تقييم استجابة بعض طرز الشعير (*Hordeum vulgare* L.) تحت ظروف الإجهاد الملحي في الليزيميترات

ديمن طاهر* **سلام لاوند****

أيمن الشحاذة العودة***

الملخص

نُفذت التجربة في البيت الزجاجي التابع لمركز المكافحة الحيوية في كلية الزراعة بجامعة دمشق، خلال الموسم الزراعي 2019– 2020، بهدف تقييم استجابة ستة طرز وراثية من الشعير (H17 ، H9، H20، عربي أسود، فرات6، فرات7) لتحمل الإجهاد الملحي في الليزيمترات اعتماداً على بعض الصفات الفيزيولوجية والبيوكميائية. نُفذت التجربة وفق التصميم العشوائي البسيط، بمعدّل ثلاثة مكررات لكل معاملة. كان متوسط محتوى الماء النسبي في الأوراق الأعلى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون إجهاد ملحي) لدى الطرازين الوراثيين فرات6، وH9 (89.87، 88.91 % على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند المعاملة 200 mM NaCl لدى الطرز H17، فرات7، وH20 (79.07، 77.92، 73.56% على التوالي). وكان متوسط نسبة الذائبات المتسربة عبر الأغشية السيتوبلاسمية الأعلى معنوياً عند معاملة المستوى الملحي الأعلى لدى الطرز الوراثية H9، H17، وفرات7، وعربي أسود وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (87.85، 86.85، 83.35، 74.05% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون إجهاد ملحي) لدى

*طالبة دكتوراه في قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

**أستاذ مساعد في قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

***أستاذ في قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

الطرز الوراثية عربي أسود، H9، وH20 وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (44.40، 46.11، 48.91% على التوالي). وكان متوسط محتوى البرولين في الأوراق الأعلى معنوياً عند المستوى الملحي الأعلى (NaCl 200 mM) لدى الطرز الوراثية فرات6، H20، وعربي أسود وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (2.825، 2.707، 2.497 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ مادة خضراء على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد لدى جميع الطرز الطرز الوراثية وبدون فروقاتٍ معنوية بينها. وكان متوسط محتوى نسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم الأعلى معنوياً لدى معاملة الشاهد لدى الطرز الوراثية H9، وعربي أسود، H20 وبدون فروقات معنوية بينها (7.28، 6.77، 5.30 على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند المعاملة 200 mM NaCl، لدى الطرز الوراثية H20، وفرات7، وH9 وبدون فروقاتٍ معنوية بينها(0.41، 0.60، 0.96 على التوالي). عموماً، يُلاحظ أنَّ الأصناف والسلالات التي حافظت على قيمٍ مرتفعة نسبياً من محتوى الماء النسبي في الأوراق، مثل فرات6، وعربي أسود، وH20، قد تمكّنت من تصنيع وتجميع كمية أعلى معنوياً من البرولين في الأوراق، وحافظت على سلامة الأغشية السيتوبلاسمية بشكلٍ أفضل، ونسبةٍ مرتفعة من شوارد البوتاسيوم إلى الصوديوم، ما يدل على أهمية هذه الصفات في تحسين مستوى التحمل للإجهاد الملحي.

الكلمات المفتاحية: الشعير، الإجهاد الملحي، محتوى الماء النسبي، سلامة الأغشية الخلوية، البرولين.

Evaluating the Response of Some Barley (*Hordeum vulgare* L.) Genotypes to Salinity Stress Conditions in Lysimeters

Daiman Taher* **Salam Lawand****
Ayman Shehada AL-Ouda***

Abstract

The experiment was carried out in the greenhouse of the Center for Biological Control at the Faculty of Agriculture, Damascus University, during the growing season 2019-2020, in order to evaluate the response of six barley genotypes (H17, H9, H20, Arabi Aswad, Furat6, Furat7) for NaCl–induced salinity stress tolerance in lysimeters, depending on some physiological and biochemical traits. The experiment was conducted according to simple randomized block design with three replications. Results showed that the average relative water content was significantly higher in the control (without salt stress) for the barley genotypes Furat6 and H9 (89.87 and 88.91%, respectively), while it was significantly the lowest in the 200 mM NaCl salinity stress treatment for the genotypes H17, Furat7 and H20 (79.07, 77.92, 73.56% respectively). The average percentage of solutes leaked through the cytoplasmic membranes was significantly the highest of in the higher salinity level for the genotypes H9, H17, Furat7, and Arabi Aswad without significant differences among them (87.85, 86.85, 83.35, 74.05%, respectively). However, it was significantly the lowest in the

* PhD. Degree student at Field Crops Department, Faculty of Agriculture, Damascus University.
** Assistant Professor at Field Crops Department, Faculty of Agriculture, Damascus University.
*** Professor Dr. at Field Crops Department, Faculty of Agriculture, Damascus University.

control treatment for the genotypes Arabi Aswad, H9, and H20 without significant differences among them (44.40, 46.11 and 48.91%, respectively). The average proline content was significantly the highest in the higher salinity level (200 mM NaCl) for the genotypes Furat6, H20, and Arabi Aswad without significant differences among them (2.825, 2.707, and 2.497 μg. g^{-1} green matter respectively), while it was significantly the lowest in the control for all the remaining studied barley genotypes without significant differences among them. The average of potassium to sodium ratio was significantly the highest in the control for H9, Arabi Aswad and H20 genotypes without significant differences among them (7.28, 6.77 and 5.30 respectively). While it was significantly the lowest when the treatment investigated salinity stress level (200 mM NaCl) for the genotypes H20, Furat7 and H9 without significant differences among them (0.41, 0.60, and 0.96 respectively). Generally, it has been found that the genotypes Furat6, Araby Aswad and H20 could maintain relatively high values of relative water content in the leaves, and were capable of producing significantly higher amount of proline and maintained the integrity of the cytoplasmic membranes and a high percentage. From potassium to sodium ratio, indicating the importance of these traits in improving tolerance to salt stress.

Key words: Salinity stress, Relative water content, Membrane integrity, Proline, Barley.

المقدمة:

تتميز نباتات الشعير Barley (*Hordeum vulgare* L.) بمقدرة عالية على التكيف Wide adaptability ضمن مدىً واسع من البيئات، وقد ساعدت برامج التربية والتحسين الوراثي، وعمليات الانتخاب Selection، والزراعات الموسعة في إنتاج الآلاف من الأصناف التجارية (Von Bothmer، 1991؛ Jamil وزملاؤه، 2011). ويحتل محصول الشعير المرتبة الرابعة ضمن لائحة المحاصيل الحبية Cereals في العالم، ويأتي من حيث الأهمية الاقتصادية، والمساحة، والإنتاج بعد محاصيل القمح Wheat (*Triticum ssp.*)، والرز Rice (*Oryza sativa* L.)، والذرة الصفراء Corn (*Zea mays* L.) (Martin وزملاؤه، 2006). ويُعد الشعير من المحاصيل المهمة في آسيا، وأفريقيا، وأمريكا، وأوروبا، حيث وصلت المساحة المزروعة بمحصول الشعير عالمياً إلى قرابة 47.01 مليون هكتاراً، حيث يُعد الشعير من محاصيل الحبوب الصغيرة العلفية المهمة جداً، الذي تنجح زراعته في المناطق الجافة وشبه الجافة (Ceccarelli، 1994؛ FAOStat، 2018).

