

## تأثير التغذية الورقية بالزنك والسيلينيوم تحت نسب رطوبة مختلفة في بعض الصفات الفسلجية لنبات زهرة الشمس

حسين عزيز محمد<sup>1</sup> جعفر عباس شمس الله<sup>2</sup> ثريا خلف بدوي<sup>3</sup>

- <sup>1</sup> جامعة ديالى - كلية الزراعة
- <sup>2</sup> جامعة بغداد - كلية الزراعة
- <sup>3</sup> جامعة كركوك - كلية التربية للعلوم الصرفة
- تاريخ تسلم البحث 2018/3/20 وقبوله 2018/10/22

### الخلاصة

نفذت تجربتان حقليتان خلال الموسم الربيعي لعامي 2016 و 2017 في الحقل التجارب القريب من عمادة كلية الزراعة، جامعة ديالى بهدف فهم بعض التأثيرات والتكيفات الفسلجية للجفاف. طبقت تجربة الألواح المنشقة المنشقة split-split plot design وتصميم القطاعات الكاملة المعشاة RCBD وبثلاثة مكررات وكانت معاملات الشد الرطوبي هي المعاملات الرئيسية، وتراكيز الرش بعنصر الزنك هي المعاملات الثانوية وتراكيز الرش بعنصر السيلينيوم هي المعاملات تحت الثانوية وكما يأتي: إضافة الماء عند استنزاف 25% و 50% و 75% من الماء الجاهز. والرش بثلاث مستويات من عنصر الزنك هي 0، 20، 40 ملغم Zn لتر<sup>-1</sup>. وأربع مستويات من عنصر السيلينيوم 0 و 2 و 4 و 6 ملغم Se لتر<sup>-1</sup>. تمت زراعة نبات زهرة الشمس توصلت النتائج الى: سلك معدل النتج ومحتوى الماء النسبي في الأوراق النباتية سلوكا معاكسا لتركيز الحامض الاميني Selenocysteine في البذور وتركيز Tocopherol وتركيز Ascorbic acid في الأوراق النباتية اذ مع انخفاض المحتوى الرطوبي للتربة قل معدل النتج ومحتوى الماء النسبي بشكل ملحوظ في النبات بينما ازدادت تراكيز الصفات الاخرى. ازداد تركيز Tocopherol وتركيز Ascorbic acid ومحتوى الماء النسبي في الأوراق النباتية عند استخدام المستوى الثالث من الرش بعنصر الزنك (40 ملغم Zn لتر<sup>-1</sup> متفوقا على مستوى عدم اضافة الزنك (0 ملغم Zn لتر<sup>-1</sup> بنسبة زيادة معنوية بلغت 89.3% و 33.5% و 5.6% على الترتيب. تفوق مستوى الاضافة (6 ملغم Se لتر<sup>-1</sup> من السيلينيوم على بقية المستويات الاخرى لصفة تركيز الحامض الاميني Selenocysteine في البذور وتركيز Ascorbic acid في الأوراق النباتية بينما تفوق مستوى الاضافة (4 ملغم Se لتر<sup>-1</sup> على بقية المستويات الاخرى لصفة تركيز Tocopherol في الأوراق النباتية ومحتوى الماء النسبي، بينما تفوقت معاملة المقارنة (0 ملغم Se لتر<sup>-1</sup> لصفة معدل النتج في الأوراق النباتية. تفوق التداخل (W3 + 40 ملغم Zn لتر<sup>-1</sup> + 4 ملغم Se لتر<sup>-1</sup>) على التراكيز الاخرى لصفة تركيز Tocopherol في الأوراق النباتية ومحتوى الماء النسبي. بينما تفوق التداخل (W3 + 40 ملغم Zn لتر<sup>-1</sup> + 6 ملغم Se لتر<sup>-1</sup>) على التراكيز الاخرى لصفة تركيز Ascorbic acid في الأوراق النباتية، وكان التفوق لصفة معدل النتج في الأوراق النباتية لصالح التداخل (W1 + 0 ملغم Zn لتر<sup>-1</sup> + 0 ملغم Se لتر<sup>-1</sup>) على بقية مستويات التداخل الاخرى.

الكلمات المفتاحية: معدل النتج، السليونسستين، حامض الاسكوريك، التوكوفيرول، محتوى الماء النسبي.

### Effect Of Foliar Application Of Zinc And Selenium Under Water Stress In Some Physiological Characteristics For Sunflower Plant

Hussien Aziz Mohammed<sup>1</sup> Jaafar Abbas Shamsullah<sup>2</sup> Thurya Khalaf Bedwi<sup>3</sup>

- <sup>1</sup>University of Diyala-College Agriculture
- <sup>2</sup>University of Baghdad - College Agriculture
- <sup>3</sup>University of Kirkuk - College of Education for pure sciences
- Date of research received 20/3/2018 and accepted 22/10/2018

### Abstract

Tow field experiments were conducted during the spring season of 2016 and 2017 in the field of experiments near the Deanship of the College of Agriculture, University of Diyala in order to understand some effects and physiological adaptations agoinest drought. The split-split plot design was designed in the order of the RCBD three replicates. The moisture were the main plots, zinc concentration sub-plots and the concentrations of the selenium is sub-plots factors as follows: three periods of irrigation after (25%, 50% and 75%) of available water. The spray of three levels of zinc is (0, 20and 40) mg Zn. L<sup>-1</sup> and four levels of selenium (0, 2, 4and 6) mg Se. L<sup>-1</sup>. Sun flower was planted and the results indicated: The Average of transpiration and Relative water content in the leaves showed an opposite behavior of the Selenocysteine concentration in the grains and Tocopherol concentration, Ascorbic acid concentration in the leaves as the soil moisture content decreased, the average of transpiration and Relative water content decreased while the concentration of other characteristics increased. The concentration of Tocopherol, Ascorbic acid and Relative water content in the increased with the use of the third level of zinc 40 mg. L<sup>-1</sup>. compared to control with a significant increase by 89.3%, 33.5% and 5.6% respectively. The added level 6 mg Se. L<sup>-1</sup> of selenium has exceeded on other levels of Selenocysteine concentration and concentration of Ascorbic acid in plant leaves, while the level 4 mg Se. L<sup>-1</sup> exceeds other levels of Tocopherol in leaves and Relative water content, while control of Se. has exceeded other levels of average of transpiration in plant leaves. The overlap (W3 + 40 mg Zn. L<sup>-1</sup> + 4 mg Se. L<sup>-1</sup>) exceeded the other concentration of concentration Tocophero in plant leaves and Relative water content while the overlap (W3 + 40 mgZn. L<sup>-1</sup>+6 mgSe. L<sup>-1</sup>) exceeded the other concentrations of Ascorbic acid in leaves. The superiority of the average of transpiration in the plant was in favor of overlap (W1 + 40 mg Zn L<sup>-1</sup>+ 4 mg Se. L<sup>-1</sup>) on the other levels.

Keywords: Average of transpiration, Tocopherol, Ascorbic acid.

