Study of some morphological characteristics of sesame plant *Sesamum indicum* L. under the influence of phosphate fertilization and spraying with zinc.

Dr. Saleh kbaili*
Dr. Abdelaziz bouaissa**
Faten Airnagy***

(Received 29 / 7 / 2024. Accepted 19 / 3 /2025)

□ ABSTRACT □

The experiment was conducted in Al-Duruqiyat Village, Latakia Governorate, and in Latakia University Laboratoies during the agricultural season 2023 to study some morphological characteristics of sesame plants under the influence of five levels of phosphate fertilization (0, 40, 60, 80, 100) kg Tri Super Phosphate TSP: $Ca(H_2PO_4)2.\ H_2O$ (46% P_2O_5) / ha, and four concentrations of zinc spraying (0, 30, 60, 90) mg Zn_2SO_4 / l.
The experiment was laid out in a Randomized Complete Block Design (R.C.B. D), with a single plot arrangement and three replicates.
The results showed that the level of 100 kg Tri Super Phosphate TSP: $Ca(H_2PO_4)2.\ H_2O$ (46% P_2O_5) /ha was significantly superior to all other levels in all studied characteristics, and the spray concentration of 60 mg Zn_2SO_4/l gave the highest value of plant height and stem diameter, while the concentration of 90 mg Zn $_2SO_4$/l gave the highest value of number of branches and number of leaves.
The intervention of (100 kg Tri Super Phosphate TSP: $Ca(H_2PO_4)2.\ H_2O$ (46% P_2O_5) / ha x 60 mg Zn_2SO_4/ l) achieved significant superiority with plant height (142.67 cm), stem diameter (12.27 mm), and the height of the first capsules above the ground (20.44 cm). while the intervention of (100 kg Tri Super Phosphate TSP: $Ca(H_2PO_4)2.\ H_2O$ (46% P_2O_5) /ha x 90 mg Zn_2SO_4/ l) achieved significant superiority with number of branches (5 branches/plant) and number of leaves (168.90 leaves/plant).

Key words: sesamum, phosphorus, zinc, fertilization, morphological characteristics.

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* **Professor, Faculty of Agricultural Engineering - Lattakia University – Lattakia - Syria. SalehKbaili@gmail.com**
****Professor - Faculty of Agricultural Engineering Lattakia University - Lattakia – Syria. dr.Aziz52@yahoo.com**
***** Postgraduate student - (Ph.D) - Faculty of Agricultural Engineering- Lattakia University - Lattakia - Syria. Faten.airangy@gmail.com.**

دراسة بعض الصفات المورفولوجية لنبات السمسم *Sesamum indicum* L. تحت تأثير التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك

د. صالح قبيلي *
د. عبد العزيز بو عيسى **
فاتن عيرنجي ***

(تاريخ الإيداع 29 / 7 / 2024. قبل للنشر في 19 / 3 / 2025)

ملخّص

نفّذت التجربة في قرية الدروقيّات، محافظة اللاذقية، وفي مخابر جامعة اللاذقية خلال الموسم الزراعي 2023 لدراسة بعض الصفات المورفولوجية لنبات السمسم 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 P_2O_5/ هـ، وأربعة تراكيز من الرش بالزنك (0، 30، 60، 90) ملغ Zn_2SO_4/ ل.

نفذت التجربة وفق تصميم القطّاعات العشوائيّة الكاملة (R.C.B.D) بترتيب القطع المنشقة لمرة واحدة وبثلاثة مكررات.

أظهرت النتائج تفوق المستوى 100 كغ TSP 46% P_2O_5/ هـ معنوياً على جميع المستويات الأخرى في جميع الصفات المدروسة، أعطى تركيز الرش 60 ملغ Zn_2SO_4/ ل أعلى قيمة لصفتي ارتفاع النبات، وقطر الساق، بينما أعطى التركيز 90 ملغ Zn_2SO_4/ ل أعلى قيمة لصفتي عدد الأفرع، وعدد الأوراق.

حقق التداخل (100 كغ TSP 46% P_2O_5/ هـ × 60 ملغ Zn_2SO_4/ ل) تفوقاً معنوياً بأعلى قيمة لصفتي ارتفاع النبات (142.67 سم)، وقطر الساق (12.27 مم)، وأقل قيمة لصفة ارتفاع العلبة الأولى عن سطح الأرض (20.44 سم)، بينما حقق التداخل (100 كغ TSP 46% P_2O_5/ هـ × 90 ملغ Zn_2SO_4/ ل) تفوقاً معنوياً بأعلى قيمة لصفتي عدد الأفرع (5 فرع/ نبات)، وعدد الأوراق (168.90 ورقة/ نبات).

الكلمات المفتاحية: السمسم، الفوسفور، الزنك، التسميد، الصفات المورفولوجية.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

* أستاذ - - كلية الهندسة الزراعية - جامعة اللاذقية – اللاذقية –سوريا SalehKbaili@gmail.com ..
** أستاذ - كلية الهندسة الزراعية - جامعة اللاذقية - اللاذقية - سوريا. dr.Aziz52@yahoo.com
*** طالبة (دكتوراه) - كلية الهندسة الزراعية – جامعة اللاذقية - اللاذقية – سوريا. Faten.airangy@gmail.com

مقدمة:

يعد السمسم من أقدم محاصيل البذور الزيتية، وهو نبات حولي، ذاتي التلقيح [1]، ينتمي إلى الفصيلة السمسمية Pedaliaceae والجنس *Sesamum* الذي يحتوي على 37 نوع ويعد النوع *Sesamum indicum* L. أهم الأنواع السائدة المزروعة، ويعرف السمسم باسم ملك محاصيل البذور الزيتية [2].

