

تأثير السيلينيوم النانوي على مؤشرات الإجهاد التأكسدي والفعالية الأنزيمية في نخيل التمر *Phoenix**dactylifera* L. صنف البرحي النسيجي تحت إجهاد الملوحةعلي شاكر مهدي¹ خير الله موسى عواد¹ عبد الكريم محمد عبد²¹مركز ابحاث النخيل- جامعة البصرة-العراق²كلية التربية للعلوم الصرفة-جامعة البصرة-العراقali.mahdi@uobasrah.edu.iq

الخلاصة

اجريت هذه الدراسة بهدف معرفة تأثيرات جسيمات السيلينيوم النانوية على الاستجابات المضادة للأكسدة في نخيل التمر صنف البرحي الناتج من زراعة الانسجة تحت اجهاد مستويات ملحية مختلفة. نفذت الدراسة الحقلية في مزرعة فدك في منطقة كتيبان التابعة لقضاء شط العرب خلال موسم النمو 2020-2021. تم استخدام ثلاث مستويات من السيلينيوم النانوي (0 و 80 و 160) جزء بالمليون رشا اوراق اشجار النخيل المعرضة لإجهاد اربعة مستويات من الملوحة (2.5 (مقارنة) و 5 و 10 و 20) ديسيمنز.م¹. اظهرت نتائج الدراسة ان الملوحة سيما بالتركيز 20 ديسيمنز.م¹ ادت الى زيادة معنوية في تراكم مؤشرات الاكسدة في اوراق نخيل التمر والتي شملت MDA (4.47 نانوغرام.غم⁻¹) وبيروكسيد الهيدروجين (3.34 مايكرومول.غم⁻¹) وكذلك زيادة معنوية في فعالية انزيمي الكاتاليز والبيروكسيديز وبلغت 32.94 و 23.11 وحدة.غرام⁻¹ دقيقة⁻¹ على التوالي قياسا بمعاملة المقارنة. في حين ان الملوحة عند هذا المستوى ادى الى خفض قيمة مؤشر ثباتية الاغشية من 75.04% في نباتات المقارنة الى 62.13%. واثبتت نتائج الدراسة ان رش الاوراق بالسيلينيوم النانوي بتركيز 80 جزء بالمليون ادى الى تحسين استجابة نخيل التمر المضادة للأكسدة من خلال خفض تراكم مركبي MDA وبيروكسيد الهيدروجين ورفع قيمة مؤشر ثباتية الاغشية وفعالية انزيمي الكاتاليز والبيروكسيديز مقارنة بمستوياتها في جميع التراكيز الملحية المختبرة في هذه الدراسة، بينما كانت نتائج الرش بالتركيز 160 جزء بالمليون على النقيض من ذلك.

الكلمات المفتاحية: انزيم البيروكسيديز، انزيم الكاتاليز، بيروكسيد الهيدروجين، مؤشر ثبات الاغشية، MDA.

المقدمة

يُعد نخيل التمر *Phoenix dactylifera* L. من اهم المحاصيل الاقتصادية التي تدهور نموها وإنتاجها بشكل كبير في العقود الاخيرة نتيجة ارتفاع مستويات الملوحة سيما في جنوب العراق وقد أشار عديد الباحثين إلى تدهور الصفات الكيموحيوية لنخيل التمر كالكربوهيدرات والبروتينات والصبغات النباتية وزيادة في مؤشرات الإجهاد كالمذابات المتوافقة والانزيمات المضادة للأكسدة نتيجة تعرضه للإجهاد الملحي (Abbas et al., 2015; Al-Khateeb et al., 2020; Shareef et al., 2020).

يؤدي إجهاد الملوحة Salinity stress إلى سلسلة من التغيرات المورفولوجية والفسولوجية والكيموحيوية والجزيئية التي تؤثر سلبا على مختلف العمليات المرتبطة بنمو النبات وإنتاجيته (Etesami and Noori, 2019). وإن خفض القدرة التناضحية للتربة (الإجهاد التناضحي osmotic stress) وتعزيز السمية الأيونية (الإجهاد الأيوني ionic stress) هي بعض الآثار الشائعة لإجهاد الملوحة التي تعاني منها النباتات. كما ينتج عن إجهاد الملوحة أيضا إجهادات ثانوية مثل الإجهاد التأكسدي والاختلالات الغذائية والهرمونية للنباتات و هذه الآثار السلبية تقلل بشكل كبير من نمو وإنتاج النبات (Pariharet al., 2015)، على الرغم من ان اهمية السيلينيوم للنباتات لا تزال موضع نقاش، الا انه يعد عنصراً أساسياً للبشر والحيوانات الأخرى. ومع ذلك، فان هناك عديد الادلة التي اشارت الى انه عنصر مفيد للنباتات، اذ اظهرت الدراسات الحديثة أن المعاملة بالتراكيز المنخفضة من السيلينيوم لها آثار إيجابية على نمو وتطور النبات وإنتاجيته (Gupta and Gupta, 2017) وبالتالي، قد يكون السيلينيوم احد العناصر الضرورية والمهمة التي تلعب ادوارا حيوية في النبات وذلك عن طريق التأثير في عديد العمليات الفسيولوجية والكيموحيوية وقد أثبتت الدراسات، إن السيلينيوم بالتراكيز المنخفضة يعمل كمضاد للأكسدة، ويحفظ التحمل ضد الإجهادات اللاحيوية المختلفة ، بما في ذلك الملوحة والجفاف ودرجة الحرارة العالية ، والتلوث بالمعادن الثقيلة، على العكس من ذلك، فأن التراكيز العالية من السيلينيوم تؤدي الى السمية المرتبطة بالإفراط في إنتاج ROS وما يترتب عليها من آثار سلبية (Chauhan et al., 2019). وقد أشارت العديد من الدراسات إلى دوره في تخفيف آثار الإجهاد الملحي من خلال تعزيز تخليق صبغات البناء الضوئي، وبناء الكربوهيدرات والبروتينات وتراكم المركبات الذائبة المتوافقة ومضادات الأكسدة وبالتالي يمنع الإجهاد التأكسدي كما في دراسة (Faisal & Abdullah, 2021) على نخيل التمر ودراسة Karimi et al., (2020) على العنب و (Al-Tameemi et al., 2018) على نبات الذرة.

