

دراسة تأثير الرش الورقي بأكسيد الزنك النانوي في بعض الصفات الفسيولوجية والإنتاجية لصفين من الفول السوداني

أولا نديم قاجو (1) لينا ممدوح النداف (2) يوسف هاشم يوسف (3)

(1) أستاذ مساعد، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية، اللاذقية، سورية.

0932663764 – olakajo0932@yahoo.com

(2) أستاذ مساعد، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة حمص، حمص، سورية.

0944032115 – hatem005@gmail.com

(3) طالب دراسات عليا في قسم المحاصيل الحقلية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية، اللاذقية، سورية.

0938946075 – yousefhyousef1997@gmail.com

الملخص:

نفذ البحث في قرية نل سكين بمحافظة حماة خلال الموسم الزراعي 2022-2023 لدراسة استجابة صنفين من الفول السوداني (سوري 1 وسوري 2) للرش الورقي بعدة تراكيز من أكسيد الزنك النانوي (0، 100، 200، 400 ملغ/ل) من حيث بعض الصفات الفسيولوجية والإنتاجية. نفذت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة وبواقع ثلاثة مكررات. أظهرت النتائج تفوق الصنف سوري 2 في صفة وزن 100 بذرة على الصنف سوري 1، فيما كانت الفروق غير معنوية بين الصنفين في معظم الصفات المدروسة.

دراسة تأثير الرش الورقي بأكسيد الزنك النانوي في بعض الصفات الفسيولوجية
والإنتاجية لصنفين من الفول السوداني

أدى الرش الورقي بأكسيد الزنك النانوي إلى زيادة معنوية في معظم الصفات المدروسة، وكانت المعاملة بالتركيز 400 ملغ/ل الأكثر قيمة عددية بين التراكيز المطبقة، حيث أدت هذه المعاملة إلى زيادة في كل من في كل من وزن القرون/نبات، ووزن البذور الكلي/نبات، ووزن 100 بذرة وإنتاجية وحدة المساحة من البذور بنسبة بلغت (17.86، 19.16، 19.16، 16.23 %) على التوالي مقارنة مع معاملة الشاهد (0 ملغ/ل)، كما تفوق التركيزين 200 و400 ملغ/ل على الشاهد في كل من مساحة المسطح الورقي ودليل المساحة الورقية. أيضاً بينت النتائج وجود تأثير معنوي للتداخل بين المعاملات المدروسة؛ وقد حقق التداخل بين الصنف سوري2 والتركيز 100 ملغ/ل الغلة البذرية الأفضل والتي بلغت (8702 كغ/هـ). خلصت هذه الدراسة إلى أن تطبيق الرش الورقي لأكسيد الزنك النانوي أدى إلى تحسّن في خصائص النمو والإنتاجية للفول السوداني.

الكلمات المفتاحية: الفول السوداني، الأسمدة النانوية، أكسيد الزنك النانوي، الرش الورقي، تقنية النانو.

effect of foliar spraying with nano zinc oxide on some Study of the cultivars physiological and productive characteristics of two peanut**ABSTRACT:**

The research was carried out in Tal Sakin village in Hama governorate during the growing season 2022 and 2023 to study the response of two peanut cultivars (Souri 1 and Souri 2) to foliar spraying with several concentrations of nano zinc oxide (0, 100, 200, 400 mg/L) in terms of some physiological and productive traits. The experiment was laid out in a randomized complete block design (RCBD), with three replication. The results showed that the Souri 2 cultivar was superior to the Souri 1 cultivar in the trait of 100-seed weight, while the differences were insignificant between the two cultivars in most studied traits.

Foliar spraying with nano zinc oxide led to a significant increase in most studied traits. Treating with 400 mg/L was the most effective, which increased the weight of pods/plant, total seed weight/plant, weight of 100 seeds and productivity of the unit area of seeds by (17.86, 19.16,

19.16, 16.23%) respectively, compared to the control Treatment (0 mg/L), The treatment with concentrations of 200 and 400 mg/L was superior in giving the highest average leaf surface area and leaf area index compared to the control Treatment. The results also showed a significant effect of the interaction between the studied treatments; The interaction between the variety Souri 2 and the concentration of 100 mg/l achieved the best seed yield, which amounted to (8702 kg/ha). This study concluded that the application of foliar spray of nano zinc oxide led to an improvement in the growth and productivity characteristics of peanuts.

Key words: Peanut, Nanofertilizers, Nano zinc oxide (ZNO), foliar spraying, Nanotechnology.

1-المقدمة:

يتبع الفول السوداني *Arachis hypogaea* L. العائلة البقولية Fabaceae، ويعدّ من المحاصيل الزيتية المهمة، يصنف رابع المحاصيل الزيتية في العالم كمصدر للزيت القابل للاستهلاك البشري. تصل نسبة الزيت في بذوره حتى 60% والبروتين حتى 34% [1]. يزرع

بشكل رئيسي من أجل الاستهلاك البشري حيث يمكن استخدام بذوره في التغذية بشكل مباشر أو في تصنيع كثير من المنتجات الغذائية كما تعتبر منتجاته الثانوية علفاً هاماً للماشية في العديد من المناطق. بلغت المساحة المزروعة منه في سورية عام 2022 حوالي 6494 هكتاراً، أنتجت 19008 طناً من القرون الجافة، بمردود قدر بـ 2927 كغ/هـ [2]. تعدّ الزراعة العمود الفقري لاقتصاد أي دولة، ومن أهم أهداف الزراعة في أي بلد في العالم هو تحسين الإنتاج الزراعي وزيادة كمية المنتجات الزراعية، لكي تلبي متطلبات السكان المتزايدة باستمرار، إذ يعتمد أكثر من 60% من السكان عليها في معيشتهم. ولكن في الوقت نفسه هناك العديد من التحديات التي تواجه قطاع الزراعة، مثل: تغيّر المناخ، الاستعمال غير الرشيد للموارد واستعمال الكثير من الأسمدة الكيميائية والذي يغير بشكل لا رجعة فيه البيئة الكيميائية للتربة ويقلل المساحة المتاحة لإنتاج المحاصيل [3]. ولإيجاد حلول ذكية وآمنة تلبي الحاجة للغذاء، اتّجه الباحثون إلى استخدام تقانات جديدة تساعد في الحدّ من تلوث البيئة مثل تقنية النانو والتي تعدّ من التقانات الحديثة التي لديها القدرة على إحداث ثورة علمية جديدة وذلك لإمكانيتها في إنتاج جزيئات متناهية الصغر من العناصر المختلفة (NPs) Nanoparticles تتراوح أبعادها بين 1-100 نانومتر وتكون قادرة على أن تقدم فوائد أكثر مما تقدمه الجزيئات العادية. وتعدّ تقانة النانو في المجال الزراعي تقانة ناشئة في استخدام الكيماويات الزراعية كالمبيدات والأسمدة النانوية.

