تأثير التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك على بعض المؤشرات الفينولوجية والفيسيولوجية والإنتاجية في نبات السمسم *Sesamum indicum* L.

فاتن سمير عيرنجي * صالح قبيلي ** عبد العزيز بو عيسى ***

(الإيداع: 7 تموز 2025، القبول: 6 تشرين الثاني 2025)

الملخص:

نفّذ البحث في قرية الدروقيّات، محافظة اللاذقية، للموسم الزراعي 2024/2023 بهدف دراسة بعض الصفات الفينولوجية والفيسيولوجية والإنتاجية لنبات السمسم تحت تأثير خمسة مستويات من التسميد الفوسفاتي (0، 40، 60، 80، 100 كغ P_2O_5/هـ) باستخدام سماد السوبر فوسفات الثلاثي TSP بتركيز 46% P_2O_5، وأربعة تراكيز من الرش بالزنك (0، 30، 60، 90 ملغ/ل) باستخدام سماد كبريتات الزنك $ZnSO_4$.

نفذت التجربة وفق تصميم القطّاعات العشوائيّة الكاملة بترتيب القطع المنشقة لمرة واحدة وبثلاثة مكررات، شملت القطاعات الرئيسيّة التسميد الفوسفاتي، بينما تضمنت القطاعات الثانوية الرش بالزنك.

أظهرت النتائج تفوق مستوى التسميد الفوسفاتي 100 كغ TSP 46% P_2O_5/هـ معنوياً على جميع مستويات التسميد الأخرى لجميع الصفات، ومنها متوسط عدد الأيام اللازمة لاكتمال النضج (116.17 يوم)، متوسط صفة مساحة المسطح الورقي (8041.75 سم^2)، وإنتاجية النبات الواحد (30.61 غ).

تفوق تركيز الرش بالزنك 60 ملغ $ZnSO_4$/ل معنوياً على باقي التراكيز من حيث متوسط صفة عدد الأيام اللازمة لاكتمال النضج (118.20 يوم)، بالمقابل أعطى التركيز 90 ملغ $ZnSO_4$/ ل أعلى متوسط لصفة مساحة المسطح الورقي (6353.40 سم^2)، وإنتاجية النبات الواحد (24.26 غ).

تفوق التداخل (100 كغ TSP 46% P_2O_5/ هـ × 60 ملغ $ZnSO_4$/ ل) معنوياً في متوسط صفة عدد الأيام اللازمة لاكتمال النضج، بينما تفوق التداخل (100 كغ P_2O_5/ هـ × 90 ملغ $ZnSO_4$/ ل) معنوياً في متوسط صفتي مساحة المسطح الورقي وإنتاجية النبات الواحد.

الكلمات المفتاحية: السمسم، سوبر فوسفات ثلاثي، كبريتات الزنك، دليل المسطح الورقي، إنتاجية النبات.

*–طالبة دراسات عليا . (دكتوراه) – قسم المحاصيل الحقلية – كلية الهندسة الزراعية – جامعة اللاذقية.

**أستاذ في قسم المحاصيل الحقلية – كلية الهندسة الزراعية – جامعة اللاذقية .

***أستاذ في قسم علوم التربة والمياه– كلية الهندسة الزراعية – جامعة اللاذقية .

The Effect of Phosphorus Fertilization and Zinc spraying on some Phenotypic and Physiological Indicators and Productivity in Sesame Plant *Sesamum indicum* L.

Faten Samir Airnagy* **Saleh kbili**** **Abdel Aziz bouissa*****

(Received:7 July 2025, Accepted: 6 October 2025)

Abstract:

The research was carried out in Al-Drouqiat village, Lattakia, for the season 2023-2024 to study some phenological and physiological characteristics of sesame plant under the influence of five levels of phosphorus fertilization (0, 40, 60, 80, 100 kg P_2O_5/ha) of triple superphosphate fertilizer at a concentration of 46% phosphorus pentoxide and four concentrations of zinc spray (0, 30, 60, 90 mg/L) of zinc sulfate fertilizer $ZnSO_4$.

The experiment was carried out according to a completely randomized block design with a single split plot arrangement and three replicates. The main blocks included phosphorus fertilization, while the secondary blocks included spraying zinc.

The results showed that the phosphorus fertilization level of 100 kg 46% TSP P_2O_5/ha was significantly superior to all other fertilization levels in all traits, including: number of days required to complete maturity (116.17 days) and leaf surface area (8041.75 cm^2), and plant productivity (30.61 g). The zinc spray concentration of 60 mg $ZnSO_4$/L significantly outperformed the other spray concentrations in terms of number of days required to complete maturity (118.20 days), while the spray concentration of 90 mg $ZnSO_4$/L outperformed for the trait of leaf surface area (6353.40 cm^2) and plant productivity (24.26 g).

The interaction (100 kg 46% TSP P_2O_5/h × 60 mg $ZnSO_4$/L) achieved a significant superiority of number of days required to complete maturity, while the interaction (100 kg P_2O_5/h × 90 mg $ZnSO_4$/L) achieved a significant superiority of leaf surface area and plant productivity.

Key words: sesame, triple superphosphate, zinc sulfate, leaf area index, plant productivity.

*Postgraduate student - (Ph.D) - Department of Field Crops - Faculty of Agriculture engineering- Lattakia University .

*Professor in the Department of Field Crops - Faculty of Agriculture engineering - Lattakia University .

**Professor in the Department of soil and water sciences - Faculty of Agriculture engineering - Lattakia University .

1. المقدمة:

يعد السمسم من أقدم محاصيل البذور الزيتية، وهو نبات حولي، ذاتي التلقيح (Mushtaq وزملاؤه، 2020)، ينتمي السمسم إلى الفصيلة السمسمية Pedaliaceae، ويعد النوع *Sesamum indicum* L من أهم أنواع السمسم المزروعة (Zeb وزملاؤه، 2017).