يفقد العالم سنوياً قرابة عشرة ملايين هكتاراً من الأراضي الصالحة للزراعة، بسبب التملح Salinization، وقد وصلت مساحة الأراضي المتملحة على وجه البسيطة إلى نحو 954 مليون هكتاراً، ويمكن أن ترتفع ملوحة التربة إلى مستوىً يتعذر معه زراعة الأنواع المحصولية المختلفة. وتُسبب الملوحة تراجعاً في إنتاجية العديد من الأنواع المحصولية المزروعة في البيئات الجافة وشبه الجافة في العالم، وبخاصةٍ تحت ظروف الزراعة المطرية عندما يكون معدّل الهطول المطري السنوي غير كافٍ لتأمين احتياجات غسيل الأملاح الزائدة وصرفها بعيداً عن منطقة انتشار الجذور (Rengasamy، 2006). وتؤثر الملوحة في نحو 6% من إجمال المساحة المزروعة عالمياً (Shrivastava و Kumar، 2015)، حيث تشمل 20% من الأراضي الصالحة للزراعة، و33% من الأراضي المروية (Machado و Serralheiro، 2017؛ Kuang وزملاؤه، 2019؛ Safdar وزملاؤه،

2019). وتُسبب الملوحة Salinity تدني في إنتاجية الأنواع المحصولية المزروعة تُقدر بنحو 20% (Ashraf و Harris، 2005؛ Pirasteh-Anosheh، 2016). وتزداد مساحة الأراضي الزراعية المتأثرة بالملوحة سنوياً بنحو 10 ملايين هكتاراً، بسبب اتباع الطرائق الخاطئة بالري (الري بالغمر والتطويف) (Pimentel وزملاؤه، 2004)، واستعمال مياه ذات نوعية سيئة، تحتوي على نسبةٍ مرتفعة من الأملاح الذوّابة Soluble salts (Machado و Serralheiro، 2017)، واعتماد نظم الزراعة المكثفة مع غياب الصرف العميق والفعّال، والتغيرات المناخية (Isayenkov، 2019). واذا ما استمرت هذه الممارسات غير السليمة، ولم تتم السيطرة على تملح الأراضي الزراعية باعتماد الطرائق الحيوية المستدامة، فسوف تزداد مساحة الأراضي المتأثرة بالملوحة لتصل إلى أكثر من 50% من إجمالي المساحة المزروعة في العالم وذلك بحلول عام 2050 (Emam وزملاؤه، 2013).

تتعرض النباتات لأربعة أنواع من الإجهادات تحت تأثير الإجهاد الملحي: الإجهاد الحلولي Osmotic stress، حيث تقلل الملوحة من معدّل امتصاص المياه من قبل جذور النباتات، بسبب تقليل فرق التدرج في الجهد المائي، حيث تعمل جزيئات الملح على مسك جزيئات الماء مقللةً بذلك من كمية المياه المتاحة في منطقة انتشار الجذور، فتفشل النباتات في امصص كميةٍ من المياه تكفي لتعويض الماه المفقودة بالنتح، فتتعرض خلايا الأجزاء الهوائية إلى ظروف العجز المائي Water deficit، فيتراجع ضغط الامتلاء، وتتراجع الناقلية المسامية Stomatal conductance، ما يؤثر سلباً في معدّل انتشار غاز الفحم (CO_2) أثناء عملية التبادل الغازي عن طريق المسامات (Munns و Tester، 2008). والسمية الأيونية النوعية Specific ionic toxicity: حيث يمكن أن تصل كمية الشوارد المعدنية الضّارة الممتصة (Na^+، Cl^-) إلى مستويات مرتفعة سامّة في السيتوبلاسما، ما لم يتم احتجازها ضمن الفجوات (Nawaz، 2007). وإجهاد اختلال التغذية المعدنية Nutrient imbalance: حيث تقلل الأملاح من معدّل امتصاص العناصر المعدنية الأخرى المفيدة

لحياة الخلايا النباتية (K^+، Ca^{++}، Mg^{++}، NO_3^-، $NH4^+$) (Nawaz، 2007). وتزيد الملوحة من الإجهاد التأكسدي Oxidative stress: حيث يسبب الاجهاد الملحي إنتاج جذور الأوكسجين الحرة (النشطة)، مثل H_2O_2، $O_2^{\bullet}$ ، O_2^{1}، $OH^{\bullet}$، التي تخرب الأغشية السيتوبلاسمية وتؤدي إلى موت الخلايا النباتية (Hernández وزملاؤه، 2001). عموماً، يوجد تباين وراثي Genetic variation كبير في درجة تحمل الملوحة بين الأنواع النباتية، والأصناف التابعة حتى للنوع النباتي نفسه (Ashraf، 2009)، ولكن حتى في الأنواع النباتية غير المتحملة بشكلٍ كبير للملوحة، فإنّ هناك تباين وراثي في مستوى التحمل، ما يُشير إلى إمكانية تحسين تحمل مثل هذه الأنواع النباتية للإجهاد الملحي من خلال تجميع الصفات المرتبطة بالتحمل في الطرز الوراثية غير المتحملة وذات الكفاءة الإنتاجية المرتفعة (Allen، 1995؛ Anosheh وزملاؤه، 2011). وتُعد عملية تطوير طرز وراثية متحملة للملوحة من القضايا المهمة لكلٍ من عملية استصلاح Remediation الأراضي المتأثرة بالملوحة، وتلبية الاحتياجات السكانية الغذائية، من خلال المحافظة على إنتاجية محاصيل الحبوب في البيئات المتأثرة بالملوحة، الأمر الذي يمكن أن يُسهم في زيادة الإنتاج الزراعي من خلال التوسع في الزراعة باستثمار الأراضي الهامشية Marginal areas. ووفقاً للتعريف المعياري للتربة المتملحة، فهي التربة التي تكون الناقلية الكهربائية (EC_e) لمحلول عجينتها المشبعة أكبر من $4\ dS.m^{-1}$ عند درجة الحرارة 25Ċ، وهو ما يُعادل نحو 40 mM من ملح كلوريد الصوديوم (NaCl) ويولد ضغطاً حلولياً يعادل نحو 0.2− MPa (Munns وTester، 2008).

هدف البحث:

يهدف البحث الى تقييم التباين الوراثي في استجابة ستة طرز وراثية الشعير لظروف الإجهاد الملحي في الزراعة بالليزيميترات، اعتماداً على بعض الصفات الفيزيولوجية والبيوكيميائية.

مواد البحث وطرائقه:

المادة النباتية Plant material: نُفذت الدراسة على ستة طرزٍ وراثيةٍ من الشعير، تمّ الحصول عليها من الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية الجدول (الجدول1).

الجدول (1): الطرز الوراثية من الشعير المعتمدة في الدراسة.