تعرف الأسمدة النانوية بأنها أسمدة معدّلة يتم تصنيعها بطرق فيزيائية أو كيميائية أو إحيائية باستخدام تقانة النانو لتحسين خصائصها وتكوينها والتي يمكن أن تعزز غلة المحاصيل وتزيد معايير الجودة للزراعة [4]. تتميز هذه الأسمدة بكفاءة استعمال المغذيات بمقدار ثلاث مرات مقارنة مع الأسمدة التقليدية، فهي ذات قابلية ذوبان أعلى وكفاءة أكثر، فضلاً عن حجمها الصغير الذي يسهم في جعلها سريعة الامتصاص وثباتها تحت الظروف المختلفة مما يجعلها

دراسة تأثير الرش الورقي بأكسيد الزنك النانوي في بعض الصفات الفسيولوجية
والإنتاجية لصنفين من الفول السوداني

تبقى لفترات طويلة، وتستخدم في وقت الحاجة، كما تمتاز بتكلفتها القليلة وتستعمل بكميات قليلة ما ينعكس على تكاليف الإنتاج مقارنة بالأسمدة التقليدية، فضلاً عن صداقتها للبيئة [5] [6]. وقد ركزت الأبحاث المنفذة في السنوات الأخيرة حول موضوع نانوية الجزيئات المعدنية (NPs) مثل أكسيد النحاس وأكسيد الزنك والمخلفات المعدنية والمغذيات الصغرى بطيئة التحرر، حيث تساهم جزيئات أكسيد الزنك النانوية ZnO-NPs في خصائص النمو، البناء الضوئي، الإنتاجية وإنتاج الكتلة الحيوية. إذ تعمل على تحسين كفاءة امتصاص العناصر الغذائية ومحتوى العناصر المعدنية في أجزاء النبات وزيادة محتوى السكر والنيتروجين الكلي والبروتين في العديد من المحاصيل. وقد تم التأكيد على أن هذه الجسيمات النانوية تقلل من نقص الزنك في النباتات [7].

ففي تجربة حقلية أجريت في مصر لدراسة تأثير الرش الورقي بسماد أكسيد الزنك النانوي ZnO-NPs في إنتاج الفول السوداني من البذور والزيت، حيث تم استخدام ثلاثة تراكيز من جزيئات ZnO-NPs وهي (0، 200، 400، 600 جزء في المليون). أظهرت النتائج وجود فروق معنوية عالية بين التراكيز المستخدمة في معظم الصفات المدروسة، وقد لوحظ تحسناً في معظم الصفات التي تمت دراستها عند زيادة التركيز من 200 إلى 600 جزء في المليون، كما أعطى الصنف NC9 الإنتاجية الأعلى من البذور والزيت [8].

كما أجريت تجربة حقلية في الهند لدراسة إنتاجية الفول السوداني عند مستويات مختلفة من تطبيق الزنك النانوي إلى جانب تطبيق الجرعة السمادية الموصى بها. أظهرت النتائج تأثير معنوي عالي للزنك النانوي في إنتاجية المحصول من القرون، حيث سجلت الإنتاجية الأعلى معنوياً من القرون (24.36 قرن/هـ) باستخدام الرش الورقي من أكسيد الزنك النانوي بتركيز

200 ppm وذلك بعد 25 و 45 يوم من الزراعة، فيما تم الحصول على الإنتاجية الأقل (17.4 قرن/هـ) عند المعاملة فقط بالأسمدة التقليدية بالجرعة الموصى بها [9].

في حين توصلت دراسة [10] عام (2018) أجريت في مصر إلى أن استخدام الأسمدة النانوية بمعدل 30 ppm قد أعطى القيم الأعلى لكل من ارتفاع النبات، عدد الأفرع/النبات، عدد القرون/النبات، وزن القرون/النبات، عدد البذور/النبات، وزن البذور/النبات، وزن مئة بذرة والوزن الرطب والجاف للقش/النبات بالمقارنة مع النباتات غير المعاملة، كما أدى استخدام سمد النانو بتركيز 30 ppm إلى الحصول على القيمة الأعلى لمحتوى البذور من النتروجين والفسفور والحديد والمنغنيز والزنك والنسبة المئوية للزيت بالمقارنة مع المعاملات الأخرى.

وفي الهند أجريت تجربة [11] عام (2012) لدراسة فعالية أكسيد الزنك النانوي في نمو وتطور الفول السوداني. أظهرت النتائج أن استجابة الفول السوداني للجرعة الأقل من أكسيد الزنك ذو معنوية عالية، فقد أدى تطبيق أكسيد الزنك النانوي بالتركيز 2غ/15ليتر إلى زيادة معنوية في الإنتاجية من القرون حيث أدى إلى زيادة في عدد القرون الكلي/النبات، نسبة التصافي %، ارتفاع النبات وغيرها من المؤشرات المدروسة. وكانت الزيادة في إنتاجية القرون أعلى بنسبة 30.5% و 38.8% عند تطبيق أكسيد الزنك بالتركيز 2غ/15ليتر + NPK مقارنة مع المعادلة السمادية بشكل منفرد خلال موسمي التجربة، و 29.5% و 26.3% إنتاجية أعلى للقرون مقارنة بكبريتات الزنك عند التركيز 30غ/15ليتر + NPK في موسمي التجربة على التوالي.

