# تأثير المعاملة بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة بيولوجياً وكيميائياً في بعض الصفات الإنتاجية لصنفين من الفول العادي

م. علي عبد الحميد صالح[1] ، د. لينا ممدوح النداف[2] ، أ.د. أحمد علي مهنا[3]

**الملخص**

تم إجراء هذا البحث في ريف منطقة صافيتا التابعة لمحافظة طرطوس لدراسة تأثير المعاملة بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية ZnONPs في صفات عدد القرون على النبات، عدد البذور في القرن، دليل الحصاد، وزن المئة بذرة والإنتاجية لصنفين من الفول (قبرصي وحماه2). تمت الزراعة خلال الموسمين الزراعيين 2022/2021 و2023/2022 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 البذور قبل الزراعة 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: مرحلة النمو الخضري، مرحلة الإزهار ومرحلة تشكل القرون بالإضافة للشاهد غير المعامل.

بينت النتائج وجود تأثير إيجابي معنوي للتفاعل بين الصنفين المدروسين والمعاملة بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية مقارنة بالشاهد، حيث تفوقت نباتات الصنف القبرصي المرشوشة بالزنك النانوي المحضر بيولوجياً في صفتي عدد القرون على النبات (24.5 قرن/النبات) والإنتاجية (3514 كغ/هكتار)، بينما أظهرت نباتات الصنف حماه2 المرشوشة بالزنك النانوي المحضر كيميائياً تفوقاً في صفة عدد البذور في القرن (3.47 بذرة/القرن).

(1) طالب دكتوراه. قسم المحاصيل الحقلية. كلية الهندسة الزراعية. جامعة حمص. سورية
(2) دكتور. قسم المحاصيل الحقلية. كلية الهندسة الزراعية. جامعة حمص. سورية
(3) أستاذ دكتور. قسم المحاصيل الحقلية. كلية الهندسة الزراعية. جامعة حمص. سورية

سجّلت نباتات الصنف القبرصي المرشوشة بالزنك النانوي المحضر كيميائياً والمعاملة بنقع البذور بالزنك النانوي المحضر بيولوجياً القيمة الأعلى في صفة دليل الحصاد (55.97 %) ووزن المئة بذرة (176غ) على التوالي.

**الكلمات المفتاحية:** أوكسيد الزنك النانوي ZnONPs– الفول – نقع البذور– الرش الورقي– الإنتاجية.

# Effect of Treatment with Biologically and Chemically Synthesized Zinc Oxide Nanoparticles on some Productive Traits of Two Faba Bean Cultivars

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

## ABSTRACT

This research was conducted in the countryside of Safita area, Tartous Governorate, to study the effect of treatment with zinc oxide nanoparticles ZnONPs on the traits of number of pods per plant, number of seeds per pod, harvest index, weight of 100 seeds and productivity of two varieties of faba beans (Cypriot, Hama2). The cultivation was carried out 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 before planting with biologically and chemically prepared zinc nanoparticles at a concentration of 25ppm, and two treatments by foliar spraying with biologically and chemically prepared particles at a concentration of 50ppm, during three stages of plant growth: the vegetative growth stage, the flowering stage and the pod formation stage in addition to the control.

(1) PhD student. Dep. Field crops. Faculty of Agriculture. Homs University. Syria.

(2) Dr. Dep. Field crops. Faculty of Agriculture. Homs University. Syria.

(3) Prof. Dr. Dep. Field crops. Faculty of Agriculture. Homs University. Syria.

The results showed a significant positive effect of the interaction between the two studied varieties and the treatment with zinc oxide nanoparticles compared to the control. As the Cypriot variety plants sprayed with biologically synthesized nano zinc outperformed the two traits of number of pods per plant (24.5 pods/plant), and productivity (3514 kg/ha), while the Hama2 variety plants sprayed with chemically synthesized nano zinc showed superiority in the trait of number of seeds per pod (3.47 seeds/pod). Cypriot variety plants sprayed with chemically synthesized nano zinc and treated with soaking the seeds with biologically synthesized nano zinc recorded the highest value in the harvest index (55.97%) and the weight of 100 seeds (176g) respectively.

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

**مقدمة:**

تعد المحاصيل البقولية أحد أهم محاصيل الحبوب في العالم، وتحتوي بذور الفول على نسبة عالية من البروتين والكربوهيدرات وكذلك العناصر المعدنية والفيتامينات وعدد كبير من الأحماض الأمينية، والتي تعطي هذا المحصول قيمة غذائية عالية للبشر والحيوانات.

