مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية
مجلد 42 العدد 3(2026):73-86

Damascus University Journal for Agricultural Sciences Vol 42-No.3 (2026): 73-86

تأثير الإجهاد الجفافي في بعض الصفات المورفولوجية لتسعة أصناف من البطاطا (Solanum tuberosum) الناتجة عن زراعة الانسجة In Vitro

لمى عبد الله ليلى[1*]، سليم حسين زيد[2]، فهد عز الدين البيسكي[3]

1-طالبة دكتوراه، قسم علم الحياة النباتية، كلية العلوم، جامعة دمشق.
lama.laila@damascusuniversity.edu.sy
2- أستاذ في قسم علم الحياة النباتية، كلية العلوم، جامعة دمشق.
s.zaid@damascusuniversity.edu.sy
3- باحث في الهيئة العامة للتقانة الحيوية، دمشق.

الملخص:

نفذ هذا البحث في مخبر التقانة الحيوية النباتية التابع للهيئة العامة للتقانة الحيوية بدمشق، وفي كلية العلوم-جامعة دمشق، خلال الفترة (2021- 2023)، بهدف تقييم استجابة تسعة أصناف مدخلة من البطاطا للإجهاد الطولي المُصطنع باستعمال السوربيتول، باستعمال تقانة زراعة الأنسجة النباتية، اعتماداً على بعض الصفات المورفولوجية، لتحديد الأصناف الأكثر تكيفاً، والصفات المرتبطة بتحسين مستوى التحمل. نقلت نباتات من تسعة أصناف من البطاطا الناتجة عن الإكثار الخضري الدقيق، عوملت النباتات بإضافة تراكيز مختلفة من السوربيتول (0، 50، 100، 150، 200، 250، 300، 350، 400mM) إلى وسط النمو. وصممت التجربة وفق القطاعات العشوائية الكاملة. اشتمل هذا البحث على 9 معاملات، كل معاملة 3 مكررات، تم تقدير الفروق المعنوية على مستوى ثقة 99%. أوضحت النتائج أن ازدياد شدَّة الإجهاد الجفافي في وسط النمو سبَّب تراجعاً معنوياً في جميع الصفات المورفولوجية المدروسة (طول النبات، طول الجذور، عدد الأوراق والجذور، المساحة الورقية) وذلك بالمقارنة مع الشاهد.

وكان أعلى متوسط لطول النباتات وعدد الأوراق الأعلى معنوياً لدى الصنف Evora (8.67 سم، 8. 87 ورقة / نبات، على التوالي) ، أما متوسط المساحة الورقية فقد تفوق الصنف Hind (1762.64 سم^2)، أما متوسط عدد الجذور نجد تفوق الصنف Hind (6.03 جذر/ نبات) ومتوسط طول الجذور تفوق الصنف Salvador (4.52 سم).

الكلمات المفتاحية: البطاطا، الإجهاد الجفافي، الصفات المورفولوجية، مؤشرات النمو.

تاريخ الإيداع: 2024/02/23
تاريخ القبول: 2024/07/23

حقوق النشر: جامعة دمشق - سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

Effect of drought stress on some morphological traits of nine varieties of potato (Solanum tuberosum) produced by tissue culture.

Lama Abdullah Laila[1*], Salim Hussein Zaid[2], Fahd Izz al-Din Al Biski[3]
1-Doctora student in the department of plant Biology, College of Science.
lama.laila@damascusuniversity.edu.sy
2-Professor in the department of plant Biology, College of Science.
s.zaid@damascusuniversity.edu.sy
3-Researcher at the general authority for Biotechnology ,Damascus.

Received: 23/02/2024
Accepted: 23/07/2024

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

Abastract:

This research was carried out in the Plant Biotechnology Laboratory of the General Authority for Biotechnology in Damascus, and in the Faculty of Science - University of Damascus, during the period (2021-2023), with the aim of evaluating the response of nine introduced potato varieties to artificial stress using sorbitol, using plant tissue culture technology, Depending on some morphological characters to identify the most adapted varieties and the traits associated with improving the level of tolerance. Plants of nine potato varieties resulting from microvegetative propagation were transferred. Plants were treated by adding different concentrations of sorbitol (0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400 mM) to the growth medium. The experiment was designed according to completely randomized blocks. This research included 9 treatments; each treatment had 3 replicates. Significant differences were estimated at a 99% confidence level. The results showed that increasing the intensity of drought stress in the growth medium led to a significant decrease in all phenotypic traits studied (plant height, root length, number of leaves and roots, leaf area) compared to the control. The highest average plant height and number of leaves was in the cultivar Evora (8.67 cm) ,leaves/plant respectively). As for the average leaf area, the Hind variety was superior (17626.37 mm2), while the Hind variety was superior in terms of the number of roots (6.03 roots/plant), and the Salvador variety was superior in terms of root length(4.25cm).

Keywords: Potatoes, Drought Stress, Morphological Traits, Growth Indicators.