كما أجريت تجربة حقلية في مصر لدراسة تأثير أكسيد الزنك النانوي (ZnO-NPs) باستخدام التراكيز (25، 50، 100، 200 جزء في المليون) وكبريتات الزنك (ZnSO₄) باستخدام التراكيز (50، 100 جزء في المليون) وتفاعلاتها على نبات الفاصولياء Phaseolus

دراسة تأثير الرش الورقي بأكسيد الزنك النانوي في بعض الصفات الفسيولوجية والإنتاجية لصنفين من الفول السوداني

Vulgares L. بينت هذه الدراسة أن التطبيق الورقي لأكسيد الزنك النانوي وكبريتات الزنك أدى إلى تحسّن في خصائص النمو، وسجلت أفضل نتيجة عند استخدام الزنك بتركيز 50 ppm + ZnO-NPs 100 ppm. كانت النتيجة الأكثر فعالية بالنسبة لخصائص الإنتاجية عند استخدام التراكيز 50 ppm (ZnSO₄) و 100 ppm (ZnO-NPs) في المرحلة الثانية (53 يوم بعد البذر) [12].

2- أهمية وأهداف البحث:

تشكل الأسمدة المعدنية دوراً مهماً في تحسين نمو النبات وزيادة إنتاجيته إلا أن هناك العديد من المشاكل التي تواجه استعمالها كالفقد والترسيب في التربة وارتفاع أسعارها مما يشكل عبئاً على المزارع، كما تسبب إضافتها بمعدل مرتفع ولفترة طويلة مشكلات بيئية مختلفة. وبالتالي تكمن أهمية البحث في تقليل فقد المغذيات وتعزيز غلة المحصول من خلال استخدام تكنولوجيا النانو في المجال الزراعي باستخدام الأسمدة النانوية ومنها أكسيد الزنك، فضلاً عن الأهمية الاقتصادية الكبيرة لمحصول الفول السوداني. ولذلك هدف هذا البحث إلى:

دراسة تأثير عدة تراكيز من أكسيد الزنك النانوي NPs-ZnO في مكونات الغلة البذرية لصنفين من الفول السوداني واختيار التركيز الأمثل.

3- مواد وطرائق البحث:

3-1- موقع ومدة تنفيذ البحث: نُفِّذَ البحث في قرية ثل سكين الساروت الواقعة غرب مدينة حماة بحوالي 20 كم والمرتفعة عن سطح البحر بحدود 400 م. وذلك خلال العام 2023 في الفترة الممتدة بين شهري أيار وتشرين الأول، ويوضح الجدول (1) متوسط درجات الحرارة وكمية

الهطول المطري خلال فترة نمو المحصول (مأخوذة من محطة تيزين التابعة لمركز البحوث العلمية الزراعية بحماة).

جدول 1 الظروف المناخية السائدة خلال موسم الدراسة.

المعدل	الحرارة/درجة مئوية		الأمطار مم	الشهر
	الصغرى	العظمى		
22.31	16.82	27.80	-	أيار
26.21	20.86	31.56	-	حزيران
31.51	25.84	37.18	-	تموز
31.54	25.30	37.78	-	آب
29.32	22.07	36.58	-	أيلول
20.77	16.86	24.68	1.006	تشرين أول
19.28	11.68	26.88	1.473	تشرين ثاني

تم تحليل التربة لتحديد بعض خصائصها الفيزيائية والكيميائية ضمن مخابر التربة التابعة لكلية الهندسة الزراعية بجامعة اللاذقية (جدول 2).

دراسة تأثير الرش الورقي بأكسيد الزنك النانوي في بعض الصفات الفسيولوجية والإنتاجية لصنفين من الفول السوداني

جدول 2 التحليل الميكانيكي والكيميائي لتربة الموقع

التحليل الميكانيكي			ملغ/كغ			غرام/100 غرام تربة		معلق 1:2	
طين	سلت	رمل	البوتاس المتاح	الفوسفور المتاح	الآزوت المعدني	المادة العضوية	كربونات الكالسيوم الكلية	EC ds/m	PH
43	47	21	385	11.2	12.4	1.2	63.4	0.26	7.6

ويتبين من الجدول (2) أن تربة الموقع سلتية إلى سلتية طينية وهي تربة خفيفة القلوية.

3-2-المادة النباتية: استخدمت بذور صنفين من الفول السوداني هما سوري 1 وسوري 2 تم الحصول عليها من الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية بدمشق والخالية من الأضرار الميكانيكية والمرضية. ويوضح الجدول (3) خصائص الصنفين.

جدول 3 مواصفات الصنفين المدروسين.

السلالات		الصفة
سوري 2	سوري	
49-60	51-60	عدد الأيام حتى بداية الإزهار/يوم
155-165	155-165	عدد الأيام حتى النضج/يوم

الإنتاجية كغ/هـ	3394	3691
عدد البذور في القرن	بذرتين	بذرتين
نسبة الزيت	31.14	39.02
نسبة البروتين	19.52	18.56
وزن 100 بذرة	110	55

3-3-العوامل المدروسة: تم استخدام أربعة تراكيز مختلفة من أكسيد الزنك النانوي ZnO-NPs، (0، 100، 200، 400 ملغ/ل) بواقع رشتين على المجموع الخضري لنباتات الصنفيين، بعد 25 و 50 يوم من الزراعة.

3-4-تصميم التجربة: نفذت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة RCBD بعاملين (Two-Factor) وبواقع ثلاثة مكررات، بحيث كان مجموع القطع التجريبية (24) قطعة تجريبية. أبعاد القطعة (4 * 3) م وبفاصل (75) سم بين القطعة والأخرى كمرات خدمة. تحتوي القطعة التجريبية على 4 خطوط المسافة بين الخط والآخر (80) سم.