يعتقد أن اثيوبيا هي الموطن الأصلي للسمسم، ونقل منها إلى الهند والصين، وقد بلغت المساحة المزروعة من السمسم عالمياً حوالي 10 مليون هكتار في عام 2020 وبإنتاج 5.8 مليون طن/هـ [3].

يزرع نبات السمسم بشكل رئيسي بهدف الحصول على البذور، اذ تدخل بذور السمسم في صناعة الحلويات والمعجنات والطحينة وتضاف على الخبز والكعك والبسكويت والحلاوة الطحينية والوجبات الخفيفة الصحية، كما تستخدم كسبته في علائق الحيوانات [4].

يحتوي زيت السمسم على نسبه من المركبات المضادة للأكسدة [5] وهذا يجعل الزيت مستقر، ويتمتع بفترة صلاحية طويلة، ومن هذه المركبات (sesamin، sesamolin، sesamol) [6]، كما يحتوي الزيت على أربعة أحماض دهنية رئيسية وهي (Palmatic، Stearic، Oleic، Linoleic) [7]، ويعرف زيت السمسم بالسيرج ويؤكل مع التمر ويدخل في إعداد طبق الحمص، كما يستعمل الزيت في مستحضرات التجميل والمنتجات الصيدلانية والدوائية والمبيدات الحشرية [8].

إن مركبات (sesamin وsesamolin) الموجودة في البذور لها تأثير مهم في خفض الكولسترول ومنع ارتفاع ضغط الدم، والحد من هشاشة العظام والتهاب المفاصل [9]، كما يعمل (sesamin مع y–tocotrienol) على تثبيط الخلايا السرطانية [10]، وبالإضافة إلى القيمة الطبية العالية للبذور تستخدم أجزاء أخرى مفيدة مثل الأزهار التي تساعد في علاج السرطان، داء الثعلبة، والامساك، وتستخدم الأوراق في علاج مرض كوليرا الأطفال والالتهابات البولية [6].

ذكر Ranganath [11] أن السبب الرئيسي لانخفاض إنتاجية السمسم هو زراعته كمحصول بعلي وقلة استخدام المغذيات بالإضافة إلى عدم خصوبة التربة والاستخدام غير المتوازن للأسمدة، والأصناف منخفضة الإنتاجية، والآفات الحشرية، والأعشاب الضارة، وتفشي الأمراض الفطرية.

إن تحسين الإدارة الزراعية هو العامل الرئيسي لتعزيز إنتاجية المحاصيل والذي يتضمن الإدارة السليمة للمغذيات [12 ، 13]، وإدارة المياه [14]، إذ تعد التغذية المعدنية سبباً لتحسين نمو كثير من المحاصيل الزراعية، وزيادة إنتاجيتها وبالتالي سد الفجوة المتزايدة في الطلب على منتجات هذه المحاصيل نتيجة الزيادة العالمية للسكان، ولتأمين سير مختلف العمليات الحيوية والفيسيولوجية لدى النبات فإنه يحتاج للعناصر الغذائية الكبرى كالآزوت والفوسفور والبوتاسيوم والكبريت، والعناصر الغذائية الصغرى كالحديد والبورون والمولبيدنوم [15].

يعد الفوسفور من العناصر الغذائية الكبرى الأساسية لنمو المحاصيل فهو يساعد على النمو الخضري وتراكم المادة الجافة [16]، كما يعمل على زيادة كثافة الجذور وانتشارها [17]، وهو عنصر أساسي في تحديد نمو النبات وانتاجيته، ونادرا ما يكون محتواه في التربة كافياً بسبب تثبيت التربة له [18]، ويحتاج 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، استقلاب الكربوهيدرات، ويعد الفوسفور أحد المكونات الهامة للمركبات الغنية بالطاقة بما في ذلك: (ATP، CTP، GTP، UTP)، وإن الفوسفور ضروري لتخليق

البروتين إذ يعد أحد مكونات الاحماض النووية، كما أن توفر الفوسفور يزيد من قدرة النباتات البقولية على تثبيت الازوت [19].

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، يساعد النبات عل تحمل درجات الحرارة المنخفضة ويؤثر على معدل نضج البذور والسوق، كما أن الزنك عنصر أساسي في الأنزيمات التالية:

Carbonic anhdrolase, Alcohol dehydrogenase, Superoxide dismutase, Carboxy peptidase, Aldolase, RNA polymerase [20].

أهمية البحث وأهدافه:

وبالرغم من الأهمية الغذائية والطبية العالية لمحصول السمسم، والطلب المتزايد على الزيوت النباتية ومنها زيت السمسم، تعاني زراعة السمسم في الساحل السوري من العديد من المشاكل أهمها تراجع المساحة المزروعة به وزراعته بشكل هامشي وعشوائي وكمحصول ثانوي، بالإضافة إلى قلة وجود دراسات تتعلق بالكميات المطلوبة من الأسمدة المعدنية وعلى وجه الخصوص التسميد الفوسفاتي، لقلته في تربة منطقة البحث، لذا هدف بحثنا هذا إلى دراسة تأثير الفوسفور والزنك في بعض الصفات المورفولوجية لنبات السمسم، وتحديد المعاملة التي أعطت أفضل الصفات المورفولوجية من خلال دراسة التفاعل بين مستويات التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك.

طرائق البحث ومواده:

-المادة النباتية المستخدمة:

استخدم في البحث بذور نبات السمسم (الصنف الأبيض)، وتم الحصول على البذور من مركز البحوث العلمية الزراعية، ومن صفاته: قليل التفرع، مبكر في النضج، بذوره بيضاء، زيته صافي فاتح اللون مما يجعله مرغوب من قبل المستهلكين وتجارياً.