. في الوقت الحاضر، ومع تطور تكنولوجيا النانو أصبح استخدام الأسمدة النانوية بدلا من الأسمدة الكيماوية أكثر انتشاراً في العالم وان استخدام العناصر الصغرى بالحجم النانوي يحسن من نمو النباتات ويزيد من مقاومتها للإجهادات ومنها إجهاد الملوحة (Gupta and Gupta, 2017). ويعد السيلينيوم احد اهم العناصر التي تلعب دورا هاما في تحسين التحمل الملحي في النبات (Zahedi *et al.*, 2019) وقد استخدمت عدة أساليب في إضافة هذا العنصر منها الرش الورقي وهو الأنسب لأنه يمكن أن يمنع بشكل كبير الأعراض السامة لتراكم للسيلينيوم ((Chauhan *et al.*, 2019).

نظراً لتفاقم مشكلة الملوحة حول العالم ولا سيما العراق وجنوب العراق خصوصاً وبالنظر للأهمية الاقتصادية الكبيرة لنخيل التمر فلا بد من البحث عن حلول واساليب جديدة لمواجهة هذه المشكلة والتخفيف من آثارها، ونظراً لقلّة الدراسات حول استخدام عنصر السيلينيوم سيما بالشكل النانوي في مقاومة الإجهاد الملحي في نخيل التمر فإن الدراسة هدفت إلى:

1. دراسة تأثير تراكيز ملحية مختلفة (2.5 و 5 و 10 و 20 ديسمنز.م⁻¹) على بعض الصفات الكيموحيوية في أوراق نخيل التمر صنف البرحي.
2. دراسة تأثير الرش بالسيلينيوم النانوي بثلاث تراكيز (0 و 80 و 160 جزء بالمليون) على الصفات الكيموحيوية لأوراق نخيل التمر صنف البرحي.
3. دراسة الدور المحتمل للسيلينيوم النانوي في تخفيف آثار الملوحة على نخيل التمر صنف البرحي.

Materials and Methods

المواد وطرائق العمل

أجريت الدراسة في عام 2021 في احد بساتين محافظة البصرة، العراق . كانت تربة البستان طينية، وكانت خواص التربة $pH=7.49$, $E.C.=2.43 ds.m^{-1}$, $CEC=20.94 cmol/kg$ وكان محتوى التربة من المادة العضوية 6.12 % . تم اختيار 36 نخلة من صنف البرحي بعمر 6 سنوات. تم استخدام NaCl النقي لتحضير محاليل الري التي كانت بأربعة تراكيز (2.5 و 5 و 10 و 20) $ds.m^{-1}$ واعتبر التركيز (2.5 $ds.m^{-1}$) معاملة المقارنة. استخدم عنصر السيلينيوم النانوي بثلاث تراكيز (0 , 80 , 160) ppm إضافة الى التداخلات بين الملوحة والسيلينيوم ليكون 12 معاملة . أضيف السيلينيوم رشاً على الأوراق بمعدل رشة واحدة كل شهر . استمرت التجربة لسنة اشهر قبل إجراء التحليلات المختبرية. طبقت معاملات الدراسة بواقع ثلاث مكررات لكل معاملة استخدم تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (CRBD) لتوزيع معاملات التجربة.

تقدير محتوى (MDA) Malondialdehyde Content : قدر محتوى الأنسجة من مادة MDA وفقا لطريقة Heath and Packer (1968)

تقدير بيروكسيد الهيدروجين: اتبعت الطريقة الموصوفة في (Sergiev *et al.*, 1997) في تقدير محتوى أنسجة الأوراق من بيروكسيد الهيدروجين

مؤشر ثبات الأغشية: حسب مؤشر ثبات الأغشية اعتمادا على طريقة (Lutts *et al.* 1996)

أنزيم الكاتاليز قدرت الفعالية الأنزيمية حسب طريقة (Góth, 1991)

أنزيم البيروكسيداز: قدرت فعالية أنزيم البيروكسيداز حسب الطريقة المذكورة في (Kim and Yoo 1996) .

التحليل الإحصائي Statistical Analysis

صممت التجربة باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (C.R.B.D.) Complete Randomized Blocks Design بعاملين (الملوحة والسيلينيوم) بثلاث مكررات، حللت البيانات باستخدام تحليل النموذج الخطي العام متعدد المتغيرات (GLM) General Linear Model ، واعتمد اختبار اقل فرق معنوي (L.S.D.) Least Significant Difference لاختبار معنوية الفروق بين المتوسطات.