## المقدمة

يطرح الاوكسجين الى المحيط الخارجي للنبات في عملية البناء الضوئي او يتحول الى جزيئة ماء من خلال الفعاليات الايضية لانتاج ATP لضمان مختلف الوظائف الفسيولوجية وبالرغم من اهميته الفسيولوجية الاساسية في حرق الغذاء وتحرير الطاقة والذي يستهلك منه بنسبة 98 % الا ان النسبة المتبقية تاخذ اشكال من الاوكسجين النشط وتعمل على تحريض انتاج الجذور الحرة ( Lima و Nunes ، 2015 ) تتواجد الجذور الحرة في الانسجة النباتية عند الظروف الطبيعية بنسب منخفضة جدا ومسيطر عليها بوساطة النظام المضاد للجذور الحرة داخل الخلايا ويمكن للنبات الاستفادة من الجذور الحرة في القضاء على الفيروسات والبكتريا المرضية ويكون النظام الحيوي في الحالة الطبيعية متوازنا بين نسبة الجذور الحرة من المجموعة الفعالة ( Reactive oxygen ) والنظام المضاد للاكسدة ( Klotz و Kehrre ، 2015 ). تعرف الجذور الحرة بانها ذرات او جزيئات اوكسجينية عضوية او غير عضوية تمتلك الكترون حر بعد تفكك الاواصر المزدوجة للاكترونات مما يجعل الالكترن ذو مجال مغناطيسي معاكس وبطاقة عالية قادرة على تدمير الخلايا والانسجة الحية في حالة الاجهاد ( Steffens واخرون 2013 ) ، تميل الذرات الحاوية على الالكترن المفرد اما الى فقدان أو اكتساب الكترون اخر لتكتسب حالة الاستقرار اي عملية اختزال واكسدة وان هذه العمليات يطلق عليها جهد الاكسدة والاختزال Redox potential (Sies) (2015). تتخذ الجذور الحرة عدة انواع منها: جذر السوبر أوكسيد  $O_2^{-1}$  وجذر الاوكسجين المفرد  $O_2^{1/2}$  و جذر بيروكسيد الهيدروجين  $H_2O_2$  و جذر الهيدروكسيل OH ، جذر الهايبوكلورس HOCl ، جذر اوكسيد النتريك  $NO^{-1}$  وجذر بيروكسي نترت NO<sub>3</sub> ( Hayyan واخرون 2016). ويعرف الاجهاد الناتج من تاثير نشاط الجذور الحرة المؤكسدة ذات النشاط المغناطيسي العالي من مجموعة الاوكسجين والنيتروجين الفعالة بالاجهاد التاكسدي Oxidative stress (Weidinger و kozlov ، 2015). لقد أشارت الدراسات الى أن حوالي 30% من الأراضي الزراعية في العالم تعاني من نقص الزنك (Suzuki وآخرون، 2006) وأن أكثر من 80% من ترب العراق تفتقر الى الـ Zn الجاهز وتستجيب فيها النباتات لاضافة هذا العنصر (Sillanpaa، 1990) ، اذ يعد عنصر الزنك من العناصر الغذائية المهمة وان النقص في كميته داخل النبات تؤدي الى احداث تغيرات مورفولوجية وفسلجية متمثلة بتحويرات في الغشاء حصول تغيرات في تمثيل الكاربوهيدرات وتكوين السايوتوكرومات، النيكليوتيد والكوروفيل، فضلا عن الانخفاض في الانزيمات الحاوية على الزنك مثل Alkaline Dehydrogenase، Alcohol Carbonic anhydrase، Cu/Zn SOD ، Zn الجاهز النبات ومكوناته (Gokhan واخرون 2003). وأشار (Taiz و Zeiger ، 2010) بان للزنك دورا كبيرا في حماية انسجة النبات من الاكسدة ودخول هذا العنصر في تكوين عوامل النسخ المسؤولة عن نسخ الجينات لانتاج البروتينات في عملية الترجمة والنسخ وتكوين mRNA . لقد لوحظ ان نقص عنصر الزنك يؤدي الى انخفاض صافي نواتج البناء الضوئي بنسبة (50 – 70 %) اذ ان عنصر الزنك من العناصر المهمة في عملية البناء الضوئي اضافة الى انخفاض كفاءة أداء إنزيم (Carbonic anhydrase) الذي يدخل الزنك ضمن تركيب هذا الانزيم (Akhtar واخرون 2009). يعد عنصر السيلينيوم أحد عناصر المجموعة السادسة في الجدول الدوري للعناصر ينتم من قبل النبات بصورة معدنية وعضوية وأفضل صورة لامتناسه هي بشكل أيوني سيلينيت  $SeO_3^{-2}$  او سيلينات  $SeO_4^{-2}$  اذ يتراكم بهاتين الصورتين في النبات ( Marschner واخرون 2012) للسيلينيوم خاصية فريدة هي خاصية اشعاع بيتا المضاعف او تدهور بيتا Double beta decay وهو أحد أنواع الاشعاع المصحوب بطاقة نتيجة اضطراب الانوية غير المستقرة عند حدوث خلل في الالكترونات لذلك تبعث النواة الكترنين دفعة واحدة يستفاد من هذه الالكترونات في استقرار الجذور الحرة المنتشرة نتيجة الاضطراب الناتج من مغناطيسية الجذور الحرة ( Masuzawa واخرون 2013 )، يعد عنصر Selenium من أهم مضادات الاكسدة كما يعد مزدوج التأثير من ناحية دخوله كعامل مساعد في أيض مضادات الاكسدة الانزيمية وغير الانزيمية وله خواص متعددة منها ظاهرة العزم المغناطيسي المعاكس Diamagnetism ، وهذه الظاهرة تقلل من العزم المغناطيسي للجذور الحرة التي تنشأ مع حدوث الاجهادات التي يتعرض لها النبات، ومن ثم استقرارها وفقدانها التأثير المغناطيسي المدمر للخلايا مما يساعد النظام المضاد للاكسدة الانزيمي على عملية كسح الجذور الحرة والتقليل من تأثيرها ( Pal واخرون 2013) ومن اهم تأثيراته في النبات هو اتحاده مع البروتينات والاحماض الامينية لانتاج بروتينات معدنية Metalloproteins لها القدرة على تحمل الاجهاد المائي والحفاظ على عدم تحللها اذ يعد ضروريا في أيض النظام المناعي للنبات، كما يشترك العنصر في تكوين الحامضين الامينيين النادرين Selenomethionine و Selenocysteine اللذان يعدان من أحدث مضادات الجذور الحرة المؤكسدة الناتجة من تأثير الاجهاد (Hatfield واخرون ، 2016) ، وهذان الحامضان لايتكونان الا بوجود السيلينيوم الذي تفتقر معظم الاراضي، ومنها العراقية ، كون العنصر يتواجد في التربة المناطق البركانية (Kretsinger واخرون 2013).

## المواد وطرائق البحث

نفذت تجربتان حقليتان خلال الموسم الربيعي لعامي 2016 و 2017 في حقول كلية الزراعة - جامعة ديالى ويوضح الجدول (1) بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية للتربة، لمتوسط موسمين (Page واخرون ، 1982). استخدمت تجربة اللوح المنشقة المنشقة split - split plot design ، بتصميم القطاعات الكاملة المعشاة RCBD وبثلاث مكررات وكانت معاملات الشد الرطوبي هي المعاملات الرئيسية وتركيز الرش بالزنك هي المعاملات الثانوية وتركيز الرش بالسيلينيوم هي المعاملات تحت الثانوية وتضمنت معاملات التجربة على ماياتي : ثلاث مستويات من الماء الجاهز 25% و 50% و 75% رمز لها بالرمز W1 و W2 و W3 . اعتمدت الطريقة الوزنية في اضافة الماء. والرش بثلاث مستويات من عنصر الزنك هي 0 ، 20 ، 40 ملغم لتر<sup>-1</sup> رمز لها بالرمز Zn 0 و Zn 20 و Zn 40 ورشت على النباتات على شكل الزنك المخليبي-Zn

EDTA الذي يحتوي 14 % زنك. واربعة مستويات من عنصر السلينيوم 0 و 2 و 4 و 6 ملغم. لتر<sup>-1</sup>، رشت على النباتات على شكل سلينييت الصوديوم (NaHSeO<sub>3</sub>) 80 % سلينيوم ، رمز لها بالرمز Se0 و Se2 و Se4 و Se6 رشت معاملات التجربة ثلاث مرات خلال موسم النبات. أضيف سماد اليوريا (46% N ) وسماد السوبر فوسفات الثلاثي (20% P) وسماد كبريتات البوتاسيوم (41% K) بواقع 200 كغم N هـ<sup>-1</sup> و 75 كغم P هـ<sup>-1</sup> و 150 كغم K هـ<sup>-1</sup> على التوالي. أضيفت اسمدة النتروجين والبوتاسيوم ثلاث مرات الى التربة خلال موسم النمو، أما سماد السوبر فوسفات الثلاثي فقد أضيف دفعة واحدة عند الزراعة. قسم الحقل الى ألواح وبواقع 108 لوحا ابعادها 1.5م x 1.5م والمساحة 2.25 م<sup>2</sup> المسافة بين لوح وآخر 0.75 م مع ترك فاصلة ترابية مقدارها 0.5 م بين المعاملات لمنع تسرب المياه وانتقال الاسمدة بين المعاملات. زرعت بذور نبات زهرة الشمس *Helianthus annuus L.* (صنف شمس). حسب معدل النتج لاوراق النبات بطريقة وزنية اذ فصلت الورقة السادسة لمتوسط ثلاث اوراق لكل معاملة وغمرت الاوراق في انبوب زجاجي قطره 1 سم يحوي على 10 مل من الماء المقطر وبعد ساعة حسب وزن الانبوب بمحتوياته ( الورقة السادسة و 10 مل من الماء ) ثم كررت العملية بأضافة قطرات من زيت زهرة الشمس معلومة الوزن أضيفت الى الانبوب بمحتوياته ( الورقة السادسة + 10 مل من الماء المقطر ) وترك لمدة ساعة ثم حسب الوزن وبعده تم حساب الفرق بين الوزنين بعد أهمال وزن الزيت . تم تقدير الحامض الاميني Selenocysteine بواسطة جهاز كروماتوغرافيا السائل العالي الاداء High Performance Liquid Chromatography (Feng و اخرون ، 2004) . تم استخلاص التوكوفيرول في الاوراق بأضافة Diethyl ether و Pentane حسب الطريقة الموصوفة من قبل Rosenberg (1992، تم تقدير حامض الاسكوريك بحسب الطريقة الموصوفة من قبل Hussain و اخرون، 2010) باستخلاصه بمولبيدات الامونيوم وحامض الاوكزاليك . تم قياس محتوى الماء النسبي (RWC)Relative Water Content) للأوراق بحسب ما ورد في ( Heidari و اخرون ، 2011 )، بأخذ اوراق مكتملة الاتساع من النباتات وحساب الوزن الطري لها (FW) ثم وضعت في أطباق اختبار تحتوي على الماء المقطر لمدة 24 ساعة ثم أخذ الوزن الانتفاخي (TW) للاوراق ثم جففت في الفرن على درجة 70 °م لمدة 24 ساعة وأخذ الوزن الجاف لها (DW) ، تم حساب محتوى الماء النسبي (RWC) بحسب المعادلة الآتية :

$$RWC = \frac{FW - DW}{TW - DW} \times 100$$

جدول ( 1 ) بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية لتربة الدراسة قبل الزراعة ( متوسط موسمين زراعيين )

