غربلة بعض أصناف البطاطا(.Solanum tuberosum L) لتحمل الإجهاد الحلولي باستخدام معايير النمو في الزجاج

د. فهد البيسكي*

الملخص

نُفذتْ التجربة بهدف دراسة تأثير الإجهاد الحلولي في بعض الصفات الشكلية لدى خمسة أصناف من البطاطا المزروعة في الزجاج. تمَّ تطبيق الإجهاد الحلولي Osmotic stress بإضافة تراكيز مختلفة من السوربيتول(– 0.82، – 1.09، – 1.44، – 1.79 MPa) إلى وسط النمو. أظهرت النتائج تباين الأصناف المدروسة في استجابتها للاجهاد الحلولي. أدّت إضافة السوربيتول إلى إنخفاض جميع مؤشرات النمو بالمقارنة مع الشاهد. وأظهر التحليل العنقودي بناءً على مجموع القيم النسبية لمعايير النمو المدروسة توزع الأصناف المدروسة في ثلاث مجموعات مختلفة، ضمّت المجموعة الأولى صنفاً واحداً (Soraya) من الأصناف المتحملة للإجهاد الحلولي، وضمّت المجموعة الثانية ثلاثة أصناف متوسطة التحمل للإجهاد الحلولي، هي Faluka، Challenger ، و Tarusوضمّت المجموعة الثالثة صنفاً واحداً (Royal) من الأصناف الحسّاسة للإجهاد الحلولي. تُشير النتائج إلى إمكانية استعمال تقانة الغربلة في الزجاج كطريقةٍ سريعة وفعّالة في سبر التباين الوراثي لتحمل الإجهاد الحلولي في البطاطا.

الكلمات المفتاحية: البطاطا، الإجهاد الحلولي، السوربيتول، الزراعة في الزجاج، الغربلة.

*الهيئة العامة للتقانة الحيوية.

ScreeningofSomePotato(SolanumtuberosumL.) Varieties for Osmotic Stress Tolerance Using Growth Parameters in-vitro

fahd Albeske*

Abstract

he experiment was conducted in order to study the effect of osmotic stress on some morphological traits in five potato varieties grown in-vitro. Osmotic potential was applied by adding - 0.82, - 1.09, - 1.44, and - 1.79 MPa of sorbitol to Murashige-Skoog (MS) medium. Results revealed a genetic variability in the response of the investigated varieties for osmotic stress based. Progressive reduction in the studied parameters occurred as osmotic stress increased compared with the control. Grouping all the varieties by cluster analysis, based on the growth parameters response to osmotic stress showed three distinct groups. The Osmotic stress tolerant group, which included one variety (Soraya), the moderately osmotic stress tolerant group, included three varieties (Faluka, Challenger and Tarus) and the osmotic stress susceptible group, included one variety (Royal). These results indicated the possibility of using the screening in-vitro to evaluate the genetic variability of potato varieties for osmotic stress tolerance.

Keywords: Potato, Osmotic stress, Sorbitol, in-vitro culture, Screening.

* General Authority for Biotechnology

المقدمة

تُعد البطاطا (Solanum tuberosum L.) من أهم محاصيل الخضار في العالم، وغذاءً أساسياً لدول أوروبا والأمريكيتين والبلدان النامية. بلغ إجمالي المساحة المزروعة بالبطاطا عالمياً نحو 19463 مليون هكتاراً، والإنتاج 368 مليون طناً، والإنتاجية قرابة 1891 كغ. هكتار$^{-1}$ (FAO، 2013). تحتل البطاطا المرتبة الثانية في سورية بين محاصيل الخضار من حيث كمية الإنتاج، بعد البندورة Tomato، حيث وصل إنتاج البطاطا في سورية إلى قرابة 650 ألف طناً من مساحة 32 ألف هكتاراً(FAO، 2013). يعاني ما يقارب من ثلث اليابسة ونصف الأراضي القابلة منها للزراعة من نقص المياه Water Shortage الذي قد يصل إلى حد الجفاف Drought، الأمر الذي سبب انخفاضاً في مساحة الأراضي القابلة للزراعة بنسبة 25%، وبالتالي يُعد الإجهاد الحلولي أحد أهم العوامل المهددة للأمن الغذائي Food security في العالم (Tilman وزملاؤه، 2002؛ Kiriigwi وزملاؤه، 2004). ويُعرف تحمل الإجهاد بأنّه المقدرة، على النمو والإزهار وإعطاء عائد اقتصادي جيد في ظل الظروف البيئية غير المناسبة. وتُعرف النباتات المتحملة للإجهاد بأنّها النباتات التي تتكيف للبقاء على قيد الحياة تحت ظروف الإجهاد عن طريق تحريض استجابات شكلية وفسيولوجية وكيميائية وجزيئية مختلفة تنطوي على تغييرات عند مستوى النبات والأنسجة (Amini و Ehsanpour، 2006). يُعد الإجهاد المائي Water stress الإجهاد الرئيس الذي يحد من معدّل إنتاج المحاصيل الزراعية كافةً بما في ذلك البطاطا، حيث تؤدي الحرارة المرتفعة Heat stress، وانخفاض الرطوبة النسبية الجوية (RH%) إلى زيادة معدّل النتح Transpiration، ما يُسبب تراجعاً في الناقلية المسامية Stomatal conductance (g_s) الأمر الذي يؤثر سلباً في معدّل انتثار غاز الفحم (CO_2) الذي ينعكس سلباً على عملية التمثيل الضوئي Photosynthesis، بسبب الحد من التبادل الغازي (Noaman وزملاؤه، 2004). تتعرض النباتات إلى فتراتٍ من العجز المائي الذي يعود إلى تراجع كميات المياه الممتصة عن طريق المجموع الجذري، وعدم كفايتها لتعوض الماء المفقود بالنتح، الأمر

الذي يؤدي إلى تراجع ضغط الإمتلاء (Ψ_P)، الضروري لاستطالة الخلايا النباتية، ما يؤدي إلى توقف نمو النبات، لأنّ النمو هو انقسام Cell division واستطالة Expansion غير عكوسة للخلايا النباتية (Veselov وزملاؤه،2002؛ Sabirjanova وزملاؤه، 2005). ويحدث تباطؤ أو توقف في نمو الأوراق، ما يُقلل من مساحة المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي، وتقل بسبب ذلك كفاءته في تصنيع المادة الجافة وتراكمها (Sabirjanova وزملاؤه، 2005). وقد يترافق مع ذلك مع حدوث الشيخوخة المبكرة للأوراق نتيجة انغلاق المسامات بشكلٍ كامل (Seetharama وزملاؤه، 2000). وبالرغم من أنَّ تقليص مساحة المسطح الورقي لدى بعض النباتات يُحسّن من فرصة بقائها حية خلال فترة الإجهادالمائي، بسبب الحد من فقد الماء بالنتح، لكنّه يمكن أن يُسبب تراجعاً في معدّل نمو المحصول والغلة الاقتصادية، بسبب تراجع كفاءة النبات التمثيلية (Subudhi وزملاؤه، 2000).

