O، والتي تدل على أن المادة هي أكسيد الزنك، تم الحصول على نتيجة مماثلة عند [6].

المجال بين $500 - 900\text{cm}^{-1}$ يعود لأوكسيد المعدن، ويوضح طيف FT-IR أن الرابطة O-H لها الدور الأساسي في تشكل الجسيمات النانوية نظراً لأنه متغير بشكل كبير، البولي فينولات التي تشاهد في المدى بين $3200-3500\text{cm}^{-1}$ تؤدي الدور الأساسي كعوامل استقرار للجسيمات النانوية [22].

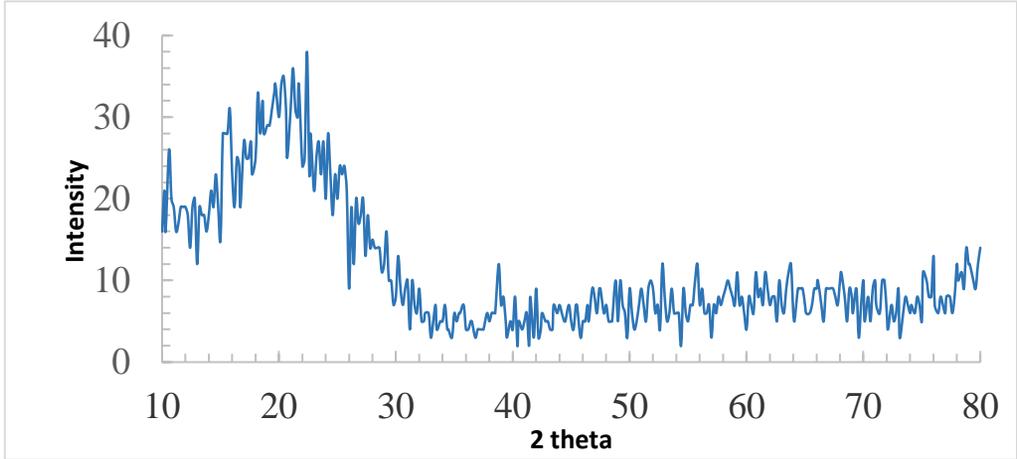
ويمكن الاستنتاج من مختلف القمم الأخرى بأن الجسيمات النانوية محاطة بالبروتينات والمستقلبات الأخرى، تمتلك مجموعات الكربونيل المكونة من الأحماض الامينية والبروتينات ميل كبير لتشكيل روابط مع الأيونات المعدنية.

أشارت نتيجة تحليل الأشعة السينية XRD للجسيمات النانوية ZnONPs المحضرة باستخدام قشر ثمرة الرمان الخارجي بنية ضعيفة التبلور للجسيمات النانوية وأن حجمها كان 37 نانومتر الجدول (٢) والشكل (٤). تم حساب حجم جسيمات أكسيد الزنك النانوية باستخدام معادلة Debye-Scherrer الآتية:

$$D = K \lambda / \beta \cos \theta [7]$$

حيث K: ثابت شيرر، λ : طول موجة الأشعة السينية (1.5401Å)، β : العرض الكامل عند نصف الحد الأقصى للذروة (FWHM)، θ : زاوية حيود براغ

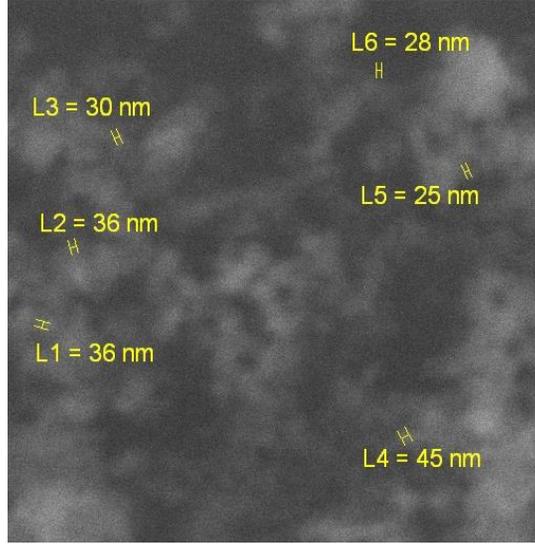
الجدول (٢) نمط XRD لجسيمات أكسيد الزنك النانوية المحضرة باستخدام قشر ثمرة الرمان الخارجي



