مجلـــة الزراعـــة العراقيـــة البحثيـــة
وزارة الزراعـــة
ISSN Print: 2790-5306 – ISSN Online: 2790-5314
http://ijarmoa.gov.iq — OPEN ACCESS
2026 (1) العدد 30 مجلد

DOI: https://doi.org/10.65814/ijar.30.1.43

دور بعض الاكاسيد في استحثاث المقاومة ضد مرض تعفن الجذور وقواعد السيقان المتسبب عن *Fusarium solani* في الفستق السوداني (*Arachis hypogaea* L.)*

عمر مخلف مجبل[1]
oma23g7001@uoanbar.edu.iq

سالم حسن صالح الورشان[1]
ag.salim-warshan@uoanbar.edu.iq

© 2026 Directorate of Agricultural Research, Ministry of Agriculture. This is an open-access article under the CC by Licenses http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

المخلص

اجريت الدراسة في حقول قسم وقاية النبات / كلية الزراعة / جامعة الانبار، لتقويم ثلاث اكاسيد (ZnO، MnO و SiO) بطبيعتها النانوية والاعتيادية وثلاثة مواعيد اضافة (الاولى: نقع البذور، في محلول الاكاسيد، الثانية: نقع البذور واضافة محلول الاكاسيد بعد 15 يوماً، والثالثة: نقع البذور واضافة محلول الاكاسيد بعد 15 و 30 يوماً)، في بعض الصفات المظهرية واستحثاث المقاومة للنبات ضد الفطر فيوزاريوم (*Fusarium solani*) المسبب لمرض تعفن جذور وقواعد سيقان الفستق السوداني.

اظهرت النتائج لمعاملات الاكاسيد مع الفطر الممرض جميعها زيادة معنوية في معدلات طول النبات والوزن الطري والجاف للمجموع الخضري والمجموع الجذري، بالاضافة الى زيادة في عدد القرنات مقارنة مع معاملة الفطر الممرض فقط. بينت النتائج ايضاً تحسن الصفات الفسلجية للنبات في معاملات الاكاسيد، زيادة في محتوى الكلوروفيل بالاضافة الى استحثاث انزيمات المقاومة للنبات متمثلة بزيادة محتوى الفينولات الكلي وانزيم البيروكسيديز. من جهة اخرى كانت كفاءة الاكاسيد بالحالة النانوية اعلى مما هو عليه الحال في الحالة الاعتيادية . اشارت النتائج ايضاً الى ان موعد الاضافة الثالث سجل اعلى مسستوى لاستحثاث المقاومة للنبات من خلال قياسات مستوى الفينولات الكلي وانزيم البيروكسيديز.

الكلمات الدالة: الفول السوداني، فوزاريوم سولاني، تعفن الجذور، أكاسيد النانو، المقاومة المستحثة، أمراض النبات.

المقدمة

يمثل محصول الفول السوداني (*Arachis hypogaea* L.) قيمة غذائية عالية لكثير من البشر، فهو يحتوي على البروتين والالياف والفيتامينات ومضادات الاكسدة، يدخل في العديد من الاطعمة الطبيعية والمصنعة وخصوصاً تلك المستعملة في الحمية الغذائية، بالإضافة الى استعمال بذور الفستق بشكل مباشر او بقايا عمليات التصنيع في الاعلاف الحيوانية المختلفة [15]. بلغ الانتاج العالمي لهذا المحصول حسب احصائيات منظمة الاغذية والزراعة الدولية للعام 2022 – 2023 بما يقارب 31.34

* جزء من رسالة ماجستير للباحث الاول.

[1] جامعة الانبار، كلية الزراعة، الانبار، العراق.

- **تاريخ تسلم البحث:** 27/ تشرين اول/2025.
- **تاريخ قبول البحث:** 27/تشرين ثاني/2025.
- **متاح على الانترنت:** 30/حزيران/2026.

مليون طن زرعت على مساحة مقدارها 32.7 مليون هكتار [8]. يتعرض محصول الفستق للاصابة بالعديد من الامراض، وتمثل الامراض الفطرية اكثرها تأثيرا في المحصول وفي مختلف مراحل نمو النبات من زراعة البذور وحتى الحصاد والخزن. بعض هذه الفطريات بإمكانها البقاء في التربة لمدة طويلة عن طريق تكوين وحدات تكاثرية مقاومة للظروف البيئية، مما يجعل السيطرة عليها باستخدام المبيدات الكيميائية محدودة الفعالية وغالباً ضارة بالبيئة والتربة [27]. من هذه الامراض تعفن قواعد سيقان وجذور فستق الحقل المتسبب عن الفطر *Fusarium solani*، ويعد الجنس Fusarium spp. احد اهم الاجناس الفطرية المسببة للعديد من الامراض في النبات كالذبول وتعفن الجذور وقواعد السيقان وموت البادرات وغيرها ويعود الى العائلة Tuberculariacea التابعة لرتبة Moniliales في الصف Hyphomycetes والاخير يعود الى تحت قسم الفطريات الناقصة Deuteromycotina ويمثل طوره الجنسي الفطر *Nectria haematococca* وهو من الفطريات الكيسية Ascomycota [18].

يضم الجنس Fusarium spp. اكثر من 90 نوعا وهذه الانواع الممرضة للنبات تمتاز بقدرتها على العيش في مدى عائلي واسع ، يكون وحدات تكاثرية متنوعة الاشكال مثل الكونيديا الكبيرة Macrocconidia المتكونة من خلية واحدة او خليتين بيضوية او مستديرة الشكل والكونيديا الصغيرة Microconidia المؤلفة من عدة خلايا عديدة من (3–5 خلايا) هلالية الشكل بالاضافة الى وجود السبورات الكلاميدية Chlamydospore في بعض الانواع وتكون اما طرفية او بينية، وتميزت مستعمرات الفطر النامية على الوسط الزرعي Potato Dextrose Agar (PDA) بتكوين غزل فطري متفرع و مقسم، بشكل كثيف بلون أبيض قطني في الأيام الأولى، تحول تدريجياً إلى زهري أو أرجواني باهت في بعض العزلات مع تكوّن مناطق حلقية متعاقبة، وكانت الحواف متماثلة نسبياً كما تتميزت مستعمرات اخرى بتكوين غزل فطري ذو لون ابيض مصفر (شكل 1).