1. المقدمة (Introduction):

تعد البطاطا (Solanum tuberosum. L) أحد أهم المحاصيل الغذائية الرئيسة في جميع أنحاء العالم، فهي رابع أكبر محصول غذائي في العالم. وتزرع في جميع القارات على مساحات واسعة، بالإنتاج عالمي يقدر حوالي 437 مليون طن (FAO, 2022, 1)، وهي مصدر غني للكربوهيدرات والبروتينات والألياف الغذائية وحمض الأسكوربيك والثيامين والريبوفلافين والمعادن (Raigond et al., 2020, 13). حيث تتعرض النباتات عادة إلى عدد لا يحصى من الإجهادات الأحيائية (الحشرات، الأمراض) واللاأحيائية (الملوحة، الجفاف)، حيث يعد الجفاف أحد أهم الإجهادات اللاأحيائية التي تؤثر سلباً في عملية التمثيل الضوئي، من خلال زيادة معدل فقد المياه بالتبخر والنتح (Naz and Preveen, 2021, 1209)، يُعرّف الجفاف بأنّه الظاهرة التي ينجم عنها شح المياه وتراجع محتوى التربة المائي، ثمّ حدوث خلل في التوازن بين كميات المياه المتاحة في التربة والمطلوبة من قبل النبات، حيث يعاني النبات من نقصٍ حادٍ في كمية المياه المطلوبة للعمليات الفيزيولوجية (Reynolds et al., 2005, 239). يؤدي الإجهاد الجفافي إلى تغيرات فيزيولوجية في النبات، بما في ذلك عدم توازن المغذيات، وتلف الغشاء، وانخفاض أنشطة التمثيل الضوئي. تتأثر سلبًا العديد من الظواهر الفيزيولوجية والكيميائية الحيوية، مثل الحفاظ على حالة المياه النباتية، والنتح، والتنفس، وكفاءة استخدام المياه، والتوازن الهرموني، ومنطقة الأوراق، وإنبات البراعم وتشكل الدرنات، وإنتاج مضادات الأكسدة (Chourasia et al.,2021,545). ويُعد محصول البطاطا بشكلٍ عام حسّاس للجفاف، لذلك ركّزت العديد من البحوث على تطوير طرز من البطاطا أكثر تحملاً للجفاف مع المحافظة على الكفاءة الإنتاجية. لذلك يُعدّ القياس المباشر للعمليات الفيزيولوجية المتضمنة استجابة النباتات للجفاف خياراً مفيداً وعملياً لغربلة عددٍ كبيرٍ من الطرز الوراثية (Stoddard et al., 2006, 167)؛ (Alderfasi, Alghamdi and 2010, 8).

ومن الطرائق الحديثة المهمة والمفيدة لمربي النبات تقانة زراعة الانسجة النباتية والتي يمكن من خلالها الحصول على أصناف وسلالات جيدة متحملة للإجهادات اللاإحيائية كالجفاف والملوحة، ومن ثم إدراجها ضمن برامج التحسين الوراثي (Karakas and Bozat, 2020, 401). تتيح تقانة زراعة الأنسجة في الأنابيب غربلة عدد كبير من الطرز الوراثية لتحمل الإجهاد الجفافي من خلال إضافة أيٍ من السكريات الكحولية، مثل السوربيتول إلى وسط النمو المغذي Murashige Skoog (MS)(Murashige and Skoog, 1962, 473)، وهي تقانة غير مكلفة، ولا تحتاج وقت كبير، ويمكن تكرار التجارب أكثر من مرة بمنأى عن العوامل البيئية السائدة خارجاً بالمقارنة مع التجارب الحقلية (Rahman et al., 2008, 79). يعد محصول البطاطا واحداً من أهم محاصيل الخضر في سورية، وهناك ازدياد مستمر في استهلاك هذا المحصول مع تزايد التركيز على النوعية المميزة، وتتعرض النباتات بشكل دائم لحالات الإجهاد البيئي الذي يعوق تطورها ويسبب خسائر في الغلة والنوعية. ومن هنا تأتي أهمية هذا البحث في تطوير سلالات من البطاطا المتحملة للجفاف وتقييم أهم مؤشرات النمو باستخدام التقانات الحيوية الحديثة.

2. الدراسات المرجعية (Literature Review):

يعد نبات البطاطا (Solanum tuberosum L) حساس جدا للإجهاد الجفافي في المراحل المبكرة من النمو بالمقارنة مع المراحل المتأخرة وفي مرحلة الإزهار ومرحلة تكوين الدرنات. ومن المعلوم عموماً أن هناك اختلافات في حساسية أصناف البطاطا للإجهاد الجفافي (Iwama and Yamaguchi ,2006, 231). استعملت العديد من المركبات الكيميائية التي تحث على الإجهاد الجفافي في الزجاج لتقليد الظروف البيئية السائدة في الحقل من حيث قلة الماء المتاح، ومن هذه المواد السوربيتول ومركبات البولي ايثيلين غليكول (PEG). حيث أنَّ إضافة السوربيتول أو PEG إلى وسط الزراعة يُقلل الجهد المائي في الوسط ويصبح أكثر سلباً مما يحرض على حدوث الإجهاد الطولي Osmotic stress الذي يؤثر سلباً في كلٍ من النمو الخضري والجذري للنبيتات (Lahlou and Ledent, 2005, 159). تم استعمال هذه المركبات كعوامل مسببة للإجهاد الجفافي بزراعة النسج لانتخاب الطرز الوراثية

