تأثير استخدام أسمدة الزنك والحديد والمولبيدنيوم في بعض المؤشرات الإنتاجية لمحصول الحمص (*Cicer arietinum* L) في ظروف مدينة حمص

يامن الحسن[1]* و عبد الله العيسى[1] و محمود الحمدان[2]

[1] قسم التربة واستصلاح الأراضي، كلية الهندسة الزراعية، جامعة حمص، سورية.

[2] مركز بحوث حمص، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، حمص، سورية.

(*للمراسلة: م. يامن الحسن، البريد الإلكتروني: yamenalhasan71@gmail.com)

تاريخ الاستلام: 12/ 1/ 2026 **تاريخ القبول:** 4/ 3/ 2026

الملخّص

نُفّذَ هذا البحث بهدف دراسة تأثير التسميد بالعناصر الصغرى (الزنك، والحديد، والمولبيدنيوم) في بعض المؤشرات الإنتاجية لمحصول الحمص تحت الظروف الحقلية في مركز البحوث العلمية الزراعية بمدينة حمص – سورية خلال الموسم الزراعي 2024، صُمِّمت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بثماني معاملات وثلاثة مكررات، تضمنت المعاملات: الشاهد (دون إضافة)، والتسميد المنفرد بكبريتات الزنك 5 كغ/ هـ، وشيلات الحديد 5 كغ/ هـ، ومولبيدات الأمونيوم 200 مل/ هـ، والتسميد المشترك زنك مع حديد (2.5، 2.5 كغ/ هـ)، وزنك مع مولبيدنيوم (2.5 كغ/ هـ، 100مل/ هـ)، وحديد مع مولبيدنيوم (2.5 كغ/ هـ، 100 مل/ هـ)، والمعاملة الثلاثية زنك وحديد ومولبيدنيوم (1.66 كغ/ هـ، 1.66 كغ/ هـ، 66.6 مل/ هـ)، وأظهرت النتائج فروقاً معنوية ($P\leq0.05$) في جميع المؤشرات المدروسة، حيث تفوّقت المعاملة الثنائية (الزنك + الحديد) بشكل معنوي؛ فسجلت أعلى قيم لارتفاع النبات (55 سم)، وعدد القرون (86 قرون/نبات)، وعدد البذور (94 بذرة/نبات)، ووزن البذور (54 غ/نبات)، وهو ما انعكس إيجاباً على الإنتاجية الكلية التي بلغت ذروتها (481 كغ/دونم). كما سجلت المعاملة الثنائية (الزنك + المولبيدنيوم) أعلى عدد للعقد الجذرية (33 عقدة/نبات)، وأكدت الدراسة على أن استراتيجية التسميد المتوازن، وخاصة الجمع بين الزنك والحديد، هي الأكثر كفاءة في تعزيز الإنتاجية الشاملة للحمص.

الكلمات المفتاحية: الحمص، التسميد المتوازن، الزنك، الحديد، المولبيدنيوم، المؤشرات الإنتاجية.

المقدمة:

تمثل التغذية المتوازنة أحد الركائز الأساسية لتحقيق الإنتاجية العالية في المحاصيل الزراعية، حيث يؤدي نقص العناصر الصغرى إلى خسائر فادحة في المحصول وتدهور في قيمته الغذائية (Cakmak, 2008) يُعد محصول الحمص (*Cicer arietinum* L.) من المحاصيل البقولية ذات الأهمية العالمية (Merga and Haji, 2019)، إلا أن إنتاجيته تتأثر سلباً بنقص عناصر حيوية مثل الزنك (Zn) ، الحديد (Fe) ، والموليبدينوم (Mo) في التربة (Cakmak, 2008; Godecke *et al.*, 2019)، ويحظى الحمص بأهمية اقتصادية واجتماعية كبيرة في العديد من البلدان، لا سيما في منطقة البحر الأبيض المتوسط والشرق الأوسط

(Merga and Haji, 2019)، حيث يُستهلك كمصدر رئيسي للبروتين النباتي(Yegrem, 2021)، وعلى الرغم من توسع المساحات المزروعة بهذا المحصول، فإنه لا يزال يعاني من تأثيرات نقص التغذية الدقيقة، والتي تفاقمت بسبب الممارسات الزراعية المكثفة واستنزاف العناصر من التربة (Sabaghnia and Janmohammadi, 2015)، وفي سورية يُعد الحمص الشتوي من المحاصيل البقولية المهمة؛ إذ تتباين نسبة المساحة المزروعة به بين المناطق، حيث تصل إلى حوالي 50% في محافظة إدلب و20% في محافظة حلب (Mazid *et al.*, 2009)، في حين تشكل مساحته الإجمالية نحو 35% من إجمالي المساحة المزروعة بالحمص في البلاد (ايكاردا، 2002؛ مهنا وحياص، 2006)، وتنتشر زراعته في عدة محافظات كدرعا وحمص وحلب والسويداء (مهنا وحياص، 2006)، حيث بلغت مجموع المساحة المزروعة عام 2023 (51 الف هكتار) بإنتاجية (30 الف طن) وكانت المردودية (582 كغ/هكتار)، وفي مدينة حمص بلغت المساحة المزروعة (1946 هكتار) بإنتاجية (2160 طن) ومردودية (1110 كغ/هكتار) (المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية, 2023)، ويتراجع إنتاج الحمص في سوريا نتيجة لمجموعة من العوامل، بما في ذلك الاستخدام غير الأمثل للأسمدة وعدم زراعة أصناف عالية الإنتاجية. يؤدي الزنك دوراً حيوياً في النبات؛ حيث يعمل كعامل مساعد لأكثر من 300 إنزيم مشارك في عملية التمثيل الغذائي للكربوهيدرات والبروتينات، كما يدعم استقرار الأغشية الخلوية ويكون أساسياً لتخليق هرمون الأوكسين المنظم للنمو (Broadley *et al.*, 2007; Alloway, 2008)، وأما الحديد فهو مكون أساسي للعديد من البروتينات والإنزيمات المشاركة في عملية البناء الضوئي والتنفس، ويدخل في تركيب الكلوروفيل والسيتوكرومات (Schmidt *et al.*, 2020)، في حين يبرز المولبيدنيوم كعنصر حيوي لا غنى عنه في عملية تثبيت الآزوت نظراً لكونه جزءاً من العامل المساعد لإنزيم الآزوتاز (العيسى، 2005)، كما يدخل في تركيب إنزيم نترات الريداكتيز المسؤول عن اختزال النترات في النبات (Mendel, 2013)، وعلى الرغم من هذه الأهمية تشير التقديرات إلى أن كفاءة امتصاص النبات للعناصر المضافة في صورة أسمدة تقليدية مثل كبريتات الزنك لا تتجاوز 4–8٪، بسبب تثبيط هذه العناصر في التربة وتحولها إلى صور غير قابلة للامتصاص (Hussain *et al.*, 2015)، ولذلك تبرز الحاجة إلى تطوير استراتيجيات التسميد المتوازن والدقيق لتعزيز كفاءة الامتصاص وتحسين الإنتاجية، وفي هذا الإطار أظهرت العديد من الدراسات الميدانية والتطبيقية فعالية التطبيقات المعدنية في تحسين نمو وإنتاجية الحمص، فقد أوضحت دراسة Singh *et al.* (2024) أن التطبيق المتوازن للفوسفور (حتى90 كغ P_2O_5 هكتار$^{-1}$) والزنك (حتى 5 كغ Zn هكتار$^{-1}$) عزز بشكل ملحوظ جميع معايير النمو والمحصول في محصول الحمص، بما في ذلك ارتفاع النبات، وعدد الأفرع والقرون، ووزن الحبوب النهائي، وكما أشارت دراسة Dhaliwal *et al.* (2022)إلى أن التطبيق التكاملي للموليبدينوم في التربة مع الرش الورقي المشترك لكبريتات الزنك والحديد (0.5% لكل منهما) كان الأكثر فعالية في تحسين محصول حبوب اللوبيا (1402.9 كغ/هكتار مقارنة بـ 866.5 كغ/هكتار في معاملة الشاهد)، مع زيادة ملحوظة في تركيز هذه العناصر في الحبوب، وقد أكدت دراسة Wassel *et al.* (2007) على أن التطبيق المتوازن للعناصر الصغرى بما في ذلك الزنك، أدى إلى تحسين محتوى الكلوروفيل في الأوراق، وتعزيز نمو وتطور الجذور، مما انعكس إيجاباً على كمية المحصول وجودته.