بلغت المساحة المزروعة من السمسم في العالم حوالي 13 مليون هكتار، وبإنتاج عالمي وصل إلى 6.7 مليون طن، وإنتاجية 520 كغ في الهكتار الواحد (FAOSTAT، 2023).

يتمتع زيت السمسم بطول فترة التخزين، ويرجع ذلك لوجود نسبه من المركبات المضادة للأكسدة منها السيسامين (sesamin)، السيسامولين (sesamolin)، السيسامول (sesamol) (Pusadkar وزملاؤه، 2015)، والتي لها دور وتثبيط الخلايا السرطانية (Akl وزملاؤه، 2013). كما يحتوي على أربعة أحماض دهنية رئيسية: بالميتيك (Palmitic)، ستياريك (Stearic)، أولييك (Oleic)، لينولييك (Linoleic) (Were وزملاؤه، 2001).

إن الاستخدام غير المتوازن للأسمدة وقلة استخدام العناصر المغذية هو السبب الرئيسي لانخفاض إنتاجية السمسم (Ranganatha، 2013)، كما 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 (Mangaraj وزملاؤه، 2022).

يعد الفوسفور من العناصر الغذائية الكبرى فهو يساعد على زيادة النمو الخضري وتراكم المادة الجافة (Kalaliya وزملاؤه، 2022)، وزيادة كثافة الجذور (Babajide و Oyeleke، 2014)، لذا يعتبر الفوسفور عنصر أساسي في تحديد إنتاجية النبات. وعادةً ما يكون محتواه في التربة غير كافي للنبات بسبب تثبيته من قبل التربة (Malhotra وزملاؤه، 2018)، وإن النبات يحتاج إلى عنصر الفوسفور بكميات عالية كونه يعمل على: تحفيز انبات البذور، تطوير الجذور، تقوية الساق وتشكيل الأزهار، وله دور في تنشيط الإنزيمات، استقلاب الكربوهيدرات، ويعد الفوسفور أحد المكونات الهامة للمركبات الغنية بالطاقة بما في ذلك (ATP، CTP، GTP، UTP)، كما أن توفر الفوسفور يزيد من قدرة النباتات البقولية على تثبيت الازوت (Razaq وزملاؤه، 2017).

يساهم الزنك في العديد من العمليات الفيسيولوجية في النبات، ويعد من المغذيات الصغرى الضرورية إذ يشارك في تنشيط الانزيمات التي تخلق البروتين، تشكيل النشاء، تكوين الكلوروفيل والكربوهيدرات، انتاج الأوكسينات، استقرار البروتين، ضروري لامتصاص الماء، مكون أساسي للعديد من الأنزيمات، يساعد النبات على تحمل درجات الحرارة المنخفضة ويؤثر على معدل نضج البذور والسوق (Rudani وزملاؤه، 2018).

بينت نتائج Younis وزملاؤه (2020) أن التسميد الفوسفاتي قد أدى إلى تبكير النضج في نباتات السمسم حيث استخدم أربع مستوبات من السماد الفوسفاتي (0، 25، 50، 75) كغ/هـ ووجد أن أقل عدد للأيام اللازمة للنضج في نباتات السمسم سجل في المستويين (50،75) كغ/هـ وبلغ (94 يوم) وأكثرها في الشاهد (96 يوم).

درس Bhavana وزملاؤه (2022) تأثير التسميد الفوسفاتي بأربع مستويات (0، 30، 60، 90) كغ/هـ على صفة دليل المساحة الورقية في مرحلة الحصاد، و بين أن التسميد الفوسفاتي زاد دليل المساحة الورقية و بلغ أكبر متوسط عند المستوى 60 كغ/هـ (1.46)، تلاه المستوى 90 كغ/هـ (1.39)، وأقلها عند الشاهد (1.22).

وفي دراسة أجراها Laghari وزملاؤه (2024) على نباتات السمسم تم الوصول إلى أعلى انتاجية للنبات من البذور في المعاملة (80 كغ/هـ P، 70 كغ/هـ N) وسجل (51.8 غ/ نبات) متفوقاً معنوياً على جميع المعاملات الأخرى التي تضمنت مستويات أقل من الفوسفور، وسجلت أقل متوسط في الشاهد (21.5 غ/ نبات).

درس Jahan وزملاؤه (2019b) تأثير ثلاثة مستويات من التسميد بأوكسيد الزنك (0،2.5،5)% على نباتات السمسم، ولاحظ انخفاض في عدد الأيام اللازمة لبدء الإزهار عند المستوى 2.5% وبلغ (31.33%)، وكان أكبر متوسط لعدد الأيام اللازمة لبدء الأزهار عند الشاهد (33.33 يوم)،

وقد وجد فياض وألحديثي (2011) عند دراستهم لتأثير رش الزنك على نباتات الذرة الصفراء بعدة مستويات (0، 25، 50، 75، 100) ملغ/ل تفوق المستوى 50 ملغ/ل بأعلى متوسط للمساحة الورقية.

2. مشكلة البحث:

- زراعة السمسم بشكل هامشي في الساحل وقلة المساحات المزروعة به.
- قلة وجود دراسات عن الأسمدة وبالكميات المطلوبة لنبات السمسم وخاصة التسميد الفوسفاتي وفقر تربة منطقة البحث به.

3. أهمية البحث وأهدافه:

تنبع أهمية هذا البحث من القيمة الطبية والغذائية العالية لمحصول السمسم، إضافةً إلى تزايد الطلب العالمي على الزيوت النباتية، ومن بينها زيت السمسم. لذا هدف بحثنا هذا إلى:

- دراسة تأثير عدة مستويات من التسميد الفوسفاتي في بعض الصفات الفينولوجية والفيسيولوجية والإنتاجية.
- دراسة تأثير تراكيز مختلفة من الرش بالزنك في بعض الصفات الفينولوجية والفيسيولوجية والإنتاجية.
- دراسة أثر التفاعل بين الفوسفور والزنك في تحسين إنتاجية السمسم.

