

تأثير استخدام المخصب العضوي النانوي Optimus Plus على نمو اشجار نخيل التمر *Phoenix dactylifera L* صنف الزاملي تحت اجهاد الملوحة

فiras مهدي عباس الحمود* علي شاكر مهدي عماد حميد عبد الصمد العرب مريم مجيد عودة

مركز ابحاث النخيل-جامعة البصرة-البصرة-العراق

*الباحث المراسل: firas.abbas@uobasrah.edu.iq

الخلاصة

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم تأثير الرش بالمخصب العضوي النانوي (Optimus Plus) وملوحة مياه الري والتداخل بينهما في بعض الصفات الكيميائية والفسلجية لاشجار نخيل التمر صنف الزاملي (*Phoenix dactylifera L.*). اجريت تجربة عاملية لدراسة محتوى الأوراق من النتروجين، والفسفور، والبوتاسيوم، والبرولين والكلوروفيل الكلي، تحت مستويات ملوحة مختلفة (0 و5 و10 و15 ديسيمنز م⁻¹) مع وبدون الرش بالمخصب العضوي النانوي. أظهرت النتائج تفوق معاملة الرش بالمخصب العضوي النانوي معنوياً في تحسين محتوى الأوراق من العناصر الغذائية مقارنة بعدم الرش، إذ سجلت أعلى القيم لكل من النتروجين (2.012%) والفسفور (2.441 غم كغم⁻¹) والبوتاسيوم (7.931 غم كغم⁻¹) والكلوروفيل الكلي (19.776 ملغم 100غم⁻¹)، مع انخفاض محتوى البرولين (0.514 مايكروغرام غم⁻¹). كما بينت النتائج أن زيادة ملوحة مياه الري أدت إلى انخفاض معنوي في محتوى العناصر الغذائية والكلوروفيل، حيث سجلت أعلى ملوحة (15 ديسيمنز م⁻¹) أقل القيم للنتروجين (0.901%) والفسفور (1.466 غم كغم⁻¹) والبوتاسيوم (5.236 غم كغم⁻¹) والكلوروفيل (10.246 ملغم 100غم⁻¹)، في حين ارتفع محتوى البرولين (0.835 مايكروغرام غم⁻¹). وأوضحت نتائج التداخل أن الرش بالمخصب العضوي النانوي ساهم في التخفيف من التأثيرات السلبية للملوحة، إذ حافظ على مستويات أعلى من العناصر الغذائية والكلوروفيل تحت مستويات الملوحة المختلفة، في حين أعطى التداخل بين عدم الرش والملوحة العالية أقل القيم. ويستنتج أن المخصب العضوي النانوي (Optimus Plus) يعد خياراً واعداً لدعم استدامة زراعة نخيل التمر في البيئات الملحية.

الكلمات المفتاحية: البرولين، لتغذية الورقية، الاجهاد الملحي، العناصر الكبرى، الكلوروفيل.

المقدمة

Introduction

يعد نخيل التمر (*Phoenix dactylifera L.*) من أهم محاصيل الفاكهة في المناطق الجافة وشبه الجافة، لما يتمتع به من قيمة غذائية واقتصادية عالية ودور بيئي مهم في استدامة النظم الزراعية. ويعد العراق من الدول الرئيسية عالمياً في إنتاج التمور (ابراهيم، 2008). شهد هذا القطاع تراجعاً في الإنتاجية خلال السنوات الأخيرة نتيجة تدهور الظروف البيئية، ولاسيما شح الموارد المائية وارتفاع ملوحة التربة ومياه الري، والتي تعد من أهم العوامل المحددة لنمو وإنتاجية نخيل التمر في البيئات الجافة، وتشير التقارير الحديثة إلى أن تفاقم مشكلة الملوحة في الأراضي الزراعية، خصوصاً في جنوب العراق، أدى إلى انخفاض واضح في كفاءة امتصاص العناصر الغذائية واضطراب العمليات الفسلجية الأساسية، مما انعكس سلباً على نمو الأشجار وإنتاجيتها (Alhamd and Ibrahim, 2024). تعد العمليات الزراعية، ولاسيما التسميد، من العوامل الأساسية في تحسين نمو وإنتاجية نخيل التمر، إذ تسهم في تزويد النبات باحتياجاته الغذائية الضرورية ودعم عملياته الحيوية المختلفة (Salman *et al.*, 2014). كما تعد التغذية الورقية من الوسائل الفعالة في تحسين كفاءة امتصاص العناصر الغذائية، لما لها من دور مباشر في تعزيز العمليات الفسلجية داخل النبات وتحسين الاستجابة للإجهادات البيئية (Abdel Latef *et al.*, 2026). في المقابل، تمثل الملوحة أحد أهم العوامل المعيقة للإنتاج الزراعي، إذ تؤدي إلى تراكم أيونات الصوديوم والكلور في التربة والنبات، مما يسبب اضطراباً في التوازن الأيوني، وانخفاض امتصاص العناصر الغذائية، وتراجع محتوى الكلوروفيل، إضافة إلى تحفيز الإجهاد التأكسدي الناتج عن زيادة أنواع الأوكسجين التفاعلية التي تؤدي إلى تلف الخلايا واختلال العمليات الأيضية (Hasanuzzaman *et al.*, 2021). كما تسبب الملوحة تغيرات مظهرية وتشريحية في النبات، وتؤدي إلى تدهور النمو العام والإنتاجية (Kumari *et al.*, 2021). ونظراً لتفاقم مشكلة الملوحة، برزت الحاجة إلى اعتماد تقنيات حديثة للتخفيف من آثارها السلبية، ومن بينها استخدام المخصبات الحيوية التي تسهم في تحسين خصوبة التربة وزيادة كفاءة امتصاص العناصر الغذائية وتقليل الإجهاد الملحي (Di Sario *et al.*, 2025). وفي هذا السياق، ظهرت تقنية النانو كأحد أهم التطورات الحديثة في الزراعة، لما توفره من كفاءة عالية في إيصال العناصر الغذائية للنبات، وزيادة سرعة الامتصاص، وتحسين استجابة النبات للظروف البيئية غير الملائمة (Shoukat, 2025). وقد أثبتت الدراسات الحديثة أن الأسمدة النانوية تعمل على رفع كفاءة استخدام العناصر الغذائية، وتقليل الفاقد البيئي، وتحسين كفاءة البناء الضوئي، مما يجعلها خياراً واعداً لتحقيق الزراعة المستدامة، كما تسهم المخصبات النانوية في تعزيز نمو النبات وزيادة تحمله للإجهادات