وعليه تبرز أهمية هذه الدراسة في تقييم التأثير المشترك للتطبيقات المعدنية للزنك والحديد والمولبيدينوم على بعض المؤشرات الإنتاجية لمحصول الحمص، سعياً لوضع توصيات عملية لتحسين الإنتاجية والقيمة الغذائية لهذا المحصول الهام ضمن الإطار المستدام للتغذية المتوازنة.

هدف البحث:

دراسة تأثير التسميد بالزنك والحديد والمولبيدنيوم في بعض المؤشرات الإنتاجية لمحصول الحمص الشتوي، وذلك في ظروف مدينة حمص.

مواد وطرائق البحث:

1. موقع تنفيذ التجربة:

تم تنفيذ البحث في مركز البحوث العلمية الزراعية في حمص. يقع المركز شمال مدينة حمص على مسافة 5 كم، على خط طول 36.43، وخط عرض 34.42، ويبلغ ارتفاعه عن مستوى سطح البحر 482م، ويقع ضمن منطقة الاستقرار الأولى وبمعدل هطول مطري سنوي 439 مم، وكانت تربة التجربة حمراء طينية. درجة تفاعلها متعادلة. منخفضة الملوحة. متوسطة المحتوى من المادة العضوية، وذات محتوى مقبول من كربونات الكالسيوم، وفقيرة المحتوى من الزنك والحديد والمولبيدنيوم الجدول (1).

الجدول (1): بعض الخصائص الكيميائية لتربة الموقع المدروس من عمق (0-30 سم)

التحليل الميكانيكي			pH 1:2.5	الناقلية الكهربائية ملموز/ سم	المادة العضوية %	كربونات الكالسيوم %	الحديد مغ/كغ	الزنك مغ/كغ	المولبيدنيوم مغ/كغ
رمل%	سلت%	طين%							
32	21	47	7.35	0.43	1.55	14	3.6	1.1	0.07

2. تحضير التربة والزراعة:

تم زراعة الحمص Cicer *arietinum* L, الصنف المحلي غاب 5 في 7 من شهر كانون الثاني (2024). حُرثت أرض التجربة حراثتان متعامدتان بوساطة المحراث المطرحي القلاب بعمق 30 سم، ونُعمت التربة بعد إضافة دفعة من السماد الآزوتي يوريا (46%) البالغة 20 كغ / هـ والسماد الفوسفوري P_2O_5 (46%) 60 كغ / هـ والسماد البوتاسي K_2O (50%) 40 كغ/ هـ وذلك حسب التوصية السمادية من الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، و من ثمّ تم تسوية التربة آلياً وفتح خطوط الزراعة، حيث قُسمت أرض التجربة إلى وحدات تجريبية بأبعاد 6x4=24 م^2 بحيث ضمت كل وحدة تجريبية خمسة خطوط بطول 6 م ومسافة بين الخط والآخر 50 سم وبين النبات والأخر 10 سم، وتُركت مسافة 2 م بين القطع التجريبية والمعاملات كممرات خدمة، وكان معدل البذار 90 كغ/هـ، حيث تم وضع البذار يدوياً ضمن حفر بمعدل 1-2 بذرة على مسافة 5-10 بين البذرة والأخرى، ثم فُرّدت النباتات إلى نبات واحد في كل جورة وذلك بعد أسبوعين من الزراعة، وأجريت كافة عمليات الخدمة (تفريد – تعشيب – ري – تسميد – مكافحة....) في مواعيدها وحسب الحاجة. تم الحصاد والانتهاء من التجربة في 16 من شهر أيار لعام 2024.

3. المناخ والري:

الجدول (2): المعطيات المناخية للموسم الزراعي 2024 في منطقة البحث

الشهر	العام	متوسط درجة الحرارة العظمى م^o	متوسط درجة الحرارة الصغرى م^o	كمية الهطول المطري مم
كانون الثاني	2024	12.10	2.10	91.10
شباط	2024	14.00	2.80	75.50
آذار	2024	18.00	5.50	54.20
نيسان	2024	23.30	9.20	31.90
أيار	2024	28.40	13.50	13.20

ملاحظة: المصدر: محطة الأرصاد الجوية في حمص لعام (2023- 2024)

رويت القطع التجريبية مباشرة بعد الزراعة باستخدام الري السطحي بشرائح، وكانت المياه غير مالحة، وذات pH متعادلة إلى خفيفة الحموضة بين 6.78 إلى 7.2، حيث تم إذابة العناصر السمادية (الزنك- الحديد – المولبيدنيوم) بكمية مناسبة من الماء ثمّ تم توزيعها بشكل متجانس على القطع التجريبية كافة، ثمّ متابعة الري السطحي بالطريقة المعتادة، ونظراً لأن محصول الحمص (*Cicer arietinum* L.) المُستَخدم في هذه الدراسة هو محصول شتوي بعلي، فإنه يعتمد اعتماداً رئيساً على مياه الأمطار الموسمية، ولذلك لم يتم اتباع جدول ري محدد مسبقاً، بل طُبق الري التكميلي عند الحاجة فقط، بالاعتماد على المشاهدة الحقلية

الميدانية والكشف الحسي (اللمس) لتقدير محتوى الرطوبة في التربة، وعند انحباس الأمطار وامتداد فترات الجفاف لفترات طويلة، يتم أخذ عينات من التربة لتحديد محتواها الرطوبي بدقة، والري عند محتوى رطوبي 80% من السعة الحقلية وإيصال كمية المياه الري إلى 100% من السعة الحقلية، مع الحرص على تجنب فترات الإجهاد المائي الحرج، خاصة خلال مرحلتي التزهير والعقد، حيث نفذت في هذه التجربة ريتان إضافيتان: الأولى بعد شهر من الزراعة، والثانية قبل الإزهار، وذلك نظراً لقلة وتأخر هطول الأمطار جدول (2)، بمقدار 400 لتر/ قطعة تجريبية واحدة (بمساحة 24 م²).