لا يزال التقدم الوراثي في برامج التربية والتحسين الوراثي لتحمل الإجهاد الحلولي بطيئاً جداً، ويُعزى ذلك إلى كون صفة تحمل الإجهادات اللاأحيائية Abiotic stresses من الصفات الكمية المعقدة Intricate traits، بالإضافة إلى عدم الفهم الكامل للأسس الوراثية لتحمل الجفاف، وبخاصةٍ تحت الظروف الحقلية، ناهيك عن وجود تفاعل كبير بين البيئة والعوامل الوراثية المحددة المرتبطة بالغلة الإقتصادية تحت الظروف الحقلية، لهذا فإنَّ الكثير من البحوث العلمية ركزت على ايجاد أسلوب غربلة مناسب لكشف التباين الوراثي بين الطرز لتحمل الجفاف، وبخاصةٍ أسلوب الغربلة الذي لا يسمح فقط بتقييم الطرز الوراثية استناداً إلى مقدرتها على البقاء على قيد الحياة Survival ضمن ظروف الإجهاد، وإنّما يستطيع أيضاً سبر التباين في مقدرة الطرز الوراثية على استعادة النمو بعد زوال العامل البيئي المُحدِّد للنمو (الجفاف) (Al-Ouda، 1999). وتُعدّ زراعة الأنسجة من أكثر الطرائق المستخدمة كفاءةً في غربلة الطرز الوراثية لتحمل الجفاف، وتحديد الفروقات بين الطرز خلال مرحلة الإنبات والنمو الأولي لمجموعةٍ كبيرةٍ من الطرز الوراثية (Kulkarni و Deshpande، 2007).

إنّ تأثير الإجهاد الحلولي في نمو النبيتات بزراعة النسج يشابه تأثيره الظروف الحقلية (Jai و Kazuto، 2007)، ويدل هذا التشابه في تأثير الإجهاد الحلولي في أنّه يمكن استخدام النباتات المزروعة في الأنابيب كبديل للتقييمات الحقلية المجهدة والمكلفة (Aghaei وزملاؤه، 2008؛ Iwama وزملاؤه، 2006).

استعملت العديد من المركبات الكيميائية التي تحث على الإجهاد الحلولي في الزجاج لتقليد الظروف البيئية السائدة في الحقل من حيث قلّة الماء المتاح، ومن هذه المواد مركبات البولي ايثيلين غليكول (PEG) والسوربيتول. حيث أنَّ إضافة السوربيتول أو PEG إلى وسط الزراعة يُقلل الجهد المائي Water potential (Ψ_W) في الوسط ويصبح أكثر سلباً ما يُحرّض على حدوث الإجهاد الحلولي Osmotic stress الذي يؤثر سلباً في كلٍ من النمو الخضري والجذري للنبيتات (Lahlou وزملاؤه، 2005). تمّ استعمال هذه المركبات كعوامل مسببة للإجهاد الحلولي بزراعة النسج لإنتخاب Selection الطرز الوراثية المتحملة للجفاف في بعض الأنواع النباتية، مثل التوت Mulberry (Tewary وزملاؤه، 2000)، والقمح الطري Bread wheat (Triticum aestivum L.) (العودة وزملاؤه، 2005) (Almansouri وزملاؤه، 2001)، والبطاطا Potato (Solanum tuberosum L.) (Albiski وزملاؤه، 2012).

يهدف البحث إلى دراسة تأثير الإجهاد الحلولي في بعض الصفات الشكلية لدى بعض أصناف البطاطا المدروسة، لتحديد إمكانية استعمال تقانة الغربلة كوسيلة فعّالة في سبر التباين الوراثي لدى أصناف البطاطا لتحمل الإجهاد الحلولي في الزجاج.

مواد البحث وطرائقه

زمان ومكان تنفيذ البحث: نُفذ البحث في مخبر التقانات الحيوية النباتية في الهيئة العامة للتقانة الحيوية بدمشق، خلال عامي 2014 و 2015.

المادة النباتية: استعمل في تنفيذ البحث خمسة أصناف من البطاطا التجارية المرغوبة لدى المزارعين، التي تمَّ الحصول عليها من الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية والهيئة العامة للتقانة الحيوية، وهي: Tarus، Faluka، Soraya، Challenger و

Royal (الجدول، 1). تمّت زراعة النهايات الوردية المأخوذة من الدرنات في أصصٍ بلاستيكية تحتوي على البيتموس المعقّم، ثمّ جُمعت النموات الناتجة عنها بعد 45 يوماً من الزراعة، ثمّ تمّ قص هذه النموات إلى عقلٍ مفردةٍ بطول 1– 1.5 سم، يحتوي كل منها برعم جانبي واحد، وغُسلت بالماء الجاري ثمّ غُمرت بالكحول الإيتيلي Ethanol تركيز (70%) مدّة دقيقة واحدة، ثمّ نُقعت بمحلول هيبوكلوريت الصوديوم (NaOCl) تركيز 0.5 % مدّة 10 دقائق، ثمّ غُسلت الخزعات النباتية ثلاث مرات متتالية بالماء المقطر المعقّم، وذلك بمعدّل 5 دقائق في كل مرة. زُرعت العقل بعد تعقيمها في أنابيب اختبار تحتوي على 12.5 مل من وسط Murashige and Skoog (MS) (1962)، المضاف له 30 غ.ل$^{-1}$ سكروز و7 غ.ل$^{-1}$ آجار وبدرجة حموضة (pH = 5.8). حُضنت الأنابيب المزروعة بغرفة النمو على درجة حرارة 22±2 م$^{\circ}$ وإضاءة 16 ساعة/8 ظلام وشدّة ضوئية 3000 لوكس (Aazami وزملاؤه، 2012).

الجدول (1): أهم الصفات الزراعية لأصناف البطاطا المدروسة،

الصنف	النضج	فترة السكون	شكل الدرنة	لون القشرة	لون اللب	الإنتاجية
Taurus	متوسط التبكير الى متوسط	طويلة الى طويلة جدا	كروية بيضوية الى بيضوية	أصفر	أصفر	جيدة
Faluka	متوسط التبكير	متوسطة الطول الى طويلة	بيضوية متطاولة	أصفر	أصفر شاحب	مرتفعة
Soraya	متوسط	متوسطة الطول	بيضوي متطاول	اصفر غامق	أصفر شاحب	مرتفعة جدا
Challenger	متوسط التبكير الى متوسط التاخير	طويلة	بيضوي الى بيضوي متطاول	اصفر	اصفر	مرتفعة
Royal	مبكر	قصيرة	بيضوي	اصفر	اصفر فاتح	متوسطة

معاملات الإجهاد: تمَّ استعمال تراكيز مختلفة من السوربيتول (0، 110، 220، و440 mM) كعامل مُسببٍ للإجهاد الحلولي (Albiski وزملاؤه، 2012)، بحيث نحصل على أوساط ذات جهد مائي قدره – 0.82، –1.09، – 1.44 و – 1.79 MPa، على التوالي. قُسّمت العينات النباتية الناتجة من مرحلة الإكثار إلى عقلٍ صغيرة بطول 1– 1.5 سم تحتوي برعم جانبي مع ورقة، وزرعت في وسط الإكثار نفسه، لكن مع إضافة عامل الإجهاد. كُررت التجربة مرتين، وبمعدّل 16 مكرراً لكل معاملة.