المتحملة للجفاف في بعض المحاصيل مثل القمح (Almansouri et al., 2001, 243) والبطاطا (Albiski et al., 2012, 315). المشكلة الرئيسية عند اختبار الإجهاد الجفافي هي عدم وجود مؤشرات نباتية محددة جيداً. والتي يمكن استخدامها من قبل مربي النبات لتطوير تحمل النبات للجفاف في عدد من المحاصيل الزراعية المهمة. الاختلاف لا يحدث فقط بين الأنواع إنما قد يحدث بين الأصناف داخل النوع الواحد (Ashraf et al., 2010, 559). لابدّ من أن تتكيف النباتات مع الظروف البيئية غير الملائمة، حتى تتمكن من المحافظة على استمرار نموها وإعطاء إنتاجية جيدة، عن طريق إحداث تبدلات تكيّفية شكلية وفيزيولوجية، وبيوكيميائية، وجزيئية، مرتبطة بالمحافظة على مستوى العلاقات المائية داخل خلايا النبات، والمحافظة على محتوى التربة المائي لأطول فترةٍ زمنيةٍ ممكنة، لضمان استمرار سير العديد من العمليات الحيوية المرتبطة بزيادة معدّل تصنيع المادة الجافة وتراكمها، وبخاصةٍ عمليتي التمثيل الضوئي، والتنفس، ويمكن تحقيق ذلك من خلال زيادة معدّل امتصاص المياه، أو من خلال تقليل معدّل فقد المياه بالنتح (Hasegawa et al., 1984, 371). وأوضحت العديد من دراسات الإجهاد الجفافي إلى تراجع في معدلّ استطالة سوق البطاطا وأوراقها، ما أدّى إلى تراجع حجم المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي، وتراجع دليل المساحة الورقية والكتلة الحية للأجزاء الهوائية، وبالتالي تراجع كمية المادة (Anithakumari et al., 2012, 1413). أوضح العديد من الباحثين وجود تباين وراثي في استجابة طرز البطاطا لظروف الجفاف (الإجهاد الجفافي المحدث باستعمال السوربيتول) اعتماداً على بعض الصفات الشكلية، مثل طول الجذور والأجزاء الهوائية والوزن الجاف لهما (Wishart et al., 2014, 351). حيث أنّ الإجهاد الطولي سبّب زيادةً في معدّل تواجد المادة الجافة في الجذور على حساب الأجزاء الهوائية، حيث لوحظت علاقة ارتباط سلبية بين هاتين الصفتين، ما أدّى إلى زيادة نسبة الأجزاء الأرضية إلى الهوائية، وهي من الصفات التكيفية المهمة المرتبطة بتجنب الجفاف، لأنّها تزيد من مقدرة النباتات على امتصاص كميةٍ أكبر من المياه والعناصر المعدنية المغذية الداخلة مع تيار الماء عبر الأوعية الناقلة الخشبية (Bündig et al., 2016a, 227). لذلك تم تطبيق تقانة زراعة الأنسجة النباتية لتقييم الطرز الوراثية في البطاطا للملوحة والجفاف كبدائل عن التقييمات التي تتم في الحقل والتي تعد مكلفة وتتطلب عمالة مكثفة. بالاعتماد على معايير لنمو النبيتات بزراعة النسج بوجود مستويات مختلفة من السوربيتول، كما يعد تحسين الصفات الجذرية هاماً لتطوير طرز وراثية من البطاطا متحملة للجفاف ولكن قياس السمات الجذرية في مجال النباتات المزروعة في الحقل تعد شاقة وتستغرق وقتا طويلاً (Iwama and Yamaguchi 2006, 231). نتيجة لذلك لم يحرز الكثير من التقدم في تطوير أصناف متحملة للجفاف. وقد تكون الدراسات في الأنابيب إحدى البدائل الممكنة للتغلب على المشاكل المرتبطة بتقييم الخصائص الجذرية للبطاطا. إن تأثير الإجهاد الطولي في نمو النبيتات بزراعة النسج يشابه تأثيره الظروف الحقلية، ويدل هذا التشابه في تأثير الإجهاد الطولي في أنه يمكن استخدام النباتات المزروعة في الأنابيب كبديل للتقييمات الحقلية المجهدة والمكلفة (Iwama and Yamaguch, 2006, 231). وفي دراسة تمّ تطبيق الإجهاد الطولي مخبرياً باستعمال السوربيتول في وسط النمو حيث بيّنت النتائج وجود فروقاتٍ معنوية في استجابة الطرز الوراثية لظروف الإجهاد الطولي لجميع الصفات المدروسة. وتمّ تصنيف الطرز الوراثية وفق طريقة شجرة القرابة الوراثية، إلى طرزٍ متحملة، ومتوسطة التحمل، وطرزٍ حسّاسة للعامل الجفافي. كما أنّ بعض من هذه الطرز صنفت سابقاً كطرزٍ متحملة تحت ظروف الجفاف على مستوى الحقل، ما يدل على فعالية الغربلة المخبرية ومصداقيتها في محصول البطاطا (Dandena et al., 2017, 308). وكما تم استعمال العديد من المركبات الكيميائية التي تحث على الإجهاد الجفافي ضمن الأنابيب الزجاجية المستخدمة للزراعة النسيجية، ومن هذه المواد مركبات السوربيتول. تبينّ أنَّ إضافة السوربيتول إلى وسط الزراعة يحرض على حدوث الإجهاد الطولي الذي يؤثر سلباً في كلٍ من النمو الخضري والجذري للنبيتات (Lahlou et al., 2005, 159). وأجريت دراسة لخمسة أصناف من البطاطا، تبين أن هناك ارتباط موجب ومعنوي بين طول الجذور ومساحة النبات الورقية وغلة

الدرنات تحت ظروف الجفاف ووجدوا أنّ أصناف البطاطا الأكثر تحملاً للجفاف التي تمتلك جذوراً متعمقة وكبيرة (Zakaria et al., 2017, 77).