-موقع تنفيذ البحث:

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

-تحليل التربة:

تم تحليل تربة الموقع في مركز البحوث العلمية الزراعية – الهنادي التابعة لمحافظة اللاذقية- سورية والموضحة في الجدول (1).

الجدول (1) التحليل الكيميائي والميكانيكي لتربة التجربة

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

وبينت النتائج أن تربة الموقع طينية، عالية المحتوى من كربونات الكالسيوم، pH مائل للقلوية، غير مالحة، ذات محتوى كافي من المادة العضوية، وفقيرة بالفوسفور والآزوت، ومتوسطة المحتوى من البوتاسيوم المتاح.

-تحضير التربة للزراعة:

تم اجراء حراثتين متعامدتين لتربة الموقع بعمق (25-28) سم، ثم تخطيط التربة وفقاً لمخطط التجربة، وبعدها أضيفت الأسمدة الأساسية NPK كما يلي:

البوتاسيوم: أضيف على شكل سلفات البوتاسيوم الحاوي على K_2O 51 % دفعة واحدة عند تحضير الأرض للزراعة بمعدل 100 كغ K_2O/ هـ.

الآزوت: أضيف على شكل يوريا 46% بعد الزراعة على دفعتين الأولى بعد التفريد والثانية بعد التفريع، بمعدل 100 كغ $CO(NH_2)_2$/ هـ.

الفوسفور: أضيف على شكل سوبر فوسفات ثلاثي الحاوي على 46% من خامس أكسيد الفوسفور

TSP: $Ca(H_2PO_4)2. H_2O$ (46% P_2O_5) 46% دفعة واحدة عند تحضير الأرض للزراعة، وفق خمس مستويات (0، 40، 60، 80، 100) كغ P_2O_5/ هـ.

تم رش الزنك على شكل كبريتات الزنك على دفعتين الأولى عند بدء التبرعم، والثانية بعد عشرين يوم من الرشة الأولى وفق أربع مستويات (0، 30، 60، 90) ملغ Zn_2SO_4 / ل.

-تصميم التجربة:

نفذت تجربة عاملية باستخدام تصميم القطع بنظام القطع المنشقة لمرة واحدة Split plot design بواقع ثلاث 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، ومسافة 50 سم كممرات خدمة بين القطع المتجاورة، و 100 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 = 100000 نبات/ هـ.

-الظروف البيئية:

-الحرارة والأمطار:

تم الحصول على المعطيات المناخية من محطة الأرصاد القريبة من الموقع والموضحة في الجدول (2):

الجدول (2): المعطيات المناخية للموقع في منطقة البحث لعام 2023

المعطيات المناخية / الشهر	الحرارة العظمى	الحرارة الصغرى	معدل الهطول (مجموع)
	(مْ)	(مْ)	(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).

بينت المعطيات أن درجتي الحرارة (العظمى، الصغرى) في منطقة البحث مناسبة لزراعة ونمو محصول السمسم ودخوله في أطواره الفينولوجية ولم تصل درجات الحرارة في حديها السلبي والايجابي لمرحلة تثبيط النمو.

-الصفات المورفولوجية المدروسة:

تم قياس المؤشرات المورفولوجية في مرحلة بداية النضج لعشر نباتات من كل قطعة تجريبية بمكرراتها الثلاث ثم قدرت المتوسطات.

1. ارتفاع النبات (سم): تم قياسه بدءاً من سطح التربة إلى القمة النامية للنبات باستخدام المتر حقلياً.
2. عدد الأفرع الرئيسية (فرع/ نبات): تم حصر متوسط عدد الأفرع الرئيسية لعشر نباتات من كل قطعة.
3. عدد الأوراق (ورقة/ نبات): تم عد أوراق 10 نباتات من كل قطعة تجريبية.
4. ارتفاع العلبة الأولى عن سطح الأرض (سم): تم قياس ارتفاع العلبة الأولى عن سطح الأرض بواسطة واحدة القياس (المتر).
5. قطر الساق (مم): قيس قطر الساق عند قاعدة السلامية التي خرج منها أول فرع، واستخدم لذلك جهاز بيكوليست.

-التحليل الاحصائي:

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

النتائج والمناقشة:

أولاً: ارتفاع النبات (سم):

1- تأثير التسميد الفوسفاتي في متوسط ارتفاع النبات (سم):

الفوسفاتي إلى زيادة معنوية في ارتفاع النبات حتى وصلت إلى أعلى متوسط للصفة عند المستوى 100 كغ TSP 46% P_2O_5/ هـ وبلغت (139.25 سم)، وهذا يعود إلى دور الفوسفور الهام في تعزيز صفات النمو عن طريق انقسام الخلايا الميرستيمية واستطالتها [21]، وتوافقت هذه النتيجة مع *Priyadarshini et al* [22] إذ وجد أن زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي أدت إلى زيادة في ارتفاع نباتات السمسم وتفوق المستوى 40 كغ/ هـ على المستويات الأقل والشاهد (0، 20، 30) في أعلى متوسط لارتفاع النبات وبلغ عنده 116.9 سم، إذ يعمل الفوسفور كعامل محفز في العديد من التفاعلات الكيميائية الحيوية الأساسية وتخزين الطاقة، كما أشار *Eifediyi et al* [23] إلى أن استخدام سماد NPK بالمستوى 300 كغ/ هـ تفوق على باقي المستويات والشاهد (0، 100، 200) كغ/ هـ بالنسبة لصفة ارتفاع النبات.

