تأثير عشبة الخردل الأبيض (*Sinapis alba* L.) وجسيمات أوكسيد النحاس النانوية على نبات الحمص

مزاحم الداحول* ماريت فاضل**

(الإيداع: 26 تشرين الثاني 2024، القبول: 5 شباط 2025)

الملخص:

نفذت التجربة بتصميم القطع المنشقة وبثلاثة مكررات، في مركز البحوث العلمية الزراعية بالسلمية خلال الموسمين الزراعيين 2022–2023 و 2023–2024 ، بهدف دراسة تأثير كُلّاً من الكثافة النباتية لعشبة الخردل الأبيض *Sinapis alba*. L، وجسيمات أوكسيد النحاس النانوية في نمو وقدرة محصول الحمص التنافسية وانعكاس ذلك على الإنتاجية من التبن والبذور. أظهرت نتائج متوسط الموسمين وجود تأثير غير معنوي لعُشبة الخردل الأبيض بكثافة 5 أعشاب/م^2 في نمو وإنتاجية محصول الحمص من التبن والبذور. أدى استخدام جسيمات أوكسيد النحاس النانوية بمعدل (100، 200 ملغ/1 لتر ماء مقطر) لتحسين نمو وإنتاجية الحمص من التبن والبذور مع أفضلية للمعدل الأعلى وبفروق معنوية، ولم يُلاحظ ظهور أعراض حساسية للمعدلين المستخدمين من جسيمات أوكسيد النحاس النانوية على نباتات الحمص.

الكلمات مفتاحية: عشبة الخردل أبيض، جسيمات أوكسيد النحاس النانوية، محصول الحمص ، الإنتاجية ، القدرة التنافسية.

*دكتور باحث في مركز البحوث العلمية الزراعية بالسلمية، حماه، سورية.

** ماجستير و باحث مساعد في مركز البحوث العلمية الزراعية بالسلمية، حماه، سورية.

The Effect of the White Mustard (*Sinapis alba* L.) and Copper Oxide Nanoparticles on Chickpea Plant

Mouzahem ALDahoul * **Mariette Fadel** **

(Received: 26 November 2024, Accepted: 5 February 2025)

Abstract:

The experiment was carried out in a split plot design and with three replications , at the Agricultural Scientific Research Center in Salamieh during the two agricultural seasons 2022-2023 and 2023-2024, with the aim of studying the effect of both plant density of the white mustard weed (*Sinapis alba* L.) , copper oxide nanoparticles in the growth and competitiveness of chickpea crop and its reflection on the productivity of hay and seeds. The results of the two seasons average showed a non-significant effect of white mustard grass with a density of 5 herbs/m^2 on the growth and productivity of chickpea crop from hay and seeds. The use of copper oxide nanoparticles at a rate of (100, 200 mg / 1 liter distilled water) improved the growth and productivity of chickpeas from hay and seeds with preference to the higher rate and with significant differences, and no symptoms of sensitivity to the rates used for copper oxide nanoparticles were observed on chickpea plants.

Keywords: white mustard weed, copper oxide nanoparticles, chickpea crop, productivity, competitiveness.

* Ph.D and researcher at The Agricultural Scientific Research Center in Salamieh, Hama, Syria,

** Master and Researcher assistant at The Agricultural Scientific Research Center in Salamieh, Hama, Syria.

1- المقدمة:

يُزرع محصول الحمص (*Cicer arietinum* .L) بشكل واسع في شتى أنحاء العالم (Croser *et al*., 2003)، ويعود موطنه الأصلي لإيران والقوقاز، وتزرعه كل من الهند والباكستان وإسبانيا والمكسيك وإيطاليا في مساحات واسعة (الورع، 2007)، وتعود أهمية الحمص إلى قيمته الغذائية العالية لاحتواء بذوره نسبة عالية من البروتين (19%– 29.7%) إضافة إلى الدهون (4%– 7.2%) والسللوز (12.8%) والفيتامينات (أ، ب، ج) (نقولا، 2005)، ويُعتبر الحمص واحداً من أهم المحاصيل البقولية الغذائية في القطر العربي السوري، حيث يُزرع بعلاً غالباً المساحة مع مساحة قليلة بشكل مروي تتركز معظمها في محافظة حماه، وقد بلغت المساحة المزروعة به عام 2020 (71.864) ألف هكتار وأعطت إنتاجاً (63.589) ألف طن وبغلة (0.885) طن/هـ (المجموعة الإحصائية السورية، 2020).

تنافس الأعشاب الضارة المحاصيل الزراعية على الماء والضوء والمواد الغذائية والفراغ (Radosevich *et al*., 1997)، وتسبب أضراراً وخسائراً كبيرةً، وقد اهتمت بعض الأبحاث بدراسة الفوائد من منافسة المحصول للأعشاب الضارة بسبب ازدياد أنواع الأعشاب المقاومة للمبيدات بشكل كبير خلال السنوات الأخيرة، وذلك من أجل وضع برنامج إدارة متكاملة للأعشاب وزيادة الإنتاجية (Blackshaw *et al*., 2007).