وفي دراسة أجريت لمعرفة تأثير مستويات متباينة من الإجهاد الطولي المُحدث باستعمال سكر السوربيتول في بعض الصفات الشكلية لدى أحد عشر طرازاً من البطاطا، مخبرياً باستعمال تقانة زراعة الأنسجة النباتية، حيث سبب ازدياد مستوى الإجهاد الطولي (تركيز السوربيتول) في وسط النمو تراجعاً معنوياً في جميع الصفات الشكلية، بالمقارنة مع الشاهد (صبح، 2020).

3. مواد البحث وطرائقه (Materials and Methods):

مكان وزمان تنفيذ البحث: نفذ هذا البحث في مخابر كلية العلوم, جامعة دمشق ومخابر الهيئة العامة للتقانة الحيوية بدمشق، خلال الفترة (2021-2023).

المادة النباتية: استخدم في تنفيذ هذا البحث تسعة أصناف من البطاطا المدخلة تم الحصول عليها من مؤسسة إكثار البذار في دمشق (Montereal, Salvador, Synergy, Yalas, Agria, Arizona, Everest, Evora, Hind) كما أنها من الأصناف المتميزة من ناحية النوعية والإنتاجية.

الزراعة الأولية والإكثار: يستعمل وسط MS (Murashige and Skooge, 1962, 473) في تنفيذ كافة مراحل البحث، حيث قسّمت النموات المأخوذة من عيون البطاطا بعد 45 يوم من الزراعة في التورب , حيث تمّ قص النموات إلى عقل مفردة بطول 2-3 سم يحوي كل منها برعم جانبي واحد, وتمّ إجراء عملية التطهير السطحي لها، ثم غمرت بمحلول التطهير المحتوي على هيبوكلوريت الصوديوم (NaOCl) بتركيز 4 – 3 % لمدة 10 دقائق ثم غسلت الخزعات النباتية 3 مرات متتالية بالماء المقطر المعقم, وزرعت في أنابيب اختبار يحوي كل منها 18 مل من المحلول المغذي لموراشيج وسكوج (MS) بعد تعقيم الوسط بالأوتوكلاف، حضنت الأنابيب في غرفة النمو على درجة حرارة 22 ± 2م° وفي إضاءة 16 ساعة يومياً وبشدة ضوئية مقدارها 2000 لوكس، كررت عملية الإكثار عدة مرات متتالية للحصول على الكمية الكافية من المادة النباتية اللازمة لتنفيذ تجارب الاجهاد الجفافي.

معاملات الإجهاد: في تجربة الإجهاد المخبرية، قسمت العينات النباتية الناتجة من مرحلة الإكثار إلى عقل صغيرة تحتوي برعم جانبي وزرعت في نفس وسط الإكثار، لكن مع إضافة عامل الإجهاد الجفافي بتراكيز مختلفة من السوربيتول (50- 100- 150- 200- 250- 300- 350- 400 mM). وكل معاملة ثلاث مكررات، وبمعدل 4 نباتات في كل مكرر، بالإضافة إلى الشاهد الخالي من عامل الإجهاد.

المؤشرات المدروسة: في نهاية التجربة، تمّ تقدير المؤشرات التالية:

مؤشرات النمو Growth Parameters:

أخذت القياسات بعد مضي 45 يوم على تطبيق معاملات الإجهاد المختلفة على النباتات المخبرية وبمعدل ثلاثة مكررات من كل معاملة إجهاد ومن الشاهد، حيث يتألف كل مكرر من 4 نباتات:

- طول الساق (سم): قيست طول الساق، بواسطة متر القياس، من بداية الساق حتى البرعم القمي.
- عدد الأوراق (ورقة/ نبات).
- المسطح الورقي (سم^2): قيست مساحة الأوراق باستعمال برنامج ImageJ.2018.
- طول الجذور (سم): قيست بواسطة متر القياس، من بداية الجذر حتى نهاية أطول جذر.
- عدد الجذور (جذر/ نبات).

التصميم التجريبي والتحليل الإحصائي: صممت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة، حيث تم أخذ القياسات بعد مضي 30– 45 يوم على تطبيق معاملات الإجهاد وبمعدل ثلاث مكررات من كل معاملة إجهاد ومن الشاهد بحيث يتألف كل مكرر من 4 نباتات في الأنابيب. حللت النتائج بواسطة البرنامج الإحصائي (XLSTAT 2014) لمقارنة المتوسطات وحساب أقل فرق معنوي (L.S.D) عند مستوى معنوية 1% ومعامل التباين (CV%).

4. النتائج والمناقشة (Result and Discussion):

4-1- تأثير معاملات الإجهاد الجفافي في طول النبات (سم) لأصناف البطاطا المكاثرة نسيجياً:

بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية في صفة متوسط طول النبات بين الأصناف والمستويات المختلفة من السوربيتول والتفاعل المتبادل بينهما. لوحظ أعلى طول للنبات في معاملة الشاهد (13.01 سم) بفارق معنوي مقارنةً مع باقي المعاملات في جميع الأصناف المدروسة. كان أعلى طول للنبات لدى الصنف Evora (8.67 سم)، وبينما الأدنى لدى الصنف Everest (4.52 سم) أما بالنسبة إلى التفاعل بين أصناف البطاطا والمستويات المختلفة من السوربيتول فقد تفوق الصنف Salvador في معاملة الشاهد على كافة الأصناف والمعاملات من حيث متوسط طول النبات (15.42 سم) بينما كان الأقل طولا (1.00سم) لدى الصنف Everest عند المعاملة 400 mM (جدول 1).