الجدول (3) تأثير التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك في متوسط صفة ارتفاع النبات (سم):

مستويات الفوسفور كغ TSP 46% P_2O_5/ هـ	تراكيز الرش بالزنك ملغ/ ل				متوسط تأثير الفوسفور
	0	30	60	90	
0	96.67	100.67	103.33	101	100.42
40	113.33	118	121	119.67	118
60	120.33	124.93	128.67	126	124.98
80	128.67	132.33	136.67	134	132.92

100	134.67	139.67	142.67	140	139.25
متوسط تأثير الزنك	118.73	123.12	126.47	124.13	
أقل فرق معنوي LSD 5%	الفوسفور 2.208		الزنك 1.545	الفوسفور×الزنك 3.548	
معامل الاختلاف CV%	1.7				

2-تأثير الرش بالزنك في متوسط ارتفاع النبات (سم):

بينت نتائج الجدول (3) وجود فروق معنوية بين جميع المعاملات، إذ أدت زيادة مستويات الرش بالزنك إلى زيادة معنوية في متوسط ارتفاع النبات وبلغت أقصاها عند مستوى الرش 60 ملغ Zn_2SO_4 / ل (126.47 سم)، ثم انخفضت بعدها عند المستوى 90 ملغ Zn_2SO_4 / ل وبلغت (124.13 سم)، ، تعود هذه الاستجابة الإيجابية لاستخدام سماد الزنك إلى دور الزنك الهام في التفاعلات الأنزيمية وتنظيم تخليق الأوكسين [24]، عمليات التمثيل الضوئي، تفاعلات اختزال/تقليل الأكسدة، والعديد من الأنزيمات اللازمة لاستقلاب الازوت [25]، وقد وجد Eifediyi *et al* [23] أن أعلى ارتفاع لنباتات السمسم كان عند رش الزنك بالمستوى 15 كغ Zn_2So_4/ هـ إذ أعطى أعلى متوسط لارتفاع النبات وبلغ 117.6 سم و114.4 سم خلال موسمين على التوالي مقارنة مع المستويات الأقل والشاهد (0، 5، 10) كغ/ هـ، وقد وجد Fayadh and AL-Hadethi [26] عند دراستهم لتأثير رش الزنك على نباتات الذرة الصفراء تفوق المستوى 50ملغ/ ل على باقي المستويات والشاهد (0، 25، 75، 100) بأعلى متوسط لارتفاع النبات (184 سم)، ويعزى هذا إلى دور الزنك في تكوين الحمض الأميني التربتوفان الضروري لاستطالة الخلايا وزيادة ارتفاع النبات [27]، وتتفق النتائج مع AL-Jumiali [28] على نباتات الذرة الصفراء، أما الإنخفاض في متوسط ارتفاع النبات عند المستويات 75 و100 قد يعزى إلى التأثير السلبي لهذا التركيز في بعض العمليات الفسيولوجية للنبات.

3-تأثير تداخل التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك على متوسط ارتفاع النبات (سم):

حقق التداخل (100 كغ TSP 46% P_2O_5/ هـ × 60 ملغ Zn_2SO_4 / ل) تفوقاً معنوياً على أغلب التداخلات الأخرى بأعلى متوسط لصفة ارتفاع النبات (142.67 سم).

ثانياً: عدد الأفرع/ نبات:

تعد هذه الصفة ذات أهمية كبيرة في الأصناف التي تحمل العلب (الثمار) على الأفرع، وهذا يجعلها عنصراً هاماً من عناصر الغلة ومؤثراً في مردود وحدة المساحة من البذور والزيت [29].

1- تأثير التسميد الفوسفاتي في متوسط عدد الأفرع/ نبات:

أظهرت البيانات الواردة في الجدول (4) وجود فروق معنوية بين جميع المعاملات، إذ أدت زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي إلى زيادة معنوية في متوسط عدد الأفرع على النبات، وتفوق المستوى 100 كغ TSP 46% P_2O_5/ هـ على باقي المستويات والشاهد بأعلى قيمة للصفة بلغت (4.68 فرع/ نبات)، وأقلها في الشاهد (3.45 فرع/ نبات)، وقد وجد Eifediyi *et al* [23] أن استخدام المستوى 40 كغ TSP 46% P_2O_5/ هـ على نباتات السمسم أدى الى الحصول على أعلى عدد للأفرع على النبات مقارنة بالمستويين (20، 30) كغ P_2O_5/ هـ، كما أشار Kumar *et al* [30] إلى أن استخدام التسميد الفوسفاتي أدى إلى زيادة في عدد الأفرع في نباتات السمسم و أعطت أعلى عدد للأفرع عند مستوى التسميد 60 كغ TSP 46% P_2O_5/ هـ وبلغ (3.27 فرع/ نبات) مقارنة مع المستويات الأقل

(15، 30، 45) كغ P_2O_5/ هـ وأوضح أن هذه الزيادة في عدد الأفرع تعود إلى دور الفوسفور الهام في الانقسام السريع واستطالة الخلايا في المناطق الميرستيمية وزيادة النمو القمي بالاضافة إلى توفر البيئة الغذائية الأفضل لنمو وتطور النبات في منطقة الجذور وفي النظام النباتي إذ يعتبر الفوسفور المكون الأساسي للأحماض النووية، والبروتينات النووية، والأحماض الأمينية، والدهون الفوسفاتية، والعديد من الأنزيمات المساعدة كونه عنصر حيوي في المركبات الطاقية فإنه يلعب دور هام في حفظ ونقل الطاقة في التفاعلات الأيضية لجميع الخلايا الحية بما في ذلك تحويل الطاقة البيولوجية، فإن إضافة الفوسفور أدت إلى تحسن كبير في تطور الجذور وتشعبها في وقت مبكر، كما له دور هام في زيادة التمثيل الضوئي وتخليق الكربوهيدرات ونقلها إلى أجزاء مختلفة ودوره في التمثيل الضوئي يعود إلى دوره في تطوير الأنسجة والنسيج الخشبي والألياف الكولنشيمية، وتوافقت النتائج مع [31، 32].