يعد الفول محصول بقولي شتوي، وهو المكون الأساسي في الدورة الزراعية في العديد من مناطق العالم [1] حيث عُرف الفول بقدرته على التثبيت الفعال للنتروجين N والتي هي الأعلى بين بقوليات الشتاء [2]، وتشير التقارير بأن الفول قادر على تثبيت ما يتراوح بين 50–330 كغ آزوت/هكتار [3] [4]، وكذلك فإنه يستخدم كسماد أخضر لتحسين خواص التربة وزيادة خصوبتها [5]. وعلى الرغم من أهمية هذا المحصول فإن معدل إنتاجيته في سورية لا تلبي طلب الاستهلاك المحلي مقارنة مع الإنتاج العالمي بسبب العديد من المشاكل، ومنها ارتفاع نسبة الأزهار والقرون المتساقطة وفشل المبايض في إنتاج البذور، مما أدى إلى انخفاض كبير في إنتاجية المحصول، وهذا يتطلب منا دراسة كل الوسائل المتاحة لتحسين إنتاجية هذا المحصول وتطبيق تقنيات الزراعة الحديثة بما فيها استخدام الأسمدة النانوية. إنَّ القضاء على الجوع (Zero hunger) هو أحد الأهداف المستدامة الطموحة في خطة الأمم المتحدة حتى عام 2030، وتحدي الأمن الغذائي في واقع تغير المناخ، والتزايد المستمر في عدد سكان العالم يجب أن يبدأ من مفهوم جديد في الزراعة [6].

لاقت الأبحاث عن الجسيمات النانوية في السنوات الأخيرة الكثير من الاهتمام، نظراً لخواصها وصفاتها مثل الحجم الصغير، الشكل، ونسبة مساحة السطح الكبيرة مقارنة بالكتلة، وقد أوجد هذا الازدهار بعداً جديداً في العلوم والتكنولوجيا الحالية مع تطبيقاتها واسعة النطاق في الطب وتطوير الأدوية والزراعة والعديد من التطبيقات الأخرى [7]. تؤخر الأسمدة النانوية بشكل رئيس تحرر المغذيات وإطالة فترة تأثير السماد، ومن ثم فإن تقانة النانو تتمتع بإمكانات كبيرة لتحقيق الزراعة المستدامة خاصة في البلدان النامية [8].

يعد الزنك من العناصر الصغرى الأساسية للنباتات حيث أنه يشارك في عدد كبير من الوظائف الخلوية والجزيئية والعمليات المسؤولة عن تطورها وإرسال الإشارات الحيوية [6]، كما يؤدي دوراً

مهماً وأساسياً في تقليل معدل التساقط في الأزهار والقرون، وله دور مهم في زيادة نسبة إنتاش حبوب اللقاح وزيادة حيويتها وبالتالي تقليل نسبة البويضات المجهضة من خلال زيادة كفاءة عملية التمثيل الضوئي وانتقال منتجاتها من مواقع تصنيعها إلى باقي أجزاء النبات خلال مرحلة التلقيح في النبات [5].

يشغل أوكسيد الزنك النانوي Nano–ZnO المرتبة السادسة من بين أحد عشر مادة نانوية مصنعة عالية الإنتاج (MNMs)، بالترتيب التنازلي: الكربون الأسود، أوكسيد السيليكون، أوكسيد الألمنيوم، أوكسيد التيتانيوم، أوكسيد السيريوم، أوكسيد الزنك، أوكسيد الزركونيوم، ألياف الكربون، أوكسيد النحاس والفضة، وله استخدامات عديدة من ضمنها واقيات الشمس، العناية الشخصية والدهانات، بالإضافة إلى ذلك فقد تم استخدامه في الطب والعلوم، حيث تم تقييمه لإبادة الخلايا السرطانية والموصل الوسيط للعلاج من تعاطي المخدرات [7].

في تجربة أجراها [9] لدراسة تأثير الرش الورقي ونقع البذور بأوكسيد الزنك النانوي وكبريتات وشلات الزنك في صنفين من الفاصولياء العادية، بيّنت النتائج أن المعاملة الورقية مرتين قد حسنّت صفات النمو والغلة لكلا الصنفين مقارنة بنقع البذور والمعاملة الورقية مرة واحدة، كما تواجدت كمية أكبر من الزنك في البذور المعاملة بالزنك النانوي والذي حسّن وزن البذور وغلة القرون للبذور المعاملة مقارنة بالشاهد.

في دراسة لتأثير نقع بذور صنفين من الفاصولياء الحمراء بالأسمدة النانوية في صفات النمو والغلة، وجد [10] تأثيراً إيجابياً معنوياً للجسيمات النانوية (الحديد والزنك) في ارتفاع النبات وعدد البذور في القرن وتسريع الانبات، كما كان هناك تأثير معنوي لتفاعل السماد النانوي مع الصنف في كل من صفات ارتفاع النبات وعدد القرون على النبات.