تنمو معظم انواع الفيوزاريوم في مدى حراري متباين يتراوح بين 18–35 درجة مئوية[17]. بسبب المخاطر الصحية التي يتعرض لها الفلاحون والعاملون في مجال مكافحة الامراض والمستهلكين نتيجة الاستعمال المفرط للمبيدات الكيميائية الضارة، بالاضافة الى تخليق الفطر لسلالات اكثر مقاومة للمبيدات، يسعى العاملون في وقاية المزروعات منذ عقود الى ايجاد مواد بديلة للمبيدات الفطرية في مكافحة الامراض أمنة على الصحة العامة وصديقة للبيئة بعد استعمال بعض الاكاسيد المعدنية بصيغتها العادية والنانوية واحدة من الطرق الواعدة والبديلة في مقاومة الامراض الفطرية بدلا من المبيدات الكيميائية الضارة لكفاءتها في السيطرة على نمو الفطريات الممرضة بالاضافة الى استعمالها كمحفزات لبعض عوامل المقاومة في النبات ضد المسببات المرضية الفطرية [1, 2, 5, 9, 10, 22]. هدفت هذه الدراسة إلى تقويم كفاءة بعض الاكاسيد بصيغتها (العادية والنانويّة) في الحدّ من الإصابة بمرض تعفن الجذور وقواعد السيقان المتسبب عن *Fusarium solani* في نبات الفستق السوداني والتغييرات الفسلجية لبعض عوامل استحثاث المقاومة للنبات.

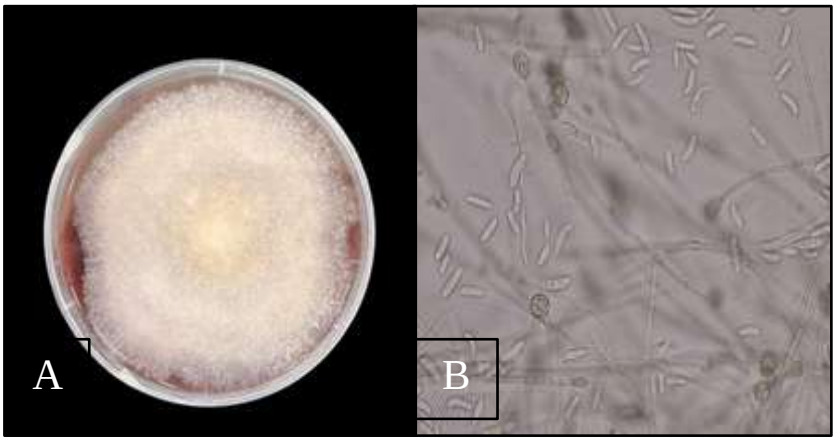

Figure 1: A. Fusarium fungal colony on PDA medium.
B. Conidia of the fungus *fusarium solani* under a microscope.

المواد وطرق البحث

إعداد اللقاح الفطري للتجربة الحقلية

أُعِدّ اللقاح الفطري للعزلة الممرضة *Fusarium solani* التي تم الحصول عليها من مختبر الدراسات العليا/قسم وقاية النبات/كلية الزراعة–جامعة الانبار، باستعمال بذور الدخن المعقمة، إذ وُضع 150 غراماً من البذور في دوارق زجاجية سعة (500 مل)، رطبت باضافة 25 مل ماء مقطر وتم تعقيمها بجهاز الأوتوكلاف عند درجة حرارة 121°م وضغط 15 رطل .إنج$^{-2}$ مدة 30 دقيقة واعيد التعقيم بعد مرور24 ساعة لضمان القضاء على الملوثات [16] بعد التبريد، لُقِّحت البذور باقراص قطر 0.5 سم من وسط السكروز اكر البطاطا Potato Sucrose Agar (PDA) للعزلة الفطرية بواسطة الثاقب الفليني، ثم حُضنت الدوارق على حرارة 25 ± 2°م مع الرج كل ثلاثة ايام حتى اكتمال النمو الفطري على البذور بشكل تام، وهو ما أُعتمد لتحديد جاهزية اللقاح [9, 25]. حُضِرت تربة مزيجيه طينية بنسبة 3 رمل2 طين 3 غرين عقمت بمبيد Kriptanol-Chinosol بتركيز 1 مل.لتر$^{-1}$ ماء، إذ تم تغطيتها بالنايلون بشكل محكم لمدة 7 أيام لضمان القضاء على الكائنات الدقيقة. بعدها ازيل الغطاء البلاستيكي وقلبت التربة لمدة 5 أيام قبل استعمالها أُضيف اللقاح إلى التربة بمعدل (50 غرامًا) لكل كيس زراعة يحتوي على (25 كغم) من التربة المعقمة، وجرى خلطه جيدًا قبل الزراعة بيومين لضمان توزيع الفطر بشكل متجانس [13]. زُرعت البذور السليمة والمنقوعة بمحاليل الاكاسيد مدة 8 ساعات بحسب المعاملات بعد يومين من تلقيح التربة. تمت متابعة التجربة وتسجيل النتائج.

اختبار كفاءة الاكاسيد في خفض التاثيرات الحيوية للفطر الممرض في نبات الفستق السوداني حقلياً

نفذت التجربة الحقلية في حقول قسم وقاية النبات/كلية الزراعة/جامعة الانبار. اعتمد في تنفيذ التجربة تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (Completely Randomized Design, CRD) بنظام عاملين (Factorial Experiment)، إذ مثّل العامل الأول نوع مادة الاكاسيد في ثماني معاملات هي: اوكسيد الزنك الاعتيادي (ZnO)، اوكسيد الزنك النانوي (ZnO-NP)، اوكسيد المنغنيز الاعتيادي(MnO)، اوكسيد المنغنيز النانوي (MnO-NP) واوكسيد السيليكون الاعتيادي (SiO) واوكسيد السيليكون النانوي (SiO-NP) ومعاملة السيطرة الموجبة تحتوي الممرض فقط، ومعاملة السيطرة السالبة دون الممرض. اما العامل الثاني (مواعيد الاضافة) فتضمنت الاضافة الاولى نقع البذور قبل الزراعة بمحاليل الاكاسيد والاضافة الثانية النقع مع اضافة محاليل الاكاسيد بعد 15 يوماً من الزراعة والاضافة الثالثة النقع مع اضافة الاكاسيد بعد 15 و 30 يوماً من الزراعة نفذت التجربة ثلاث مكررات لكل معاملة في كل مكرر ثلاثة أكياس. وُضعت التربة المعقمة داخل أكياس بلاستيكية (25 كغم/كيس) دُفنت في الأرض للحفاظ على الرطوبة والتهوية، وزُرعت خمس بذور فستق سوداني في كل كيس. جرى الري المنتظم حسب الحاجة مع تجنب التشبع بالماء. اضيفت محاليل الاكاسيد بتركيز 2000 ppm (2 ملغم.مل$^{-1}$) (لانه التركيز الأكثر فعالية اعتماداً على نتائج تجارب سابقة) في الإضافات جميعها سواء عند النقع أم كان الري في التربة في المواعيد اللاحقة اخذت القراءات بعد 20 يوماً من كل موعد اضافة.