الجدول (4) تأثير التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك في متوسط صفة عدد الأفرع على النبات (فرع/ نبات):

مستويات الفوسفور كغ TSP 46% P_2O_5/ هـ	تراكيز الرش بالزنك ملغ/ ل				متوسط تأثير الفوسفور
	0	30	60	90	
0	3.24	3.33	3.49	3.75	3.45
40	3.42	3.62	3.78	4	3.71
60	3.71	4.07	4.24	4.50	4.13
80	4	4.24	4.47	4.64	4.34
100	4.33	4.59	4.78	5	4.68
متوسط تأثير الزنك	3.74	3.97	4.15	4.38	
أقل فرق معنوي LSD 5%	الفوسفور 0.2524		الزنك 0.1714	الفوسفور×الزنك 0.3975	
معامل الاختلاف CV %	5.7				

2-تأثير الرش بالزنك في متوسط عدد الأفرع/ نبات:

بينت نتائج الجدول (4) وجود فروق معنوية بين جميع المعاملات المدروسة، إذ أدت زيادة مستويات الرش بالزنك إلى زيادة معنوية في متوسط عدد الأفرع/ نبات، وتفوق مستوى الرش (90 ملغ Zn_2SO_4 / ل) معنوياً على باقي المستويات والشاهد وبلغ متوسط عدد الأفرع عنده (4.38 فرع/ نبات)، أما أقل متوسط سجل عند الشاهد (3.74 فرع/ نبات)، ووجد Ram *et al* [33] أن استخدام 12.5 كغ/ هـ من كبريتات الزنك وكبريتات الحديد أدى إلى زيادة بنسبة 21 % في عدد الأفرع على نباتات السمسم.

3- تأثير تداخل التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك في متوسط عدد الأفرع/ نبات:

حقق التداخل (100 كغ TSP 46% P_2O_5/ هـ × 90 ملغ Zn_2SO_4 / ل) تفوقاً معنوياً على جميع التداخلات الأخرى بأعلى متوسط لصفة عدد الأفرع على النبات (5 فرع/ نبات)، باستثناء التداخل (100 كغ TSP 46% P_2O_5/ هـ × 60 ملغ Zn_2SO_4 / ل) والذي أعطى (4.78 فرع/ نبات) فلم تكن الفروق بينهما معنوية.

ثالثاً: عدد الأوراق/ نبات:

1-تأثير التسميد الفوسفاتي في متوسط عدد الأوراق/ نبات:

بينت نتائج الجدول (5) وجود فروق معنوية بين جميع المعاملات، إذ أدت زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي إلى زيادة معنوية في متوسط عدد الأوراق على النبات، وتفوق المستوى 100 كغ TSP 46% P_2O_5/ هـ معنوياً على باقي المستويات والشاهد بأعلى قيمة للصفة بلغت (160.67 ورقة/ نبات)، وأقلها في الشاهد (111.27 ورقة/ نبات)، وقد وجد Okpara *et al* [34] أن زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي أدت إلى زيادة عدد الأوراق إذ أعطى المستوى 60 كغ P_2O_5/ هـ أعلى عدد للأوراق مقارنة بباقي المستويات (0،30،90) كغ P_2O_5/ هـ.

الجدول (5) تأثير التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك في متوسط صفة عدد الأوراق على النبات (ورقة/ نبات):

مستويات الفوسفور كغ TSP 46% P_2O_5/ هـ	تراكيز الرش بالزنك ملغ/ ل				متوسط تأثير الفوسفور
	0	30	60	90	
0	100.15	109.53	115.10	120.30	111.27
40	119.07	127.90	134.07	137.03	129.52
60	128.93	135.87	144.43	146.97	139.05
80	139.93	145.93	153.83	157.40	149.27
100	150.97	157.43	165.40	168.90	160.67
متوسط تأثير الزنك	127.81	135.33	142.57	146.12	
أقل فرق معنوي LSD 5%	الفوسفور		الزنك	الفوسفور×الزنك	
	1.087		1.666	3.348	
معامل الاختلاف CV %	1.6				

2- تأثير الرش بالزنك في متوسط عدد الأوراق/ نبات:

بينت نتائج الجدول (5) وجود فروق معنوية بين جميع المعاملات المدروسة، إذ أدت زيادة مستويات الرش بالزنك إلى زيادة معنوية في متوسط عدد الأوراق/ نبات، وتفوق مستوى الرش (90 ملغ Zn_2SO_4 / ل) معنوياً على باقي المستويات والشاهد إذ بلغ متوسط عدد الأوراق عنده (146.12 ورقة/ نبات)، أما أقل متوسط لهذه الصفة كان عند الشاهد (127.81 ورقة/ نبات)، وقد وجد Jahan *et al* [32] عند دراسته لتأثير الزنك على نباتات السمسم أن عدد الأوراق تأثر معنوياً عند إضافة الزنك إذ استخدم ثلاث مستويات (0، 2.5، 5) ZnO % وقد أعطى المستوى 2.5% أعلى عدد للأوراق وبلغ 38.78 ورقة، كما وجد Eifediyi *et al* [23] تفوق المستوى 15 كغ/ هـ من كبريتات الزنك عند إضافة السمسم في أعلى قيمة لعدد الأوراق على النبات مقارنة مع باقي المستويات والشاهد (0، 5، 10) كغ/هـ.