غير الحبوية من خلال تحسين العمليات الفسلجية وتنظيم الاتزان الغذائي داخل النبات (Kekeli *et al.*, 2025). يعد صنف الزاملي من الأصناف متوسطة النضج ذات الأصل الإقليمي، وقد ادخل إلى العراق حديثاً، وتتميز ثماره بشكلها البيضوي ولونها الأصفر في مرحلة الخلال، إلا أنها لا تستهلك طازجة بسبب احتوائها على المواد العفصية (المياح والاسدي، 2021). ونظراً لمحدودية الدراسات التي تناولت تأثير المخصبات النانوية في تحسين أداء اشجار نخيل التمر صنف الزاملي تحت ظروف الإجهاد الملحي، هدفت هذه الدراسة إلى تقييم كفاءة المخصب العضوي النانوي (Optimus Plus) في تحسين المؤشرات الكيميائية والفسلجية لاشجار هذا الصنف، وتحديد دوره في التخفيف من الآثار السلبية لإجهاد الملوحة في مياه الري، بما يسهم في دعم استدامة هذا الصنف وتحسين قدرته على التكيف مع البيئات المتأثرة بالملوحة.

Materials and Methods

المواد وطرائق العمل

أجريت هذه الدراسة في احد البساتين الاهلية في منطقة الهارثة خلال الموسم الزراعي 2023-2024. أختيرت 24 شجرة من نخيل التمر صنف الزاملي ناتجة من زراعة الانسجة بعمر 7-8 سنوات متماثلة قدر الإمكان في النمو الخضري وخالية من الاصابات المرضية.

المعاملات التجريبية

قسمت الاشجار إلى مجموعتين، ضمت المجموعة الاولى 12 شجرة، رويت بثلاثة تراكيز ملحية (5 و 10 و 15 ديسيمنز م⁻¹) وبواقع ثلاث اشجار لكل معاملة، فضلا عن معاملة المقارنة. في حين ضمت المجموعة الثانية 12 شجرة رشّت بالمخصب العضوي النانوي Optimus Plus المنتج من شركة Agri sciences التركية وبتركيز 2.75 مل لتر⁻¹ (التركيز الموصى به من الشركة المنتجة) بعد معاملتها بالتراكيز الملحية. اجريت عملية رش المجموع الخضري في الصباح الباكر بواقع 8 رشات بدءاً من 2023/10/1 ولغاية 2024/2/1 بمعدل رشّة كل 15 يوم. اضيفت مادة Tween 20 بتركيز 0.1% كمادة ناشرة لتقليل الشد السطحي.

الصفات المدروسة

الصفات الكيميائية للأوراق

1- محتوى الأوراق من النتروجين

قدر النتروجين حسب الطريقة الموصوفة في (Page *et al.*(1982) بأستعمال جهاز مايكروكلدال .

2- محتوى الأوراق من الفسفور

قدر الفسفور حسب طريقة (Murphy and Riley, 1962) باستعمال جهاز Spectrophotometer وعند الطول الموجي 700 نانو ميتر.

