تجاوب بعض هجن البندورة (*Lycopersicon esculentum* L.) في الزراعة المحمية للملوحة الناتجة عن ملح NaCl في الزراعة المائية

علي يوسف[1] وغياث علوش*[2] وأحمد جلول[1]

(1). قسم البساتين، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

(2). قسم علوم التربة والمياه – كلية الزراعة – جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

(* للمراسلة: الدكتور غياث أحمد علوش، البريد الالكتروني: galloush@scs-net.org)

تاريخ الاستلام: 9/ 12/ 2020 تاريخ القبول: 23/03/ 2021

الملخص:

هدف البحث إلى دراسة تحمل أربعة هجن من البندورة للملوحة Astona و Julnar و Merel و Shanon واسعة الانتشار كأصناف للزراعة في البيوت المحمية للملوحة وذلك باستخدام تراكيز متدرجة من NaCl (0 – 25– 50– 75– 100– 150 *mM*) تحت ظروف الزراعة المائية. بينت النتائج تميز الهجين Shanon بنمو جيد للمجموع الخضري في المحلول الغذائي بدون تراكيز ملحية متفوقاً بنسبة 10 و 48 و 85 % على Astona و Julnar و Merel ، وانخفض نمو المجاميع الخضرية للهجن الأربعة ببزيادة تراكيز ملح NaCl في المحلول الغذائي وبشكل متدرج، وتتباينت في الحد الحرج الذي ينخفض فيه النمو بمعدل 50%، لكن يبقى الهجين Shanon متميزاً بتحقيق أعلى نمو خضري وبشكل معنوي من باقي الهجن المدروسة عند جميع تراكيز ملح NaCl المطبقة. وتأثرت أيضاً المجاميع الجذرية للهجن الأربعة بوجود الملوحة حيث بدت تفرعاتها متخشبة وثخينة وقصيرة عند تركيز 75 *mM* من ملح NaCl في المحلول، وتعرضت للإهتراء في التركيز الملحي الأعلى 150 *mM* NaCl. وبالمقارنة بين وزن المجاميع الجذرية في معاملات الشاهد وأعلى تركيز تم استخدامه 150 *mM* من NaCl فقد انخفض وزن المجاميع الجذرية 71 و 46 و 67 و 56 % في الهجن Astona و Julnar و Merel و Shanon. امتلك الهجين Shanon بدون ملوحة (معاملة الشاهد) مجموع جذري يصل إلى 136 متر/نبات مقارنة بشاهد الهجن الثلاثة الأخرى بـ 113 و 90 و 77 م/نبات للهجن Astona و Julnar و Merel على التوالي. وتناقص طول المجموع الجذري في الهجن الأربعة بدءاً من تركيز الملوحة الأول 25 *mM* من NaCl إلا أن الهجين Shanon يبقى ذو طول محموع جذري أكبر من باقي الهجن وعند جميع مستويات الملوحة المطبقة. بينت جذور الهجين Shanon كفاءة عالية في معدل الامتصاص (مغ/متر جذور/يوم) أو النقل والتركم في المجموع الخضري وذلك لمعظم العناصر الغذائية مقارنة بالهجن Astona و Julnar و Merel. وتنخفض قيم معدلات كفاءة الامتصاص أو التراكم بشكل تدريجي مع زيادة

تركيز الملوحة في المحلول الغذائي حتى 150 *mM* NaCl. وتصل نسبة الانخفاض إلى عتبة الـ 50% في كفاءة الامتصاص والتراكم عند مستويات متباينة من التركيز الملحي فهو عند تركيز 50 *mM* من NaCl في الهجينين Merel و Astona وهي عند تركيز 75 *mM* للهجين Julnar ، وعند تركيز يقارب الـ 100 *mM* من NaCl في المحلول الغذائي للصنف Shanon.

الكلمات المفتاحية: البندورة (*Lycopersicon esculentum*)، الملوحة، امتصاص العناصر، الزراعة المائية، الزراعة المحمية.

المقدمة:

يعتبر نبات البندورة من أهم محاصيل الخضار في العالم وتم تصنيفه على أنه من النباتات متوسطة التحمل للإجهاد الملحي. لقد تبين أن إنتاجية البندورة ينخفض بمعدل 10 % لكل درجة ارتفاع في الناقلية الكهربائية (EC) في وسط نمو الجذور عن الحد الطبيعي، وتعتبر الناقلية الكهربائية 2.5 ميليموس/سم عتبة حرجة في وسط النمو بالنسبة لنبات البندورة يبدأ معها تأثر نموه وإنتاجيته (Maas and Hoffman, 1977; Maas, 1986). كما وبينت التجارب انخفاض في الإنتاجية يصل لـ 50% عند ناقلية كهربائية بحدود 8 ملموس/سم (Subbarao and Johnsen, 1994) ، وتعتمد درجة الإجهاد الملحي عند نبات البندورة والنباتات الأخرى عموماً على تأثيرات ثلاث (Greenway and Munns, 1980):

1. استجفاف المجموع الخضري من خلال درجة توتر ماء منخفضة
2. عدم التوازن في العناصر الغذائية نتيجة للتداخل الحاصل بين أيونات الملوحة مع العناصر الغذائية الأساسية التي يتم امتصاصها أو انتقالها ضمن الأنسجة النباتية.
3. السمية الناتجة عن تراكم أيونات Na^+ و Cl^- في السايتوبلازم.

وتوصف النباتات التي يمكنها أن تتعامل فيزيولوجياً مع هذه التأثيرات الثلاث الناتجة عن الإجهادات الملحية بحيث تحافظ على النمو والإنتاج بأنها ذات درجة ما في تحمل الملوحة.

يتأثر نمو النبات بشكل سلبي مع ارتفاع تركيز الأملاح في منطقة الجذور عن الحد الطبيعي (Sharma, 1995) حيث تعتبر الملوحة المشكلة الأساسية التي تحد من نمو النشاط الزراعي في العديد من مناطق العالم وبشكل خاص في المناطق الجافة وشبه الجافة (Badr and Talaab, 2008) حيث أن أكثر من 20% من الأراضي المروية في المناطق الجافة وشبه الجافة وقعت فريسة لهذه المشكلة وتبقى هذه المساحة مرشحة للازدياد بشكل مستمر (Munling and Lauchli, 2003) . ويظهر أثر الملوحة السلبي من خلال حدها لنمو النبات بسبب ارتفاع الضغط الأسموزي لمحلول التربة وفي خلق خلل في توازن العناصر الغذائية وفي ظهور سمية بعض العناصر (Gunes *et al*., 1996 ; Cornillon and Palloix, 1997).

تظهر الدراسات السابقة اثر الملوحة الكبير في تخفيض نمو النبات وامتصاصه للعناصر الغذائية والذي يتعلق بشكل أساسي بنوع الأملاح السائدة (Arshad and Rashid, 2001)، ومن بين الأملاح يعتبر ملح NaCl الأكثر سيادة وربما الأكثر حداً لنمو النبات وامتصاصه للعناصر الغذائية (Pessarakli and Tucker, 1988). لقد أظهرت أبحاث

Serrano وزملائه (1999) أن ارتفاع تركيز الصوديوم والكلور يسبب اضطراباً في النظم الخلوية للنبات. ويشير Epstein (1980) إلى أثر الملوحة في كبح النمو من خلال الخلل الذي تسببه في نظم الاستقلاب ضمن النبات وكذلك لدورها الكبير في خفض قدرته على امتصاص الماء والعناصر الغذائية. وليس واضحاً فيما إذا كان الأثر السلبي للملوحة على امتصاص العناصر الغذائية عائد إلى التأثير المباشر لتركيز كلور الصوديوم في الوسط الغذائي أو للأثر غير المباشر له من خلال خفضه لنمو النبات بشكل عام والذي ينعكس على كفاءته في الامتصاص (Gouia *et al.*, 1994)، كما أن ارتفاع نسبة الأملاح في الوسط الغذائي يخلق خللاً في نسب العناصر الغذائية والذي يؤدي إلى امتصاص بعضها على حساب الآخر كميل النباتات إلى إمتصاص المزيد من الصوديوم على حساب امتصاص البوتاسيوم عندما يزيد تركيز ملح NaCl في الوسط (Gattan, 1994).