الطراز	رمز السلالة	النسب
H9	سلالة عارية- GSCAR7772	PENCO/CHEVRON-BAR/3/LEGACY//PENCO/CHEVRON-BAR CBSS05Y00202S-37Y-0M-0Y-OM-4AP
H17	GSCAR7773	Arabi Abiad X IC-9 H4:013-SAB-4A6
H20	GSCAR7770	Arabi Abiad X IC-9 H2:013-SAB-4A14/2
فرات7	فرات7- صنف معتمد لمنطقة الاستقرار الثالثة (الحسكة وحلب)- 2002	يقدّر عدد الأيام حتى الإسبال بنحو 111 يوماً، وعدد الأيام حتى النضج بنحو 163 يوماً، وارتفاع النبات قرابة 63 سم، ولون الحبة أسود، ونمط السنبلة ثنائي الصف، ومتوسط الإنتاجية قرابة 1850 كغ . هكتار-1، ويجود في منطقة الاستقرار الثالثة. والصنف حسّاس للرقاد ومقاوم للصقيع.
فرات6	فرات6- صنف معتمد لمنطقة الاستقرار الثانية(رقة-حلب-إدلب-حماة-درعا)-2004	يقدّر عدد الأيام حتى الإسبال بنحو 108 يوماً، وعدد الأيام حتى النضج بنحو 140 يوماً، وارتفاع النبات قرابة 57 سم، ولون الحبة أبيض، ونمط السنبلة ثنائي الصف، ومتوسط الإنتاجية قرابة 2435 كغ . هكتار-1، ويجود في منطقة الاستقرار الثانية. والصنف متوسط الحسّاسية للرقاد والصقيع.
عربي أسود	عربي أسود- صنف محلي	يقدّر عدد الأيام حتى الإسبال بنحو 130 يوماً، وعدد الأيام حتى النضج بنحو 160 يوماً، وارتفاع النبات قرابة 75 – 85 سم، ولون الحبة أسود، ونمط السنبلة ثنائي الصف، ومتوسط الإنتاجية قرابة 2370 كغ . هكتار-1، ويجود في منطقة الاستقرار الثالثة. والصنف حسّاس للرقاد والصقيع.

مكان تنفيذ التجربة:Site of experimentation: تمّ تنفيذ التجربة في البيت الزجاجي التابع لمركز المكافحة الحيوية ، في كلية الزراعة، بجامعة دمشق.

طريقة العمل Experiment procedure: تمّت زراعة بذور الشعير من مختلف الأصناف والطرز الوراثية المتباينة في الاستجابة، في الليزيميترات (50×40×30 سم) المملوءة بالرمل والخفان بنسبة $\frac{1}{3}:\frac{2}{3}$ على التوالي. وتُركت مسافة 10 سم بين السطر والآخر، و5 سم بين النباتات ضمن السطر نفسه (بطول 50 سم، بواقع 10 بذرة في السطر الواحد)، وزرع في كل حوض طرازان وراثيان مختلفان بمعدل سطرين لكل طراز، وبواقع ثلاثة مكررات. وخضع ترتيب طرز الشعير المدروسة في كل حوض إلى مبدأ العشوائية الكاملة. ورويت الأحواض بالماء العادي من تاريخ الزراعة إلى حين اكتمال عملية الإنبات وأصبحت البادرات بعمر 25 يوماً، ثم طُبق مباشرةً الإجهاد الملحي حيث أعطيت البادرات الوقت الكافي للتأقلم مع البيئة الجديدة. واستخدم في هذه التجربة مستويين ملحيين (150، 200 ميللي مولر من NaCl)، بالإضافة إلى معاملة الشاهد (ماء حنفية عادي) (EC_w= 0.3dS.m^{-1})، وبمعدل ثلاثة أحواض لكل معاملة. وتمّت إضافة المياه والمحاليل الملحية المختلفة من كل معاملة بمعدّل مرة واحدة كل ثلاثة أيام، وعادةً ما تسبق عملية إضافة المحاليل الملحية عملية سقاية النباتات بمحلول هوكلاند المغذي (تركيز كامل) (Hoagland و Arnon، 1950) لتأمين كامل احتياجات النباتات من العناصر المغذية الكبرى والصغرى، بسبب فقر الرمل والخفان بالعناصر المعدنية المغذية. وتمّت إضافة الماء العادي (شاهد) والمستويات الملحية المدروسة بكمياتٍ كافية (3-6 ليتر لكل ليزيمتر: حسب المرحلة التطورية) (للمحافظة على 85% من السعة حقلية)، وبمعدّل مرة واحدة كل يومين، بدءاً من تاريخ تطبيق الإجهاد الملحي خلال كامل مرحلة النمو الخضري فقط، حيث تزداد كمية المحلول الملحي والمغذي الواجب إضافتها بازدياد حجم النباتات، والاحتياجات المائية نتيجة ارتفاع درجات الحرارة،

وانخفاض الرطوبة النسبية في الوسط المحيط. كما وضعت الأحواض في البيت الزجاجي لمنع وصول الأمطار إليها.

تصميم التجربة والتحليل الإحصائي: نُفذت التجارب وفق التصميم العشوائي البسيط، وحُللت البيانات بعد جمعها وتبويبها إحصائياً باستخدام برنامج التحليل الإحصائي المُسمّى M-Stat-C لحساب قيم أقل فرق معنوي Least significant difference (L.S.D)، عند مستوى المعنوية 0.01، ومعامل التباين (CV%) بين المتغيرات المدروسة (Russell، 1991).

الصفات المدروسة Investigated traits

الصفات الفيزيولوجية والبيوكيميائية Biochemical and Physiological traits

1. محتوى الماء النسبي في الأوراق Leaf Relative Water Content (LRWC%):

تمَّ تقدير محتوى الماء النسبي في الأوراق في نهاية مرحلة النمو الخضري، حيث قُطعت ورقتان كاملتي الاستطالة عند قاعدة النصل من ثلاثة نباتات بشكلٍ عشوائي من كل طراز وراثي ومعاملة، ومكرر على حدة، ووضعت الأوراق في أكياس بلاستيكية محكمة الإغلاق للحد من فقد المياه بالتبخر– نتح، ونُقلت مباشرةً إلى المخبر، حيث سُجل الوزن الرطب للأوراق Fresh Weight (FW) في أقل من 15 دقيقة، ثمّ غُمرت الأوراق بشكلٍ كامل في الماء المقطر ضمن أنابيب اختبار مدّة 16-18 ساعة عند درجة حرارة الغرفة (20 ْم) والإضاءة الخافتة في المخبر. وجُففت الأوراق بلطف في نهاية فترة النقع لإزالة الماء الزائد العالق على سطوحها، وسُجل الوزن الرطب المشبع Turgid Weight (TW)، ثمّ وضعت الأوراق في أكياسٍ ورقية، ونُقلت إلى مجفف مسخَّن بشكلٍ مسبق على درجة حرارة (105 ْم) مدّة نصف ساعة، لقتل الأنسجة النباتية وإيقاف عملية فقد المادة الجافة بالتنفس، ثمّ خُفضت

درجة حرارة المجفف إلى (75 مْ) وتركت العينات فيه مدّة 72 ساعة، أو إلى حين الوصول إلى الوزن الجاف الثابت Dry Weight (DW) (Schonfeld و زملاؤه، 1988):

$$\text{محتوى الماء النسبي في الأوراق (\%)} = \frac{\text{الوزن الرطب للأوراق – الوزن الجاف}}{\text{الوزن الرطب المشبع – الوزن الجاف}} \times 100$$