4. مواد البحث وطرائقه:

4.1 المادة النباتية المستخدمة:

استخدم في البحث بذور نبات السمسم (الصنف 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.

4.2 موقع تنفيذ البحث:

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

4.3 معاملات التجربة:

تم دراسة عاملين اثنين هما:

الأول: التسميد الفوسفاتي بخمسة مستويات (0، 40، 60، 80، 100) كغ P_2O_5/هـ.

الثاني: الرش بكبريتات الزنك بأربع مستويات (0، 30، 60، 90) ملغ $ZnSO_4$/ل.

بحيث يكون عدد المعاملات عشرون معاملة على النحو الآتي: معاملات التسميد الفوسفاتي (5) × معاملات الرش بالزنك (4)= 20 معاملة.

4.4 الحرارة والأمطار:

كانت درجتي الحرارة (العظمى، الصغرى) مناسبة لزراعة ونمو محصول السمسم ودخوله في أطواره الفينولوجية ولم تصل درجات الحرارة في حديها السلبي والايجابي لمرحلة تثبيط نمو النبات.

الجدول رقم (1): المعطيات المناخية للموقع خلال موسم الزراعة لعام 2023

المعطيات المناخية / الشهر	الحرارة العظمى (مْ)	الحرارة الصغرى(مْ)	الهطول المطري (مم)
أيار	30.2	17.22	0.7
حزيران	33.5	19.86	0.4
تموز	35. 4	21.15	0.0
آب	35.7	25.93	0.0
أيلول	32.1	20.90	0.1

المصدر: (محطة الأرصاد في اللاذقية).

4.5 تحليل التربة:

تم تحليل تربة الموقع في مركز البحوث العلمية الزراعية في منطقة الهنادي التابعة لمحافظة اللاذقية– سورية والموضحة في الجدول (2).

الجدول رقم (2): التحليل الكيميائي والميكانيكي لتربة التجربة

درجة الحموضة PH	الكربونات الكلية %	المادة العضوية %	الآزوت المعدني ppm	الفوسفور المتاح Ppm	البوتاسيوم المتاح ppm	التركيب الميكانيكي		
						الرمل%	السلت%	الطين%
7.9	56	2	7	5	199	25	22	53

وبينت النتائج أن تربة الموقع طينية، عالية المحتوى من كربونات الكالسيوم، pH مائل للقلوية، ذات محتوى متوسط إلى منخفض من المادة العضوية، فقيرة بالفوسفور والآزوت ومتوسطة المحتوى من البوتاسيوم المتاح.

4.6 تحضير التربة للزراعة:

تم اجراء حراثتين متعامدتين لتربة الموقع بعمق (25–28) سم، 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 التفريد والثانية بعد التفريع، بمعدل 100 كغ N/ هـ.

وبالنسبة للفوسفور: أضيف على شكل سوبر فوسفات ثلاثي الحاوي على 46% TSP من خامس أوكسيد 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 $ZnSO_4$ على دفعتين الأولى عند بدء التبرعم، والثانية بعد عشرين يوم من الرشة الأولى وفق أربعة تراكيز (0، 30، 60، 90) ملغ $ZnSO_4$/ل.

وتمت زراعة البذور في 2023/5/1 على عمق (2–3) سم لضمان انبات جيد للبذور، ثم أُجريت رية مباشرة بعد الزراعة وبعدها مرة كل 10 أيام، وتم ايقاف الري قبل الحصاد بحوالي 15 يوم، وأُجريت محتلف العمليات الزراعية اللازمة من ترقيع وعزيق وتفريد، وتم الحصاد في الصباح الباكر في 2023/9/2 عن طريق قطع النباتات عند مستوى سطح الأرض بواسطة مقص، ثم رُبطت النباتات بحزم صغيرة (حوالي 3 حزم لكل قطعة)، بحيث لا يتجاوز قطر الحزمة 35–40 سم، ووضعت الحزم بشكل هرمي على مفارش نظيفة بحيث تكون قمة النبات باتجاه الأسفل. ثم تُركت النباتات معرضة لأشعة الشمس حتى اكتمال جفافها، واستغرقت حوالي 15 يوم. بعد جفاف العلب وتفتحها، تم نفض النباتات وجمعت البذور، وتمت غربلتها.

4.7 تصميم التجربة:

تم اجراء 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 5 × 4 × 3 = 60 قطعة تجريبية، والكثافة الزراعية نحو 100000 نبات/هـ.

4.8 المؤشرات والصفات المدروسة:

أولا: الأطوار الفينولوجية:

1. بدء الازهار: تم حساب عدد الأيام اللازمة لإزهار 15% من نباتات كل قطعة تجريبية، أي عند بدء إزهار 6 نباتات من أصل 40 نبات في كل قطعة تجريبية بمكرراتها الثلاث، ثم قُدرت المتوسطات.
2. اكتمال النضج: تم حساب عدد الأيام اللازمة من الزراعة وحتى اكتمال النضج عندما أظهرت 80% من نباتات القطعة علامات اكتمال النضج، أي عندما وصل 32 نبات من أصل 40 نبات في كل قطعة إلى مرحلة النضج المتمثلة باصفرار وجفاف الساق واكتساب البذور اللون الكريمي وسهولة فصل البذور عند هز العلب الثمرية.

ثانياً: المؤشرات الفيسيولوجية:

تم قياس المؤشرات الفيسيولوجية في مرحلة أوج الإزهار لعشر نباتات من كل قطعة تجريبية بمكرراتها الثلاث ثم قدرت المتوسطات.

