

تأثير التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك في بعض الصفات النوعية لنبات السمسم *Sesamum indicum L.*

فاتن سمير عيرنجي^{1*} و صالح قبيلي¹ و عبد العزيز بو عيسى²



¹ قسم المحاصيل الحقلية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية، سورية.

² قسم علوم التربة والمياه، كلية الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية، سورية.

(* للمراسلة: فاتن عيرنجي، البريد الإلكتروني: faten.airagy@gmail.com، هاتف: 0941524880)

تاريخ الاستلام: 2025 / 4 / 23 تاريخ القبول: 2025 / 7 / 21

الملخص

نفذ البحث في قرية الدروقيات، محافظة اللاذقية، جامعة اللاذقية للعام 2024/2023 لدراسة بعض الصفات النوعية لنبات السمسم وصفة إنتاجية الزيت تحت تأثير خمسة مستويات من التسميد الفوسفاتي (0، 40، 60، 80، 100) كغ من سماد سوبر فوسفات ثلاثي TSP الحاوي على 46% من خامس أكسيد الفوسفور P₂O₅، وأربعة تراكيز من الرش بالزنك (0، 30، 60، 90) ملغ من سماد كبريتات الزنك ZnSO₄. نفذت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بترتيب القطع المنشقة لمرة واحدة وبثلاثة مكررات، شملت القطع الرئيسية التسميد الفوسفاتي، بينما تضمنت القطع الثانوية الرش بالزنك. أظهرت النتائج تفوق مستوى التسميد الفوسفاتي 100 كغ P₂O₅ 46% TSP/هـ معنوياً على جميع مستويات التسميد الأخرى والشاهد بأعلى متوسط لصفة نسبة الزيت (52.07%)، والبروتين (23.13%)، والرماد (3.80%) في البذور، كما سجلت أعلى إنتاجية للزيت عند المستوى 100 كغ P₂O₅/هـ (653.46 كغ/هـ) بينما حقق الشاهد أعلى متوسط لصفة نسبة الكربوهيدرات (12.29%)، والرطوبة (7.17%)، والألياف (15.48%). أعطى تركيز الرش بالزنك 60 ملغ ZnSO₄/ل أعلى متوسط لصفة نسبة الزيت (49.36%)، والبروتين (22.11%)، والرماد (3.78%) في البذور، بينما أعطى التركيز 90 ملغ ZnSO₄/ل أعلى إنتاجية للزيت (514.80 كغ/هـ)، وبالمقابل حقق الشاهد أعلى متوسط لنسبة الكربوهيدرات (10.80%)، والرطوبة (7.25%)، والألياف (13.08%) في البذور. حقق التداخل (100 كغ P₂O₅ 46% TSP/هـ × 60 ملغ ZnSO₄/ل) تفوقاً معنوياً بأعلى قيمة لصفة نسبة الزيت (53.76%)، البروتين (24.05%)، الرمد (3.90%) على جميع التداخلات الأخرى، أما التداخل (100 كغ P₂O₅ 46% TSP/هـ × 90 ملغ ZnSO₄/ل) فقد أعطى أعلى قيمة لصفة إنتاجية الزيت (715.55 كغ/هـ)، ولم تكن الفروق معنوية بينه وبين التداخل (100 كغ P₂O₅ 46% TSP/هـ × 60 ملغ ZnSO₄/ل) بالنسبة لصفة إنتاجية الزيت.

الكلمات المفتاحية: السمسم، سوبر فوسفات ثلاثي، كبريتات الزنك، البروتين، الزيت.

المقدمة:

السمسم من أقدم محاصيل البذور الزيتية (Mushtaq وآخرون، 2020)، ويعد النوع *Sesamum indicum L.* أهم أنواع السمسم المزروعة ضمن الفصيلة السمسمية Pedaliaceae (Zeb وآخرون، 2017)، وإن السمسم نبات ذاتي التلقيح، ومع ذلك فإن تركيبه الزهري يشجع على التلقيح الخلطي بنسبة تصل إلى 65% في حال توفر الملقحات (Bartomeus وآخرون، 2014)، وخاصة النحل الذي يعد أكثر الملقحات فعالية في نبات السمسم (Thapa، 2006).

يزرع نبات السمسم للحصول على البذور، والتي تستخدم في صناعة الطحينة والحلويات والمعجنات، وتصل نسبة الزيت في البذور إلى (45-60%)، والبروتين (20-25%)، والكربوهيدرات (15%)، ويستخدم ناتج عصر البذور بعد استخلاص الزيت في علائق الحيوانات (Yingxiar وآخرون، 1988).

يتمتع زيت السمسم بطول فترة التخزين، ويرجع ذلك لوجود نسبة من المركبات المضادة للأكسدة منها (sesamol، sesamin)، و (sesamol) (Pusadkar وآخرون، 2015)، والتي لها دور في علاج التهاب المفاصل وهشاشة العظام (chakraborty وآخرون، 2008)، وتثبيط الخلايا السرطانية (Akl وآخرون، 2013)، كما يحتوي على أربعة أحماض دهنية رئيسية (Stearic، Palmitic، Linoleic، Oleic) (Were وآخرون، 2001)، ويدخل زيت السمسم في تركيب بعض المنتجات الدوائية والمبيدات الحشرية (Ashri، 1989)، كما تستخدم أزهار السمسم في علاج داء الثعلبة والسرطان، وتستخدم أوراقه في علاج الالتهابات البولية (Pusadkar، 2015).

بلغت المساحة المزروعة من السمسم عالمياً حوالي 10 مليون هكتار وإنتاجية وصلت إلى 5.8 مليون طن/هـ، ويعد الموطن الأصلي للسمسم إثيوبيا، ثم نقل إلى الهند والصين (FAO، 2020).

ولوحظ في السنوات الأخيرة انخفاض زراعة محصول السمسم في سورية بشكل ملحوظ، فقد انخفضت المساحة المزروعة به من 4445 هكتار عام 2008 إلى 4074 هكتار في عام 2017، ويزرع السمسم في سورية بشكل واسع في محافظتي الرقة ودير الزور، أما في اللاذقية فبلغت المساحة المزروعة منه حوالي 24 هكتار بإنتاج 10 طن (المجموعة الإحصائية السورية، 2017)، ويعزى انخفاض مردود وحدة المساحة من بذور السمسم إلى زراعة أصناف منخفضة الغلة، وعدم استخدام الأسمدة، وعدم إضافة مياه الري بالكميات المناسبة (Weiss، 2000).

أشار Ranganatha (2013) إلى أن الاستخدام غير المتوازن للأسمدة وقلة استخدام العناصر المغذية هو أحد الأسباب الرئيسية لانخفاض إنتاجية السمسم، كما ذكر Mangaraj وآخرون (2022) أن العامل الرئيسي لزيادة إنتاجية المحاصيل هو تحسين الإدارة الزراعية عن طريق الإدارة السليمة للعناصر المغذية، يعتمد تحسين نمو كثير من المحاصيل الزراعية وزيادة إنتاجيتها على التغذية المعدنية السليمة لهذه المحاصيل، كون النباتات تحتاج بشكل أساسي إلى العناصر الغذائية الكبرى، إضافة إلى العناصر الغذائية الصغرى، وذلك لتأمين سير مختلف العمليات الحيوية والفسيولوجية داخل النباتات (Zeiger و Tais، 1998).

يعد الفوسفور من العناصر الغذائية الكبرى فهو يساعد على زيادة النمو الخضري وتراكم المادة الجافة (Kalaliya وآخرون، 2022)، وزيادة كثافة الجذور (Babajide و Oyeleke، 2014)، لذا يعتبر الفوسفور عنصر أساسي في تحديد إنتاجية النبات، وعادة يكون محتواه في التربة غير كافي للنبات بسبب تثبيته من قبل التربة (Malhotra وآخرون، 2018)، وقد أشار Razaq وآخرون (2017) إلى حاجة النبات لعنصر الفوسفور بكميات عالية كونه يعمل على: تحفيز انبات البذور، تطوير الجذور، تقوية الساق وتشكيل الأزهار، وله دور في تخليق الجزيئات الحيوية وتشكيل جزيئات عالية الطاقة، تنشيط الإنزيمات وتثبيطها، استقلال الكربوهيدرات، ويعد الفوسفور أحد المكونات الهامة للمركبات الغنية بالطاقة بما في ذلك:

(ATP، CTP، GTP، UTP)، وإن الفوسفور ضروري لتصنيع البروتين إذ يعد أحد مكونات الأحماض النووية، كما أن توفر الفوسفور يزيد من قدرة النباتات البقولية على تثبيت الأزوت.