الشكل (٤) طيف انعراج الأشعة السينية XRD لجسيمات أكسيد الزنك النانوية المحضرة باستخدام قشر ثمرة الرمان الخارجي

تم تنفيذ الفحص بالمجهر الإلكتروني (SEM) لرؤية الشكل الخارجي وحجم الجسيمات النانوية، يوضح الشكل (٥) صورة المجهر الإلكتروني التي تبين أبعاد الجزيئات والتي تتراوح بين 25-45nm بمتوسط قطر حوالي 33nm، مما يؤكد تشكل جسيمات أكسيد

الزنك النانوية، تتوافق هذه النتيجة مع ما وجدته [23] الذي بيّن وجود أشكال بلّورية بمتوسط حجم قدره 42.87nm لجسيمات أكسيد الزنك النانوية المحضرة بواسطة قشر الرمان.



الشكل (٥) صورة بالمجهر الالكتروني الماسح (SEM) لجسيمات أكسيد الزنك النانوية المحضرة باستخدام قشر ثمرة الرمان الخارجي

٤-٢- تأثير الرش الورقي ونقع البذور بجسيمات أكسيد الزنك النانوية في بعض مؤشرات النمو لنبات الفول:

٤-٢-١- ارتفاع النبات سم:

أشارت النتائج الموضحة في الجدول (٣) إلى وجود فروق معنوية بين المعاملة بجسيمات أكسيد الزنك النانوية مقارنة مع الشاهد في أغلب المعاملات، حيث سجلت معاملة الرش بجسيمات أكسيد الزنك المحضرة كيميائياً أعلى ارتفاع للنبات بمتوسط (٨٣,٩) سم ولكن بدون فروق معنوية عن بقية المعاملات التي سجّلت (٨٢,٧ - ٨٢,٢ - ٨٠,٩) لكل من معاملات الرش الورقي ونقع البذور بالجسيمات المحضرة بيولوجياً والنقع بالجسيمات المحضرة كيميائياً على التوالي.

تحضير جسيمات أكسيد الزنك النانوية باستخدام قشر ثمرة الرمان الخارجي وتقييم تأثيرها في بعض صفات النمو الخضري لصنفين من الفول العادي

الجدول (٣) تأثير الرش الورقي ونقع البذور بجسيمات أكسيد الزنك النانوية في صفة ارتفاع النبات بالمتوسط للموسمين المدروسين (سم)

متوسط (A)	الصنف (B)		المعاملة بالجسيمات النانوية (A)
	حماه ٢	قبرصي	
82.20	79.70	84.70	النقع بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً
80.90	78.90	82.90	النقع بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً
82.70	79.70	85.70	الرش بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً
83.90	80.20	87.60	الرش بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً
72.10	72.80	71.40	الشاهد (دون معاملة)
	78.26	82.46	متوسط (B)
A * B	B	A	LSD 0.05
10.850	4.850	7.670	

يمكن أن يعود ذلك للدور الذي يؤديه الزنك في تشكيل الأحماض الأمينية (تريبتوفان) عندما تم إضافته بتركيز محدد، مما أدى إلى إنتاج هرمون حمض الأندول الخلي (IAA) الذي يؤدي دوراً هاماً في استطالة الخلايا مسبباً زيادة في طول الساق وفي النهاية ارتفاع النبات، توافقت هذه النتيجة مع ما وجدته [14-15]، الذين وجدوا زيادة في ارتفاع نباتات الفول عند رشها بالزنك النانوي.

لم يكن هناك فروق معنوية بين الصنفين المدروسين في متوسط هذه الصفة، وذلك بمتوسط قدره (٨٢,٤٦) سم لنباتات الصنف القبرصي و (٧٨,٢٦) سم لنباتات الصنف حماه ٢، أشارت النتائج أيضاً إلى وجود تفاعل معنوي عند معاملة النباتات بأوكسيد الزنك النانوي حيث سجلت نباتات الصنف القبرصي المعاملة بالرش بالزنك النانوي المحضر كيميائياً أعلى ارتفاع للنبات (٨٧,٦) سم، في حسن سجلت نباتات الصنف حماه ٢ للشاهد (من دون معاملة) متوسط قدره (٧٢,٨) سم.