2. سلامة الأغشية الخلوية Membrane integrity (%)/نسبة الذائبات المتسربة: أُخذت عينات أقراص ورقية من الورقتين الثانية والثالثة كاملتي الاستطالة من كل طراز وراثي ومعاملة ومكرر على حدة، وذلك في نهاية فترة النمو الخضري النشط، ووضع عدد محدد من الأقراص الورقية المأخوذة من تلك الأوراق العلوية المكتملة الاستطالة، مع مراعاة تجنب العرق الوسطي (10 أقراص بقطر 1 سم) في عبوة تحتوي على 10 مل من الماء المقطر، وتُركت العبوات على هزاز مدّة 3 ساعات، ثمّ سُجل الامتصاص الأولي للمحلول عند طول موجة 273 نانو متر باستعمال جهاز قياس الطيف الضوئي Spectrophotometer، ثمَّ نُقلت المحاليل من كل عبوة على حدة إلى أنابيب اختبار مزودة بسدادة ووضعت في حمامٍ مائي (درجة الغليان) مدّة 30 دقيقة، ثمُ سجل الامتصاص النهائي للمحلول عند طول الموجة السابقة نفسها. وحُسبت استناداً إلى ما سبق نسبة تسرب الذائبات عبر الأغشية السيتوبلاسمية في الأوراق وفق المعادلة الرياضية الآتية (Leopold وزملاؤه، 1981):

$$\text{نسبة الذائبات المتسربة (\%)} = (\text{الامتصاص الأولي/الامتصاص النهائي}) \times 100$$

3. محتوى البرولين في الأوراق Proline content (ميكرو غرام غ$^{-1}$ مادة خضراء): أُخذت عينات ورقية بوزن 100 مغ من كل طراز وراثي ومعاملة ومكرر ووضعت كل على حدة في هاون، وأُضيف إليها قليلاً من المحلول المائي لحمض سلفوساليسيليك (3%)، وسحقت العينات بمساعدة كمية قليلة من الرمل المخبري النقي، ثمّ فُصل المستخلص بواسطة جهاز الطرد المركزي (3000 دورة/دقيقة) مدّة عشرة دقائق، ثمّ جُمع محلول الاستخلاص وتمّ إكمال حجمه إلى 5 مل باستخدام حمض سلفوساليسيليك (3%)، وأُخذت من المستخلص 2 مل وأُضيفت إليها 2 مل من محلول النينهيدرين لتنشيط التفاعل (يتألف المحلول المنشط للتفاعل من1.25غ نينهيدرين + 30 مل حمض الخل الثلجي + 20 مل حمض N6 أورثوفوسفوريك)، و2 مل من حمض الخل الثلجي. ووضعت الأنابيب في حمام مائي عند درجة الغليان مدّة ساعة واحدة، ثمّ رفعت الأنابيب وبرّدت بشكلٍ مفاجئ وذلك بوضعها في وعاء يحتوي على الماء المثلج. وأُضيف فيما بعد 4 مل من التولوين لكل أنبوب اختبار، وتمَّ رج الأنابيب مدّة عشرة ثوانٍ، ثمّ تمّ قياس درجة الامتصاص عند طول موجة 520 نانو متر. ولتحديد كمية البرولين في العينة النباتية وتمّ تحضير منحنى معياري وذلك باستخدام كمياتٍ معروفة من البرولين (Bates وزملاؤه، 1973).

4. درجة الانتقائية لشوارد البوتاسيوم ضد شوارد الصوديوم Na^+/K^+ selectivity: أُخذت عينة مطحونة (0.3 غ) من كل جزء من أجزاء النبات (الساق، والأوراق، والجذور) على حدة، ومن كل طراز وراثي ومعالة ومكرر، ثمّ تمّت غربلتها بغربال قياس ثقوبه 2.2 مم، ثمّ هُضمت العينة في 10 مل من حمض الكبريت (H_2SO_4 98%)، و3 مل من الماء الأوكسجين (H_2O_2) (30%)، وتركت العينة مدّة 5 ساعات لكي تتم عملة الهضم بشكلٍ كامل للعينة، ثمّ حُسب محتوى الأنسجة النباتية من كلٍ من شوارد البوتاسيوم (K^+) والصوديوم (Na^+) بواسطة جهاز مطياف اللهب (Skoog وزملاؤه، 2000).

النتائج والمناقشة:

محتوى الماء النسبي في الأوراق (%): RWC: بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P<0.01$) في صفة محتوى الماء النسبي في الأوراق بين المستويات الملحية، والطرز الوراثية، والتفاعل المتبادل بينهما. كان متوسط محتوى الماء النسبي في الأوراق الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي فرات6 (91.13%)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية الطراز الوراثي H9 (86.98%)، ثمّ الصنف عربي أسود (85.99 %)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطراز الوراثي H20 (74.14%)، تلاه ولفروقاتٍ معنوية الصنف فرات7 (79.66%)، ثمّ الطراز الوراثي H17 (82.71%) (الجدول، 1). عموماً، يمكن أن يُعزى التباين في محتوى الماء النسبي في الأوراق بين الطرز الوراثية إلى التباين في حجم المجموعة الجذرية الفعّالة في امتصاص المياه من وسط النمو، ومساحة المسطح الورقي القابل للنتح، بالإضافة إلى التباين في حساسية المسامات لظروف الإجهاد الملحي، والتباين في معدّل تصنيع حمض الأبسيسيك (ABA) في الجذور، ومعدّل نقله عبر الأوعية الناقلة الخشبية من الجذور إلى الأوراق ليحث المسامات على الانغلاق، حيث تتناسب درجة الانغلاق طرداً مع شدّة الإجهاد الملحي في وسط النمو، ومدى حساسية المجسات المرتبطة بأغشية الخلايا الحارسة لحمض الأبسيسيك (الشحاذه العودة وزملاؤه، 2016). وكان متوسط محتوى الماء النسبي في الأوراق الأعلى معنوياً عند المعاملة 150mM NaCl (85.07%)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية عند معاملة الشاهد (بدون اجهاد ملحي) (83.01%)، في حين كان الأدنى معنوياً عند المعاملة 200 mM NaCl (82.23%) (الجدول2). عموماً، يُسهم توافر كمية كافية من المياه في منطقة انتشار الجذور في معاملة الشاهد في زيادة فرق التدرج في الجهد المائي بين التربة وخلايا المجموعة الجذرية، ما يُساعد نباتات المحصول في امتصاص كمية من المياه كافية لتعويض المياه المفقودة بالنتح، حيث تكون المسامات

مفتوحة بشكلٍ كامل، ما يؤدي إلى فقد كمية أكبر من المياه بالمقارنة مع معاملة الإجهاد الملحي 150mM NaCl، حيث يؤدي تدني فرق التدرج في الجهد المائي بسبب وجود الأملاح إلى تراجع معدّل امتصاص المياه، ما يدفع النباتات إلى تقليل الناقلية المسامية، ما يحد من عملية فقد المياه بالنتح والمحافظة على قيمٍ أعلى من محتوى الماء النسبي في الأوراق بالمقارنة مع الشاهد، أو يمكن أن يُسهم وجود تركيز منخفض نسبياً من الأملاح في وسط النمو إلى امتصاصها من قبل جذور النباتات والاستفادة منها في آلية التعديل الحلولي داخل خلايا النبات، ما يزيد من فرق التدرج في الجهد المائي بين وسط النمو والنبات، فيزداد جرّاء ذلك معدّل امتصاص الماء بكميةٍ أكبر ويترافق ذلك مع تراجع الناقلية المسامية، وتقليل معدّل النتح، ما يؤدي إلى ارتفاع محتوى الماء النسبي في الأوراق، ولكن يؤدي ارتفاع تركيز الأملاح بشكلٍ كبير (200mM NaCl) إلى تراجع فرق التدرج في الجهد المائي بين وسط النمو والنبات بشكلٍ كبير، ما يؤدي إلى تراجع معدّل امتصاص المياه، وتُصبح كمية المياه الممتصة غير كافية لتعويض المياه المفقودة بالنتح، ما يؤدي إلى تعرّض الأوراق إلى العجز المائي، المتمثل بتراجع محتوى الماء النسبي فيها. ويُلاحظ بالنسبة للتفاعل بين معاملات الإجهاد الملحي والطرز الوراثية، أنَّ متوسط محتوى الماء النسبي في الأوراق كان الأعلى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون إجهاد ملحي) لدى الطرز الوراثية فرات6، H9 وفرات7 (89.87، 88.91، 85.07 % على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند المعاملة 200 mM NaCl لدى الطرز H17، فرات7 وH20 (79.07، 77.92، 73.56% على التوالي) (الجدول2).