المؤشرات المدروسة: تمَّ بعد مضي 45 يوماً من تطبيق معاملات الإجهاد الحلولي قياس طول الساق (سم)، وقطره (مم)، وقطر الجذور (مم) باستخدام جهاز البياكوليس (Electric Digital Caliper, Model Z22855F, ±0,02mm, UK)، وطول الجذور (سم). وسُجل عدد الأوراق والجذور، وقيست المساحة الورقية (مم^2) باستعمال جهاز قياس المساحة الورقية (Li-Cor 3100, Lincoln, NE)، وُسجل الوزنان الرطب والجاف للنباتات باستعمال الميزان الحساس (دقة±0.0000)، وذلك بعد تجفيفها على درجة حرارة 110 م° حتى ثبات الوزن(Albiski وزملاؤه، 2012)، وتمّ حساب المحتوى المائي (%) للنبات PWC وفق العلاقة ارياضية الآتية (Tourneux وزملاؤه، 2003):المحتوى المائي (%)=[(الوزن الرطب المشبع – الوزن الجاف)/الوزن الرطب المشبع]× 100.

محتوى المادة الجافة DWC (%): تمّ حساب محتوى المادة الجافة DWC (%) وفق العلاقة الآتية(Albiski وزملاؤه، 2012):

محتوى المادة الجافة DWC (%) = المحتوى المائي للنبات 100 − PWCالتصميم التجريبي والتحليل الأحصائي: وضعت التجربة وفق التصميم العشوائي التام (RCD) بمعدّل 16 مكرراً لكل معاملة. وحُللت النتائج باستخدام برنامج XLSTAT وأجري تحليل التباينTwo way باستعمال اختبار Fisher، حيث تمّت مقارنة المتوسطات وذلك بحساب قيمة أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 1%. وأجري التحليل العنقودي لمدى تحمل السلالات للإجهاد الحلولي بناءً على مجموع القيم النسبية لمعايير النمو المدروسة بين الشاهد ومعاملة الإجهاد حسب المعادلة الآتية (Vreugdenhil وزملاؤه، 2007):

$$RV_{SY-C.n} = \sum \left(\frac{S_{p1 \to p9} * 100}{C_{p1 \to p9}} \right)$$

حيث $_{SY-C.n}$ مجموع القيم النسبية الخاصة بالصنف، $S_{p1 \to p9}$ قيمة المؤشر المدروس (عشرة مؤشرات) في النبات المجهد، $C_{p1 \to p9}$ قيمة المؤشر في النبات الشاهد.

النتائج والمناقشة

معايير النمو تحت تأثير الإجهاد الحلولي Growth Parameters under Osmotic stress Effect:

يبين الجدول (2) وجود انخفاض معنوي في طول النبات بحسب الأصناف المدروسة وشدّة الاجهاد الحلولي المطبق عليها في وسط النمو، حيث لم تُسجل أية فروقاتٍ معنوية بين الأصناف المدروسة Challenger، Royal، Soraya، Faluka وTaurus. بالنسبة لتأثير الإجهاد الحلولي في طول النبات، ولوحظ انخفاض طول النبات بشكلٍ عام مع زيادة شدة الاجهاد الحلولي. انخفض طول النبات تدريجياً في الصنف Taurus ليبلغ 11.57، 4.43، 1.69 و 1.64 سم في المعاملة 0، 110، 220، و440 mM، على التوالي. إن انخفاض طول النبات، مع زيادة الإجهاد الحلولي، ربما يعود إلى تراجع امتصاص الماء والعناصر المعدنية المغذية (Shaw وزملاؤه، 2002)، نتيجة التراجع الحاصل في فرق التدرج في الجهد المائي بين النباتات ووسط النمو (Piwowarczyki وزملاؤه، 2014)، ما يؤدي إلى تراجع ضغط الامتلاء، الذي يُعد بمنزلة العامل الفيوائي الذي يدفع الجدار الخلوي للخارج ، ما يؤدي إلى تثبيط استطالة الخلايا النباتية (Taiz و Zeiger، 2006؛ Cossgrove، 1989).

الجدول (2): تأثير معاملات الإجهاد الحلولي في طول نباتات خمسة أصناف من البطاطا.

طول النبات (سم)						
الأصناف	المعاملات (mM)					متوسط الأصناف
	0	110	220	440	$LSD_{0.01}$ بين	
Taurus	11.57	4.43 b	1.69 b	1.64 b	3.91	4.83 A
Faluka	18.14	7.86 b	5.00 c	2.21 d	1.65	8.30 A
Soraya	13.43	6.64 b	2.69 c	2.20 c	1.92	6.24 A
Challen	11.14	6.00 b	3.71 c	1.93 d	1.50	5.70 A
Royal	15.71	5.50 b	1.89 c	1.41 c	2.08	6.13 A
$LSD_{0.01}$ (بين الأصناف)						2.28

*يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات ضمن الصنف الواحد، ويشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأصناف عند مستوى ثقة 99%.

يبين الجدول 3 تأثير الإجهاد الحلولي في قطر النباتات المدروسة حسب الصنف وشدّة الإجهاد الحلولي، حيث انخفض قطر النباتات مع زيادة شدة الاجهاد الحلولي. بالنسبة لمتوسط قطر النبات، لمُ تلحظ أية فروقات معنوية بين جميع الأصناف المدروسة. بلغ أكبر قطر للنباتات (1.43 مم) في الصنف Royal، بينما كانت أدنى قيمة (1.32مم) في الصنف Challenger. بالنسبة لتأثير شدّة الإجهاد الحلولي، لوحظ انخفاض في قطر النبات معنوياً مع زيادة شدّة الإجهاد الحلولي ضمن الصنف الواحد. انخفض على سبيل المثال قطر النبات في الصنف Royal ليبلغ 1.98، 1.45، 1.40 و 0.88 مم، عند المعاملة 0، 110، 220، و440 mM على التوالي. إنّ انخفاض قطر النبات يُعدّ مؤشراً سلبياً تحت تأثير الإجهاد الحلولي لأنّه دليل على انخفاض قطر الأوعية اللحائية والخشبية المسؤولة عن نقل الماء والعناصر المعدنية والمواد الغذائية الضرورية (هذه صفة تكيفية مهمة لتقليل معدّل استهلاك المياه المتاحة بكمياتٍ محدودة في وسط النمو)، ما سيؤثر سلباً في نمو النبات بشكلٍ عام (Piwowarczyki وزملاؤه، 2014).

الجدول(3): تأثير معاملات الإجهاد الحلولي في قطر نباتات خمسة أصناف من البطاطا.

قطر النبات (مم)						
الأصناف	المعاملات					متوسط الأصناف
	0mM	110mM	220mM	440mM	$LSD_{0.01}$ بين المعاملات	
Taurus	1.55	1.41	1.22	1.12 b	0.33	1.33 A
Faluka	1.76	1.42 b	1.12	1.14 c	0.27	1.38 A
Sorava	1.61	1.59 a	1.25	1.06 b	0.48	1.38 A
Challenger	1.67	1.38a	1.21	1.03 b	0.45	1.32 A
Royal	1.98	1.45a	1.40	0.88 b	0.75	1.43 A
$LSD_{0.01}$ (بين الأصناف)					0.18	

*يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات ضمن الصنف الواحد، ويشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأصناف عند مستوى ثقة 99%.