الصفات المدروسة

بعد مرور ستين يوماً من بدء الزراعة تم تسجيل بعض الصفات للنباتات في المعاملات منها طول النبات، إذ أُخذ قياس طول ثلاثة نباتات ثلاثة في كل مكرر باستعمال شريط قياس من طرف الجذر حتى قمة النبات. الوزن الرطب والجاف

للمجموع الخضري والجذري تم اقتلاع النباتات الثلاث من كل مكرر، غُسلت الجذور لإزالة بقايا التربة، ثم وُزن المجموع الخضري والمجموع الجذري مباشرة، وبعد التجفيف التام وثبات الوزن تم تسجيل الوزن الجاف لهما واخذت معدلاتهما. اما محتوى الكلوروفيل فقد استعملت طريقة (Arnon)، إذ اخذت القياسات من ثلاث قراءات لكل نبات ومعدل ثلاث نباتات لكل مكرر. استُخلص الكلوروفيل باستخدام الأسيتون (80%) وقيست الامتصاصية عند الطولين الموجيين 645 و663 نانومتر باستخدام مطياف الامتصاص الضوئي[4]. عدد القرنات: تم حساب عدد القرنات في ثلاث نباتات لكل مكرر. بالاضافة الى بعض الصفات الفسلجية الخاصة بعوامل المقاومة للنبات ضد الفطريات الممرضة مثل محتوى الفينولات الكلية ونشاط إنزيم البيروكسيديز. وتم تحليل البيانات جميعها للصفات احصائياً باستعمال البرنامج الإحصائي Genstat وفق تصميم CRD بنظام العاملين وعلى مستوى معنوية $P\leq 0.05$.

النتائج والمناقشة

نتائج الصفات المظهرية للنبات

أظهرت نتائج التجربة الحقلية تفوقاً معنوياً واضحاً في الصفات المظهرية المدروسة للنبات لمعاملات الاكاسيد، خصوصاً المواد النانوية، مقارنة بالمواد العادية من جهة وبين نتائج معاملة السيطرة الموجبة (المعاملة بالفطر الممرض) من جهة اخرى.

طول النبات

أظهرت النتائج أن جميع معاملات اضافة الاكاسيد كافة اثرت بشكل ايجابي ومعنوي في معدلات طول النبات بالمقارنة مع معاملة السيطرة الموجبة (بوجود الفطر الممرض جدول 1). سجلت معاملة أوكسيد المنغنيز العادي (MnO) أعلى متوسطاً لطول النبات مقارنة ببقية معاملات الاكاسيد، اذ بلغ معدل طول النبات 92.45 سم وبفارق معنوي عن معاملة السيطرة الملوثة بالفطر (60.33 سم) ولم تفرق معنوياً عن معاملة اوكسيد الزنك العادي (89.22 سم). في حين سجلت معدلات طول النبات في معاملات اوكسيد المنغنيز النانوي واوكسيد الزنك النانوي واوكسيد السليكون العادي 88.89 ، 88.56 و 88.89 سم على التوالي، بدون فروق معنوية بينهم، اما معاملة اوكسيد السيليكون النانوي فقد بلغت 86.4 سم وبفارق معنوي عن بقية معاملات الاكاسيد. من جهة اخرى كان معدل طول النبات في معاملة السيطرة السالبة (بدون ممرض) 109.67 سم وبفارق معنوي عن المعاملات جميعها في التجربة.

فيما يخص مواعيد الاضافة فقد بينت ايضاً ان معدلات طول النبات في الاضافة الثالثة (نقع البذور والاضافة بعد 15 و30 يوماً) سجلت اعلى قيمة من بين الإضافات، اذ بلغ 93.61 سم وبفارق معنوي عن الاضافة الاولى (نقع البذور فقط) والثانية (نقع البذور والاضافة بعد 15 يوماً)، اذ سجلت 83.66 و 87.33 سم على التوالي. ويبين التداخل بين المعاملات ومواعيد الاضافة ان معاملة السيطرة السالبة (بدون فطر ممرض) في الاضافة الثالثة سجلت اعلى معدلاً لطول النبات (113 سم) وبفارق معنوي عن المعاملات في التجربة كافة. تظهر النتائج ان اكاسيد المنغنيز والزنك والسيليكون بصيغتها العادي والنانوية اثرت في زيادة معدل طول النبات مقارنة بمعاملة السيطرة الموجبة وهذه النتائج تبين عمل الاكاسيد في تعزيز نشاط النبات وزيادة امتصاص المواد الغذائية وبالتالي على زيادة الانقسام الخلوي واستطالة الخلايا وهذا بدوره يؤدي الى زيادة معدل طول النبات [11, 20]. اشارت نتائج مماثلة أن استخدام اوكسيد الزنك واوكسيد المنغنيز النانوي أدى إلى تثبيط نمو الفطريات من خلال تأثيره على في الجدران الخلوية للفطر والكونيدات واحداث تشوهات فيها بالاضافة تحسين كفاءة امتصاص المغذيات وتقليل الاجهاد على النبات [22].

Table 1: The impact of oxides solution and the dates of its addition in the length of the peanut

Seq.	treatment	Soaking seeds	Soak + add 15 days	Soaking + adding after 15 and 30 days	Average effect of treatments
1	ZnO	85.33	91	91.33	89.22
2	ZnO-NP	76	89	100.67	88.56
3	MnO	90.67	85	101.67	92.45
4	MnO-NP	83.33	90	93.33	88.89
5	SiO2	87	87.33	92.33	88.89
6	SiO-NP	84	86.33	89	86.44
7	.Co	106	110	113	109.67
8	Co.+ F.solani	57	60	64	60.33
Average addition dates		83.66625	87.3325	93.16625	
L.S.D 0.05		Treatment	Dates	Interference	
		3.268	2.001	5.661	

Each number in the table represents the average of 3 replicates. Each replicate has 3 planting bags and each bag has 3 plants.