٤-٢-٢- تركيز الكلوروفيل في الأوراق ملغ/غ:

أظهرت قيم متوسطات المعاملات المدروسة في الجدول (٤) إلى وجود فرق معنوي مقارنة بالشاهد في أغلب المعاملات وهذا يدل على زيادة تركيز الكلوروفيل في الأوراق عند معاملة النباتات بأوكسيد الزنك النانوي سواء كان بمعاملات نقع البذور أو الرش الورقي، حيث سجلت معاملة نقع البذور بالجسيمات المحضرة كيميائياً أعلى متوسط لهذه الصفة (١,٥١) ملغ/غ، وبلغت متوسطات معاملات النقع بالجسيمات المحضرة بيولوجياً والرش بالجسيمات المحضرة بيولوجياً وكيميائياً (١,٣٨ - ١,٣٥ - ١,٣٣) ملغ/غ على التوالي، في حين سجل الشاهد أدنى متوسط قدره (٠,٩٩) ملغ/غ، ويمكن أن يعود ذلك إلى دور الزنك في تشكيل الأحماض الأمينية التي تدخل في تركيب أصباغ اليخضور، وبالتالي زيادة تركيزها ضمن أوراق النبات، وتوافقت هذه النتيجة مع نتائج [12-15].

الجدول (٤) تأثير الرش الورقي ونقع البذور بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية في صفة تركيز الكلوروفيل في الأوراق بالمتوسط للموسمين المدروسين (ملغ/غ)

متوسط (A)	الصف (B)		المعاملة بالجسيمات النانوية (A)
	حماه ٢	قبرصي	
1.38	1.23	1.54	النقع بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً
1.51	1.54	1.48	النقع بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً
1.35	1.47	1.23	الرش بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً
1.33	1.02	1.64	الرش بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً
0.99	1.00	0.98	الشاهد (دون معاملة)
	1.25	1.37	متوسط (B)
A*B	B	A	LSD 0.01
0.299	0.134	0.211	

تحضير جسيمات أكسيد الزنك النانوية باستخدام قشر ثمرة الرمان الخارجي وتقييم تأثيرها في بعض صفات النمو الخضري لصفين من الفول العادي

وبيّن التحليل الإحصائي عدم وجود فرق معنوي بين متوسطي الصفين المدروسين اللذين سجلا (١,٣٧ - ١,٢٥) ملغ/غ لكل من الصنف القبرصي وحماه ٢ على التوالي، فيما كان للتفاعل بين الصفين والمعاملات المدروسة أثر معنوي على هذه الصفة في أغلب المعاملات حيث سجّلت نباتات الصنف القبرصي المعاملة بنقع البذور بالجسيمات النانوية المحضرة بيولوجياً ونباتات صنف حماه ٢ المعاملة بالجسيمات النانوية المحضرة كيميائياً أعلى متوسط قدره (١,٥٤) ملغ/غ في حين سجّلت نباتات الصنف القبرصي للشاهد أدنى تركيز للكلوروفيل في الأوراق بمتوسط (٠,٩٨) ملغ/غ.

٤-٢-٣- مساحة المسطح الورقي سم^٢:

بيّنت النتائج في الجدول (٥) فروقاً معنوية بين المعاملات بأوكسيد الزنك النانوي مقارنة بالشاهد الذي سجّل أقل متوسط قدره (٢٨٤٤) سم^٢، في حين سجّلت معاملة نقع البذور بجسيمات الزنك النانوية المحضرة كيميائياً أعلى متوسط بلغ (٥٣٣٦,٥) سم^٢ تلاها معاملة نقع البذور بالجسيمات النانوية المحضرة بيولوجياً بمتوسط قدره (٥١٤٢) سم^٢، متفوقين بذلك على معاملة الرش الورقي بالجسيمات النانوية المحضرة كيميائياً التي سجّلت متوسط قدره (٤٤١٨,٥) سم^٢، ودون وجود فرق معنوي مقارنة بالرش الورقي بالجسيمات النانوية المحضرة بيولوجياً التي سجّلت (٤٩٥٥,٥) سم^٢.