يساهم الزنك في العديد من العمليات الفسيولوجية في النبات، ويعد من المغذيات الصغرى الضرورية إذ يشارك في تنشيط الإنزيمات التي تخلق البروتين، تشكيل النشاء، تكوين الكلوروفيل والكاربوهيدرات، إنتاج الأوكسينات، استقرار البروتين، ضروري لامتناس الماء، يساعد النبات على تحمل درجات الحرارة المنخفضة ويؤثر على معدل نضج البذور والسوق، كما أن الزنك عنصر أساسي في الأنزيمات التالية:

Carbonic anhydrase, Alcohol dehydrogenase, Superoxide dismutase, Carboxy peptidase, Aldolase, RNA polymerase (Rudani وآخرون، 2018).

أجرى Ali وآخرون (2024) تجربة حقلية في مزرعة الأبحاث التابعة لجامعة الزراعة، ببشاور، باكستان لدراسة تأثير الرش الورقي للزنك على نباتات السمسم خلال عام 2022 إذ تم استخدام أربع تراكيز من الرش بالزنك (0، 2، 4، 6) %، وقد بينت النتائج أن النباتات المعاملة بتركيز 4% من الزنك تفوقت معنوياً بأعلى نسبة للزيت (48.3%)، والبروتين (20.1%) في البذور، وأعلى إنتاجية للزيت (416 كغ/هـ)، بينما أعطى الشاهد أقل نسبة للزيت (43.2%)، والبروتين (17.4%)، وأقل إنتاجية للزيت (333 كغ/هـ). كما أجرى مهدي (2014) تجربة حقلية خلال 2013/2012 في حقل قسم المحاصيل جامعة بغداد لدراسة تأثير رش الزنك على نبات السمسم ولاحظ استجابة النبات للرش الورقي عن طريق تحسين أداء النبات عند رش الزنك، وبالنسبة لصفة نسبة الزيت فقد وصلت إلى (54.51%) عند رش الزنك، بينما سجلت (50.08%) بدون رش.

وقد نفذ Verma وآخرون (2013) تجربة حقلية في كلية الزراعة، جايبور، راجستان خلال 2009 باستخدام أربع مستويات من الفوسفور (0، 15، 30، 45) كغ/هـ على نباتات السمسم، وحصل على أعلى القيم لنسبة الزيت (48.86%)، والبروتين (21.97%)، إنتاجية الزيت (468.6 كغ/هـ)، ومكونات الرماد:

الأزوت (3.52%)، الفوسفور (0.80%) والكبريت (0.21%) عند مستوى التسميد 45 كغ/هـ، وكانت النتائج متشابهة احصائياً مع المستوى 30 كغ/هـ.

نفذ Ali وآخرون (2014) تجربة حقلية في جامعة الزراعة ببشاور، باكستان خلال 2012 لدراسة تأثير عدة مستويات من الفوسفور (0، 30، 60، 90) كغ/هـ على نبات السمسم، وأشارت نتائجه إلى التأثير المعنوي لمستويات الفوسفور على نسبة الزيت في البذور وإنتاجية الزيت، وحصل على أعلى نسبة للزيت عند المستوى 90 كغ/هـ وسجل (58.21%)، وأقل نسبة للزيت كانت في الشاهد (40.91%)، كما تم الحصول على أعلى إنتاجية للزيت (676 كغ/هـ) عند المستوى 90 كغ/هـ.

أجرى Bhavana وآخرون (2022) تجربة حقلية خلال عام 2021 في جامعة سنتوريون، أوديشا باستخدام أربع مستويات من التسميد الفوسفاتي (0، 30، 60، 90) كغ P_2O_5 /هـ، سجل المستوى 90 كغ P_2O_5 /هـ أعلى قيمة لصفة نسبة الزيت في البذور (43.7%)، وإنتاجية الزيت (336 كغ/هـ)، وكان متساوي معنوياً مع المستوى 60 كغ P_2O_5 /هـ. وفي المقابل وجد Hafiz و El-Bramawy (2012) أن زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي حتى 95 كغ P_2O_5 /هـ أدى إلى زيادة معنوية في نسبة الزيت وإنتاج الزيت في الهكتار الواحد لنباتات السمسم.

وقد نفذ Arslan و Gur (2018) دراسة في مركز الإرشاد والتدريب في تركيا لتحديد احتياجات نبات السمسم من الفوسفور وذلك بإضافة أربعة مستويات من التسميد الفوسفاتي (0، 4، 8، 12) كغ P_2O_5 /دونم وتبين أن المستوى 8 كغ/دونم أعطى أعلى نسبة

للبروتين في البذور (23.07%) وأعلى إنتاجية للزيت (72.15 كغ/دونم)، بينما سجلت أقل نسبة للبروتين (21.94%)، وإنتاجية الزيت (62.24 كغ/دونم) عند الشاهد. ومن أهم مبررات البحث الآتي:

- زراعة السمسم بشكل هامشي في الساحل وقلّة المساحات المزروعة به.
 - قلّة وجود دراسات عن الأسمدة وبالكميات المطلوبة لنبات السمسم، وخاصة التسميد الفوسفاتي لقلته في تربة منطقة البحث.
 - انخفاض الخصائص النوعية في بذور السمسم.
- تتبع أهمية البحث من الأهمية الطبية والغذائية العالية لمحصول السمسم، والطلب المتزايد على الزيوت النباتية ومنها زيت السمسم، والسعي لتحسين نوعية البذور (على وجه الخصوص نسبة الزيت)، وبالتالي إنتاج الزيت في الهكتار، لذا هدف هذا البحث إلى دراسة تأثير الفوسفور والزنك في بعض الخصائص النوعية لنبات السمسم، وتحديد المعاملة التي أعطت أفضل نوعية للبذور وإنتاجية للزيت من خلال دراسة التفاعل بين مستويات التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك.

مواد البحث وطرقه:

1. المادة النباتية المستخدمة:

استخدم في البحث بذور نبات السمسم (الصف الأبيض)، وتم الحصول على البذور من السوق المحلية، اللاذقية، سورية، ومن صفاته: قليل التفرع، مبكر في النضج، بذوره بيضاء وزيته صافي فاتح اللون مما يجعله مرغوب من قبل المستهلكين وتجارياً.

2. مكان تنفيذ البحث:

نفذ البحث خلال الموسم 2024/2023، في محافظة اللاذقية (قرية الدروقيات - منطقة عين البيضا)، وأجريت التحاليل في مخبر كلية الهندسة الزراعية - قسم المحاصيل الحقلية وقسم التربة - جامعة اللاذقية، سورية.

3. تحليل التربة:

أخذت عينات عشوائية من تربة الموقع قبل الزراعة من عمق 15-20 سم وتم تحليلها في مركز البحوث العلمية الزراعية في منطقة الهنادي التابعة لمحافظة اللاذقية - سورية والموضحة في الجدول (1).

الجدول (1): التحليل الكيميائي والميكانيكي لتربة التجربة

التركيب الميكانيكي			البوتاسيوم المتاح ppm	الفوسفور المتاح ppm	الآزوت المعدني ppm	المادة العضوية %	الكربونات الكلية %	EC Ds/m	رقم الحموضة PH
الطين %	السلت %	الرمل %							
53	22	25	199	5	7	2	56	0.21	7.9

يتبين من الجدول السابق أن تربة الموقع طينية، عالية المحتوى من كربونات الكالسيوم، غير مالحة، PH مائل للقلوية، ذات محتوى جيد من المادة العضوية، فقيرة بالفوسفور والآزوت ومتوسطة المحتوى من البوتاسيوم المتاح.