Results and Discussion

النتائج والمناقشة

مركب (MDA) Malondialdehyde

أوضحت النتائج في جدول (1) التأثير المعنوي لعاملي الدراسة والتداخل بينهما في تركيز MDA في أوراق نخيل التمر صنف البرحي. إذ بينت النتائج أن اعلى تركيز من MDA كان عند المعاملة بالتركيز الملحي 20 ديسيمنز.م⁻¹ وقد بلغ 4.74 نانومول.غرام⁻¹، تلاه المعاملة بالتركيز الملحي 10 ديسيمنز.م⁻¹ وبلغ 3.41 نانومول.غرام⁻¹، ثم التركيز 5 ديسيمنز.م⁻¹، فيما بلغ اقل محتوى منه عند التركيز الملحي 2.5 ديسيمنز.م⁻¹ و بلغ 1.29 نانومول.غرام⁻¹. كما تبين نتائج الجدول نفسه الاختلافات المعنوية بين جميع تراكيز السيلينيوم المستخدمة في الدراسة على محتوى الأوراق من MDA. إذ تفوقت معاملة الرش بالسيلينيوم بالتركيز 160 جزء بالمليون بأعلى متوسط من تركيز MDA، إذ بلغ 3.40 نانومول.غرام⁻¹ فيما كان اقل متوسط عند الرش بالتركيز 80 جزء بالمليون وبلغ 2.04 نانومول.غرام⁻¹، في حين بلغ متوسط تركيز MDA في النباتات التي لم ترش بالسيلينيوم القانوي 2.87 نانومول.غرام⁻¹ أما بالنسبة لنتائج التداخل بين عاملي الدراسة فقد سجل اعلى متوسط في

النباتات المعاملة بالتركيز الملحي 20 ديسيمنز.م⁻¹ ورشت بالسيلينيوم بتركيز 160 جزء بالمليون و بلغ 5.85 نانومول.غرام⁻¹، أما اقل قيمة للتداخل فقد كانت بين التركيز الملحي 2.5 ديسيمنز.م⁻¹ والسيلينيوم بتركيز 80 جزء بالمليون وقد بلغت 1.16 نانومول.غرام⁻¹.

بيروكسيد الهيدروجين H₂O₂

تشير نتائج جدول (1) إلى وجود تأثير معنوي لعوامل الدراسة والتداخل بينهما في تركيز أوراق نخيل التمر صنف البرحي من بيروكسيد الهيدروجين. ولوحظ من النتائج وجود فروق معنوية بين جميع متوسطات معاملات الملوحة، إذ بلغ تركيز بيروكسيد الهيدروجين 0.93 و 1.18 و 2.77 و 3.44 مايكرومول.غرام⁻¹ للمعاملات الملحية 2.5 و 5 و 10 و 20 ديسيمنز.م⁻¹ على التوالي. كما تبين نتائج الجدول نفسه أن الرش بالسيلينيوم النانوي قد اثر معنويا في تركيز بيروكسيد الهيدروجين، إذ أدت معاملة الرش بالتركيز 160 جزء بالمليون إلى زيادة معنوية في تركيز بيروكسيد الهيدروجين من 1.92 مايكرومول.غرام⁻¹ في معاملة المقارنة إلى 2.80 مايكرومول.غرام⁻¹، بينما أدى الرش بالتركيز 80 جزء بالمليون إلى خفض تركيز بيروكسيد الهيدروجين معنويا إلى 1.51 مايكرومول.غرام⁻¹. أما بالنسبة لنتائج تأثير التداخل بين عاملي الدراسة فقد وجد أن اعلى تركيز لبيروكسيد الهيدروجين كان تحت تأثير المعاملة بالملوحة بتركيز 20 ديسيمنز.م⁻¹ والرش بالسيلينيوم النانوي 160 جزء بالمليون وبلغ 4.75 مايكرومول.غرام⁻¹ وأن اقل تركيز منه كان في النباتات المعاملة بالملوحة عند مستوى المقارنة ورشت بالسيلينيوم النانوي بتركيز 80 جزء بالمليون وبلغ 0.74 مايكرومول.غرام⁻¹.

مؤشر ثبات الأغشية (Membrane stability index (%))

تشير النتائج الموضحة في الجدول (1) إلى وجود تأثير معنوي للمعاملات الملحية والرش بالسيلينيوم النانوي في مؤشر ثبات الأغشية لأوراق نخيل التمر صنف البرحي، إذ اشارت النتائج أن الملوحة ادت إلى خفض معنوي في قيمة مؤشر ثبات الأغشية إذ انخفض من 75.04% في النباتات المعاملة بمستوى المقارنة إلى 70.12 و 62.13 % لمعاملي املوحة بالتركيز 10 و 20 ديسيمنز.م⁻¹ على التوالي، في حين أشارت النتائج إلى عدم وجود فرق معنوي بين المعاملة بالتركيز الملحي 5 ديسيمنز.م⁻¹ والمعاملة بمستوى المقارنة من الملوحة. كما بينت نتائج الجدول نفسه إلى أن جميع تراكيز السيلينيوم المستخدمة قد اختلفت فيما بينها معنويا في التأثير على مؤشر ثباتيه الأغشية، إذ تشير النتائج إلى أن متوسط مؤشر ثبات الأغشية في أوراق النباتات