إن الرش الورقي للجسيمات النانوية كمبيدات نانوية ومخصبات نانوية يلفت الانتباه نظراً لخصائصها المضادة للميكروبات وقدرتها على تحسين نقص التغذية بالعناصر الصغرى للنباتات، كما أن استخدام جسيمات أوكسيد الزنك النانوي كأسمدة ورقية له إمكانات كبيرة لزيادة نمو وغلة المحاصيل الغذائية، حيث يمكن للرش الورقي بـ ZnONPs أن يغذي النباتات بشكل تدريجي أكثر من الأسمدة التقليدية [11].

أجريت دراسة لتأثير شلات الزنك النانوية في النمو والغلة لثلاثة طرز وراثية من الفول (محلي، تركي، إسباني) في منطقة الفلوجة بمحافظة الأنبار في العراق وذلك باستخدام الرش بتركيزين (0.5، 1 غ/ل) من الجسيمات النانوية، بينت النتائج فروقاً معنوية بين الطرز الوراثية، وبين التراكيز المستخدمة في الرش والتفاعل بينهما حيث تفوقت المعاملة بالتركيز 0.5 غ/ل معنوياً في صفات وزن المئة بذرة والغلة البيولوجية، في حين تفوقت المعاملة بالتركيز 1 غ/ل في صفات عدد البذور في القرن والغلة البذرية على النبات [5].

أشار [8] إلى التأثير الإيجابي لأسمدة البورون والحديد والزنك النانوية في خصائص غلّة ثلاثة أصناف من الفول ونموها، حيث سجّل سماد الزنك النانوي أعلى القيم لصفات عدد القرون على النبات، وزن المئة بذرة، وغلة النبات البذرية.

كما بيّن [12] في دراسة لتقدير فعالية جسيمات الزنك والكبريت النانوية في بعض صفات الغلة ومكوناتها لنبات الفول وجود تأثير إيجابي معنوي لجسيمات الزنك النانوية تركيز 50 ppm في صفات نسبة العقد، عدد القرون على النبات، وزن القرن وطول القرن مقارنة بالشاهد.

سجّل [13] أعلى زيادة معنوية في صفات عدد القرون على النبات، دليل الحصاد%، وزن المئة بذرة، عدد البذور في القرن والغلة البذرية عند رش ثلاثة أصناف من الفول بالسماد النانوي (NPK+ عناصر صغرى) في مرحلتي الإزهار وامتلاء القرون.

**1- مبررات البحث وأهدافه:**

أشارت العديد من الدراسات والأبحاث إلى التأثير المحتمل لاستخدام الجسيمات النانوية كأسمدة نانوية على النباتات المختلفة، لكن أغلب هذه الأبحاث ركّز على تأثير الجسيمات النانوية على المراحل المبكرة من حياة النبات وبخاصة مرحلة الإنبات [11]، وعليه كان هناك حاجة إلى مزيد من البحث والتقصّي لمعرفة تأثير الجسيمات النانوية على مختلف مراحل النمو والتطور للنبات وباتباع أكثر من طريقة لمعاملة النباتات مثل الرش الورقي ونقع البذور قبل الزراعة، ومن هنا كان الهدف من الدراسة الحالية ما يلي:

1- دراسة تأثير جسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة بيولوجياً وكيميائياً في بعض صفات النمو والغلة لصنفين من الفول العادي مزروعين في سورية.

2- المقارنة بين معاملة نقع البذور والرش الورقي بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية في التأثير على إنتاجية الصنفين المزروعين.

**2- مواد البحث وطرائقه:**

**2-1- المادة النباتية:**

تم تنفيذ البحث باستخدام صنفين من الفول مزروعين في سورية هما: قبرصي، وحماه2

**2-2- مكان تنفيذ البحث:**

نُفذ البحث في قرية سنديانة اوبين الواقعة في ريف صافيتا الشرقي في محافظة طرطوس على ارتفاع 488 م عن مستوى سطح البحر، وتتمتع بمناخ معتدل.

**2-3- تحضير الأرض للزراعة وتصميم التجربة:**

تم إجراء تحليل لتربة الموقع كما هو موضح في الجدول (1)، 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 (1) الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة موقع الزراعة**

| pH | EC | آزوت N% | كربونات كالسيوم $CaCO_3$ | كلس فعال % | مادة عضوية % | pmm | | التحليل الميكانيكي | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | بوتاس K | فوسفور P | رمل % | طين % | سلت % |
| 7.12 | 0.35 | 0.096 | آثار | آثار | 1.71 | 138.68 | 7.69 | 46 | 32 | 22 |

تم حراثة التربة مرتين بشكل متعامد، وتنظيفها من الحجارة والحشائش، وتمت الزراعة خلال الموسمين الزراعيين 2021-2022/2022-2023 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–حماه2)، كانت أبعاد القطع التجريبية (2×3) م، حوت على خمسة خطوط، المسافة بين الخط والخط 40 سم والمسافة بين البذور داخل الخط 25 سم.