يبين الجدول 4 تأثير معاملات الاجهاد الحلولي في عدد الأوراق في النبات مع زيادة شدّة الاجهاد الحلولي المطبق حسب الصنف. تفوق الصنف Challenger معنوياً من حيث عدد الأوراق المتكونة على النبات الواحد على الأصناف Taurus، Royal، Soraya و Faluka (10.25 ورقة . نبات$^{-1}$)، في حين تفوق الصنف Faluka معنوياً على الصنف Taurus من حيث عدد الأوراق المتكونة على النبات الواحد (8.429 ورقة . نبات$^{-1}$) ، أما بالنسبة لبقية الأصناف المدروسة، فلم يُلحظ وجود فروقاتٍ معنوية بينها. كما لوحظ وجود فروقاتٍ معنوية من حيث عدد الأوراق المتكونة على النبات الواحد مع زيادة شدّة الإجهاد الحلولي المطبق بين المعاملات ضمن الصنف الواحد، فعلى سبيل المثال حيث انخفض عدد الأوراق في الصنف Taurus من 9.29 ورقة في الشاهد ليبلغ 8.14 ورقة في المعاملة 110 mM و 3 ورقة في المعاملة 440 mM.

الجدول (4): تأثير معاملات الإجهاد الحلولي في عدد الأوراق لنباتات خمسة أصناف من البطاطا.

عدد الأوراق في النبات (ورقة . نبات$^{-1}$)						
الأصناف	المعاملات (mM)					متوسط الأصناف
	0	110	220	440	$LSD_{0.01}$ (بين المعاملات)	
Taurus	9.29 a	8.14 a	3.14 b	3.00 b	1.76	5.89 C
Faluka	11.57 a	8.86 b	7.57 b	5.71 c	1.66	8.43 AB
Soraya	12.86 a	10.71 b	4.71 c	4.00 c	1.77	8.07 ABC
Challeng	13.71 a	12.71 a	9.29 b	5.29 c	2.59	10.25 A
Royal	13.00 a	6.71 b	3.86 bc	3.43 c	3.08	6.75 BC
					$LSD_{0.01}$ (بين الأصناف)	1.588

*يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في السطر الواحد إلى وجود فروقات معنوية بين المعاملات ضمن الصنف الواحد، ويشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود الواحد إلى وجود فروقات معنوية بين الأصناف عند مستوى ثقة 99%.

يبين الجدول 5 تأثير معاملات الاجهاد الحلولي في المساحة الورقية، حيث انخفضت المساحة الورقية مع زيادة شدّة الاجهاد الحلولي المطبق، كما اختلفت استجابة الأصناف المدروسة للإجهاد الحلولي حسب الصنف وشدّة الإجهاد الحلولي. لم تُلحظ أية فروقات معنوية بين جميع الأصناف المدروسة. بلغت قيمة المساحة الورقية عند الصنف Falukaنحو 224.24 mm^2 بينما بلغ متوسط المساحة الورقية عند الصنف Challengerنحو 300.71 mm^2. لوحظ عند معظم الأصناف المدروسة انخفاض المساحة الورقية مع ازدياد شدّة الإجهاد الحلولي. لوحظ وجود فروقات معنوية من حيث انخفاض المساحة الورقية مع زيادة شدة الإجهاد الحلولي المطبق بين المعاملات ضمن الصنف الواحد، على سبيل المثال الصنف Taurus انخفضت المساحة الورقية لتبلغ 471.57 mm^2 في المعاملة 110mM و 36.86 mm^2 في المعاملة 440mM. انخفض كلاً من عدد الأوراق والمساحة الورقية عند أغلب الأصناف المدروسة مع زيادة تركيز السوربيتول في وسط النمو. يرتبط انخفاض المساحة الورقية Leaf area بشكلٍ مباشر مع انخفاض طول النبات وعدد أوراقه (Beyl وPillay، 1990). وإنّ انخفاض عدد الأوراق على النبات، ماهو إلا نتيجة لتأثير الإجهاد في عملية التعضي والتمايز الخلوي (Hasegawa وزملاؤه، 2000). بالنتيجة ينعكس الانخفاض في عدد الأوراق على المساحة الورقية، التي أكدت بعض الدراسات على أن انخفاضها هو أول المؤشرات الشكلية المتأثرة بظروف الإجهاد المائي (Deblonde وزملاؤه، 1999). سيؤدي انخفاض المساحة الورقية إلى انخفاض معدّل التمثيل الضوئي Assimilation rate وتراكم المادة الجافة، كما تلجأ النباتات إلى تكيفاتٍ شكلية متضمنة تخفيض عدد الأوراق أو المساحة الورقية ليتأقلم مع الإجهاد الحلولي الذي يتعرض له تقليل مساحة المسطح المعرّض بشكلٍ مباشر لأشعة الشمس، لتقليل معدّل النتح (Beyl و Pillay، 1990).

الجدول (5): تأثير معاملات الإجهاد الحلولي في المساحة الورقية لنباتات خمسة أصناف من البطاطا.

المساحة الورقية (مم²)						
الأصناف	المعاملات (mM)					متوسط الأصناف
	0	110	220	440	$LSD_{0.01}$ (بين المعاملات)	
Taurus	679.43 a	471.57	37.43 b	36.86	223.74	306.32
Faluka	1185.43	442.71	208.29	73.43	224.24	477.46
Soraya	904.14 a	495.86	77.43 c	39.71	380.66	379.29
Challeng	780.57 a	253.29	136.00	33.00	143.64	300.71
Royal	1459.57	304.86	50.14 b	30.00	404.72	461.14
$LSD_{0.01}$(بين الأصناف)						198.89

*يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في السطر الواحد إلى وجود فروقات معنوية بين المعاملات ضمن الصنف الواحد، ويشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود الواحد إلى وجود فروقات معنوية بين الأصناف عند مستوى ثقة 99%.

يبين الجدول 6 اختلاف طول جذور الأصناف المدروسة استجابةً للإجهاد الحلولي، حيث انخفض طول الجذور المتكونة على النبات الواحد معنوياً مع زيادة شدّة الإجهاد الحلولي، ويُلاحظ تفوق الصنف Faluka معنوياً من حيث متوسط طول الجذور المتكونة على النبات الواحد على الصنف Royal (7.79 سم) ، أما بالنسبة لبقية الأصناف المدروسة، فلم يُلحظ وجود فروقات معنوية بينها. كما لوحظ وجود فروقات معنوية في طول الجذور بين المعاملات ضمن الصنف الواحد، حيث انخفض طول الجذور مع زيادة شدّة الإجهاد الحلولي المطبق، فعلى سبيل المثال انخفض طول الجذور في الصنف Royal من 6.64 سم في الشاهد إلى 5.14 سم عند المعاملة 110 mM و 0.86 سم عند المعاملة 440 mM.

الجدول (6): تأثير معاملات الإجهاد الحلولي في طول الجذور لنباتات خمسة أصناف من البطاطا.

طول الجذور (سم)						
الأصناف	المعاملات (mM)					متوسط الأصناف
	0	110	220	440	$LSD_{0.01}$ (بين المعاملات)	
Taurus	11.14 a	10.86 a	2.86 b	0.78 b	2.33	6.41 AB
Faluka	13.36 a	8.86 b	6.64 b	2.29 c	2.94	7.79 A
Soraya	8.86 a	7.29 a	4.29 b	1.76 c	2.19	5.55AB
Challenger	11.86 a	7.39 b	2.57 c	0.96 c	1.68	5.70 AB
Royal	6.64 a	5.14 b	1.79 c	0.86 c	1.45	3.61 B
					$LSD_{0.01}$(الأصناف)	1.78

*يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في السطر الواحد إلى وجود فروقات معنوية بين المعاملات ضمن الصنف الواحد، ويشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود الواحد إلى وجود فروقات معنوية بين الأصناف عند مستوى ثقة 99%.