4. المعاملات المستخدمة:

أضيف أسمدة كبريتات الزنك 22% وشيلات الحديد 13% بمعدل 5 كغ/هـ لكل منهما، وأضيف سماد مولبيدات الأمونيوم 54% بمعدل 200 مل/هـ، وكان لكل معاملة ثلاثة مكررات، وتم إضافة المعاملات على مرحلتين، أولاً: بعد شهر من الزراعة، والثانية: قبل مرحلة الإزهار، حيث تم إذابة العناصر السمادية (الزنك– الحديد – المولبيدنيوم) بكمية مناسبة من الماء ثمّ تم توزيعها بشكل متجانس على القطع التجريبية كافة، ثمّ متابعة الري السطحي بالطريقة المعتادة، والجدول (3) يبيّن معاملات البحث.

الجدول (3): معاملات البحث

المعاملة السمادية	كمية الإضافة الأرضية	رمز المعاملة
شاهد بدون إضافة	–	C
سماد الزنك	Zn (5 Kg/h)	Zn(M)
سماد الحديد	Fe(5 Kg/h)	Fe(M)
سماد المولبيدنيوم	Mo(200 ml/h)	Mo(M)
سماد الزنك مع سماد المولبيدنيوم	Zn (2.5 Kg/h)+ Mo(100 ml/h)	Zn+Mo (M)
سماد الحديد مع سماد المولبيدنيوم	Fe(2.5 Kg/h) + Mo(100 ml/h)	Fe+Mo(M)
سماد الزنك مع سماد الحديد	Zn (2.5 Kg/h)+ Fe(2.5 Kg/h)	Zn+Fe (M)
سماد الزنك والحديد والمولبيدنيوم معاً	Zn (1.66 Kg/h)+ Fe(1.66 Kg/h)+ Mo(66.6 ml/h)	Zn+Mo+Fe(M)

5. التصميم التجريبي للتجربة:

نُفِّذت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (Randomized Complete Block Design – RCBD)، بهدف تقليل التباين وزيادة دقة النتائج الإحصائية. تضمنت التجربة 8 معاملات موزعة كالتالي: معاملة شاهد (بدون إضافة)، و7 معاملات للأسمدة المعدنية العادية (الزنك، والحديد، والمولبيدنيوم) بمفردها وفي خلائط ثنائية وثلاثية. وزعت هذه المعاملات عشوائياً داخل ثلاثة قطاعات (مكررات)، ليصبح عدد القطع التجريبية الكلي 24 قطعة (8 معاملات × 3 مكررات). بلغت مساحة القطعة التجريبية 24 م²، وفصل بين القطع مسافة 2 م لمنع تداخل تأثيرات المعاملات.

6. التحليل الإحصائي:

تم تحليل نتائج البحث باستعمال برنامج SPSS v20 وذلك لحساب أقل فرق معنوي بين المتوسطات L.S.D عند مستوى 5%.

7. التحاليل والقراءات:

- **التحاليل الفيزيائية للتربة:** أجري التحليل الميكانيكي للتربة بطريقة الهيدروميتر حسب (الجردي، 1992)، وحدد القوام بالاعتماد على المثلث الأمريكي للقوام .بالاعتماد على الخطوات الموضحة في دليل (راين وآخرون، 2003).
- **التحاليل الكيميائية للتربة:** أجريت التحاليل الكيميائية حسب (عودة وشمشم، 2008)، إذ تم تقدير ال pH التربة باستخدام جهاز pH meter في معلق تربة ماء 1:2.5 (Maclean,1982)، وقُدرت الناقلية الكهربائية EC بواسطة جهاز الناقلية الكهربائية conductivity-meter في مستخلص مائي للتربة 5:1 (Baruah,1997)، وقُدرت

الكربونات الكلية بالطريقة الحجمية (Richards,1954)، وقدرت المادة العضوية بطريقة الأكسدة الرطبة بواسطة ديكرومات البوتاسيوم في وسط شديد الحموضة (Walkley and Black,1934) وتم تحديد محتوى التربة من العناصر الصغرى (الزنك والحديد والموليبدينوم) بطريقة مطيافية الامتصاص الذري (Atomic Absorption Spectrometry) بعد هضم العينات وفق الإجراء القياسي (Page *et al.*, 1982).

- **المؤشرات الإنتاجية المدروسة:** تم اختيار خمسة نباتات من الخطين الوسطين لكل قطعة تجريبية وحسب المعاملات المدروسة لدراسة الصفات التالية في مرحلة النضج التام ماعدا عدد العقد الجذرية، حيث تم في مرحلة الإزهار:

أ- **ارتفاع النبات (سم):** قُدر بمسطرة مدرجة، بقياس طول الساق الرئيس اعتباراً من نقطة اتصال الساق الرئيسية بالأرض حتى أعلى قمة نامية بالنبات (Tikhanov,1979).

ب- **عدد العقد الجذرية:** تم أخذ من كل قطعة تجريبية خمس نباتات وتم قلع الجذور وعدّ العقد المتوضعة عليه.

ت- **عدد القرون في النبات:** وذلك بعد جميع القرون على النباتات التي تم اخيارها ثم تم أخذ متوسط عدد القرون على النبات الواحد.

ث- **عدد البذور في النبات:** حُدد بتفريط جميع القرون على كل نبات تم اختيارها ومن ثم عدّها وذلك قبل حصاد النباتات.

ج- **وزن البذور في النبات(غ):** تم تحديده بتفريط جميع القرون على كل نبات تم اختيارها ومن ثم وزنها.

ح- **الإنتاجية (كغ/هـ):** تم تقديره بالطريقة الحسابية وذلك بعد الحصول على وزن البذور على كل نبات، وذلك عن طريق القانون التالي: الإنتاجية (كغ/ دونم) = $\frac{\text{متوسط وزن البذور (غ/ نبات)} \times \text{الكثافة النباتية (نبات/ دونم)}}{1000}$

الكثافة النباتية (نبات/ دونم) = $1000m^2 \times \frac{\text{عدد النباتات في القطعة}}{24\ m^2}$

النتائج:

تأثير التسميد بالحديد والزنك والمولبيدنيوم في بعض المؤشرات الإنتاجية لمحصول الحمص:

أظهر تحليل التباين (ANOVA) وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى احتمالية ($P \leq 0.05$) لجميع الصفات المدروسة الجدول (4)، حيث كانت قيم F المحسوبة أكبر من قيم F الجدولية عند درجة حرية (7,16). كما أشارت النتائج إلى أن صفات عدد القرون، عدد البذور، وزن البذور، والإنتاجية كانت عالية المعنوية ($P < 0.001$)، في حين كانت صفة عدد العقد الجذرية معنوية عند($P < 0.01$) ، وصفة ارتفاع النبات معنوية عند ($P < 0.05$)، وفيما يلي عرض تفصيلي لتأثير المعاملات على كل صفة من الصفات المدروسة، معتمدين على المقارنات باستخدام اختبار LSD عند مستوى 0.05.