وقد تمت زراعة البذور يدوياً بتاريخ 16/أيار عام 2023 في جور بمعدل بذرتين في الجورة ثم تم التفريد إلى بذرة واحدة في الجورة والمسافة بين الجورة والأخرى 25 سم وعلى عمق 5 سم في التثالث العلوي من الخط.

3-5-المؤشرات المدروسة:

3-5-1-ارتفاع النبات (سم):

تم قياسه بدءاً من مستوى سطح الأرض حتى قمة الساق الرئيسية.

3-5-2-مساحة المسطح الورقي (سم²):

تمّ تقديره بطريقة الوزن التي تعتمد على الأقراص كما هي مقترحة من قبل Vivekanandan وآخرون (1972).

3-5-3-دليل المساحة الورقية (Sestak *et al.*, 1971):

وهو نسبة المسطح الورقي للنبات إلى مساحة الأرض التي يشغلها النبات حسب الصيغة المقترحة من قبل Sestak وآخرون (1971):

دليل المساحة الورقية = مساحة المسطح الورقي للنبات (سم²) / مساحة الأرض التي يشغلها النبات (سم²)

3-5-4-وزن القرون الكلي/نبات (غ)

3-5-5-وزن 100 بذرة (غ):

تمّ وزن عينة عشوائية ل 100 بذرة بأربعة مكررات بعد التجفيف الهوائي لكل معاملة ووزنت بميزان حساس.

3-5-6-الغلة البذرية للنبات الواحد (غ)

3-5-7-الغلة البذرية لوحدة المساحة (كغ/ه):

تم حساب الغلة البذرية في وحدة المساحة مقدرة بـ (كغ/هـ) من خلال الصيغة التالية:

$$\text{الغلة البذرية (كغ/هـ)} = \text{الغلة البذرية للقطعة التجريبية (كغ/هـ)} \times 10000 / \text{مساحة القطعة التجريبية (م}^2\text{)}.$$

3-6- التحليل الإحصائي:

تم تحليل البيانات إحصائياً باستخدام البرنامج الإحصائي Genstat بطريقة تحليل التباين للصفات المدروسة جميعها. وتمت مقارنة المتوسطات الحسابية باستعمال أقل فرق معنوي LSD 5%.

4- النتائج والمناقشة:

4-1- الصفات المورفولوجية:

4-1-1- ارتفاع النبات (سم):

أظهرت النتائج في الجدول (4) عدم وجود فروق معنوية بين الصنفين سوري 1 وسوري 2 في متوسط ارتفاع النبات والذي بلغ (21.08، 22.12 سم) على التوالي.

أمّا فيما يتعلق بتأثير تراكيز أكسيد الزنك النانوي المستخدمة؛ يتبين من الجدول (4) تفوق استخدام السماد النانوي بالتركيزين 200 ملغ/ل و100 ملغ/ل بمتوسط بلغ (22.37، 22.30 سم) على التوالي، معنوياً على معاملة الشاهد والتي سجلت القيمة الأقل لمتوسط ارتفاع النبات

دراسة تأثير الرش الورقي بأكسيد الزنك النانوي في بعض الصفات الفسيولوجية والإنتاجية لصنفين من الفول السوداني

(20.63 سم)، في حين لم يكن تفوقهما معنوياً على معاملة التركيز 400 ملغ/ل والتي سجلت متوسطاً بلغ (21.10 سم). قد تعود هذه الزيادة في ارتفاع النبات عند استخدام سماد أكسيد الزنك النانوي للدور الكبير الذي يشكله عنصر الزنك في العديد من العمليات الحيوية في النبات كعملية التركيب الضوئي، إضافة إلى أنه يعد عنصر ضروري لتكوين الحمض الأميني التربتوفان Tryptophane الضروري لاستطالة الخلايا وهذا بدوره أثر إيجاباً على زيادة ارتفاع النبات، وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل إليه [11] عام (2012) حيث سجل الارتفاع الأعلى للنبات عند التراكيز الأقل للسماد النانوي، وكذلك مع ما توصل إليه [10].

وبالنسبة لتأثير التداخل بين الأصناف والتراكيز المستخدمة فقد بينت النتائج في الجدول (4) أن التداخل بين الصنف سوري 1 والتركيز 200 ملغ/ل قد سجل أعلى قيمة لصفة ارتفاع النبات (22.47 سم) متفوقاً بذلك عددياً على بقية التداخلات.

جدول 4 متوسط ارتفاع النبات (سم) تحت تأثير تراكيز مختلفة من أكسيد الزنك النانوي على الصنفين سوري 1 وسوري 2.

ارتفاع النبات (سم)					
المتوسط	400 ملغ/ل	200 ملغ/ل	100 ملغ/ل	الشاهد (0 ملغ/ل)	التراكيز الأصناف
21.10 ^a	19.93 ^{bc}	22.47 ^a	22.30 ^{ab}	19.73 ^c	سوري 1
22.11 ^a	22.27 ^{ab}	22.27 ^{ab}	22.40 ^{ab}	21.53 ^{abc}	سوري 2

21.60	21.10 ^{ab}	22.37 ^a	22.35 ^a	20.63 ^b	المتوسط
			1.117	الأصناف	LSD5%
			1.579	التراكيز	
			2.233	التفاعل	

4-1-2- مساحة المسطح الورقي (ألف م²/هـ):

أظهرت النتائج في الجدول (5) عدم وجود فروق معنوية بين الصنفين المدروسين سوري 1 وسوري 2 في صفة مساحة المسطح الورقي واللذين سجلا متوسطاً بلغ (25.85 و 24.44 ألف م²/هـ) على التوالي.