### 2-4- تحضير البذور للزراعة:

تم نقع بذور كلا الصنفين قبل الزراعة بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة بيولوجياً حسب [14] بأبعاد 37 نانو متر، وجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة كيميائياً بأبعاد تتراوح من 5–10 نانومتر والتي تم الحصول عليها من الهيئة العامة للبحوث العلمية بدمشق بتركيز 25 ppm لمدة ساعة واحدة، وباقي البذور تم نقعها بالماء المقطر.

### 2-5- 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 (40 يوماً بدءاً من الزراعة)، الإزهار (77 يوماً بدءاً من الزراعة)، وتشكل القرون (97 يوماً بدءاً من الزراعة).

### 2-6- المؤشرات المدروسة:

تم دراسة المؤشرات الآتية:

- عدد القرون على النبات (قرن/النبات):

تم قياس هذه الصفة عند وصول النباتات إلى مرحلة النضج التام وذلك عن طريق حساب متوسط عدد القرون على عشرة نباتات مأخوذة عشوائياً من كل قطعة تجريبية.

- عدد البذور في القرن (بذرة/القرن):

تم قياس هذه الصفة بعد حصاد القرون، حيث تم حساب متوسط عدد البذور في القرن لجميع القرون في عشرة نباتات مأخوذة عشوائياً من كل قطعة تجريبية.

- دليل الحصاد (%): سيتم حساب دليل الحصاد وفق المعادلة الآتية:

دليل الحصاد = الغلة البذرية طن/هـ /الغلة البيولوجية (قش+بذور) طن/هـ × 100

- وزن المئة بذرة (غ):

تم قياس هذه الصفة عن طريق وزن 100 بذرة لثلاث عينات عشوائية من كل قطعة تجريبية.

- الإنتاجية (كغ/هكتار):

تم تقدير هذه الصفة عن طريق الحصاد اليدوي لـ 1م$^2$ من كل قطعة تجريبية في طور النضج التام، ومن ثم تفرط القرون يدوياً وتجمع البذور النظيفة وتوزن وبعد ذلك تم تحويل الغلة على أساس كغ/هـ [15].

**2-7- التحليل الإحصائي:**

تم إجراء التحليل الإحصائي باستخدام برنامج ال Genstate 12 وتبويب ومناقشة النتائج.

## 3- النتائج والمناقشة:

### 3-1- عدد القرون على النبات:

بيّنت نتائج التحليل الإحصائي في الجدول (2) وجود فروق معنوية بين معاملات نقع البذور والرش الورقي بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية مقارنة بالشاهد، حيث سجّلت معاملة الرش بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة بيولوجياً أعلى متوسط لصفة عدد القرون على النبات بلغ (22) قرن، تلتها معاملة نقع البذور بالجسيمات النانوية المحضرة كيميائياً بمتوسط (20.5) قرن، في حين سجّل الشاهد أدنى متوسط بلغ (15) قرن/النبات، وقد تعود زيادة عدد القرون في معاملات الرش الورقي ونقع البذور بالجسيمات النانوية إلى تفوق هذه المعاملات في صفات ارتفاع النبات وعدد الأفرع/النبات وتركيز الكلوروفيل في الأوراق كما تم توضيح ذلك في [14] حيث وجِد زيادة في متوسط هذه الصفات عند معاملة النباتات بالجسيمات النانوية، وخاصة معاملة الرش الورقي بالجسيمات النانوية المحضرة بيولوجياً، حيث أن زيادة ارتفاع النبات وعدد الأفرع أدت إلى زيادة إمكانية تشكل أزهار في أباط الأوراق على الأفرع المختلفة ومن ثم زيادة عدد القرون المتشكلة على النبات بشكل عام، كما زاد تركيز الكلوروفيل في الأوراق من كفاءة

عملية التمثيل الضوئي وتكوين المواد الغذائية الضرورية للنمو، وبالتالي زادت نسبة العقد الأمر الذي انعكس بشكل إيجابي على هذه الصفة، جاءت هذه النتيجة متناغمة مع ما وجده [13]، [8] و [9] والذي لاحظ زيادة غلة القرون عند نقع بذور الفول بأوكسيد الزنك النانوي مقارنة بالشاهد.