القيمة	الوحدة	الصفة
7.60	—	pH 1:1
2.94	ديسي سيمنز م <sup>-1</sup>	الايصالية الكهربائية 1:1
65.5	ملغم كغم <sup>-1</sup> تربة	النتروجين الجاهز
206.0	ملغم كغم <sup>-1</sup> تربة	البوتاسيوم الجاهز
16.5	ملغم كغم <sup>-1</sup> تربة	الفسفور الجاهز
0.65	ملغم كغم <sup>-1</sup> تربة	الزنك الجاهز
0.33	ملغم كغم <sup>-1</sup> تربة	السلينيوم الجاهز
Nil	غم كغم <sup>-1</sup> تربة	الجبس
290	غم كغم <sup>-1</sup> تربة	معادن الكاربونات
23.75	% 25	% للرطوبة عندما يستهلك من الماء الجاهز
19.50	% 50	
15.25	%75	
29	%	السعة الحقلية
13	%	نقطة الذبول الدائم
16	%	الماء الجاهز
240	الطين	النسجة
193	الغرين	
567	الرمل	

## النتائج والمناقشة

## معدل النتح في الاوراق النباتية

أكدت نتائج الجدول (2) ان انخفاض المعدل الرطوبي للتربة أدى الى حصول انخفاض معنوي في متوسط معدل النتح اذ بلغت متوسطات معدلات النتح 0.028 و 0.023 و 0.017 مل.سم<sup>2</sup> ساعة<sup>-1</sup> لمستويات الرطوبة الثلاثة W1 و W2 و W3 على الترتيب، أن الاجهاد الرطوبي يعمل على عرقلة امتصاص المغذيات من التربة ولاسيما عناصر النتروجين والفسفور والبوتاسيوم التي لها ادوار كبيرة في النمو وانقسام خلايا النبات، كما ان استمرار انخفاض كمية الماء بالنبات تؤدي الى صغر حجم الخلايا بسبب الاجهاد ونقص كمية الماء المخزن فضلا عن التنافس الشديد بين اعضاء واجزاء النبات على الماء ، والارتباط الذي يحدث بين جزيئات الماء والجزيئات الاخرى كالكربوهيدرات والاملاح (Duca، 2015). اشارت نتائج الجدول وجود فروق معنوية في متوسط هذه الصفة عند رش عنصر الزنك، اذ انخفض متوسط هذه الصفة معنوياً بزيادة الرش بهذا العنصر مسجلاً متوسطات بلغت 0.026 و 0.022 و 0.019 مل.سم<sup>2</sup> ساعة<sup>-1</sup> لمستويات رش العناصر 0 و 20 و 40 ملغم Zn لتر<sup>-1</sup> بالترتيب ، اي ان زيادة تركيز الزنك في النبات ادت الى خفض معدل النتح والمحافظة على المحتوى المائي للنبات ، اذ يقوم الزنك في بناء الاغشية الخلوية واستقرارية عملها وحمايتها من الاكسدة (Oxidative damage) التي قد تحدثها بعض انواع تفاعلات الاوكسجين عند تعرض النبات للاجهاد (Taiz و Zeiger، 2010) حصل انخفاض معنوي في معدل النتح عند رفع تراكيز الرش بعنصر السلينيوم اذ سجل اعلى متوسط عند مستوى صفر ملغم Se. لتر<sup>-1</sup> بلغ 0.026 مل.سم<sup>2</sup> ساعة<sup>-1</sup> بينما اقل متوسط سجل عند تركيز 6 ملغم Se. لتر<sup>-1</sup> بلغ 0.020 مل.سم<sup>2</sup> ساعة<sup>-1</sup> ، اي ان زيادة الرش بالسلينيوم أدى الى خفض فقدان الماء بعملية النتح ، ان تأثير السلينيوم في الحفاظ على المحتوى المائي للخلايا عائد الى اشتراكه مع ايض التوكوفيرول اذ ان اضافة السلينيوم يزيد من تركيز التوكوفيرول (جدول 4) والذي له دور في حماية الاغشية الخلوية من التفاعل المتسلسل للجذور الحرة في اكسدة الدهون المفسفرة ومن ثم حماية النظام الغشائي والثغري (Afzal و اخرين، 2016). اظهرت النتائج وجود فروق معنوية في التداخل الثنائي بين تراكيز كل من الزنك والسلينيوم على خفض المتوسطات بزيادة تركيز العاملين اعلاه اذ انخفض المتوسط من 0.030 مل.سم<sup>2</sup> ساعة<sup>-1</sup> عند عدم رش العاملين الى 0.017 مل.سم<sup>2</sup> ساعة<sup>-1</sup> عند رش العاملين بأعلى تركيزين (Zn40 + Se6) ملغم. لتر<sup>-1</sup> بنسبة زيادة بلغت 76.47% ، ان عنصر الزنك يسهم في زيادة ايض البروتينات ، ويشترك في تنشيط اكثر من 300 انزيم ولاسيما تلك التي تتعلق بإنتاج الاحماض النووية في الخلية (Taiz و Zeiger، 2010) وهذا يعمل على زيادة بعض الاحماض الامينية المتكونة في ظروف الاجهاد التي يعمل على التعديل الازموزي بين الساييتوبلازم والفجوات داخل الخلية وضمان استمرار دخول الماء الى النبات وهذامن شأنه الحفاظ على انتفاخ الخلية ويعمل كعامل وقائي للانزيمات ويحافظ على تركيب اغشية العضيات الخلوية و دوره في انتاج الطاقة (Gupta، 2015) ظهرت نتائج التداخل الثنائي بين مستويات الرطوبة ورش السلينيوم فروق معنوية في خفض السلينيوم لمتوسط معدل النتح تحت تأثير الاجهاد، اذ بلغ اعلى متوسط لهذا التداخل 0.031 مل.سم<sup>2</sup> ساعة<sup>-1</sup> عند عدم رش هذا العنصر ومستوى الرطوبة الاولى (W1) ، بينما اقل متوسط لهذه الصفة بلغ 0.014 مل.سم<sup>2</sup> ساعة<sup>-1</sup> عند مستوى التداخل (6 ملغم Se. لتر<sup>-1</sup> W3+). وعند مقارنة مستويات الرطوبة المنخفضة (W3) مع تراكيز السلينيوم الاربعة، نلاحظ تفوق مستوى التداخل (0 ملغم Se. لتر<sup>-1</sup> W3+) مسجلاً متوسط بلغ 0.020 مل.سم<sup>2</sup> ساعة<sup>-1</sup> بينما اقل متوسط لهذا التداخل بلغ 0.014 مل.سم<sup>2</sup> ساعة<sup>-1</sup> سجل عند التداخل (6 ملغم Se. لتر<sup>-1</sup> W3+) بنسبة زيادة معنوية بلغت 42.85% ، اذ ان Selenium له دور في حماية النظام الانزيمي المضاد للاكسدة لاسيما أنزيم الكاتليز الذي يحول جزيئات بيروكسيد الهيدروجين داخل النبات الى ماء (Drahoňovský و اخرين، 2016). وبين الجدول فروق معنوية بين تداخل مستويات الرطوبة وتركيز الزنك في متوسط هذه الصفة اذ انخفضت من 0.032 مل.سم<sup>2</sup> ساعة<sup>-1</sup> عند عدم رش الزنك ومستوى الرطوبة الاول (W1) الى 0.014 مل.سم<sup>2</sup> ساعة<sup>-1</sup> عند مستوى (40 ملغم Zn. لتر<sup>-1</sup> W3). وعند مقارنة المستويات المنخفضة للرطوبة (W3) مع التراكيز الثلاثة لرش عنصر الزنك نلاحظ تفوق مستوى التداخل (0 ملغم Zn. لتر<sup>-1</sup> W3+) على مستوى (20 ملغم Zn. لتر<sup>-1</sup> W3+) ومستوى (40 ملغم Zn. لتر<sup>-1</sup> W3) بنسبة زيادة بلغت (25.0% و 42.85%) على الترتيب. اما نتائج التداخل الثلاثي فتشير الى انخفاض قيمة هذه الصفة تحت تراكيز الزنك والسلينيوم مع انخفاض المحتوى الرطوبي للتربة اذ سجل اعلى متوسط 0.037 مل.سم<sup>2</sup> ساعة<sup>-1</sup> عند عدم رش العاملين وعند مستوى الرطوبة (W1) بينما اقل متوسط بلغ 0.013 مل.سم<sup>2</sup> ساعة<sup>-1</sup> عند مستوى التداخل (40 ملغم Zn. لتر<sup>-1</sup> + 6 ملغم Se. لتر<sup>-1</sup> W3+).