الجدول (2): تأثير مستويات ملحية مختلفة في متوسط محتوى الماء النسبي في الأوراق (%) لدى طرز الشعير.

الطرز الوراثية	المعاملات (mM NaCl)			متوسط الطرز الوراثية
	الشاهد	150	200	
H17	82.49	92.09	73.56	^{D}82.71
H9	88.91	86.12	85.90	^{B}86.98
عربي أسود	81.43	87.05	89.52	^{C}85.99
فرات6	89.87	96.10	87.43	^{A}91.13
فرات7	85.07	74.83	79.07	^{F}79.66
H20	70.26	74.24	77.92	^{G}74.14
المتوسط	^{B}83.01	^{A}85.07	^{C}82.23	-
المتغير الإحصائي	المستويات الملحية	الطرز الوراثية	التفاعل	
LSD (0.01)	0.59	0.85	0.99	
CV(%)	2.56			

تُشير الحروف المتماثلة على مستوى الأعمدة والصفوف إلى عدم وجود فروقاتٍ معنوية بين المتوسطات عند مستوى معنوية 0.01.

سلامة الأغشية الخلوية/نسبة الذائبات المتسربة (سلامة الأغشية الخلوية) (%): بيِّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P<0.01$) في صفة سلامة الأغشية الخلوية (نسبة الذائبات المتسربة عبر الأغشية السيتوبلاسمية) بين المستويات الملحية، والطرز الوراثية، والتفاعل المتبادل بينهما. كان نسبة الذائبات المتسربة عبر الأغشية الخلوية الأعلى معنوياً لدى الطرز الوراثية H17، H9، وفرات7 وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (77.63، 72.97، 72.71% على التوالي، تلاها وبفروقاتٍ معنوية الصنف عربي أسود، والطراز الوراثي H20 وبدون فروقات معنوية بينهما (62.00، 57.23% على التوالي)، في حين

كانت الأدنى معنوياً لدى الطراز الوراثي فرات6 (53.59%) (الجدول، 3). ويُلاحظ أنّ نسبة الذائبات المتسربة عبر الأغشية السيتوبلاسمية قد ازدادت طرداً مع زيادة تركيز الأملاح في وسط النمو، حيث كان متوسط نسبة الذائبات المتسربة عبر الأغشية السيتوبلاسمية الأعلى معنوياً عن المستوى الملحي الأعلى (200 mM NaCl) (75.40%)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون اجهاد ملحي) (52.68%)، تلاها وبفروقاتٍ معنوية عند المعاملة 150mM NaCl (69.98%) الجدول، 2). ويُلاحظ بالنسبة للتفاعل بين معاملات الإجهاد الملحي والطرز الوراثية، أنَّ متوسط نسبة الذائبات المتسربة عبر الأغشية السيتوبلاسمية كان الأعلى معنوياً عند معاملة المستوى الملحي الأعلى (200 mM NaCl) لدى الطرز الوراثية H9، H17، وفرات7، وعربي أسود وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (87.50، 86.85، 83.35، 74.05% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون إجهاد ملحي) لدى الطرز الوراثية عربي أسود، H9، وH20 وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (44.40، 46.11، 48.91% على التوالي) (الجدول، 2). يُلاحظ أنَّ الطرز الوراثية التي كان لديها محتوى الماء النسبي في الأوراق مرتفع نسبياً، كانت نسبة تسرب الذائبات فيها الأدنى معنوياً، مثل فرات6، وعربي أسود، H20، بالمقارنة مع الطرز الوراثية التي كان فيها متوسط محتوى الماء النسبي في الأوراق الأدنى معنوياً، مثل فرات7، وH17، ما يُشير إلى أهمية المحافظة على محتوى الخلايا النباتية المائي لضمان استقرار Stability الأغشية السيتوبلاسمية وسلامتها، حيث تُعبّر نسبة الذائبات المتسربة عن مقدار الضرر الحاصل في الأغشية الحيوية بفعل الإجهاد الملحي (التأثير الحلولي + السمية الأيونية)، حيث يؤدي ذلك إلى استبدال وتخريب البروتينات الداخلة في تركيب الأغشية السيتوبلاسمية، وأكسدة المواد الدهنية المفسفرة بفعل الجذور الحرة المتشكلة Lipid peroxidation (Smirnoff، 2000)، ما يؤدي إلى تكوين غشاء سيتوبلاسمي غني بالفجوات، وتفقد الأغشية السيتوبلاسمية خاصيتها الاصطفائية Selectivity، ويؤدي ذلك

إلى خروج العديد من الذائبات المعدنية والعضوية (K^+، أحماض عضوية، أحماض أمينية، أحماض نووية فيتامينات ..الخ) المفيدة لحياة الخلية النباتية، ويمكن بالمقابل أن تدخل بعض المواد السامة، ما يؤدي إلى موت الخلية النباتية. ويؤكد ذلك ازدياد نسبة الذائبات المتسربة طرداً مع زيادة مستوى الإجهاد الملحي في وسط النمو. عموماً، يتوقف مقدار الضرر في الأغشية السيتوبلاسمية على شدة الإجهاد الملحي ومدتهِ، وترتبط حياة الخلية النباتية بكفاءة الطراز الوراثي في المحافظة على سلامة الأغشية السيتوبلاسمية Membrane integrity ضمن ظروف الإجهاد الملحي. وتتحدد بالمقابل مقدرة نباتات الطراز الوراثي المجهدة ملحياً على استعادة النمو Recovery بعد زوال العامل البيئي المحدد للنمو (الملوحة) بنسبة الخلايا النباتية التي تبقى حية في نهاية فترة الإجهاد الملحي. إذ ترتبط المقدرة على استعادة النمو، ومن ثمَّ درجة تحمل النمط الوراثي لظروف الإجهاد الملحي، وإمكانية إعطاء غلّة حبية أعلى بكفاءته في المحافظة على استقرار أغشية خلاياه السيتوبلاسمية. ويؤدي الإجهاد الملحي إلى تخريب الأغشية السيتوبلاسمية بشكلٍ غير مباشر من خلال تقليل معدّل التمثيل الضوئي، أو معدّل تثبيت الكربون خلال تفاعلات الظلام في حلقة إرجاع الكربون الثلاثية (C_3PCR)، ما يؤدي إلى تراجع معدّل استهلاك المركبات الغنية بالطاقة المصنَّعة (ATP، NADPH)، الأمر الذي يؤدي إلى تعطيل إعادة توليد المستقبل النهائي للإلكترونات، المركب $NADP^+$ الذي يُعد بمنزلة المستقبل النهائي للإلكترونات في سلسلة انتقال الإلكترونات خلال تفاعلات الضوء، عندئذٍ يعمد الأوكسجين الجزيئي إلى تلقف هذه الإلكترونات ويتفاعل معها ليشكل جذر السوبر أوكسيد الحر $O_2^{\cdot-}$، الذي ما إنْ يتفاعل مع جذر الماء الأوكسجيني H_2O_2 ليشكل جذر الماءات الحر $OH^{\cdot}$ الذي يُعد ذو مقدرة تفاعلية عالية جداً، حيث يُهاجم المواد الدهنية الداخلة في تركيب الأغشية الحيوية السيتوبلاسمية ويعمل على تخريبها (Smirnoff، 2000).