وربما يعود زيادة مساحة المسطح الورقي إلى دور هذه العنصر الهام في تكوين هرمون النمو IAA الضروري لاستطالة خلايا الورقة وبالتالي زيادة المساحة الورقية للنبات، كما يمكن أن يكون سبب تفوق معاملة نقع البذور إلى تفوقها في واحدة أو أكثر من صفات النمو الخضري كتفوقه في صفة تركيز الكلوروفيل في الأوراق مما انعكس إيجاباً في زيادة عدد الأوراق في النبات وبالتالي زيادة المساحة الورقية، توافقت هذه النتيجة مع ما وجدته [12-13].

الجدول (٥) تأثير الرش الورقي ونقع البذور بجسيمات أكسيد الزنك النانوية في صفة مساحة المسطح الورقي بالمتوسط للموسمين المدروسين (سم^٢)

متوسط (A)	الصف (B)		المعاملة بالجسيمات النانوية (A)
	حمامة ٢	قبرصي	
5142.00	4684.00	5600.00	النقع بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً
5336.50	5436.00	5237.00	النقع بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً
4955.50	5085.00	4826.00	الرش بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً
4418.50	4002.00	4835.00	الرش بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً
2844.00	2907.00	2781.00	الشاهد (دون معاملة)
	4422.80	4655.80	متوسط (B)
A * B	B	A	LSD 0.05
825.000	368.900	583.400	

وأظهر التحليل الإحصائي عدم وجود فروق معنوية بين الصنفين المدروسين في متوسط صفة مساحة المسطح الورقي، فيما كان للتفاعل بين الصنفين المدروسين والمعاملات بالجسيمات النانوية أثر معنوي على هذه الصفة في أغلب المعاملات، حيث سجّلت نباتات الصنف القبرصي المرشوشة بالجسيمات النانوية المحضرة بيولوجياً أعلى متوسط قدره (٥٦٠٠) سم^٢، في حين سجّلت نباتات الصنف القبرصي غير المعاملة (الشاهد) المتوسط الأدنى (٢٧٨١) سم^٢.

٤-٢-٤- عدد الأفرع/النبات:

بيّنت نتائج التحليل الإحصائي في الجدول (٦) تأثير معنوي لمعاملة الرش الورقي بجسيمات أكسيد الزنك النانوية مقارنة بالشاهد في أغلب المعاملات، حيث سجّلت النباتات المرشوشة بأوكسيد الزنك النانوي المحضر كيميائياً أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ (٥,٣) فرع/النبات تلتها النباتات المرشوشة بأوكسيد الزنك النانوي المحضر بيولوجياً بمتوسط (٥,٠٥) فرع/النبات، في حين سجّلت النباتات المعاملة بنقع البذور بالجسيمات النانوية المحضرة

تحضير جسيمات أكسيد الزنك النانوية باستخدام قشر ثمرة الرمان الخارجي وتقييم تأثيرها في بعض صفات النمو الخضري لصنفين من الفول العادي

بيولوجياً وكيميائياً متوسط قدره (٤,٩٣) و (٤,٨٥) على التوالي دون وجود فرق معنوي مقارنة بالشاهد، إن سبب زيادة عدد الأفرع يمكن أن يعود إلى الدور الذي يؤديه الزنك في تنشيط النمو وانقسام الأنسجة المرستيمية الجانبية، والتي تزيد الأفرع الجانبية وهذا يزيد العدد الكلي للأفرع، ويمكن أن تكون زيادة تركيز الجسيمات النانوية في معاملة الرش الورقي (50ppm) عما هي عليه في معاملة نقع البذور (25ppm) السبب الذي أدى إلى حدوث تحفيز أكبر لتشكل أفرع جديدة، جاءت هذه النتيجة متناغمة مع ما وجدته كل من [12-15].

الجدول (٦) تأثير الرش الورقي ونقع البذور بجسيمات أكسيد الزنك النانوية في صفة عدد الأفرع/النبات بالمتوسط للموسمين المدروسين (فرع/النبات)

متوسط (A)	الصنف (B)		المعاملة بالجسيمات النانوية (A)
	حماه ٢	قبرصي	
4.93	4.28	5.58	النقع بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً
4.85	4.05	5.65	النقع بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً
5.05	4.25	5.85	الرش بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً
5.30	4.82	5.78	الرش بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً
4.28	3.80	4.75	الشاهد (دون معاملة)
	4.24	5.52	متوسط (B)
A*B	B	A	LSD 0.05
0.979	0.438	0.692	

كما يتضح من النتائج وجود فرق معنوي بين الصنفين المدروسين، حيث سجّل الصنف القبرصي متوسط قدره (٥,٥٢) فرع/النبات متفوقاً بذلك على الصنف حماه ٢ بمتوسط (٤,٢٤) فرع/النبات، ويمكن أن يعود ذلك إلى الاختلاف الوراثي بين الصنفين المدروسين فيما يتعلق بهذه الصفة، توافقت هذه النتيجة مع [15] الذي أشار إلى اختلاف معنوي بين الطرز الوراثية بعدد الأفرع على النبات.