جدول (2) تأثير تراكيز السلينيوم والزنك في معدل النتح (مل.سم<sup>2</sup>.سا<sup>-1</sup>) لنبات زهرة الشمس المعرض للاجهاد المائي (متوسط موسمين زراعيين)

متوسط الزنك * والسلينيوم	مستويات الاجهاد المائي			تراكيز السلينيوم ملغم.لتر <sup>-1</sup>	تراكيز الزنك ملغم.لتر <sup>-1</sup>
	%75	%50	%25		
0.030	0.024	0.030	0.037	0	0
0.028	0.021	0.029	0.034	2	
0.025	0.019	0.027	0.031	4	
0.024	0.017	0.026	0.029	6	
0.025	0.019	0.027	0.031	0	20
0.023	0.018	0.024	0.029	2	
0.021	0.016	0.022	0.027	4	
0.02	0.014	0.021	0.025	6	
0.022	0.017	0.024	0.027	0	40
0.020	0.015	0.020	0.026	2	
0.018	0.014	0.019	0.023	4	
0.017	0.013	0.018	0.022	6	
0.001	0.017	0.023	0.028	متوسط الاجهاد المائي	
	تأثير الاجهاد المائي 0.002			LSD 0.05	
	تأثير التداخل الثلاثي 0.005				
متوسط تراكيز الزنك	تأثير متوسط الاجهاد المائي * الزنك				
	مستويات الاجهاد المائي			تراكيز الزنك ملغم.لتر <sup>-1</sup>	
	%75	%50	%25		
0.026	0.020	0.028	0.032	0	
0.022	0.016	0.023	0.028	20	
0.019	0.014	0.020	0.024	40	
0.002	0.001			LSD 0.05	
تأثير متوسط الاجهاد المائي * السلينيوم					
متوسط تراكيز السلينيوم	مستويات الاجهاد المائي			تراكيز السلينيوم ملغم.لتر <sup>-1</sup>	
	%75	%50	%25		
	0.026	0.020	0.027	0.031	0
0.023	0.018	0.024	0.029	2	
0.021	0.016	0.022	0.027	4	
0.020	0.014	0.021	0.025	6	
0.002	0.002			LSD 0.05	



## تركيز السلينيوسستين في البذور

يتضح من الجدول ( 3 ) بأنه تم رفع مستوى الرطوبة الأول ( W1 ) لان تراكيز الحامض الاميني Selenocysteine كان 0.0 لمستويات الزنك والسلينيوم المختلفة وهذا يدل على ان هذا الحامض يتكون عند ظروف الاجهاد، اذ يعد Selenocysteine من أحدث الاحماض الامينية المكتشفة ويعد Selenocysteine الحامض الاميني الحادي والعشرين لا يوجد في الطبيعة ووجوده في الكائنات الحية نادر جداً وينتج عن طريق احداث الطفرات الوراثية في الحامض النووي DNA ، ويعد هذا الحامض من ابرز مضادات الاكسدة ( Schoenmaker و اخرون ، 2016 ) سجل مستوى الرطوبة الثاني ( W2 ) متوسط قدره 6.9 مايكروغرام.مل<sup>-1</sup> بينما سجل مستوى الرطوبة الثالث ( W3 ) متوسط قدره 8.5 مايكروغرام.مل<sup>-1</sup> بنسبة زيادة معنوية بلغت 23.1 % ، اشار (Anjum و اخرون ، 2015) ان الحامض Selenocysteine لا يتكون في الطبيعة لكن وجوده مرتبط بتعرض الكائن الحي الى ظروف الاجهاد يتكون بعدها داخل هذه الكائنات، ينشأ هذا الحامض من مصدرين اما من السيلينات  $SeO_4^{2-}$  او السليينيت  $SeO_3^{2-}$  يتحول انزيم ATP-sulfurylase ( APS ) الى ( ATSe ) بعد دخول ذرة السيليوم بدل من ذرة الكبريت اذ له نصف قطر متشابه بعدها يحول انزيم Adenosyl-phosphoselenate اذ يكون عاملاً مساعداً للارتباط بين الحامض الاميني السيرين والسلينيوم وبوجود الحامض النووي tRNA الذي يشفر الى Selenocysteine بوجود أنزيم Selenocystine Synthase ، اما مصدر السيلينات فيتحول باختزال ووجود Selenogluthathione trisulfide الى سيلينيد الهيدروجين Hydrogen selenide ثم الى Selenocysteine يساهم ايضا tRNA الحامض الاميني السيرين Serine في التحول الى سيستين يوجد انزيم Cystine Synthase الذي يشبه السيستين بتكوينه بعد تبديل ذرة الكبريت بذرة السلينيوم ( Winkel و اخرون ، 2015 )

ادى رش عنصر السلينيوم على النبات الى تحفيز تمثيل الحامض الاميني Selenocystein ، اذ سجل مستوى الاضافة الرابع ( Se6 ) متوسطا بلغ 12.3 مايكروغرام.مل<sup>-1</sup> بينما اقل متوسط سجل عند عدم الرش بهذا العنصر ( Se0 ) بمتوسط بلغ 3.1 مايكروغرام.مل<sup>-1</sup> ، وعند مقارنة مستويات اضافة السلينيوم مع المستوى المنخفض للرطوبة، نلاحظ تفوق المستوى ( W3 + Se6 ) على بقية مستويات التداخل الاخرى، فعند تشبع اوراق النبات بالعنصر فضلاً عن امتصاص من قبل النسيج الكلورونكييمي الحاوي على البلاستيدات فيتفاعل معها في عملية البناء الضوئي لميل العنصر للضوء فيفسر داخل ايضا النبات الى Seleno phosphate لاسيما عند الاجهاد وزيادة الجذور الحرة ( Dimkovikj و اخرون ، 2015 ) ليدخل ضمن ايضا البروتينات المعدنية Metalloprotiens الحاوية على الاحماض الامينية المرتبطة بالسلينيوم Seleno amino acid (Kretsinger و اخرون ، 2013) . ويلاحظ من الجدول انه لم يكن للزنك تأثير معنوي على تركيز حامض Selenocysteine .

## تركيز التوكوفيرول في الاوراق النباتية

تؤكد النتائج الواردة في الجدول ( 4 ) ان الاجهاد الرطوبي حث نبات زهرة الشمس على رفع تركيز التوكوفيرول، اذ ازداد تركيز التوكوفيرول في النبات بنسب بلغت 14.0% و 25.4% عند مستوى الرطوبة الثاني والثالث من الاجهاد المائي على التوالي قياسا بالمستوى الأول منه، اذ ان التوكوفيرول هو من مضادات الأكسدة المحبة للدهون (Lipo philic)، تؤدي دور الحماية للنظام الغشائي للخلية عند حدوث الاجهاد وهذا ما جعلها جزءاً مهماً من آليات الدفاع النباتي للمحافظة على سلامة الوظيفة الطبيعية لجهاز البناء الضوئي (Basu و اخرون، 2016). يلاحظ من نتائج الجدول ( 4 ) حصول زيادة معنوية في تركيز التوكوفيرول في الاوراق النباتية عند رش النبات بعنصر الزنك بتركيز 40 ملغم. لتر<sup>-1</sup> الذي سجل متوسط 403.8 مايكروغرام. غم<sup>-1</sup> تلتها معاملة الرش بتركيز 20 ملغم. لتر<sup>-1</sup> وبلغ متوسط تركيز التوكوفيرول 294.1 مايكروغرام. غم<sup>-1</sup> قياسا بمعاملة المقارنة التي سجلت متوسط بلغ 213.3 مايكروغرام. غم<sup>-1</sup>، وقد يعزى ذلك الى دور الزنك في رفع كفاءة عملية البناء الضوئي وزيادة تراكم المواد المصنعة في النبات (Akhtar و اخرون ، 2009). ادى الرش بعنصر السلينيوم الى حصول زيادة معنوية في تركيز التوكوفيرول في الاوراق النباتية، اذ تفوق المستوى الثالث من الرش بهذا العنصر ( Se4 ) على المستوى ( Se0 ) ومستوى ( Se2 ) و ( Se6 ) بنسبة زيادة معنوية بلغت 63.2 % ، 32.9 % ، 9.1 % على الترتيب، ان ميكانيكية السلينيوم كقابليته على كونه مضادا وقائما للجذور الحرة عند تعرض النبات للاجهاد من خلال السيطرة الاليكترونية عند التعرض للضوء وتعويض الخلل الحاصل في نظام نقل الالكتروني وقابلية العنصر على السيطرة على القوة المغناطيسية للجذور الحرة يزيد من قدرة السلينيوم على كسح هذه الجذور (Shini و اخرون، 2015) .