4. تحضير التربة للزراعة:

تم إجراء حراثتين متعامدتين لتربة الموقع بعمق (25-28) سم باستخدام المحراث القلاب في الربيع، ثم تم تفكيكها وتنعيمها باستخدام المحراث الدوار في 2023/4/23، ثم تخطيط التربة وفقاً لمخطط التجربة، وبعدها أضيفت الأسمدة الأساسية NPK، حيث تمت إضافة البوتاسيوم على شكل سلفات البوتاسيوم K_2O 51% دفعة واحدة عند تحضير الأرض للزراعة بمعدل 100 كغ K_2O /هـ، أما الآزوت أضيف على شكل يوريا 46% بعد الزراعة على دفعتين الأولى بعد التقريد والثانية بعد التفرغ بمعدل 100 كغ N/هـ. وبالنسبة للفوسفور: أضيف على شكل سوبر فوسفات ثلاثي الحاوي على 46% من خامس أكسيد الفوسفور (P_2O_5 46%) دفعة واحدة عند تحضير الأرض للزراعة، وفق خمسة مستويات (0، 40، 60، 80، 100) كغ P_2O_5 /هـ، كما تم رش الزنك على شكل كبريتات الزنك Zn_2SO_4 على دفعتين الأولى عند بدء التبرعم، والثانية بعد عشرين يوم من الرش الأولى وفق أربعة تراكيز (0، 30، 60، 90) ملغ Zn_2SO_4 /ل.

وتمت زراعة البذور في 2023/5/1 على عمق (2-3) سم لضمان انبات جيد للبذور، ثم تم إجراء رية مباشرة بعد الزراعة وبعدها مرة كل 10 أيام، وتم إيقاف الري قبل الحصاد بحوالي 15 يوم، وتم إجراء عملية العزيق مرتين الأولى في 2023/5/10 والثانية في 2023/5/17 لإزالة الأعشاب التي تنافس المحصول على الغذاء والماء، وأجريت عملية الترقيع في 2023/5/12 في بعض الأماكن الخالية أو الضعيفة الإنبات ببذور نفس الصنف، وتم التقريد في 2023/5/19 عند وصول البادرات إلى ارتفاع 10-15 سم بترك نبات واحد في الجورة، وتم الحصاد في الصباح الباكر في 2023/9/2 باتباع الخطوات التالية:

- تم قطع النباتات عند مستوى سطح الأرض بواسطة مقص.
- تم ربط النباتات بحزم صغيرة (حوالي 3 حزم لكل قطعة)، بحيث لا يتجاوز قطر الحزمة 35-40 سم.
- وضعت الحزم بشكل هرمي على مفاresh نظيفة بحيث تكون قمة النبات باتجاه الأسفل.
- تركت النباتات معرضة لأشعة الشمس حتى اكتمال جفافها، واستغرقت حوالي 15 يوم.
- بعد جفاف العلب وتفتحها، تم نفض النباتات وجمعت البذور، وتمت غربلتها.

5. تصميم التجربة:

تم إجراء البحث في تجربة عاملية باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (R.C.B.D)، وتم ترتيب هذه القطع بنظام القطع المنشقة لمرة واحدة Split Plot Design بثلاثة مكررات، خصصت القطع الرئيسية للتسميد الفوسفاتي، والقطع المنشقة الثانوية للرش بالزنك.

كانت أبعاد القطعة التجريبية (2 x 2) م، احتوت على 4 سطور، المسافة بين السطور 50 سم، والمسافة بين النباتات 20 سم، وتم ترك 25 سم عند طرفي القطعة بدون زراعة، وترك ممرات خدمة بين القطع المتجاورة بمسافة 50 سم، و100 سم بين قطاعات المكررات الثلاثة. زرعت البذور في 1 أيار، وبواقع (3-4) بذرة لكل جورة، وبلغ عدد القطع التجريبية $3 \times 4 \times 5 = 60$ قطعة تجريبية، والكثافة الزراعية = 100000 نبات/هـ.

6. الصفات المدروسة:

تم تقدير الصفات النوعية لبذور السمسم عن طريق تحليل عينات من البذور بعد تجفيفها والتي قُدرت من متوسط عشر نباتات مختارة بشكل عشوائي من كل قطعة تجريبية.

- نسبة الزيت في البذور (%): تم تقدير نسبة الزيت باستخدام جهاز Soxhlet (AOAC, 2008). أخذت عينة من البذور (5غ) ثم طحنت، وفصل الزيت بالاستخلاص بالإيثير البترولي (40-60) باستخدام جهاز Soxhlet لمدة 6 ساعات، ثم بخر المذيب باستخدام مبخر دوار Rotary Evaporator (300) وحُسبت النسبة المئوية للزيت باستخدام العلاقة: نسبة الزيت (%) = [وزن الزيت المستخلص (غ) / وزن العينة (غ)] × 100

- نسبة البروتين في البذور (%): تم تقدير نسبة البروتين باستخدام جهاز Kjeldahl (AOAC, 2008) بتقدير كمية الأزوت في البذور، ثم ضرب الناتج بمعامل التحويل 6.25 (Mcdaniel et al., 1967) من المعادلة:

$$\text{النسبة المئوية للبروتين} = \text{النسبة المئوية للأزوت} \times 6.25$$

إذ تم تقطيع عينة وسطية من البذور وزنها 100 غ من كل مكرر، وتم أخذ 5 غ منها، وتم الهضم بطريقة كلداهل، ثم قدرت نسبة الأزوت، ومن معرفة نسبة الأزوت تم ضرب النتائج بالرقم 6.25 للحصول على نسبة البروتين في البذور.

- نسبة الكربوهيدرات الكلية (%): تم حسابها وفق (Dubois وآخرون، 1956) من العلاقة التالية:

$$100 - (\text{الرطوبة} \% + \text{البروتين} \% + \text{الزيت} \% + \text{الألياف} \% + \text{الرماد} \%)$$

- نسبة الألياف (%): تم أخذ عينة (3غ) كجزء من الكربوهيدرات التي تقاوم حمض الكبريت (1.25%)، (NAOH 1.25) للهضم، يليه النخل (75 ميكرومتر)، والغسيل، والتجفيف، والإشعال حتى طرد الرماد من الألياف، وفق (AOAC, 2008).

- نسبة الرطوبة (%): تم حساب نسبة الرطوبة بطريقة التجفيف في الفرن، وذلك بأخذ عينة (3غ) عند 100 درجة مئوية لمدة 6 ساعات (AOAC, 2008).

- نسبة الرماد (%): تم تحديد الرماد الكلي من عينة حوالي (3غ) في الفرن عند الدرجة 550 درجة مئوية حتى اكتمال الترميد (أكثر من 12 ساعة)، وفق (AOAC, 2008).

- إنتاجية الزيت (كغ/ه): ويقصد بهذا المفهوم كمية الزيت المتحصل عليها من وحدة المساحة وتم حسابها من العلاقة: نسبة الزيت % × إنتاجية البذور (كغ/ه) وحسبت لكل قطعة تجريبية، بعد تقدير إنتاجية البذور من إنتاجية القطعة الواحدة.

7. التحليل الإحصائي:

تم جمع البيانات وتبويبها باستخدام برنامج Excel، ثم تم إجراء تحليل التباين ANOVA ومقارنة المتوسطات باستخدام قيمة أقل فرق معنوي L.S.D عند مستوى المعنوية 1%، وحساب ومعامل الاختلاف CV% باستخدام برنامج Genstat-V12

النتائج والمناقشة:

أولاً: نسبة الزيت في البذور (%):

أ. تأثير التسميد الفوسفاتي على متوسط نسبة الزيت في البذور (%):

تشير نتائج الجدول (2) إلى وجود فروق معنوية بين جميع مستويات التسميد الفوسفاتي، إذ أدت زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي تدريجياً إلى زيادة معنوية في نسبة الزيت في البذور، وحقت أعلى متوسط لهذه الصفة عند المستوى 100 كغ/هـ، وبلغت عنده (52.07%)، بينما بلغ أقل متوسط عند الشاهد (43.34%). وقد وجد Bhavana وآخرون (2022) عند استخدام أربعة مستويات من السماد الفوسفاتي (0، 30، 60، 90 كغ/هـ) على نباتات السمسم أن نسبة الزيت زادت تدريجياً ووصلت إلى أعلى قيمة عند المستوى 60 كغ/هـ (43.7%) ثم انخفضت عند المستوى 90 كغ/هـ وبلغت (42.3%)، كما بين Priyadarshini وآخرون (2021) عند تطبيق عدة مستويات من الفوسفور (20، 30، 40 P₂O₅ هـ/تفوق المستوى (40 كغ/هـ) معنوياً بأعلى نسبة للزيت على جميع المستويات الأخرى (50.53%). وقد وجد Ali وآخرون (2014) عند إضافة أربعة مستويات من السماد الفوسفاتي (0، 30، 60، 90 كغ/هـ) أن المستوى 90 كغ/هـ أعطى أعلى متوسط لنسبة الزيت في البذور (58.21%) متفوقاً على باقي المستويات والشاهد، وبالمقابل أشار Jahan وآخرون (2019) عند تطبيق ثلاثة مستويات من الفوسفور (0، 20، 30) P % على نباتات السمسم إلى تفوق المستوى 20 % بأعلى نسبة للزيت في البذور (43.92%)، وأقلها في الشاهد، ولم تكن الفروق معنوية بين المستويين 20 % و 30 %، كما وجد Hafiz و El Bramawy (2012) أن زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي حتى المستوى 95 كغ P₂O₅ /هـ أدت إلى زيادة نسبة الزيت في البذور، وإن زيادة نسبة الزيت نتيجة زيادة الفوسفور تعود إلى دور الفوسفور في استقلاب الدهون في البذور من خلال توفير الطاقة (ATP) والعوامل المختزلة (NADPH)، وتأثيره على توزيع الكربون في النبات حيث أن الفوسفور الكافي يحفز توجيه الكربون نحو تخليق الدهون بدلاً من الكربوهيدرات (Marschner، 1986).