في ظروف الإجهاد الملحي تنخفض إتاحة الماء وتزداد سمية بعض الأيونات نتيجة تراكمها ضمن النباتات التي تتباين بمختلف أنواعها بدرجة مقاومتها لظروف الإجهاد الملحي وعلى أساس هذا الاختلاف تصنف إلى نباتات متحملة أو غير متحملة للملوحة (Flowers and Yeo, 1988)، وبالتالي فإن مدى تأثر النبات سلباً عند تعرضه للإجهاد الملحي يختلف بمدى مقاومته لهذه الظروف، ففي دراسة أجريت من قبل (Gouia *et al.*,1994) على أثر الملوحة على كل من نباتي القطن والفاصولياء باستخدام مستويين من الملوحة (NaCl= 50 و 100 *mM*) فقد انخفضت الكتلة الحيوية لنبات القطن بحدود 6 و 14 %عند كل مستوى على التوالي مقارنة بالشاهد بينما وصل الانخفاض بالكتلة الحيوية للفاصولياء إلى 48 و59 % وذلك بعد 20 يوم من المعاملة بالملوحة.

إن الاختلاف في المقاومة لظروف الملوحة لا يتغير تبعا للأجناس أو الأنواع فقط ولكنه يختلف باختلاف العضو النباتي أيضا ضمن نفس النوع (Ismail, 2003)، وكذلك باختلاف مرحلة النمو للنبات نفسه وهذا ما وجده (Maas, 1986) في دراسته لتحمل البندورة لظروف الإجهاد الملحي حيث كانت مرحلة النمو الخضري قبل الإزهار هي الأكثر حساسية للملوحة في حين كانت مرحلة النمو الثمري الأقل حساسية. وعلى نحو مغاير وجد (Strogonov,1994) أن نبات الفصة كان أكثر حساسية للملوحة في مرحلة الإزهار عنه في مرحلة النمو الخضري قبل الإزهار.

يؤدي ارتفاع تركيز ملح NaCl إلى خفض إنتاج المادة الجافة بشكل واضح عند نبات البندورة ومن قدرته على امتصاص الآزوت (Pessarakli and Tuker, 1988) . وفي دراسة Arshad and Rashid (2001) حول أثر مستويين من الملوحة (4 و 8 بار) على متوسط إنتاج المادة الجافة وعلى امتصاص الآزوت عند نباتات البندورة في مرحلة الإزهار بظروف الزراعة الرملية فقد بينت النتائج اثر كلا المستويين السلبي على متوسط الوزن الجاف للنبات وعلى امتصاص الآزوت والذي ازداد مع زيادة مستوى الملوحة.

أهمية وأهداف البحث:

تشكل الزراعة المحمية في الساحل السوري قطاع اقتصادي مهم بالنسبة لعدد كبير من المزارعين إذ يزيد عدد البيوت البلاستيكية المسجلة لدى دوائر الإحصاء عن 165 ألفاً (المجموعة الإحصائية، 2016)، وتشكل زراعة محصول البندورة غالبيتها. غالباً ما تتم عمليات التسميد بمعزل عن تحليل التربة وبكميات تزيد كثيراً احتياجات المحصول من المغذيات. وفي دراسة استقصاء سريعة لما يزيد عن 40 بيت بلاستيكي مزروعة بالبندورة موزعة على طول الطريق من محطة بحوث

الجماسة إلى حوض السن عام 2009، فقد تبين أن قيم الناقلية الكهربائية لمحلول التربة تتراوح بمعظمها بين 6 وما يزيد عن 8 ميليموس/سم (دراسة غير منشورة)، وهذه القيم عالية جداً بالنسبة لمحصول البندورة الذي يعتبر من الأنواع النباتية ضعيفة التحمل للملوحة. غالباً ما تظهر تأثيرات الملوحة على نباتات البندورة على شكل حروق على الأوراق وتظهر في قمة النبات نورة زهرية.

تهدف هذه الدراسة إلى دراسة تحمل نباتات البندورة للأوساط المتأثرة بالملوحة بسبب تراكم الأملاح نتيجة للتسميد المفرط في الزراعات المحمية أو تعرضه للإجهادات الملحية نتيجة للتبخر العالي والنتح في الزراعات المائية، وذلك لبيان:

1- درجة تحمل ونمو بعض أصناف البندورة الأكثر انتشاراً بين أوساط مزارعي الزراعات المحمية في الساحل السوري لتراكيز ملحية متدرجة من NaCl.

2- تأثير التراكيز الملحية من NaCl على امتصاص وتراكم العناصر المعدنية في النبات وتوزعها بين المجموعين الخضري والجذري.

مواد البحث وطرائقه:

موقع التجربة:

أجريت الدراسة في بيت بلاستيكي (4 x 6 م) يتبع كلية الزراعة بجامعة تشرين في موقع مشتل الجامعة ذو أرضية أسمنتية ويتضمن أربع طاولات بأبعاد 1 x 2 م وارتفاع 1 متر. تتم التهوية من خلال فتحات تهوية في محيط البيت البلاستيكي والمغطاة بشبك ناعم لمنع دخول الحشرات والمسببات المرضية.

المادة النباتية:

أجريت التجربة على أربعة هجن من البندورة تزرع على نطاق واسع في البيوت المحمية في الساحل السوري، ويبين الجدول (1) أسمائها العالمية ومصدرها والشركة المنتجة لها.

جدول 1: هجن البندورة المستخدمة في التجربة.

الأسم المحلي	الشركة المنتجة	المنشأ
ASTONA	Nunhems	Holland
JULNAR	Seminis	Holland
MEREL	Blureton	Holland
SHANON	Nunhems	Holland

تحضير الشتول:

تم تحضير الشتول بزراعة البذور في صوان فلينية ذات عينات 3*3 سم وبعمق 5 سم ومحتوية على خليط من Peat/Perilite . وضعت الصواني في غرف الإنبات (25 م° و رطوبة نسبية 90%) حتى تمام الإنبات، ومن ثم نقلت إلى البيت الزجاجي. تم ري البادرات بمحلول غذائي ممدد (5:1) مرتين أسبوعياً، ومن ثم خضعت البادرات عند وصولها إلى مرحلة أربع أوراق حقيقية للتقسية تمهيداً لنقلها إلى أحواض الزراعة المائية. أستغرق تحضير الشتول للزراعة 25–30 يوماً.