ارتفاع النبات: أظهرت النتائج في الجدول (5) تبايناً في استجابة ارتفاع النبات للمعاملات المختلفة، حيث سجلت المعاملة الثنائية Zn+Fe(M) أعلى متوسط لارتفاع النبات (55 سم)، بزيادة نسبتها 12.2% عن الشاهد (49 سم)، متفوقةً معنوياً عليه وفقاً لقيمة LSD البالغة 3.90 سم، كما حققت كل من المعاملة المنفردة Zn(M) والثنائية Zn+Mo(M) متوسط ارتفاع 53 سم، بفارق معنوي عن الشاهد 4 سم عن الشاهد، وبنسبة زيادة 8.2%. بالمقابل، لم تختلف كل من المعاملات المنفردة لـ Fe(M) و Mo(M)والثنائية Fe+Mo(M) والثلاثية Zn+Fe+Mo(M) معنوياً عن الشاهد، حيث كانت الفروق (1، 3، 1، 0سم على التوالي) عن الشاهد وهي أقل من قيمة LSD.

العقد الجذرية: بيّنت نتائج الجدول (5) أن المعاملات المحتوية على المولبيدنيوم حققت أعلى القيم في عدد العقد الجذرية بين المعاملات المدروسة، إذ سجلتا المعاملة المنفردة بالمولبيديوم Mo(M) والثنائية Zn+Mo(M) أعلى متوسط (33 عقدة/نبات

لكل منهما)، بفارق معنوي بلغ 11 عقدة/ عن الشاهد (22 عقدة/نبات)، محققتين زيادة نسبتها 50%، وتلتهما المعاملة الثلاثية Zn+Fe+Mo(M)(32 عقدة/نبات) والثنائية Zn+Fe(M)(31 عقدة/نبات) بفروق معنوية بلغت 10 و9 عقد/نبات، وبنسب زيادة 45.5% و40.9% على الترتيب مقارنة بالشاهد، وفي المقابل لم تختلف كل من المعاملات المنفردة Zn(M) (27عقدة/نبات) و Fe(M) (24 عقدة/نبات) والثنائية Fe+Mo(M) (26عقدة/نبات) معنوياً عن الشاهد، حيث كانت الفروق (5، 2، 4 عقد/نبات على التوالي) أقل من قيمة LSD.

الجدول (4): تحليل التباين (ANOVA) لتأثير التسميد بالزنك والحديد والمولبيدنيوم على بعض المؤشرات الإنتاجية لمحصول الحمص

ANOVA						
الصفة المدروسة	مصدر البيانات	مجموع المربعات Sum of Squares	درجة Df الحرية	متوسط المربعات Mean Square	قيمة F	مستوى المعنوية Sig
ارتفاع النبات	Between Groups Within Groups Total	16.042 5.417	7 16 23	112.292 86.667 198.958	2.962	0.034
عدد العقد الجذرية	Between Groups Within Groups Total	58.899 8.917	7 16 23	412.292 142.667 554.958	6.605	0.001
عدد القرون	Between Groups Within Groups Total	701.429 12.958	7 16 23	4910.000 207.333 5117.333	54.130	<0.001
عدد البذور بالقرون	Between Groups Within Groups Total	823.089 10.500	7 16 23	5761.625 168.000 5929.625	78.389	<0.001
وزن البذور	Between Groups Within Groups Total	243.810 6.917	7 16 23	1706.667 110.667 1817.333	35.250	<0.001
الإنتاجية	Between Groups Within Groups Total	15936.804 519.425	7 16 23	111557.625 8311.333 119868.958	30.680	<0.001

الجدول (5): تأثير التسميد بالزنك والحديد والمولبيدنيوم في: ارتفاع النبات – عدد العقد الجذرية

المؤشر الإنتاجي المعاملات	ارتفاع النبات	العقد الجذرية
	سم	عقدة/ نبات
C	49^{c}	22^{c}
Zn(M)	53^{ab}	27^{bc}
Fe(M)	50^{abc}	24^{c}
Mo(M)	52^{abc}	33^{a}
Zn+Fe(M)	55^{a}	31^{ab}
Zn+Mo(M)	53^{ab}	33^{a}
Fe+Mo(M)	50^{bc}	26^{bc}
Zn+Fe+Mo(M)	49^{c}	32^{a}
LSD 0.05	3.90	5.16

ملاحظة: تدل أحرف الدلالات الإحصائية على المعاملات المعنوية حسب الترتيب الأبجدي والحروف المتشابهة تشير لعدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى 0.05 حسب اختبار LSD.

عدد القرون والبذور ووزن البذور: أدى تطبيق أسمدة العناصر الصغرى المعدنية (كبريتات الزنك، وشيلات الحديد، ومولبيدات الأمونيوم) بمفردها وبشكل مشترك إلى زيادة معنوية في عدد القرون وعدد البذور ووزن البذور لمحصول الحمص في جميع المعاملات مقارنة بالشاهد (الجدول 6)، مع تفاوت في درجة الاستجابة.

تصدرت المعاملة الثنائية Zn+Fe(M) جميع المعاملات، مسجلة أعلى عدد للقرون (86 قرن/ نبات) وأعلى عدد للبذور (94 بذرة/ نبات)، وأعلى وزن للبذور (54 غ/ نبات)، حققت هذه المعاملة فروقاً معنوية كبيرة عن الشاهد الذي بلغ (37 قرناً و44 بذرة، 26 غ)، وهو ما فاق قيمتي LSD (6.23 لعدد القرون، 5.55 لعدد البذور، 4.56 للوزن)، وبنسب زيادة بلغت 132.4% في عدد القرون و113.6% في عدد البذور، و107.7% في وزن البذور.

جاءت المعاملة الثلاثية Zn+Fe+Mo(M) في المرتبة الثانية، مسجلةً 75 قرناً، و84 بذرة، و47غ/نبات، بزيادة معنوية عن الشاهد نسبتها 102.7% و90.9%و80.8% على التوالي، تلتها المعاملة المنفردة Mo(M) (70 قرناً، و75 بذرة، و43غ) بزيادة معنوية عن الشاهد بلغت 89.2%، و70.5%، و65.4% على الترتيب.

حققت المعاملات الأخرى Zn(M)، Fe(M)، Zn+Mo(M)، Fe+Mo(M) زيادات معنوية متفاوتة مقارنة بالشاهد، وتجدر الإشارة إلى أن المعاملة Zn(M) سجلت أقل الزيادات في هذه الصفات.