3- تأثير تداخل التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك في متوسط عدد الأوراق/ نبات:

حقق التداخل (100 كغ TSP 46% P_2O_5/ هـ × 90 ملغ Zn_2SO_4 / ل) تفوقاً معنوياً على جميع التداخلات الأخرى بأعلى متوسط لصفة عدد الأوراق على النبات (168.90 ورقة/ نبات).

رابعاً: ارتفاع العلبة الأولى عن سطح الأرض:

يعد اقتراب العلب الثمرية من سطح الأرض من الصفات المهمة والمرغوبة كونها تعد دليل على التبكير في التزهير وتكوين الثمار [35].

1- تأثير التسميد الفوسفاتي في متوسط ارتفاع العلبة الأولى عن سطح الأرض:

بينت نتائج الجدول (6) وجود فروق معنوية بين جميع المعاملات، إذ أدت زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي إلى انخفاض في متوسط ارتفاع العلبة الأولى عن سطح الأرض، وأعطى الشاهد أعلى قيمة للصفة بلغت (37.11 سم)، بينما حقق المستوى 100 كغ TSP 46% P_2O_5/ هـ أقل قيمة لهذه الصفة (22.72 سم)، وقد وجد EL Mahdi [36] أن زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي أدت إلى انخفاض في ارتفاع العلبة الأولى عن سطح الأرض في نباتات السمسم إذ استخدم ثلاث مستويات من السماد الفوسفاتي (0، 22، 44) كغ/ هـ وبلغ فيها ارتفاع العلبة الأولى (39.0، 36.3، 34.3) سم على التوالي، وتوافقت النتائج مع [37، 38]، إذ وجدوا أن زيادة الفوسفور أدت إلى تغيرات معنوية في ارتفاع العلبة الأولى عن سطح الأرض.

الجدول (6) تأثير التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك في متوسط صفة ارتفاع العلبة الأولى عن سطح الأرض(سم)

مستويات الفوسفور كغ TSP 46% P_2O_5/ هـ	تراكيز الرش بالزنك ملغ/ ل				متوسط تأثير الفوسفور
	0	30	60	90	
0	39.22	37.56	34.22	37.44	37.11
40	35.11	33.56	31.44	32.89	33.25
60	31.89	29.78	28	30.44	30.03
80	28.33	26.11	23.11	25.11	25.67
100	25	22.45	20.44	23	22.72
متوسط تأثير الزنك	31.91	29.89	27.44	29.78	
أقل فرق معنوي LSD 5%	الفوسفور		الزنك	الفوسفور ×الزنك	
	1.246		0.749	1.815	
معامل الاختلاف CV %	3.4				

2-تأثير الرش بالزنك في متوسط ارتفاع العلبة الأولى عن سطح الأرض:

بينت نتائج الجدول (6) وجود فروق معنوية بين جميع المعاملات المدروسة، إذ أدت زيادة مستويات الرش بالزنك إلى انخفاض في متوسط ارتفاع العلبة الأولى عن سطح الأرض حتى المستوى 60 ملغ Zn_2SO_4 / ل (27.44 سم) ثم عادت للارتفاع عند المستوى 90 ملغ Zn_2SO_4 / ل (29.78 سم)، وأعطى الشاهد أعلى قيمة للصفة وبلغ متوسط ارتفاع العلبة الأولى عنده (31.91 سم).

3- تأثير تداخل التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك في متوسط ارتفاع العلبة الأولى عن سطح الأرض:

حقق التداخل (100 كغ TSP 46% P_2O_5/ هـ × 60 ملغ Zn_2SO_4 / ل) تفوقاً معنوياً على جميع التداخلات الأخرى بأقل متوسط لصفة ارتفاع العلبة الأولى عن سطح الأرض (20.44 سم).

خامساً: قطر الساق (مم):

1- تأثير التسميد الفوسفاتي في متوسط قطر الساق (مم):

تشير نتائج الجدول (7) إلى وجود فروق معنوية بين جميع المعاملات، إذ أدت زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي إلى زيادة معنوية في قطر الساق حتى وصلت إلى أعلى متوسط للصفة عند المستوى 100 كغ TSP 46% P_2O_5/ هـ وبلغت (11.72 مم)، وأقلها عند الشاهد (7.46 مم)، وقد وجد Tekseng *et al* [39] أن زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي زادت متوسط قطر الساق في نبات السمسم وبلغ عند المستوى 50 كغ/ هـ (1.68 سم) متفوقاً على باقي المستويات (0، 25) كغ/ هـ، وأشار إلى أن هذه الزيادة في قطر الساق تعود إلى دور الفوسفور في تعزيز نمو الجذور وتطور النباتات، وتحويل الطاقة، وانقسام الخلايا مما يزيد من نمو الساق.

الجدول(7) تأثير التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك في متوسط صفة قطر الساق (مم):

مستويات الفوسفور كغ TSP 46% P_2O_5/ هـ	تراكيز الرش بالزنك ملغ/ ل				متوسط تأثير الفوسفور
	0	30	60	90	
0	6.70	7.42	7.93	7.79	7.46
40	7.67	8.11	9.08	8.96	8.46
60	8.45	9.42	10.60	10.33	9.70
80	9.62	10.82	11.36	11.18	10.74
100	11.05	11.48	12.27	12.06	11.72
متوسط تأثير الزنك	8.70	9.45	10.25	10.06	
أقل فرق معنوي LSD 5%	الفوسفور 0.2385		الزنك 0.2490	الفوسفور×الزنك 0.5220	
معامل الاختلاف CV %	3.5				

2- تأثير الرش بالزنك في متوسط قطر الساق (مم):