المحلول الغذائي وتحضير مستويات ملح *NaCl* :

تضمن المحلول الغذائي العناصر الغذائية الكبرى انطلاقاً من محاليل محلية بتراكيز 1.5 *mM* $Ca(NO_3)_2$؛ 1 *mM* KH_2PO_4 ؛ 0.5 *mM* $MgSO_4$ (Alloush, 2003)، وزودت بالعناصر النادرة بتراكيز حسب Long Ashton (Hewitt, 1966). وللحصول على تراكيز من NaCl المطلوبة فقد تم تحضير محلول ملحي 1 مول من NaCl وتمت إضافة الكميات 0– 25– 50– 75– 100– 150 مل من المحلول المولي من NaCl لكل ليتر من المحلول الغذائي الذي يحتوي كافة العناصر الغذائية المذكورة أعلاه. وتم ضبط الـ pH المحلول إلى 6 باستخدام محلول 0.1 N من HCl. لقد تدرجت قيم الناقلية الكهربائية *(EC)* في المحاليل الغذائية من 1.83 – 3.07 – 4.78 – 7.58 – 9.83 – 11.87 ميليموس/سم، على التوالي.

طريقة الزراعة:

نقلت شتول البندورة بعمر 30 يوم– للهجن Astona- Julnar- Merel- Shanon (الجيل الأول F1) إلى المحاليل الغذائية (عروة صيفية– 18 أيار)، وكانت الشتول ذات أوزان طازجة متقاربة (5.68 ± 0.62) إلى ثقوب في أغطية فلينية ومدعمة بشرائط من الأسفنج تضمن تدلي جذورها المحدودة في أحواض بلاستيكية (عددها 24)، يتسع كل منها 16 ليتر من المحاليل الغذائية التي يتم تزويدها بالهواء بشكل مستمر بواسطة مضخات (2 ليتر/دقيقة). خضعت الشتول (8 في كل حوض) لفترة حضانة لمدة 10 أيام للسماح للبادرات لتشكيل الجذور الحديثة. كما تم خلال فترة التحضين زيادة تراكيز العناصر الغذائية من 5/1 إلى 2/1 إلى كامل التركيز من العناصر الغذائية لتفادي تعرض الشتول لشدة أسموزية ناتجة عن تراكيز عالية من العناصر الغذائية وغياب الجذور القادرة على امتصاص الماء.

بدأ تطبيق المعاملات والتجربة في 27 أيار، حيث تم الإبقاء على 6 شتول في كل حوض متجانسة حجماً ووزناً ووضعت المحاليل الغذائية الكاملة الطازجة (16 ليتر). استخدم ماء منزوع الشوارد في تحضير المحاليل الغذائية.

خضعت االشتول المزاحة (شتلتين من كل حوض) في بداية التجربة (الزمن 0) في كل صنف لفصل المجموعين الخضري والجذري وقياس طول الجذور والتجفيف وقياس محتواها من العناصر الغذائية التي تمثل محتوى النباتات في الزمن 0 قبل تطبيق مستويات الملوحة.

معاملات التجربة:

تضمنت التجربة ستة معاملات للزراعة في محاليل غذائية لكل هجين من البندورة تحوي جميع العناصر الغذائية وتختلف فقط في مستوى الملوحة المقدمة على شكل ملح NaCl (0 – 25 – 50 – 75 – 100 – 150 *mM*)، ووضعت الأحواض في البيت البلاستيكي على الطاولات الموصفة آنفاً.

العناية بالتجربة:

تم تبديل المحلول الغذائي في الأحواض مرتين أسبوعياً وذلك بالتخلص من المحلول القديم ووضع محلول طازج تماماً وذلك بعد قياس درجة pH المحاليل الغذائية في أحواض المعاملات الست لكل صنف. تم في كل دورة تبديل للمحاليل الغذائية ضبط pH المحاليل الغذائية إلى الدرجة 6.

الحصاد والتحاليل الكيميائية:

تم حصاد 5 مكررات من كل معاملة بعد 28 يوم من بدء تطبيق معاملات الملوحة (الزمن 0)، وذلك بفصل المجموع الخضري عن الجذري وتسجيل الوزن الطازج لكليهما. تم تقطيع الجذور إلى قطع بطول 1 سم ومزجت جيداً وأخذ منها عينة بحوالي 1–1.5 غ لقياس طول الجذور (Tennant, 1975). وضع المتبقي من المجموعين الخضري والجذري في أكياس ورقية للتجفيف في الفرن على درجة حرارة 70°م لمدة 48 ساعة وتم حساب الوزن الخضري والجذري الجافين آخذين في الاعتبار العينات المسحوبة لقياس طول الجذور.

هضم 0.5 غ مادة جافة من الأوراق والجذور هضماً رطباً بوجود 10 مل من الماء الأوكسجيني و5 مل من حمض الكبريت المركز على درجة حرارة 360 °م لمدة ساعة وأكمل محلول الهضم إلى حجم 100 مل، ومن ثم قدر الآزوت في محاليل الهضم بالتقطير بطريقة كلداهل (Ryan *et al*., 2001). كما قدر في محاليل الهضم تراكيز كل من الفوسفور بطريقة الموليبدات–فاندات، الكالسيوم والمغنيزيوم بطريقة المعايرة بالفيرسين، والبوتاسيوم والصوديوم باستخدام جهاز اللهب (Ryan *et al*., 2001).

كما استخلصت النترات والكلور الذائبة الحرة في المادة النباتية للمجموعين الخضري والجذري بتحضين 0.1 غ من المادة النباتية الجافة بالماء المقطر (20 مل) عند درجة حراة 50 م لمدة ساعة ومن ثم الترشيح. قدرت النترات الحرة في المستخلص بطريقة حمض الكروموتروبيك وقياس اللون الأصفر باستخدام جهاز الطيف الضوئي عند طول موجة 430 نانومتر بينما تم قياس الكلور بالمعايرة بترات الفضة (Ryan *et al*., 2001).

الحسابات والتحليل الإحصائي:

تم حساب محتوى كل من المجموعين الخضري والجذري من العناصر الغذائية وهو حاصل جداء التركيز في الأجزاء النباتية مع الوزن الجاف لكل من المجموعين الخضري والجذري، ومن ثم مجموعهما الذي يعبر عن المحتوى الكلي للنباتات من العناصر الغذائية. لقد استخدمت معطيات محتوى النبات الكلي من العناصر الغذائية لحساب معدل امتصاص العناصر الغذائية Inflow Rate (I) مقدرة بالمغ من العنصر الغذائي بوحدة الطول من الجذور (متر) بوحدة الزمن (يوم) وذلك بحسب Williams (1946):

$$I = [(N2 - N1) / (T2-T1)] \times [Ln(L2/L1) / (L2-L1)]$$

حيث أن:N1 و N2 هما محتوى النبات من العنصر الغذائي في الزمنيين 0 و 28 يوم. L1 و L2 هما طول المجموع الجذري في الزمنيين 0 و 28 يوم. T1 و T2 هما الزمن 0 في بداية التجربة والزمن 28 يوم.

كما واستخدمت معطيات محتوى المجموع الخضري من العناصر الغذائية لحساب معدل تراكم العناصر الغذائية Specific Accumulation Rate (SAcR) مقدرة بالمغ من العنصر الغذائي بوحدة الوزن من المجموع الخضري (غ) بوحدة الزمن (يوم) وذلك بحسب Williams (1946):

$$SAcR = [(N2 - N1) / (T2-T1)] \times [Ln(W2/W1) / (W2-W1)]$$

حيث أن: N1 و N2 هما محتوى المجموع الخضري من العنصر الغذائي في الزمنيين 0 و 28 يوم. W1 و W2 هما وزن المجموع الخضري الجاف في الزمنيين 0 و 28 يوم. T1 و T2 هما الزمن 0 في بداية التجربة والزمن 28 يوم.