يبين الجدول 7 اختلاف عدد جذور الأصناف المدروسة فيما بينها بحسب استجابتها للإجهاد الحلولي، حيث انخفض عدد الجذور المتكونة على النبات الواحد معنوياً مع زيادة شدّة الإجهاد الحلولي، فمثلاً تفوق الصنف Tarus معنوياً من حيث متوسط عدد الجذور المتكونة على النبات الواحد على الأصناف Royal، Challenger و Falukaبقيمة بلغت 4.79 جذر. نبات$^{-1}$. بينما تفوق الصنف Soraya معنوياً من حيث متوسط عدد الجذور المتكونة على النبات الواحد على الأصناف Royal، Challenger و Faluka بقيمة بلغت 4.11 جذر. نبات$^{-1}$. أما بالنسبة لبقية الأصناف المدروسة فلم يلاحظ وجود فروق معنوية بينها. كما لوحظ وجود فروقات معنوية من حيث انخفاض عدد الجذور مع زيادة شدّة الإجهاد الحلولي المطبق بين المعاملات ضمن الصنف الواحد، فعلى سبيل المثال انخفض عدد الجذور في الصنف Royal من 5.14 جذر في الشاهد ليبلغ 3.29 جذر . نبات$^{-1}$ عند المعاملة 110 mM و 1.14 جذر . نبات$^{-1}$ عند

المعاملة 220 mM و1.00 جذر. نبات$^{-1}$عند المعاملة 440 mM. بيّنت العديد من الدراسات أنّ استجابة النبات للإجهاد الحلولي تبدأ بتغيرات شكلية وفيزيولوجية في الجذور وهذا سيؤدي إلى تغيرات في امتصاص الماء والعناصر المعدنية وإنتاج الهرمونات المسؤولة عن إرسال الإشارات (حمض الأبسيسيك) إلى المجموع الخضري، عندها تتأثر كامل العمليات الفيزيولوجية في النبات (Cuartero و Fernandez-Munoz، 1999؛ El-Sayeed وزملاؤه، 2002؛ Rahman وزملاؤه، 2002). وحسب Rzepka و Plevnes(2008) فإنَّ مقدرة النبات على تجنب أي إجهاد بيئي غير مرغوب تتعلق بمدى مقدرة جذوره على التطور تحت تأثير هذا الإجهاد. وبأنَّ زيادة طول الجذور تحت تأثير الإجهاد الحلولي هي ميزة تكيفية جيدة للنباتات المتحملة للإجهاد الحلولي. فضلاً عن ذلك فإنّ الجفاف يعمل على تثبيط النمو نتيجة نقص ضغط امتلاء الخلايا النباتية (حداد وعبيد، 2009)، أو بسبب نقص وصول الماء إلى الأنسجة النامية نظراً إلى عدم قدرة الجذور على النمو وامتصاص الماء والأملاح المعدنية بسبب نقص التدرج في جهد الماء بين الخشب والخلايا النامية (Whalley وزملاؤه، 1998)، الذي يؤدي في النهاية إلى الجهد المائي في أنسجة النبات، ما يؤثر سلباً في جميع العمليات الحيوية والفيزيولوجية والاستقلابية المعتمدة على جهد الامتلاء (Kang وزملاؤه، 2004).

الجدول (7): تأثير معاملات الإجهاد الحلولي في عدد الجذور لنباتات خمسة أصناف من البطاطا.

عدد الجذور (جذر . نبات$^{-1}$)						
الأصناف	المعاملات (mM)					متوسط الأصناف
	0	110	220	440	$LSD_{0.01}$ (بين المعاملات)	
Taurus	8.14 a	4.86 b	4.00 b	2.14 b	2.81	4.79 A
Faluka	3.71 a	3.14 ab	2.57 b	1.57 c	0.95	2.75 B
Soraya	5.27 a	4.00 a	3.86 a	3.29 a	2.06	4.11 A
Challenger	3.29 a	3.14 a	2.57 ab	2.00 b	0.75	2.75 B
Royal	5.14 a	3.29 b	1.14 c	1.00 c	1.65	2.64 B
$LSD_{0.01}$ (بين الأصناف)						0.79

*يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في السطر الواحد إلى وجود فروقات معنوية بين المعاملات ضمن الصنف الواحد، ويشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود الواحد إلى وجود فروقات معنوية بين الأصناف عند مستوى ثقة 99%.

يبين الجدول 8 اختلاف قطر الجذور للأصناف المدروسة بحسب استجابتها للإجهاد الحلولي، حيث انخفض قطر الجذور المتكونة على النباتات معنوياً مع زيادة شدة الإجهاد الحلولي. تفوق الصنف Soraya معنوياً من حيث متوسط قطر الجذور المتكونة على النبات الواحد على الأصناف Faluka، Challenger و Royal بقيمة بلغت 1.10 مم، بينما تفوق الصنف Taurus معنوياً من حيث من حيث متوسط قطر الجذور المتكونة على النبات الواحد على الأصناف Faluka، Challenger و Royal بقيمة بلغت 1.07 مم. أما بالنسبة لبقية الأصناف المدروسة فلم يُلحظْ وجود فروقات معنوية بينها. ولم يُلحظْ وجود فروقات معنوية من حيث انخفاض قطر الجذور مع زيادة شدّة الإجهاد الحلولي المطبق بين المعاملات ضمن الصنف الواحد، فعلى سبيل المثال انخفض قطر الجذور في الصنف Faluka ليبلغ 0.49 مم عند المعاملة 110 mM و 0.22 مم عند المعاملة 440 mM. يُسهم انخفاض نمو المجموع الجذري، تحت الإجهاد الحلولي، في انخفاض معدّل امتصاص الماء، ما يؤدي إلى انخفاض محتوة خلايا الأوراق المائي، الذي يُسبب انخفاضاً في ضغط الامتلاء للخلية وبالتالي تثبيط الاستطالة وتوقف النمو (Taiz وZeiger، 2006). تتوافق هذه النتائج مع العديد من الدراسات (Elsayeed وزملاؤه، 2002؛ Rahman وزملاؤه، 2002).

الجدول (8): تأثير معاملات الإجهاد الحلولي في قطر الجذور لنباتات خمسة أصناف من البطاطا.

قطر الجذور (مم)						
الأصناف	المعاملات (mM)					متوسط الأصناف
	0	110	220	440	$LSD_{0.01}$ (بين	
Taurus	1.79 a	1.32 a	0.61 b	0.54 b	0.56	1.07 A
Faluka	0.58 a	0.49 a	0.46 ab	0.22 b	0.28	0.44 B
Soraya	1.49 a	1.34 ab	0.81 bc	0.78 c	0.54	1.10 A
Challenge	0.73 a	0.54 b	0.47 b	0.37 b	0.17	0.53 B
Royal	1.21 a	0.92 ab	0.22 b	0.22 b	0.76	0.64 B
					$LSD_{0.01}$ (بين الأصناف)	0.21

*يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في السطر الواحد إلى وجود فروقات معنوية بين المعاملات ضمن الصنف الواحد، ويشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود الواحد إلى وجود فروقات معنوية بين الأصناف عند مستوى ثقة 99%.