أما فيما يتعلق بتأثير التراكيز المستخدمة من أكسيد الزنك النانوي في صفة مساحة المسطح الورقي؛ يتضح من النتائج في الجدول (5) تفوق المعاملة بالتراكيزين 200 و 400 ملغ/ل واللذين سجلتا متوسطاً بلغ (29.63، 31.19 ألف م²/هـ) على التوالي معنوياً على كل من التركيز 100 ملغ/ل (93.45 ألف م²/هـ) والشاهد والذي سجل القيمة الأقل معنوياً لهذه الصفة (14.31 ألف م²/هـ) ويمكن أن يعزى السبب في ذلك إلى أنّ الأسمدة المصنعة بتقنية النانو تزيد من فعالية العمليات الفيزيولوجية والتمثيل الضوئي في النباتات وكون الزنك يدخل في تركيب الأحماض النووية الضرورية لانقسام الخلايا والذي يؤدي بدوره إلى زيادة عدد الخلايا في الأوراق وبالتالي زيادة المساحة الورقية للنبات وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه العديد من الباحثين [14] [13].

دراسة تأثير الرش الورقي بأكسيد الزنك النانوي في بعض الصفات الفسيولوجية
والإنتاجية لصنفين من الفول السوداني

وبالنسبة لتأثير التداخل بين الأصناف والتراكيز المستخدمة؛ فقد بيّنت النتائج في الجدول (5) أن استخدام الصنف سوري2 عند التركيز 400 ملغ/ل قد سجل أعلى قيمة لمساحة المسطح الورقي بمتوسط بلغ (32.54 ألف م²/هـ) على التوالي متفوقاً بذلك معنوياً على كلا الصنفين سوري1 وسوري2 عند الشاهد حيث سجلا القيم الأقل (15.64، 12.97 ألف م²/هـ) على التوالي..

جدول 5 متوسط مساحة المسطح الورقي 1000م²/هـ تحت تأثير تراكيز مختلفة من أكسيد الزنك النانوي على الصنفين سوري1 وسوري2.

مساحة المسطح الورقي ألف م ² /هـ					
المتوسط	400 ملغ/ل	200 ملغ/ل	100 ملغ/ل	الشاهد (0 ملغ/ل)	التراكيز الأصناف
25.85 ^a	29.84 ^{ab}	30.57 ^{ab}	27.34 ^b	15.64 ^d	سوري1
24.44 ^a	32.54 ^a	28.69 ^b	23.57 ^c	12.97 ^d	سوري2
25.14	31.19 ^a	29.63 ^a	25.45 ^b	14.30 ^c	المتوسط
			1.693	الأصناف	LSD5%
			2.395	التراكيز	
			3.386	التفاعل	

4-1-3- دليل المساحة الورقية:

أظهرت النتائج في الجدول (6) عدم وجود فروق معنوية بين الصنفين المدروسين في صفة دليل المساحة الورقية.

أمّا بالنسبة لتأثير أكسيد الزنك النانوي في متوسط دليل المساحة الورقية؛ فقد لوحظ تفوق دليل المساحة الورقية عند التركيزين 400 و 200 ملغ/ل معنوياً على التركيز 100 ملغ/ل وبنسبة زيادة بلغت (118.04، 107.13، 78.04 %) مقارنة مع الشاهد الذي بلغ عنده دليل المساحة الورقية (7.15) (جدول 6)، وهذا منطقي، حيث تم ملاحظة نفس الاتجاه فيما يتعلق بالمسطح الورقي (جدول 5). تتفق هذه النتيجة مع ما توصل إليه السماعيل وآخرون على فول الصويا (2022).

وفيما يتعلق بتأثير التداخل بين الأصناف المدروسة والتراكيز المستخدمة من أكسيد الزنك النانوي؛ فقد أوضحت النتائج في الجدول (6) أن التداخل بين الصنف سوري 2 والتركيز 400 ملغ/ل قد سجل القيمة الأعلى لدليل المساحة الورقية (16.27).

دراسة تأثير الرش الورقي بأكسيد الزنك النانوي في بعض الصفات الفسيولوجية
والإنتاجية لصنفين من الفول السوداني

جدول 6 متوسط دليل المساحة الورقية تحت تأثير تراكيز مختلفة من أكسيد الزنك النانوي على
الصنفين سوري 1 وسوري 2.

دليل المساحة الورقية					
المتوسط	400 ملغ/ل	200 ملغ/ل	100 ملغ/ل	الشاهد (0) (ملغ/ل)	التراكيز الإصناف
12.92 ^a	14.92 ^{ab}	15.28 ^{ab}	13.67 ^b	7.82 ^d	سوري 1
12.22 ^a	16.27 ^a	14.35 ^b	11.79 ^c	6.49 ^d	سوري 2
12.57	15.59 ^a	14.81 ^a	12.73 ^b	7.15 ^c	المتوسط
			0.847	الأصناف	LSD5%
			1.197	التراكيز	
			1.693	التفاعل	

4-2-4 الإنتاجية ومكوناتها:

4-2-4-1 وزن القرون الكلي/نبات (غ):

لم تلاحظ عدم وجود فروق معنوية بين صنفين الفول السوداني سوري 1 وسوري 2 في صفة
وزن القرون الكلي والذي بلغت قيمته (368.10، 388.60 غ) على التوالي.

أما بالنسبة لتأثير سماد أكسيد الزنك النانوي في متوسط وزن القرون الكلي على النبات، يتبين من الجدول (7) تفوق وزن القرون الكلي/نبات عند التركيز 400 ملغ/ل والذي سجل متوسط بلغ (415.70 غ) معنوياً على معاملة الشاهد (352.70 غ) وبنسبة زيادة بلغت (17.86%)، في حين كان تفوقه عددياً على كل من التركيزين 100 و 200 ملغ/ل (378.2، 366.85 غ) على التوالي بالنسبة لهذه الصفة.