غير المعاملة بالسيلينيوم النانوي بلغ 70.38%، أدت معاملات الرش بالسيلينيوم النانوي بتركيز 160 جزء بالمليون إلى خفضه معنوياً إلى 67.61%، في حين أدت معاملة الرش بتركيز 80 جزء بالمليون إلى رفعه معنوياً إلى 72.77%. أما بالنسبة لنتائج التداخل بين عاملي الدراسة فقد سجل أقل معدل لمؤشر ثبات الأغشية في النباتات التي تعرضت للملوحة عند مستوى 20 ديسيمنز.م⁻¹ ورشت بالسيلينيوم بتركيز 160 جزء بالمليون وبلغ 58.79% ويفارق معنوياً عن بقية التداخلات، بينما سجل أعلى معدل في النباتات المعرضة للملوحة عند مستوى المقارنة بدون رش بالسيلينيوم أو الرش بتركيز 80 جزء بالمليون و كذلك معاملة الملوحة بالتركيز 5 ديسيمنز.م⁻¹ بدون سيلينيوم أو الرش بتركيز 80 جزء بالمليون من السيلينيوم وبدون فروقات معنوية بين هذه التداخلات.

جدول (1): تأثير الملوحة و الرش بالسيلينيوم النانوي في محتوى أوراق نخيل التمر صنف البرحي من H₂O₂ و MDA والنسبة المئوية لثبات الأغشية

| معدل الملوحة | ثبات الأغشية الخلوية (%) | | | | H ₂ O ₂ (مايكرومول.غرام ⁻¹) | | | | | MDA (نانومول.غرام ⁻¹) | | | | |
|--------------|--------------------------|-------|-------|----------------------|---|-----------------------|------|------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------|------|------|----------------------|
| | تركيز Se جزء بالمليون | | | تركيز الملوحة (ds/m) | الخطأ المعياري | تركيز Se جزء بالمليون | | | تركيز الملوحة (ds/m) | الخطأ المعياري | تركيز Se جزء بالمليون | | | تركيز الملوحة (ds/m) |
| | 160 | 80 | 0 | | | 160 | 80 | 0 | | | 160 | 80 | 0 | |
| 75.04 | 73.48 | 75.78 | 75.85 | 2.5 | 0.93 | 1.24 | 0.74 | 0.80 | 2.5 | 1.29 | 1.48 | 1.16 | 1.25 | 2.5 |
| 73.73 | 70.41 | 75.42 | 75.37 | 5 | 1.18 | 1.51 | 0.99 | 1.03 | 5 | 1.65 | 2.27 | 1.27 | 1.40 | 5 |
| 70.12 | 67.76 | 72.82 | 69.80 | 10 | 2.77 | 3.71 | 1.97 | 2.63 | 10 | 3.41 | 4.02 | 2.59 | 3.61 | 10 |
| 62.13 | 58.79 | 67.09 | 60.52 | 20 | 3.44 | 4.75 | 2.36 | 3.21 | 20 | 4.74 | 5.85 | 3.15 | 5.22 | 20 |
| | 67.61 | 72.77 | 70.38 | معدل Se | | 2.80 | 1.51 | 1.92 | معدل Se | | 3.40 | 2.04 | 2.87 | معدل Se |
| 1.38 | الملوحة | | | | 0.24 | الملوحة | | | | 0.22 | الملوحة | | | LSD 0.05 |
| 1.62 | Se | | | | 0.28 | Se | | | | 0.26 | Se | | | |
| 1.48 | التداخل | | | | 0.32 | التداخل | | | | 0.29 | التداخل | | | |

فعالية أنزيم الكاتاليز (Catalase (CAT

توضح النتائج في جدول (2) وجود فروق معنوية في فعالية أنزيم الكاتاليز بتأثير التراكيز الملحية والسيلينيوم المستخدمة في هذه الدراسة، فضلاً عن التداخل بينهما، إذ أشارت النتائج إلى أن فعالية أنزيم الكاتاليز قد ارتفعت تدريجياً بزيادة التراكيز الملحية. وأن أعلى فعالية لهذا الأنزيم سجلت في معاملة التركيز الملحي 20 ديسيمنز.م⁻¹ و بلغت 32.94 وحدة.دقيقة⁻¹.غرام⁻¹ ويفارق معنوياً عن بقية التراكيز الملحية، تلتها معاملة التركيز 10 ديسيمنز.م⁻¹ التي بلغت 24.66 وحدة.دقيقة⁻¹.غرام⁻¹ ثم المعاملة بالتركيز 5 ديسيمنز.م⁻¹ (22.43 وحدة.دقيقة⁻¹.غرام⁻¹) فيما سجلت أقل فعالية عند المعاملة بالتركيز الملحي 2.5 ديسيمنز.م⁻¹ بمقدار 20.96 وحدة.دقيقة⁻¹.غرام⁻¹. أما بالنسبة لتأثير الرش بالسيلينيوم فقد أوضحت النتائج أن الرش