الوزن الطري للنبات (غم)

أظهرت النتائج في جدول 2 ان الوزن الطري للمجموع الخضري والمجموع الجذري لنبات الفستق في معاملات الاكاسيد فروق معنوية كبيرة بينها وبين معاملة الفطر الممرض من جهة وبين معاملة السيطرة بدون فطر ممرض، من جهة اخرى تظهر النتائج لمعاملات الاكاسيد تمييز معاملة اوكسيد الزنك (ZnO)، إذ سجلت وزن طري للمجموع الخضري بلغ 139.9 غم بفارق معنوي عن معاملة الفطر الممرض (55.67 غم) تليها بالوزن معاملة اوكسيد الزنك النانوي ZnO-NP (138.97 غم) و SiO-NP (138 غم) و MnO (125.77 غم)، إذ لا توجد فروق معنوية فيما بينها. كذلك اثرت مواعيد الاضافة في معدلات الاوزان الطرية للمجموع الخضري، اذ بلغ 148.73 غم في الاضافة الثالثة بفارق معنوي عن معدلات الاوزان في الاضافة الاولى (النقع فقط) (118.41غم) ومعاملة الاضافة الثانية (123.46 غم). وتبين نتائج التداخل بين معاملات الاكاسيد ومواعيد الاضافة ان معاملة اوكسيد الزنك ZnO سجلت اعلى وزن طري(184.60 غم) بعد معاملة السيطرة بدون ممرض (217 غم) في الاضافة الثالثة.

هذه النتائج تتوافق مع نتائج دراسات اخرى اشارت الى كفاءة اكاسيد الزنك والمنغنيز والسيليكون في تأثيراتها في الفطريات الممرضة من خلال تحسين الفعاليات الفسلجية والايضية للنبات من جهة وزيادة مقاومته للممرضات بزيادة مضادات الاكسدة وتأثيره في فعاليات الممرض الفسلجية من جهة اخرى [5, 6]. ايضاً جاءت نتائج معدلات الوزن الطري للمجموع الجذري للمعاملات متجانسة مع نتائج الوزن الطري للمجموع الخضري غير ان معدلات الاوزان الطرية لمعاملات الاكاسيد بصيغتها النانوية كانت اكثر مما هو عليه في الحالة الاعتيادية وان لم تكن هناك فروق معنوية بين معاملات الاكاسيد جميعها باستثناء معاملة اوكسيد السيليكون SiO، اذ سجلت 22.71 غم وهو ادنى معدلاً بين معاملات الاكاسيد. كذلك كانت معدلات الاوزان الطرية للمجموع الجذري لمعاملة الفطر الممرض 11.07 غم وبفارق معنوي عن معاملات الاكاسيد جميعها وعن معاملة السيطرة بدون ممرض التي سجلت اعلى معدلاً للوزن الطري للمجموع الجذري (32.17 غم). وعن التداخل بين المعاملات ومواعيد الاضافة حققت معاملة اوكسيد الزنك النانوي ZnO-NP اعلى معدلاً للوزن الطري للمجموع الجذري عند الاضافة الثالثة. تشير هذه النتائج إلى قابلية الاكاسيد بصيغتها العادية والنانوية ادت الى تحسين كفاءة امتصاص العناصر الغذائية وارتفاع معدلات التمثيل الضوئي وزيادة تكوين الأنسجة العصارية [24]. وقد أوضحت الدراسات أن استخدام الجسيمات النانوية من أوكسيد الزنك والسيليكون أدى إلى تعزيز تكوين البروتينات والسكريات الذائبة وتحسين محتوى الماء داخل الخلايا، مما انعكس إيجابيات على زيادة الوزن الطري للنبات [9]، كذلك تساهم المواد النانوية في تقليل الأضرار الناتجة عن الإجهاد الحيوي من خلال

رفع مستويات مضادات الأكسدة، ما يؤدي إلى نمو متوازن وزيادة الوزن الكلي للنبات [26]. بالاضافة الى ذلك اشارت دراسات ان الاكاسيد مثل الزنك والمنغنيز وخصوصا النانوية منها تسبب تميع في سايتوبلازم الخلية الفطرية ويجعله اقل كثافة مما يؤدي الى انفصال كبير في جدران الخلية الفطرية بسبب الفجوات التي يسببها الاوكسيد مما يؤثر على الفعاليات الحيوية فضلاً عن ذلك التاثير في المخزون من البروتينات والسكريات والنسب الكلية من الدهون التي لها دور في تنفس الفطر وحيويته [3].

Table 2: The effect of oxides solution and their v addition dates on the fresh weight of the vegetative group in peanut.

Seq.	treatment	Soaking seeds	Soak + add 15 days	Soaking + adding after 15 and 30 days	Average effect of treatments
1	ZnO	119.3	115.8	184.6	139.90
2	ZnO-NP	120.2	125.6	171.1	138.97
3	MnO	84.3	129.3	163.7	125.77
4	MnO-NP	113.1	112.2	126.4	117.23
5	SiO	104.2	111	123.1	112.77
6	SiO-NP	144.2	123.8	146	138.00
7	.Co	209	214	217	**213.33**
8	Co.+ F.solani	53	56	58	**55.67**
Average addition dates		118.4125	123.4625	148.7375	
L.S.D 0.05		Treatment	Dates	Interference	
		19.29	11.81	33.41	

The effect of oxides solution and their addition dates on the fresh weight of the root system in peanuts

Seq.	treatment	Soaking seeds	Soak + add 15 days	Soaking + adding after 15 and 30 days	Average effect of treatments
1	ZnO	24.4	27.73	23.3	25.14
2	ZnO-NP	23.97	31.3	33.97	29.75
3	MnO	24	27.3	32.17	27.82
4	MnO-NP	37.07	24.4	25	28.82
5	SiO2	25.3	18.2	24.63	22.71
6	SiO-NP	38.4	19.73	25.1	27.74
7	.Co	30.3	32.5	33.7	32.17
8	Co.+ F.solani	10.2	11.3	11.7	11.07
Average addition dates		26.705	24.0575	26.19625	
L.S.D 0.05		Treatment	Dates	Interference	
		5.311	3.252	9.198	

Each number in the table represents the average of 3 replicates. Each replicate has 3 planting bags and each bag has 3 plants.