وفيما يتعلق بتأثير التداخل بين الأصناف والتراكيز المستخدمة، فقد بينت النتائج في الجدول (7) أن التداخل بين الصنف سوري2 والتركيز 400 ملغ/ل قد سجل أعلى قيمة لصفة وزن القرون الكلي/نبات حيث بلغت قيمته بالمتوسط (444.70 غرام) متفوقاً بذلك معنوياً على التداخلات بين الصنف سوري1 وكل من الشاهد والتركيز 100 ملغ/ل وكذلك على التداخل بين الصنف سوري2 والتركيز 200 ملغ/ل، والتي سجلت القيم الأقل لهذه الصفة (332.30، 366.70، 347 غ) على التوالي.

دراسة تأثير الرش الورقي بأكسيد الزنك النانوي في بعض الصفات الفسيولوجية
والإنتاجية لصنفين من الفول السوداني

جدول 7 متوسط وزن النبات الكلي/النبات (غ) تحت تأثير تراكيز مختلفة من أكسيد الزنك
النانوي على الصنفين سوري 1 وسوري 2.

وزن القرون الكلي/نبات (غ)					
المتوسط	400 ملغ/ل	200 ملغ/ل	100 ملغ/ل	الشاهد (0) ملغ/ل	التراكيز الأصناف
368.10 ^a	386.70 ^{ab}	386.70 ^{ab}	366.70 ^b	332.30 ^b	سوري 1
388.60 ^a	444.70 ^a	347.00 ^b	389.70 ^{ab}	373.00 ^{ab}	سوري 2
378.35	415.70 ^a	366.85 ^{ab}	378.20 ^{ab}	352.65 ^b	المتوسط
				34.97	الأصناف
				49.45	التراكيز
				69.94	التفاعل
LSD5%					

4-2-2-وزن 100 بذرة (غ):

سجل الصنف سوري 2 تفوقاً معنوياً في متوسط وزن 100 بذرة على الصنف سوري 1 بمتوسط
بلغ (94.33، 93.33 غ) على التوالي الجدول (8). وهذا يخالف ما توصل إليه [8].

أما بالنسبة إلى تأثير التراكيز المستخدمة من أكسيد الزنك النانوي في صفة وزن 100 بذرة، فقد بيّنت النتائج في الجدول (8) أن المتوسط الأعلى لوزن الـ 100 بذرة سجل عند استخدام السماد النانوي بالتركيز 400 ملغ/ل بمتوسط بلغ (99.50 غرام) متفوقاً بذلك معنوياً على كل من التركيزين 200 و100 ملغ/ل والذين بدورهما تفوقا على معاملة الشاهد وبلغت نسبة الزيادة في كل من التراكيز المذكورة (19.16، 15.76، 14.56%) على التوالي مقارنة مع الشاهد، قد يكون هذا بسبب أن جزيئات أكسيد الزنك النانوية تزيد من امتصاص الزنك عبر نباتات الفول السوداني وبالتالي تزيد من عملية التمثيل الضوئي وتنشيط حركة انتقال العناصر الغذائية وتنظيم سريان تدفقها من أماكن تصنيعها في الأوراق إلى البذور. جاءت هذه النتائج موافقة لما توصل إليه كل من [8] [10] [12].

أما فيما يتعلق بتأثير التداخل بين الأصناف والتراكيز المستخدمة في صفة وزن 100 بذرة؛ فقد تبين من الجدول (8) أن كل من الصنفين سوري 1 وسوري 2 عند التركيز 400 ملغ/ل قد سجلا القيم الأعلى لهذه الصفة (99.33، 99.67 غ) على التوالي، متفوقين معنوياً على الصنف سوري 1 عند الشاهد والذي سجل أقل قيمة لهذه الصفة (81.00 غ).

دراسة تأثير الرش الورقي بأكسيد الزنك النانوي في بعض الصفات الفسيولوجية
والإنتاجية لصفين من الفول السوداني

جدول 8 متوسط وزن 100 بذرة (غ) تحت تأثير تراكيز مختلفة من أكسيد الزنك النانوي على
الصفين سوري 1 وسوري 2.

وزن 100 بذرة (غ)					
المتوسط	400 ملغ/ل	200 ملغ/ل	100 ملغ/ل	الشاهد (0) (ملغ/ل)	التراكيز الأصناف
93.33 ^b	99.33 ^a	97.00 ^b	96.00 ^{bc}	81.00 ^e	سوري 1
94.33 ^a	99.67 ^a	96.33 ^{bc}	95.33 ^c	86.00 ^d	سوري 2
93.83	99.50 ^a	96.66 ^b	95.66 ^b	83.50 ^c	المتوسط
0.743				الأصناف	LSD5%
1.051				التراكيز	
1.486				التفاعل	

4-2-3-الغلة البذرية للنبات الواحد (غ):

أظهرت النتائج في الجدول (9) عدم وجود فروق معنوية بين الصنفين سوري 1 وسوري 2 في صفة الغلة البذرية للنبات الواحد والتي بلغت (219.67، 238.92 غ) على التوالي. وهذا يختلف عما توصل إليه [8].

يتبين من الجدول (9) وجود تأثير معنوي للتركيز المستخدمة من السماد النانوي في الغلة البذرية للنبات الواحد؛ إذ تفوق التركيز 400 ملغ/ل على الشاهد بنسبة زيادة بلغت (19.16%) في حين كان تفوقه عددياً على التركيزين 200 و 100 ملغ/ل حيث سجلا غلة بذرية بلغت (224.35، 222.15 غ) على التوالي. تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه [8]. وقد يعود هذا إلى أن الزنك يؤدي إلى زيادة الكتلة الحيوية للنبات وبالتالي زيادة الغلة البذرية، كما يمكن أن يكون السبب المحتمل لهذا الدور الإيجابي هو تعزيز نشاط المواد الحيوية أو نشاط نظام التمثيل الضوئي أو قد يكون بسبب الدور النشط للزنك في عمليات التمثيل الغذائي للنباتات. وهذا يتفق مع النتائج التي توصل إليها [10] [15] [12].