تُعد تقنية النانو من أحدث التقنيات التي تمَ استخدامها في العديد من مجالات الحياة الصناعية، والعسكرية، والطبيَة، والزراعية وغيرها، والتي يمكن من خلال تطبيقاتها المختلفة مواجهة التحديات الرئيسة والمشاكل المرتبطة بمجال الزراعة من انخفاض الكفاءة الإنتاجية للمناطق الزراعية و ازدياد المساحات الغير مزروعة وفقدان الموارد المائية ونقص العناصر الغذائية وتكثيف استخدام المبيدات الحشرية وضياع المنتجات الزراعية، وإيجاد الحلول المناسبة لمشاكل الأمن الغذائي لسكان العالم المتزايد أعداده باستمرار (Singh *et al*., 2021)، وتُعرف الجسيمات النانوية Nanoparticles بأنها جسيمات متناهية الصغر، يتراوح حجمها ما بين 1 و 100 نانومتر ، وإن علم النانو يهتم بدراسة المبادئ الأساسية للجزيئات والمركبات التي لا يتجاوز قياسها 100 نانومتر، كما يهتم بتوظيف هذه المواد المتناهية في الصغر من خلال تعيين خواصها وخصائصها الكيميائية والفيزيائية مع دراسة الظواهر المرتبطة والناشئة عن حجمها المُصغّر (نايقا، 2009 ؛ الإسكندراني، 2010).

تعد تطبيقات النانو في المجال الزراعي من أهم الأساليب الزراعية الحديثة، والتي لها دوراً مهماً في زيادة قدرة المحاصيل الزراعية على تحمل الظروف البيئية غير المناسبة التي تحد من نموها وتخفض من إنتاجيتها (Agrawal *et al*., 2014)، إضافة إلى دورها في تحسين خواص التربة ومكوناتها البيولوجية (Prasad *et al*., 2014)، كما إنها تُحقق انخفاضاً كبيراً في الإصابة بالأمراض الفطرية الوبائية كالتبقع الشوكولاتي على الفول (Ahmed, 2017)، وقد أشار الباحثان Naderi و Abedi (2012) إلى إمكانية تحسين صفات وجودة النباتات الناتجة بعد معاملتها بجسيمات العناصر النانوية، وزيادة قدرتها على مقاومة الأمراض والمسببات الفطرية والبكتيرية والفيروسية المؤثرة على الحاصل النباتي، حيث أمكن استخدام الجسيمات النانوية لعدة عناصر كالنحاس والزنك والفضة وغيرها بشكل فعال في المبيدات المضادة للممرضات النباتية (Cioffi *et al*., 2005; Ren *et al*., 2009; Jia *et al*., 2012)، وكانت جسيمات الفضة النانوية الأكثر دراسةً واستخداماً كمضاد فطري (Morones *et al*., 2005)، ونظراً لعدم وجود دراسات سابقة عالمية ومحلية توضح إمكانية استخدام تقنية النانو في مجال إدارة الأعشاب الضارة، فقد نُفّذ هذا البحث بهدف دراسة تأثير جسيمات أوكسيد النحاس النانوية في القدرة التنافسية لمحصول الحمص لعشبة الخردل الأبيض *Sinapis alba*. L وانعكاس هذا التأثير على نمو وإنتاجية المحصول من التبن والبذور، وفق معدلات مختلفة من محلول الجسيمات .

2- مواد البحث وطرائقه:

نُفذت التجربة في الموسمين الزراعيين 2023-2022و 2024-2023 ضمن تصميم القطع المُنشقة وبثلاثة مكررات، بحيث احتوت التجربة على كثافتين من عُشبة الخردل الأبيض (0، 5) أعشاب/م^2 كقطع رئيسية، ومعدلي استخدام لجسيمات أوكسيد النحاس النانوية (100، 200) ملغ/1 لتر ماء مقطر إضافة للشاهد الغير معامل بمحلول الجسيمات ، وذلك بنقع بذور الحمص (صنف غاب 3) بمحلولي جسيمات أوكسيد النحاس النانوية لمدة 24 ساعة، وبذور الشاهد في الماء المقطر فقط وذلك قبل الزراعة ، علماً بأنه تم تحضير هذين المحلولين عن طريق وضع كُلّاً من المعدلين المختبرين في لتر واحد من الماء المقطر وثم تم التحريك في حمام مائي حتى تمام الذوبان، وذلك حسب الباحثين(Ramazani و Fardood، 2018).

2-1- التحضير الحيوي لجسيمات أوكسيد النحاس النانوية :

تمت عملية التحضير حيوياً بمزج 100 مل من مستخلص الشاي الأخضر مع محلول سلفات النحاس المائية (المحضر بإذابة 5 غ من سلفات النحاس المائية في 250 مل ماء مقطر) كما تم إضافة عدة قطرات من محلول الصودا الكاوية NaoH عيار 1 مولار ومن ثم تعريض المزيج لحمام مائي بهدف تسريع التفاعل وتشكل الجسيمات الذي يمكن ملاحظته من تغير لون المزيج كدليل أولي على التشكل وفيما بعد توزيع المزيج على أنابيب اختبار حجم 10 مل و تعريضها للتثفيل بسرعة 2500 دورة/د لترسيب الجسيمات المتشكلة، وبعد التخلص من الرائق تم إضافة (2-1) مل من محلول الأسيتون لكل أنبوب مع الرج اليدوي ومن ثم تفريغ محتوى كل أنبوب في أطباق بتري وذلك للحصول على الجسيمات جافة وبشكل بودرة ليتم وزن (200-100) ملغ منها وإذابة كل منهما في 1 لتر ماء مقطر .