الجدول رقم (1): تأثير معاملات الإجهاد الجفافي قي متوسط طول النبات(سم) لدى أصناف البطاطا المكاثرة نسيجياً

الأصناف	المعاملات (mM sorbitol)									المتوسط
	الشاهد	50	100	150	200	250	300	350	400	
Montereal	10.85	8.28	8.00	5.57	5.50	4.28	3.92	1.90	1.42	5.53^{DE}
Salvador	15.42	11.70	8.51	8.14	6.28	4.35	4.21	2.92	1.82	7.04^{BC}
Synergy	13.85	9.14	8.71	7.55	6.30	4.42	3.85	2.42	1.14	6.38^{BCD}
Yalas	13.70	11.57	8.28	7.71	4.21	3.41	2.93	2.57	2.21	6.33^{BCD}
Agria	11.07	7.78	7.42	6.64	6.57	5.42	3.34	2.14	1.28	5.74^{CDE}
Arizona	12.14	10.57	6.42	4.10	3.42	2.78	2.35	2.10	1.85	5.09^{DE}
Everest	10.40	7.07	6.25	5.07	3.65	3.50	2.11	1.78	1.00	4.52^{E}
Evora	15.21	14.21	11.85	11.35	9.28	5.71	4.35	3.50	2.50	8.67^{A}
Hind	14.00	11.71	11.57	9.28	5.28	4.92	3.92	2.57	2.14	7.27^{B}
المتوسط	13.01^{A}	10.23^{B}	8.54^{C}	7.27^{D}	5.61^{E}	4.26^{F}	3.49^{G}	2.44^{H}	1.71^{I}	-

المتغير الإحصائي	المعاملات	الأصناف	التفاعل
LSD (0.01)	0.69	1.38	1.45
CV (%)	1.96		

*يشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود والسطر الواحد، على الترتيب إلى وجود فروق معنوية وفق الصنف ومتوسط معاملة الإجهاد، عند مستوى ثقة 99%.

4-2- تأثير معاملات الإجهاد الجفافي في عدد الأوراق للأصناف االمكاثرة نسيجياً (ورقة/ نبات):

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية في صفة متوسط عدد الأوراق بين الأصناف والمستويات المختلفة من السوربيتول والتفاعل المتبادل بينهما. لوحظ أكبر عدد من الأوراق في معاملة الشاهد (11.55 ورقة / نبات) بفارق معنوي مقارنة مع باقي المعاملات, بينما لوحظ أقل عدد من الأوراق في معاملة السوربيتول 400 Mm (1.82 ورقة/ نبات). كان أعلى عدد من الأوراق لدى الصنف Evora (8.87 سم)، والأقل عددا لدى الصنف Everest (4.30 ورقة / نبات) أما بالنسبة إلى التفاعل بين أصناف البطاطا والمستويات المختلفة من السوربيتول وجد أن الصنف Evora في معاملة الشاهد تفوق معنويا من حيث عدد الأوراق على كافة الأصناف والمعاملات (14.57 ورقة/ نبات) بينما كان الأقل عددا في معاملة السوربيتول 400 mM عند الصنفين Everest و Synergy إذ بلغ (1 ورقة /نبات) (جدول 2).

الجدول رقم (2): تأثير معاملات الإجهاد الجفافي في عدد الأوراق للأصناف االمكاثرة نسيجياً (ورقة/ نبات):

الأصناف	المعاملات (mM sorbitol)								المتوسط
	الشاهد	50	100	150	200	250	300	350	400	
Montereal	7.85	7.42	7.28	6.14	5.14	4.42	4.14	2.14	1.28	5.09^{EF}
Salvador	12.42	12.00	10.85	9.71	9.28	7.71	6.00	4.85	2.42	8.36^{AB}
Synergy	9.28	9.00	8.57	6.57	5.58	4.71	4.00	1.85	1.00	5.61^{DE}
Yalas	12.71	9.85	9.14	8.42	7.14	6.00	5.37	3.85	3.71	7.34^{BC}
Agria	11.14	8.00	7.00	6.71	4.85	4.00	3.85	2.42	1.42	5.49^{EF}
Arizona	13.57	11.71	6.85	4.28	3.42	3.14	2.57	2.00	1.28	5.42^{EF}
Everest	8.28	6.71	5.66	5.00	4.14	3.57	3.00	1.71	1.00	4.30^{F}
Evora	14.57	12.85	11.85	10.71	10.28	6.42	5.85	4.57	2.71	8.87^{A}
Hind	14.14	11.28	9.42	8.85	5.28	4.57	3.28	2.57	1.56	6.77^{CD}
المتوسط	11.55^{A}	9.87^{B}	8.47^{C}	7.38^{D}	6.12^{E}	4.92^{F}	4.25^{F}	2.88^{G}	1.82^{H}	-

المتغير الإحصائي	المعاملات	الأصناف	التفاعل
LSD (0.01)	0.79	1.23	1.56
CV (%)	1.96		

*يشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود والسطر الواحد، على الترتيب إلى وجود فروق معنوية وفق الصنف ومتوسط معاملة الإجهاد، عند مستوى ثقة 99%.