3- محتوى الأوراق من البوتاسيوم

لتقدير البوتاسيوم تم اخذ 2 مل من المحلول الرائق (محلول الهضم) وخفف بنسبة 1:10 وفقا لما ذكره (Page *et al.*, 1982) باستعمال جهاز اللهب Flame photometer.

4- محتوى الأوراق من الحامض الاميني البرولين

قدر الحامض الاميني البرولين في الأوراق حسب طريقة (Bates *et al.*, 1973) وتمت قراءة الامتصاصية على الطول الموجي 520 نانوميتر باستعمال جهاز المطياف الضوئي Spectrophotometer. حسب تركيز البرولين اعتمادا على منحني قياسي استعمل فيه الحامض الاميني البرولين وعبر عن النتائج بوحدة مايكروغرام.غم⁻¹.

5- محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي

قدر محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي حسب طريقة Holden والموصوفة من قبل (Howertiz, 1975). وقدرت الامتصاصية بواسطة جهاز المطياف الضوئي وعلى طول موجي 645 و 665 نانوميتر ثم قدرت كمية الكلوروفيل حسب المعادلة ادناه:

$$\text{Total chlorophyll (mg L}^{-1}\text{)} = 20.2 \text{ (O.D. 645)} + 8.02 \text{ (O.D. 663)}$$

التحليل الإحصائي

نفذت التجربة وفق تصميم القطع المنشقة (Split-plot design) ضمن تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) وبثلاث مكررات، حيث مثلت ملححة مياه الري القطع الرئيسية، في حين مثل الرش بالمخصب العضوي النانوي القطع الثانوية. تم تحليل البيانات إحصائياً باستخدام البرنامج الإحصائي GenStat، وقورنت المتوسطات باستخدام اختبار أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى احتمالية 0.05.

Results and Discussion

النتائج والمناقشة

محتوى الأوراق من النتروجين

أظهرت النتائج في جدول (1) تفوقا معنويا واضحا للرش بالمخصب العضوي النانوي في رفع محتوى أوراق اشجار نخيل التمر من النتروجين، إذ سجلت معاملة الرش أعلى قيمة بلغت 2.01% مقارنة بـ 1.20% في معاملة عدم الرش، مما يعكس زيادة تتجاوز 67% تقريبا، وهو فارق يدل على كفاءة عالية في تحسين جاهزية وامتصاص النتروجين. ويمكن تفسير هذا التفوق بأن الأسمدة النانوية تمتاز بصغر حجم جسيماتها وارتفاع فعاليتها السطحية، مما يعزز اختراقها عبر الثغور وتحسين النقل الداخلي للعناصر، وبالتالي زيادة تراكم النتروجين في الأنسجة الورقية (Ding *et al.*, 2023).

كما أظهرت النتائج أن الملوحة كان لها تأثير مثبط واضح على محتوى النتروجين، إذ انخفضت القيم تدريجيا مع زيادة الملوحة لتسجل معاملة 15 ديسيسمنز م⁻¹ أدنى قيمة بلغت 0.90% مقارنة بـ 2.47% في معاملة المقارنة، أي بانخفاض حاد يتجاوز 63%، مما يؤكد التأثير السلبي للإجهاد الملحي على امتصاص ونقل واستقلاب النتروجين داخل النبات نتيجة اضطراب التوازن الأيوني وتثبيط العمليات الفسلجية المرتبطة بالنمو. ومع ذلك، فإن إضافة المخصب العضوي النانوي أظهرت قدرة واضحة على التخفيف من هذا الأثر السلبي، إذ حافظت المعاملات المضافة عليها على قيم أعلى من النتروجين حتى تحت الملوحة المتوسطة والعالية، حيث سجل التداخل بين الرش والموحة 5 ديسيسمنز م⁻¹ قيمة مرتفعة بلغت 2.47%، وهي نفس قيمة معاملة المقارنة، ما يشير إلى قدرة هذا المخصب على زيادة كفاءة امتصاص النتروجين تحت الإجهاد. ويعزى ذلك إلى دور المخصبات النانوية في تحسين كفاءة استخدام المغذيات وتنظيم العمليات الأيضية المرتبطة بالنتروجين وزيادة قدرة النبات على تحمل الإجهادات غير الحيوية، بما فيها الملوحة (Sahoo *et al.*, 2024; Taneja *et al.*, 2026). في المقابل، سجل التداخل بين عدم الرش والموحة العالية (15 ديسيسمنز م⁻¹) أدنى قيمة بلغت 0.47%، مما يؤكد أن غياب تأثير المخصب العضوي النانوي يزيد من حدة التأثير السلبي للملوحة على محتوى النبات من النتروجين.