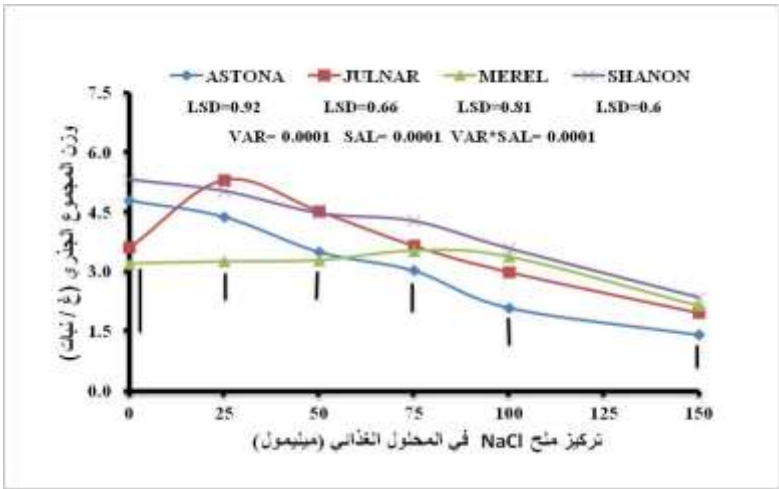
خضعت معطيات التجربة لتحليل التباين العام (ANOVA) على أساس أن مصدر التباين هو الهجين (VAR) ومستويات الملوحة (SAL) والتأثير المتبادل بينهما (VAR×SAL). كما وتم أيضاً حساب فصل المتوسطات وتحديد قيمة أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 5% وذلك باستخدام البرنامج الإحصائي SAS .

النتائج والمناقشة:

تأثير الملوحة في النمو:

تأثر نمو المجموعين الخضري والجذري بتراكيز الملوحة من NaCl في المحلول الغذائي بشكل معنوي (SAL≤ *0.0001*) وكان هذا التأثير سلبياً على النمو، كما وتباينت أصناف البندورة فيما بينها (VAR≤ *0.0001*) وكان للملوحة تأثير متباين بحسب الهجين ومستوى الملوحة في المحلول الغذائي فكان التأثير المتبادل بين الهجين والملوحة ودرجتها عالية المعنوية (VAR*SAL≤ *0.0001*)، وهي موضحة في الشكل (1) الذي يبين تأثير الملوحة بتراكيزها المختلفة (0–150 *mM*) في المحلول الغذائي والهجين في نمو المجموعين الخضري والجذري.

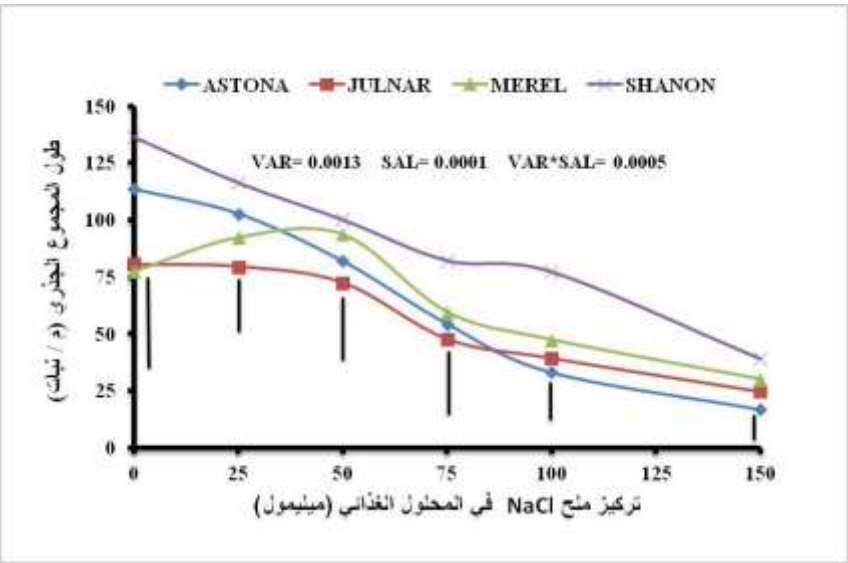
تميز الهجين شانون بنمو جيد للمجموع الخضري في المحلول الغذائي الشاهد بدون تراكيز ملحية من NaCl متفوقاً بنسبة 10 و 48 و 85 % على الهجن أستونا و جولنار و ميريل، على التوالي. ومن ثم وبزيادة تراكيز ملح NaCl في المحلول الغذائي فإن نمو المجاميع الخضرية للهجن الأربعة تتناقص بشكل متدرج، لكن تسارع الانخفاض يكون أقل في الهجينين جلنار وميريل (شكل 1). وبغض النظر عن كمية النمو الخضري، عندما تبلغ نسبة الانخفاض في نمو المجموع الخضري بتأثير ملوحة NaCl في المحلول الغذائي معدل قريب من الـ 50%، فهو الحد الحرج لتحمل الملوحة (Grattan and Grieve, 1999)، ويبين الشكل (1) أن الحد الحرج كان متبايناً بين الهجن، فهو عند تركيز 50 *mM* من ملح NaCl في الهجين أستونا، و 75 *mM* في الهجينين جولنار وشانون، في حين يصل إلى 100 *mM* في الهجين ميريل. يبقى الهجين شانون متميزاً بتحقيق نمو خضري أعلى بشكل معنوي من باقي الهجن المدروسة عند جميع تراكيز ملح NaCl المطبقة بين 0 و 150 *mM*، هذا على الرغم من أن مرحلة النمو الخضري هي الفترة الأكثر حساسية للملوحة من حياة نبات البندورة (Maas *et al*., 1986).



شكل 1: تأثير تراكيز ملح NaCl في نمو المجموعين الخضري والجذري لهجن البندورة بعد 28 يوم من النمو. قيم الـ LSD هي لتأثير تدرج مستوى الملوحة ضمن كل هجين والبارات هي لمقارنة تأثير الملوحة على الهجن عند كل مستوى.

تأثرت المجاميع الجذرية للهجن الأربعة بوجود الملوحة من حيث الشكل الظاهري عند تركيز 75 *mM* من ملح NaCl في المحلول بحيث بدت تفرعاتها متخشبة وثخينة وقصيرة. التأثير الأهم هو في تعرضها للإهتراء في التركيز الملحي الأعلى 150 *mM* NaCl في المحلول الغذائي والذي ربما يعود لتحلل الجدر الخلوية (Mengel and Kirkby, 2001). لقد ظهر التباين في وزن المجاميع الجذرية بين الهجن واضحاً، ففي حين ينخفض وزن المحموع الجذري بشكل مضطرد مع الزيادة التدريجية لتركيز ملح NaCl في المحلول من 0 إلى 150 *mM* في الهجينين شانون وأستونا، فهو يزداد من 3.6 غ/نبات في الهجين جولنار في معاملة الشاهد (0 *mM* NaCl) إلى 5.31 غ/نبات بزيادة تركيز NaCl إلى 25 *mM*، وليبدأ الإنخفاض التدريجي مع زيادة التركيز إلى 150 *mM* NaCl (شكل 1). أما في الهجين ميريل فيزداد نمو المجموع الجذري من 3.2 إلى 3.52 غ/نبات (غير معنوية) مع وصول تراكيز الملوحة إلى 75 *mM* NaCl، وليبدأ بعدها بالإنخفاض ويصبح معنوياً عند 150 *mM* (2.15 غ/نبات). وبالمقارنة بين وزن المجاميع الجذرية في معاملات الشاهد وأعلى تركيز تم استخدامه 150 *mM* من NaCl, فقد انخفض وزن المجاميع الجذرية 71 و 46 و 67 و 56 % في الهجن أستونا، جولنار، ميريل، و شانون على التوالي.