ب. تأثير الرش بالزنك على متوسط نسبة الزيت في البذور (%):

بينت نتائج الجدول (2) وجود فروق معنوية بين جميع تراكيز الرش بالزنك، إذ أدت زيادة تراكيز الرش بالزنك إلى زيادة معنوية في متوسط نسبة الزيت في البذور، وبلغت أقصاها عند تركيز الرش 60 ملغ/ل (49.36%)، ثم انخفضت بعدها عند تركيز الرش 90 ملغ/ل (48.63%)، بينما سجلت أقل متوسط لهذه الصفة عند الشاهد (46.04%)، وقد أشار العديد من الباحثين إلى زيادة نسبة الزيت في بذور السمسم عند الرش بالزنك فقد وجد Ali وآخرون (2024) أن زيادة تركيز الرش بالزنك أدت إلى زيادة تدريجية في نسبة الزيت في بذور السمسم وحقق الرش بالزنك بالتركيز 4% أعلى نسبة للزيت في البذور (48.3%) مقارنة مع باقي المستويات (0، 2، 6) %، كما استخدم Jahan وآخرون (2019) ثلاثة مستويات من سماد الزنك (0، 2.5، 5) ZnO % ووجد أن المستوى 2.5 % أعطى أعلى نسبة للزيت في البذور (44.88%) وأقلها في الشاهد (39.80%) ونسبة متوسطة عند المستوى 5 % وبلغت (42.23%)، وإن الزيادة في نسبة الزيت في البذور نتيجة زيادة تركيز الرش بالزنك تعود إلى دور الزنك الهام في العمليات الاستقلابية بما في ذلك تكوين الزيت والتخليق الحيوي للأحماض الدهنية بما يتوافق مع (Murthy، 2011).

ج. تأثير تداخل التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك على متوسط نسبة الزيت في البذور (%):

حقق التداخل (100 كغ/هـ × 60 ملغ/ل) تفوقاً معنوياً على جميع التداخلات الأخرى بأعلى متوسط لصفة نسبة الزيت في البذور (53.76%).

الجدول (2): تأثير التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك على نسبة الزيت في البذور (%)

متوسط تأثير الفوسفور	تراكيز الرش بالزنك ملغ/ل				مستويات الفوسفور كغ P ₂ O ₅ /هـ
	90	60	30	0	
43.34	43.83	44.90	43.24	41.39	0
46.40	46.93	47.24	46.76	44.68	40
48.23	48.68	49.55	48.14	46.53	60
50.13	50.75	51.36	50.15	48.26	80
52.07	52.95	53.76	52.20	49.36	100
	48.63	49.36	48.10	46.04	متوسط تأثير الزنك
	الفوسفور × الزنك 0.2305	الزنك 0.0994	الفوسفور 0.1601		أقل فرق معنوي LSD 1%
		0.2			CV %

ثانياً: نسبة البروتين في البذور (%):

أ. تأثير التسميد الفوسفاتي على متوسط نسبة البروتين في البذور (%):

تشير نتائج الجدول (3) إلى وجود فروق معنوية بين جميع مستويات التسميد الفوسفاتي، إذ أدت زيادة مستويات التسميد تدريجياً إلى زيادة معنوية في نسبة البروتين في البذور، وحققت أعلى متوسط لهذه الصفة عند المستوى 100 كغ/هـ، وبلغت عنده (23.13%)، بينما سجل أقل متوسط عند الشاهد (18.41%)، وفي دراسة مشابهة بين Arslan و Gur (2018) عند استخدام أربع مستويات من السماد الفوسفاتي (0، 4، 8، 12) كغ/دونم أن إضافة السماد الفوسفاتي على نباتات السمسم أعطت فروق معنوية في نسبة البروتين في البذور وبلغت أقل قيمة عند الشاهد (21.94%) وأكثرها عند المستوى 8 كغ/دونم وبلغ (23.07%)، وقد تعود هذه الزيادة في نسبة البروتين في البذور مع زيادة مستويات الفوسفور إلى دور الفوسفور الهام في تصنيع البروتين والأحماض الأمينية (Razaq وآخرون، 2017)، وقد أكد Tekseng وآخرون (2018) على دور الفوسفور في زيادة نسبة البروتين في بذور السمسم، إذ وصلت إلى (23.70%) عند استخدام 50 كغ P₂O₅/هـ متفوقاً على المستويات الأخرى (0، 25) كغ/هـ.

ب. تأثير الرش بالزنك على متوسط نسبة البروتين في البذور (%):

بينت نتائج الجدول (3) وجود فروق معنوية بين جميع تراكيز الرش بالزنك، إذ أدت زيادة تراكيز الرش بالزنك إلى زيادة معنوية في متوسط نسبة البروتين في البذور، وبلغت أقصاها عند تركيز الرش 60 ملغ/ل (22.11%)، وأقلها عند الشاهد (19.31%)، وقد وجد Ali وآخرون (2024) نتائج مشابهة إذ بين أن الرش الورقي للزنك على نباتات السمسم له تأثيرات إيجابية على نسبة البروتين في البذور، فقد أعطى الرش بتركيز 4% أعلى نسبة للبروتين في البذور (20.1%)، مقارنة بالتراكيز الأخرى (0، 2، 6) %، وسجل أقل نسبة للبروتين في الشاهد (17.4%)، كما ذكر Yasin و Abdelsalam (2022) أن رش الزنك على الأوراق حسن الصفات النوعية للبذور بما فيها البروتين، وهذه الزيادة في محتوى البروتين في البذور تعود إلى دور الزنك في تسريع تخليق الحمض النووي الريبي (RNA) والبروتين (Nayak و Singh، 2024)، وزيادة نشاط الأنزيمات المشاركة في استقلاب الأزوت وبالتالي زيادة نسبة البروتين (Dehnavi وآخرون، 2017).

ج. تأثير تداخل التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك على متوسط نسبة البروتين في البذور (%):

حقق التداخل (100 كغ/هـ × 60 ملغ/ل) تفوقاً معنوياً على جميع التداخلات الأخرى بأعلى متوسط لصفة نسبة البروتين في البذور (24.05%).