1– مساحة المسطح الورقي (سم^2):

تم حسابها وفقا للطريقة الوزنية (Al-Sahooki و Aldabas، 1982)، اذ اختيرت عشرة نباتات من كل قطعة تجريبية، وعدّت أوراقها لحساب متوسط عدد أوراق النبات الواحد في كل قطعة، وذلك عن طريق قطف عشرة أوراق من وسط كل نبات، ووضع هذه الأوراق فوق بعضها بالترتيب، ثم أخذ أقراص دائرية منها بواسطة حلقة معدنية ذات قطر معلوم (0.5 سم)، ووزنها بميزان حساس، وحساب مساحة القرص الواحد (سم^2)، ومن معرفة مساحة الأقراص ووزنها ووزن أوراق نبات واحد تم حساب مساحة المسطح الورقي للنبات الواحد في مرحلة تكوين العلب على النبات.

2– دليل المسطح الورقي (LAI):

وفق (Jonckheere وزملاؤه، 2004)، وحُسب من المعادلة التالية:

دليل المسطح الورقي= مساحة المسطح الورقي/ مساحة التغذية للنبات الواحد

مساحة التغذية للنبات الواحد= المسافة بين خطوط الزراعة × المسافة بين النباتات.

ثالثاً: الصفات الإنتاجية:

– إنتاجية النبات الواحد (غ/ نبات): تم قياس إنتاجية النبات الواحد كوزن البذور الجاف بالغرام لكل نبات فردي، إذ تم تحديد عشر نباتات من كل قطعة تجريبية وجمع بذور كل نبات على حدى بعد الحصاد والتجفيف، ووزنت بميزان حساس وقدرت المتوسطات.

4.8 التحليل الاحصائي:

تم جمع البيانات وتبويبها باستخدام برنامج Excel، ثم تم اجراء التحليل الاحصائي باستخدام برنامج Gen stat-12 وحساب المتوسطات ومعامل الاختلاف CV% وقيمة أقل فرق معنوي L.S.D عند مستوى المعنوية 5% .

5. النتائج والمناقشة:

5.1 عدد الأيام اللازمة لبدء الإزهار (يوم):

5.1.1 تأثير التسميد الفوسفاتي في متوسط عدد الأيام اللازمة لبدء الإزهار (يوم):

تظهر نتائج الجدول (3) وجود انخفاض في عدد الأيام اللازمة لبدء الإزهار مع زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي تدريجياً، وسجّل المستوى 100 كغ/هـ أقل متوسط لعدد الأيام اللازمة للإزهار (44.25 يوم) محققاً تفوقاً معنوياً على المستويات 0، 40، 60 كغ/هـ، ولم يختلف معنوياً عن المستوى 90 كغ/هـ في هذه الصفة، وتفوق على الشاهد بمقدار (4.5 يوم). يعود هذا التأثير الايجابي في صفة التبكير في الإزهار إلى دور الفوسفور في نمو كتلة الجذور والتي تؤدي بشكل غير مباشر إلى تكوين الهرمونات والسيتوكينين الذي يؤثر على بدء الإزهار في العديد من النباتات (Singh and Shivay، 2017)، وتوافقت هذه النتيجة مع (Jahan وزملاؤه، 2019$_a$)، إذ وجد تبكيراً في إزهار نباتات السمسم عند إضافة السماد الفوسفاتي. كما وجد بالمثل (Younis وزملاؤه، 2020).

5.1.2 تأثير الرش بالزنك في متوسط عدد الأيام اللازمة لبدء الإزهار (يوم):

بينت معطيات الجدول (3) وجود فروق معنوية بين جميع تراكيز الرش بالزنك، إذ أدت زيادة مستويات الرش بالزنك إلى انخفاض معنوي في عدد الأيام اللازمة لبدء الإزهار، وحققت أقل متوسط لهذه الصفة عند المستوى 60 ملغ/ل الذي تفوق على باقي المستويات والشاهد (45 يوم) لبدء الإزهار، تلاه المستوى 90 ملغ/ل الذي سجل (46 يوم)، وبلغ أكبر متوسط عند الشاهد (48.4 يوم). هذا يعود إلى دور الزنك في زيادة كفاءة عملية التمثيل الضوئي والغذائي في النبات، مما يؤدي إلى تعزيز النمو الخضري وتسريع الدخول في مرحلة الإزهار (Saedi، 2020). توافقت النتائج مع (Jahan وزملاؤه، 2019$_b$) والذي وجد تبكيراً في إزهار نباتات السمسم عند إضافة الزنك.

5.1.3 تأثير تداخل التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك في متوسط عدد الأيام اللازمة لبدء الإزهار (يوم):

حقق التداخل (100 كغ/هـ P_2O_5 × 60 ملغ/ل $ZnSO_4$) تفوقاً معنوياً على أغلب التداخلات الأخرى بأقل متوسط لعدد الأيام اللازمة لبدء الإزهار وبلغ (43 يوم).

الجدول رقم (3): تأثير التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك في متوسط عدد الأيام اللازمة لبدء الإزهار (يوم):

مستويات الفوسفور	تراكيز الرش بالزنك ملغ/ ل				متوسط تأثير الفوسفور
كغ P_2O_5/ هـ	0	30	60	90	
0	51	49	47	48	48.75_c
40	50	48	46	47	47.75_c
60	48	47	45	46	46.50_b
80	47	46	44	45	45.50_b
100	46	44	43	44	44.25_a
متوسط تأثير الزنك	48.4_d	46.8_c	45_b	46_a	
أقل فرق معنوي	الفوسفور		الزنك	الفوسفور ×الزنك	
LSD 5%	1.004		0.653	1.537	
CV %	1.9				

5.2 عدد الأيام اللازمة لاكتمال النضج (يوم):

5.2.1 تأثير التسميد الفوسفاتي في متوسط عدد الأيام اللازمة لاكتمال النضج (يوم):