كان للتفاعل بين المعاملات بالجسيمات النانوية والصنفين المدروسين تأثير معنوي أيضاً على هذه الصفة في أغلب المعاملات، حيث سجّلت نباتات الصنف القبرصي المرشوشة بأوكسيد الزنك النانوي المحضر بيولوجياً أعلى عدد أفرع على النبات بمتوسط بلغ (٥,٨٥) فرع/النبات، في حين سجّلت نباتات الصنف حماه ٢ للشاهد (من دون معاملة) أدنى متوسط قدره (٣,٨) فرع/النبات.

٥- الاستنتاجات:

- إمكانية استخدام قشر ثمرة الرمان الخارجي في تحضير جسيمات أوكسيد الزنك النانوية كونها طريقة آمنة ويمكن تطبيقها في المختبر من دون انتاج أي مواد ضارة.
- حققت معاملتا الرش الورقي بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة كيميائياً وبيولوجياً أعلى قيمة لكل من صفتي ارتفاع النبات وعدد الأفرع/النبات مقارنة بالشاهد.
- زاد تركيز الكلوروفيل في الأوراق في النباتات المعاملة بأوكسيد الزنك النانوي سواء كان بالرش الورقي أو نقع البذور ويفرق معنوي مقارنة بالشاهد.
- تفوقت معاملتا نقع البذور بالجسيمات النانوية المحضرة كيميائياً وبيولوجياً في صفة مساحة المسطح الورقي لنبات الفول العادي مقارنة بالشاهد.
- أظهر صنف الفول القبرصي تفوقاً على الصنف حماه ٢ في صفة عدد الأفرع/النبات من دون وجود فروق معنوية بين الصنفين في بقية الصفات المدروسة.

٦- المقترحات والتوصيات:

- زراعة صنف الفول العادي القبرصي ومعاملته بالرش الورقي بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة كيميائياً في منطقة صافيتا نظراً لتفوقه على الصنف حماه ٢ في العديد من مؤشرات النمو.

تحضير جسيمات أكسيد الزنك النانوية باستخدام قشر ثمرة الرمان الخارجي وتقييم تأثيرها في بعض صفات النمو الخضري لصنفين من الفول العادي

- متابعة العمل على دراسة تأثير تراكيز أخرى من الجسيمات النانوية على مؤشرات النمو والغلة لنبات الفول العادي لما أبدته معاملات الرش الورقي ونقع البذور من تحسين في الصفات الفيزيولوجية والمورفولوجية للمحصول، الأمر الذي ينعكس ايجاباً على إنتاجية نبات الفول.

٧- المراجع:

- 1- NASROLLAHZADEH M, SAJADI SM, SAJJADI M, ISSAABADI Z. 2019- An introduction to green nanotechnology. Interface Science and Technology: Elsevier, Volume 28. Chapter 4, Applications of nanotechnology in daily life, p. 113-143.
- 2- SALEM SS, FOUDA A. 2021 Green synthesis of metallic nanoparticles and their prospective biotechnological applications: an overview, Biological Trace Element Research, 199(1), 344-370.
- 3- KANCHI S, AHMED S. (Eds.) 2018- Green metal nanoparticles: synthesis, characterization and their applications. John Wiley & Sons.
- 4- PANDIT C, ROY A, GHOTEKAR S, KHUSRO A, ISLAM MN, EMRAN TB, et al. 2022 Biological agents for synthesis of nanoparticles and their applications, Journal of King Saud University-Science, 34(3), 101869.
- 5- RAHMANI AH, ALSAHLI MA, & ALMATROODI SA. 2017 Active constituents of pomegranates (*Punica granatum*) as potential candidates in the management of health through modulation of biological activities, Pharmacognosy Journal, 9(5), 689-95.
- 6- LIU D, LIU L, YAO L, PENG X, LI Y, JIANG T, & KUANG H. 2020 Synthesis of ZnO nanoparticles using radish root extract for effective wound dressing agents for diabetic foot ulcers in nursing care, Journal of Drug Delivery Science and Technology, 55, 101364.