يبين الجدول 9 اختلاف الأصناف المدروسة فيما بينها من حيث الوزن الرطب واستجابتها للإجهاد الحلولي، حيث انخفض الوزن الرطب للنباتات مع زيادة شدة الإجهاد الحلولي. فقد تفوق الصنف Faluka معنوياً من حيث متوسط الوزن الرطب على الصنف Taurus بقيمة بلغت 0.68 غ. أما بالنسبة لبقية للاصناف المدروسة فلم يلاحظ وجود فروقات معنوية فيما بينها.كما لوحظ وجود فروق معنوية من حيث انخفاض في الوزن الرطب مع زيادة شدة الإجهاد الحلولي المطبق بين المعاملات ضمن الصنف الواحد، فعلى سبيل المثال انخفض الوزن الرطب في الصنف Taurus من 0.62 غ في الشاهد ليبلغ 0.51 غ عند المعاملة 110mM و 0.07 عند المعاملة 440 mM.

الجدول (9): تأثير معاملات الإجهاد الحلولي في الوزن الرطب لنباتات خمسة أصناف من البطاطا.

الوزن الرطب (غ)						
متوسط الأصناف	المعاملات (mM)					الأصناف
	$LSD_{0.01}$ (بين المعاملات)	440	220	110	0	
0.36 B	0.29	0.07 c	0.23 bc	0.51 ab	0.62 a	Taurus
0.68 A	0.41	0.21 c	0.35 c	0.81 b	1.34 a	Faluka
0.39 AB	0.23	0.13 b	0.16 b	0.63 a	0.72 a	Soraya
0.58 AB	0.16	0.08 d	0.39 c	0.64 b	1.22 a	Challenge
0.63 AB	0.43	0.11 b	0.27 b	0.57 b	1.55 a	Royal
0.20	$LSD_{0.01}$ (بين الأصناف)					

*يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في السطر الواحد إلى وجود فروقات معنوية بين المعاملات ضمن الصنف الواحد، ويشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود الواحد إلى وجود فروقات معنوية بين الأصناف عند مستوى ثقة 99%.

يبين الجدول 10 اختلاف الأصناف المدروسة فيما بينها من حيث الوزن الجاف واستجابتها للإجهاد الحلولي، حيث انخفض الوزن الجاف للنباتات مع زيادة شدة الإجهاد الحلولي. فقد تفوق الصنف Royal معنوياً من حيث متوسط الوزن الجاف على الصنف Taurus. أما بالنسبة لبقية الأصناف المدروسة فلم يلاحظ وجود فروقات معنوية بينها. بينما لوحظ وجود فروقات معنوية من حيث انخفاض الوزن الجاف مع زيادة شدة الإجهاد الحلولي المطبق بين المعاملات ضمن الصنف الواحد، فعلى سبيل المثال انخفض الوزن الجاف في الصنف Taurus من 0.05 غ في الشاهد ليبلغ 0.01 غ عند المعاملة 440 mM.

يُعدّ الوزن الجاف المرتفع صفة مرغوبة عند النباتات وهي ترتبط بتحمل النبات للإجهاد الحلولي، بالإضافة لذلك أُثبت أن هناك علاقة وثيقة بين تراكم المادة الجافة في النبات ومقدرته الإنتاجية تحت ظروف الإجهاد الحلولي(Piwowarczyk وزملاؤه، 2014). وتتوافق نتائجنا مع العديد من الدراسات التي بينت أن الإجهاد الحلولي الناتج عن السوربيتول يؤثر سلباً في طول النبات المزروع بالأنسجة ووزنه (Lahlou وLedent،

2005)، وفي قطر الساق والجذور(Sanchez وزملاؤه، 2010؛ Schittenhelma وزملاؤه، 2006)، وفي عدد الجذور والأوراق ومساحتها (Frensh، 1997).

الجدول (10): تأثير معاملات الإجهاد الحلولي في الوزن الجاف (غ) لنباتات خمسة أصناف من البطاطا.

الوزن الجاف (غ)						
الأصناف	المعاملات (mM)					متوسط الأصناف
	0	110	220	440	$LSD_{0.01}$ (بين المعاملات)	
Taurus	0.05 a	0.05 a	0.01 b	0.01 b	0.02	0.03 B
Faluka	0.08 a	0.06 a	0.04 b	0.03 b	0.02	0.05AB
Soraya	0.06 a	0.05 ab	0.02 bc	0.02 c	0.03	0.04 AB
Challenger	0.10 a	0.04 c	0.06 b	0.01 d	0.02	0.05 AB
Royal	0.13 a	0.04 b	0.04 b	0.02 b	0.03	0.06 A
					$LSD_{0.01}$ (بين الأصناف)	0.01

*يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في السطر الواحد إلى وجود فروقات معنوية بين المعاملات ضمن الصنف الواحد، ويشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود الواحد إلى وجود فروقات معنوية بين الأصناف عند مستوى ثقة 99%.

يبين الجدول 11 اختلاف الأصناف المدروسة فيما بينها من حيث المحتوى المائي للنبات واستجابتها للإجهاد الحلولي، حيث انخفض المحتوى المائي للنبات بالنسبة للوزن الجاف للنباتات مع زيادة شدة الإجهاد الحلولي المطبق. فقد تفوق الصنف Faluka معنوياً من المحتوى المائي للنبات على الصنف Soraya. أما بالنسبة لبقية الأصناف المدروسة فلم يلاحظ وجود فروقات معنوية بينها من حيث المحتوى المائي للنبات، حيث بلغ متوسط المحتوى المائي للنبات عند الصنف Taurus 87.06%، بينما بلغ متوسط المحتوى المائي عند الصنف Soraya 85.52%. كما لوحظ وجود فروقات معنوية من حيث انخفاض المحتوى المائي للنبات مع زيادة شدة الإجهاد الحلولي المطبق بين المعاملات ضمن الصنف الواحد، فعلى سبيل المثال انخفض المحتوى المائي للنبات في الصنف Soraya من 91.95 % في الشاهد ليبلغ 87.07% عند المعاملة 110 mM و

80.94% عند المعاملة 440 mM. المحتوى المائي للنبات (%) ومحتوى المادة الجافة النسبي (%).

الجدول (11): تأثير معاملات الإجهاد الحلولي في المحتوى المائي للنبات (%) لنباتات خمسة أصناف من البطاطا.

الأصناف	المعاملات (mM)					متوسط الأصناف
	0	110	220	440	$LSD_{0.01}$ (بين	
Taurus	90.48	92.63	83.96	81.99 b	10.05	87.06
Faluka	93.78	91.55	89.93	85.99 c	2.69	90.31 A
Soraya	91.95 a	87.07 ab	82.11 b	80.94 b	8.73	85.52 B
Challenger	91.92	94.26	84.13	83.09 b	3.51	88.35 AB
Royal	90.51 a	92.26 a	86.64 b	83.76 b	3.722	88.29 AB
$LSD_{0.01}$(بين الأصناف)				2.54		

*يشير اختلاف الأحرف الصغيرة ف ي السطر الواحد إلى وجود فروقات معنوية بين المعاملات ضمن الصنف الواحد، ويشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود الواحد إلى وجود فروقات معنوية بين الأصناف عند مستوى ثقة 99%.