الجدول (3): تأثير مستويات ملحية مختلفة في متوسط نسبة الذائبات المتسربة (%) لدى طرز الشعير المدروسة.

الطرز الوراثية	المعاملات (mM NaCl)			متوسط الطرز الوراثية
	الشاهد	150	200	
H17	62.63	83.48	86.85	77.63^{A}
H9	46.11	85.31	087.5	72.97^{A}
عربي أسود	4.404	7.556	4.057	62.00^{B}
فرات6	52.45	51.91	56.42	53.59^{C}
فرات7	61.63	73.15	83.35	72.71^{A}
H20	48.91	58.50	4.276	57.23^{B}
المتوسط	52.68^{C}	69.98^{B}	75.40^{A}	-
المتغير الإحصائي	المستويات الملحية	الطرز الوراثية	التفاعل	
LSD (0.01)	4.41	5.37	12.88	
CV(%)	0.53			

تُشير الحروف المتماثلة على مستوى الأعمدة والصفوف إلى عدم وجود فروقاتٍ معنوية بين المتوسطات عند مستوى معنوية 0.01.

محتوى البرولين في الأوراق (ميكرو غرام. غ$^{-1}$ مادة خضراء) Proline content: بيَّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P<0.01$) في صفة متوسط محتوى البرولين في الأوراق بين المستويات الملحية، والطرز الوراثية، والتفاعل المتبادل بينهما. كان متوسط محتوى البرولين في الأوراق الأعلى معنوياً لدى الطرز الوراثية فرات6، وعربي أسود، وH20 وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (1.885، 1.602، 1.341 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ مادة خضراء على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطرز الوراثية فرات7، وH9، و H17 وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (0.416، 0.543، 0.686 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ مادة خضراء

على التوالي) وبدون فروقات معنوية بينهما (الجدول3). ويُلاحظ أنّ محتوى البرولين في الأوراق قد ازداد بشكلٍ طردي ومعنوي مع زيادة شدّة الإجهاد الملحي في وسط النمو، حيث كان الأعلى معنوياً عند معاملة المستوى الملحي الأعلى (200 mM NaCl) (1.643ميكرو غرام. غ$^{-1}$ مادة خضراء)، تلاها وبفروقاتٍ معنوية عند معاملة المستوى الملحي 150mM NaCl (1.125 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ مادة خضراء)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون اجهاد ملحي) (0.469 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ مادة خضراء) (الجدول4). ويُلاحظ بالنسبة للتفاعل بين معاملات الإجهاد الملحي والطرز الوراثية، أنَّ متوسط محتوى البرولين في الأوراق كان الأعلى معنوياً عند المستوى الملحي الأعلى (NaCl 200 mM) لدى الطرز الوراثية فرات6، H20، وعربي أسود وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (2.825، 2.707، 2.497 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ مادة خضراء على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون إجهاد ملحي) لدى جميع الطرز الطرز الوراثية، ولدى الطراز الوراثي فرات7 عند معاملة المستوى الملحي NaCl 200 mM وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (الجدول3). عموماً، تقوم نباتات الشعير بتصنيع البرولين، تحت ظروف الإجهادات اللاأحيائية المختلفة، وبخاصةٍ الإجهادين المائي والملحي، وتُشير النتائج إلى أنَّ معدّل تصنيع هذه الذائبات العضوية التوافقية وتراكمها يزداد بازدياد وطأة الإجهاد الملحي، ويُساعد بشكلٍ عام تراكمها في سيتوبلاسم الخلايا النباتية في تحسين تحمل النباتات للإجهاد الملحي، حيث يعمل تراكم البرلين على خفض قيمة الجهد المائي داخل الخلايا النباتية (يصبح الجهد المائي أكثر سلباً) نتيجة شد جزيئات الماء، ما يزيد من فرق التدرج في الجهد المائي بين النبات والوسط المحيط، فيزداد معدّل امتصاص المياه من قبل جذور النباتات، ما يُساعد على زيادة كمية المياه الممتصة، وتصبح إلى حدٍ ما كافية لتعويض كمية المياه المنتوحة والمحافظة على جهد الامتلاء داخل الخلايا النباتية الضروري لاستمرار استطالتها، وضمان استمرار الانفتاح الجزئي للمسامات، وانتشار غاز الفحم اللازم لعملية التمثيل الضوئي

وتصنيع المادة الجافة. ويُلاحظ أنَّ الأصناف والسلالات التي حافظت على قيمٍ مرتفعة نسبياً من محتوى الماء النسبي في الأوراق، فرات6، وعربي أسود، وH20، قد تمكّنت من تصنيع وتجميع كمية أعلى معنوياً من البرولين في الأوراق. عموماً، تُسهم المحافظة على قيمٍ مرتفعة من جهد الامتلاء في خلايا الأوراق في البيئات المجهدة في استمرار عملية التبادل الغازي، التي تضمن المحافظة على استدامة اخضرار الأوراق Stay green (Cooling effect)، وانتثار غاز الفحم، ما يؤدي إلى المحافظة على معدّل التمثيل الضوئي، وتصنيع المادة الجافة وتراكمها. عموماً، يُسهم تراكم الذائبات العضوية التوافقية كالبرولين في المحافظة على ترطيب البروتوبلاسم، وبالتالي المحافظة على سلامة الأغشية السيتوبلاسمية، ومن ثمَّ حياة الخلية النباتية. وقد لُوحظ أيضاً أنَّ بعض الطرز الوراثية التي حافظت على سلامة أغشيتها السيتوبلاسمية، مثل (فرات6، H20، وعربي أسود) (التي كانت فيها نسبة الذائبات المتسربة الأدنى معنوياً) كان لديها معدّل تراكم البرولين الأعلى معنوياً، ما يُشير إلى أهمية هذه الحافظات الحلولية Osmoprotectants في المحافظة على استقرار الأغشية الخلوية وسلامتها. حقيقةً، ما هو مثبت أنَّ زيادة معدّل تصنيع البرولين تُحدد بشكلٍ كبير كفاءة الطراز الوراثي في استعادة النمو، حيث يُشكل البرولين مصدراً مهماً للطاقة والكربون، الذي يمكن أن تستعمله الخلايا النباتية في استعادة نموها عند زوال العامل البيئي (الملوحة) المحدد للنمو. وترتبط تبعاً لذلك المقدرة على استعادة النمو طرداً مع كمية الذائبات الحلولية المُصنَّعة خلال فترة الإجهادات اللاأحيائية المختلفة (AL-Ouda، 1999). ويؤدي البرولين دوراً مهماً في خفض الجهد المائي داخل الخلايا النباتية (يصبح أكثر سلباً)، ما يؤدي إلى زيادة فرق التدرج في الجهد المائي مع الوسط المحيط، وهذا يؤدي إلى زيادة معدّل تدفق المياه Water efflux إلى داخل الخلايا النباتية، بالإضافة على دوره كمصدرٍ للآزوت العضوي خلال فترة استعادة النمو بعد زوال الإجهاد.