أثرت الاضافة الخارجية بعنصري الزنك والسلينيوم ايجابيا في رفع تركيز توكوفيرول في النبات، اذ كان اعلى تركيز 504.1 مايكروغرام. غم<sup>-1</sup> وزن طري عند التداخل ( Zn40 + Se4 ) اما اقل تركيز بلغ 142.8 مايكروغرام. غم<sup>-1</sup> سجل عند مستوى عدم اضافة العنصرين.

جدول (3) تأثير تراكيز عنصر الزنك والسلينيوم في تركيز السلينيوسستين في بذور زهرة الشمس المعرضة للاجهاد المائي (مايكروغرام. مل<sup>-1</sup>). (متوسط موسمين زراعيين)

متوسط الزنك والسلينيوم *	مستويات الاجهاد المائي		تراكيز السلينيوم ملغم.لتر <sup>-1</sup>	تراكيز الزنك ملغم.لتر <sup>-1</sup>
	W3	W2		
3.2	3.9	2.5	0	0
6.3	7.1	5.6	2	
8.9	9.5	8.4	4	
12.3	13.5	11.2	6	
3.2	3.7	2.8	0	20
6.7	7.5	6.0	2	
9.0	10.0	8.0	4	
12.4	13.5	11.4	6	
3.0	3.5	2.6	0	40
6.4	7.4	5.5	2	
9.4	10.3	8.5	4	
12.2	13.4	11.0	6	
3.0	8.6	6.9	متوسط الاجهاد المائي	
	تأثير الاجهاد المائي 1.5		LSD 0.05	
	تأثير التداخل الثلاثي 2.0			
متوسط تراكيز الزنك	تأثير متوسط الاجهاد المائي * الزنك			
	مستويات الاجهاد المائي		تراكيز الزنك ملغم.لتر <sup>-1</sup>	
	W3	W2		
	7.7	8.5	6.9	0
	7.8	8.6	7.0	20
	7.7	8.6	6.9	40
N.S	N.S		LSD 0.05	
تأثير متوسط الاجهاد المائي * السلينيوم				
متوسط تراكيز السلينيوم	مستويات الاجهاد المائي		تراكيز السلينيوم ملغم.لتر <sup>-1</sup>	
	W3	W2		
	3.1	3.7	2.6	0
	6.5	7.3	5.7	2
	9.1	9.9	8.3	4
	12.3	13.4	11.2	6
1.5	2.0		LSD 0.05	

وعند مقارنة مستويات الرطوبة المنخفضة ( W3 ) مع المستويات الثلاث للرش بالزنك نلاحظ تفوق مستوى Zn40 من الرش بالزنك على مستوى Zn0 ومستوى Zn20 بنسبة زيادة بلغت 80.7% ، 30.0% على الترتيب. وعند تداخل مستويات الرطوبة المنخفضة مع تراكيز السلينيوم نلاحظ تفوق معاملة (Se4 + W3) على معاملة (Se0 + W3) ومعاملة (Se2 + W3) (معاملة (Se6 + W3) بنسبة زيادة معنوية بلغت ( 67.5% ، 38.3% ، 14.3% ) على الترتيب، اذ يشترك عنصر السلينيوم مع التوكوفيرول في حماية ايض الدهون وتنشيط التفاعل المتسلسل لهدم الاعشبة الخلوية بتأثير الاجهاد التأكسدي، كما ان السلينيوم يدخل في تركيب البروتينات التي يطلق عليها Metalloproteins اذ يدخل السلينيوم ضمن تركيبها وتتصف بأنها

ذات قدرة على تحمل الاجهاد المائي من خلال صعوبة تحليلها بواسطة انزيم البروتيز ( Hatfield واخرون، 2016 ). تبين نتائج التداخل الثلاثي بين المعاملات ( W \* Se \* Zn ) أن أعلى تركيز للتوكوفيرول وجد عند المستوى ( Se4 + Zn40 + W3 ) بلغ 543.7 مايكروغرام غم<sup>-1</sup>، بينما اقل متوسط بلغ 125.5 مايكروغرام غم<sup>-1</sup> سجل عند مستوى عدم اضافة العناصر وعند مستوى الرطوبة الاول ( W1 ). ان تقنين مستويات الاجهاد والتحكم به وتعريض النباتات لمستويات من الاجهاد يزيد من فعالية النظام المضاد للاكسدة الحيوية ومثبطات الجذور الحرة وبذلك تعد هذه الالية كوسيلة لانتاج النبات لمركبات هي بالاساس ناتج حيوي من تفاعلات معقدة داخل تركيب النبات ( Al – Khayr et al واخرون، 2016 ).

**جدول (4) تأثير تراكيز عنصري الزنك والسلينيوم في تركيز التوكوفيرول في أوراق نبات زهرة الشمس المعرضة للاجهاد المائي (مايكروغرام غم<sup>-1</sup> وزن طري ) . ( متوسط موسمين زراعيين )**

متوسط الزنك * والسلينيوم	مستويات الاجهاد المائي			تراكيز السلينيوم ملغم.لتر <sup>-1</sup>	تراكيز الزنك ملغم.لتر <sup>-1</sup>	
	%75	%50	%25			
142.8	162.7	140.3	125.5	0	0	
204.5	229.5	197.2	187.0	2		
264.7	306.0	268.0	220.2	4		
241.4	264.5	244.7	215.0	6		
240.2	268.6	233.0	219.1	0	20	
282.7	309.1	289.0	250.0	2		
341.7	415.2	336.9	273.2	4		
312.0	345.5	324.6	266.0	6		
297.5	324.0	298.5	270.0	0	40	
348.5	375.6	358.1	312.0	2		
504.1	543.7	507.2	461.5	4		
464.9	496.4	475.9	422.6	6		
6.0	336.7	306.1	268.5	متوسط الاجهاد المائي		
	تأثير الاجهاد المائي 6.5			LSD 0.05		
	تأثير التداخل الثلاثي 4.5					
متوسط تراكيز الزنك	تأثير متوسط الاجهاد المائي * الزنك				تراكيز الزنك ملغم.لتر <sup>-1</sup>	
	مستويات الاجهاد المائي			0		
	%75	%50	%25		20	
	213.3	240.6	212.5			40
	294.1	334.6	295.8			
403.8	435.0	409.9	3.5			
6.5	تأثير متوسط الاجهاد المائي * السلينيوم					
متوسط تراكيز السلينيوم	مستويات الاجهاد المائي			تراكيز السلينيوم ملغم.لتر <sup>-1</sup>		
	%75	%50			%25	0
	226.8	251.7	223.9	2		
	278.5	304.7	281.4		4	
	370.2	421.6	370.7			
339.4	368.8	348.4	301.2			
6.5	3.0			LSD 0.05		

#### تركيز حامض الاسكوريك في الاوراق النباتية

يبين الجدول ( 5 ) ازدياد معنوي لتركيز حامض الاسكوريك في الاوراق النباتية لنبات زهرة الشمس، ناشيء عن تباعد مدد الري، اذ تفوق مستوى الرطوبة الثالث ( W3 ) ( الاكثر جفافا ) على مستوى الرطوبة الاول ( W1 ) والثاني ( W2 ) ،



بنسبة زيادة معنوية بلغت 26.5% و 11.3% على الترتيب. ان زيادة تركيز حامض الاسكوربيك تؤدي الى رفع قدرة الخلايا لمقاومة الاجهاد ، اذ يعد الاسكوربيك صائداً للجذور الحرة المتولدة في ظروف الاجهاد وتعود فعاليته المضادة للاكسدة الى مجموعة Enediol ذات القدرة الاختزالية العالية ومنحه بروتون الهيدروجين الى جذر السوبر أوكسيد، وللأسكوربيك دور مهم في ايض حامض الالفلاكيوتوكوتاريك المحفز لانزيمات دورة كريبس (Gallie، 2013، Bartosz، 2014). تبين النتائج الى تفوق المعاملة الثالثة لاضافة الزنك (Zn40) معنوياً محققة اعلى متوسط لتركيز حامض الاسكوربيك في الاوراق النباتية بلغ 69.2 ملغم.كغم<sup>-1</sup>، بينما اقل متوسط كان عند مستوى (Zn0) الذي حقق متوسط بلغ 51.8 ملغم.كغم<sup>-1</sup> بنسبة زيادة معنوية بلغت 33.5%، اذ يعد الزنك من مضادات التأكسد غير الانزيمية وهو عاملٌ مساعد لانزيم Superoxid Dismutase ويتواجد هذا الانزيم في الساييتوبلازم بشكل (Cu/Zn SOD) ولهذا الانزيم دور مهم في ازالة انواع الاوكسجين الفعال Reactive Oxygen Species (ROS) (Gupta وآخرون، 2015).