بالسيلينيوم سواء بالتركيز 80 أدى إلى حدوث زيادة معنوية في فعالية أنزيم الكاتاليز مقارنة بمعاملة عدم الرش (0 جزء بالمليون سيلينيوم) ، فيما لم يكن للتركيز 160 جزء بالمليون أي تأثير على فعالية أنزيم الكاتاليز معنوياً مقارنة بمعاملة عدم الرش (0 جزء بالمليون سيلينيوم) إذ ارتفعت الفعالية الأنزيمية من 24.17 وحدة.دقيقة⁻¹.غرام⁻¹ في معاملة المقارنة إلى 28.33 وحدة.دقيقة⁻¹.غرام⁻¹ عند التركيز 80 جزء بالمليون من السيلينيوم، ويلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي عدم وجود فروق معنوية بين معاملي الرش بالسيلينيوم النانوي بتركيز (0 جزء بالمليون) أو التركيز 160 جزء بالمليون الذي بلغ متوسط تأثير السيلينيوم فيه 23.25 وحدة.دقيقة⁻¹.غرام⁻¹ . أما بالنسبة لنتائج تأثير التداخل بين عاملي الدراسة فقد سجلت أعلى فعالية أنزيمية لأنزيم الكاتاليز وبفارق معنوي عن بقية التداخلات في معاملة التركيز الملحي 20 ديسيمنز.م⁻¹ مع 80 جزء بالمليون سيلينيوم و بلغت 40.74 وحدة.دقيقة⁻¹.غرام⁻¹ ، وأن أقل فعالية أنزيمية سجلت عند المعاملة بالتركيز الملحي 2.5 ديسيمنز.م⁻¹ والرش بالسيلينيوم عند التركيز 160 جزء بالمليون و بلغت 20.25 وحدة.دقيقة⁻¹.غرام⁻¹ دون اختلاف معنوي بينهما .

بينت نتائج الدراسة الحالية ان السيلينيوم النانوي بكافة التراكيز المستخدمة لم يكن له تأثير معنوي في فعالية إنزيم الكاتاليز عندما اقترن بالتركيز الملحي 2.5 ديسيمنز.م⁻¹ (تركيز المقارنة) إذ بلغت المتوسطات 21.37 و 21.28 و 20.25 وحدة.دقيقة⁻¹ .غرام⁻¹ . فيما اظهر زيادة في فعالية الانزيم لبلغ 28.33 وحدة.دقيقة⁻¹.غرام⁻¹ عند التركيز 80 جزء بالمليون ليتفوق معنوياً على معاملة عدم الرش بالسيلينيوم والتركيز 160 جزء بالمليون اذ بلغ متوسطاتهما 24.17 و 23.25 وحدة.دقيقة⁻¹.غرام⁻¹ على التوالي.

فعالية أنزيم البيروكسيداز POD

بينت نتائج تقدير فعالية أنزيم البيروكسيداز والموضحة في جدول (2) أن فعالية هذا الأنزيم قد ارتفعت معنوياً في النباتات المعاملة بالملوحة عند التركيز 10 و 20 ديسيمنز.م⁻¹ مقارنة بالنباتات المعاملة بتركيز 2.5 ديسيمنز.م⁻¹ ، في حين أن التركيز 5 ديسيمنز.م⁻¹ لم يكن له تأثيراً معنوياً في فعالية هذا الأنزيم. وسجلت أعلى فعالية لهذا الأنزيم في معاملة الملوحة عند التركيز 20 ديسيمنز.م⁻¹ وبلغت 23.11 وحدة.دقيقة⁻¹.غرام⁻¹ وبفارق معنوي عن المعاملة بالتركيز 10 ديسيمنز.م⁻¹ والتي بلغت الفعالية الأنزيمية فيها 20.60 وحدة.دقيقة⁻¹.غرام⁻¹ . وأن فعالية أنزيم البيروكسيداز بلغت 16.16 و 16.96 وحدة.دقيقة⁻¹ .غرام⁻¹ للمعاملة بالتركيز 2.5 و 5 ديسيمنز.م⁻¹ على التوالي. كما أشارت النتائج إلى وجود فروق معنوية بين جميع تراكيز السيلينيوم المستخدمة في هذه الدراسة، إذ سجل أعلى متوسط لفعالية أنزيم البيروكسيداز في معاملة الرش بـ 80 جزء بالمليون

وبلغت 20.73 وحدة. دقيقة⁻¹. غرام⁻¹، تلتها معاملة الرش بالتركيز (0 جزء بالمليون) وبلغت 19.16 وحدة.دقيقة⁻¹. غرام⁻¹ فيما سجل اقل متوسط للفعالية الأنزيمية في معاملة الرش بالتركيز 160 جزء بالمليون و بلغت 17.74 وحدة.دقيقة⁻¹. غرام⁻¹. أما بالنسبة لنتائج التداخل بين عاملي الدراسة فقد سجل اعلى متوسط لفعالية أنزيم البيروكسيديز في النباتات المعاملة بالتركيز الملحي 20 ديسيمنز.م⁻¹ والرش ب 80 جزء بالمليون من السيلينيوم وبلغت 26.07 وحدة.دقيقة⁻¹. غرام⁻¹ ، أما اقل متوسط لفعالية الأنزيم فسجل لمعاملة للتداخل بين التركيز الملحي 2.5 ديسيمنز.م⁻¹ والرش بالسيلينيوم بتركيز 160 جزء بالمليون و بلغت 15.41 وحدة.دقيقة⁻¹. غرام⁻¹ وبفوارق ذات دلالة إحصائية عن بقية التداخلات.