2-2- موقع تنفيذ التجربة و طريقة الزراعة :

جرت التجربة في مركز البحوث العلمية الزراعية بالسلمية في الموسمين الزراعيين 2022-2023 و 2024-2023 ، في أرض تربتها لومية (41% رمل،34% سلت، 25% طين)، وتحتوي على 1.86% مادة عضوية، ودرجة حموضة PH=8.65، حيث تم تجهيز أرض التجربة بفلاحتين متعامدتين، وأُضيف سماد يوريا بكمية 40 كغ/هـ وسوبر فوسفات ثلاثي بكمية 50 كغ/هكتار في كل من الموسمين الزراعيين وذلك حسب نتائج تحليل التربة، وخُطّطت الأرض على مسافة 45 سم بين كل خطين متجاورين، وبعد ذلك زُرعت بذور الحمص بمعدل 120 كغ/هـ (45 بذرة/م^2 وذلك اعتماداً على متوسط وزن الـ 1000 بذرة)، وبشكل يدوي بتاريخ 2022/12/27 في الموسم الأول و2023/12/27 في الموسم الثاني ، وكان عدد خطوط الزراعة ثلاثة خطوط في القطعة التجريبية الواحدة، وقد احتوى كل خط مزروع على 15 بذرة، وبمساحة 1 م^2 للقطعة التجريبية الواحدة.

زرعت عشبة الخردل الأبيض *Sinapis alba*. L بنثر بذورها والتي جُمعت في الموسم السابق في أرض التجربة بنفس تاريخ زراعة الحمص أيضاً لضمان تواجدها في كل القطع التجريبية، وعندما وصلت عشبة الخردل لطور 2-4 أوراق حقيقية اقتلعت كافة الأعشاب المنبتة في القطع التجريبية ما عدا ما ينبت من العشبة المدروسة، وتم تثبيت عددها (بالعدد المدروس) حسب مخطط التجربة بتاريخ 2023/2/21 في الموسم الأول و2024/2/20 في الموسم الثاني ، وقد كانت نباتات الحمص بمرحلة 4-5 أوراق وبارتفاع 5-7 سم في كلا الموسمين ، وقد تم المحافظة على عدد الأعشاب المدروسة بمتابعة إزالة ما ينبت من أعشاب جديدة طيلة موسم النمو.

تم تقييم تأثير كل من جسيمات أوكسيد النحاس والخردل الأبيض على نمو وإنتاجية الحمص من خلال دراسة عدة مؤشرات وفق القراءات التالية:

– الارتفاع والوزن الأخضر لأعشاب الخردل الأبيض، حيث تم أخذ متوسط ارتفاع جميع الأعشاب مُقدراً بـ (سم) ضمن كل قطعة تجريبية، وثم تم حش مجموعها الخضري عند مستوى الأرض ووزنها مقدراً بالـ غ/م^2، وذلك بتاريخ 2023/4/18 في الموسم الأول و 2024/4/17 في الموسم الثاني ، وكان الحمص بمرحلة الإزهار الكامل.

– درجة السميّة لمعدلات جسيمات أوكسيد النحاس النانوية على محصول الحمص، حيث تمّ تقييم السّمية النباتية بالاعتماد على النظام المقترح من قبل جمعية أبحاث الأعشاب الأوروبية EWRS المتمثل بسلّم رقمي لوغاريتمي يتدرج من 1 إلى 9 درجات، حيث يمثل الرقم 1 نباتات سليمة غير متأثرة بالمعاملات، ويمثّل الرقم 9 أقصى درجات التأثر وموت النباتات (الجدول 1).

الجدول رقم (1): سلم تصنيف جمعية أبحاث الأعشاب الأوروبية EWRS لتقييم التحمل النباتي:

الدرجة	أعراض التسمّم النباتي للمحصول
1	نباتات سليمة ولا توجد أعراض سمّية مطلقاً
2	أعراض خفيفة جداً ؛ تقزّم خفيف أو اصفرار
3	أعراض خفيفة مثل (2) ؛ ولكنها مرئية بوضوح
4	اصفرار أشد قد يصاحبه تقزّم دون احتمال انعكاسه على الإنتاج
5	انتصاب ضعيف للنبات ؛ اصفرار شديد يصاحبه تقزم ويحتمل انعكاسه على الإنتاج
6	يزداد الضّرر (الاصفرار و التقزّم) أكثر من (5)
7	غياب بعض النباتات في القطعة التجريبية أقل من 50 %
8	غياب بعض النباتات في القطعة التجريبية أكثر من 50 %
9	موت كامل نباتات القطعة التجريبية

– الارتفاع لنباتات الحمص عند نضج المحصول، حيث تم أخذ متوسط 10 نباتات/القطعة التجريبية.