4-3-تأثير معاملات الإجهاد الجفافي في المساحة الورقية (سم^2) للأصناف االمكاثرة نسيجياً:

بينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية في صفة متوسط المساحة الورقية بين الأصناف والمستويات المختلفة من السوربيتول والتفاعل المتبادل بينهما. لوحظ أعلى مساحة ورقية في معاملة الشاهد ومعاملة 50 mM (225.38، 195.82 سم^2، على التوالي) بفارق معنوي مقارنةً مع باقي المعاملات. كان أعلى متوسط المساحة الورقية لدى الصنف Hind (17626.64 سم^2)، بينما لوحظ الأقل مساحة لدى الصنف Arizona و Everest (55.36 سم^2 ,88.59 سم2) أما بالنسبة إلى التفاعل بين أصناف البطاطا والمستويات المختلفة من السوربيتول فقد تفوق الصنف Montereal في معاملة الشاهد معنويا من حيث المساحة الورقية (317.03 سم^2) بينما كان الأقل مساحة في الصنف Hind في معاملة السوربيتول 400 mM (15.26 سم^2) (جدول 3).

الجدول رقم (3): تأثير معاملات الإجهاد الجفافي في المساحة الورقية (سم^2) لدى أصناف البطاطا المكاثرة نسيجياً

الأصناف	المعاملات (sorbitol mM)									المتوسط
	الشاهد	50	100	150	200	250	300	350	400	
Montereal	317.03	138.7	143.3	70.9	64.6	77.8	43.43	41.33	24.77	102.34^{BC}
Salvador	220.07	176.13	176.13	63.67	72.73	70.23	91.43	44.57	29.43	87.24 ^{C}
Synergy	70.5	182.57	147.57	163.57	93.1	152.9	91.43	24.9	26.4	105.88^{BC}
Yalas	457.6	381.03	85.63	134.43	49.67	67.87	64.9	43.13	101.03	153.92^{AB}
Agria	197.57	109.83	120.4	117.07	128.43	96.33	101.07	62.13	32	107.2^{BC}
Arizona	95.6	105.3	89.07	46.77	35.43	51.27	33.4	23.43	17.93	55.36 ^{C}
Everest	179.3	179.3	131.27	172.6	63.63	133.33	42.97	37.5	16.67	88.59 ^{C}
Evora	142.8 7	142.87	155.73	97.1	187.57	98.63	110.3	89.1	17.77	109.29^{BC}
Hind	347.9	376.3	375.2	148.7	78.07	138.7	53.07	20.53	15.27	1762.64^{A}
المتوسط	225.38^{A}	195.82^{A}	143.32^{B}	100.82^{BC}	93.66^{BC}	89.82 ^{C}	62.57^{CD}	37.04 ^{D}	35.03 ^{D}	

المتغير الإحصائي	المعاملات	الأصناف	التفاعل
LSD (0.01)	50.14	58.02	126.83
CV (%)	1.02		

*يشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود والسطر الواحد، على الترتيب إلى وجود فروق معنوية وفق الصنف ومتوسط معاملة الإجهاد، عند مستوى ثقة 99%.

4-4-تأثير معاملات الإجهاد الجفافي في طول الجذور للأصناف االمكاثرة نسيجياً (سم) :

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية في صفة متوسط طول الجذور بين الأصناف والمستويات المختلفة من السوربيتول والتفاعل المتبادل بينهما. كان أعلى طول الجذور الأعلى في معاملة الشاهد (5.85 سم) بفارق معنوي مقارنةً مع باقي المعاملات بينما كانت لوحظ أقل طول للجذور في معاملة 400 Mm (0.57 سم). ولوحظ أعلى طول للجذور لدى الصنف Salvador (4.52 سم)، والأقل طولا لدى الصنف Arizona (2.29 سم) أما بالنسبة إلى التفاعل بين أصناف البطاطا

والمستويات المختلفة من السوربيتول تفوق الصنف Salvador في معاملة الشاهد على كافة الأصناف والمعاملات من حيث طول الجذور إذ بلغ (8.42 سم) بينما كان الأقل طولا لدى الصنف Everest في معاملة السوربيتول 400 mM (0 سم) (جدول 4).

الجدول رقم (4): تأثير معاملات الإجهاد الجفافي قي متوسط طول الجذور(سم) لدى أصناف البطاطا المكاثرة نسيجياً

الأصناف	المعاملات (mM sorbitol)									المتوسط
	الشاهد	50	100	150	200	250	300	350	400	
Montereal	5.78	5.50	4.64	3.95	3.50	2.92	2.65	1.64	0.28	3.43^{BCD}
Salvador	8.42	7.92	5.57	4.92	4.58	4.30	2.54	2.18	0.21	4.52^{A}
Synergy	6.42	6.07	5.80	5.25	3.92	3.07	2.60	2.21	1	4.04^{AB}
Yalas	6.40	6.25	5.28	5	4.28	3.66	2.75	1.92	1.71	3.91^{ABC}
Agria	5.14	4.80	4.50	2.85	2.70	2.15	1.90	0.92	0.42	2.82^{DE}
Arizona	4.14	4	3.70	2.64	2.50^{aa}	2.07	0.81	0.64	0.14	2.29^{E}
Everest	4.71	4.21	4.18	3.82	3.64	3.38	2	0.78	0.00	2.96^{DE}
Evora	4.85	4.42	4.30	3.71	3.42	3.14	2.42	2.10	0.85	3.25^{CD}
Hind	6.85	6.28	5.71	5	4	3.57	2.14	1.21	0.55	3.92^{ABC}
المتوسط	5.85^{A}	5.39^{B}	4.81^{C}	4.05^{D}	3.62^{D}	3.11^{E}	2.21^{F}	1.51^{G}	0.57^{H}	-

المتغير الإحصائي	المعاملات	الأصناف	التفاعل
LSD (0.01)	0.45	0.71	1.12
CV (%)	1.96		

*يشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود والسطر الواحد، على الترتيب إلى وجود فروق معنوية وفق الصنف ومتوسط معاملة الإجهاد، عند مستوى ثقة 99%.