بينت نتائج الجدول (7) وجود فروق معنوية بين أغلب المعاملات، إذ أدت زيادة مستويات الرش بالزنك إلى زيادة معنوية في متوسط قطر الساق، وبلغت أقصاها عند مستوى الرش 60 ملغ Zn_2SO_4 / ل(10.25 مم)، ثم انخفضت بعدها عند المستوى 90 ملغ Zn_2SO_4 / ل وبلغت (10.06 مم)، ولم تكن الفروق معنوية بين المستويين (90، 60) ملغ Zn_2So_4 / ل، بينما كانت أقل قيمة عند الشاهد (8.70 مم)، وقد وجد Abbas [40] أن رش الزنك بالمستوى 1غ/ ل تفوق معنوياً على عدم الرش بالزنك وأعطى قيمة أعلى لمتوسط قطر الساق في نباتات البروكلي، كما وجد AL-Obeidi and AL-Mfargy [41] زيادة قطر ساق الباذنجان عند الرش بالزنك بالمستوى 100 ppm وبلغ (2.400 سم) مقارنة مع الشاهد (2.166 سم).

3-تأثير تداخل التسميد الفوسفاتي والرش بالزنك في متوسط قطر الساق (مم):

حقق التداخل (100 كغ TSP 46% P_2O_5/ هـ × 60 ملغ Zn_2SO_4 / ل) تفوقاً معنوياً على جميع التداخلات الأخرى بأعلى متوسط لصفة قطر الساق (12.27 مم).

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

-أدت زيادة مستويات التسميد الفوسفاتي إلى زيادة في النمو الخضري، وتشكل أفرع جديدة، إذ تفوق مستوى التسميد الفوسفاتي 100 كغ TSP 46% P_2O_5/ هـ معنوياً على جميع مستويات التسميد الأخرى والشاهد بأعلى متوسط لصفة ارتفاع النبات، عدد الأفرع، عدد الأوراق وقطر الساق، كما أعطى أقل قيمة لصفة ارتفاع العلبة الأولى عن سطح الأرض.

-أعطى تركيز الرش بالزنك 60 ملغ Zn_2SO_4/ ل أعلى قيمة لصفتي ارتفاع النبات، قطر الساق وأقل قيمة لصفة ارتفاع العلبة الأولى عن سطح الأرض، بينما أعطى التركيز 90 ملغ Zn_2SO_4/ ل أعلى قيمة لصفتي عدد الأفرع وعدد الأوراق.

-حقق التداخل (100 كغ TSP 46% P_2O_5/ هـ × 60 ملغ Zn_2SO_4/ ل) تفوقاً معنوياً بأعلى قيمة لصفتي ارتفاع النبات (142.67 سم)، وقطر الساق (12.27 مم)، وأقل قيمة لصفة ارتفاع العلبة الأولى عن سطح الأرض (20.44 سم)، بينما حقق التداخل (100 كغ TSP 46% P_2O_5/ هـ × 90 ملغ Zn_2SO_4/ ل) تفوقاً معنوياً بأعلى قيمة لصفتي عدد الأفرع (5 فرع/ نبات)، وعدد الأوراق (168.90 ورقة/ نبات).

التوصيات:

- زراعة السمسم الأبيض وتسميده بمعدل 100 كغ TSP 46% P_2O_5/ هـ و90 ملغ Zn_2SO_4/ ل للحصول على أعلى عدد للأفرع والأوراق.
- 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.

References:

[1] Mushtaq A, Hanif MA, Ayub MA, Bhatti IA, Jilani MI. Sesame. InMedicinal Plants of South Asia. 2020 Jan 1 (pp. 601-615). Elsevier.

[2] Zeb A, Muhammad B, Ullah F. 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. 2017 Sep;11(3):1362-9.

[3] Food and Agriculturre Organization Statistical Databases (FAOSTAT). Available online: http://faostat.fao.org/ (accessed on 5 February 2020).

[4] Yingxiar ZC, Ming W, Aizhong W. Studies of giema banding patterns of chromosomes in sesame (*Sesamum indicum* L.) proceedings of the fourth oil crop. Network workshop held at Njovokenya-25-29, January. 1988, p 242-244.

[5] Miah MM, Afroz S, Rashid MA, Shiblee SA. Factors affecting adoption of improved sesame technologies in some selected areas in Bangladesh: An empirical study. The Agriculturists. 2015; 13(1): 140-51.

[6] Pusadkar PP, Kokiladevi E, Bonde SV, Mohite NR. Sesame (*Sesamum indicum* L.) importance and its high quality seed oil: a review. TRENds in biosciences. 2015; 8(15): 3900-6.

[7] Were BA, Lee M, Stymne S. 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. 2001; 184: 178-183.

[8] Ashri A. Oil crops of the world-sesame. New York McGraw-Hill:1989, 375-387.

[9] Chakraborthy GS, Sharma G, Kaushik KN. *Sesamum indicum*: a review. Journal of Herbal Medicine and Toxicology. 2008; 2(2): 15-9.

[10] Akl MR, Ayoub NM, Abuasal BS, Kaddoumi A, Sylvester PW. Sesamin synergistically potentiates the anticancer effects of γ-tocotrienol in mammary cancer cell lines. Fitoterapia. 2013 Jan 1; 84: 347-59.

[11] Ranganatha ARG. Improved technology for maximizing the production of Sesame. Project coordinator. AICRP on sesame and Niger, ICAR, JNKVV Campus, Jabalpur,2013, 1-17.

[12] Mangaraj S, Paikaray RK, Maitra S, Pradhan SR, Garnayak LM, Satapathy M, Swain B, Jena S, Nayak B, Shankar T, Alorabi M. 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. 2022 Jan 5; 11(1):142.