الجدول (4): تأثير مستويات ملحية مختلفة في متوسط محتوى البرولين في الأوراق (ميكرو غرام. غ$^{-1}$ مادة خضراء) لدى طرز الشعير المدروسة.

الطرز الوراثية	المعاملات (mM NaCl)			متوسط الطرز الوراثية
	الشاهد	150	200	
H17	0.475	0.676	0.908	^{B}0.686
H9	0.485	0.551	0.594	^{B}0.543
عربي أسود	0.467	1.844	2.497	^{A}1.602
فرات6	0.395	2.437	2.825	^{A}1.885
فرات7	0.410	0.509	0.331	^{B}0.416
H20	0.584	0.733	2.707	^{A}1.341
المتوسط	^{C}0.469	^{B}1.125	^{A}1.643	-
المتغير الإحصائي	المستويات الملحية	الطرز الوراثية	التفاعل	
LSD (0.01)	0.45	0.89	1.24	
CV(%)	13.65			

تُشير الحروف المتماثلة على مستوى الأعمدة والصفوف إلى عدم وجود فروقاتٍ معنوية بين المتوسطات عند مستوى معنوية 0.01.

نسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم K^+/Na^+ ratio: بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P<0.01$) في صفة نسبة شوارد البوتاسيوم إلى شوارد الصوديوم بين المستويات الملحية، والطرز الوراثية، والتفاعل المتبادل بينهما. كان متوسط نسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي عربي أسود (3.68)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية الطرز الوراثيةH17، H20 ، وH9 وبدون فروقاتٍ معنوية فيما بينها (2.67، 2.30، 2.25 على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطرازين الوراثيين فرات7، وفرات6 وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (1.14، 1.51 على التوالي) (الجدول5). وكان متوسط نسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم الأعلى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون اجهاد ملحي) (4.47)، وانخفضت هذه النسبة بشكلٍ طردي ومعنوي مع زيادة تركيز الأملاح في

وسط النمو، حيث كانت الأدنى معنوياً عند المستوى الملحي الأعلى (200 mM NaC) (0.97)، تلاها وبفروقاتٍ معنوية معاملة المستوى الملحي 150 mM NaCl (1.83) (الجدول، 4). ويُلاحظ بالنسبة للتفاعل بين معاملات الإجهاد الملحي والطرز الوراثية، أنَّ متوسط محتوى نسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم كان الأعلى معنوياً لدى معاملة الشاهد (بدون إجهاد ملحي)، لدى الطرز الوراثية H9، وعربي أسود، وH20 وبدون فروقات معنوية بينها (7.28، 6.77، 5.30 على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند المعاملة 200 mM NaCl، لدى الطرز الوراثية H20، وفرات7، وH9 ، ولدى الطراز فرات7 عند معاملة الشاهد وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (0.41، 0.60، 0.96، 0.76 على التوالي) (الجدول5).

الجدول (5): تأثير مستويات ملحية مختلفة في متوسط نسبة K^+/Na^+ لدى طرز الشعير المدروسة.

الطرز الوراثية	المعاملات (mM NaCl)			متوسط الطرز الوراثية
	الشاهد	150	200	
H17	5.24	1.10	1.72	2.67^{B}
H9	7.28	1.51	0.96	2.25^{B}
عربي أسود	6.77	3.22	1.06	3.68^{A}
فرات6	1.54	1.91	1.07	1.51^{C}
فرات7	0.76	2.06	0.60	1.14^{C}
H20	5.30	1.18	0.41	2.30^{B}
المتوسط	4.47^{A}	1.83^{B}	0.97^{C}	–
المتغير الإحصائي	المستويات الملحية	الطرز الوراثية	التفاعل	
LSD (0.01)	0.76	0.71	1.23	
CV(%)	15.53			

تُشير الحروف المتماثلة على مستوى الأعمدة والصفوف إلى عدم وجود فروقاتٍ معنوية بين المتوسطات عند مستوى معنوية 0.01.

عموماً، توجد آليتان تُستعملان من قبل النباتات للتخلص من الأملاح الواصلة إلى الأوراق ضمن السيتوبلاسم، إمّا من خلال تجميع شوارد الأملاح خارج الخلايا في الفراغات بين الخلوية Apoplast، أو من خلال احتجازها ضمن الفجوات، كما هو الحال لدى الطرز الوراثية عربي أسود، و H17، وH20، و H9 (3.68، 2.67، 2.30، 2.25 على التوالي). ويؤدي تراكم شوارد الأملاح في الفراغات بين الخلوية إلى زيادة فرق التدرج في الجهد المائي بين داخل الخلايا وخارجها، ولتحقيق التوازن الحلولي يتحرك الماء من داخل الخلايا باتجاه الفراغات بين الخلوية ما يؤدي إلى تجفاف الخلايا Cellular dehydration، وانكماش البروتوبلاسم، وموت الخلايا بالنهائية، كما هو الحال لدى الطرازين الوراثيين فرات6، وفرات7 (1.51، 1.14 على التوالي). وتبعاً لذلك فإنّ تحمل النباتات للملوحة مرتبط بشكلٍ أكبر بمقدرتها على تجميع الشوارد الضّارة ضمن الفجوات (Rana و Mark، 2008). وإنّ شوارد الصوديوم التي تدخل إلى سيتوبلاسم الخلايا النباتية سوف تنقل إلى الفجوات من خلال الناقل البروتيني المرتبط بأغشية السيتوبلاسم أو أغشية الفجوات الذي يُسمى Na^+/H^+ antiporter. وتوجد نوعان من مضخات الهيدروجين (البروتونات) H^+ pumps في أغشية الفجوات: H^+-ATPase (V-ATPase)، Vacuolar pyrophosphatase (V-PPase) (Wang وزملاؤه،2002). عموماً، تشجع النباتات المتحملة للملوحة امتصاص شوارد البوتاسيوم (K^+) ومنع امتصاص شوارد الصوديوم (Na^+)، وهذا يُعرف اصطلاحاً بالانتقائية ضد شوارد الصوديوم Discrimination Na^+/K^+، لذلك يُعد هذا المؤشر من المعايير المهمة في انتخاب الأنواع النباتية/ الطرز الوراثية المتحملة للملوحة. عموماً، إنّ صفة التمييز ضد شوارد الصوديوم ليست بالضرورة صفة مرتبطة بتحسين التحمل للملوحة في الأنواع النباتية المتكيفة مع البيئات العذبة Glycophytes، فعلى سبيل المثال بعض أصناف الشعير المزروعة المتحملة للملوحة وأقاربها البرية لم تبدِ مثل هذه الصفة. (Rana و Mark، 2008).

الاستنتاجات:

1. لوحظ وجود تباين وراثي في استجابة طرز الشعير المدروسة لظروف لإجهاد الملحي.
2. سبّب ازدياد تركيز الأملاح (NaCl) انخفاضاً معنوياً في محتوى الأوراق المائي، في حين ازداد محتوى الأوراق من البرولين ونسبة الذائبات المتسربة عبر الأغشية السيتوبلاسمية.
3. يُعد محتوى الأوراق من البرولين من الصفات المهمة المرتبطة بالمحافظة على سلامة الأغشية السيتوبلاسمية تحت ظروف الإجهاد الملحي، حيث لوحظ أنّ سلامة الأغشية السيتوبلاسمية كانت أعلى لدى الطرز الوراثية التي صنّعت كميةٍ أكبر من البرولين.
4. تختلف الصفات المرتبطة بتحمل الإجهاد الملحي باختلاف الطرز الوراثية، وتُعد صفتي المحافظة على نسبةٍ مرتفعة من شوارد البوتاسيوم إلى الصوديوم، ومحتوى الأوراق من البرولين من أكثر الصفات المدروسة المرتبطة بتحسين مستوى التحمل للملوحة في الطرز الوراثية المدروسة.