الجدول (3): تأثير التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك على نسبة البروتين في البذور (%)

متوسط تأثير الفوسفور	تراكيز الرش بالزنك ملغ/ل				مستويات الفوسفور كغ P ₂ O ₅ /هـ
	90	60	30	0	
18.41	19.13	19.65	18.36	16.50	0
19.43	19.91	20.55	19.40	17.84	40
21.13	21.85	22.42	20.82	19.42	60
22.86	23.44	23.86	22.91	21.24	80
23.13	23.95	24.05	23.01	21.54	100
	21.66	22.11	20.90	19.31	متوسط تأثير الزنك
	الفوسفور × الزنك	الزنك	الفوسفور		أقل فرق معنوي
	0.12884	0.04618	0.11020		LSD 1%
		0.2			CV %

ثالثاً: نسبة الكربوهيدرات في البذور (%):

أ. تأثير التسميد الفوسفاتي على متوسط نسبة الكربوهيدرات في البذور (%):

تشير نتائج الجدول (4) إلى وجود فروق معنوية بين جميع مستويات التسميد الفوسفاتي، إذ أدت زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي إلى انخفاض معنوي في نسبة الكربوهيدرات في البذور، وحققت أقل متوسط لهذه الصفة عند المستوى 100 كغ/هـ، وبلغت عنده (6.33%)، بينما بلغ أكبر متوسط عند الشاهد (12.29%)، وفي دراسة لكل من جبارة والعامري (2022) تبين عدم وجود فروق معنوية بين معاملات الفوسفور في صفة نسبة الكربوهيدرات على نباتات عباد الشمس، وقد يكون الانخفاض في نسبة الكربوهيدرات في البذور عند زيادة مستويات الفوسفور في نتائج هذه التجربة ناتج عن تحول استقلابي يفضل إنتاج الطاقة والمركبات البنائية (زيت، بروتين) على حساب مركبات التخزين (الكربوهيدرات)، فقد وجد Singh وآخرون (2011) أن زيادة الفوسفور قد تحفز تخليق الأحماض الدهنية على حساب الكربوهيدرات في البذور الزيتية، كما أشار Hall وآخرون (2006) أن الفوسفور يلعب دوراً في تحول السكريات إلى مركبات تخزين أخرى مثل الدهون مما قد يقلل نسبة الكربوهيدرات في البذور، وفي هذا النطاق ذكر Chung وآخرون (2005) أن السمسم يستجيب للتسميد الفوسفاتي بزيادة تخليق الزيوت مما قد يكون على حساب الكربوهيدرات.

ب. تأثير الرش بالزنك على متوسط نسبة الكربوهيدرات في البذور (%):

بينت نتائج الجدول (4) وجود فروق معنوية بين جميع تراكيز الرش بالزنك، إذ أدت زيادة تراكيز الرش بالزنك إلى انخفاض معنوي في متوسط نسبة الكربوهيدرات في البذور، وبلغت أقل قيمة عند تركيز الرش 60 ملغ/ل (7.90%)، وأكبرها عند الشاهد (10.80%)، وقد وجد Cakmak (2000) أن الزنك يغير توزيع الكربون في البذور لصالح المركبات الدفاعية (مضادات الأكسدة) على حساب الكربوهيدرات، ولم تتوافق هذه النتيجة مع ذنون (2011) والذي بين أن إضافة الزنك إلى التربة بتركيز 300 ppm أدت إلى زيادة معنوية في محتوى بذور العصفور من الكربوهيدرات.

ج. تأثير تداخل التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك على متوسط نسبة الكربوهيدرات في البذور (%):

حقق التداخل (100 كغ/هـ × 60 ملغ/ل) تفوقاً معنوياً على جميع التداخلات الأخرى بأقل متوسط لصفة نسبة الكربوهيدرات في البذور (4.88%).

الجدول (4): تأثير التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك على نسبة الكربوهيدرات في البذور (%)

متوسط تأثير الفوسفور	تراكيز الرش بالزنك ملغ/ل				مستويات الفوسفور كغ P ₂ O ₅ /هـ
	90	60	30	0	
12.29	12.08	10.73	12.52	13.81	0
10.29	9.88	9.37	10.02	11.87	40
9.07	8.83	7.79	9.01	10.63	60
7.78	7.19	6.74	7.83	9.34	80
6.33	5.54	4.88	6.57	8.34	100
	8.71	7.90	9.19	10.80	متوسط تأثير الزنك
	الفوسفور × الزنك	الزنك	الفوسفور		أقل فرق معنوي LSD 1%
	0.2843	0.1231	0.1959		CV %
		1.3			

رابعاً: نسبة الرماد في البذور (%)

أ. تأثير التسميد الفوسفاتي على متوسط نسبة الرماد في البذور (%)

تشير نتائج الجدول (5) إلى وجود فروق معنوية بين أغلب مستويات التسميد الفوسفاتي، وقد أدت زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي إلى زيادة معنوية في نسبة الرماد في البذور باستثناء المستويين 80 و100 كغ/هـ فلم يكن بينهما فروق معنوية، وقد سجلت أعلى متوسط عند المستوى 100 كغ/هـ (3.80%)، تلاها المستوى 80 كغ/هـ (3.79%)، بينما بلغ أقل متوسط عند الشاهد (3.32%)، وقد وجد Verma وآخرون (2013) أن التسميد الفوسفاتي بالمستوى 45 كغ/هـ على نباتات السمسم حسن تركيز كل من الأروت (3.52%)، الفوسفور (0.80%) والكبريت (0.21%) مقارنة مع باقي المستويات والشاهد (0، 15، 30) كغ/هـ. وقد أشار جبارا والعامري (2022) إلى وجود فروق معنوية بين معاملات الفوسفور في صفة نسبة الرماد في نباتات عباد الشمس.

ب. تأثير الرش بالزنك على متوسط نسبة الرماد في البذور (%)

بينت نتائج الجدول (5) وجود فروق معنوية بين أغلب تراكيز الرش بالزنك، إذ أدت زيادة تراكيز الرش بالزنك إلى زيادة معنوية في متوسط نسبة الرماد في البذور، وبلغت أقصاها عند تركيز الرش 60 ملغ/ل (3.78%)، وأقلها عند الشاهد (3.51%)، وقد أوضح Dehnavi وآخرون (2017) أن التغذية الورقية بالزنك تحت ظروف ري محددة عززت امتصاص الزنك وتركيزه في بذور السمسم مما ساهم في تحسين نوعية البذور، كما ذكر Ali وآخرون (2024) أن زيادة الرش الورقي للزنك أدى إلى زيادة في نسبة الزنك والبيوتاسيوم في بذور السمسم، وقد أكد العديد من الباحثين على دور الرش الورقي للزنك في زيادة تركيز الزنك في بذور المحاصيل (Wissuwa وآخرون، 2008) و (Cakmak، 2009)، وهذا يعود إلى دور الزنك الهام في عملية التمثيل الغذائي للنبات والتي قد تكون مسؤولة عن تراكم أكبر للمواد الغذائية وزيادة تركيزها في الأزهار ثم البذور (Babaeian وآخرون، 2011).

ج. تأثير تداخل التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك على متوسط نسبة الرماد في البذور (%)

حقق التداخل (100 كغ/هـ × 60 ملغ/ل) تفوقاً معنوياً على جميع التداخلات الأخرى بأعلى متوسط لصفة نسبة الرماد في البذور (3.90%)، وتساو معنوياً مع التداخل (80 كغ/هـ × 60 ملغ/ل).

الجدول (5): تأثير التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك على نسبة الرماد في البذور (%)

متوسط تأثير الفوسفور	تراكيز الرش بالزنك ملغ/ل				مستويات الفوسفور كغ P ₂ O ₅ هـ
	90	60	30	0	
3.32	3.32	3.48	3.35	3.12	0
3.60	3.60	3.74	3.64	3.42	40
3.74	3.71	3.85	3.74	3.66	60
3.79	3.74	3.90	3.83	3.69	80
3.80	3.76	3.90	3.86	3.67	100
	3.62	3.78	3.68	3.51	متوسط تأثير الزنك
	الفوسفور×الزنك 0.04314	الزنك 0.02102	الفوسفور 0.01925		أقل فرق معنوي LSD 1%
		0.6			CV %

خامساً: نسبة الرطوبة في البذور (%):

أ. تأثير التسميد الفوسفاتي على متوسط نسبة الرطوبة في البذور (%):

تشير نتائج الجدول (6) إلى وجود فروق معنوية بين جميع مستويات التسميد الفوسفاتي، إذ أدت زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي إلى انخفاض معنوي في نسبة الرطوبة في البذور، وحققت أقل متوسط لهذه الصفة عند المستويين 60 و 100 كغ/هـ، وبلغت (6.89%)، بينما بلغ أكبر متوسط عند الشاهد (7.17%)، وقد يعود السبب في انخفاض نسبة الرطوبة عند إضافة الفوسفور إلى دور الفوسفور في تخليق الزيوت (Marschner، 1986) والبروتين (Razaq وآخرون، 2017) مما يقلل المساحة المخصصة للماء في البذور.

ب. تأثير الرش بالزنك على متوسط نسبة الرطوبة في البذور (%):

بينت نتائج الجدول (6) وجود فروق معنوية بين جميع تراكيز الرش بالزنك، إذ أدت زيادة تراكيز الرش بالزنك إلى انخفاض معنوي في متوسط نسبة الرطوبة في البذور، وبلغت أقل قيمة عند تركيز الرش 60 ملغ/ل (6.82%)، وأكبرها عند الشاهد (7.25%)، ويعود هذا الانخفاض في الرطوبة مع زيادة مستويات الرش بالزنك إلى دور الزنك في تنشيط أنزيم كربوكسي ببتيداز (Rudani وآخرون، 2018)، الذي يحول السكريات الذائبة إلى مواد صلبة (زيت وبروتين) مما يقلل المساحة المتاحة للماء في البذور.