يشير تحليل التباين العام ANOVA إلى تباين طول الجذور معنوياً تبعاً للصنف (VAR≤ 0.0013) وتبعاً لتركيز ملح NaCl في المحلول الغذائي (SAL≤ 0.0001)، كما وتباين بشكل معنوي تأثير الملوحة بحسب الهجين فكان التأثير المتبادل بين الملوحة والهجين عالية المعنوية جداً (VAR*SAL≤ 0.0005) والتي يبينها الشكل (2). يمتلك الهجين شانون بدون ملوحة (معاملة الشاهد 0 *mM* NaCl) مجموع جذري يصل إلى 136 متر/نبات مقارنة بـ 113 و 90 و 77 م/نبات للهجن أستونا، جلنار، وميريل على التوالي (شكل 2). يتناقص طول المجموع الجذري بدءاً من تركيز الملوحة الأول في المحلول الغذائي 25 *mM* من NaCl في الهجينين شانون وأستونا، ويستمر الإنخفاض تدريجياً مع تدرج الزيادة في تركيز الملوحة حتى 150 *mM* NaCl، أما في الهجينين جلنار وميريل فيحصل الانخفاض في طول المجموع الجذري عند تركيز 75 *mM* وما يليه من تراكيز الملوحة حتى 150 *mM*. على الرغم من التناقص في طول المجموع الجذري بتأثير الملوحة في كل الهجن (zahedifar *et al*., 2012) إلا أن الهجين شانون يبقى ذو طول محموع جذري أكبر من باقي الهجن وعند جميع مستويات الملوحة المطبقة من 0 إلى 150 *mM* NaCl (شكل 2). ويشير Zhang وآخرون (2016) في دراستهم المرجعية أن انخفاض طول الجذور ووزنها في النباتات الخاضعة للإجهاد الملحي (NaCl) ناتج عن انخفاض تطاول الجذور الجانبية بسبب انخفاض في انقسام الخلايا وأعاقة نمو الخلية. تجدر الإشارة هنا إلى طريقة تقدير طول الجذور لا تأخذ في الحسبان طول الشعيرات الجذرية التي تتلف أثناء تحضير العينة للقياس إضافة إلى صعوبة الرؤيا لها بالعين المجردة.



شكل 2: تأثير الملوحة في طول المجموع الجذري لهجن البندورة بعد 28 يوم من النمو. قيم الـ LSD هي لتأثير تدرج مستوى الملوحة ضمن كل هجين والبارات هي لمقارنة الهجن عند كل مستوى من الملوحة.

تأثير الملوحة والهجين في معدلات امتصاص وتراكم العناصر الغذائية:

التباين الحاصل بين نباتات المعاملات حجماً سوف تنعكس على الكمية الممتصة من العناصر الغذائية، فالنباتات الكبيرة سوف تحتوي على كميات أكبر من العناصر، وهذه التباينات ناتجة عن المعاملة كما هو في حال دراستنا (مستويات الملوحة) أو الهجن بحسب صيغتها الوراثية وفي حال دراستنا هي أربعة هجن من البندورة. ولذلك فإن المقارنات على أساس التركيز أو الكمية الممتصة سوف لن تعكس حقيقة تأثير الملوحة على كفاءة امتصاص العناصر الغذائية والتأثيرات المتداخلة بين العناصر الغذائية (Williams, 1946). تسمح حسابات معدلات التدفق (Inflow) ومعدلات تراكم العناصر الغذائية (Specific Accumulation Rates) في تحييد الفروقات الناتجة عن المعاملة المطبقة في حجوم النباتات والنظر إلى جوهر تأثير الملوحة في كفاءة الجذور أو انتقال العنصر الغذائي من الجذور إلى المجموع الخضري وتراكمها في الأنسجة النباتية، كلها محسوبة على أساس وحدة الطول من الجذور أو النمو بوحدة الزمن (جدول 2 و 3).

بينت الدراسة الإحصائية أن هنالك فروقات عالية المعنوية بين الهجن في كفاءة امتصاص جذورها للعناصر الغذائية (VAR ≤ 0.0001) حيث بين الهجين Shanon كفاءة عالية في امتصاص الآزوت 0.96 (مغ/متر جذور/يوم) بالمقارنة مع 0.69 و 0.73 و 0.89 (مغ/متر جذور/يوم) للهجن Merel و Julnar و Astona. تعبر هذه القيم عن زيادة في كفاءة امتصاص الآزوت لدى الهجين Shanon بمقدار 39 و 37 و 8% للهجن الأخرى، على التوالي. وتنخفض معدلات امتصاص الآزوت مع زيادة الملوحة في المحلول الغذائي (SAL ≤ 0.0001) وبشكل متفاوت الحدة بحسب الهجين فكانت هنالك فروقات معنوية تتبع التأثير المتداخل بين بين الملوحة والهجين (SAL*VAR ≤ 0.0001)، تخسر جذور الهجن 50% من كفاءتها في امتصاص الآزوت عند مستويات متباينة من الملوحة (جدول 2). يخسر الهجينين Merel و Astona 50% من كفاءة امتصاص الآزوت عند تركيز 50 *mM* من NaCl في المحلول الغذائي (من 0.69 و 0.89 في معاملة الشاهد بدون ملوحة إلى 0.35 و 0.44 مغ/مترجذور/يوم) في حين أن كفاءة امتصاص الجذور للآزوت للصنف julnar تنخفض من 0.73 في معاملة الشاهد إلى 0.36 عند تركيز 75 *mM* من

NaCl . بين الهجين Shanon أفضل معدلات الكفاءة لامتصاص الآزوت حيث كانت في معاملة الشاهد بدون ملوحة 0.96 وتنخفض إلى 0.71 عند 75 مليليمول (انخفاض بمعدل 26%) وتصبح 0.34 مغ/متر جذور/يوم (انخفاض بمعدل 64%) عند تركيز 100 *mM* من NaCl في المحلول الغذائي. ربما يعود الانخفاض في امتصاص النترات (وهو الشكل الآزوتي في المحلول الغذائي لتجربتنا) إلى التضاد مع الـ Cl^- ، وأيضاً تعطيل عمل نواقل الـ NO_3^- بسبب زيادة تراكم أيونات الملوحة (Ballin *et al*., 2015). يلعب الانخفاض في امتصاص الماء نتيجة للتغير في توتر المحلول دوراً مهماً حيث أن امتصاص النترات يتبع امتصاص الماء الذي يتأثر كثيراً بوجود الملوحة (Abdelgadir *et al*., 2005)، أو تداخل أيون الـ -Cl مع بعض أنظمة نواقل الغشاء البلازمي دوراً في خفض امتصاص النترات، وبالنتيجة تمثيل الآزوت وتشكل الأحماض الأمينية (Queiroz *et al*., 2012). كما وأشار Ashraf وآخرون (2018) إلى أن الملوحة تحد من مقدرة النبات على ارجاع وتمثيل الآزوت النتراتي نتيجة لانخفاض إنتاج أنزيم إرجاع النترات وكذلك نشاط هذا الأنزيم.