جدول (1) تأثير المخصب العضوي النانوي Optimus Plus والملوحة في محتوى اوراق نخيل التمر صنف الزاملي من

النتروجين(%)

معدل تأثير المخصب العضوي النانوي	مستويات الملوحة (ديسيمنز م ⁻¹)				المخصب العضوي النانوي
	15	10	5	0	
2.01	1.32	1.78	2.47	2.47	رش
1.20	0.47	0.74	1.12	2.48	بدون رش
	0.90	1.26	1.79	2.47	معدل تأثير الملوحة
	للمخصب = 0.08 للملوحة = 0.16 للتداخل = 0.17				قيمة LSD

محتوى الاوراق من الفسفور

أظهرت النتائج في جدول (2) أن الرش بالمخصب العضوي النانوي Optimus Plus أدى إلى زيادة معنوية في محتوى أوراق اشجار نخيل التمر صنف الزاملي من الفسفور، إذ سجلت معاملة الرش أعلى قيمة بلغت 2.44 غم كغم⁻¹ مقارنة بـ 1.45 غم كغم⁻¹ في معاملة عدم الرش، ويعزى ذلك إلى كفاءة الأسمدة النانوية في تحسين امتصاص العناصر الغذائية الدقيقة والكبيرة نتيجة ارتفاع المساحة السطحية للجسيمات النانوية وقدرتها على تحسين انتقال العناصر داخل الأنسجة النباتية، مما ينعكس على زيادة تراكم الفسفور في الأوراق (Bhanuprakash *et al.*, 2025). كما أظهرت نتائج الملوحة انخفاضاً معنوياً في محتوى الفسفور مع زيادة مستوى الإجهاد الملحي، إذ سجلت معاملة المقارنة و5 ديسيمنز م⁻¹ أعلى القيم (2.24 و2.23 غم كغم⁻¹)، في حين انخفضت عند 15 ديسيمنز م⁻¹ إلى 1.46 غم كغم⁻¹، ويعزى ذلك إلى انخفاض جاهزية الفسفور في التربة وتثبيط امتصاصه نتيجة التنافس الأيوني مع Na⁺ و Cl⁻ وتقليل نشاط الجذور تحت الإجهاد الملحي (Isayenkov and Maathius, 2019). أما التداخل بين العاملين فقد أظهر أن الرش بالمخصب النانوي ساهم في تقليل التأثير السلبي للملوحة، إذ سجل التداخل بين الرش ومعاملة المقارنة ومعاملة 5 ديسيمنز م⁻¹ أعلى قيم بلغت 2.75 و2.74 غم كغم⁻¹ على التوالي، في حين سجل التداخل بين عدم الرش والملوحة العالية 15 ديسيمنز م⁻¹ أدنى قيمة بلغت 1.04 غم كغم⁻¹، مما يشير إلى دور المخصبات النانوية في تحسين كفاءة استخدام الفسفور وزيادة قدرة النبات على تحمل الإجهاد الملحي عبر تحسين الامتصاص وتنظيم النقل الأيوني داخل النبات (Di Sario *et al.*, 2025).

جدول (2) تأثير المخصب العضوي النانوي Optimus Plus والملوحة في محتوى اوراق نخيل التمر صنف الزاملي من

الفسفور(%)

معدل تأثير المخصب العضوي النانوي	مستويات الملوحة (ديسيمنز م ⁻¹)				المخصب العضوي النانوي
	15	10	5	0	
2.44	1.88	2.39	2.74	2.75	رش
1.45	1.04	1.31	1.72	1.74	بدون رش
	1.46	1.85	2.23	2.24	معدل تأثير الملوحة
	للمخصب = 0.12 للملوحة = 0.24 للتداخل = 0.25				قيمة LSD