- 7- ABDULLAH FH, BAKAR NA, & BAKAR MA. 2020 Low temperature biosynthesis of crystalline zinc oxide nanoparticles from *Musa acuminata* peel extract for visible–light degradation of methylene blue, Optik, 206, 164279.
- 8- DEL BUONO D, DI MICHELE A, COSTANTINO F, TREVISAN M, LUCINI L. 2021 Biogenic ZnO nanoparticles synthesized using a novel plant extract: Application to enhance physiological and biochemical traits in maize, Nanomaterials, 11(5), 1270.
- 9- GUR T, MEYDAN I, SECKIN H, BEKMEZCI M, SEN F. 2022 Green synthesis, characterization and bioactivity of biogenic zinc oxide nanoparticles, Environmental Research, 204, 111897.
- 10- RUDANI K, VISHAL P, KALAVATI P. 2018 The importance of zinc in plant growth–A review, Int. Res. J. Nat. Appl. Sci, 5(2), 38–48.
- 11- LANDRY EJ, COYNE CJ, MCGEE RJ, and HU J. 2016 Adaptation of autumn-sown faba bean germplasm to southeastern Washington, Agronomy Journal, 108(1), 301–308.
- 12- MAHDI SA, & ABDULKAFOOR AH. 2024 EFFECT OF SPRAYING NANO ZINC ON VEGETATIVE TRAITS OF SOME FABA BEAN GENOTYPES, Sciences, 22(1), 613–624.
- 13- KAHLEL A, GHIDAN A, AL-ANTARY TA, ALSHOMALI I, & ASOUFI H. 2020 Effects of nanotechnology liquid fertilizers on

- certain vegetative growth of broad bean (*Vicia faba* L.), Fresen. Environ. Bull, 29(6), 4763–4768.
- 14– ALABADE A, AL–KHASHAB S, KAHLEL A. 2022 Response of three broad bean varieties (*Vicia faba* L.) to boron, iron, zinc nano fertilizers, Revis Bionat,7(4), 37.
- 15– HASAN AI, ABDULKAFOOR AH, AAHMED Y, AL–FALAHI ASI, & GHAFFOORI AT. 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.
- 16– NADERI MR, & DANESH–SHAHRAKI A. 2013 Nanofertilizers and their roles in sustainable agriculture, International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5(19), 2229–2232.
- 17– MACKINNEY G, 1941 Absorption of light by chlorophyll solutions, Journal of biological chemistry, 140(2), 315–322.
- 18– NICOLA M, QABQALI R, 2018– Changes in the productivity indicators of faba bean crop using different farming systems of agricultural soil in the western region of Homs Governorate, Master thesis, Al–Baath University, Faculty of Agriculture, pp. 31–32 (In Arabic).
- 19–ALWASH A. 2020 The green synthesize of zinc oxide catalyst using pomegranate peels extract for the photocatalytic degradation of methylene blue dye, Baghdad Science Journal, 17(3), 0787–0787.

- 20- FLIEGER J, FLIEGER W, BAJ J, MACIEJEWSKI R. 2021 Antioxidants: Classification, natural sources, activity/capacity measurements, and usefulness for the synthesis of nanoparticles, Materials, 14(15), 4135.
- 21-EL-BELELY EF, FARAG MM, SAID HA, AMIN AS, AZAB E, GOBOURI AA, et al. 2021 Green synthesis of zinc oxide nanoparticles (ZnO-NPs) using *Arthrospira platensis* (Class: *Cyanophyceae*) and evaluation of their biomedical activities, Nanomaterials, 11(1), 95.
- 22- JIMENEZ-ROSADO M, GOMEZ-ZAVAGLIA A, GUERRERO A, ROMERO A. 2022 Green synthesis of ZnO nanoparticles using polyphenol extracts from pepper waste (*Capsicum annum*), Journal of Cleaner Production, 350, 131541.
- 23-HUSAIN WM, ARAAK JK, IBRAHIM OM. 2019 Green synthesis of zinc oxide nanoparticles from (*Punica granatum* L) pomegranate aqueous peel extract, The Iraqi Journal of Veterinary Medicine, 43(2), 6-14.