الوزن الجاف للنبات (غم)

سجلت معدلات الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري في نبات الفستق السوداني لمعاملات الاكاسيد ارتفاعاً معنوياً بالمقارنة مع معاملة الممرض فقط (جدول 3). كانت معاملة SiO-NP الاعلى وزناً (42.88 غم) بعد معاملة السيطرة بدون ممرض (60.85 غم) بفارق معنوي عن معاملات الاكاسيد جميعها ومعاملة الفطر الممرض التي بلغ معدل الوزن الجاف لها 10.58 غم، كذلك سجلت معاملات الاكاسيد كافة فارقاً معنوياً في قيمها عن معاملة الفطر الممرض. تشير النتائج الى عدم وجود فوارق معنوية بين معاملات ZnO (37.74 غم) و ZnO-NP (37.44 م) و MnO (35.11 غم). يلاحظ من النتائج ان معاملات الاكاسيد بالصيغة الطبيعية كانت اكثر كفاءة مما هو عليه الحال في صيغتها النانوية باستثناء معاملة SiO-NP وهي نتيجة لم تتفق مع العديد من الدراسات التي اشارت الى ان الاكاسيد في صيغتها النانوية اكثر فاعلية من الحالة الطبيعية

[19, 1]. تشير النتائج ايضاً ان موعد الاضافة الثالث كان الافضل، إذ حقق معدلاً (38.94 م) وبفارق معنوي عن معاملة الاضافة الاولى (35.51 غم) وموعد الاضافة الثاني (34.54 غم). اما نتائج التداخل بين معاملات الاكاسيد وموعد الاضافة فتظهر ان معاملة SiO-NP في معاملة الاضافة الاولى (النقع فقط) هي الافضل من بين قيم التداخل (46.77 غم). توضح هذه النتيجة دور اوكسيد السيليكون في بناء النبات وزيادة الانسجة المقاومة لاختراق المسببات الممرضة التي اشارت اليه العديد من البحوث [21]، كما يؤيد ان فاعلية المواد بصيغتها النانوية افضل من صيغتها العادية في مستوى تحسن الفعاليات الفسلجية للنبات لغرض التغلب على الاجهاد المتسبب من الفطر الممرض، بالاضافة الى التاثير السلبي المباشر في الممرض وتحجيم نموه او تطوره. هذه النتيجة تتفق مع نتائج الدراسات التي اشارت الى كفاءة الاكاسيد في تأثيرها على تحسن الاداء الفسلجي للنباتات المعاملة بالاكاسيد ولمختلف الظروف البيئية الحيوية وغير الحيوية ايضا. لم تختلف معدلات الاوزان الجافة للمجموع الجذري عنه نتائج معدلات المجموع الخضري، اذ احدثت معاملات الاكاسيد كافة فرقاً معنوياً في زيادة معدلات الاوزان الجافة عن معاملة الفطر الممرض. تميزت معاملة ZnO اعلى معدلاً للوزن الجاف للمجموع الجذري (7 غم) بفارق معنوي عن معاملة الفطر الممرض (3.60 غم) تليها معاملة SiO-NP (6.66 غم) التي لم تختلف عنها معنوياً واختلفت مع بقية معاملات الاكاسيد. كما اظهرت معاملات الاكاسيد بالصيغة الطبيعية نتائجاً افضل مما هو الحال في الصيغة النانوية باستثناء SiO-NP، اذ كانت النتائج معكوسة. وعن قيم مواعيد الاضافة كانت معدلات القيم في الاضافة الثالثة اعلى من معدلاتها عند الاضافة الثانية ومعاملة الاضافة الاولى. من جهة اخرى سجلت معاملة ZnO في معاملة نقع البذور افضل فيما للتداخل بين مواعيد الاضافة ومعاملات الاكاسيد (8.22 غم) بعد معاملة السيطرة بدون ممرض في الاضافة الثالثة (11.33 غم).

Table 3: The effect of oxides solution and their addition dates on the dry weight of the vegetative group in peanuts.

Seq.	treatment	Soaking seeds	Soak + add 15 days	Soaking + adding after 15 and 30 days	Average effect of treatments
1	ZnO	37	38.89	37.33	**37.74**
2	ZnO-NP	33.77	34.66	43.88	**37.44**
3	MnO	31.33	30.89	43.11	**35.11**
4	MnO-NP	33	33	35	**33.67**
5	SiO	32.89	30.22	33.99	**32.37**
6	SiO-NP	46.77	37.66	44.22	**42.88**
7	.Co	59.57	60.66	62.33	**60.85**
8	Co.+ F.solani	9.74	10.33	11.66	**10.58**
Average addition dates		35.51	34.54	38.94	
L.S.D 0.05		Treatment	Dates	Interference	
		3.101	1.899	5.372	

The effect of oxides solution and their addition dates on the dry weight of the root system in peanuts

Seq.	treatment	Soaking seeds	Soak + add 15 days	Soaking + adding after 15 and 30 days	Average effect of treatments
1	ZnO	8.22	6.773	5.997	**7.00**
2	ZnO-NP	4.443	5.07	7.773	**5.76**
3	MnO	5.44	5.31	7.33	**6.03**
4	MnO-NP	4.553	5.177	6.16	**5.30**
5	SiO	5.33	3.633	4.33	**4.43**
6	SiO-NP	7.653	5.663	6.653	**6.66**
7	.Co	9.56	10	11.33	**10.30**
8	Co.+ F.solani	3.2	3.5	4.1	**3.60**
Average addition dates		6.049875	5.64075	6.709125	
L.S.D 0.05		Treatment	Dates	Interference	
		0.6671	0.4085	1.1555	

Each number in the table represents the average of 3 replicates. Each replicate has 3 planting bags and each bag has 3 plants.

عدد القرنات للنبات

اظهرت النتائج في جدول 4 ان عدد قرنات فستق الحقل للنباتات كانت معاملة ZnO-NP كانت الاعلى من بقية معاملات الاكاسيد (12.97قرنة) بعد معاملة السيطرة بدون ممرض (17 قرنة) ولم تختلف معنوياً عن معاملة SiO-NP (10.97 قرنة). كانت هناك فروق معنوية بين معاملات الاكاسيد كافة ومعاملة الفطر الممرض التي سجلت ادنى قيمة (3.67 قرنة). تشير النتائج ان معاملات الاكاسيد النانوية حققت نتائج معنوية اعلى من نتائج الاكاسيد بالصيغة الاعتيادية باستثناء معاملة MnO، اذ لم تختلف معنوياً عن معاملة MnO-NP، كما اشارت نتائج الاضافة الى ان الاضافة الثالثة سجلت اعلى قيمة (12.36 قرنة) وبفارق معنوي عن المعاملة الاولى والاضافة الثانية. ايضاً اشارت نتائج التداخل بين المعاملات ومواعيد الاضافة ان معاملة ZnO-NP في الاضافة الثالثة حققت اعلى قيمة (15.63 قرنة) بعد معاملة السيطرة بدون ممرض (20 قرنة). هذه النتائج تتوافق مع نتائج دراسات اشارت الى دور اوكسيد الزنك واوكسيد السيليكا في زيادة انتاج فستق الحقل من خلال تحفيز النبات على الازهار وزيادة الامتصاص للمواد المغذية للنبات من العناصر المختلفة والمهمة للنمو وتكوين القرنات [2, 6]، بالاضافة الى جعل النبات اكثر قدرة لمقاومة الظروف الغير الحيوية كالجفاف او قلة الخصوبة [17].