– غلة الحمص من التبن والبذور (كغ/هكتار) بعد الحصاد، والذي تم بتاريخ 25 و2023/5/28 في الموسم الأول و 2024/5/28 في الموسم الثاني.

تم أخذ متوسط للقراءات المدروسة في الموسمين المزروعين ، وثم حُلّلت النتائج بواسطة برنامج Genstat12th وقُورنت المتوسطات باختبار أقل فرق معنوي عند مستوى معنوية 5%.

3– النتائج والمناقشة:

3–1– درجة السمية لمعدلات جسيمات أوكسيد النحاس النانوية على نبات الحمص

تبين من خلال ملاحظاتنا الحقلية لنمو نباتات محصول الحمص ووفقاً لتقييم سلم جمعية الأعشاب الأوروبية EWRS، عدم ظهور أي سمية بعد 30 يوماً من الزراعة لمعاملتي جسيمات أوكسيد النحاس النانوية المُختبرة على نباتات الحمص، ولم تظهر أية أعراض سمية فيما بعد (الجدول 2).

3–2– تأثير كل من جسيمات أوكسيد النحاس النانوية وعشبة الخردل الأبيض على ارتفاع نبات الحمص

أظهر التحليل الإحصائي وجود فروق بين المعاملات الرئيسية والمنشقة ووجود تفاعل فيما بينها فيما يتعلق بارتفاع نباتات الحمص، وكانت الفروق غير معنوية بين المعاملات الرئيسية حيث سجلت كثافة الخردل 5 أعشاب/م^2 ارتفاعاً 36.16سم مقارنة مع الارتفاع 33.38 سم عند الكثافة 0 عُشبة/م^2، وإن هذا التأثير العكسي يعود للمنافسة بين الخردل الأبيض والحمص على الضوء، والتي أدّت إلى زيادة ارتفاع نباتات الحمص على حساب التفرع عند وجود أعشاب الخردل،

أما الفروق بين معاملات جسيمات أوكسيد النحاس النانوية فقد كانت معنوية عالية فيما بينها، حيث لوحظ تزايد ارتفاع نباتات الحمص مع زيادة المعدل المُستخدم، وقد كان أعلى ارتفاع مُسجل للحمص عند المعدل 200 ملغ/1 لتر ماء مقطر من جسيمات أوكسيد النحاس النانوية، حيث سجَّل بالمتوسط 38.28 سم (الجدول 2)، وإن تحسين نمو نباتات الحمص يعود للدور الإيجابي لجسيمات أوكسيد النحاس النانوية في رفع سوية العمليات المسؤولة عن استطالة نباتات المحصول المعامل بها وهذا يتوافق مع نتائج الباحثين El–Batal وآخرون (2016)، ويتوافق أيضاً مع نتائج الباحثين Nile وآخرون (2022) والذين أكدوا التأثير الإيجابي لنقع بذور المحاصيل في محاليل جسيمات نانوية مختلفة لعدة عناصر معدنية (جسيمات أوكسيد الزنك، الفضة، الحديد وغيرها) في تحسين نمو النباتات المعاملة بها.

تبين وجود تفاعل بين القطع الرئيسية والمنشقة وبفروق معنوية عالية، حيث وجد عند معاملتي جسيمات أوكسيد النحاس النانوية المختبرة (100، 200) ملغ/1 لتر ماء مقطر ازدياداً في ارتفاع نباتات الحمص عند ازدياد كثافة أعشاب الخردل الأبيض في المتر المربع من 0 إلى 5 أعشاب/م^2، حيث سجل الحمص زيادة في الارتفاع من (32.63، 37.3) سم إلى (40.87، 39.27) سم على التوالي عند زيادة كثافة الخردل الأبيض من 0 إلى 5 أعشاب/م^2، وكذلك لوحظ عند الكثافة 0 عُشبة/م^2 أن ارتفاع الحمص يتزايد من ازدياد معدل استخدام جسيمات أوكسيد النحاس النانوية بدءاً من الشاهد 0 ملغ/1 لتر ماء مقطر إلى 100 ثم 200 ملغ/1 لتر ماء مقطر، حيث بلغ الارتفاع عندهم (30.2، 32.63، 37.3) سم على التوالي، وهذا كُله قد يدل على القدرة الإيجابية لمعاملات جسيمات أوكسيد النحاس النانوية في زيادة نمو الحمص وبالتالي رفع قدرته التنافسية اتجاه عشبة الخردل الأبيض (الجدول 2).

لوحظ أيضاً عند عدم استخدام لجسيمات أوكسيد النحاس النانوي (الشاهد) انخفاضاً في ارتفاع نباتات الحمص من 30.2 سم إلى 28.33 سم عند زيادة كثافة عشبة الخردل الأبيض من 0 إلى 5 أعشاب/م^2 على التوالي نتيجة المنافسة على المواد الغذائية والماء (الجدول 2).