الجدول (6): تأثير التسميد بالزنك والحديد والمولبيدنيوم على (عدد القرون – عدد البذور – وزن البذور)

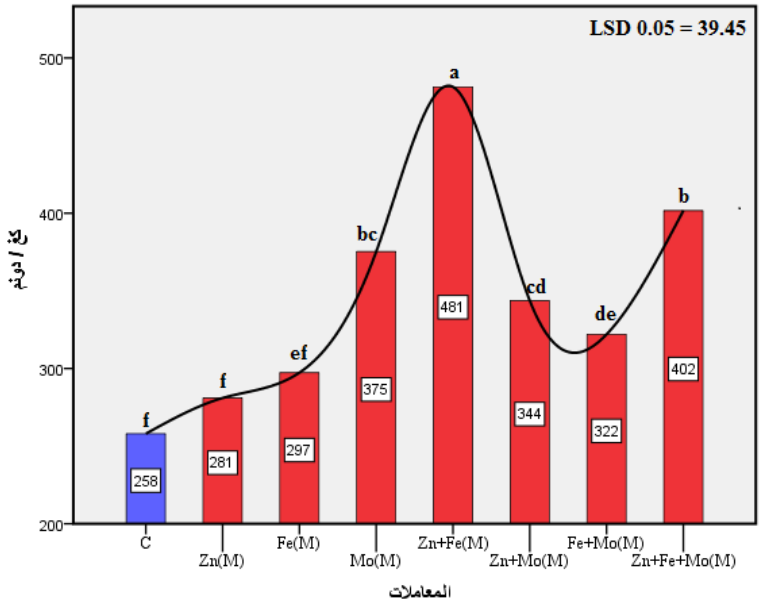
المؤشر الإنتاجي المعاملات	عدد القرون	عدد البذور	وزن البذور
	قرن/ نبات	بذرة/ نبات	غ/نبات
C	37^{e}	44^{f}	26^{g}
Zn(M)	57^{cd}	53^{e}	32^{f}
Fe(M)	63^{c}	61^{d}	34^{ef}
Mo(M)	70^{b}	75^{c}	43^{bc}
Zn+Fe(M)	86^{a}	94^{a}	54^{a}
Zn+Mo(M)	54^{d}	60^{d}	40^{cd}
Fe+Mo(M)	52^{d}	63^{d}	38^{de}
Zn+Fe+Mo(M)	75^{b}	84^{b}	47^{b}
LSD 0.05	6.23	5.55	4.56

ملاحظة: تدل أحرف الدلالات الإحصائية على المعاملات المعنوية حسب الترتيب الأبجدي اعتماداً على قيم LSD

الإنتاجية: أظهر تحليل التباين وجود تأثير معنوي عالي للمعاملات على الإنتاجية الكلية ($F = 30.680, P < 0.001$) (الجدول4)؛ حيث حققت المعاملة الثنائية Zn+Fe(M) أعلى إنتاجية بلغت 481 كغ/دونم، متفوقةً معنوياً على جميع المعاملات الأخرى (الشكل 1)، ومحققة زيادة نسبتها 86.4% مقارنة بالشاهد الذي حقق إنتاجية 258 كغ/دونم، وذلك وفقاً لقيمLSD.

تلتها المعاملة الثلاثية Zn+Fe+Mo(M) بإنتاجية 402كغ/دونم، محققةً زيادة معنوية عن الشاهد بنسبة 55.8%، ثم المعاملة المنفردة بالمولبيديوم Mo(M) (375 كغ/دونم) بزيادة معنوية نسبتها 45.3%. أما المعاملات الثنائية الأخرى Zn+Mo(M) (344 كغ/دونم) وFe+Mo(M) (322 كغ/دونم) فقد حققتا زيادات معنوية عن الشاهد بلغت 33.3% و24.8% على التوالي.

في المقابل لم تختلف المعاملتان المنفردتان Fe(M) (297 كغ/دونم) والزنك Zn(M) (281 كغ/دونم) معنوياً عن الشاهد، استناداً إلى قيم LSD.



الشكل (1): تأثير التسميد بالحديد والزنك والموليبدينيوم على إنتاجية الحمص

المناقشة:

1- ارتفاع النبات:

تفوقت المعاملة الثنائية Zn+Fe(M) على باقي المعاملات في زيادة ارتفاع النبات، وهو ما يمكن تفسيره بالتكامل الوظيفي بين الزنك والحديد؛ حيث يعمل الزنك على تنشيط الإنزيمات المسؤولة عن استطالة الخلايا واستقلاب الآزوت (Broadley *et al.*, 2007)، بينما يدعم الحديد عملية البناء الضوئي بصفته مكوناً أساسياً للكلوروفيل وسلاسل نقل الإلكترون (Dey *et al.*, 2018; Moinuddin *et al.*, 2017) هذا التكامل يعزز النمو الخضري ويزيد من معدل الاستطالة، بينما الزيادة المعنوية في معاملة الزنك المنفرد Zn(M) تتفق مع نتائج Singh *et al* (2024) الذي سجّل زيادة في ارتفاع النبات عند اضافة كبريتات الزنك، كما أن التفوق المعنوي للمعاملة الثنائية Zn+Mo(M) قد يعود إلى دور الموليبدينوم في تحسين استقلاب الآزوت (Mendel, 2013) ، مما ينعكس إيجاباً على النمو الخضري، رغم أن هذا التأثير كان أقل من تأثير إضافة الحديد مع الزنك.

في المقابل، لم تحقق المعاملات المنفردة Fe(M) و Mo(M) ولا الثنائية Fe+Mo(M) و لا الثلاثية Zn+Fe+Mo(M) فروقاً معنوية في ارتفاع النبات مقارنة بالشاهد، يعزى ذلك إلى أن كلاً من الحديد والموليبدينيوم بمفردهما أو معاً لا يستطيعان إحداث تحسن ملموس في النمو الخضري في ظروف التربة الفقيرة بهذه العناصر، ربما بسبب محدودية الامتصاص، كما أن انخفاض أداء المعاملة الثلاثية (التي لم تختلف معنوياً عن الشاهد) مقارنة بالثنائية Zn+Fe(M) قد يعود إلى حدوث خلل في التوازن الغذائي أو تنافس بين العناصر على مواقع الامتصاص عند تطبيقها معاً، مما يؤكد أهمية تحقيق التوازن بين العناصر لزيادة الفائدة منها (Dhaliwal *et al.*, 2022).

2- عدد العقد الجذرية ولونها:

تفوقت المعاملات المحتوية على الموليبدينيوم وخاصة معاملة Zn+Mo(M) بشكل معنوي في صفة أعداد العقد الجذرية نظراً للدور

المحوري لهذا العنصر في تثبيت الآزوت التكافلي؛ فهو يدخل في تركيب العامل المساعد (Moco) للنيتروجيناز، مما يجعله عاملاً محورياً في عملية تثبيت الآزوت الجوي ضمن العقد البكتيرية (Mendel, 2013)، أما إضافة الزنك إلى الموليبدينوم (Zn+Mo) حسّن هذه الفعالية بشكل أكبر، حيث ينشط الزنك الإنزيمات المرتبطة باستقلاب الطاقة والمركبات العضوية الداعمة للتكافل البكتيري، مما يخلق بيئة مثالية لتكاثر البكتيريا العقدية ويزيد من كفاءة التثبيت (Broadley *et al*., 2007) ، وتتفق هذه النتائج مع دراسة Dhaliwal *et al* (2022) التي أكدت فعالية التركيبة الثنائية Zn+Mo في تحفيز تكوين العقد الجذرية في البقوليات.