التوصيات:

1. يُوصى بالاستفادة من الطرز الوراثية عربي أسود، وH20، وH9، وH17 منها كمادةٍ وراثية في برامج التربية والتحسين الوراثي، بهدف تحسين التحمل للإجهاد الملحي، لأنّها تمتلك العديد من الصفات المرتبطة بتحمل الملوحة.
2. تقييم أداء الطرز الوراثية المدروسة خلال كامل دورة حياة المحصول استجابة لظروف الإجهاد الملحي، لتحديد الصفات المرتبطة بتحسين التحمل للإجهاد الملحي الخاصة بكل مرحلة تطورية، وتحديد المراحل الحرجة للإجهاد الملحي.
3. دراسة التباين الوراثي في الصفات الجزيئية (كمية البروتينات الدفاعية، ونوعيتها) المرتبطة بتحسين مستوى التحمل.

المراجع References:

1. **الشحاذة العودة، أيمن؛ خيتي، مأمون؛ نصر، ريما. 2016.** فيزيولوجيا المحاصيل الحقلية، الجزء النظري، منشورات جامعة دمشق، كلية الهندسة الزراعية.
2. **AL- Ouda, A. 1999.** Genetic variability in temperature and moisture stress tolerance in sunflower hybrids : An assessment based on physiological and biochemical parameters. Ph. D. thesis submitted to Crop Physiology Dep., UAS, India.
3. **Allen, R.D. 1995.** Dissection of oxidative stress tolerance using transgenic plants. Plant Physiology, 107, 1049-1054.
4. **Anosheh HP, Sadeghi H, Emam Y, 2011**. Chemical priming with urea and KNO3 enhances maize hybrids (Zea mays L.) seed viability under abiotic stress. J Crop Sci Biotechnol, 14(4):289-295
5. **Ashraf M, 2009.** Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. Biotechnol Adv, 27(1):84-93.
6. **Ashraf M, Harris PJC, 2005**. Abiotic Stresses: Plant Resistance Through Breeding and Molecular Approaches. Haworth Press, New York, USA.
7. **Bates, L. S.; Waldren, R. P.; Teare, I. D. 1973.** Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39, 205–207.
8. **Ceccarelli S (1994)** Specific adaptation and breeding for marginal conditions. Euphytica 77:205–219
9. **Emam Y, Hosseini E, Rafiei N, et al., 2013**. Response of early growth and sodium and potassium concentration in ten barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars under salt stress conditions. Crop Physiol J, 19:5-15.
10. **FAOSTAT data. 2018**. http://apps.fao.org/faostat/deful.jsp, accessed 2018.
11. **Hernández JA, Ferrer MA, Jiménez A, et al., 2001.** Antioxidant systems and O2□ − /H_2O_2 production in the apoplast of pea leaves. its relation with salt-induced necrotic lesions in minor veins. Plant Physiol, 127(3):817-831.

12. **Hoagland DR, Arnon DI (1950)** The water culture method for growing plants without soil. College Agriculture circular No. 347, College of Agriculture, University of California, Berkele
13. **Isayenkov SV, 2019**. Genetic sources for the development of salt tolerance in crops. Plant Growth Regul, 89(1):1-17.
14. **Jamil A, Riaz S, Ashraf M, et al., 2011**. Gene expression profiling of plants under salt stress. Crit. Rev. Plant Sci., 30 (5):435-458.
15. **Kuang LH, Shen QF, Wu LY, et al., 2019**. Identification of microRNAs responding to salt stress in barley by highthroughput sequencing and degradome analysis. Environ Exp Bot, 160:59-70.
16. **Leopold, A. C.; Musgrave, M. E. and Williams, K. M. 1981.** Solute Leakage resulting from leaf desiccation. Plant Physiology 68:1222-1225.
17. **Machado, R.M.A. and Serralheiro, R.P. 2017.** Soil salinity: effect on vegetable crop growth. management practices to prevent and mitigate soil salinization. Horticulture, 3(2):30.
18. **Martin, J. H.; Walden, R. P. and Stamp, D. L. 2006.** Principle of field crop production. Pearson Education, Inc. USA
19. **Munns R. and Tester, M. 2008.** Mechanisms of salinity tolerance. Annu Rev Plant Biol, 59:651-681.
20. **Nawaz K, 2007.** Alleviation of the Adverse Effects of Salinity Stress on Maize (Zea mays L.) by Exogenous Application of Glycine Betaine. PhD Dissemination, Faculty of Sci
21. **Pimentel D Berger B Filiberto D Newton M Wolfe B Karabinakis E Clark S Poon E Abbett E Nandaopal S. 2004.** Water Resources, Agriculture, and the Environment. Ithaca (NY): New York State College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University. Report 04-1.
22. **Pirasteh-Anosheh H, Ranjbar G, Pakniyat H, et al., 2016**. Physiological mechanisms of salt stress tolerance in plants: an overview. In: Azooz MM, Ahmad P (Eds.), Plant-Environment Interaction: Responses and Approaches to Mitigate Stress. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, UK, p.141-160.

23. **Rana, M. and Mark, T. 2008.** Mechanisms of Salinity Tolerance. Annual review of plant biology, 59:651–81.
24. **Rengasamy, P. 2006.** World salinization with emphasis on Australia. Journal of Experimental Botany, 57, 1017-1023.
25. **Russell, D. F. 1991.** MSTAT, Director Crop and Soil Science Depatment (VARSION 2. 10), Michingan State Uni. U. S. A.
26. **Safdar H, Amin A, Shafiq Y, et al., 2019.** A review: impact of salinity on plant growth. Nat Sci, 17:34-40.
27. **Schonfeld, M. A., R. C. Johnson, B. F. Carver and W. D. Mornhinweg, 1988.** Water relations in winter wheat as drought resistance indicator. Crop Sci., 28: 526-531.
28. **Shrivastava, P. And Kumar, R. 2015.** Soil salinity: a serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. Saudi J. Biol. Sci., 22 (2): 123- 131.
29. **Skoog D.A., WestD.M, Holler F.J., Crouch S.R. 2000. A**nalytical Chemistry. An Introduction, 7th end. College Publishing Philadelphia, PA, USA.
30. **Smirnoff, N., Wheeler, G.L. 2000.** Ascorbic acid in plants: biosynthesis and function, Crit. Rev. Biochem. Mol. Biol. 35: 291–314.
31. **von Bothmer, R., Jacobsen N., Baden C., Jørgensen R. B., & Linde-Laursen I. (1991).** An ecogeographical study of the genus Hordeum. In: Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools 7. International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR), Rome. Wang A. Yu Z. Ding y., (2002) Genetic diversity analysis of wild close relatives of barley from Tibet and the Middle East by ISSR and SSR markers. C R Biol. 2009 Apr;332(4):393-403
32. **Wang, A.; Yu, Z. and Ding, Y. 2002.** Genetic diversity analysis of wild close relatives of barley from Tibet and the Middle East by ISSR and SSR markers. C. R. Biol. Apr., 332(4):393-403 .