**الجدول (2) تأثير نقع البذور والرش الورقي بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية في صفة عدد القرون على النبات لمتوسط الموسمين المدروسين**

| المعاملة بالجسيمات النانوية (A) | الصنف (B) | | متوسط (A) |
|---|---|---|---|
| | قبرصي | حماه2 | |
| **الشاهد (دون معاملة)** | 15.50 | 14.50 | **15.00** |
| **النقع بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً** | 21.50 | 19.00 | **20.25** |
| **النقع بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً** | 22.00 | 19.00 | **20.50** |
| **الرش بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً** | 24.50 | 19.50 | **22.00** |
| **الرش بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً** | 21.00 | 19.50 | **20.25** |
| **متوسط (B)** | **20.90** | **18.30** | |
| **LSD $_{0.05}$** | **A** | **B** | **A*B** |
| | 2.856 | 1.806 | 4.039 |

كما وضحت النتائج وجود فرق معنوي بين الصنفين المدروسين في متوسط هذه الصفة حيث تفوق الصنف القبرصي بمتوسط بلغ (20.9) قرن/النبات على الصنف حماه2 الذي سجّل (18.3) قرن/النبات، وقد يعود ذلك إلى تفوق الصنف القبرصي بصفة عدد الأفرع/النبات وفق ما بيّنته نتائج [14]، جاءت هذه النتيجة مشابهة لما وجده [5].

كان للتفاعل بين معاملات نقع البذور والرش الورقي بجسيمات الزنك النانوية والصنفين المدروسين أثر معنوي على هذه الصفة حيث سجّلت نباتات الصنف القبرصي المرشوشة بالجسيمات النانوية المحضرة بيولوجياً أعلى قيمة بلغت (24.5) قرن/النبات، في حين سجّلت

نباتات الصنف حماه2 للشاهد (دون معاملة) أدنى قيمة بلغت (14.5) قرن/النبات، وجد [10] نتيجة مماثلة.

### 3-2- عدد البذور في القرن:

يبين الجدول (3) تفوق معاملة الرش الورقي بجسيمات الزنك النانوية المحضرة كيميائياً (2.94) بذرة/القرن على الشاهد (2.34) بذرة/القرن، في حين لم تظهر بقية المعاملات فروق معنوية مقارنة بالشاهد، يمكن أن يعزى ذلك إلى التأثير الإيجابي للرش بأوكسيد الزنك النانوي المحضر كيميائياً على صفة ارتفاع النبات وزيادة تركيز الكلوروفيل في الأوراق وفق [14]، والذي حسّن من عمليّة التمثيل الضوئي، الأمر الذي أدى في النهاية إلى زيادة كمية المغذّيات المصنعة لتذهب إلى البذور النامية لزيادة استقرارها والحد من إجهاضها وبالتالي زيادة عدد البذور في القرن، توافقت هذه النتيجة مع ما توصل إليه [5].

كما أظهرت النتائج وجود فرق معنوي بين متوسطتي الصنفين المدروسين لهذه الصفة، حيث تفوق الصنف حماه2 بمتوسط قدره (2.80) بذرة/القرن على الصنف القبرصي الذي سجّل متوسط قدره (2.36) بذرة/القرن، ويمكن أن يعود ذلك إلى الاختلاف الوراثي بين الصنفين المدروسين فيما يتعلق بهذه الصفة.

بالنسبة للتفاعل بين الصنفين المدروسين والمعاملات بأوكسيد الزنك النانوي أظهرت نباتات الصنف حماه2 المرشوشة بجسيمات الزنك النانوية المحضرة كيميائياً أعلى قيمة قدرها (3.47) بذرة/القرن وبفروق معنوية مع الشاهد، في حين سجّل الصنف القبرصي في الشاهد (بدون معاملة) أدنى قيمة بلغت (2.24) بذرة/القرن.

**الجدول (3) تأثير نقع البذور والرش الورقي بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية في صفة عدد**

| المعاملة بالجسيمات النانوية (A) | الصنف (B) | | متوسط |
|---|---|---|---|
| | قبرصي | حماه2 | (A) |
| الشاهد (دون معاملة) | 2.24 | 2.43 | **2.34** |
| النقع بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً | 2.25 | 2.93 | **2.59** |
| النقع بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً | 2.41 | 2.73 | **2.57** |
| الرش بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً | 2.46 | 2.43 | **2.45** |
| الرش بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً | 2.41 | 3.47 | **2.94** |
| متوسط (B) | **2.36** | **2.80** | |
| $LSD_{0.05}$ | A | B | A*B |
| | 0.474 | 0.300 | 0.670 |