تشير نتائج الجدول (4) إلى وجود فروق معنوية بين جميع مستويات التسميد الفوسفاتي، إذ أدت زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي إلى انخفاض معنوي في عدد الأيام اللازمة لاكتمال النضج، وحققت أقل متوسط لهذه الصفة عند المستوى 100 كغ/هـ، وبلغت عنده (116.17 يوم)، بينما بلغ أكبر متوسط عند الشاهد (122.75 يوم)، وبالتالي أدت زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي إلى 100 كغ/هـ إلى التبكير في نضج نباتات السمسم بمقدار (6.58 يوم) مقارنة مع الشاهد. وهذا يعود إلى دور الفوسفور في تكوين الأدينوزين ثلاثي الفوسفات (ATP) الذي يعمل على توفير الطاقة اللازمة لنمو وتطور النبات، كما يعمل على تحفيز تطور الجذور، والمجموع الخضري، وتكوين البراعم، وبالتالي يسرع تطور الأزهار والثمار (Malhotra وزملاؤه، 2018) وهذا يحقق تسريع شامل لدورة حياة النبات، حيث يتم اكمال مراحل النمو والازهار والإثمار خلال مدة زمنية أقصر مما هو عليه في النباتات غير المعاملة. توافقت هذه النتيجة مع (Younis وزملاؤه، 2020)، والذي بيّن أنّ عدم إضافة الفوسفور أدى إلى تأخر النضج في نباتات السمسم.

5.2.2 تأثير الرش بالزنك في متوسط عدد الأيام اللازمة لاكتمال النضج (يوم):

تشير نتائج الجدول (4) إلى وجود فروق معنوية بين جميع تراكيز الرش بالزنك، إذ أدت زيادة مستويات الرش بالزنك إلى انخفاض معنوي في عدد الأيام اللازمة لاكتمال النضج، وحققت أقل متوسط لهذه الصفة عند المستوى 60 ملغ/ل، وبلغت عنده (118.20 يوم)، تلاه المستوى 90 ملغ/ل والذي سجل (119 يوم) لاكتمال النضج، بينما بلغ أكبر متوسط عند الشاهد (120.80 يوم). وهذا يعود إلى الدور المحوري للزنك في تنشيط العديد من الأنزيمات المنظمة للنمو، حيث يعمل

على تنشيط الأنزيمات المسؤولة عن استقلاب الآزوت، وتخليق هرمون الأوكسين (Rudani وزملاؤه، 2018)، مما يسرع العمليات الفيسيولوجية في النبات، كما يعمل على حماية الخلايا من الاجهاد التأكسدي من خلال تنشيط أنزيمات مضادات الأكسدة (SOD) (Pandy وزملاؤه، 2002)، وهذا التسريع المتكامل للعمليات الأيضية والهرمونية يدفع النبات إلى الانتقال من الطور الخضري إلى الطور التكاثري، وينضج في وقت أقصر.

5.2.3 تأثير تداخل التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك في متوسط عدد الأيام اللازمة لاكتمال النضج (يوم):

حقق التداخل (100 كغ/هـ P_2O_5 × 60 ملغ/ل $ZnSO_4$) تفوقاً معنوياً على أغلب التداخلات الأخرى بأقل متوسط لعدد الأيام اللازمة لاكتمال النضج وبلغ (115 يوم).

الجدول رقم (4): تأثير التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك في متوسط عدد الأيام من الزراعة حتى اكتمال النضج (يوم):

مستويات الفوسفور	تراكيز الرش بالزنك ملغ/ ل				متوسط تأثير الفوسفور
كغ P_2O_5/ هـ	0	30	60	90	
0	124	123	122	122	122.75_e
40	123	121.67	120	121	121.42_d
60	121	120	118	119	119.50_c
80	119	117.67	116	117	117.42_b
100	117	116.67	115	116	116.17_a
متوسط تأثير الزنك	120.80_d	119.80_c	118.20_b	119_a	
أقل فرق معنوي LSD 5%	الفوسفور 0.674	الزنك 0.746	الفوسفور×الزنك 1.550		
CV %	0.8				

5.3 مساحة المسطح الورقي (سم^2):

5.3.1 تأثير التسميد الفوسفاتي في متوسط مساحة المسطح الورقي (سم^2):

تشير نتائج الجدول (5) إلى وجود فروق معنوية بين جميع مستويات التسميد الفوسفاتي، إذ أدت زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي إلى زيادة معنوية في متوسط مساحة المسطح الورقي، وحققت أعلى متوسط عند المستوى 100 كغ/هـ (8041.75 سم^2)، يعزى هذا التأثير الايجابي في مساحة المسطح الورقي إلى دور الفوسفور المحوري في عمليات استقلاب الطاقة داخل النبات، حيث يدخل في تكوين المركبات عالية الطاقة (ATP)، ويساهم في زيادة كفائة عملية التمثيل الضوئي (Malhotra وزملاؤه، 2018)، مما يحفز عمليات النمو الخضري وانقسام الخلايا، وبالتالي زيادة مساحة المسطح الورقي. توافقت هذه النتيجة مع (Priyadarshini وزملاؤه، 2021)، إذ وجد زيادة في مساحة المسطح الورقي لنباتات السمسم مع زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي.

5.3.2 تأثير الرش بالزنك في متوسط مساحة المسطح الورقي (سم^2):

بينت نتائج الجدول (5) وجود فروق معنوية بين جميع تراكيز الرش بالزنك، إذ أدت زيادة مستويات الرش بالزنك إلى زيادة معنوية في متوسط مساحة المسطح الورقي، وحققت أعلى متوسط عند المستوى 90 ملغ/ل (6353.40 سم^2). تعود هذه الزيادة في مساحة المسطح الورقي عند زيادة مستويات الرش بالزنك إلى دور الزنك في تكوين الحمض الأميني Tryptophanوالذي يتكون من أندول حمض الخليك IAA الضروري لاستطالة الخلايا (فياض وألحديثي، 2011). توافقت النتائج الحالية مع (عبود وزملاؤه، 2022)، إذ وجد تأثيراً ايجابياً لرش الزنك على المساحة الورقية لنبات السمسم.