أسهم التكامل بين الزنك والحديد (Zn+Fe) أيضاً في تحسين تكوين العقد، ويمكن تفسير ذلك بدور الحديد في تركيب مجموعات الحديد–كبريت في النيتروجيناز، ودعمه لعمليات التنفس ونقل الإلكترون اللازمة لنشاط بكتيريا العقد (Dey *et al*., 2018;Schmidt *et al*., 2020).

أما بالنسبة للمعاملة الثلاثية Zn+Fe+Mo(M)، فرغم تحقيقها عدداً معنوياً من العقد (32 عقدة/نبات)، إلا أن لونها البني المتوسط يشير إلى أن نشاطها في تثبيت الآزوت الجوي كان أقل كفاءة، وقد يعود ذلك إلى أن التطبيق المتزامن للعناصر الثلاثة أدى إلى تكامل فيزيولوجي زاد من عدد العقد، لكنه لم يرافقه نفس المستوى من الفعالية الوظيفية، ربما بسبب اختلال في التوازن الغذائي أو تنافس على مواقع الامتصاص أثر على جودة التثبيت وليس على كميته.

قد تجلى هذا التباين في النشاط على لون العقد الجذرية، حيث اتسمت المعاملات الأعلى كفاءة Mo(M) و Zn+Mo(M) بلون وردي يعكس نشاطاً عالياً لتثبيت الآزوت بفضل وجود الليغهيموغلوبين (العيسى، 2005)، بينما ظهرت عقد الشاهد ومعاملة الحديد المنفرد بلون بني فاتح يدل على ضعف النشاط التكافلي، وتدرجت المعاملات الأخرى بين البني المتوسط والغامق، مما يعكس تبايناً في مستوى النشاط أو مراحل النضج.

3- عدد القرون والبذور ووزن البذور:

يعود التفوق الواضح للمعاملة الثنائية Zn+Fe(M) في هذه الصفات الثلاث معاً إلى التآزر الوظيفي بين الزنك والحديد عبر مسار هرمون الأوكسين؛ فمن جهة يوفر الزنك الحمض الأميني التريبتوفان الضروري لتخليق هرمون الأوكسين المُنظم لنمو الأنابيب اللقاحية وحيوية حبوب اللقاح (Karim *et al*., 2012; Broadley *et al*., 2007) ومن جهة أخرى، ينشط الحديد الإنزيمات المحولة للأوكسين إلى صورته الفعالة، مما يضمن نجاح عملية الإخصاب ويزيد من عقد القرون، بالإضافة لذلك يدعم الحديد عملية البناء الضوئي وتوليد الطاقة اللازمة لنمو الأزهار وتطور البذور(Pal *et al*., 2019; Schmidt *et al*., 2020)، بينما يعمل الزنك على زيادة الاستفادة من نواتج هذه العملية من خلال دخوله في تركيب إنزيمات حيوية مثل أنهيدراز الكربونيك وزيادة محتوى الكلوروفيل (Broadley *et al*., 2007; Mahmood *et al*., 2024)، مما يزيد من كمية و كفاءة استغلال المواد المصنعة الموجهة لملء البذور، وهو ما يفسر تحسن وزن البذور في هذه المعاملة.

تفوق الموليبدينوم المنفرد Mo(M) على معاملتي الزنك والحديد المنفردتين في هذه الصفات يؤكد أهميته الحيوية في استقلاب الآزوت وبناء البروتينات (Mendel, 2013)، مما يدعم عمليات التعبئة الغذائية وزيادة الوزن النهائي في البذور، كما أن الزيادة المعنوية في معاملة الزنك المنفردة Zn(M) تتفق مع نتائج Singh *et al* (2024) التي أظهرت أن إضافة كبريتات الزنك إلى محصول الحمص أدت إلى زيادة معنوية في عدد القرون وعدد البذور ووزن الألف بذرة والمحصول الكلي، بينما تتوافق الزيادة

المعنوية في المعاملات الثنائية Zn+Mo(M) مع دراسة Valenciano *et al* (2011) التي أكدت أن إضافة الزنك والموليبدينوم معاً أدى إلى زيادة عدد القرون والبذور وتحسين إنتاجية الحمص.

4- الإنتاجية:

عكست الإنتاجية الكلية للنبات التأثير التراكمي للزيادات التي أحدثتها المعاملات في الصفات الإنتاجية السابقة؛ حيث حققت المعاملة الثنائية Zn+Fe(M) أعلى إنتاجية، متفوقةً معنوياً جميع المعاملات الأخرى، ويعود هذا التفوق إلى التكامل الوظيفي بين الزنك والحديد، والذي انعكس إيجاباً في تحسين جميع المؤشرات الإنتاجية السابقة، لتكون المحصلة النهائية أعلى إنتاجية كلية، وتتفق هذه النتيجة مع نتائج Kumar *et al* (2024) التي أظهرت أن إضافة الزنك والحديد معاً يحسن الخصائص الفيزيائية للتربة ونمو الجذور مما ينعكس على إنتاجية النبات، ومع دراسة Choudhary *et al* (2024) حول فعالية التطبيقات المتكاملة للزنك في زيادة الإنتاجية، كما تؤكدها دراسة Rehman *et al* (2025) و Cakmak and Kutman (2018) حول أهمية التوازن بين العناصر لتحقيق أقصى إنتاجية.

حققت المعاملة الثلاثية Zn+Fe+Mo(M) زيادة معنوية في الإنتاجية، ويمكن تفسير ذلك من خلال التكامل الوظيفي بين العناصر الثلاثة، ورغم هذا التحسن فإن إنتاجية المعاملة الثلاثية أقل من نظيرتها الثنائية Zn+Fe(M) ، مما قد يؤكد فرضيتنا بأن إضافة الموليبدينوم إلى تركيبة الزنك والحديد قد تؤدي لإحداث تأثير سلبي على محصول الحمص.

لوحظت زيادة معنوية في الإنتاجية عند استخدام الموليبدنيوم منفرداً أو في المعاملات الثنائية المحتوية عليه Zn+Mo(M) و Fe+Mo(M)، وتتفق هذه النتائج مع دراسة Shewangizaw *et al* (2020) التي أكدت أن التكامل بين الزنك والتلقيح البكتيري (الذي ينشطه الموليبدنيوم) يعزز تثبيت الآزوت، كما تتوافق مع دراسة Valenciano *et al* (2011) التي أظهرت تحسن إنتاجية الحمص عند إضافة الموليبدنيوم منفرداً أو مع الزنك.

في المقابل، لم تختلف المعاملتان المنفردتان للحديد Fe(M) والزنك Zn(M) معنوياً عن الشاهد، مما يشير إلى أن التطبيق المنفرد لكل منهما لم يكن كافياً لإحداث زيادة معنوية في الإنتاجية في ظروف تربة مدينة حمص، و تتفق هذه النتيجة مع ما أشارت إليه نتائج Dhaliwal *et al* (2022) من أن التطبيق المنفرد للعناصر أقل كفاءة من تطبيقاتها المتكاملة، إلا أنها تخالف ما توصلت إليه دراسة Singh *et al* (2024) التي أظهرت تفوقاً معنوياً للمعاملة المنفردة لكبريتات الزنك على الشاهد، ويمكن تفسير هذا الاختلاف بتباين الظروف التجريبية وخصائص التربة بين الدراستين.