كما أزداد تركيز حامض الاسكوربيك في الاوراق النباتية بزيادة اضافة السلينيوم اذ حقق مستوى الاضافة الرابع للرش (Se6) اعلى متوسط 68.8 ملغم.كغم<sup>-1</sup> مقارنة بالمستوى الاول والثاني والثالث التي حققت متوسطات بلغت (52.5، 57.5، 63.7) ملغم.كغم<sup>-1</sup> على الترتيب، اذ يصنف عنصر السلينيوم بكونه احد اقوى مضادات الاكسدة غير الانزيمية يؤدي الى تثبيط انزيمات الاكسدة مثل NADPH oxidase و FAD Protein oxidase و Iron oxidase ويفقد قوتها التحطيمية للخلايا (Drahoňovský وآخرون، 2016) حصل تداخل معنوي بين تركيز الزنك وتركيز السلينيوم في هذه الصفة، اذ كانت اعلى قيمة لتركيز حامض الاسكوربيك عند المعاملة (Se6 + Zn40) التي بلغت 77.7 ملغم.كغم<sup>-1</sup> اما اقل قيمة لتركيز حامض الاسكوربيك بلغت 44.7 ملغم.كغم<sup>-1</sup> عند عدم رش العنصرين بنسبة زيادة معنوية بلغت 73.8%، اشار (Sofa وآخرون، 2015) الى ان حامض الاسكوربيك يقوم بأعادة تدوير الكلوتاتيون المؤكسد الى مختزل بواسطة انزيم Ascorbate reductase من خلال ظاهرة تسمى Spiring Effect التي لها دور مهم في مساعدة الخلية النباتية على التغلب على الجذور الحرة المتولدة في ظروف الاجهاد. ويشير الجدول نفسه الى وجود تداخل معنوي بين مستويات الرطوبة ومستويات الرش بالزنك في هذه الصفة، اذ بلغ اعلى متوسط 75.3 ملغم.كغم<sup>-1</sup> عند المعاملة (W3 + Zn40) واقل متوسط 42.1 ملغم.كغم<sup>-1</sup> عند معاملة عدم الرش بالزنك Zn0 ومستوى الرطوبة الاول (W1)، ان زيادة الرش بالزنك ادى الى التقليل من الاثر السلبي لانخفاض الرطوبة على هذه الصفة فقد تفوق مستوى التداخل (W3 + Zn40) على مستوى (W3 + Zn0) وعلى مستوى (W3 + Zn20) بنسبة زيادة معنوية مقدارها (25.0% و 11.3%) على الترتيب، اذ يدخل الزنك في تركيب هياكل الاغشية الخلوية ويشترك في عدد من وظائفها ويساهم في حماية الخلية من التأثير الضار لتفاعلات الاوكسجين الحر Reactive Oxygen Species (Broadly، 2006). اما عن تأثير التداخل بين الرطوبة وعنصر السلينيوم فقد اعطت المعاملة (W3 + Se6) اعلى تفوق معنوي مقارنة مع بقية المعاملات اذ بلغ متوسطها 74.7 ملغم.كغم<sup>-1</sup>، في حين اعطت المعاملة (W1 + Se0) اقل متوسط بلغ 45.2 ملغم.كغم<sup>-1</sup>. وتفوق مستوى التداخل (W3 + Se6) على مستوى (W3 + Se0) بنسبة زيادة معنوية مقدارها (24.9%) اي تزداد تركيز حامض الاسكوربيك في اوراق النبات عند زيادة الرش بعنصر السلينيوم وعند المستويات الرطوبة المنخفضة، اذ ان اشترك السلينيوم في زيادة فعالية مضادات الاكسدة الانزيمية مثل (Superoxid dismutase و Peroxides و Catalase و Glutathione peroxidase) وقدرة هذا العنصر في رفع نشاط وحيوية مضادات الاكسدة غير الانزيمية مثل (Ascorbic acid و Carotenoids و Phenolic compound و Flavonoids و Vitamen E) يؤدي الى خفض تأثير شدة الاجهاد المائي من خلال تثبيط انتاج الجذور الحرة المؤكسدة وخفض فعالية الانزيمات المحللة (Chai وآخرون، 2016).

بينت النتائج وجود تداخل ثلاثي بين عوامل الدراسة في صفة تركيز حامض الاسكوربيك اذ اعطى رش العنصرين بتركيز (Se6 + Zn40) عند المستوى الرطوبي الثالث (W3) اعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 82.0 ملغم.كغم<sup>-1</sup>، في حين اعطت معاملة عدم الرش بالعنصرين عند مستوى الرطوبة الاول (W1) اقل متوسط بلغ 35.6 ملغم.كغم<sup>-1</sup>، ان معنوية التداخل تشير الى تظافر العنصرين في تحسين هذه الصفة، ان تواجد حامض الاسكوربيك بكميات كافية و بصورة حرة يستطيع عندها الانتقال بين انسجة النبات اذ ان له القدرة على كسر التفاعلات المتسلسلة للجذور الحرة من مجموعة الاوكسجين الفعالة ويحولها الى Monohydro Ascorbate (Zhang، 2013).

جدول (5) تأثير تراكيز عنصري الزنك والسلينيوم في تركيز حامض الاسكوريك في الاوراق النباتية المعرضة للاجهاد المائي (ملغم. كغم<sup>-1</sup>). (متوسط موسمين زراعيين)

متوسط الزنك * والسلينيوم	مستويات الاجهاد المائي			تراكيز السلينيوم ملغم. لتر <sup>-1</sup>	تراكيز الزنك ملغم. لتر <sup>-1</sup>
	%75	%50	%25		
44.7	52.5	46.0	35.6	0	0
48.7	57.1	50.6	38.5	2	
54.3	64.3	55.7	43.0	4	
59.5	67.2	60.1	51.4	6	
52.9	60.5	53.7	44.6	0	20
57.7	65.0	58.0	50.1	2	
64.3	70.3	64.9	57.9	4	
69.2	74.9	69.0	63.7	6	40
60.2	66.5	58.6	55.5	0	
66.4	74.0	64.5	60.7	2	
72.6	79.0	70.9	68.0	4	
77.7	82.0	77.6	73.5	6	
1.7	67.7	60.8	53.5	متوسط الاجهاد المائي	
	تأثير الاجهاد المائي 1.5			LSD 0.05	
	تأثير التداخل الثلاثي 2.5				
متوسط تراكيز الزنك	تأثير متوسط الاجهاد المائي * الزنك			تراكيز الزنك ملغم. لتر <sup>-1</sup>	
	مستويات الاجهاد المائي				
	%75	%50	%25		
51.8	60.2	53.1	42.1	0	
61.0	67.6	61.4	54.0	20	
69.2	75.3	67.9	64.4	40	
1.5	2.0			LSD 0.05	
تأثير متوسط الاجهاد المائي * السلينيوم					
متوسط تراكيز السلينيوم	مستويات الاجهاد المائي			تراكيز السلينيوم ملغم. لتر <sup>-1</sup>	
	%75	%50	%25		
52.5	59.8	52.7	45.2	0	
57.5	65.3	57.7	49.7	2	
63.7	71.2	63.8	56.3	4	
68.8	74.7	68.9	62.8	6	
1.5	2.3			LSD 0.05	

#### محتوى الماء النسبي (RWC) في أوراق النباتية

اوضحت نتائج الجدول (6) ان انخفاض المحتوى الرطوبي للتربة اثر معنويا في اخفاض محتوى الماء النسبي اذ اظهر مستوى الرطوبة W3 و W2 انخفاضا معنويا بنسبة انخفاض (12.60%، 9.92%) مقارنة مع مستوى الرطوبة الاول W1، يرجع انخفاض محتوى الماء في النبات الى انخفاض الجهد المائي للتربة وبذلك تقل مقدرة النبات على الامتصاص ومن ثم نقص محتوى الماء في الانسجة، ان محتوى الماء النسبي (RWC) في الأوراق هو مؤشر يدل على قدرة النبات على امتصاص الماء، اذ كلما قلت جاهزية الماء في الوسط الجذري قلت عملية النتج وقل محتوى الماء في الأوراق وان الكثير من العمليات الفسيولوجية المهمة كتوسع الورقة، وفتح الثغور، والبناء الضوئي تتأثر مباشرة بانخفاض الجهد الانتفاخي للورقة والتي تترافق مع فقد الماء من أنسجة الورقة (Gupta و خرون، 2015). تبين النتائج الى تفوق المستوى الثالث من الرش