5.3.3 تأثير تداخل التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك في متوسط مساحة المسطح الورقي (سم^2):

حقق التداخل (100 كغ/هـ P_2O_5 × 90 ملغ/ل $ZnSO_4$) تفوقاً معنوياً على جميع التداخلات بأكبر متوسط لمساحة المسطح الورقي في النبات وبلغ (8400 سم^2)، تلاه التداخل (100 كغ/هـ P_2O_5 × 60 ملغ/ل $ZnSO_4$) وبلغ عنده (8200 سم^2)، ولم تكن الفروق بينهما معنوية.

الجدول رقم (5): تأثير التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك في متوسط مساحة المسطح الورقي (سم^2):

مستويات الفوسفور كغ P_2O_5/ هـ	تراكيز الرش بالزنك ملغ/ ل				متوسط تأثير الفوسفور
	0	30	60	90	
0	2833	3267	3700	3900	3425_e
40	4267	4833	5000	5400	4875_d
60	5133	6000	6433	6567	6033.25_c
80	6533	7100	7200	7500	7083.25_b
100	7567	8000	8200	8400	8041.75_a
متوسط تأثير الزنك	5266.60_d	5840_c	6106.60_b	6353.40_a	
أقل فرق معنوي LSD 5%	الفوسفور 206.7		الزنك 136.8	الفوسفور ×الزنك 320.0	
CV %	3.1				

5.4 دليل مساحة المسطح الورقي:

5.4.1 تأثير التسميد الفوسفاتي في متوسط دليل مساحة المسطح الورقي:

تشير نتائج الجدول (6) إلى وجود فروق معنوية بين جميع مستويات التسميد الفوسفاتي، إذ أدت زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي إلى زيادة معنوية في متوسط دليل مساحة المسطح الورقي، وحققت أعلى متوسط عند المستوى 100 كغ/هـ (8.04)، وأقل متوسط عند الشاهد (3043). وتعود هذه الزيادة في دليل مساحة المسطح الورقي إلى دور الفوسفور في زيادة مساحة المسطح الورقي الجدول (5)، إذ أنه يعمل على زيادة انقسام واستطالة الخلايا الميرستيمية، وتوفير التغذية الكافية للمحصول. وتوافقت هذه النتيجة مع(Eifediyi وزملاؤه، 2021؛ Bhavana وزملاؤه، 2022) على نباتات السمسم.

5.4.2 تأثير الرش بالزنك في متوسط دليل مساحة المسطح الورقي:

بينت المعطيات الواردة في الجدول (6) وجود فروق معنوية بين جميع تراكيز الرش بالزنك، إذ أدت زيادة مستويات الرش بالزنك إلى زيادة معنوية في متوسط دليل مساحة المسطح الورقي، وحققت أعلى متوسط عند المستوى 90 ملغ/ل (6.35). وهذا يعود إلى تأثير الزنك ايجاباً في العمليات الحيوية في النبات مثل استقلاب الازوت، امتصاص البروتين، تكوين الكلوروفيل، نشاط انهيدراز كربون Caron anhydrase، مقاومة الإجهادات الإحيائية واللاحيائية (Tekale وزملاؤه، 2009)، كما أن الزيادة في دليل المساحة الورقية نتيجة إضافة الزنك تتفق مع (Babajide و Oyeleke، 2014).

5.4.3 تأثير تداخل التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك في متوسط دليل مساحة المسطح الورقي:

حقق التداخل (100 كغ/هـ P_2O_5 × 90 ملغ/ل $ZnSO_4$) تفوقاً معنوياً على جميع التداخلات بأكبر متوسط لدليل مساحة المسطح الورقي في النبات وبلغ (8.40)، تلاه التداخل (100 كغ/هـ P_2O_5 × 60 ملغ/ل $ZnSO_4$) وبلغ عنده (8.20)، ولم تكن الفروق بينهما معنوية.

الجدول رقم (6): تأثير التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك في متوسط دليل مساحة المسطح الورقي:

مستويات الفوسفور كغ P_2O_5/ هـ	تراكيز الرش بالزنك ملغ/ ل				متوسط تأثير الفوسفور
	0	30	60	90	
0	2.83	3.27	3.70	3.90	3.43_e
40	4.27	4.83	5.00	5.40	4.88_d
60	5.33	6.00	6.43	6.57	6.08_c
80	6.53	7.10	7.20	7.50	7.08_b
100	7.57	8.00	8.20	8.40	8.04_a
متوسط تأثير الزنك	5.31_d	5.84_c	6.11_b	6.35_a	
أقل فرق معنوي LSD 5%	الفوسفور 0.1979		الزنك 0.1428	الفوسفور ×الزنك 0.3249	
CV %	3.2				

5.5 إنتاجية النبات الواحد (غ/ نبات):

5.5.1 تأثير التسميد الفوسفاتي على متوسط إنتاجية النبات الواحد (غ/ نبات):

تشير نتائج الجدول (7) إلى وجود فروق معنوية بين جميع مستويات التسميد الفوسفاتي، إذ أدت زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي تدريجياً إلى زيادة معنوية في إنتاجية النبات من البذور، وحققت أعلى متوسط لهذه الصفة عند المستوى 100 كغ/هـ، وبلغت عنده (30.61غ/ نبات)، بينما بلغ أقل متوسط عند الشاهد (12.93غ/ نبات). تعود زيادة إنتاجية النبات الواحد من البذور إلى دور الفوسفور الرئيسي في نمو الجذور وتحويل الطاقة والعمليات الأيضية في النبات (Singh and Shivay، 2017). وتوافقت هذه النتيجة مع(Laghari وزملاؤه، 2024) على نباتات السمسم.