Table 4: The effect of oxides solution factors and their addition dates on the number of pods in peanut.

Seq.	treatment	Soaking seeds	Soak + add 15 days	Soaking + adding after 15 and 30 days	Average effect of treatments
1	ZnO	11.73	6.3	9.5	**9.18**
2	ZnO-NP	12.97	10.3	15.63	**12.97**
3	MnO	6.3	8.07	13.97	**9.45**
4	MnO-NP	6.07	11.87	10.87	**9.60**
5	SiO	5.27	10.73	10.97	**8.99**
6	SiO-NP	7.4	12.17	12.97	**10.85**
7	.Co	14	17	20	**17.00**
8	Co.+ F.solani	2	4	5	**3.67**
Average addition dates		8.2175	10.055	12.36375	
L.S.D 0.05		Treatment	Dates	Interference	
		2.12	1.298	3.671	

Each number in the table represents the average of 3 replicates. Each replicate has 3 planting bags and each bag has 3 plants.

الصفات الفسيولوجية للنبات

1. محتوى الكلوروفيل الكلي (ملغم/غم وزن طري)

أظهرت النتائج في جدول 5 ارتفاعاً معنوياً في محتوى الكلوروفيل الكلي في النباتات المعاملة بمواد الاستحثاث النانوية، وخاصة معاملة (SiO-NP) (.03 ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري) واوكسيد السيليكون العادي (SiO) (3.02 ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري) مقارنة مع معاملة الفطر الممرض ومعاملات الاكاسيد الاخرى اضافة الى معاملة السيطرة بدون الفطر الممر. ويُعزى هذا التحسن إلى دور الجسيمات النانوية في تحفيز تكوين البلاستيدات الخضراء وزيادة تراكم صبغات الكلوروفيل من خلال تحسين امتصاص المغذيات الدقيقة مثل الحديد والزنك والمنغنيز، الضرورية لتخليق جزيئات الكلوروفيل [17]. ولم تؤثر مواعيد الاضافة معنوياً على معدلات تركيز الكلوروفيل في النباتات، إذ سجلت 2.689، 2.636 و 2.693 ملغم.مل$^{-1}$ للاضافات الاولى والثانية والثالثة على التوالي.

اظهرت معاملة SiO في الاضافة الثالثة افضل قيمة في التداخل بين مواعيد الإضافات والمعاملات، اذ بلغ محتوى الكلوروفيل 3.20 ملغم.مل$^{-1}$. هذه النتائج تقارب نتائج دراسات اخرى بينت فاعلية اكاسيد السيليكون والزنك في رفع محتوى الكلوروفيل في النبات ومساعدة النبات على تحمل الاجهاد البيئي [14, 27].

Table 5: Effect of oxides solution and their addition dates on chlorophyll concentration in peanuts

Seq.	treatment	Soaking seeds	Soak + add 15 days	Soaking + adding after 15 and 30 days	Average effect of treatments
1	ZnO	2.61	2.53	2.49	**2.54**
2	ZnO-NP	2.82	2.79	2.73	**2.78**
3	MnO	2.59	2.53	2.54	**2.55**
4	MnO-NP	2.63	2.69	2.66	**2.66**
5	SiO	2.9	2.95	3.203	**3.02**
6	SiO-NP	3.14	2.857	3.1	**3.03**
7	.Co	2.453	2.453	2.453	**2.45**
8	Co.+ F.solani	2.37	2.29	2.37	**2.34**
Average addition dates		2.689	2.636	2.693	
L.S.D 0.05		Treatment	Dates	Interference	
		0.1621	0.0993	0.2808	

Each number in the table represents the average of 3 replicates. Each replicate has 3 planting bags and each bag has 3 plants.

2.الفينولات الكلية (ملغم/غم وزن طري)

تشير نتائج جدول 6 الى حدوث زيادة معنوية في محتوى الفينولات لمعاملات الاكاسيد جميعها بالصيغ العادية والنانوية عن معاملة الفطر الممرض ومعاملة السيطرة بدون ممرض، تميزت معاملة SiO-NP باعلى تركيز (48.70 ملغم.غم$^{-1}$) بفارق معنوي عن المعاملات جميعها في التجربة تليها معاملة MnO-NP (44.63 ملغم.غم$^{-1}$). تشير النتائج ان ادنى قيمة لتراكيز الفينولات الكلي سجلت في معاملة الفطر الممرض (32.02 ملغم.غم $^{-1}$). تشير الزيادة الواضحة في محتوى الفينولات الكلي في معاملات الاكاسيد الى زيادة في نشاط النظام الدفاعي او المناعي وهذ الزيادة سببتها اضافات الاكاسيد في مختلف صيغها، إذ اشارت الكثير من الدراسات الى ان اكاسيد الزنك والسيليكون والمنغنيز تعد مواد استحثاث للمقاومة في النبات [1 ,11] من جهة اخرى تشير النتائج الى ان كفاءة المواد النانوية للاكاسيد كانت اكثر فاعلية بصيغتها النانوية في استحثاث النبات لانتاج المواد الفينولية وسجلت فارق معنوي بالمقارنة مع الحالة الطبيعية للاكاسيد وهذا يعود الى ان المادة بصيغتها النانوية تمتلك مساحة سطحية اكبر مع صغر في الحجم تجعلها اكثر قابلية في التأثير الحيوي او التفاعل المباشر مع المركبات او تأثيرها في الفطر الممرض، وهي نتائج تقارب نتائج العديد من البحوث اشارت الى كفاءة اكاسيد الزنك والسيليكون في تاثيراتها في نمو الفطريات الممرضة [16, 18] وعن مواعيد الاضافة تشير قيم الجدول ان افضل النتائج لمواعيد الاضافة كانت الاضافة الثانية، اذ بلغ معدل قيم الفينولات 40.425 ملغم. مل$^{-1}$ في حين كانت معاملة SiO-NP (الاضافة الاولى) هي الاعلى في قيم التداخل بين المعاملات ومواعيد الاضافة ، اذ سجلت 51.2 ملغم.مل$^{-1}$.

Table 6: The effect of oxides solution and their addition dates on the concentration of phenols in peanuts.

Seq.	treatment	Soaking seeds	Soak + add 15 days	Soaking + adding after 15 and 30 days	Average effect of treatments
1	ZnO	38.5	37	39.4	38.30
2	ZnO-NP	42.6	40.7	45.1	42.80
3	MnO	36.9	37	40.5	38.13
4	MnO-NP	41	49.5	43.4	44.63
5	SiO	45.2	44.7	42.3	44.07
6	SiO-NP	51.2	48.2	46.7	48.70
7	Co.	33.833	33.833	33.833	33.83
8	Co.+ F.solani	31.8	32.467	31.8	32.02
Average addition dates		40.129	40.425	40.379	
	L.S.D 0.05	Treatment	Dates	Interference	
		0.2532	0.1551	0.4386	

Each number in the table represents the average of 3 replicates. Each replicate has 3 planting bags and each bag has 3 plants.