– الجدول رقم (2): السمية النباتية لمحلول الجسيمات و تأثير كل من كثافة الخردل الأبيض وجسيمات أوكسيد النحاس النانوية في ارتفاع الحمص:

المعاملة Tre	السمية النباتية بعد 30 يوماً من الزراعة			ارتفاع الحمص (سم)		
	S0	S5	المتوسط	S0	S5	المتوسط
N0	1	1	1	30.2	28.33	**29.27^b**
N100	1	1	1	32.63	40.87	**36.75^a**
N200	1	1	1	37.3	39.27	**38.28^a**
المتوسط	1	1	1	**33.38**	36.16	_
LSD 0.05	_	_	_	**Tre:**		2.334
	_	_	_	**S:**		*
	_	_	_	**S.Tre:**		4.838

Tre: معاملات تجريبية (معدل استخدام جسيمات أوكسيد النحاس النانوية)

S: كثافة أعشاب الخردل الأبيض

S0: 0 عشبة خردل أبيض/م^2

S5: 5 أعشاب خردل أبيض/م^2 **N0:** 0 ملغ جسيمات أوكسيد النحاس النانوية/1 لتر ماء مقطر (شاهد)

N10 100 ملغ جسيمات أوكسيد النحاس **N200:** 200 ملغ جسيمات أوكسيد النحاس النانوية/1 لتر ماء مقطر

0: النانوية/1 لتر ماء مقطر

Tre. التفاعل بين كثافة أعشاب الخردل ***:** لا توجد فروق معنوية

S: الأبيض والمعاملات التجريبية

3-3-تأثير جسيمات أوكسيد النحاس النانوية في نمو عشبة الخردل الأبيض:

أشار التحليل الإحصائي إلى عدم وجود فروق معنوية لتأثير معدلات جسيمات أوكسيد النحاس النانوية المُستخدمة في ارتفاع أعشاب الخردل الأبيض ووزنها الأخضر، مع تسجيل وجود انخفاض ظاهري في الوزن الأخضر مع ازدياد المعدل المستخدم من جسيمات أوكسيد النحاس النانوية بدءاً من 0 حتى 200 ملغ جسيمات أوكسيد النحاس النانوية/1 لتر ماء مقطر، حيث بلغ الوزن (274، 235، 211) غ/م^2 على التوالي (الجدول 3)، وهذا يعود لقدرة جسيمات أوكسيد النحاس النانوية في تحسين نمو وارتفاع نباتات الحمص ورفع قدرتها التنافسية، وإن عدم ظهور فروق معنوية يعود لقوة نمو عشبة الخردل الأبيض مقارنة بالحمص مما يستدعي الضرورة لإجراء أبحاث جديدة بمعدلات أعلى من جسيمات أوكسيد النحاس النانوية وبمركبات نانوية أخرى تُحسّن نمو الحمص بشكل أكبر لتكون أكثر منافسةً.

– الجدول رقم (3). تأثير كثافة الخردل الأبيض وجسيمات أوكسيد النحاس النانوية على ارتفاع أعشاب الخردل الأبيض ووزنها الأخضر:

المعاملة Tre	ارتفاع أعشاب الخردل الأبيض (سم)			الوزن الأخضر للخردل (غ/م^2)		
	S0	S5	المتوسط	S0	S5	المتوسط
N0	0	67	**33.5**	0	547	**274**
N100	0	65.3	**32.7**	0	469	**235**
N200	0	70.3	**35.2**	0	422	**211**
المتوسط	**0^b**	**67.6^a**	_	**0^b**	**479^a**	_
LSD 0.05	**Tre:**		*	**Tre:**		*
	S:		27.12	**S:**		147.8
	S.Tre:		*	**S.Tre:**		*

Tre: معاملات تجريبية (معدل استخدام جسيمات أوكسيد النحاس النانوية) **S:** كثافة أعشاب الخردل الأبيض **S0:** 0 عشبة خردل أبيض/م^2

S5:	5 أعشاب خردل أبيض/م^2	**N0:**	0 ملغ جسيمات أوكسيد النحاس النانوية/1 لتر ماء مقطر (شاهد)
N10	100 ملغ جسيمات أوكسيد النحاس النانوية/1 لتر ماء مقطر	**N20**	200 ملغ جسيمات أوكسيد النحاس النانوية/1 لتر ماء مقطر
0:		**0:**	
Tre.	التفاعل بين كثافة أعشاب الخردل الأبيض والمعاملات التجريبية	*:	لا توجد فروق معنوية
S:			

3-4- تأثير كثافة الخردل الأبيض وجسيمات أوكسيد النحاس النانوية في إنتاجية الحمص:

كشف التحليل الإحصائي عن عدم وجود فروق معنوية لتأثير كلاً من كثافة الخردل الأبيض ومعدلات جسيمات أوكسيد النحاس النانوية في إنتاجية الحمص من التبن، مع ملاحظة وجود تفوق ظاهري لكثافة الخردل الأبيض 0 عُشبة/م^2 بغلة 2020 كغ/هـ على كثافة 5 أعشاب/م^2 بغلة 1993 كغ/هـ، بسبب انعدام المنافسة على المواد الغذائية والضوء، وكذلك لوحظ تزايد ظاهري في غلة الحمص من التبن عند زيادة معدل جسيمات أوكسيد النحاس النانوية المستخدم من 0 ملغ/1 لتر ماء مقطر (الشاهد) إلى 100 و200 ملغ/1 لتر ماء مقطر، حيث سجَّلوا غلة تبن (1997، 2012، 2012) كغ/هـ على التوالي (الجدول 4)، وإن تحسين غلة التبن يتوافق مع نتائج الباحثين Nezhad وآخرون (2015)، والذين بيَّنوا زيادة غلة تبن الحمص عند استخدام محاليل الحديد والزنك النانوي مقارنة بالشاهد الغير معامل بها، ويتوافق مع الباحثين Farooq وآخرون (2020)، والذين بيَّنوا فعالية جسيمات الفضة والزنك النانوية في تحفيز نبات اللوبياء الشعاعية (*Vigna radiate* L.) على عملية الانقسام وإعطاء نموات جديدة من أفرع وأوراق وبالتالي زيادة غلة التبن.

لوحظ عند عدم استخدام جسيمات أوكسيد النحاس النانوية (الشاهد) انخفاض في غلة التبن للحمص من 2060 كغ/هـ إلى 1933 كغ/هـ عند زيادة كثافة عشبة الخردل الأبيض من 0 إلى 5 أعشاب/م^2 على التوالي نتيجة المنافسة على المواد الغذائية والماء (الجدول 4). بيَّنت النتائج الموضحة في الجدول (4) عدم وجود فروق معنوية بين كثافتي الخردل الأبيض المختبرة فيما بينهما، مع ملاحظة تفوّق ظاهري لكثافة الخردل الأبيض 5 أعشاب/م^2 بغلة 822 كغ/هـ من بذور الحمص على كثافة 0 عُشبة/م^2 والتي أعطت 702 كغ/هـ، وهذا يتناقض مع التأثير السلبي للمنافسة بين الأعشاب الضارة والمحصول، ويمكن ردُّ ذلك إلى تأثير جسيمات أوكسيد النحاس النانوية (القطع المُنشقة) في زيادة الإنتاجية من البذور رغم المنافسة بين الخردل الأبيض والحمص.

أدى تزايد معدل جسيمات أوكسيد النحاس النانوية المُستخدم من 0 إلى 200 ملغ/1 لتر ماء مقطر إلى تزايد غلة الحمص من البذور وبفروق معنوية فيما بينها، حيث سجَّلوا غلة بذرية (550، 810، 927) كغ/هـ على التوالي (الجدول 4)، وإن زيادة غلة البذور عند استخدام معدلي جسيمات أوكسيد النحاس النانوية (100، 200) ملغ/1 لتر ماء مقطر يتوافق مع نتائج الباحثين Das و Dutta (2022)، واللذين بيَّنا في دراستهما التي أُجريت في الهند زيادة الغلة البذرية للحمص عند استخدام محلول جسيمات الفضة النانوية نقعاً للبذور قبل الزراعة، وذلك نتيجة زيادة نسبة الإنبات وزيادة عدد القرون الممتلئة على النباتات الناتجة عن البذور المعاملة بمحلول النانو.

أظهر التحليل الإحصائي وجود تفاعل معنوي عالٍ بين القطع التجريبية الرئيسية والقطع المنشقة، حيث لوحظ عند جميع معاملات جسيمات أوكسيد النحاس النانوية المختبرة زيادة في غلة البذور وبفروق معنوية عالية عند زيادة كثافة أعشاب الخردل الأبيض من 0 إلى 5 أعشاب/م^2، وقد بلغت الإنتاجية من البذور عند المعاملتين المختبرتين من جسيمات أوكسيد النحاس النانوية (100، 200) ملغ/1 لتر ماء مقطر عند كثافة الخردل الأبيض 0 عشبة/م^2 (587، 953) كغ/هـ على

التوالي، مقابل (1033، 900) كغ/هـ على التوالي عند مثيلاتها من معاملات جسيمات أوكسيد النحاس النانوية عند كثافة 5 أعشاب/م^2 من الخردل الأبيض (الجدول 4)، وهذا يدل على التأثير الكبير لجسيمات أوكسيد النحاس النانوية بالمعدلين المختبرين في زيادة غلة الحمص من البذور رغم المنافسة مع عشبة الخردل الأبيض (الجدول 4).

أدت المنافسة على المواد الغذائية والماء من قبل أعشاب الخردل الأبيض للحمص عند عدم استخدام جسيمات أوكسيد النحاس النانوية (الشاهد) لانخفاض في غلة بذور الحمص من 567 كغ/هـ إلى 533 كغ/هـ عند زيادة الكثافة من 0 إلى 5 أعشاب/م^2 على التوالي (الجدول 4)، وهذا يتوافق من نتائج الباحثين Shiv وآخرون (2023)، والذي بيَّنوا انخفاض غلة الحمص من البذور بنسبة تتراوح بين 17.1% و 50% نتيجة منافسة الأعشاب الضارة للمحصول.

إن إعطاء كثافة الخردل الأبيض 5 أعشاب/م^2 أعلى غلة من بذور الحمص قاد لجعل دليل الحصاد عندها والبالغ 29.16% أعلى دليل وبفروق ظاهرية مقارنة مع الكثافة 0 أعشاب/م^2 بدليل حصاد 26.09% (الجدول 4).