كما بيّنت النتائج في الجدول (9) أن استخدام أكسيد الزنك النانوي بالتركيز 400 ملغ/ل عند الصنف سوري 2 قد سجل القيمة الأعلى لصفة الغلة البذرية للنبات الواحد والتي بلغت بالمتوسط (278.70 غ) متفوقاً بذلك معنوياً على بقية التداخلات. تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه [8]، وهذا قد يعود إلى الزيادة في عدد القرون.

دراسة تأثير الرش الورقي بأكسيد الزنك النانوي في بعض الصفات الفسيولوجية
والإنتاجية لصنفين من الفول السوداني

جدول 9 متوسط إنتاجية النبات من البذور (غ) تحت تأثير تراكيز مختلفة من أكسيد الزنك
النانوي على الصنفين سوري 1 وسوري 2.

الغلة البذرية للنبات الواحد (غ)					
المتوسط	400 ملغ/ل	200 ملغ/ل	100 ملغ/ل	الشاهد (0) (ملغ/ل)	التراكيز الأصناف
219.67 ^a	227.30 ^b	234.70 ^{ab}	207.00 ^b	209.70 ^b	سوري 1
238.92 ^a	278.70 ^a	214.00 ^b	237.30 ^{ab}	225.70 ^b	سوري 2
229.3	253.00 ^a	224.35 ^{ab}	222.15 ^{ab}	217.70 ^b	المتوسط
21.38				الأصناف	LSD5%
30.23				التراكيز	
42.75				التفاعل	

4-2-4-الغلة البذرية لوحد المساحة (كغ/هـ):

أظهرت النتائج في الجدول (10) عدم وجود فروق معنوية بين الصنفين سوري 1 وسوري 2 في صفة الغلة البذرية لوحدة المساحة والتي بلغت (8054.50، 8760.25 كغ/هـ) على التوالي. يخالف ما توصل إليه [8].

كما بينت النتائج وجود تأثير معنوي لأكسيد الزنك النانوي في صفة الغلة البذرية لوحدة المساحة، إذ أدى رش السماد النانوي بالتركيز 400 ملغ/ل إلى زيادة معنوية في الغلة البذرية لوحدة المساحة والتي بلغت (9277 كغ/هـ) مقارنة مع التركيز 100 ملغ/ل ومعاملة الشاهد (8146، 7981 كغ/هـ) وبنسبة زيادة بلغت (13.88، 16.23%) على التوالي، في حين لم تسجل فروق معنوية بين بقية التراكيز المدروسة. توافقت هذه النتائج مع نتائج [8].

إن زيادة الغلة البذرية لوحدة المساحة يوضح أن هناك استجابة واضحة لنبات الفول السوداني للتسميد بأكسيد الزنك النانوي ويمكن أن يعزى السبب في ذلك إلى ما تمتلكه الجسيمات النانوية من سلوك وخصائص مميزة وفريدة كصغر حجم ذراتها ومساحتها السطحية الفعالة العالية التي مكنتها من زيادة سرعة امتصاصها وتنشيط الإنزيمات المسؤولة عن التفاعلات الحيوية التي يقوم بها النبات ومنها أنزيم الكربونيك انهيدراز Carbonic anhydrase الذي يلعب دوراً رئيسياً في عملية البناء الضوئي والتي بدورها تؤدي إلى تحسين مؤشرات النمو مثل زيادة المساحة الورقية والتي لها دور مهم في زيادة المواد الغذائية المصنعة في الورقة ونقل هذه المواد وتخزينها في البذور مما يؤدي إلى زيادة وزن البذور ووزن 100 بذرة ومن ثم زيادة الغلة. تتفق هذه النتائج ما توصل إليه [16] [17] [12].

دراسة تأثير الرش الورقي بأكسيد الزنك النانوي في بعض الصفات الفسيولوجية والإنتاجية لصنفين من الفول السوداني

كما بيّنت النتائج في الجدول (10) وجود تأثير معنوي للتداخل بين الأصناف المدروسة والتراكيز المستخدمة من أكسيد الزنك النانوي وقد تم الحصول على القيمة الأعلى للغلة البذرية لوحدة المساحة عند الصنف سوري 2 والتراكيز 400 ملغ/ل والتي بلغت بالمتوسط (10218 كغ/هـ).

جدول 10 متوسط إنتاجية الهكتار من البذور (كغ/هـ) تحت تأثير تراكيز مختلفة من أكسيد الزنك النانوي على الصنفين سوري 1 وسوري 2.

الغلة البذرية لوحدة المساحة (كغ/هـ)					
المتوسط	400 ملغ/ل	200 ملغ/ل	100 ملغ/ل	الشاهد (0) (ملغ/ل)	التراكيز الأصناف
8054.50 ^a	8336.00 ^b	8604.00 ^{ab}	7590.00 ^b	7688.00 ^b	سوري 1
8760.25 ^a	10218.00 ^a	7847.00 ^b	8702.00 ^{ab}	8274.00 ^b	سوري 2
8407.37	9277.00 ^a	8225.50 ^{ab}	8146.00 ^b	7981.00 ^b	المتوسط
			783.8	الأصناف	LSD5%
			1108.5	التراكيز	
			1567.7	التفاعل	

الاستنتاجات:

تفوق الصنف سوري2 في صفة وزن ال 100 بذرة على الصنف سوري1، مع عدم وجود فروق معنوية في معظم الصفات المدروسة بين الصنفين المدروسين.

أثر الرّش الورقي بأكسيد الزنك النانوي بالتراكيز المستخدمة معنوياً في معظم الصفات المدروسة، وخاصة التركيز 400 ملغ/ل الذي أعطى القيم العليا في كل من مساحة ودليل المسطح الورقي، وكذلك مكونات الإنتاجية (وزن القرون/نبات، وزن البذور/نبات، وزن 100 بذرة والإنتاجية الكلية من البذور كغ/هـ) مقارنة مع الشاهد.