4 – 5– تأثير معاملات الإجهاد الجفافي في عدد الجنور للأصناف االمكاثرة نسيجياً (جذر/ نبات):

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية في صفة متوسط عدد الجذور بين الأصناف والمستويات المختلفة من السوربيتول والتفاعل المتبادل بينهما. كان أعلى عدد للجذور في معاملة الشاهد (8.39 جذر/ نبات) بفارق معنوي مقارنةً مع باقي المعاملات بينما كانت االأقل عددا معاملة 400 Mm (0.6 جذر/ نبات). كان أعلى عدد الجذور لدى الصنف Hind وEvora (6.03، 5.9 جذر/ نبات، على التوالي)، والأقل عددا لدى الصنف Arizona (2.69 جذر/ نيات) أما بالنسبة إلى التفاعل بين أصناف البطاطا والمستويات المختلفة من السوربيتول فقد تفوق الصنف Evora في معاملة الشاهد على كافة الأصناف والمعاملات من حيث الجذور الجذور إذ بلغ (11.28 جذر / نبات) بينما كان الأقل عددا الصنفEverest في معاملة السوربيتول 400 mM (0 جذر / نبات) (جدول 5).

الجدول رقم (5): تأثير معاملات الإجهاد الجفافي في عدد الجذور للأصناف االمكاثرة نسيجياً (جذر/ نبات):

الأصناف	المعاملات (mM sorbitol)									المتوسط
	الشاهد	50	100	150	200	250	300	350	400	
Montereal	7.00	5.14	4.57	4.00	2.71	2.60	2.42	2.11	0.60	3.49^{DE}
Salvador	7.85	7.57	7.09	6.72	6.43	4.71	4.40	2.14	0.42	5.25^{AB}
Synergy	9.14	7.28	6.28	5.42	3.05	2.72	2.57	1.42	0.71	4.28^{BCD}
Yalas	9.71	8.71	7.71	6.00	4.42	3.16	2.50	2.05	1.14	5.03^{ABC}
Agria	6.57	4.70	4.52	3.85	3.60	2.85	2.00	0.85	0.57	3.30^{DE}
Arizona	5.71	5.11	3.42	3.00	2.40	1.85	1.40	1.00	0.28	2.69^{E}
Everest	7.42	6.71	6.33	5.40	4.28	3.57	2.80	1.28	0.00	4.15^{CD}
Evora	11.28	9.00	8.28	6.85	6.42	5.00	3.14	2.55	0.55	5.90^{A}
Hind	10.85	9.42	8.57	7.14	6.29	4.85	4.80	1.25	1.00	6.03^{A}
المتوسط	8.39^{A}	7.07^{B}	6.22^{C}	5.41^{D}	4.41^{E}	3.47^{F}	2.92^{F}	1.63^{G}	0.60^{H}	–

المتغير الإحصائي	المعاملات	الأصناف	التفاعل
LSD (0.01)	0.71	1.04	1.7
CV (%)	1.96		

*يشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود والسطر الواحد، على الترتيب إلى وجود فروق معنوية وفق الصنف ومتوسط معاملة الإجهاد، عند مستوى ثقة 99%.

5. المناقشة (Discussion):

سجلت مستويات الإجهاد الجفافي تغيرات معنوية فيما يتعلق ببعض مؤشرات نمو النبات المورفولوجية، حيث خفض الإجهاد الجفافي معنويًا طول النبات ومسطحه الورقي وعدد الأوراق وطول وعدد الجذور، وتناسب الانخفاض عكسيا مع زيادة تركيز السوربيتول وتوافقت النتائج مع نتائج صبح (2020).

أرجعت بعض الدراسات سبب الانخفاض في هذه المؤشرات إلى سلوك الإجهاد الجفافي الذي يثبط استطالة الجذور وعددها نتيجة ارتفاع قيمة الإجهاد الطولي في وسط الزراعة ومن ثم تراجع قيمة الجهد المائي (يصبح الجهد المائي أكثر سلباً) فتقل كمية المياه الحرة متاحة للنبات، مما يؤثر سلباً في معدل امتصاص المياه من قبل المجموعة الجذرية وتصبح كمية المياه الممتصة غير كافية لتعويض الماء المفقود بالنتح عن طريق الأجزاء الهوائية، مما يؤدي إلى تثبيط استطالة النبات وانقسام الخلايا فيؤثر في قطر النبات، وبالتالي انخفاض عدد العقد وعدد الأوراق المتشكلة على الساق، وذلك نتيجة تراجع قيمة جهد الامتلاء داخل خلايا الأوراق

مما يؤدي إلى تثبيط استطالة خلايا الأوراق وتوقف نموها وحدوث العجز المائي في الخلايا النباتية نتيجة تراجع المحتوى المائي (حمد، 2023).

6. الاستنتاجات (Conclusions):

1. سبّب ازدياد مستوى الإجهاد الجفافي في وسط النمو تراجعاً معنوياً في جميع الصفات المورفولوجية المدروسة، بالمقارنة مع الشاهد، وتباينت الأصناف في استجابتها لظروف الإجهاد الجفافي.

2. يُساعد التوصيف الدقيق لاستجابة أصناف البطاطا للإجهاد الجفافي، اعتماداً على العديد من الصفات المورفولوجية في وضع هوية وراثية لكل صنف من الأصناف المدروسة، تُساعد مربي النبات في اختيار الآباء المناسبة، وتحديد الصفات المفتاحية المرتبطة بتحسين مستوى التحمل.