بيَّنت النتائج الموضحة في الجدول (4) أن زيادة معدل جسيمات أوكسيد النحاس النانوية من الشاهد 0 ملغ/1 لتر ماء مقطر إلى 100 ثم 200 ملغ/1 لتر ماء مقطر أدى لزيادة في دليل الحصاد وبفروق معنوية عالية، حيث سجَّلوا (22.16%، 28.85%، 31.88%) على التوالي، وهذا عائد للتزايد المعنوي في إنتاجيتها من البذور.

لوحظ وجود تفاعل بفروق معنوية عالية بين كثافتي الخردل الأبيض ومعدلات جسيمات أوكسيد النحاس النانوية المُختبرة، حيث سجَّلت جميع معاملات جسيمات أوكسيد النحاس النانوية (0، 100، 200) ملغ/1 لتر ماء مقطر عند كثافة الخردل الأبيض0 عُشبة/م^2 دليل حصاد (22.36%، 22.96%، 32.96%) على التوالي، مقارنة بمثيلاتها عند كثافة الخردل الأبيض 5 أعشاب/م^2، والتي ارتفع دليل حصادها إلى (21.95%، 34.73%، 30.80%) على التوالي (الجدول 4).

– الجدول رقم (4): تأثير كثافة الخردل الأبيض وجسيمات أوكسيد النحاس النانوية على إنتاجية الحمص من التبن والبذور، وعلى دليل الحصاد:

المعاملة Tre	إنتاجية الحمص (كغ/هـ)						دليل الحصاد (%)		
	غلة التبن			غلة البذور					
	S0	S5	المتوسط	S0	S5	المتوسط	S0	S5	المتوسط
N0	2060	1933	**1997**	567	533	**550^c**	22.36	21.95	**22.16^b**
N100	2063	1960	**2012**	587	1033	**810^b**	22.96	34.73	**28.85^a**
N200	1937	2087	**2012**	953	900	**927^a**	32.96	30.80	**31.88^a**
المتوسط	**2020**	**1993**	_	**702**	**822**	_	**26.09**	**29.16**	_
LSD 0.05	:Tre		*	:Tre		101.1	:Tre		4.157
	:S		*	:S		*	:S		*
	:S.Tre		*	:S.Tre		145.3	:S.Tre		7.023

Tre: معاملات تجريبية (معدل استخدام جسيمات أوكسيد النحاس النانوية) **S** كثافة أعشاب الخردل الأبيض : **0** عشبة خردل أبيض/م^2

S5: 5 أعشاب خردل أبيض/م^2 **N 0:** 0 ملغ جسيمات أوكسيد النحاس النانوية/1 لتر ماء مقطر (شاهد)

N10 0: 100 ملغ جسيمات أوكسيد النحاس النانوية/1 لتر ماء مقطر **N20 0:** 200 ملغ جسيمات أوكسيد النحاس النانوية/1 لتر ماء مقطر

Tre. التفاعل بين كثافة أعشاب الخردل الأبيض والمعاملات

S: التجريبية

*: لا توجد فروق معنوية

4- الخلاصة:

- لم تُؤثر منافسة أعشاب الخردل الأبيض بالكثافة المختبرة (5 أعشاب/م^2) للحمص على المواد الغذائية والماء معنوياً في ارتفاع نباتات الحمص وفي إنتاجيتها من التبن والبذور.
- لم يُسبب استخدام معاملتي جسيمات أوكسيد النحاس النانوية (100، 200 ملغ/1 لتر ماء مقطر) لظهور أي حساسية ظاهرية على نباتات الحمص.
- أدى استخدام معاملتي جسيمات أوكسيد النحاس النانوية المختبرتين لتحسين نمو وإنتاجية الحمص من التبن والبذور.
- أعطت معاملة جسيمات أوكسيد النحاس النانوية (200 ملغ/1 لتر ماء مقطر) أفضل نمو لنباتات الحمص وأعلى إنتاجية من التبن والبذور وأعلى دليل للحصاد مقارنة مع بقية المعاملات التجريبية.

5- التوصيات:

- متابعة التجارب باستخدام معدلات مختلفة من جسيمات أوكسيد النحاس النانوية لتحديد الأنسب منها في تحقيق أفضل نمو ومنافسة لأعشاب الخردل الأبيض للوصول لأعلى إنتاجية ممكنة للحمص من التبن والبذور.
- إجراء أبحاث أخرى باستخدام مواد نانوية مختلفة على محاصيل زراعية أخرى لإمكانية الاستفادة منها في مجال تحسين منافسة المحاصيل للأعشاب الضارة وزيادة الإنتاجية.
- دراسة إمكانية إدخال المواد النانوية المختلفة في تجارب مبيدات الأعشاب وبيان مدى قدرتها وفائدتها في تخفيض معدلات استخدام هذه المبيدات.