ج. تأثير تداخل التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك على متوسط نسبة الرطوبة في البذور (%):

حقق التداخل (100 كغ/هـ × 60 ملغ/ل) تفوقاً معنوياً على جميع التداخلات الأخرى بأقل متوسط لصفة نسبة الرطوبة في البذور (6.73%).

سادساً: نسبة الألياف في البذور (%):

أ. تأثير التسميد الفوسفاتي على متوسط نسبة الألياف في البذور (%):

تشير نتائج الجدول (7) إلى وجود فروق معنوية بين جميع مستويات التسميد الفوسفاتي، إذ أدت زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي إلى انخفاض معنوي في نسبة الألياف في البذور، وحققت أقل متوسط لهذه الصفة عند المستوى 100 كغ/هـ، وبلغت عنده (7.76%)،

بينما بلغ أكبر متوسط عند الشاهد (15.48%)، وقد يكون السبب في انخفاض نسبة الألياف مع زيادة مستويات الفوسفور هو تحويل الكربوهيدرات بعيداً عن تخليق الألياف فقد ذكر Lott وآخرون (2009) أن زيادة الفوسفور تؤدي إلى تخزينه في البذور على شكل فايثيت، بدلاً من استخدامه في بناء الألياف، كما قد يتداخل الفوسفور الزائد مع توازن بعض العناصر مثل الكالسيوم والمغنيسيوم (Ockenden وآخرون، 2004) وهي ضرورية لتخليق السللوز، وقد أشار جبارة والعامري (2022) إلى تأثير الفوسفور في انخفاض نسبة الألياف في بذور عباد الشمس.

الجدول (6): تأثير التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك على نسبة الرطوبة في البذور (%)

متوسط تأثير الفوسفور	تراكيز الرش بالزنك ملغ/ل				مستويات الفوسفور كغ P ₂ O ₅ /هـ
	90	60	30	0	
7.17	7.11	6.96	7.18	7.44	0
6.95	6.85	6.77	6.93	7.24	40
6.89	6.81	6.76	6.83	7.15	60
7.11	7.10	6.89	7.13	7.31	80
6.89	6.85	6.73	6.87	7.12	100
	6.94	6.82	6.99	7.25	متوسط تأثير الزنك
	الفوسفور × الزنك	الزنك	الفوسفور		أقل فرق معنوي
	0.03922	0.01876	0.01971		LSD 1%
		0.3			CV %

ب. تأثير الرش بالزنك على متوسط نسبة الألياف في البذور (%):

بينت نتائج الجدول (7) وجود فروق معنوية بين جميع تراكيز الرش بالزنك، فقد بلغت أقل قيمة عند تركيز الرش 60 ملغ/ل (10.03%)، وأكبرها عند الشاهد (13.08%)، وبالتالي أدت زيادة تراكيز الرش بالزنك إلى انخفاض معنوي في متوسط نسبة الألياف في البذور، وهذا ما يتوافق مع الدراسات التي أشارت إلى دور الزنك في تحويل مسارات التمثيل الغذائي نحو تخليق البروتين (Nayak و Singh، 2024) والدهون (Murthy، 2011) وذلك على حساب تكوين الألياف.

ج. تأثير تداخل التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك على متوسط نسبة الألياف في البذور (%):

حقق التداخل (100 كغ/هـ × 60 ملغ/ل) تفوقاً معنوياً على جميع التداخلات الأخرى بأقل متوسط لصفة نسبة الألياف في البذور (6.67%).

الجدول (7): تأثير التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك على نسبة الألياف في البذور (%)

متوسط تأثير الفوسفور	تراكيز الرش بالزنك ملغ/ل				مستويات الفوسفور كغ P ₂ O ₅ /هـ
	90	60	30	0	
15.48	14.54	14.27	15.35	17.73	0
13.35	12.84	12.34	13.25	14.95	40
10.95	10.12	9.63	11.45	12.61	60
8.33	7.77	7.25	8.14	10.15	80
7.76	6.95	6.67	7.48	9.96	100
	10.44	10.03	11.13	13.08	متوسط تأثير الزنك
	الفوسفور × الزنك	الزنك	الفوسفور		أقل فرق معنوي
	0.05675	0.02301	0.04334		LSD 1%
		0.2			CV %

سابعاً: إنتاجية الزيت (كغ/هـ):

أ. تأثير التسميد الفوسفاتي على متوسط إنتاجية الزيت (كغ/هـ):

تشير نتائج الجدول (8) إلى وجود فروق معنوية بين جميع مستويات التسميد الفوسفاتي، إذ أدت زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي إلى زيادة معنوية في إنتاجية الزيت، وحققت أعلى متوسط لهذه الصفة عند المستوى 100 كغ/هـ وبلغت عنده (653.46 كغ/هـ)، بينما بلغ أقل متوسط عند الشاهد (273.32 كغ/هـ)، وتوافقت هذه النتيجة مع نتائج دراسات العديد من الباحثين الذين وجدوا أن للفوسفور دور هام في زيادة إنتاجية الزيت في البذور فقد ذكر Ali وآخرون (2014) أن إضافة المستوى 90 كغ P₂O₅/هـ أعطت أعلى إنتاجية للزيت في نباتات السمسم وصلت إلى (676 كغ/هـ) وتفوقت على باقي المستويات والشاهد (0، 30، 60) كغ/هـ، وفي نفس السياق أجرى Bhavana وآخرون (2022) دراسة على نباتات السمسم بينت زيادة إنتاجية الزيت (336 كغ/هـ) عند التسميد بالمستوى 60 كغ P₂O₅/هـ متفوقاً على باقي المستويات (0، 30، 90) كغ P₂O₅/هـ، كما أكد Hafiz و El Bramawy (2012) أن زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي على نباتات السمسم أدت إلى زيادة في إنتاجية الزيت كغ/هـ، وقد ذكر Vora وآخرون (2012) أن للفوسفور وظيفة أساسية في تخزين الطاقة ونقلها وربطها وهذا ينعكس في إنتاجية البذور وبالتالي إنتاجية الزيت.

ب. تأثير الرش بالزنك على متوسط إنتاجية الزيت (كغ/هـ):

بينت نتائج الجدول (8) وجود فروق معنوية بين أغلب تراكيز الرش بالزنك، إذ أدت زيادة تراكيز الرش بالزنك إلى زيادة معنوية في متوسط إنتاجية الزيت في البذور وسجلت أعلى قيمة عند التركيز 90 ملغ/ل (514.80 كغ/هـ)، وبلغت أقل قيمة عند الشاهد (358.16 كغ/هـ)، وقد وجد Ali وآخرون (2024) في دراسة لتأثير الرش بالزنك على إنتاجية زيت السمسم تفوق المستوى 4% على باقي المستويات (0، 2، 6)% بمتوسط قدره (416 كغ/هـ)، وأقل إنتاجية للزيت كانت في الشاهد (333 كغ/هـ).

ج. تأثير تداخل التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك على متوسط إنتاجية الزيت (كغ/هـ):

حقق التداخل (100 كغ/هـ × 90 ملغ/ل) تفوقاً معنوياً على جميع التداخلات الأخرى بأعلى متوسط لصفة إنتاجية الزيت (715.55 كغ/هـ) باستثناء التداخل (100 كغ/هـ × 60 ملغ/ل) فلم تكن الفروق معنوية بينهما.