المراجع (References):

المراجع العربية:

1. حمد، رنا (2023). تأثير الإجهاد الملحي في بعض الصفات المورفولوجية والفيزيولوجية لسلالات بطاطا منتخبة من الكالس. رسالة ماجستير، قسم علوم البستنة. كلية الزراعة. جامعة دمشق.95.

2. صبح، ماوية (2020). دراسة تأثير الإجهاد الحلولي في بعض المعايير المورفولوجية والفزيولوجية والبيوكيميائية لطرز البطاطا Solanum tuberosum.L. رسالة ماجستير، قسم علم الحياة النباتية، كلية العلوم، جامعة دمشق.1-125.

المراجع الأجنبية:

1. Albiski, F.; Najla, S.; Sanoubar, R.; Alkabani, N. and Murshed, R. 2012. In vitro screening of potato lines for drought tolerance. Physiol. Mol. Biol. Plants, 18(4);315-321.
2. Alderfasi, A. A. and Alghamdi, S. S. 2010. Integrated water supply with nutrient requirements on growth, photosynthesis, productivity, chemical status and seed yield of faba bean. Am-Euras. J. Agron. 3, 8–17.
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. Anithakumari, A. M., Nataraja, K. N., Visser, R. G. F., and Van Der Linden, C. G. 2012. Genetic dissection of drought tolerance and recovery potential by quantitative trait locus mapping of a diploid potato population. Mol. Breed. 30, 1413–1429.
5. Ashraf, M.A., Ashraf, M. and Ali, Q. (2010). Response of two genetically diverse wheat cultivars to salt stress at different growth stages: leaf lipid peroxidation and phenolic contents. Pakistan Journal of Botany, 42 (1): 559-565.
6. Bündig C., Jozefowicz, A.M., Mock, H-P., Winkelmann, T. 2016a. Proteomic analysis of two divergently responding potato genotypes (Solanum tuberosum L.) following osmotic stress treatment in vitro. J. Proteom, 143, 227-241.
7. Chourasia, K.N.; Lal, M.K.; Tiwari, R.K.; Dev, D.; Kardile, H.B.; Patil, V.U.; Kumar, A.; Vanishree, G.; Kumar, D.; Bhardwaj, V.; et al. (2021). Salinity Stress in Potato: Understanding physiological, biochemical and molecular responses. Life., 11: 545.
8. Dandena, G., Nigussie, D., Wassu M., Endale G., Philippe, M., Christin, B. and Traud, W. 2017. In vitro screening of potato genotypes for osmotic stress tolerance. Open Agriculture. 2017; 2: 308–316.
9. FAO. (2022). Available online: https://www.fao.org/3/nj015en/nj015en.pdf (accessed on 15 September 2022).
10. Hasegawa, P.M.; Bressan, R.A.; Handa, S. and Handa, A.K. 1984. Cellular mechanisms of tolerance to water stress. Hort. Sci. 19:371-377.
11. Iwama K., Yamaguchi J. 2006. A biotic stress. In: Gopal, J., Khurana S.M., editors. Handbook of potato production, improvement and postharvest management. New York: Food Product Press, , pp. 231-278.
12. Karakas, F.P. and Bozat, B.G. (2020). Fluctuation in secondary metabolite production and antioxidant defense enzymes in in vitro callus cultures of goat's rue (Galega officinalis) under different abiotic stress treatments. Plant Cell Tissue Organ Cult., 142: 401–414.
13. Lahlou O. and Ledent, J. F. 2005. Root mass and depth, stolon and roots formed on stolon in four cultivars of potato under osmotic potential. European Journal of Agronomy, 22: 159-173.
14. Murashige, T. and Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum., 15: 473-497.
15. Naz, S., and Perveen, S. (2021). Response of wheat (Triticum aestivum L. var. galaxy-2013) to pre-sowing seed treatment with thiourea under drought stress. Pakistan Journal of Botany., 53:1209–1217.
16. Rahman, M.H., Islam, R., Hossain, M., Haider, S.A. 2008. Differential response of potato under sodium chloride stress conditions in vitro. J. Biol. Sci., 16, 79-83.
17. Raigond, P.; Atkinson, F.S.; Lal, M.K.; Thakur, N.; Singh, B.; Mishra, T. Potato Carbohydrates. In Potato; Raigond, P., Singh, B., Dutt, S., Chakrabarti, S., Eds.; Springer: Singapore, (2020); pp. 13–36.

18. Reynolds M. P.; Mujeeb-Kazi A. and Sawkins M. 2005. Prospects for polymorphism plant-adaptive mechanisms to improve wheat and other crops in drought- and salinity-prone environments. Annals of Applied Biology146, 239-259.
19. Stoddard, F.L., Balko, C., Erskine, W., Khan, H.R., Link, W. and Sarker, A. 2006. Screening techniques and sources of resistance to abiotic stresses in cool-season food legumes. Euphytica 147, 167–186.
20. Wishart J., George T.S., Brown L.K., White P.J., Ramsay G., Jones H., Gregory P.J. 2014. Field phenotyping of potato to assess root and shoot characteristics associated with drought tolerance. Plant Soil, 378, 351-363.
21. Zakaria, M., Sanaullah Biswas, M. d., and Riazul Islam, M. d.. 2017. Evaluation of Indigenous
22. Potato Challisha (Solanum tuberosum L. Cv. Challisha) Somaclonals Tolerance to Salinity In
23. Vitro. The Journal Of Tropical Life Science. 7(1):77 – 82.