6- المراجع:

- الإسكندراني، محمد، 2010، تكنولوجيا النانو من أجل غذاء أفضل، عالم المعرفة، السلسلة الشهرية التي يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والأدب، الكويت، العدد 144.
- الورع، بشير، 2007. الحمص الشتوي وأصنافه عالية الإنتاج، نشرة إرشادية، قسم الإعلام، مديرية التخطيط والتعاون الدولي، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، سورية، 29 صفحة.
- المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية، 2020. المحاصيل والخضار الشتوية، مديرية التخطيط والتعاون الدولي، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، سورية، الجدول رقم 15.
- نايقا، منير، 2009، مقدمة في فهم علم النانو تكنولوجي، دار العربية للعلوم، الطبعة الأولى، لبنان، 17 صفحة.
- نقولا، ميشيل، 2005، محاصيل العلف، منشورات جامعة البعث، كلية الهندسة الزراعية، 204 صفحة.
- Agrawal, Sh and P. Rathore. (2014). Nanotechnology pros and cons to agriculture. Int J Curr Microbiol App Sci 43-55.
- Ahmed, A (2017). Chitosan and Silver Nanoparticles as Control Agents of Some Faba Bean Spot Diseases. Plant Pathol Microbiol: 8:9.

- Blackshaw, R.E., R.L. Anderson, and D. Lemerle (2007). Cultural weed management . chapter 3 . p: 35 – 36. In : Upadhyaya, M.K ; Blackshaw, R.E. 2007 . Non-chemical weed management: principles, concepts and technology . 239 P .
- Cioffi, N., L. Torsi, N. Ditaranto, G. Tantillo, L. Ghibelli, L. Sabbatini, T. Bleve-Zacheo, M. D'Alessio, P.G. Zambonin, and E. Traversa (2005). Copper nanoparticle/polymer composites with antifungal and bacteriostatic properties. Chem Mater 17: 5255-5262.
- Croser, J.S, H.J. Clarke, K.H. Siddique and T.N. Khan (2003). Low-temperature stress: implications for chickpea (*Cicer arietinum* L.) improvement. Crit Rev Plant Sci 22:185–219.
- Das, G and P. Dutta (2022). Effect of nanopriming with zinc oxide and silver nanoparticles on storage of chickpea seeds and management of wilt disease. J. Agr. Sci. Tech. 24(1): 213-226.
- El-Batal ,Ahmed ,Gharib , Fatma , Ghazi , Safia , Hegazi , Amal , Abd El-Hafiz , Asmaa , 2016 , Physiological Responses of Two Varieties of Common Bean (Phaseolus vulgaris L.) to Foliar Application of Silver Nanoparticles , Nanomaterials and Nanotechnology , 2016, 6:13 | doi: 10.5772/62202 , Regular Paper .
- Farooq, O., T. Yasir, N. Sarwar, Sh. Wasay Allah and A. Baloch (2020). Improving growth and yield of mung bean (*Vigna radiate* L.) through foliar application of silver and zinc nanoparticles. Pure Appl. Biol. 9(1): 790-797.
- Jia, B., Y. Mei, L. Cheng, J. Zhou, and L. Zhang (2012). Preparation of copper nanoparticles coated cellulose films with antibacterial properties through one-step reduction. ACS Appl Mater Interfaces 4: 2897-2902.
- Morones, J.R., J.L. Elechiguerra, A.K. Caacho, J.B. Kouri, and J.T. Ramirez (2005). The bactericidal effect of silver nanoparticles. Nanobiotechnol 16: 2346-2353 .
- Naderi, M.R. and A. Abedi (2012). Application of nanotechnology in agriculture and refinement of environmental pollutants. J. Nanotech., 11(1): 18-26.
- Nezhad, M., Kh. Mohammadi and M. Valadkhan (2015). Effect of priming and foliar application of nanoparticles on agronomic traits of chickpea. BiologicalForum-An International Journal. 7(2): 599-602.
- Nile, Sh., R. Shamynathan, Y. Wang and G. Kail (2022). Nano-priming as emerging seed priming technology for sustainabie agricultyre recent developments and future perspectives. Journal of Nanobiotechnology. 20: 254.
- Radosevich, S., J. Holt and C. Ghersa (1997). Weed ecology: implications for management. 2nd Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York. 589 p.

- Ramazani, A and S.T. Fardood (2018). Black Tea Extract Mediated Green Synthesis of Copper Oxide Nanoparticles. Journal of Applied Chemical Research. 12(2): 8-15.
- Ren, G., D. Hu, E.W.C. Cheng, M.A. Vargas-Reus, P. Reip, and R.P. Allaker (2009). Characterisation of copper oxide nanoparticles for antimicrobial applications. Int J Antimicrob Agents 33: 587-590.
- Shiv, S., S.B. Agrawal, B. Verma, P.S. Yadav, R. Singh, M. Porwal, J. Sisodiya and R. Patel, (2023). Weed dynamics and productivity of chickpea as affected by weed management practices. Poll Res. 42(2): 201-204.
- Singh, H., A. Sharma, Sk. Bhardwaj, Sk. Arya, N. Bhardwaj and M. Khatri. (2021). Recent advances in the applications of nanoagrochemicals for sustainable agricultural development. Environ Sci Process Impacts. 23(2): 213-39.