3.نشاط إنزيم البيروكسيديز (وحدة/غم وزن طري)

أوضحت نتائج جدول 7 زيادة نشاط إنزيم البيروكسيديز (POD) في النباتات المعاملة بالاكاسيد مقارنةً بمعاملة السيطرة الموجبة (معاملة الفطر الممرض)، إذ سجلت معاملة SiO- NP أعلى القيم (33.77 ملغم.غم$^{-1}$) تلتها معاملة SiO-NP (30.80 ملغم.غم$^{-1}$)، يُعد هذا الإنزيم أحد أهم مكونات نظام الدفاع التأكسدي في النبات، إذ يعمل على إزالة الجذور الحرة الناتجة عن الإجهاد الحيوي ويُشارك في بلمرة اللجنين لتقوية جدران الخلايا ضد تغلغل الفطر[16]. كما أن زيادة نشاط البيروكسيديز إلى استحثاث المقاومة الجهازية المحفّزة (ISR) في النبات بواسطة الاكاسيد النانوية التي تعمل كعوامل محفزة لإنتاج الإنزيمات الدفاعية [9]. تشير نتائج مواعيد الاضافة ان معدلات قيم الانزيم كانت اعلى معنويا في الاضافة الثالثة عن بقية مواعيد الاضافة. ايضا اظهرت قيم التداخل بين المعاملات وبين مواعيد الاضافة ان معاملة SiO-NP في الاضافة الثالثة هي الاعلى بين القيم (35.2 ملم.غم$^{-1}$). تقارب هذه النتائج لدراسات اشارت الى فاعلية اوكسيد الزنك واوكسيد السيليكون في تحفيز مقاومة النبات ضد المسببات المرضية وزيادة نشاط الانزيمات وكمية الفينولات [18] في تجربة على الفول السوداني والطماطة أن المعاملة بـ ZnO-NP أدت إلى زيادة نشاط POD بنسبة من 30–50% مقارنة بالنباتات المصابة فقط، مما ارتبط بانخفاض شدة الإصابة وتعافي الأنسجة الجذرية[13 ,25]

عموماً تظهر نتائج استعمال الاكاسيد تحسناً كبيراً في الصفات المظهرية والفسيولوجية لنبات الفستق السوداني المصاب بالفيوزاريوم ،كما ان تاثير هذه الاكاسيد بحالتها النانوية كان اكثر كفاءة من حالتها الطبيعية. كانت هناك علاقة طردية بين التراكيز المستعملة من الاكاسيد وبين النتائج الايجابية المحصلة في الصفات المدروسة. ايضا ساهمت مواعيد وتكرار الاضافة للاكاسيد في زيادة الانزيمات المرتبطة باستحثاث المقاومة للنبات واظهرت الاضافة الثالثة (نقع البذور والاضافة بعد 15 و30 يوماً) افضل النتائج. يلاحظ من نتائج الجداول ان هناك فروق معنوية في الصفات المدروسة كافة في معاملات الاكاسيد عنه في معاملة السيطرة بدون ممرض اذ كانت قيم المعاملة بدون ممرض اعلى من بقية معاملات الاكاسيد وهي حالة طبيعية لان النبات في معاملات الاكاسيد يتعرض الى اجهاد من الفطر الممرض مما يؤدي الى ضعف او قصور في الفعاليات الحيوية التي تخصصت في مقاومة الفطر الممرض.

Table7: Effect of oxides solution and their addition dates on the concentration of peroxidase in peanuts

Seq.	treatment	Soaking seeds	Soak + add 15 days	Soaking + adding after 15 and 30 days	Average effect of treatments
1	ZnO	26.7	26.3	27.1	26.70
2	ZnO-NP	30.4	28.6	33.4	30.80
3	MnO	26.8	22.7	26.7	25.40
4	MnO-NP	29	25.2	31.8	28.67
5	SiO	30.6	29.5	29	29.70
6	SiO-NP	34.3	31.8	35.2	33.77
7	.Co	26.267	26.267	26.267	26.27
8	Co.+ F.solani	22.1	20.6	22.1	21.60
Average addition dates		28.271	26.371	28.946	
L.S.D 0.05		المعاملات	المواعيد	التداخل	
		0.315	0.1929	0.5455	

Each number in the table represents the average of 3 replicates. Each replicate has 3 planting bags and each bag has 3 plants.

REFERENCES

1- Aiman, A. and A. Zaaki (2021). Effect of zinc oxide nanoparticles on physiological traits and disease resistance in peanut plants. Journal of Plant Pathology and Protection, 154(3): 425–434.

2- Ali, M. A.; M. Hussain and M. Aslam (2020). Role of silicon and zinc nanoparticles in improving growth and yield of groundnut under stress conditions. Plant Growth Regulation, 92(2):257–269.

3- Arciniegas-Grijalba, P. A.; M. C. Patiño-Portela; L. P., Mosquera-Sánchez; J. A. Guerrero-Vargas and J. E. Rodríguez-Páez (2017). ZnO nanoparticles (ZnO-NPs) and their antifungal activity against coffee fungus Erythricium salmonicolor. Applied Nanoscience, 7(3):225-241. https://www.researchgate.net/publication/315880314

4- Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24, 1–15.

5- Dalia, K. and S. Mohammed, (2022). Comparative effects of metal oxide nanoparticles on *Fusarium* wilt suppression in legumes. Environmental Nanotechnology Reviews, 5(1), 77–89.

6- Dumpapenchala, S.; D. Rao and K. Reddy (2025). Influence of zinc and manganese nanoparticles on growth and antioxidative enzymes in groundnut under *Fusarium* stress. Nanotechnology in Agriculture, 14(2):101–114.

7- Endang, N.; D. Kusumawati and B. Supriyono (2022). The influence of ZnO and SiO_2 nanoparticles on flowering and pod formation in peanut. International Journal of Agricultural Science and Research, 10(3):45–53.

8- FAO. (2023). FAOSTAT Statistical Database*:* Crops and Livestock Products 2022–2023. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

9- Ghorbanpour, M.; M. Adnan and M. I. Khan, (2020). Nanoparticles as novel agents for enhancing plant growth and stress tolerance: Mechanisms and applications. Plant Physiology and Biochemistry, 146:85–96.