محتوى الاوراق من البوتاسيوم

أظهرت النتائج في جدول (3) أن الرش بالمخصب العضوي النانوي Optimus Plus أدى إلى زيادة معنوية في محتوى أوراق اشجار نخيل التمر من البوتاسيوم، إذ سجلت معاملة الرش أعلى قيمة بلغت 7.93 غم كغم⁻¹ مقارنة بـ 5.45 غم كغم⁻¹ في معاملة عدم الرش، ويعزى ذلك إلى كفاءة الأسمدة النانوية في تحسين امتصاص العناصر الغذائية وزيادة نقلها داخل النبات نتيجة صغر حجم الجسيمات وارتفاع فعاليتها السطحية، مما يعزز امتصاص الأيونات الأساسية مثل K⁺ ويزيد تراكمها في الأوراق (Bastakoti *et al.*, 2026). كما أظهرت نتائج الملوحة تأثيراً سلبياً واضحاً، إذ سجلت معاملتنا المقارنة و5 ديسيمنز م⁻¹ أعلى قيم للبوتاسيوم (7.46 و7.45 غم كغم⁻¹)، في حين انخفضت عند مستوى 15 ديسيمنز م⁻¹ إلى 5.23 غم كغم⁻¹، ويُعزى هذا الانخفاض إلى التنافس الأيوني بين Na⁺ و K⁺ داخل النبات، مما يؤدي إلى اضطراب في امتصاص البوتاسيوم ونقله عبر الأغشية الخلوية تحت ظروف الإجهاد الملحي (Wang *et al.*, 2022). أما التداخل بين العاملين فقد بين أن الرش بالمخصب النانوي ساهم في التخفيف من تأثير الملوحة، إذ سجلت معاملات الرش عند 0 و5 ديسيمنز م⁻¹ أعلى قيم بلغت 8.80 و8.79 غم كغم⁻¹ على التوالي، في حين سجل التداخل بين عدم الرش والملوحة العالية 15 ديسيمنز م⁻¹ أدنى قيمة بلغت 4.10 غم كغم⁻¹، مما يدل على دور الأسمدة النانوية في تعزيز كفاءة استخدام البوتاسيوم والحفاظ على توازنه الأيوني داخل النبات تحت الإجهاد الملحي (Goyal *et al.*, 2025).

جدول (3) تأثير المخصب العضوي النانوي Optimus Plus والملوحة في محتوى أوراق نخيل التمر صنف الزاملي من

البوتاسيوم (%)

معدل تأثير المخصب العضوي النانوي	مستويات الملوحة (ديسيمنز م ⁻¹)				المخصب العضوي النانوي
	15	10	5	0	
7.93	6.36	7.77	8.79	8.80	رش
5.45	4.10	5.46	6.12	6.13	بدون رش
	5.23	6.61	7.45	7.46	معدل تأثير الملوحة
	للمخصب=0.28 للملوحة=0.56 للتداخل =0.59				قيمة LSD

محتوى الاوراق من البرولين

أظهرت النتائج في جدول (4) أن محتوى أوراق اشجار نخيل التمر صنف الزاملي من البرولين تأثر معنوياً بكل من المخصب العضوي النانوي وملوحة مياه الري والتداخل بينهما، إذ سجلت معاملة عدم الرش بالمخصب العضوي النانوي أعلى قيمة بلغت 0.72 مايكروغرام غم⁻¹ مقارنة بمعاملة الرش التي أعطت أقل قيمة بلغت 0.51 مايكروغرام غم⁻¹، مما يشير إلى أن إضافة المخصب أسهمت في تقليل تراكم البرولين في الأوراق. ويعد هذا الانخفاض مؤشراً على تحسن الحالة الفسلجية للنبات وتقليل شدة الإجهاد، إذ يعد البرولين أحد أهم المركبات الأسموزية التي تتراكم عادة تحت ظروف الإجهادات غير الحيوية مثل الملوحة (Kaur *et al.*, 2024). كما أظهرت نتائج الملوحة ارتفاعاً معنوياً في محتوى البرولين مع زيادة مستوى الإجهاد الملحي، إذ سجلت معاملة 15 ديسيمنز م⁻¹ أعلى قيمة بلغت 0.83 مايكروغرام غم⁻¹، في حين انخفضت القيم عند 0 و 5 ديسيمنز م⁻¹ إلى 0.39 و 0.57 مايكروغرام غم⁻¹ على التوالي، مما يعكس الدور التحفيزي للملوحة في تراكم البرولين كاستجابة دفاعية نباتية للمحافظة على الاتزان الأسموزي وحماية الخلايا من الإجهاد التأكسدي. أما التداخل بين العاملين فقد أظهر أن أعلى تراكم للبرولين كان في معاملة عدم الرش مع الملوحة العالية (15 ديسيمنز م⁻¹) حيث بلغ 0.99 مايكروغرام غم⁻¹، في حين سجلت أقل القيم في معاملات الرش مع الملوحة المنخفضة والمتوسطة (0 و 5 ديسيمنز م⁻¹)، مما يؤكد أن المخصب العضوي النانوي ساهم في تقليل تراكم البرولين عبر تحسين الحالة التغذوية والفسلجية للنبات والتخفيف من شدة الإجهاد الملحي. وتتفق هذه النتائج مع ما أشارت إليه عدد من الدراسات من أن تراكم البرولين يزداد تحت الإجهاد الملحي كآلية

دفاعية، في حين تؤدي المعاملات المحسنة غذائياً وخاصة الأسمدة النانوية إلى تقليل الحاجة لتراكمه نتيجة تحسين كفاءة امتصاص العناصر وتقليل الإجهاد الأيضي (Hasanuzzaman *et al.*, 2021; Kumari *et al.*, 2021).