العنصر الأهم لتأثره بتراكيز ملح NaCl هو البوتاسيوم حيث بينت جميع الهجن انخفاضاً في معدلات كفاءة امتصاصه مع زيادة تركيز ملح NaCl في المحلول، وهو انخفاض مضطرد وتدريجي ويصل إلى مستويات متدنية جداً عند تركيز 150 *mM* من ملح NaCl في المحلول الغذائي، لقد كانت هذه المعدلات 0.63 و 0.41 و 0.61 و 0.67 مغ/م جذور/يوم في معاملة الشاهد للهجن Shanon و Merel و Julnar و Astona وتنخفض إلى 0.12 و 0.01 و 0.06 و 0.07 ، على التوالي. التدرج في انخفاض معدلات امتصاص البوتاسيوم كان أقل حدة في الهجين Shanon مقارنة بباقي الهجن. ويكون امتصاص الكالسيوم وتأثره بالملوحة مشابهاً للبوتاسيوم إلا أن انخفاض معدلات امتصاصة مع تدرج زيادة الملوحة أقل حدة. ربما يعود ذلك إلى ان الصوديوم أحادي التكافؤ ينافس البوتاسيوم بقوة أكبر من منافسته للكالسيوم ثنائي التكافؤ (Marschner, 1995). لقد أوضحت قيم معدلات امتصاص للمغنيزيوم انخفاضها بوصول تراكيز الملوحة إلى 25 mM في الهجين Merel و 50 *mM* في الهجين Julnar، بينما عند 100 *mM* في الهجينين Shanon وAstona (جدول 2). لقد بلغت قيم الانخفاض عند تركيز 150 *mM* 25 و 56 و 61 و 29 % في الأصناف Shanon و Merel و Julnar و Astona على التوالي (جدول 2).

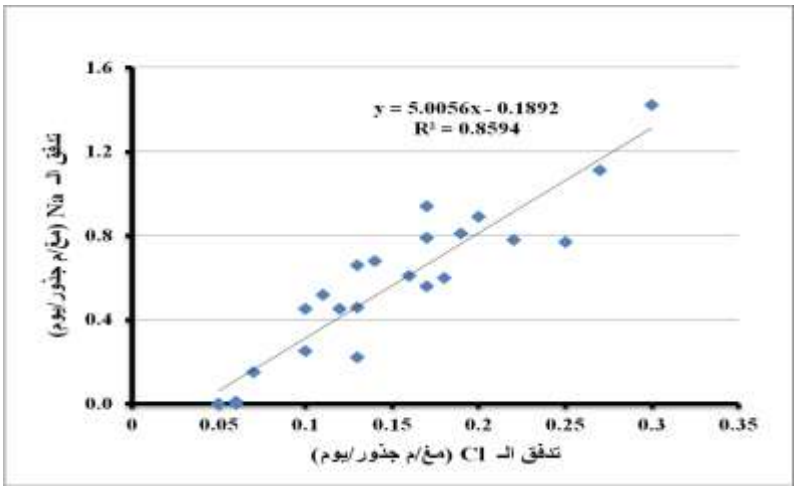
بالنسبة لمعدلات تدفق الفوسفور والتي تعبر عن كفاءة الجذور في امتصاصه فلا تنخفض معنوياً إلا بعد وصول تراكيز الملوحة إلى 50 *mM* من ملح NaCl (4.78 ميلموس/سم)، ويصل معدل الانخفاض إلى قريب الـ 50% في الهجينين Julnar و Astona مع استخدام التركيز الأعلى 150 مليمول من NaCl في المحلول الغذائي. لقد أوضح Sacala وآخرون (2008) أن التغيرات في امتصاص الفوسفور في نبات الخيار بتأثير الملوحة كانت في الحدود الدنيا رغم استخدام 100 ميليمول من NaCl في المحلول الغذائي.

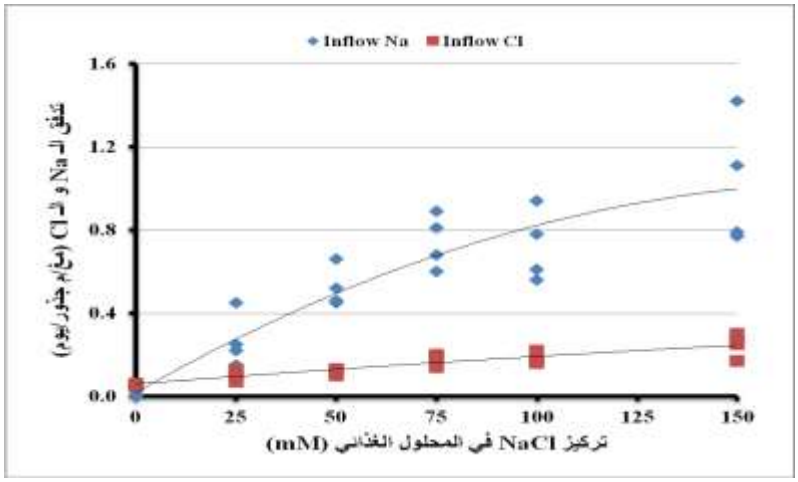
تزداد معدلات امتصاص كل من الصوديوم والكلور من قبل جذور هجن البندورة الأربعة المستخدمة في الدراسة وهذا أمر متوقع مع ازدياد التراكيز الملحية من NaCl في المحلول إلى 150 *mM* (Liu and Sheip, 1996)، وهي تعادل 3450 و 5325 مغ/ل في المحلول الغذائي. فعلى الرغم من التراكيز العالية من الصوديوم والكلور في المحلول الغذائي (يكون الكلور أعلى) ولم يتواكب امتصاص الكلور مع امتصاص الصوديوم بل يبقى في معدلات امتصاصه أقل بكثير من الصوديوم، هذا ما يشير إلى جاهزية الجذور لامتصاص الصوديوم مقارنة بالكلور. ربما يعود ذلك لاختلاف أليات امتصاصهما ونقلهما ونمط تراكمها في النبات، هذا بالإضافة إلى كفاءة النترات في منافسة الكلور على الامتصاص من

قبل الجذور (White and Broadley, 2001). ففي المعاملات التي يكون فيها تركيز NaCl 150 *mM* تكون معدلات كفاءة الجذور في امتصاص الصوديوم أعلى بحوالي 7.5 و 6.8 و 4.7 و 6.3 مرة معدلات امتصاص الكلور محسوبة على أساس الميليمكافىء في الهجن Shanon و Merel و Julnar و Astona ، على التوالي.

يحتوي المحلول الغذائي على تركيز 39 مغ/ل من البوتاسيوم وعلى 42 مغ/ل من الآزوت بصورته النتراتية وهي تراكيز منخفضة جداً مقارنة بتراكيز الصوديوم والكلور في معاملة المستوى الأول من الملوحة NaCl *mM* 25 والتي هي 575 و 887.5 مغ/ل من الصوديوم والكلور على التوالي. ومع ذلك كانت نباتات البندورة قادرة على امتصاص النترات والبوتاسيوم بكفاءة عالية (Liu and Sheip, 1996)، حيث انخفضت معدلات امتصاص الآزوت والبوتاسيوم بمقدار 18 و 13 % في الهجين Shanon وبمقدار 29 و 39% في الهجين Merel وزادت بمقدار 10% للآزوت في الهجين Julnar وانخفض البوتاسيوم 23%، وأخيراً انخفضت بمقدار 18 و 42% للآزوت والبوتاسيوم في الهجين Astona (جدول 2). ويتوضح هنا تحمل الهجينين Shanon وبدرجة أقل قليلاً الهجين Julnar للملوحة المنخفضة حيث تكون الناقلية الكهربائية للمحلول الغذائي 3.07 ميليموس/سم.