10- Iqbal, M.; M. Tariq and M. Ameen (2023). Nanomaterials-mediated induced resistance in plants against *Fusarium* species: A comprehensive overview. Frontiers in Microbiology, 14:115–128.

11- Jafarzadeh, A.; M. Rezaei and M. Zarei (2021). Manganese oxide nanoparticles enhance growth and chlorophyll content in legumes. Journal of Nanomaterials, 2021:1–10.

12- Josue, D. and P. Herrera (2018). Role of phenolic compounds in systemic resistance induced by metal oxides. Plant Defense Mechanisms Journal, 7(2):56–65.

13- Kaur, G.; R. Singh and P. Sharma (2021). Preparation and evaluation of millet-based inoculum for *Fusarium* studies. Mycological Research Journal, 12(1): 23–30.

14- Khalid, M.; A. Rehman and M. Tariq (2024). Role of silicon and zinc nanoparticles in enhancing photosynthetic pigments and stress tolerance in *Arachis hypogaea*. Plant Nanobiotechnology Journal, 13(4):225–236.

15- Kirti, M. and R. Rashmi (2022). Nutritional and antioxidant properties of groundnut (*Arachis hypogaea L.*): A review. International Journal of Food Science and Nutrition, 7(4):210–218. Blackwell Publishing, Iowa, USA.

16- Leslie, J. F. and B. A. Summerell (2006). The Fusarium Laboratory Manual.

17- Li, S.; B. Kendrick and K. Gellatly (1998). Temperature effects on growth and sporulation of Fusarium species isolated from agricultural soils. Mycopathologia, 142(1):27–33.

18- Luginbuhl, S. (2010). Fusarium solani. A class project For PP728 soil borne plant pathogens, NC St. Univ.

19- Mahmoud, R. K.; A. Saleh and A. Omer (2023). Impact of silicon nanoparticles on peanut drought tolerance and pod yield. Journal of Agricultural Nanoscience, 8(2):87–98.

20- Maria, T.; M. Iqbal and A. Khalid (2025). Effects of SiO_2 nanoparticles on chlorophyll synthesis and photosynthetic efficiency in legumes. Plant Science Letters, 26(1):33–44.

21- Mohammad, S.; A. Reza and M. Younis (2025). Role of ZnO and SiO_2 nanoparticles in modulation of oxidative stress and defense responses of plants. Frontiers in Sustainable Agriculture, 3:145–158.

22- Natasha, K.; M. Rahman and T. Sadiq (2023). Comparative study of bulk and nano metal oxides on fungal inhibition and plant performance. Environmental Nanoscience Reports, 12(3):199–209.

23- Rizwan, M.; S. Ali and R. Qureshi (2019). Role of metal oxide nanoparticles in enhancing plant growth and tolerance under biotic stress. Environmental and Experimental Botany, 162:122–135.

24- Ruken, G. and A. Ahmet (2025). Silicon nanoparticles improve root defense response and reduce *Fusarium* incidence in legumes. International Journal of Agricultural Nanotechnology, 11(1), 15–29.

25- Sabeha, N. and T. Zainab (2023). Manganese nanoparticles-mediated mitigation of fungal stress in *Arachis hypogaea*. Applied Plant Science Journal, 9(1):55–64.

26- Saremi, H.; M. Kord and R. Rahimi (2021). Soilborne *Fusarium* species affecting peanut and their management. Plant Disease Management Reports, 45(2):205–213.

27- Siddiqui, M. H.; M. H. Al-Whaibi and M. O. Basalah (2019). Role of nanoparticles in enhancing growth, yield and physiological responses of plants. Plant Physiology and Biochemistry, 139:89–100.

28- Singh, R.; K. Yadav and N. Verma (2021). Impact of ZnO nanoparticles on peroxidase activity and disease suppression in groundnut plants. Plant Pathology Communications, 17(3): 89–98.

29- Tripathi, D. K.; S. Singh and D. Chauhan, (2021). Nanoparticles in plant defense activation under biotic stress: Insights into mechanisms. Environmental and Experimental Botany, 190:104–112.

30- Younis, M. E.; O. A. El-Shihaby and H. A. Hashem (2020). Silicon-mediated enhancement of photosynthetic pigments and stress resistance in legumes. Photosynthetica, 58(3):703–711.

Iraqi Journal of Agricultural Research (IJAR)
Ministry of Agriculture
ISSN Print: 2790-5306 – ISSN Online: 2790-5314
http://ijarmoa.gov.iq — OPEN ACCESS
VOL. 30 NO. (1) 2026

DOI: https://doi.org/10.65814/ijar.30.1.43

THE ROLE OF SOME OXIDES IN INDUCING RESISTANCE AGAINST ROOT AND STEM ROT DISEASE CAUSED BY *Fusarium solani* in PEANUT (*Arachis Hypogaea L.*)*

Omar Mukhlef Mejbil[1]
oma23g7001@uoanbar.edu.iq

Salim Hasan Saleh Al-Warshan[1]
ag.salim-warshan@uoanbar.edu.iq

© 2026 Directorate of Agricultural Research, Ministry of Agriculture. This is an open-access article under the CC by Licenses http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

ABSTRACT

The study was conducted in the fields of the Department of Plant Protection / College of Agriculture / University of Anbar, to evaluate three oxides (ZnO, MnO and SiO) in their nano and conventional nature and at three addition dates. (First addition: soaking the seeds in oxides solution, second addition: soaking the seeds and adding oxides after 15 days and third addition: soaking the seeds and adding oxides after 15 and 30 days), in some phenotypic characteristics and inducing plant resistance against the Fusarium fungus, which causes root and stem rot disease in peanuts.

The results of all the oxide treatments with the pathogenic fungus showed a significant increase in the rates of plant height and the fresh and dry weight of the vegetative and root systems, in addition to an increase in the number of pods compared to the treatment with the pathogenic fungus only. The results also showed an improvement in the physiological characteristics of the plant in the oxide treatments, an increase in the chlorophyll content, in addition to the stimulation of plant resistance enzymes represented by an increase in the total phenol content and the peroxidase enzyme. On the other hand, the efficiency of the oxides in the nano-form was higher than in the normal form. The results also indicated that the third addition date recorded the highest level of induction of plant resistance through measurements of total phenolic levels and the peroxidase enzyme.

Keywords: Peanut, Fusarium solani, Root rot, Nano oxides, Induced resistance, Plant diseases.

* A part of MSc. Thesis for the first author.

[1] College of Agriculture, Al-Anbar University, Al-Anbar, Iraq.

- **Received:** October 27, 2025.
- **Accepted:** November 27, 2025.
- **Available online:** June 30, 2026.