**البذور في القرن لمتوسط الموسمين المدروسين**

**3-3- دليل الحصاد:**

بيّنت النتائج الموضحة في الجدول (4) وجود فروق معنوية بين المعاملات بالجسيمات النانوية مقارنة بالشاهد، فقد تفوقت كل من معاملتي الرش بالجسيمات المحضرة بيولوجياً وكيميائياً (54.39 و55.92)% على التوالي ومعاملة نقع البذور بالجسيمات النانوية المحضرة بيولوجياً (52.37)% مقارنة بالشاهد الذي سجل (49.92)%، ويمكن أن يعود ذلك إلى زيادة في مؤشرات النمو الخضري لنباتات الفول مثل عدد الأفرع على النبات وارتفاع النبات في هذه المعاملات والتي أظهرتها نتائج [14]، الأمر الذي أدى إلى زيادة غلة البذور للنبات الواحد ووزن المئة بذرة، كما زادت الغلة البيولوجية (قش + بذور) في هذه المعاملات مما انعكس إيجابياً على مؤشر دليل الحصاد، انسجمت هذه النتيجة مع ما وجده [13]. لم يكن هناك فروق معنوية بين الصنفين المدروسين في متوسط هذه الصفة.

| المعاملة بالجسيمات النانوية (A) | الصنف (B) | | متوسط (A) |
|---|---|---|---|
| | قبرصي | حماه2 | |
| الشاهد (دون معاملة) | 50.06 | 49.78 | **49.92** |
| النقع بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً | 52.60 | 52.14 | **52.37** |
| النقع بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً | 51.58 | 51.00 | **51.29** |
| الرش بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً | 55.63 | 53.15 | **54.39** |
| الرش بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً | 55.97 | 55.87 | **55.92** |
| متوسط (B) | **53.17** | **52.39** | |
| $LSD_{0.05}$ | A | B | A*B |
| | 2.202 | 1.393 | 3.114 |

**الجدول (4) تأثير نقع البذور والرش الورقي بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية في صفة دليل الحصاد لمتوسط الموسمين المدروسين**

أظهرت النتائج أيضاً وجود أثر معنوي للتفاعل بين المعاملات بالجسيمات النانوية والصنفين المدروسين، حيث سجلت نباتات الصنف القبرصي المرشوشة بالزنك النانوي المحضر كيميائياً أعلى قيمة قدرها (55.97)% متفوقاً معنوياً على نباتات كلا الصنفين المعاملة بنقع البذور بالزنك النانوي المحضر بيولوجياً وكيميائياً والشاهد، بينما سجلّت نباتات الصنف حماه2 في الشاهد (دون معاملة) أدنى قيمة قدرها (49.78)%.

### 3-4- وزن المئة بذرة:

أوضحت النتائج تفوق معاملات نقع البذور والرش الورقي بالجسيمات النانوية معنوياً على الشاهد، حيث سجّلت (162.75 ، 159.0 ، 155.85 ، 153.10 غ) لكل من الرش بالجسيمات النانوية المحضرة كيميائياً، ونقع البذور بالجسيمات المحضرة بيولوجياً، والرش بالجسيمات النانوية المحضرة بيولوجياً، ونقع البذور بالجسيمات المحضرة كيميائياً على التوالي

مقارنة بـ (137.35) غ للشاهد، ويمكن أن يعود ذلك إلى الأثر الذي أحدثه الزنك في زيادة مساحة المسطح الورقي وتركيز الكلوروفيل في الأوراق التي بيّنتها الدراسة [14] حيث تفوقت النباتات المعاملة بجسيمات الزنك النانوية على نباتات الشاهد في متوسط هاتين الصفتين، مما أتاح للنبات القدرة على تصنيع المزيد من المواد الغذائية التي انتقلت بدورها إلى أماكن التخزين النهائية في البذور مما ساهم في زيادة حجم البذور وبالتالي زيادة وزن المئة بذرة، توافق ذلك مع النتائج التي حصل عليها كل من [5] و [8].

**الجدول (5) تأثير نقع البذور والرش الورقي بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية في صفة وزن المئة بذرة لمتوسط الموسمين المدروسين**

| المعاملة بالجسيمات النانوية (A) | الصنف (B) | | متوسط (A) |
|---|---|---|---|
| | قبرصي | حماه2 | |
| الشاهد (دون معاملة) | 149.50 | 125.20 | **137.35** |
| النقع بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً | 176.00 | 142.00 | **159.00** |
| النقع بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً | 164.20 | 142.00 | **153.10** |
| الرش بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً | 170.00 | 141.70 | **155.85** |
| الرش بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً | 174.00 | 151.50 | **162.75** |
| متوسط (B) | **166.74** | **140.48** | |
| **LSD 0.05** | A | B | A*B |
| | 10.880 | 6.880 | 15.390 |

كما أشارت النتائج إلى وجود فرق معنوي بين الصنفين المدروسين في متوسط هذه الصفة، حيث تفوق الصنف القبرصي بمتوسط قدره (166.74) غ على الصنف حماه2 الذي سجّل متوسط (140.48) غ، وقد يعود ذلك إلى الحجم الكبير لبذور الصنف القبرصي مقارنة بالصنف حماه2 الذي كانت حجم بذوره صغيرة إلى متوسطة ويمكن أن يكون ذلك صفة وراثية في الصنف.