يبين الجدول 12 اختلاف الأصناف المدروسة فيما بينها من حيث محتوى المادة الجافة DWC (%) واستجابتها للإجهاد الحلولي، حيث ارتفع محتوى المادة الجافة DWC (%) للنباتات مع زيادة شدة الإجهاد الحلولي المطبق. فقد تفوق الصنف Soraya معنوياً على الصنف Faluka بقيمة بلغت 14.49 %. أما بالنسبة لبقية الأصناف المدروسة فلم يلاحظ وجود فروقات معنوية بينها.كما لوحظ وجود فروقات معنوية من حيث ارتفاع محتوى المادة الجافة DWC (%) مع زيادة شدة الإجهاد الحلولي المطبق بين المعاملات ضمن الصنف الواحد، فعلى سبيل المثال ارتفع محتوى المادة الجافة DWC (%) في الصنف Faluka من 6.22% في الشاهد ليبلغ 14.01% عند المعاملة 440 mM و8.45% عند المعاملة 110 mM.

الجدول (12): تأثير معاملات الإجهاد الحلولي في محتوى المادة الجافة (%) لنباتات خمسة أصناف من البطاطا.

الأصناف	المعاملات (mM)					متوسط الأصناف
	0	110	220	440	$LSD_{0.01}$ (بين المعاملات)	
Taurus	9.52 a	8.17 a	16.04 a	18.01 a	10.05	12.94 AB
Faluka	6.22 c	8.45 bc	10.07 b	14.01 a	2.69	9.69 B
Soraya	8.05 b	12.93 ab	17.89 a	19.07 a	8.73	14.49 A
Challenger	8.08 b	5.74 b	15.87 a	16.91 a	3.51	11.65 AB
Royal	9.49 b	7.74 b	13.37 a	16.24 a	3.72	11.71 AB
$LSD_{0.01}$ (بين الأصناف)						2.54

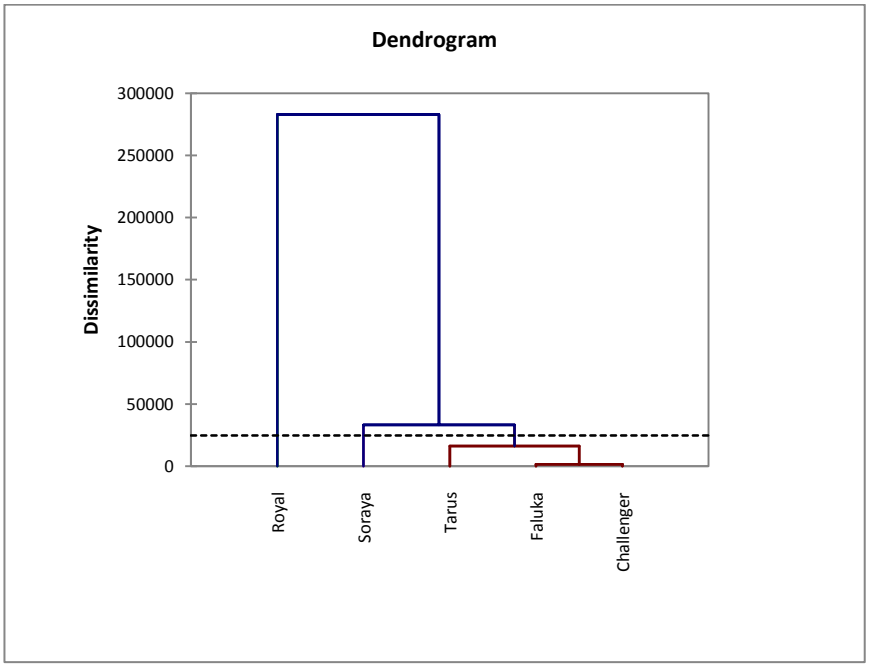
*يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في السطر الواحد إلى وجود فروقات معنوية بين المعاملات ضمن الصنف الواحد، ويشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود الواحد إلى وجود فروقات معنوية بين الأصناف عند مستوى ثقة 99%.

التحليل العنقودي: أدى التحليل العنقودي المعتمد على مجموع القيم النسبية للمعايير النمو المدروسة إلى تقسيم أصناف البطاطا المدروسة حسب تحملها للإجهاد الحلولي، حيث توزعت أصناف البطاطا المدروسة في ثلاث مجموعات(الشكل، 1):

1.المجموعة الأولى: تضم صنفاً واحداً من الأصناف المتحملة للإجهاد الحلولي، هو الصنف Soraya.

2. المجموعة الثانية: ثلاثة أصناف متوسطة التحمل للإجهاد الحلولي، هي Faluka، Challenger، و Tarus.

3.المجموعة الثالثة: تضم صنفاً واحداً من الأصناف الحسّاسة للإجهاد الحلولي، هو الصنف Royal.



الشكل (1): التحليل العنقودي لخمسة أصناف من البطاطا حسب تحملها للإجهاد الحلولي بناءً على مجموع القيم النسبية لجميع معايير النمو المدروسة.

الإستنتاجات:

1. انخفضت معايير النمو لأصناف البطاطا المدروسة تحت تأثير الإجهاد الحلولي وكان الإنخفاض الأكبر عند معاملات الإجهاد الشديد (440 mM) حيث انخفض كل من طول النبات وقطره، وعدد الأوراق والمساحة الورقية، وعدد الجذور وطولها وقطرها، والوزن الرطب والجاف للنبات عند معاملات الإجهاد بالمقارنة مع الشاهد.
2. اختلفت أصناف البطاطا المدروسة في مدى استجابتها للإجهاد الحلولي المطبق حسب الصنف وشدّة الإجهاد، حيث كان الصنف Soraya متحملاً للإجهاد الحلولي، والأصناف Faluka، Challenger وTaurus متوسطة التحمل للإجهاد الحلولي، بينما كان الصنف Royal أكثر حساسية للإجهاد الحلولي.

التوصيات والمقترحات:

1. استعمال تقانة الغربلة في الزجاج كطريقة سريعة وفعّالة في سبر التباين الوراثي لتحمل الإجهاد الحلولي في البطاطا، وذلك اعتماداً على استجابة معايير النمو المختلفة للإجهاد الحلولي المطبق، نظراً لسهولتها وتوفيرها للوقت والجهد.
2. دراسة تأثير الإجهاد الحلولي في الأصناف المدروسة حقلياً ومقارنتها بالنتائج المخبرية.
3. استعمال الأصناف المتحملة ومتوسطة التحمل في برامج التربية والتحسين الوراثي للبطاطا.

المراجع

المراجع العربية Arabic References:

1. حداد، سهيل؛ عبيد، حسان. (2009). الأمراض البيئية والفيزيولوجية للحاصلات البستانية. الجزء النظري. منشورات جامعة دمشق. كلية الهندسة الزراعية. ص38−40.
2. العودة، أيمن (2005). بعض الرؤى الفيزيولوجية لتحسين غلة محصول القمح الحبية ضمن الظروف البيئية المناسبة.مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية،المجلد 21،العدد 2، الصفحات 37−50.