لقد ازدادت معدلات تدفق الصوديوم والكلور في الجذور بشكل مضطرد وتدريجي مع زيادة تركيزهما في المحلول الغذائي (جدول 3)، حيث بلغ معدل تدفقها 1.42 و 0.3 للصنف Shanon، 0.79 و 0.17 للصنف Merel، 0.77 و 0.25 للصنف Julnar وبلغت 1.11 و 0.27 (مغ/م جذور/يوم)، وبعلاقة ارتباط لتركيزهما في الهجن الأربعة المدروسة عالية الجودة (R^2= 8594) (شكل 3). وبإنشاء العلاقة بين معدل تدفق الصوديوم والكلور كل على حده مع تركيز NaCl في المحلول الغذائي يبين أن الزيادة المضطردة في تدفق الصوديوم أعلى بكثير من تدفق الكلور رغم أن تركيزها متساوي في المحلول (شكل 3)، ويبدو ذلك واضحاً من القيم ومن ميل خط علاقة الارتباط. تتراوح النسبة بين معدل تدفق الصوديوم إلى الكلور بحوالي 4 مرات عند تركيز NaCl 150 *mM*. يؤثر NaCl في ثباتية الأغشية البلازمية حيث يحل الـ Na+ محل الـ Ca2+ في المجموعات الفوسفاتية الدهنية فيزداد التدفق إلى خارج الجذور Efluex وينخفض بالتالي البوتاسيوم الممتص وكذلك انتقاله إلى المجاميع الخضرية (Kaya and Higgs, 2003). كما وينخفض تراكم الكالسيوم في المجاميع الخضرية لنبات الفريز (Kaya *et al*., 2003). في كلا المثالين، فإن إضافة KNO_3 أو $Ca(NO_3)_2$ قد حد من التأثير السلبي للملوحة في امتصاص كل من البوتاسيوم والكالسيوم وانتقالهما إلى المجموع الخضري.





شكل 3: علاقتي الارتباط بين معدل تدفق الصوديوم والكلور مع بعضهما ومع تزايد تركيز NaCl في المحلول الغذائي.

جدول 2 : تأثير الملوحة في معدل تدفق العناصر الغذائية (Inflow, I) مقدراً بـ (مغ / متر من طول الجذور/يوم) خلال فترة التجربة 28 يوم.

MEREL (مغ/متر جذور/يوم)							SHANON (مغ/متر جذور/يوم)							NaCl (*mM*)
Cl	**Na**	**Mg**	**Ca**	**K**	**P**	**N**	**Cl**	**Na**	**Mg**	**Ca**	**K**	**P**	**N**	
0.05d	0e	0.34a	0.39a	0.41a	0.023a	0.69a	0.06e	0.01e	0.31bc	0.68a	0.63a	0.024ab	0.96a	0
0.07d	0.15d	0.22b	0.25b	0.25b	0.020ab	0.49b	0.12d	0.45d	0.42a	0.62a	0.55b	0.024ab	0.79b	25
0.10c	0.45c	0.24b	0.34a	0.27b	0.017bc	0.35c	0.13d	0.66c	0.35ab	0.43b	0.38c	0.031a	0.62c	50
0.14b	0.68ab	0.33a	0.32a	0.10c	0.022a	0.37c	0.20b	0.89b	0.37ab	0.38b	0.29d	0.030a	0.71bc	75
0.16ab	0.61b	0.27b	0.18c	0.07c	0.018b	0.18d	0.17c	0.94b	0.19cd	0.15c	0.17e	0.020b	0.34d	100
0.17a	0.79a	0.15c	0.07d	0.01d	0.015c	0.03e	0.30a	1.12a	0.23d	0.17c	0.12e	0.019b	0.18e	150
0.03	**0.15**	**0.05**	**0.06**	**0.05**	**0.003**	**0.06**	**0.017**	**0.11**	**0.10**	**0.07**	**0.06**	**0.008**	**0.15**	LSD $_{0.05}$
ASTONA(مغ/متر جذور/يوم)							JULNAR(مغ/متر جذور/يوم)							NaCl (mM)
Cl	**Na**	**Mg**	**Ca**	**K**	**P**	**N**	**Cl**	**Na**	**Mg**	**Ca**	**K**	**P**	**N**	
0.05e	0f	0.34a	0.57a	0.67a	0.025a	0.89a	0.06d	0d	0.56a	0.72a	0.61a	0.030a	0.73a	0
0.10d	0.25e	0.34a	0.35b	0.39b	0.022ab	0.73b	0.13c	0.22c	0.56a	0.54b	0.47b	0.028a	0.80a	25
0.13d	0.46d	0.38a	0.24c	0.30c	0.019bc	0.44c	0.11c	0.52b	0.33c	0.35c	0.29c	0.016c	0.42b	50
0.18c	0.60c	0.34a	0.26c	0.24c	0.018c	0.46c	0.19b	0.81a	0.42b	0.36c	0.16d	0.021b	0.36bc	75
0.22b	0.78b	0.27b	0.14d	0.09d	0.012d	0.11d	0.17b	0.56b	0.24d	0.19d	0.06e	0.016c	0.22cd	100
0.27a	1.11a	0.24b	0.15d	0.07d	0.010d	0.06d	0.25a	0.77a	0.22d	0.19d	0.06e	0.014c	0.11d	150
0.03	**0.12**	**0.06**	**0.08**	**0.08**	**0.004**	**0.15**	**0.036**	**0.14**	**0.08**	**0.09**	**0.07**	**0.004**	**0.14**	LSD $_{0.05}$
تحليل التباين العام ANOVA لكل العناصر الغذائية							**Cl**	**Na**	**Mg**	**Ca**	**K**	**P**	**N**	
***P* ≤ *F* : VAR= 0.0001 SAL= 0.0001 VAR*SAL= 0.0001**							**0.027**	**0.12**	**0.07**	**0.07**	**0.066**	**0.004**	**0.11**	LSD-كلي

جدول 3 : تأثير الملوحة في معدل تراكم العناصر الغذائية في المجموع الخضري (Specific Accumulation Rate, SAcR) مقدراً بـ (مغ /غ مادة جافة/يوم) خلال فترة التجربة 28 يوم.

MEREL (مغ/ غ DM /يوم)							SHANON (مغ/غ DM/يوم)							NaCl (*mM*)
Cl	**Na**	**Mg**	**Ca**	**K**	**P**	**N**	**Cl**	**Na**	**Mg**	**Ca**	**K**	**P**	**N**	
0.28d	0.01d	1.85a	2.25a	2.35a	0.126ab	4.14a	0.41f	0.02d	2.01b	4.64a	4.02a	0.162ab	6.06a	0
0.54c	1.16c	1.65a	1.78b	1.99b	0.151ab	3.88a	0.65e	2.74c	2.49a	3.72b	3.43b	0.146b	4.39b	25
0.71b	3.37b	1.73a	2.51a	2.26a	0.127a	2.59b	0.83d	4.56b	2.35ab	2.99c	2.55c	0.224a	3.75bc	50
0.86a	3.97b	1.95a	1.62b	0.56c	0.129ab	1.97c	1.04c	5.02b	2.06ab	2.10d	1.71d	0.167ab	3.56c	75
0.85a	3.53b	1.76a	1.10c	0.34c	0.098bc	0.66d	1.18b	7.23a	1.37c	1.12e	1.34e	0.157b	2.34d	100
0.97a	4.93a	0.72b	0.38d	0.03d	0.086c	0.07e	1.47a	7.19a	1.02c	0.89e	0.66f	0.101b	0.80e	150
0.13	**0.67**	**0.31**	**0.29**	**0.23**	**0.031**	**0.46**	**0.08**	**0.81**	**0.47**	**0.31**	**0.26**	**0.066**	**0.74**	LSD $_{0.05}$
ASTONA (مغ/ غ DM /يوم)							**JULNAR (مغ/ غ DM /يوم)**							NaCl (*mM*)
Cl	**Na**	**Mg**	**Ca**	**K**	**P**	**N**	**Cl**	**Na**	**Mg**	**Ca**	**K**	**P**	**N**	
0.28e	0f	1.84b	3.22a	3.64a	0.120a	4.81a	0.34e	0.01d	3.16a	4.08a	3.03a	0.156a	3.97a	0
0.57d	1.57e	2.02b	2.12b	2.57b	0.122a	4.44a	0.62d	1.09c	3.12a	2.89b	2.48b	0.140a	3.94a	25
0.78c	2.71d	2.44a	1.29c	1.99c	0.104b	2.65b	0.82c	3.71b	2.46b	2.58c	2.31b	0.104b	3.21b	50
0.89b	3.14c	1.89b	1.26c	1.37d	0.086c	2.35b	1.00b	4.73a	2.24b	1.84d	0.92c	0.104b	2.06c	75
1.10a	4.00b	1.38c	0.52d	0.62e	0.048d	0.52c	1.17a	3.90b	1.46c	1.12e	0.37d	0.106b	1.54d	100
1.16a	4.85a	0.98d	0.57d	0.43e	0.044d	0.27c	1.28a	3.33b	1.11c	0.70f	0.26d	0.066c	0.64e	150
0.12	**0.23**	**0.36**	**0.17**	**0.26**	**0.015**	**0.45**	**0.13**	**0.82**	**0.47**	**0.27**	**0.17**	**0.019**	**0.21**	LSD $_{0.05}$
تحليل التباين العام ANOVA لكل العناصر الغذائية							**Cl**	**Na**	**Mg**	**Ca**	**K**	**P**	**N**	
***P* ≤ *F* : VAR= 0.0001 SAL= 0.0001 VAR*SAL= 0.0001**							**0.10**	**0.64**	**0.38**	**0.23**	**0.21**	**0.034**	**0.44**	LSD- كلي