التداخل المزدوج بين عوامل الدراسة كان له تأثير معنوي على متوسط هذه الصفة، حيث سجّلت نباتات الصنف القبرصي المعاملة بنقع البذور بجسيمات الزنك النانوية المحضرة بيولوجياً أعلى

قيمة قدرها (176) غ في حين سجّلت نباتات الصنف حماه2 للشاهد أدنى قيمة بلغت (125.2) غ.

### 3-5- الإنتاجية كغ/هكتار:

أوضحت النتائج في الجدول (6) تفوق معاملات نقع البذور بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة بيولوجياُ والرش الورقي بالجسيمات النانوية المحضرة بيولوجياً وكيميائياً على الشاهد وقد سجّلت على الترتيب (3140.5 ، 3083 ، 3055 كغ/هكتار) حين سجّل الشاهد (2546.5 كغ/هكتار)، وقد يعزى ذلك إلى دور الزنك في تحسين عناصر الغلة للنبات مثل عدد القرون/النبات، عدد البذور/القرن ووزن المئة بذرة، والتي انعكست إيجابياً على الغلة وأدت في النهاية إلى زيادتها، توافقت هذه النتيجة مع [5] و [9].

**الجدول (6) تأثير نقع البذور والرش الورقي بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية في صفة الإنتاجية لمتوسط الموسمين المدروسين**

| المعاملة بالجسيمات النانوية (A) | الصنف (B) | | متوسط |
|---|---|---|---|
| | قبرصي | حماه2 | (A) |
| **الشاهد (دون معاملة)** | 2741.00 | 2352.00 | **2546.50** |
| **النقع بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً** | 3247.00 | 3034.00 | **3140.50** |
| **النقع بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً** | 3046.00 | 2818.00 | **2932.00** |
| **الرش بجسيمات الزنك المحضرة بيولوجياً** | 3514.00 | 2652.00 | **3083.00** |
| **الرش بجسيمات الزنك المحضرة كيميائياً** | 3054.00 | 3056.00 | **3055.00** |
| **متوسط (B)** | **3120.40** | **2782.40** | |
| **LSD $_{0.05}$** | **A** | **B** | **A*B** |
| | 399.300 | 252.500 | 564.600 |

كما بيّنت النتائج وجود فرق معنوي بين الصنفين المدروسين في متوسط الغلة، حيث تفوق الصنف القبرصي بمتوسط قدره (3120.4) كغ/هكتار على الصنف حماه2 الذي سجّل متوسط

بلغ (2782.4) كغ/هكتار، وقد يعود ذلك إلى تفوق الصنف القبرصي في صفة وزن المئة بذرة حيث انعكس ذلك إيجابياً على الغلة.

يلاحظ من النتائج أيضاً أن التداخل المزدوج كان له تأثير معنوي على صفة الإنتاجية كغ/هكتار، حيث تفوقت نباتات الصنف القبرصي المرشوشة بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة بيولوجياً بأعلى قيمة قدرها (3514) كغ/هكتار، ولم يكن هناك أثر معنوي لمعاملة نباتات الصنف القبرصي بنقع البذور بالجسيمات النانوية المحضرة بيولوجياً وكيميائياً والرش الورقي بالجسيمات النانوية المحضرة كيميائياً التي سجّلت القيم (3247، 3046، 3054 كغ/هكتار) على التوالي مقارنة بالشاهد الذي سجّل (2741 كغ/هكتار)، بالنسبة للصنف حماه2 فقد سجّلت نباتاته المعاملة بنقع البذور بالجسيمات المحضرة بيولوجياً والمرشوشة بالجسيمات النانوية المحضرة كيميائياً ارتفاعاً في الانتاجية (3034، 3056 كغ/هكتار) على التوالي وبفرق معنوي عن الشاهد الذي سجّل أدنى انتاجية بلغت (2352) كغ/هكتار، في حين أن هذا الفرق لم يكن معنوياً بين المعاملة بنقع البذور بالجسيمات المحضرة كيميائياً والرش بالجسيمات المحضرة بيولوجياً والشاهد.