جدول (2): تأثير الملوحة والرش بالسيلينيوم النانوي على فعالية أنزيمي الكتاليز والبيروكسيديز (وحدة.. غرام⁻¹. دقيقة⁻¹) في أوراق نخيل التمر صنف البرحي.

| البيروكسيديز | | | | | الكتاليز | | | | |
|--------------|-----------------------|-------|---------|----------------------|--------------|-----------------------|-------|---------|----------------------|
| معدل الملوحة | تركيز Se جزء بالمليون | | | تركيز الملوحة (ds/m) | معدل الملوحة | تركيز Se جزء بالمليون | | | تركيز الملوحة (ds/m) |
| | 160 | 80 | 0 | | | 160 | 80 | 0 | |
| 16.16 | 15.41 | 16.58 | 16.51 | 2.5 | 20.96 | 20.25 | 21.28 | 21.37 | 2.5 |
| 16.96 | 16.48 | 17.21 | 17.20 | 5 | 22.43 | 22.42 | 22.50 | 22.39 | 5 |
| 20.60 | 18.34 | 23.05 | 20.41 | 10 | 24.66 | 23.41 | 28.83 | 21.74 | 10 |
| 23.11 | 20.73 | 26.07 | 22.54 | 20 | 32.94 | 26.91 | 40.74 | 31.18 | 20 |
| | 17.74 | 20.73 | 19.16 | معدل Se | | 23.25 | 28.33 | 24.17 | معدل Se |
| | 0.89 | | الملوحة | | | 0.91 | | الملوحة | |
| | 1.05 | | Se | | | 1.07 | | Se | |
| | 1.19 | | التداخل | | | 1.21 | | التداخل | |
| | | | | | | | | LSD | |
| | | | | | | | | 0.05 | |

المناقشة

يؤدي تعرض النباتات للإجهادات الحيوية المختلفة سيما الإجهاد الملحي إلى حدوث زيادة في إنتاج جذور الأوكسجين التفاعلية التي تهاجم مختلف المكونات الخلوية مثل الأحماض النووية والبروتينات والصبغات النباتية والأحماض الأمينية والدهنية

والأغشية الخلوية وتعطل عملها ومخلفة بعض المركبات الضارة التي تعد من المؤشرات الواضحة على حدوث تدهور في الخلية. يعد مركب MDA من المركبات السامة ، وهو احد النواتج الوسطية خلال عملية أكسدة دهون الأغشية ويعد مؤشراً لتدهور الأغشية الخلوية (Sharma *et al.*, 2016). ان الزيادة في محتوى الأوراق من MDA وانخفاض ثبات الاغشية بفعل الملوحة في هذه الدراسة قد تعزى إلى الزيادة في محتوى أوراق النبات من ROS سيما جذر الـ Peroxyl (HO_2) وجذر H_2O_2 الذي ازداد معنوياً بزيادة التراكيز الملحية كما بينت النتائج في جدول (1)، والذي يمكن أن يعزى تراكمه في أوراق نخيل التمر إلى مسار الكلايكولات Glycolate Pathway الذي يعد احد المسارات الرئيسة لإنتاج H_2O_2 ، إذ تؤدي التركيزات المتزايدة من الأملاح إلى زيادة نشاط أنزيم Glycolate oxidase الذي يعمل على تكسير حمض الكليكوليك Glycolic acid إلى H_2O_2 وحمض الكليوكسيليك Glyoxylic acid . يلجأ النبات إلى استخدام استراتيجية دفاعية استجابة للإجهاد الملحي بهدف التخفيف من ROS من خلال زيادة إنتاج مضادات الأكسدة الأنزيمية وغير الأنزيمية و بضمنها أنزيمي الكتاليز والبيروكسيداز المضادين للأكسدة استجابة للتغيرات في هياكل الدهون والبروتينات والأحماض النووية والأغشية الخلوية بفعل ROS . يعد الارتفاع المعنوي لمحتوى أشجار النخيل من المركبين H_2O_2 و MDA واللذين تصاعد مقدارهما بزيادة التراكيز الملحية (جدول 1) مؤشراً واضحاً على الإجهاد ما حفز أشجار النخيل إلى إجراءات دفاعية أنزيمية إلى جانب الإجراءات الأخرى ، فلجأ إلى زيادة الأنشطة الأنزيمية ومن بينها أنزيم الكتاليز والبيروكسيداز ، إذ تعد الزيادة في أنشطة الأنزيمات المضادة للأكسدة سيما هذين الانزيمين سمة تكيفية للنباتات للتغلب على أضرار الملوحة أنفة الذكر عن طريق تقليل المستويات السامة من H_2O_2 وتوفير الحماية ضد الإجهاد التأكسدي (Chawla, 2013; Sudhakar, 2001). وهذا ما يفسر ارتفاع مستوياتهما في أشجار النخيل بصورة تصاعدية مع تصاعد تركيز H_2O_2 التي تصاعد بتصاعد التراكيز الملحية حتى وصل اعلى مستوى له عند اعلى تركيز ملحي مستخدم وهو 20 ديسيمنز.م¹⁻

اشارت الدراسات السابقة الى الدور المهم الذي يلعبه السيلينيوم في مساعدة النبات في التعامل مع الإجهادات اللاحيوية وذلك من خلال تعزيز نشاط الأنزيمات المضاد الأكسدة وتحفيز إنتاج المواد المذابة المتوافقة ومركبات أخرى تساهم في تخفيف أضرار الإجهاد (Feng *et al.*, 2013). ومع ذلك فان تجاوز السيلينيوم الحد الأمثل يحدث ما يسمى Selenosis أو سمية السيلينيوم والتي يمكن أن تحدث عبر آليتين أحدهما إنتاج بروتينات مشوهة والتي تسمى Selenoproteins و الأخرى هي تحفيز الإجهاد التأكسدي وان كلتا الآليتين ضارتان للنبات (Gupta and Gupta, 2017). ذكر Kong (2005) أن