أدى الرّش الورقي بأكسيد الزنك النانوي بالتركيزين 200 و 400 ملغ/ل إلى زيادة معنوية واضحة في كل من مساحة ودليل المسطح الورقي وإنتاجية وحدة المساحة من البذور لمتوسط الصنفين المدروسين مقارنة مع الشاهد وبلغت هذه الزيادة (107.13، 118%)، (16.23%) على التوالي.

حقق التداخل بين الصنف سوري2 والتركيز 400 ملغ/ل من أكسيد الزنك النانوي الإنتاجية الأعلى من البذور والتي بلغت (10218 كغ/هـ).

المقترحات:

الرّش الورقي بأكسيد الزنك النانوي بتركيز 100 ملغ/ل على صنف الفول السوداني سوري1 وسوري2 في منطقة الدراسة من أجل تحسين النمو النباتي بما ينعكس على زيادة الإنتاجية.

دراسة تأثير الرش الورقي بأكسيد الزنك النانوي في بعض الصفات الفسيولوجية والإنتاجية لصنفين من الفول السوداني

زيادة عدد رشات السماد النانوي على النبات وزيادة الفترة الزمنية بين الرشة والأخرى لتغطية مختلف مراحل نمو النبات.

المراجع العربية:

[1] الحسن، ميلاد (2022). دور الحراثة الأساسية ومنظمات النمو في بعض الصفات الإنتاجية كماً ونوعاً لمحصول الفول السوداني في منطقة حمص. منشورات جامعة حمص، كلية الهندسة الزراعية. ص: 2.

[2] المجموعة الإحصائية الزراعية السورية (2022). وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، سورية.

[4] الشمري، دعاء (2021) تأثير تجزئة السماد الفوسفاتي التقليدي والنانوي في جاهزية وامتصاص الفوسفور ونمو وحاصل الحنطة. منشورات جامعة المثني، كلية الزراعة. ص: 10.

[5] الفتلاوي، مرتضى (2018). استعمال التجارب العاملة في دراسة تأثير التفاعل ما بين الماء الممغنط والمركبات النانوية في أحد مؤشرات النمو لنبات الفلفل. منشورات جامعة كربلاء، كلية الإدارة والاقتصاد.

[8] علي، السعدي؛ سعيد، محمد؛ سيد، محمد عبد العزيز؛ و سنوسي، محمد (2020). تأثير الرش الورقي بأكسيد الزنك النانوي على إنتاج الفول السوداني تحت ظروف الوادي الجديد. مجلة أسبوط للعلوم الزراعية، المجلد: 51. العدد (4)، ص: 31-16.

[13] غندور، جورج (2020). أساسيات الفيزيولوجيا النباتية. منشورات جامعة البث، كلية العلوم، قسم علم الحياة.

المراجع الأجنبية:

- Moradi, S; Khaledian, S; Abdoli, M; Shahlaei, M; Kahrizi, D 2018- [3]
Nano- biosensoes in cellular and molecular biology. Cellular and
molecular biology. 64 (5), 85-90.
- Manjunatha, S.B; Biradar, D.P; Aladakatti, Y.R 2016- [6]
Nanotechnology and its applications in agriculture. A review. Journal of
Farm Science, 29(1), 1-13.
- Ahmed, Rasu; Kamaluddin, Md; Abdul Quddus, Md; Abd Samad, M; [7]
Hossain, M; Ashfaqu Haque, A 2022- Impact of Foliar Application of
Zinc and Zinc Oxide Nanoparticles on Growth, Yield, Nutrient Uptake
and Quality of Tomato. Horticulturae, Vol: 9, P: 162.
- Ramana, p; Prasad, T; Naik, S; Naidu, G 2022- Impact of nanoscale [9]
Zinc oxide particle on the Growth, Yield and soil properties under
Agency Area of Andhra Pradesh. International Journal of plant & soil
science, Vol: 34, Iss:23, P: 1041-1049.
- El-Metwally, M; Abo-Basha, Doaa; Abd El-Aziz, M 2018- [10]
Response of peanut plants to different foliar applications of nano- iron,

manganese and zinc under sandy soil conditions. Middle East Journal of Applied Sciences, Vol: 8, Iss:2, P: 474–482.

Prasad, T; Sudhakar, P; sreenivasulu, Y; Latha, P; Munaswamy, V; [11] Raja Reddy, K; Sreeprasad, T; Sajanlal, P; Pradeep, T 2012– EFFECT OF NANOSCALE ZINC OXIDE PARTICLES ON THE GERMINATION, GROWTH AND YIELD OF PEANUT. Journal of Plant Nutrition, Vol: 35, P:905–927.

Ewais, Emad; Ismail, Mohamed; Badawy, Ali 2017– VEGETATIVE GROWTH, PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS AND YIELD OF PHASEOLUS VULGARIS (L.) PLANTS IN RESPONSE TO THE APPLICATION OF BIOLOGICALLY–SYNTHESIZED ZINC OXIDE NANOPARTICLES AND ZINC SULFATE. Al Azhar Bulletin of Science, Vol: 9, p: 33–46.

AL–Zuhairi, O; AL–Mahdawi, MML; Hammadi, M 2020– Study the effect of addition nano Zinc oxide on the Vegetative, flowering and fruiting characteristics of growing capsicum frutescens plant in closed hydroponics system. Dyala greculticure since journal. 12.

El–Habbasha, S.F 2015– Impact of nitrogen fertilizer and zinc foliar application on growth, yield, yield attributes and some chemical

constituents of groundnut. International journal of plant & soil science, 4(3): 259–264.

Afshar, I; Rahimi, H.A. and Shirazi, M 2014– Comparison the [16] effects of spraying different amounts of nano zinc oxide and zinc oxide on wheat. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences, 4(3): 688– 693.

Pour, E.S; Asghari, J; Zade, M.N. and Samizade, H.A 2010– Effect [17] of sulphur and zinc on yield characters of peanut in Guilan region. 11th Iranian Crop Science Congress, pp: 3872–3874.