**4- الاستنتاجات:**

- تفوق الصنف القبرصي على الصنف حماه2 في صفات عدد القرون على النبات، وزن المئة بذرة والإنتاجية كغ/هكتار، في حين تفوق الصنف حماه2 على الصنف القبرصي في صفة عدد البذور في القرن فقط.
- سجّلت نباتات الصنف القبرصي المرشوشة بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة بيولوجياً أعلى قيمة لصفتي عدد القرون على النبات والإنتاجية كغ/هكتار.
- أظهرت معاملة الرش الورقي لنباتات الصنف حماه2 بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة كيميائياً تفوقاً في صفة عدد البذور في القرن.
- تفوقت معاملة الرش الورقي لنباتات الصنف القبرصي بجسيمات أوكسيد الزنك النانوية المحضرة كيميائياً في صفة دليل الحصاد.

- سجّلت معاملة نقع بذور الصنف القبرصي بالجسيمات النانوية المحضرة بيولوجياً أعلى قيمة لصفة وزن المئة بذرة.

**5- المقترحات والتوصيات:**

في ظروف تجربتنا والظروف المماثلة لها ينصح بما يلي:

- زراعة الصنف القبرصي في الزراعات المحلية في منطقة صافيتا الذي تميّز بغلة أعلى من الصنف حماه2.
- إمكانية تبني استخدام الرش الورقي بجسيمات أوكسيد الزنك المحضرة بيولوجياً كمعاملة ناجعة وذات تأثير فعّال في إنتاجية صنف الفول القبرصي.

**6- المراجع:**

1- GEREN H, ALAN O. 2007 An Investigation on the Herbage Yield and other Characteristics of some Faba Bean (*Vicia Faba* Var. Major) Cultivars Grown under Odemis Ecological Conditions, Journal of Agriculture Faculty of Ege University, 42(1), 59-66.

2- MEKKEI ME. 2014 Effect of intra-row spacing and seed size on yield and seed quality of faba bean (*Vicia faba* L.), International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 7(10), 665-670.

3- GALLOWAY JN, DENTENER FJ, CAPONE DG, BOYER EW, HOWARTH RW, SEITZINGER SP, and KARL DM. 2004 Nitrogen cycles: past, present, and future, Biogeochemistry, 70(2), 153-226.

4- ETEMADI F, HASHEMI M, ZANDVAKILI O, DOLATABADIAN A, and SADEGH-POUR A. 2018 Nitrogen contribution from winter-killed faba bean cover crop to spring-sown sweet corn in conventional and no-till systems, Agronomy Journal, 110(2), 455-462.

5- 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.

6- CARBONE M, DE ROSSI S, DONIA DT, DI MARCO G, GUSTAVINO B, ROSELLI L, ... & GISMONDI A. 2023 Biostimulants promoting growth of Vicia faba L. seedlings: inulin coated ZnO nanoparticles, Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 10(1), 134.

7- YOUSSEF MS, & ELAMAWI RM. 2020 Evaluation of phytotoxicity, cytotoxicity, and genotoxicity of ZnO nanoparticles in Vicia faba, Environmental Science and Pollution Research, 27(16), 18972-18984.

8- 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.

9- MAHDIEH M, SANGI MR, BAMDAD F, & GHANEM A. 2018 Effect of seed and foliar application of nano-zinc oxide, zinc chelate, and zinc sulphate rates on yield and growth of pinto bean (Phaseolus vulgaris) cultivars, Journal of Plant Nutrition, 41(18), 2401-2412.

10- BAYAT N, GHANBARI AA, & BAYRAMZADE V. 2020 Nanopriming a method for improving crop plants performance: a

case study of red beans, Journal of Plant Nutrition, 44(1), 142-151.

11- PEDRUZZI DP, ARAUJO LO, FALCO WF, MACHADO G, CASAGRANDE GA, COLBECK I, ... & CAIRES ARL. 2020 ZnO nanoparticles impact on the photosynthetic activity of Vicia faba: effect of particle size and concentration, NanoImpact, 19, 100246.

12- AL-ANTARY TA, KAHLEL A, GHIDAN A, & ASOUFI H. 2020 Effects of nanotechnology liquid fertilizers on fruit set and pods of broad bean (Vicia faba L.), Fresen. Environ. Bull, 29(6), 4794-4798.

13- GOMAA M, KANDIL EE, ABUO ZEID AZA, & SALIM B. 2016 Response of some faba bean to fertilizers manufactured by nanotechnology, Journal of The Advances in Agricultural Researches, 21(3), 384-399.

14- SALEH AA, ALNADDAF ML, MOUHNA AA. 2024 Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles using pericarps pomegranate peel and evaluation of their effect on some vegetative growth traits of two faba bean cultivars, In Press.

15- HAYAS B, MOUHNA A. 2007- Production of Cereal and Legume Crops, Theoretical Section. Publications of Al-Baath University, Faculty of Agriculture, P. 340.