الجدول (8): تأثير التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك على إنتاجية الزيت (كغ/هـ)

متوسط تأثير الفوسفور	تراكيز الرش بالزنك ملغ/ل				مستويات الفوسفور كغ P ₂ O ₅ /هـ
	90	60	30	0	
273.32	335.91	324.05	243.62	190.71	0
342.78	403.57	388.37	317.81	261.36	40
424.20	492.35	482.17	397.98	324.28	60
564.60	627.61	622.93	542.12	465.74	80
653.46	715.55	715.41	634.18	548.72	100
	514.80	506.59	427.14	358.16	متوسط تأثير الزنك
	الفوسفور × الزنك	الزنك	الفوسفور		أقل فرق معنوي LSD 5%
	7.246	3.378	3.685		
		1.0			CV %

الاستنتاجات:

- أدت زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي إلى تحسن في أهم الخصائص النوعية للبذور، إذ تفوق مستوى التسميد الفوسفاتي 100 كغ P_2O_5 / هـ معنوياً على جميع مستويات التسميد الأخرى والشاهد بأعلى متوسط لصفة (نسبة الزيت %، البروتين %، الرماد %) في البذور، كما حقق أعلى إنتاجية للزيت كغ/هـ، بينما أعطى أقل متوسط لصفة (نسبة الكربوهيدرات %، الرطوبة %، الألياف %) في البذور.
- أعطى تركيز الرش بالزنك 60 ملغ Zn_2SO_4 / ل أعلى قيمة لصفة (نسبة الزيت %، البروتين %، الرماد %) في البذور، وأقل قيمة لصفة (نسبة الكربوهيدرات %، الرطوبة %، الألياف %) في البذور، وتم الحصول على أعلى إنتاجية للزيت عند مستوى الرش 90 ل Zn_2SO_4 / ل.
- حقق التداخل (100 كغ P_2O_5 / هـ × 60 ملغ Zn_2SO_4 / ل) تفوقاً معنوياً بأعلى قيمة لصفة نسبة الزيت (53.76%)، البروتين (24.05%) والرماد (5.90%) في البذور، بينما لم يوجد فروق معنوية بين التداخلين (100 كغ P_2O_5 / هـ × 90 ملغ Zn_2SO_4 / ل) و (100 كغ P_2O_5 / هـ × 60 ملغ Zn_2SO_4 / ل) فقد أعطوا قيم متقاربة بالنسبة لصفة إنتاجية البذور (715.55، 715.40) كغ/هـ على التوالي.

التوصيات:

في ظروف مشابهة لظروف التجربة الحالية نوصي بما يلي:

- تطبيق التسميد الفوسفاتي بالمستوى 100 كغ/هـ في زراعة السمسم الأبيض لتعزيز تراكم الزيت والبروتين في البذور مع مراعاة خصائص التربة لضمان كفاءة الامتصاص.
- الرش الورقي بالزنك بتركيز 60 ملغ/ل كإستراتيجية مثلى لتحسين نوعية البذور (بذور ذات جودة عالية صالحة للتخزين، ومرغوبة من قبل المستهلك، واستخدام كسبتها الغنية بالبروتين في علائق الحيوانات).
- إجراء دراسات إضافية لتقييم تأثير هذه المستويات من الفوسفور والزنك على نباتات السمسم تحت ظروف مناخية أو تربة مختلفة (مثل الأراضي الملحية أو المناطق الجافة) لتعميم النتائج.
- زراعة السمسم الأبيض في مواقع بيئية مختلفة وتجربته مع معدلات تسميد لعناصر أخرى.
- إجراء أبحاث في مناطق أخرى على التسميد الفوسفاتي للسمسم وغيره من المحاصيل الحقلية.

المراجع:

المجموعة الإحصائية السورية، (2017). مساحة وإنتاج وغلّة السمسم حسب المحافظات لعام 2017 وتطورها على مستوى القطر خلال الفترة (2008-2017).

جبارة، حمزة علي، هديل؛ العامري، علي حسين، عباس (2022). تأثير مصدر ومستوى السماد الفوسفاتي والرث بمستخلص الكجرات في صفات النمو والحاصل والنوعية لمحصول زهرة الشمس (*Helianthus annuus L.*). رسالة ماجستير، جامعة كربلاء، كلية الزراعة.

ذنون، أنوار فخري. (2011). تأثير حامض الجبريليك والزنك في الحاصل وبعض صفات المحتوى الكيميائي والمعدني لبذور العصفور *Carthamus tinctorius. L*. مجلة علوم الرافدين، مج.22، ع. 1، ص ص. 49-67.

مهدي، عمار صادق. (2014). تأثير رش الحديد والزنك في نمو وحاصل السمسم. كجلة العلوم الزراعية العراقية، 45(1): 18-25.

A.O.A.C Official methods of analysis (2008). Association of official analytical chemists, 18th Edition Washington, DC, U.S.A.

Akl, M.R., Ayoub, N.M. and Abuasal, B.S. (2013). Sesamin synergistically potentiates the anticancer effects of c-tocotrienol in mammary cancer cell lines. *Fitoterapia*, 84, 347–359.

Ali S, Jan A, ZhiKuan J, Inamullah, Ahmad S, Kamran M.(2014). Effect of tillage systems, irrigation intervals and phosphorus levels on oil contents, yield and yield components of Sesame. *Pure Applied Bio*. 3(4): 144-151.

Ali, S., Taimoor, M., Ullah, L., Ahmed, U., Ali, R. (2024). Synergistic effect of potassium and zinc application on yield and quality of sesame. *Sustainable Development*, 14(1).

Arslan, H. and M. A Gur (2018). Effects of Phosphorus and Nitrogen Applications on Sesame (*Sesamum indicum L.*) Yield in Semi-Arid Climatic Conditions. *International Journal of Scientific and Technological Research*, 4(4): 2422-8702.

Ashri, A. (1989). Oil crops of the world-sesame, New York McGraw-Hill:375-387.

Babaeian, M., Tavassoli, A., Ghanbari, A., Esmailian, Y., & Fahimifard, M. (2011). Effects of foliar micronutrient application on osmotic adjustments, grain yield and yield components in sunflower ('Alstar') under water stress at three stages. *African Journal of Agricultural Research*, 6, 1204-1208

Babajide, P. A. and Oyeleke, O. R. (2014). Evaluation of sesame (*Sesamum indicum*) for optimum nitrogen requirement under usual farmers' practice of basal organic manuring in the Savanna eco region of Nigeria. *Evaluation*, 4(17), 122-132.

Bartomeus, I., Potts, S.G., Steffan-Dewenter, I., Vaissière, B., Wojciechowski, M., Krewenka, K., Tscheulin, T., Roberts, S., Szentgyörgyi, H., Westphal, C. and Bommarco, R. (2014). Contribution of insect pollinators to crop yield and quality varies with agricultural intensification. *Peer J*, doi: 10.7717/peerj.328.

Bhavana, T., Shankar, T., Maitra, S., Sairam, M. and Kumar, P.P. (2022). Impact of phosphorus and Sulphur levels on growth and productivity of summer sesame. *Crop Research*, 57(3), 178-184.

Cakmak, I. (2000). Role of zinc in protecting plant cells-New phytologist, 146(2), 185-205. Doi: 10.1046/j.1469-8137.2000.00630.x.