التراكيز المنخفضة من السيلينيوم قد زادت من ثبات الأغشية وعززت بشكل إيجابي سلامة أنظمة الأغشية في العضيات الخلوية مثل البلاستيدات الخضراء والميتوكوندريا في خلايا الأوراق وخلايا طرف الجذر، لذلك يمكن أن يعزى تأثير السيلينيوم بالتركيز 80 جزء بالمليون إلى تأثيره الإيجابي والذي يحفز عمل الأنزيمات المضادة للأكسدة كإنزيمي الكتاليز والبيروكسيداز التي تحد من تكوّن مركبات ROS الضارة للأغشية الخلوية من خلال كنس الجذور الحرة ومن ضمنها H_2O_2 ومنع اغشيه الخلايا من التحطم بسبب عملية أكسدة الدهون وهذا ما انعكس على انخفاض في محتوى الأوراق من مركب MDA (Hasanuzzaman et al., 2020). فيما يمكن أن يعزى انخفاض ثبات الأغشية عند تركيز السيلينيوم 160 جزء بالمليون مقارنة بالتركيز 80 جزء بالمليون، أن التراكيز العالية من السيلينيوم تؤدي إلى زيادة إنتاج أنواع الأوكسجين التفاعلية سيما جذر الهيدروكسل وبالتالي تعزيز عملية أكسدة دهون الأغشية وإحداث ضرر للأغشية النباتية (Hasanuzzaman et al., 2020; Mézes and Balogh, 2009). كما يمكن أن يعزى انخفاض نشاط والبيروكسيداز عند تركيز السيلينيوم 160 جزء بالمليون إلى وفرة جزيئات السيلينيوم مقارنة بالتركيز 80 جزء بالمليون والتي تؤدي إلى زيادة في مراكمة SeCys ما يؤدي إلى تثبيط عملية مثيلة Methylation السيلينيوم وبالتالي يحل محل جزيئات الكبريت الداخلة في تركيب أنزيم البيروكسيداز والتي تربط بين البيبتيدات المكونة للأنزيم (Welinder, 1979)، ما يعطل عمل عدد كبير من جزيئات الأنزيم وبالتالي تقليل فعاليته.

References

المصادر

- Abbas, M. F., Jasim, A. M., Shareef, H. J., Abbas, M. F., Jasim, A. M., & Shareef, H. J. (2015). Role of Sulphur in salinity tolerance of Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) offshoots cvs. Berhi and Sayer. *International Journal of Agricultural and Food Science*, 5(3), 92–97. <http://www.urpjournals.com>
- Al-Khateeb, S. A., Al-Khateeb, A. A., Sattar, M. N., & Mohmand, A. S. (2020). Induced in vitro adaptation for salt tolerance in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivar Khalas. *Biological Research*, 53(1). <https://doi.org/10.1186/s40659-020-00305-3>
- Al-Tameemi, H. J. H., AL-Amiri, N. J., & Hassan, M. J. (2018). Effect of Selenium Fertilization on Dry Weight , Concentration , and Selenium uptake in Shoot of Maize (*Zea mays* L .) Growing in Iraqi Calcareous Soils. *Merit Res. J. Agric. Sci. Soil Sci.*, 6(1), 001–006.
- Chauhan, R., Awasthi, S., Srivastava, S., Dwivedi, S., Pilon-Smits, E. A. H., Dhankher, O. P., & Tripathi, R. D. (2019). Understanding selenium metabolism in plants and its role as a beneficial element. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 49(21), 1937–1958. <https://doi.org/10.1080/10643389.2019.1598240>

- Chawla, S., Jain, S., & Jain, V. (2013). Salinity induced oxidative stress and antioxidant system in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*, 22(1), 27–34. <https://doi.org/10.1007/s13562-012-0107-4>
- Etesami, H., & Noori, F. (2019). Soil Salinity as a Challenge for Sustainable Agriculture and Bacterial-Mediated Alleviation of Salinity Stress in Crop Plants. *Saline Soil-Based Agriculture by Halotolerant Microorganisms*, 1–22. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8335-9_1
- Faisal, H. A., & Abdullah, A. S. A. (2021). Effect of Sulfur and Spraying with Calcium Nitrate and Selenium on Response of Date Palm (*L.*) Phoenix dactylifera under Saline Water. *Indian Journal of Ecology*, 48(17), 22–26.
- Feng, R., Wei, C., & Tu, S. (2013). The roles of selenium in protecting plants against abiotic stresses. *Environmental and Experimental Botany*, 87, 58–68. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.09.002>
- Góth, L. (1991). A simple method for determination of serum catalase activity and revision of reference range. *Clinica Chimica Acta*, 196(2–3), 143–151. [https://doi.org/10.1016/0009-8981\(91\)90067-M](https://doi.org/10.1016/0009-8981(91)90067-M)
- Gupta, M., & Gupta, S. (2017). An overview of selenium uptake, metabolism, and toxicity in plants. *Frontiers in Plant Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02074>
- Hasanuzzaman, M., Borhannuddin Bhuyan, M. H. M., Raza, A., Hawrylak-Nowak, B., Matraszek-Gawron, R., Nahar, K., & Fujita, M. (2020). Selenium toxicity in plants and environment: Biogeochemistry and remediation possibilities. In *Plants* (Vol. 9, Issue 12, pp. 1–32). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/plants9121711>
- Heath, R. L., & Packer, L. (1968). Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 125(1), 189–198. [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(68\)90654-1](https://doi.org/10.1016/0003-9861(68)90654-1)
- Karimi, R., Ghabooli, M., Rahimi, J., & Amerian, M. (2020). Effects of foliar selenium application on some physiological and phytochemical parameters of *Vitis vinifera* L. cv. Sultana under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 43(14), 2226–2242. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1766072>
- Kim, Y. H., & Yoo, Y. J. (1996). Peroxidase production from carrot hairy root cell culture. *Enzyme and Microbial Technology*, 18(7), 531–535. [https://doi.org/10.1016/0141-0229\(95\)00168-9](https://doi.org/10.1016/0141-0229(95)00168-9)
- Kong, L., Wang, M., & Bi, D. (2005). Selenium modulates the activities of antioxidant enzymes, osmotic homeostasis and promotes the growth of sorrel seedlings under salt stress. *Plant Growth Regulation*, 45(2), 155–163. <https://doi.org/10.1007/s10725-005-1893-7>