جدول (4) تأثير المخصب العضوي النانوي Optimus Plus والملوحة في محتوى أوراق نخيل التمر صنف الزاملي من

البرولين (مايكروغرام غم⁻¹)

معدل تأثير المخصب العضوي النانوي	مستويات الملوحة (ديسيمنز م ⁻¹)				المخصب العضوي النانوي
	15	10	5	0	
0.51	0.68	0.54	0.44	0.39	رش
0.72	0.99	0.80	0.71	0.40	بدون رش
	0.83	0.67	0.57	0.39	معدل تأثير الملوحة
	للمخصب=0.07 للملوحة=0.15 للتداخل=0.16				قيمة LSD

محتوى الاوراق من الكلوروفيل الكلي

أظهرت النتائج في جدول (5) أن الرش بالمخصب العضوي النانوي Optimus Plus أدى إلى زيادة معنوية في محتوى أوراق اشجار نخيل التمر صنف الزاملي من الكلوروفيل الكلي، إذ سجلت معاملة الرش أعلى قيمة بلغت 19.77 ملغم 100غم⁻¹ مقارنة بـ 13.40 ملغم 100غم⁻¹ في معاملة عدم الرش، مما يشير إلى الدور الإيجابي للمخصب في تعزيز كفاءة البناء الضوئي وتحسين الحالة التغذوية للنبات. ويمكن تفسير ذلك بأن المخصبات النانوية تسهم في زيادة جاهزية العناصر الغذائية الضرورية لتكوين جزيئات الكلوروفيل، ولاسيما النتروجين والمغنيسيوم، فضلاً عن دورها في تحسين كفاءة التمثيل الضوئي وتقليل الأضرار التأكسدية التي تؤثر في استقرار الأصباغ الضوئية (Kekeli *et al.*, 2025).

كما بينت النتائج أن زيادة ملوحة مياه الري أدت إلى انخفاض معنوي في محتوى الكلوروفيل الكلي، إذ سجلت معاملتا المقارنة 5 و ديسيمنز م⁻¹ أعلى القيم بواقع 24.44 و 17.77 ملغم 100غم⁻¹ على التوالي، في حين انخفضت القيمة إلى 10.246 ملغم 100غم⁻¹ عند مستوى الملوحة 15 ديسيمنز م⁻¹. ويعزى هذا الانخفاض إلى التأثيرات السلبية للإجهاد الملحي في إضعاف تكوين الكلوروفيل وزيادة تحلله نتيجة تراكم أنواع الأوكسجين التفاعلية (ROS) واختلال امتصاص العناصر الغذائية المرتبطة بعملية البناء الضوئي، مما ينعكس سلباً على كفاءة التمثيل الضوئي ونمو النبات (Hasanuzzaman *et al.*,

(2021). أما التداخل بين المخصب العضوي النانوي والملوحة فقد أظهر قدرة واضحة للمخصب على التخفيف من التأثير السلبي للإجهاد الملحي، إذ سجل التداخل بين الرش ومعاملي المقارنة و5 ديسيسمنز م⁻¹ أعلى قيم للكلوروفيل بلغت 24.75 و24.45 ملغم 100غم⁻¹ على التوالي، في حين سجل التداخل بين عدم الرش والملوحة العالية (15 ديسيسمنز م⁻¹) أدنى قيمة بلغت 8.36 ملغم 100غم⁻¹. وتشير هذه النتائج إلى أن المخصب العضوي النانوي ساهم في المحافظة على سلامة الجهاز الضوئي وتحسين كفاءة التمثيل الضوئي تحت ظروف الملوحة، من خلال تعزيز امتصاص العناصر الغذائية وتنشيط الأنظمة المضادة للأكسدة وتقليل الأضرار الناتجة عن الإجهاد الملحي، وهو ما أكدته الدراسات الحديثة التي بينت أن التقنيات النانوية تحسن محتوى الكلوروفيل وتزيد من قدرة النباتات على تحمل الإجهادات غير الحيوية، بما فيها الملوحة (Junedi *et al.*, 2023).

جدول (5) تأثير المخصب العضوي النانوي Optimus Plus والملوحة في محتوى أوراق نخيل التمر صنف الزاملي من

الكلوروفيل الكلي (ملغم 100غم⁻¹)

معدل تأثير المخصب العضوي النانوي	مستويات الملوحة (ديسيسمنز م ⁻¹)				المخصب العضوي النانوي
	15	10	5	0	
19.77	12.12	17.78	24.45	24.75	رش
13.40	8.36	9.99	11.10	24.14	بدون رش
	10.24	13.89	17.77	24.44	معدل تأثير الملوحة
	للمخصب=0.46 للملوحة=0.92 للتداخل=0.97				قيمة LSD