[13] Lakew S, Ayalew D, Assefa F. Optimum inter-row spacing and seeding rate of sesame for harnessing the maximum productivity potential in the dry land area of Abergelle District, Northeast Ethiopia. Cogent food & agriculture. 2018 Jan 1; 4(1):1485471.

[14] Zaman A, Zaman P, Maitra S. Water resource development and management for agricultural sustainability. J. Appl. Adv. Res. 2017 Apr 22; 2(2): 73-7.

[15] Tais L, Zeiger E. Plant physiology, secnd Ed. Sinauer Associatas Inc. Publishers-Sunder Land. Massachustts.1998, 792.

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

[17] Babajide PA, Oyeleke OR. Evaluation of sesame (*Sesamum indicum*) for optimum nitrogen requirement under usual farmers' practice of basal organic manuring in the Savanna ecoregion of Nigeria. Evaluation. 2014 Nov 19; 4(17).

[18] Malhotra H, Vandana, Sharma S, Pandey R. Phosphorus nutrition: plant growth in response to deficiency and excess. Plant nutrients and abiotic stress tolerance. 2018;171-90.

[19] Razaq M, Zhang P, Shen HL, Salahuddin. Influence of nitrogen and phosphorous on the growth and root morphology of Acer mono. PloS one. 2017 Feb 24; 12(2): e0171321

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

[21] Bhavana T, Shankar T, Maitra S, Sairam M, Kumar PP. Impact of phosphorus and sulphur levels on growth and productivity of summer sesame. Crop Research. 2022; 57(3): 178-84.

[22] Priyadarshini A, Umesha C, Meshram R. Effect of different levels of phosphorus and potassium on yield, yield attributes and oil content of Sesame (*Sesamum Indicum* L.). Environment Conservation Journal. 2021 Jun 20; 22(1&2):183-90.

[23] Eifediyi EK, Ilori GA, Ahamefule HE, Imam AY. The effects of zinc biofortification of seeds and NPK fertilizer application on the growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). Acta agriculturae Slovenica. 2021 Mar 31;117(1):1-1.

[24] Marschner, H. Mineral nutrition of higher plants (2nd edition.). London: Academic Press. 1995.

[25] Omidian A, Seyadat SA, Naseri RM. X. Effects of zinc-sulfate foliar on yield, oil content and seed protein of four cultivars of canola. Iranian Journal of Agricultural Science.2012,14:26-8.

[26] Fayadh NM, AL-Hadethi AA. Effect of nitrogen fertilization and foliar application of zinc in growth and yield of corn (*Zea mayes* L.). Al- Anbar journal of agricultural sciences. 2011; 9(3): 75-84.

[27] Vallace, B. L. and K. L. Falchuk. The biochemical basis of zinc physiology. Physiol, Rev. 1991, 73.
[28] Al- Jumiali NMF. The effect of irrigation scheduling according to growth stages and zinc application on the growth and yield of corn (*Zea mayes* L.) Master thesis. College of agriculture university of Anbar. 2008.
[29] Al mahasneh H. Response of *Sesamum indicum* L. genotypes to irrigation during growth stages. Damascus university journal of agricultural sciences. 2014; 30(2): 79-93.
[30] Kumar P, Tyagi DB, Sharma JD, Singh SK, Nehal N. Plant Growth and Yield-related Attributes in Sesame (*Sesamum indicum* L.) as a Function of Phosphorus and Sulphur Interaction.2022.
[31] Shelke RI, Kalegore NK, Wayase KP. Effect of levels of phosphorus and sulphur on growth, yield and quality of sesame (*Sesamum indicum* L.).2014; 108-111.
[32] Jahan N, Alam AS, Mitu AS, Habib MA, Rahman MS. Effect of phosphorus on growth and yield of sesame. Research in Agriculture livestock and fisheries. 2019 Sep 9; 6(2): 245-51.
[33] Ram M, Meena RC, Sundria MM. Enhancing sesame productivity and profitability through zinc and iron application in western Rajasthan. Pharma J. 2021;10: 924-28.
[34] Okpara DA, Muoneke CO, Ojikpong TO. Effects of nitrogen and phosphorus fertilizer rates on the growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) in the southeastern rain forest belt of Nigeria. Nigeria Agricultural Journal. 2007; 38:1-1.
[35] Al Maliky RJM. The effect of potassium in growth, yield and quality of several varieties of sesame. Al- Qadisiyah journal for agriculture sciences. 2015; 5(1): 54-63.
[36] El Mahdi AR. Response of sesame to nitrogen and phosphorus fertilization in Northern Sudan. Journal of Applied Biosciences. 2008; 8(2): 304-8.
[37] Osman AK. Cultivar nitrogen and phosphorous trial. Annual Report of El-Obied Research Station, Sudan. 1986.
[38] Adam NM. Agronomy of sesame, sunflower and soya bean. Annual Report of Kenana Research Station. 1986.
[39] Tekseng, O, Sing, PK, Bier K. Effect of phosphorus and Sulphur nutrition on growth, yield and quality attributes of sesamum (*Sesamum indicum* L.) under acidic soil of Nagaland. Journal of pharmacognosy andphytochemistry, 2018, 7(1S), 315-319.
[40] Abbas MMH. Effect of tow organic compounds and zinc spraying on growth and yield of broccoli plant (*Brassica oleracea* Var. Italica). Master thesis. College of agriculture. University of Kerbela. 2022.
[41] Al-Obeidi ARHH, Al- Mfargy OKA. Effect of boron and zinc varieties and spraying on vegetative characteristics of three eggplant varieties Egg plant (*Solanum melongental* L.) Journal of agricultural, environmental and veterinary sciences. 2019; 3(1): 1-10.