5.5.2 تأثير الرش بالزنك على متوسط إنتاجية النبات الواحد (غ/ نبات) :

بينت نتائج الجدول (7) وجود فروق معنوية بين جميع تراكيز الرش بالزنك، إذ أدت زيادة تراكيز الرش بالزنك إلى زيادة معنوية في متوسط إنتاجية النبات من البذور، وبلغ أكبر متوسط لإنتاجية النبات (24.26 غ/ نبات) عند تركيز الرش 90 ملغ/ل، تلاه التركيز 60 ملغ/ل (23.48 غ/ نبات)، ولم تكن الفروق بينهما معنوية،. وإن هذه الزيادة في إنتاجية النبات مع زيادة تراكيز الزنك تعود إلى الدور الذي يلعبه الزنك في انقسام الخلايا وتخليق البروتين وتنظيم وظيفة الأغشية وزيادة مقاومة النبات للإجهادات البيئية (Omidian وزملاؤه، 2012)، وهذا سينعكس بدوره على زيادة إنتاجية البذور بالهكتار مع زيادة تراكيز الرش بالزنك بما يتفق مع (Ram وزملاؤه، 2021) في نباتات السمسم.

5.5.3 تأثير تداخل التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك على متوسط إنتاجية النبات الواحد (غ/ نبات):

حقق التداخل (100 كغ/هـ P_2O_5 × 90 ملغ/ل $ZnSO_4$) تفوقاً معنوياً على جميع التداخلات الأخرى بأعلى متوسط لصفة إنتاجية النبات الواحد (33.60غ/ نبات)، باستثناء التداخل (100 كغ/هـ P_2O_5 × 60 ملغ/ل $ZnSO_4$) الذي سجل (33.02 غ/ نبات) فلم تكن الفروق بينهما معنوية.

الجدول رقم (7): تأثير التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك في متوسط إنتاجية النبات الواحد (غ/ نبات)

مستويات الفوسفور	تراكيز الرش بالزنك ملغ/ ل				متوسط تأثير الفوسفور
كغ P_2O_5/ هـ	0	30	60	90	
0	9.51	11.80	14.57	15.84	12.93
40	12.43	15.98	18.74	19.66	16.70
60	17.51	19.89	22.69	23.40	20.87
80	22.80	26.04	28.38	28.78	26.50
100	25.17	30.65	33.02	33.60	30.61
متوسط تأثير الزنك	17.48	20.87	23.48	24.26	
أقل فرق معنوي	الفوسفور	الزنك	الفوسفور ×الزنك		
LSD 5%	1.334	1.050	2.332		
CV %	6.5				

6. الاستنتاجات والمقترحات:

الاستنتاجات:

- أدت زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي إلى تحسن في أهم المؤشرات الفينولوجية لنبات السمسم، إذ أدى التسميد بالمستوى 100 كغ P_2O_5/ هـ إلى تسريع الانتقال إلى الطور الفينولوجي (بدء الإزهار) بفارق 4.50 يوم مقارنة مع الشاهد، كما أدى إلى تقليل عدد الأيام اللازمة لاكتمال النضج بمعدل 6.58 يوم مقارنة مع الشاهد، كما حقق المستوى 100 كغ P_2O_5/ تحسناً في الصفات الفيسيولوجية فقد أعطى أكبر متوسط لمساحة المسطح الورقي ودليله، كما أعطى أعلى قيمة لإنتاجية النبات الواحد (30.61 غ/ نبات).
- أدت زيادة تركيز الرش بالزنك إلى 60 ملغ $ZnSO_4$/ ل إلى تسريع الانتقال إلى طور الإزهار، كما حقق تبكيراً بنضج نباتات السمسم بمعدل (3.25 يوم) مقارنة مع الشاهد، بينما تفوق تركيز الرش 90 ملغ $ZnSO_4$/ ل بأعلى متوسط لمساحة المسطح الورقي، ودليله، وإنتاجية النبات الواحد (24.26 غ/ نبات)، ولم تكن الفروق معنوية بين المستويين (60، 90) ملغ $ZnSO_4$/ ل بالنسبة لصفة إنتاجية النبات.
- حقق التداخل (100 كغ P_2O_5/ هـ × 60 ملغ $ZnSO_4$/ ل) تفوقاً معنوياً بأقل متوسط لعدد الأيام اللازمة لبدء الإزهار (43 يوم)، وعدد الأيام اللازمة لاكتمال النضج (115 يوم)، بينما حقق التداخل (100 كغ P_2O_5/ هـ × 90 ملغ $ZnSO_4$/ ل) أعلى متوسط لمساحة المسطح الورقي (8400 سم^2)، ودليله (8.40)، وأكبر متوسط لإنتاجية النبات الواحد (33.60 غ/ نبات)، ولم تكن الفروق معنوية مع التداخل (100 كغ P_2O_5/ هـ × 60 ملغ $ZnSO_4$/ ل) بالنسبة لصفة انتاجية النبات.

المقترحات:

في ظروف تجربتنا والظروف المشابهة لها نقترح:

- زراعة السمسم الأبيض مع التسميد بمعدل 100 كغ P_2O_5/ هـ ورشه بتركيز 60 ملغ $ZnSO_4$/ ل للحصول على نباتات مبكرة في النضج وإنتاجية عالية.
- دراسة تأثير معدلات تسميد عناصر أخرى (N، K، Mg، Fe) على إنتاجية السمسم.
- إجراء دراسات إضافية لتقييم تأثير هذه المستويات تحت ظروف تربة ومناخ مختلفة (مثل الأراضي الملحية أو المناطق الجافة).