- Lutts, S., Kinet, J. M., & Bouharmont, J. (1996). NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany*, 78(3), 389–398. <https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0134>
- Mézes, M., & Balogh, K. (2009). Prooxidant mechanisms of selenium toxicity - A review. *Acta Biologica Szegediensis*, 53(SUPPL. 1), 15–18.
- Parihar, P., Singh, S., Singh, R., Singh, V. P., & Prasad, S. M. (2015). Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(6), 4056–4075. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3739-1>
- Sergiev, I., Alexieva, V., & Karanov, E. (1997). Effect of spermine, atrazine and combination between them on some endogenous protective systems and stress markers in plants. *Proceedings of the Bulgarian Academy of Sciences*, 51(2), 121–124.
- Shareef, H. J., Abdi, G., & Fahad, S. (2020). Change in photosynthetic pigments of Date palm offshoots under abiotic stress factors. *Folia Oecologica*, 47(1), 45–51. <https://doi.org/10.2478/foecol-2020-0006>
- Sharma, P., Jha, A. B., Dubey, R. S., Pessarakli, M., Afsar, T., Razak, S., Khan, M. R., Mawash, S., Almajwal, A., Shabir, M., & Haq, I. U. (2016). Reactive Oxygen Species, Oxidative Damage, and Antioxidative Defense Mechanism in Plants under Stressful Conditions. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 16(1), 1–16.
- Sudhakar, C., Lakshmi, A., & Giridarakumar, S. (2001). Changes in the antioxidant enzyme efficacy in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba* L.) under NaCl salinity. *Plant Science*, 161(3), 613–619. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(01\)00450-2](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(01)00450-2)
- Welinder, K. G. (1979). Amino Acid Sequence Studies of Horseradish Peroxidase. *European Journal of Biochemistry*, 96(3), 483–502. <https://doi.org/10.1111/J.1432-1033.1979.TB13061.X>
- Zahedi, S. M., Hosseini, M. S., Daneshvar Hakimi Meybodi, N., & Teixeira da Silva, J. A. (2019). Foliar application of selenium and nano-selenium affects pomegranate (*Punica granatum* cv. Malase Saveh) fruit yield and quality. *South African Journal of Botany*, 124, 350–358. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.05.019>

Effect Of Nano Selenium On Indicators Of Oxidative Stress And Enzymatic Activity In Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) Barhi Cultivar Under Salt Stress.

Ali S. Mahdi¹ Khairullah M. Awad¹ Abdulkareem M. Abd²

¹Date palm Research Centre-Basrah University-IRAQ

College of Education for pure science- Basrah University-IRAQ

ali.mahdi@uobasrah.edu.iq

Abstract

This study was conducted in order to find out the effects of selenium nanoparticles (SeNPs) on the antioxidant responses in the date palm of the Barhi cultivar derived from tissue culture under the stress of different salt levels. The field study was carried out at the Fadak orchard in the Kutaiban area of the Shatt al-Arab district during the 2020–2021 growing season. Three levels of SeNPs (0, 80, and 160) ppm were used as foliar spray on the leaves of palm trees exposed to the stress of four levels of salinity (2.5 (control), 5, 10, and 20) ds m⁻¹. The results of the study showed that salinity, especially at 20 ds m⁻¹, led to a significant increase in the accumulation of oxidative indices in date palm leaves, which included MDA (4.47 nmole g⁻¹) and hydrogen peroxide (3.34 μmole g⁻¹), as well as a significant increase in the activity of catalase and peroxidase enzymes, which amounted to 32.94 and 23.11 unit⁻¹ g⁻¹ Min⁻¹, respectively compared to control treatment. While salinity at this level led to a decrease in the value of the membrane stability index from 75.04% in control plants to 62.13%. The results of the study proved that foliar spray of SeNPs at 80 ppm improved the antioxidant response of date palm by reducing the accumulation of MDA and hydrogen peroxide compounds and increasing the value of the membrane stability index and the activity of catalase and peroxidase enzymes compared to their levels in all saline concentrations tested levels in this study, while the results of spraying at a concentration of 160 ppm In contrast to that

Keywords: Catalase enzyme, Hydrogen peroxide, MDA, Membrane stability index, Peroxidase enzyme