المراجع الأجنبية English References :

1. Aghaei, K., A. A. Ehsanpour, G. Balaliand A. Mostajeran. 2008. In vitro screening of potato (Solanum tuberosum L.) cultivars for salt tolerance using physiological parameters and RAPD analysis. Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 3 (2): 159-164.
2. Albiski, F., S. Najla, R. Sanoubar, N. Alkabani and R. Murshed. 2012. In vitro screening of potato lines for drought tolerance. Physiol. Mol. Biol. Plants,18(4);315-321.
3. Almansouri, M., Kinet, J.M., Lutts, S., 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (Triticum durum Desf. L.). Plant Soil, 231:243-254.
4. AL- Ouda, A. SH. 1999. Genetic Variability in temperature and moisture stress tolerance in sun flower (Helianthus annuua L.) Ph. D. Thesis, submitted to USA, India.
5. Amini, F. Ehsanpour, A.A. 2006. Response of tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) cultivars to MS, water agar and salt stress in in vitro culture. Asian J. Plant Sci., 9(1): 170-175.
6. Aazami, M. A., M. Torabi and E, Jalili. 2010a. In vitro response of promising tomato genotypes for tolerance to osmotic stress. African Journal of Biotechnology, 9(26): 4014-4017.
7. Beyl, L. and I. Pillay. 1990. Early response for drought resistant and susceptible tomato plants subjected to Osmotic potential. Journal of plant growth regulation, 9(1-4): 213-219.

8. Cossgrove, D.J. (1989).Linkage of wall extension with water and solute uptake. Physiology of cell Expansion During plant growth (D.J. Cossgrove and D.P. Knievel, ed.), Am. Sci. Plant Physiology .Rockville,Md.P.88-100.

9. Cuartero, J and R. Fernandez-Munoz.1999. Tomato and salinity. Scientia Horticulture, 78:83–125.

10. Deblonde, P., A. Haverkort and J. Ledent. 1999. Responses of early and late potato cultivars to moderate drought conditions. Agronomic parameters and carbon isotope discrimination. Eur. J. Agron.11(2): 91–105.

11. El-Sayeed, N., H. El-Aref, A. Taghian and M. Hashad. 2002. Molecular genetic markers in tomato somaclones selected for drought tolerance. Australian Journal of Agricultural Science, 33: 159-180.

12. FAOSTAT. Food and agriculture organization of the United Nations. 2013. http://faostat.fao.org/.

13. Frensh, J. 1997. Primary response of root and leaf elongation to water deficits in the atmosphere and soil solution. Journal of Experimental Botany, 48: 985-999.

14. Hasegawa, P.M., R. Bressan, J. Zhu and H. Bohnert. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology,51: 463–99.

15. Iwama K, Yamaguchi J 2006. Abiotic stresses. In: Gopal J, Khurana SM Paul (eds) Handbook of potato production, improvement and postharvest management. Food Product Press, New York, pp 231–278.

16. Jai Gopal, and Kazuto Iwama1, In vitro screening of potato against water-stress mediated through sorbitol and polyethylene glycol ,5 January 2007.

17. Kang, S. and Zhang, J. 2004.Controlled alternate partial root-zone irrigation :its physiological consequences and impact on water use efficiency Journal of Experimental Botany.55(407):2437-2446.

18. Kirigwi. F. M, M. V. Ginkel, R. G. Trethowan, R. G. Sears, S. Rajaram, and G. M. Paulsen. 2004. Evaluation of Selection Strategies for Wheat Adaptation Across Water Regimes. Euphytica, 135:361-371.

19. Kulkarni, M. and U. Deshpande. 2007. In vitro screening of tomato genotypes for drought resistance using polyethylene glycol. African Journal of Biotechnology, 5(16):1488-1493.

20. Lahlou, O. and J. F. Ledent. 2005. Root mass and depth, stolons and roots formed on stolon's in four cultivars of potato under Osmotic potential. European Journal of Agronomy, 22: 159-173.
21. Murashige, T. and Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant., 15: 473-497.
22. Noaman, S. H. Lamis, D.S. El-Sayed, A.H. Eman, E. S. 2004. In vitro selection for Osmotic potential tolerant callus line of Helianthus annus L. Cv. Myak. Int. J. Agric. Biol. 6(1): 13-18.
23. Piwowarczyki. B., W. Kaminska and W. Rybinski.2014. Influence of PEG Generated Osmotic Stress on Shoot Regeneration and Some Biochemical Parameters in Lathyrus Culture, Czech J. Genet. Plant Breeding, 50 (2): 77–83.
24. Rahman, S. M. L., W. A. Mackay, B. Quebedeaux, E. Nawataand T. Sakuratani. 2002. Superoxide dismutase, leaf water potential, relative water content, growth and yield of a drought-tolerant and a drought sensitive tomato cultivars. Subtropical Plant Science Journal, 54: 16-22.
25. Rzepka-Plevnes, D., Kulpa, D., Smolik, M. and Główka, M. 2008. Somaclonal variation in tomato L. Pennelli and L. Peruvianum f. glandulosum characterized in respect to salt tolerance. JFAE, 5(2): 194-201.
26. Sabirjanova, I.B. Sabirjanova, B. E. Chemeris, A.V. Veselov, D. S. and Kudoyarova, G. R. 2005. Fast changes in expression of expansin gene and leaf extensibility in osmotically stressed maize plants. Plant Physiology and Biochemistry, vol. 43, no. 4, p. 419-422.
27. Sanchez- Rodriguez, E., M. M. Rubio-Wilhelmi, L. M. Cervilla, B. Blasco, J. J. Rios, M. A. Rosales, L. Romero and J. M. Ruiz. 2010. Genotypic differences in some physiological parameters symptomatic for oxidative stress under moderate drought in tomato plants. Plant Science, 178: 30-40.
28. Schittenhelma, S., H. Sourell and F. Lopmeierc. 2006. Drought resistance of potato cultivars with contrasting canopy architecture. European Journal of Agronomy, 24: 193-202.
29. Seetharama, N. Sairam, R. V. and Rani, T. S. 2000. Regeneration of Sorghum shooapex cultures and field performance of the progeny. Plant Cell Tiss. Organ Cult.,61:169–173.

30. Shaw, B.,T. M. Thomas and D. Cooked. 2002. Resoponse of sugar beet (Beta vulgaris L.) to drought and nutrient deficiency stress. Plant growth regulation, 37: 77-83.
31. Subudhi, P.K. Rosenow, D. T. and Nguyen, H. T. 2000. Quantitative trait loci for the stay green trait in sorghum (Sorghum bicolor L. Moench): consistency across.
32. Taiz, L. and E. Zeiger. 2006. Plant physiology, Sinauer Associates Inc, 4th ed, Sunderland, Massachusetts, 60 pages.
33. Tewary, P. K. Sharma, A. Raghunath, M.K. Sarkar, A .2000. In vitro response of promising mulberry (Morus sp.) genotypes for tolerance to salt and osmotic stresses. Plant Growth Regul. 30: 17-21.
34. Tilman. D, K. Cassman, P. Matson, R. Naylor, and S. Polasky. 2002. Agricultural Sustainability and Intensive Production Practices. Nature, 418: 671-677.
35. Tourneux, C. Devaux, A. Camacho, M.R. Mamani, P. Ledent, J.F. 2003. Effect of water shortage on six potato genotypes in the highlands of Bolivia (II): water relations, physiological parameters, Agronomie 23 (2003) 181-190.
36. Veselov, D.S. Mustafina, A. R. Sabirjanova, I. B. Akhiyarpva, G. R. Dedov, A.V. Veselov, S. U. and Kudoyarova, G. R. 2002. Effect of PEG-treatment on the leaf growth response and auxin content in shoots of wheat seedlings. Plant Growth Regulation. 38:191–194.
37. Whalley, W., A. Bengough, and A. Dexter. 1998. Water stress induced by PEG decreases the maximum growth pressure of the roots of pea seedlings. Journal of Experimental Botany, 49, 1689-1694.

تاريخ ورود البحث:2016/7/13
تاريخ قبول البحث:2017/2/1