- تعميم التجارب على مناطق بيئية مختلفة لتعزيز تعميم النتائج.

7. المراجع:

1. عبود، وفاء؛ حياص، بشار؛ الحمدان، محمود (2022). تأثير الش بعنصري الزنك والبورون في بعض مؤشرات النمو وإنتاجية صنفين من فول الصويا (*Glycine max* L.) المزروع في محافظة حمص. المجلة السورية للبحوث الزراعية، 9(5): 170-186.
2. فياض، نايف محمود و ألحديثي، أكرم عبد اللطيف (2011). تأثير التسميد النتروجيني والرش بالزنك في نمو وحاصل الذرة الصفراء *Zea mays* L. مجلة الأنبار للعلوم الزراعية، 9(3): 75-84.

3. 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(1): 347–359.
4. Al-Sahooki, M.M., and Aldabas, E.E., (1982). One leaf dimension to estimate leaf area in sunflower J. Agron. And Crop, 151: 199-204.
5. 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.
6. 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.
7. Eifediyi, E.K., Ilori, G.A., Ahamefule, H.E., Imam, A.Y., (2021). The effects of zinc biofortification of seeds and NPK fertilizer application on the growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). Acta agriculturae Slovenica, 117(1):1-1.
8. Fayadh, N.M., AL-Hadethi., A.A., (2011). Effect of nitrogen fertilization and foliar application of zinc in growth and yield of corn (*Zea mayes* L.). Al- Anbar journal of agricultural sciences, 9(3): 75-84.
9. Food and Agriculturre Organization of the United Nation. (2023). Area harvested, yield and production of sesame seed in the world for the year 2023. FAOSTAT Statistical Database. accessed on 30 November 2023 from http://www.fao.org/faosta/en/#data.
10. Jahan, N., Alam, A.S., Mitu, A.S., Habib, M.A., and Rahman, M.S., (2019_a). Effect of Phosphorus on growth and yield of sesame. Research in Agriculture livestock and fisheries, 6(2): 245- 251.
11. Jahan, N., Alam, A.S., Mitu, A.S., Habib, M.A., and Rahman, M.S., (2019_b). Effect of zinc on the growth and yield of sesame. Inte.J. of Naturql and Sociql Sci, 6(3): 11- 16.

12. Jonckheere, I., Fleck, S., Nackaerts, K., Muysa, B., Coppin, P., Weiss, M., and Baret, F., (2004). Review of methods for in situ leaf area index determination Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. Agricultural and Forest Meteorology, 121, 19–35

13. Kalaliya, A., Sharma, S.K., Kamboj, and B.R., (2022). Nutrient management impacts on grain and stover quality and nutrient uptake of pearl millet [*Pennisetum glaucum* (L) R. br.] under rainfed condition. Forage Research, 48(3):367-71.

14. Laghari, R., Tariq, U.B., Ashfaq, L., Raza, M.S., Haider, A., Adil, S., Tareen, A., Rehman, A., (2024). Agronomic performance of sesame (*Sesamum indicum* L.) undre different levels of nitrogen and phosphorus fertilizers management. african journal of biological sciences. 6(11): 1894-1902.

15. 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, Springer, Singapore. 171-90.

16. Mangaraj, S., Paikaray, R.K., Maitra, S., Pradhan, S.R., Garnayak L.M., Satapathy, M., Swain, B., Jena, S., Nayak, B., Shankar, T., and 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):142.

17. Mushtaq, A., Hanif, M.A., Ayub, M.A., Bhatti, I.A., and Jilani, M.I., (2020). Sesame. Medicinal Plants of South Asia, 601–615.

18. Omidian, A., Seyadat, S.A., Naseri, R., Moradi, X., (2012). Effects of zinc-sulfate foliar on yield, oil content and seed protein of four cultivars of canola. Iranian Journal of Agricultural Science, 14, 26-28.

19. Pandy, N., Pathac, G.C., Sing, A.K., and Sharma, C.P., (2002). Enzymic changes in response to Zinc nutrition. Journal of Plant Physiology, 159: 1151-1153.

20. 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):183-90.

21. 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):3900-6.

22. Ram, M., Meena, R.C., and Sundria, M.M., (2021). Enhancing sesame productivity and profitability through zinc and iron application in western Rajasthan. Pharma, 10, 924-28.

23. 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.

24. Razaq, M., Zhang, P., Shen, H.L., and Salahuddin., (2017). Influence of nitrogen and phosphorous on the growth and root morphology of Acer mono. PloS one, 12(2): 1-13.

25. Rudani, K., Vishal, P., and Kalavati, P., (2018). The importance of zinc in plant growth-A review. Int. Res. J. Nat. Appl. Sci, 5(2):38-48.

26. Saedi, G.H., (2020). The investigation of seed yield genetic variation and other agronomy properties in linum genotypes with edible oil in Esfahan. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 5, 107–109.

27. Singh, V., Thenua, O.V.S. and Shivay, Y.S., (2017). Effect of phosphorus management on productivity of sunflower (*Helianthus annuus* L.). International Journal of Scientific Progress and Research, 12: 348- 352.

28. Tekale, R.P., Guhey, A., and Agrawal, K., (2009). Impact of boron, zink and IAA on growth, dry matter accumulation and sink potential of pigeon pea (Cajanus cajan L.). Agricultural Science and Digestion, 29(4): 246-249.

29. Were, B.A., Lee, M., and 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, 184: 178-183.

30. Younis, M., Shah, S., Inamullah, R.G., Jalal, A., Khalil, F., Hussain, I., and Fahad, M.A., (2020). Effect of phosphorus and sulphur on yield and yield components of sesame. Sarhad Journal of Agriculture, 36(2): 722-728.

31. 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(3): 1362–1369.