Conclusions

الاستنتاجات

أكدت نتائج الدراسة الحالية أن الرش بالمخصب العضوي النانوي Optimus Plus أسهم بفاعلية في تحسين الحالة الغذائية والفسلجية لأشجار نخيل التمر صنف الزاملي، من خلال زيادة محتوى الأوراق من العناصر الغذائية الأساسية (النتروجين و الفسفور والبوتاسيوم) والكلوروفيل الكلي، وتقليل تراكم البرولين مقارنة بمعاملة عدم الرش، مما يعكس تحسناً في كفاءة الامتصاص والنشاط الحيوي للنبات. كما أظهرت النتائج أن زيادة ملوحة مياه الري أدت إلى انخفاض واضح في محتوى العناصر الغذائية والكلوروفيل، مع زيادة تراكم البرولين، مما يؤكد التأثير السلبي للإجهاد الملحي على النمو والحالة الفسيولوجية

للنبات. في المقابل، ساهم المخصب العضوي النانوي في التخفيف من آثار الملوحة، إذ حافظت الأشجار المعاملة به على مستويات أعلى من العناصر الغذائية والكلوروفيل حتى تحت الإجهاد الملحي. وبشكل عام، يتضح أن استخدام المخصبات العضوية النانوية يمثل استراتيجية فعالة لتحسين كفاءة استخدام العناصر الغذائية وتعزيز تحمل أشجار نخيل التمر للملوحة.

References

المصادر

- ابراهيم، عبد الباسط عودة (2008). نخلة التمر شجرة الحياة. المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والاراضي القاحلة (اكساد)، 380 ص.
- المياح، عبد الرضا اكبر علوان والاسدي وداد مريان ظاهر (2021). اطلس اصناف النخيل والتمور . مديرية دار الكتب للطباعة والنشر .جامعة البصرة . العراق : 429ص.
- Abdel Latef, A. A. H., Hameed, M., Khan, Z., Khan, S., Imran, A., & Fatima, N. (2026).** Foliar stimulants: A sustainable strategy for enhancing plant resilience to abiotic and biotic stresses. *Physiologia Plantarum*, 178(1), e70741. <https://doi.org/10.1111/ppl.70741>
- Alhamd, A., & Ibrahim, M. (2024).** Unveiling soil and groundwater salinity dynamics and its impact on date palm yield in Southern Basrah, Iraq. *DYSONA - Applied Science*, 5(2), 25. <https://doi.org/10.30493/das.2024.427608>
- Bastakoti, B., Eneh, N., & Singh, H. P. (2026).** Nanofertilizers: A new Era in sustainable agriculture. *Journal of Agriculture and Food Research*, 27(102793), 102793. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2026.102793>
- Bates, L.S. (1973).** Rapid Determination of Free Proline for Water Stress Studies. *Plant Soil*, 39, 205-207. <https://doi.org/10.1007/BF00018060>
- Bhanuprakash, H. R., Kumar, C., Hanumanthappa, M., Rajath, H. P., & Vishwanth, V. E. (2025).** Foliar application of nano-fertilizers enhances growth, nutrient uptake and agronomic efficiency in maize (*Zea mays* L.). *Plant Science Today*. <https://doi.org/10.14719/pst.9289>
- Di Sario, L., Boeri, P., Matus, J. T., & Pizzio, G. A. (2025).** Plant biostimulants to enhance abiotic stress resilience in crops. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(3), 1129. <https://doi.org/10.3390/ijms26031129>

- Ding, Y., Zhao, W., Zhu, G., Wang, Q., Zhang, P., & Rui, Y. (2023).** Recent Trends in Foliar Nanofertilizers: A Review. *Nanomaterials*, 13(21), 2906. <https://doi.org/10.3390/nano13212906>
- Goyal, A., Chavan, S. S., Mohite, R. A., Shaikh, I. A., Chendake, Y., & Mohite, D. D. (2025).** Emerging trends and perspectives on nano-fertilizers for sustainable agriculture. *Discover Nano*, 20(1), 97. <https://doi.org/10.1186/s11671-025-04286-8>
- Hasanuzzaman, M., Raihan, M. R. H., Masud, A. A. C., Rahman, K., Nowroz, F., Rahman, M., Nahar, K., & Fujita, M. (2021).** Regulation of reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under salinity. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(17), 9326. <https://doi.org/10.3390/ijms22179326>
- Howertiz, W. (1975).** Official methods of analysis. Association of analytical chemists, Washington, D.C.U.S.A
- Isayenkov, S. V., & Maathuis, F. J. M. (2019).** Plant salinity stress: Many unanswered questions remain. *Frontiers in Plant Science*, 10, 80. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00080>
- Junedi, M. A., Mukhopadhyay, R., & Manjari, K. S. (2023).** Alleviating salinity stress in crop plants using new engineered nanoparticles (ENPs). *Plant Stress*, 9(100184), 100184. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100184>
- Kaur, G., Sanwal, S. K., Kumar, A., Pundir, R. K., Yadav, M., & Sehrawat, N. (2024).** Role of osmolytes dynamics in plant metabolism to cope with salinity induced osmotic stress. *Discover Agriculture*, 2(1). <https://doi.org/10.1007/s44279-024-00070-x>
- Kekeli, M. A., Wang, Q., & Rui, Y. (2025).** The role of nano-fertilizers in sustainable agriculture: Boosting crop yields and enhancing quality. *Plants*, 14(4), 554. <https://doi.org/10.3390/plants14040554>
- Kumari, P., Gupta, A., Chandra, H., Singh, P., & Yadav, S. (2021).** Effects of salt stress on the morphology, anatomy, and gene expression of crop plants. In *Physiology of Salt Stress in Plants* (pp. 87–105). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119700517.ch6>
- Murphy, J. and Riley, J.P. (1962).** A Modified Single Solution Method for the Determination of Phosphate in Natural Waters. *Analytica Chimica Acta*, 27, 31-36. [http://dx.doi.org/10.1016/S0003-2670\(00\)88444-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0003-2670(00)88444-5)