بالزنك 40 ملغم Zn. لتر<sup>1</sup> على المستوى الاول والثاني لمحتوى الماء النسبي في الأوراق وبنسبة زيادة مقدارها ( 3.50 % , 5.69 % ) لمستويات الرطوبة المختلفة على الترتيب، اذ ان التغذية الجيدة بالزنك تحفز عملية التمثيل الضوئي ، لذا سوف يزداد تركيز الذائبات الناتجة من هذه العملية، الامر الذي يؤدي الى سحب الماء من الخلايا والبيئة المجاورة ( Taiz و Zeiger ، 2010 ). ادى الرش بعنصر السيلينيوم الى حصول تأثير معنوي في محتوى الماء النسبي في الاوراق النباتية، اذ تفوق مستوى الرش 4 ملغم لتر<sup>1</sup> على مستوى 0 ملغم لتر<sup>1</sup> و 2 ملغم لتر<sup>1</sup> و 6 ملغم لتر<sup>1</sup> بنسبة زيادة معنوية بلغت 9.58 % و 6.28 % و 3.83 % على الترتيب، ان السيلينيوم يرتبط مع الاحماض الامينية ليكون مركبات Seleno-amino acid تقوم بحماية الاحماض الامينية من الهدم لاسيما الكلايسين ودخوله في تركيب الكلايسين بيتاين الذي يزيد من ازموزية خلايا الجذر عند انتقاله اليها من سحب الماء والمغذيات من المحيط الخارجي لصالح خلايا الجذر في النبات ( Manaf ، 2016 ). واعطى مستوى التداخل (4 ملغم Se. لتر<sup>1</sup> + 40 ملغم Zn. لتر<sup>1</sup>) اعلى متوسط لمحتوى الماء في الورقة (84.2) % ، في حين كان اقل متوسط (72.1) % عند مستوى عدم الرش بالعنصرين وبنسبة زيادة بلغت ( 16.78 % ) ان معنوية التداخل بين العاملين تشير الى انعكاس التأثير المشترك للعنصرين في تحسين هذه الصفة ، أشار (Preedy ، 2015) ان زيادة امتصاص العناصر من التربة ورفع كفاءتها في تأدية ادوارها داخل النبات راجع الى دور السيلينيوم كمضاد أكسدة يمنع أكسدة السايبتوكرومات التي لها دور من خلال مضخة السايبتوكروم لزيادة الامتصاص العناصر الغذائية . حقق التداخل بين مستويات الرش بالزنك ومستويات الرطوبة تأثيرا معنويا في تركيز الكلوروفيل في الاوراق النباتية ، اذ تفوقت المعاملة ( Zn40 + W1 ) ( مسجلة اعلى متوسط لهذا التداخل بلغ ( 86.5 % ) بينما اقل متوسط سجل عند المستوى ( Zn 0 + W3 ) بلغ ( 71.5 % ) بنسبة زيادة بلغت ( 20.97 % ) . وفي مستويات الرطوبة المنخفضة نلاحظ تفوق معاملة ( Zn40 + W3 ) على معاملة ( Zn0 W3 ) ومعاملة ( Zn20 + W3 ) بنسبة زيادة معنوية بلغت ( 6.15 % ، 2.70 % ) على الترتيب، اذ يدخل الزنك في تركيب هياكل الاغشية الخلوية ويشترك في عدد من وظائفها ويساهم في حماية الخلية من التأثير الضار لبعض تفاعلات الاوكسجين (Akhtar و آخرون ، 2009) .

اما عن تأثير التداخل بين مستويات الرطوبة ومستويات السيلينيوم فقد اعطت المعاملة ( Se 4 + W1 ) اعلى متوسط لهذه الصفة بلغ ( 88.1 ) % بينما اقل متوسط ( 71.2 ) % سجلت عند المعاملة ( Se 0 + W 3 ) . عند المقارنة بين مستويات رش السيلينيوم مع مستوى الرطوبة المنخفضة ( W3 ) يلاحظ تفوق مستوى ( Se 4 + W 3 ) على المستويات ( Se 0 + W3 ) ، ( Se 2 + W3 ) ، ( Se 6 + W3 ) بنسبة زيادة مقدارها ( 8.00 % ، 5.48 % ، 3.63 % ) بالترتيب، اذ أن تأثير Selenium في الحفاض على المحتوى المائي للخلايا عائد الى اشتراكه مع أبيض التوكوفيرول اذ أن إضافة Selenium يزيد من تركيز التوكوفيرول والذي له دور في حماية الاغشية الخلوية من التفاعل المتسلسل للجذور الحرة في أكسدة الدهون المفسفرة ومن ثم حماية النظام الغشائي والتغري ورفع قدرتهم على الحفاظ على محتوى الماء داخل النبات عند حدوث الاجهاد ( Afzal و آخرون ، 2016 ) . بينت النتائج وجود تداخل ثلاثي بين عوامل الدراسة في هذه الصفة اذ اعطى رش العنصرين بتركيز 4 ملغم Se. لتر<sup>1</sup> + 40 ملغم Zn. لتر<sup>1</sup> ) عند المستوى الاول للرطوبة ( W1 ) اعلى متوسط لهذه الصفة بلغ ( 92.3 % ) ، في حين اعطت معاملة عدم الرش بالعنصرين عند مستوى الرطوبة الثالثة ( W3 ) اقل متوسط بلغ ( 68.5 % ) . وعند مقارنة رش العاملين مع النباتات المعاملة بمستويات منخفضة للرطوبة يتضح تفوق معنوي لمستوى ( 4 ملغم Se. لتر<sup>1</sup> + 40 ملغم Zn. لتر<sup>1</sup> + W3 ) على مستوى ( 0 ملغم Se. لتر<sup>1</sup> + 0 ملغم Zn. لتر<sup>1</sup> + W3 ) بنسبة زيادة مقدارها ( 15.91 % ) . ان نقص الماء يؤدي الى تسارع معدل العمليات الفسلجية نتيجة ارتفاع درجة حرارة النبات، فضلا عن شيخوخة الاوراق، كما ان اجهاد الجفاف يسبب صغر المسافات البيئية في خلايا النسيج المتوسط وهذا من شأنه ان يؤدي الى انخفاض كبير في الايصالية المائية لهذا النسيج فضلا عن فقدان سعة البلاستيدات وتثبيت تفاعلات الضوء لعملية التمثيل الضوئي لحد من نشاط النظام الضوئي الثاني ( PS II ) ( Gupta و آخرون ، 2015 ) .

جدول (6) تأثير تراكيز عنصري السلينيوم والزنك في محتوى الماء النسبي في الأوراق ( % ) لنبات زهرة الشمس المعرض للاجهاد المائي . ( متوسط موسمين زراعيين )

متوسط الزنك * والسلينيوم	مستويات الاجهاد المائي			تراكيز السلينيوم ملغم.لتر <sup>-1</sup>	تراكيز الزنك ملغم.لتر <sup>-1</sup>
	%75	%50	%25		
72.1	68.5	71.3	76.5	0	0
74.8	71.4	73.1	80.0	2	
78.6	74.3	76.8	84.7	4	
76.7	72.0	75.0	83.2	6	
74.3	72.0	73.0	78.0	0	20
76.0	72.5	75.8	79.7	2	
80.9	77.1	78.2	87.5	4	
77.3	74.1	76.5	81.5	6	
75.9	73.1	74.5	80.1	0	40
78.6	74.8	75.6	85.6	2	
84.2	79.4	80.9	92.3	4	
80.7	76.6	77.5	88.1	6	
3.5	73.8	75.6	83.1	متوسط الاجهاد المائي	
	تأثير الاجهاد المائي 2.7			LSD 0.05	
	تأثير التداخل الثلاثي 3.0				
متوسط تراكيز الزنك	تأثير متوسط الاجهاد المائي * الزنك			تراكيز الزنك ملغم.لتر <sup>-1</sup>	
	مستويات الاجهاد المائي				
	%75	%50	%25		
75.5	71.5	74.1	81.1	0	
77.1	73.9	75.8	81.6	20	
79.8	75.9	77.1	86.5	40	
2.7	1.9			LSD 0.05	
تأثير متوسط الاجهاد المائي * السلينيوم					
متوسط تراكيز السلينيوم	Water Stress			تراكيز السلينيوم ملغم.لتر <sup>-1</sup>	
	%75	%50	%25		
74.1	71.2	72.9	78.2	0	
76.4	72.9	74.8	81.7	2	
81.2	76.9	78.6	88.1	4	
78.2	74.2	76.3	84.2	6	
2.7	1.4			LSD 0.05	

## المصادر

1. Afzal, Z.; Howton, T.C., Sun, Y. and Mukhtar, M.S.(2016). The roles of aquaporins in plant stress responses. J. Develop. Biol., 9(4):1-22.
2. Akhtar, N., M.S.M. Abdul, H. Akhter , N.M. Katrun .( 2009). Effect of planting time and micronutrient as zinc chloride on the growth, yield and oil content of Mentha piperita. Bangladesh Journal of Scientific & Industrial Research, 44(1):125-130
3. Al-Khayr, J.M. ; Jain, S. M. and Johnson, D.V. (2016). Advances in Plant Breeding Strategies: Agronomic, Abiotic and Biotic Stress Traits. Springer . Berlin . Germany. 707P.