الاستنتاجات:

أدى الاستخدام المشترك والمنفرد للعناصر (الزنك والحديد والموليبدنيوم) على بعض المؤشرات الإنتاجية لمحصول الحمص المزروع في الظروف البيئية لمدينة حمص – سوريا إلى التوصل للاستنتاجات التالية:

- أظهرت المعاملة الثنائية (الزنك + الحديد) Zn+Fe(M) تفوقاً معنوياً ($P < 0.05$) على جميع المعاملات في معظم المؤشرات الإنتاجية المدروسة، بما فيها ارتفاع النبات، عدد القرون والبذور، وزن البذور، والإنتاجية الكلية، مما يؤكد التآزر الوظيفي بين هذين العنصرين في تحسين نمو وإنتاجية الحمص تحت الظروف البيئية لمدينة حمص.
- حققت المعاملة المنفردة بالموليبديوم Mo(M) والمعاملة الثنائية Zn+Mo(M) أعلى القيم المعنوية ($P < 0.05$) في عدد العقد الجذرية، رغم أن هذا التحسن لم ينعكس بنفس القوة على باقي المؤشرات الإنتاجية.

- سجلت المعاملة الثلاثية Zn+Fe+Mo(M) تحسناً معنوياً في معظم المؤشرات المدروسة ($P < 0.05$)، لكن أداءها كان أقل من المعاملة الثنائية Zn+Fe(M)، مما قد يعود إلى حدوث خلل في التوازن الغذائي أو تنافس بين العناصر عند تطبيقها معاً، خاصة في الصفات المرتبطة بملء البذور والإنتاجية النهائية.
- لم تسجل معاملة الزنك المنفرد Zn(M) فروقاً معنوية واضحة في معظم المؤشرات المدروسة، مما يؤكد ضرورة استخدامه بشكل مشترك مع عناصر أخرى.

التوصيات:

بناءً على النتائج التي تم الحصول عليها، يمكن تقديم المقترحات التالية:

1. اعتماد المعاملة الثنائية (الزنك + الحديد) Zn+Fe(M) كبرنامج تسميدي أساسي في منطقة الدراسة، وذلك لتحقيق أعلى إنتاجية لمحصول الحمص، نظراً لتفوقها المعنوي الواضح في جميع المؤشرات الإنتاجية المدروسة.
2. استخدام المولبيدنيوم المعدني المنفرد Mo(M) في الترب منخفضة الخصوبة أو التي تعاني من نقص الآزوت، لما له من دور فعال في تعزيز عملية تثبيت الآزوت التكافلي وتحفيز تكوين العقد الجذرية.
3. تجنب التطبيقات المنفردة للزنك المعدني Zn(M) نظراً لمحدودية فعاليتها في تحسين الإنتاجية، مع ضرورة دمجه دائماً مع عناصر أخرى مثل الحديد أو المولبيدنيوم لتحقيق تأثير تآزري أفضل.
4. عدم الجمع بين العناصر الثلاثة (الزنك + الحديد + المولبيدنيوم) معاً في تركيبة واحدة، تفادياً للتداخلات السلبية المحتملة والخلل في التوازن الغذائي الذي قد يحد من كفاءة الامتصاص ويقلل الإنتاجية مقارنة بالمعاملات الثنائية الأكثر توازناً.

المراجع:

إيكاردا، تقرير سنوي من 1999 إلى 2004.

حياص، بشار؛ مهنا، أحمد، (2006). إنتاج محاصيل الحبوب والبقول. منشورات جامعة حمص– كلية الهندسة الزراعية، حمص، سوريا.

الجردي، أحمد. (1992). فيزياء الأراضي – الجزء العملي. قسم التربة واستصلاح الأراضي، كلية الزراعة، جامعة حلب.

عودة، محمود؛ وشمشم سمير. (2008). خصوبة التربة وتغذية النبات. منشورات جامعة حمص – كلية الهندسة الزراعية.

العيسى، عبد الله (2005). علم الأحياء الدقيقة. منشورات جامعة حمص– كلية الهندسة الزراعية.

راين، جون. اسطفان، جورج .والرشيد، عبد .(2003) .دليل مخبري لتحليل التربة والنبات، المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة، الإصدار الأول بالغة -123.العربية، حلب، سورية، ص134 .

المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية (2023). دائرة الإحصاء، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. دمشق، سورية.

محطة الأرصاد الجوية في حمص. (2024). المعطيات المناخية للموسم الزراعي 2024 في منطقة البحث. حمص، سوريا.

Alloway, B. J. (2008). *Zinc in soils and crop nutrition* (2nd ed.). International Zinc Association (IZA) and International Fertilizer Industry Association (IFA).

Baruah, T.C., & Barthakur, H.P. (1997). *A text book of soil analysis*. Vikas Publishing House PVT LTD.

Broadley, M. R., White, P. J., Hammond, J. P., Zelko, I., & Lux, A. (2007). Zinc in plants. *New Phytologist, 173*(4), 677–702. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.01996.x

Cakmak, I. (2008). Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? *Plant and Soil, 302*(1), 1–17.

Cakmak, I., & Kutman, U. B. (2018). Agronomic biofortification of cereals with zinc: A review. *European Journal of Soil Science, 69*(1), 172–182. https://doi.org/10.1111/ejss.12437

Choudhary, R., Shukla, U. N., Sutilaiya, R., Raiger, P. R., Sodani, R., & Kumar, R. (2024). Effect of agronomic biofortification of zinc and iron on plant height and seed yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties. *Journal of Experimental Agriculture International*, 46 (10). https://doi.org/10.9734/jeai/2024/v46i102944

Dey, J. K., Das, S., & Mawlonglnt, L. G. (2018). Nanotechnology and its importance in micronutrient fertilization. *Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7*(7), 2306–2314.

Dhaliwal, S. S., Sharma, V., Shukla, A. K., Kaur, J., Verma, V., Kaur, M., Singh, P., Brestic, M., Gaber, A., & Hossain, A. (2022). Interactive effects of molybdenum, zinc and iron on the grain yield, quality, and nodulation of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) in North-Western India. *Molecules, 27*(11), 3622. https://doi.org/10.3390/molecules27113622

Godecke, T., Stein, A. J., & Qaim, M. (2019). The global burden of chronic and hidden hunger: Trends and determinants. *Global Food Security, 17*, 21–29.

Hussain, A., Arshad, M., Zahir, Z. A., & Asghar, M. (2015). Prospects of zinc solubilizing bacteria for enhancing growth of maize. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 52*(4), 915–922.