- Cakmak, I. (2009) Enrichment of fertilizers with zinc: An excellent investment for humanity and crop production in India. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 23:281-298.
- Chakraborty, G.S., Sharma, G. and Kaushik, K.N. (2008). Sesamum indicum: A review. *Journal of Herbal Medicine and Toxicology*, 2(2): 15-19.
- Chung MWY, Lei B, Li-Chan ECY. (2005). Isolation and structural characterization of the major protein fraction from NorMan flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) *Food Chem.* 90, 271-279.
- Dehnavi, M. M., Misagh, M., Yadavi, A., & Merajipoor, M. (2017). Physiological responses of sesame (*Sesamum indicum* L.) to foliar application of boron and zinc under drought stress. *J Plant Process Funct*, 6(20), 27-35.
- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A. and Smith, F. (1956). Calorimetric method for determination of sugars and related substance. *Analytical Chemistry*. 28(3): 350-356.
- Food and Agriculture Organization Statistical Databases (FAOSTAT). Available online: <http://faostat.fao.org/> (accessed on 5 February 2020)
- Hafiz SI and El-Bramawy MAS, (2012). Response of sesame (*Sesamum indicum* L.) to phosphorus fertilization and spraying with potassium in newly reclaimed sandy soils. *International Journal of Agricultural Science*, 1(3): 34-40.
- Hall C, Tulbek MC, Xu Y. (2006). Flaxseed. *Adv Food Nutr Res.* 51, 1-97. Doi: 10.1016/s1043-4526(06)51001-0.
- Jahan, N., Alam, A.S., Mitu, A.S., Habib, M.A and Rahman, M.S. (2019). Effect of Phosphorus on growth and yield of sesame. *Research in Agriculture livestock and fisheries*, 6(2), 245-251.
- Jahan, N., Alam, A.S., Mitu, A.S., Habib, M.A and Rahman, M.S. (2019). Effect of zinc on the growth and yield of sesame. *Inte.J. of Naturql and Sociql Sci*, 6(3), 11-16.
- Kalaliya, A., Sharma, S.K. and Kamboj, B.R. (2022). Nutrient management impacts on grain and stover quality and nutrient uptake of pearl millet [*Pennisetum glaucum* (L) r.br.] Under rainfed conditions. *Forage Research*, 48(3), 367-371.
- Malhotra, H., Vandana, Sharma, S. and Pandey, R. (2018). Phosphorus nutrition: plant growth in response to deficiency and excess. *Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance*, 171-190.
- Mangaraj, S., Paikaray, R.K., Maitra, S., Pradhan, S.R., Garnayak, L.M., Satapathy, M., Swain, B., Jena, S., Nayak, B., Shankar, T. 0 Alorabi, M. (2022). Integrated nutrient management improves the growth and yield of rice and greengram in a rice - greengram cropping system under the coastal plain agro-climatic condition. *Plants*, 11(1), Doi: [org/ 10.3390/plants11010142](https://doi.org/10.3390/plants11010142).
- Marschner H (1986). Mineral nutrition of higher plants. Academic press INC, U.S.A., 674.
- Mcdaniel, W.H.; Hemphill, R. N.; Donqldson, W.T. (1967). Automatic determination of total Kjeldahel nitrogen in estuarine water. *Technicon symposi.* 9(1), 362-367.
- Murthy I. Y. L. N. (2011). Zinc response to oilseed crops. *Indian Journal of Fertilisers.* 7(10). 104-117.
- Mushtaq, A., Hanif, M.A., Ayub, M.A., Bhatti, I.A. and Jilani, M.I. (2020). Sesame. *Medicinal Plants of South Asia*, 601-615.

- Nayak, S., and Singh, G. (2024). Influence of sulphur and zinc on production of sesame: A review.
- Priyadarshini, A., Umesha, C. and Meshram, R. (2021). Effect of different levels of phosphorus and potassium on yield, yield attributes and oil content of Sesame (*Sesamum Indicum* L.). *Environment Conservation Journal*, 22(1&2), 183-190.
- Pusadkar, P.P., Kokiladevi, E., Bonde, S.V. and Mohite, N.R. (2015). Sesame (*Sesamum indicum* L.) Importance and its High Quality seed oil: A Review. *Trends in Biosciences*, 8(15), 3900-3906.
- Ranganatha, A.R.G. (2013). Improved technology for maximizing the production of Sesame. Project coordinator. AICRP on sesame and Niger, ICAR, JNKVV Campus. Jabalpur, 1-17.
- Razaq, M., Zhang, P., Shen H-l. and Salahuddin (2017). Influence of nitrogen and phosphorus on the growth and root morphology of *Acer mono*. *PLoS One*, 12(2), 1-13.
- responses of sesame (*Sesamum indicum* L.) to foliar application of boron and zinc under drought stress. *J. Plant Process Funct*, vol. 6, pp. 27-36.
- Rudani, K., Vishal, P., and Kalavati, P. (2018). The importance of zinc in plant growth-A review. *International Research Journal of Natural and Applied Sciences*, 5(2), 38-48.
- Singh KK, Mridula D, Rehal J, Barnwal P. (2011). Flaxseed- a potential source of food, feed and fiber. *Crit Rev Food Sci Nutr*.51, 210-222. doi: 10.1080/10408390903537241.
- Tais, L., Zeiger, E. (1998). *Plant physiology*, second Ed. Sinauer Associates Inc. Publishers-Sunder Land. Massachusetts, <http://dx.doi.org/10.1071/PP9840361>.
- Tekseng, O., Singh, P. K., & Bier, K. (2018). Effect of phosphorus and sulphur nutrition on growth, yield and quality attributes of sesame (*Sesamum indicum* L.) under acidic soil of Nagaland. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7, 315-319.
- Thapa, R.B. (2006). Honeybees and other insect pollinators of cultivated plant. *J. Inst. Agric. Anim. Sci.*, 27: 1-23
- Verma, R. K., Yadav, S. S., Puniya, M. M., & Yadav, L. R. (2013). Effect of Phosphorus and Sulphur Fertilization on Yield, Nutrient Removal and Quality Parameters of Sesame. *Madras Agricultural Journal*, 100.
- Weiss, E. A. (2000). *oilseed crops*. 2nd edition, Blackwell Science Ltd. Oxford.
- Were, B.A., Lee, M., Stymne, S. (2001). Variation in seed oil content and fatty acid composition of *Sesamum indicum* L. and its wild relatives in Kenya. *Journal of the Swedish seed association*, 111(4), 178-183.
- Wissuwa, M., Ismail, A. and Graham, R. (2008) Rice grain zinc concentration as affected by genotype native soil- zinc availability, and zinc fertilization. *Plant and Soil* 306: 37-48.
- Yasin M.A., Abdelsalam A. (2022), Impact of micronutrients foliar application and potassium fertilizer levels on productivity and quality of sesame under sandy soil conditions. *Zagazig JI of Agric. Re.*, vol. 49, pp. 625-635.

Yingxiar, Z.C., Ming, W. and Aizhong, W. (1988). Studies of giema banding patterns of chromosomes in sesame (*Sesamum indicum* L.) proceedings of the fourth oil crop. Network workshop held at Njovokenya, 242-244.

Zeb, A., Muhammad, B. and Ullah, F. (2017). Characterization of sesame (*Sesamum indicum* L.) seed oil from Pakistan for phenolic composition, quality characteristics and potential beneficial properties. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11,1362–1369.

The effect of phosphorus fertilization and zinc spraying on some quality traits of sesame plant (*Sesamum indicum* L.)

Faten Samir Airangy^{1*}, Saleh Kbaili¹ and Abdelaziz Bouaissa²

¹ Department of Field Crops, Faculty of Agricultural Engineering, Lattakia University, Syria.

² Department of Soil and Water Sciences, Faculty of Agricultural Engineering, Lattakia University, Syria.



(*Corresponding author: Faten Airangy, Email: faten.airagy@gmail.com, Tel: 0941524880)

Received: 23/ 4/ 2025 Accepted: 21/ 7/ 2025

Abstract

The research was carried out in Al-Drouqiat village, Lattakia Governorate, Lattakia University for the year 2023-2024 to study some qualitative characteristics of sesame plants and oil production under the influence of five levels of phosphate fertilization (0, 40, 60, 80, 100) kg of triple superphosphate fertilizer TSP containing 46% of phosphorus pentoxide P₂O₅, and four concentrations of zinc spraying (0, 30, 60, 90) mg of zinc sulfate fertilizer Zn₂SO₄. The experiment was conducted according to a randomized complete block design with a single split plot arrangement and three replicates. The main plots included phosphate fertilization, while the secondary plots included zinc spraying. The results showed that the phosphate fertilization level of 100 kg TSP 46% P₂O₅/ha significantly outperformed all other fertilization levels, and the control had the highest mean for the trait he percentage of oil (52.07%), protein (23.13%), and ash (3.80%) in the seeds, and the highest oil yield was recorded at the level of 100 kg P₂O₅/ha (653.46 kg/ha), while the control achieved the highest average for the characteristics of carbohydrate percentage (12.29%), moisture (7.17%), and fiber (15.48%). The zinc spray concentration of 60 mg Zn₂SO₄/L gave the highest average of oil percentage (49.36%), protein (22.11%), and ash (3.78%) in the seeds, while the concentration of 90 mg Zn₂SO₄/L gave the highest oil yield (514.80 kg/ha). In contrast, the control achieved the highest average of carbohydrate percentage (10.80%), moisture (7.25%), and fiber (13.08%) in the seeds. The interaction (100 kg TSP 46% P₂O₅/h × 60 mg Zn₂SO₄/L) achieved a significant superiority with the highest value for the oil percentage trait (53.76%), protein (24.05%), and ash (3.90%) over all other interactions. The interaction (100 kg TSP 46% P₂O₅/h × 90 mg Zn₂SO₄/L) gave the highest value for the oil yield trait (715.55 kg/h), and there were no significant differences between it and the interaction (100 kg TSP 46% P₂O₅/h × 60 mg Zn₂SO₄/L) regarding the oil yield trait.

Keywords: sesame, triple superphosphate, zinc sulfate, protein, oil.