4. Anjum , N.A ; Gill , R. , Kaushik , M. , Hasanuzzaman , M. , Pereira , E. , Ahmad , I. , Tuteja , N. and Gill, S.S. (2015). ATP-sulfurylase, sulfur-compounds, and plant stress tolerance . *Frontiers in plant Sci.*, 6(210):1-10.
5. Bartosz, G. (2014). *Food Oxidants and Antioxidants Chemical, Biological, and Functional Properties*. CRC Press, USA. 568P.
6. Basu, S. ; Ramegowda , V., Kumar, A. and Pereira, A. (2016). Plant adaptation to drought stress. *Food Res.*, 5:1-10.
7. Broadly, Martin R . Philip J . White , John p . Hammond, Ivan Elko & Alexander lux.( 2006). Zinc in Plant. Tansley review, Bratislava, Slovakia.
8. Chai, Q., ; Gan . Y. , Zhao , C. , Xu , H. , Waskom , R.M. , Niu , Y. and Siddique , K.H.M. (2016). Regulated deficit irrigation for crop production under droughtstress. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 36(3):1-21.
9. Dimkovikj , A. ; Fisher , B. , Hutchison , K. and Hoewyk , D.V. (2015). Stuck between a ROS and a hard place: Analysis of the ubiquitin proteasome pathway in selenocysteine treated *Brassica napus* reveals different toxicities during selenium assimilation . *J. Plant Physiol.*, 181: 50–54.
10. Drahoňovský, J.; Száková, J., Mestek, O., Tremlová, Kaňa, A. , Najmanová, J. and Tlustoš, P. (2016). Selenium uptake, transformation and inter-element interactions by selected wildlife plant species after foliar selenate application. *Environ. and Experim. Bot.*, 125:12-29.
11. Duca , M. (2015). *Plant Physiology*. Springer Inter. Pub., Switzerland. 315P.
12. Feng, S., Lock, A.L., and Garnsworthy, P.C. (2004). A rapid method for determining fatty acid composition of milk. *J. Dairy Sci.*, 87: 3785–3788.
13. Gallie, D.R. (2013). L-Ascorbic Acid: A Multifunctional Molecule Supporting Plant Growth and Development. *Scientifica* , 13 :1-24.
14. Gokhan, H., J.J. Hart, Y. Hong, I. Cakmak and L. Kochian,(2003). Zinc efficiency is correlated with enhanced expression and activity of zinc-requiring enzymes in wheat. *Plant Physiol.*, 131: 595-602.
15. Gupta, D.K. ; Palma , G.M. and Corpas , F.G.(2015). *Reactive Oxygen Species and Oxidative Damage in Plants Under Stress*. Springer International Publishing Switzerland. 370P.
16. Hatfield, D.L. ; Berry , M. and Gladyshev , V.N.(2016). *Selenium Its Molecular Biology and Role in Human Health..* Springer New York. 598P.
17. Hayyan , M. ; Hashim, M. A. and Al-Nashef , I. M (2016). Superoxide Ion: Generation and Chemical Implications. 116 (5): 3029 – 3085.
18. Heidari, A., Mahmoud T., Ali B. and Mohammad-Reza S.,( 2011). Effect of NaCl stress on growth ,Water relations , organic and inorganic osmolytes accumulation in sunflower (*Helianthus annuus* L.) lines. *Universal J. Environ. Res. and Tech.*, 1(3): 351-362.
19. Hussain, I., Khan; L., Khan, M. A.; Khan, F. U.; Ayaz, S. and Khan, F. U. (2010). UV Spectrophotometric analysis profile of ascorbic acid in medical plants of Pakistan. *World Appl. Sci. J.*,9(7):800-803.
20. Kehrer , J.P. and Klotz , L.O.(2015). Free radicals and related reactive species as mediators of tissue injury and disease: implications for Health. *Crit. Rev. Toxicol.*, 45(9):765-798.
21. Kretsinger, R.H.; Uversky,V.N. and Permyakov, E.A. (2013). *Encyclopedia of Metalloproteins* . Springer Science Business Media, New York.
22. Manaf, H.H. (2016). Beneficial effects of exogenous selenium, glycinebetaine and seaweed extract on salt stressed cowpea plant. *Ann. Agri. Sci.*, 61(1): 41–48.
23. Marschner, P. (2012). *Marschner’s Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3rd Edit., Elsevier. UK. 672P.
24. Masuzawa , T. ; Saito , I., Yamada, T., Onishi, M., Yamaguchi, H., Suzuki, Y., Oonuki , K., Kato , N., Ogawa K.(2013). Development of an amorphous Selenium-Based photodetector Driven by a diamond cold cathode. *J. sensors* , 13, 13744-13778.

25. Nunes-Silva, A. and Freitas-Lima, L.C. (2015). The association between physical exercise and reactive oxygen species (ROS) production. *J. of Sport Med., and Doping Studies*.5(152) : 1-7.
26. Page, A.I. (1982). *Methods of Soil analysis Part 2. Chemical and Microbiological properties*. Amer. Soc. Agron. Midison Wisconsin. USA.
27. Pal, A.; Shirodkar, S.N., Gohil , S., Ghosh, S., Waghmare, U.V. and Ayyub,P. (2013). Multiferoic behavior in elemental Selenium below 40 K: effect of electronic topology. *Sci. Rep.*, 3:1-7.
28. Rosenberg, H.R. (1992). *Chemistry and Physiology of Vitamins*. Interscience Publishers, Inc., New York.
29. Preedy, V.R. (2015). *Selenium Chemistry, Analysis, Function and Effects*. Royal Soc. of Chem., Cambridge. Uk. 642P.
30. Schoenmakers, E.; Carlson, B., Agostini, M., Moran, C.; Rajanayagam, O. , Bochukova, E. , Tobe, R. , Peat, R. and Gevers, E. and Muntoni, F. (2016). Mutation in human selenocysteine transfer RNA selectively disrupts selenoprotein synthesis. *J. Clinic. Inves.*, 126(3) : 992 – 992.
31. Shimosawa , T. , and Okano , K.(2013). Development of an amorphous Selenium-Based photodetector Driven by a diamond cold cathode. *J. sensors* , 13, 13744-13778.
32. Shini, S.; Sultan , A. and Bryden , W.L. (2015). Selenium Biochemistry and Bioavailability: Implications for Animal Agriculture . *Agri.*, 5: 1277-1288.
33. Sies, H. and Brigelius-Flohe, R. (2016). *Diversity of Selenium Functions in Health and Diseases*. CRC Press. USA. 430P.
34. -Sillanpaa, M.( 1990). *Micronutrient assessment at the country level: An International Study; FAO Soils Bulletin 63*. Food and Agriculture Organization: Rome
35. Sofo, A.; Scopa, A., Nuzzaci, M. and Vitti, A. (2015) . Ascorbate peroxidase and catalase activities and their genetic regulation in plants subjected to drought and salinity Stresses . *Int. J. Mol. Sci.*, 16: 13561-13578.
36. Steffens, B.; Steffen-Heins, A. and Sauter, M. (2013). Reactive oxygen species mediate growth and death in submerged plants. *Front. Plant Sci.*, 4(179) :1- 7 .
37. Suzuki, M. T. Takahshi, S. Tsukamoto, S. Watanabe, J. Matsuhashi, N. Yazaki, S. Kishimoto, H. Kikuchi, S. Mori , and N. K. Nishizawa. (2006). Biosynthesis and secretion of mugineic acid family phytosiderophores in zinc- deficient barley. *Plant J*. 48: 85- 97.
38. Taiz ,L. and E. Zeiger.(2010) . *Plant Physiology*. 5th (ed.), Sianauer Associates , aSunderland, UK :p 629.
39. Weidinger, A. and Kozlov, A.V. (2015). Biological activities of reactive oxygen and nitrogen species :oxidative stress versus signal transduction *Biomolecules*. 5(2):472-484.
40. Winkel , L.H.E.; Vriens, B., Jones, G.D. , Schneider, L.S., Smits, E.P. and Bañuelos , G.S. (2015). Selenium cycling across soil-plant-atmosphere interfaces: a critical review. *J. Nutrients*, 7: 4199-4239.
41. Zhang, Y. (2013). *Ascorbic Acid in Plants , Biosynthesis, Regulation and Enhancement*. Springer, Berlin, Germany. 117P.