-
- Page, A.L., Miller, R.H. & Keeney, D.R. (1982).** Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy. In Soil Science Society of America, Vol. 1159.
- Sahoo, B.R., Dash, A.K., Mohapatra, K.K., Mohanty, S., Sahu, S.G., Sahoo, B.R., Prusty, M. and Priyadarshini, E. (2024).** Strategic management of nano-fertilizers for sustainable rice yield, grain quality, and soil health. *Front. Environ. Sci.* 12:1420505. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1420505>
- Salman, A.H., Shams Allah, J.A., Rashid, I.M. & Abbas, N.A. (2014).** The effect of irrigation system and chemical fertilization on growth of as certain palm tree. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences.* 2014;45(1):53-64.
- Shoukat, A. (2025).** Nanofertilizers and stress management: emerging opportunities for climate-resilient farming. *Agrobiological Records* 22: 73-88. <https://doi.org/10.47278/journal.abr/2025.050>
- Taneja, D., Ahmed, F., Naeem, M., Tuteja, N., Gill, R., & Gill, S. S. (2026).** Nanofabricated fertilizers for precision nutrient delivery and abiotic stress management in crop plants. *Plant Nano Biology*, 16(100304), 100304. <https://doi.org/10.1016/j.plana.2026.100304>
- Wang, Y., Zeng, F.-R., Wang, Y., Xu, S., & Chen, Z.-H. (2022).** Potassium transporters and their evolution in plants under salt stress. In *Cation Transporters in Plants* (pp. 63–83). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85790-1.00022-1>

Effect of using the organic nano-fertilizer Optimus Plus on the growth of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cv. Al-Zamli, under salt stress

Firas M. A. Al-Hamoud* Ali S. Mahdi Emad H. A. Alarab Maryam M. Odeh

Date palm Research Center, University of Basrah, Basrah, Iraq.

*Corresponding author: firas.abbas@uobasrah.edu.iq

Abstract

This study aimed to evaluate the effect of foliar spraying of the organic nano-fertilizer (Optimus Plus), irrigation water salinity, and their interaction on some chemical and physiological traits of date palm seedlings cv. Al-Zamli (*Phoenix dactylifera* L.). A factorial experiment was conducted to study leaf content of nitrogen, phosphorus, potassium, proline, and total chlorophyll under different salinity levels (0, 5, 10, and 15 dS m⁻¹) with and without foliar application of the organic nano-fertilizer. The results showed that foliar application of the nano-fertilizer significantly improved leaf nutrient contents compared with the non-sprayed treatment, recording the highest values of nitrogen (2.012%), phosphorus (2.441 g kg⁻¹), potassium (7.931 g kg⁻¹), and total chlorophyll (19.776 mg 100 g⁻¹), along with a reduction in proline content (0.514 µg g⁻¹). Results also indicated that increasing irrigation water salinity significantly decreased nutrient and chlorophyll contents, where the highest salinity level (15 dS m⁻¹) recorded the lowest values of nitrogen (0.901%), phosphorus (1.466 g kg⁻¹), potassium (5.236 g kg⁻¹), and chlorophyll (10.246 mg 100 g⁻¹), while proline content increased (0.835 µg g⁻¹). Interaction results showed that nano-fertilizer application mitigated the adverse effects of salinity by maintaining higher levels of nutrients and chlorophyll under different salinity levels, whereas the interaction between no spraying and high salinity produced the lowest values. It is concluded that the organic nano-fertilizer (Optimus Plus) represents a promising option for supporting the sustainability of date palm cultivation in saline environments.

Keywords: Proline, Foliar spray, Salinity stress, Macro nutrients, Chlorophyll.