Karim, M. R., Zhang, Y.-Q., Zhao, R.-R., Chen, X.-P., Zhang, F.-S., & Zou, C.-Q. (2012). Alleviation of drought stress in winter wheat by late foliar application of zinc, boron, and manganese. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 175*(1), 142–151. https://doi.org/10.1002/jpln.201100141

Kumar, K., Thomas, T., Swaroop, N., & Thomas, A. (2024). Effect of zinc, iron and biofertilizer on physical property of soil under chickpea cultivation. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 27 (7), 913–919. https://doi.org/10.9734/jabb/2024/v27i71051

Mahmood, I., Sami, A., Asad, S. A., Shah, G. A., Rana, R. M., Raja, N. I., Sher, A., Mashwani, Z.-R., Qayyum, A., Iqbal, J., & Awan, T. H. (2024). Zinc-oxide-nanoparticles in conjugation with Zn-solubilizing bacteria improve Zn biofortification and nitrogen use efficiency in wheat. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 24*(2), 2735–2752. https://doi.org/10.1007/s42729-024-01926-3

Maclean, E. O. (1982). Soil pH and lime requirement. In A. L. Page (Ed.), *Methods of soil analysis, part 2: Chemical and microbiological properties* (2nd ed., pp. 199–244). American Society of Agronomy, Soil Science Society of America.

Mazid, A., Amegbeto, K., Shideed, K., & Malhotra, R. S. (2009). *Impact of crop improvement and management: Winter-sown chickpea in Syria*. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA)

Mendel, R. R. (2013). The molybdenum cofactor. *Journal of Biological Chemistry, 288*(19), 13165–13172. https://doi.org/10.1074/jbc.R113.455311

Merga, B., & Haji, J. (2019). Economic importance of chickpea: Production, value, and world trade. *Cogent Food & Agriculture*, 5 (1), Article 1615718. https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1615718

Moinuddin, G., Jash, S., Sarkar, A., & Dasgupta, S. (2017). Response of potato (Solanum tuberosum L.) to foliar application of macro and micronutrients in the red and lateritic zone of West Bengal. *Journal of Crop and Weed, 13*(3), 185–188.

Pal, V., Singh, G., & Dhaliwal, S. S. (2019). A new approach in agronomic biofortification for improving zinc and iron content in chickpea (Cicer arietinum L.) grain with simultaneous foliar application of zinc sulphate, ferrous sulphate and urea. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 19*(4), 762–772. https://doi.org/10.1007/s42729-019-00076-1

Page, A. L., Miller, R. H., & Keeney, D. R. (Eds.). (1982). *Methods of soil analysis. Part 2: Chemical and microbiological properties* (2nd ed.). American Society of Agronomy, Soil Science Society of America.

Rehman, R., Latif, M. M., Khan, M. A., & Ahmed, Z. (2025). Agronomic biofortification of crops with zinc: A comprehensive overview. In M. Govindaraj, V. Govindan, & N. Palacios (Eds.), *Breeding zinc crops for better human health* (pp. 153–179). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-84342-6_8

Richards, L. A. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 60.

Sabaghnia, N., & Janmohammadi, M. (2015). Analysis of the impact of nano-zinc, nano-iron, and nano-manganese fertilizers on chickpea under rain-fed conditions. *Annales Universitatis Mariae Curie-Sklodowska, sectio C – Biologia, 70*(2), 1–12.

Schmidt, W., Thomine, S., & Buckhout, T. J. (2020). Iron nutrition and interactions in plants. *Frontiers in Plant Science, 10*, 1670. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01670

Shewangizaw, B., Argaw, A., Feyisa, T., Abdulkadir, B., & Wold-Meskel, E. (2020). Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to sulphur and zinc nutrients application and rhizobium inoculation in north western Ethiopia. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8 (10), 2040–2048

Singh, K. K., Singh, D., Dheer, V., Singh, J., Kumar, A., Sachan, K., Yadav, A., Tiwari, T., & Kumar, R. (2024). Responses of Phosphorus and Zinc on Growth and Yield in Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *International Journal of Environment and Climate Change, 14*(1), 400–408. https://doi.org/10.9734/IJECC/2024/v14i13848

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

Valenciano, J. B., Boto, J. A., & Marcelo, V. (2011). Chickpea (Cicer arietinum L.) response to zinc, boron and molybdenum application under field conditions. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 39*(4), 217–229. https://doi.org/10.1080/01140671.2011.577079

Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37 (1), 29–38.

Wassel, A. H., Hameed, M. A., Gobara, A., & Attia, M. (2007). Effect of some micronutrients, gibberellic acid and ascorbic acid on growth, yield and quality of white banaty seedless grapevines. *African Crop Science Conference Proceedings, 8*, 547–553.

Yegrem, L. (2021). Nutritional composition, antinutritional factors, and utilization trends of Ethiopian chickpea (Cicer arietinum L.). *International Journal of Food Science, 2021*, 5570753. https://doi.org/10.1155/2021/5570753

The effect of using zinc, iron, and molybdenum fertilizers on some productivity indicators of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under the conditions of Homs City

Yamen Al-Hasan[1*], Abdulla Alissa[1] and Mahmoud Al-Hamdan[2]

[1] Department of Soil and Land Reclamation, Faculty of Agricultural Engineering, Homs University, Homs, Syria.
[2] Homs Research Centre, General Commission for Scientific Agricultural Research, Homs, Syria.
(*Corresponding author: Eng. Yamen Al-Hassan, Email: yamenalhasan71@gmail.com)

Received: 12/ 1/ 2026 **Accepted:** 4/ 3/ 2026

Abstract

The study aimed to evaluate the effect of individual and combined application of micronutrient fertilizers (zinc, iron, and molybdenum) on selected productivity indicators of chickpea (Cicer arietinum L.) under field conditions. The experiment was conducted at the Agricultural Scientific Research Center in Homs Governorate, Syria, during the 2024 growing season. The experiment was laid out in a randomized complete block design (RCBD) with eight treatments and three replications. The treatments included: control (no addition), individual application of zinc sulfate (5 kg ha^{-1}), chelated iron (5 kg ha^{-1}), ammonium molybdate (200 ml ha^{-1}), and combined applications of zinc + iron (2.5 + 2.5 kg ha^{-1}), zinc + molybdenum (2.5 kg ha^{-1} + 100 ml ha^{-1}), iron + molybdenum (2.5 kg ha^{-1} + 100 ml ha^{-1}), and a triple combination of zinc + iron + molybdenum (1.66 kg ha^{-1} + 1.66 kg ha^{-1} + 66.6 ml ha^{-1}). The results revealed a significant improvement ($P \leq 0.05$) in all measured indicators across the different treatments. The combined application of zinc and iron significantly outperformed the other treatments, recording the highest values for plant height (55 cm), number of pods per plant (86 pods/plant), number of seeds per plant (94 seeds/plant), and seed weight per plant (54 g/plant). This positive effect was reflected in total productivity, which reached its maximum (481 kg $donum^{-1}$) under the same treatment. Moreover, the combined treatment of zinc and molybdenum recorded the highest number of root nodules per plant (33 nodules/plant). The study concludes that adopting a balanced fertilization strategy, particularly the combination of Zinc and Iron, is the most effective approach for enhancing the overall productivity of chickpea.

Keywords: Chickpea, Balanced Fertilization, Zinc, Iron, Molybdenum, Production Indicators.