لقد تميز الهجين Shanon بمعدلات نقل (Transport) فعالة من الجذور إلى المجموع الخضري وتراكمت العناصر الغذائية بمعدلات تفوق مثيلاتها في الهجن الأخرى (جدول 3). فالتراكم للعناصر الغذائية هي نتجة للتأثير المتداخل بين عمليتي النمو والنقل الفعال للعناصر الغذائية في النسغ الناقص (xylem sap) (Gallegos *et al*., 2016)، ففي معاملة الشاهد بدون ملوحة كانت معدلات تراكم الآزوت والبوتاسيوم في الهجين Shanon 6.06 و 4.02 مغ/غ DM/يوم بالمقارنة مع 4.14 و 2.35 للصنف Merel و 3.97 و 3.03 للصنف Julnar و 4.81 و 3.64 للصنف Astona. وبزيادة تركيز الملوحة في المحلول الغذائي تنخفض المعدلات اليومية لتراكم العناصر الغذائية في المجموع الخضري، وبشكل تدريجي مع تفوق واضح للصنف Shanon بحيث يكون الانخفاض أقل حدة من الهجن الأخرى. لقد بين Al-Karaki (2000) أن للملوحة تأثير واضح في خفض امتصاص الـ K في نباتات البندورة ولكن بحدود أقل في انتقاله إلى الأوراق وأن زيادة تركيز البوتاسيوم في المحلول الغذائي قد قللت من أثر ملوحة NaCl في امتصاص البوتاسيوم.

تتزايد معدلات تراكم كل من الصوديوم والكلور في المجموع الخضري بشكل مضطرد مع تزايد تركيز NaCl في المحلول الغذائي، وتكون نسبة تراكم الصوديوم إلى الكلور 7.62 و 7.9 و 4.02 و 6.39 في الهجن Shanon و Merel و Julnar و Astona على التوالي. تشير هذه المعدلات للصوديوم والكلور أولاً إلى أن هنالك نقل فعال لهما من الجذور إلى المجموع الخضري في النسغ الناقص، وثانياً أنه لا يتم استقطابهما في الخلايا الجذرية. وبالمقارنة لنسب التراكم في المجموع الخضري مع نسب تدفق الصوديوم/الكلور إلى الجذور والتي تساوي 4 مرات بأن معدلات انتقال الصوديوم إلى المجموع الخضري أعلى من الكلور الذي ربما يتراكم قسم منه في الجذور وهو ما يبينه تركيزه الأعلى في الجذور مقارنة بالمجموع الخضري (معطيات غير معروضة). إن استقطاب الصوديوم في الجذور ربما تكون أحدى أهم آليات تحمل الملوحة في الأنواع النباتية (Cuartero *et al*., 2006)، والتي ربما لا تتوفر في الهجن المدروسة رغم تميز الهجين Shanon.

لقد ترافق ارتفاع معدلات تدفق الصوديوم والكلور إلى الجذور وتراكمهما في المجموع الخضري مع انخفاض كبير في تدفق الكالسيوم، وربما إحلال الصوديوم مكان الكالسيوم في الجدر الخلوية للجذور (Grattan and Grieve, 1999) مما سبب حالة ليونة الجذور ووصولها للاهتراء عند وصول تراكيز NaCl إلى تركيز 150 *mM* في المحلول الغذائي . إن ما يكسب الجدر الخلوية الصلابة والمحافظة على نفاذيها هو ارتباط الكالسيوم مع المجموعات الوظيفية للمركبات الدهنية الفوسفاتية (Marschner, 1995). هذا ربما كان له بالغ الأثر في انخفاض معدلات التدفق لباقي العناصر الغذائية حيث لا تستطيع عندئذ المحافظة على ما تمتصه من عناصر Influx وتتعرض العناصر بعد امتصاصها للفقد إلى المحلول الخارجي وهو مايسمى بعملية الـ Eflux (Mengle and Kirkby, 2001).

الاستنتاجات:

1. تباينت الهجن Shanon و Merel و Julnar و Astona في نموها وفي مقدرتها على امتصاص العناصر الغذائية، وتميز الهجين Shanon بنمو جيد للمجموع الخضري في المعاملة بدون ملوحة متفوقاً بنسبة 10 و 48 و 85 % على الهجن Astona و Julnar و Merel.

2. أدت ملوحة NaCl إلى انخفاض نمو المجاميع الخضرية للهجن الأربعة وبشكل متدرج مع زيادة تراكيز ملح NaCl في المحلول الغذائي، وتباينت في الحد الحرج الذي ينخفض فيه النمو بمعدل 50%، لكن يبقى الهجين Shanon متميزاً بتحقيق أعلى نمو خضري وبشكل معنوي من باقي الهجن المدروسة عند جميع تراكيز ملح NaCl المطبقة.
3. تأثرت المجاميع الجذرية للهجن الأربعة بوجود الملوحة حيث بدت تفرعاتها متخشبة وثخينة وقصيرة عند تركيز 75 *mM* من ملح NaCl في المحلول، وتعرضت للإهتراء في التركيز الملحي الأعلى 150 *mM* NaCl. وبالمقارنة بين وزن المجاميع الجذرية في معاملات الشاهد وأعلى تركيز تم استخدامه 150 *mM* من NaCl فقد انخفض وزن المجاميع الجذرية 71 و 46 و 67 و 56 % في الهجن Astona و Julnar و Merel و Shanon.
4. امتلك الهجين Shanon بدون ملوحة (معاملة الشاهد) مجموع جذري يصل إلى 136 متر/نبات مقارنة بـ 113 و 90 و 77 م/نبات للهجن Astona و Julnar و Merel على التوالي. وتناقص طول المجموع الجذري في الهجن الأربعة بدءاً من تركيز الملوحة الأول 25 *mM* من NaCl إلا أن الهجين شانون يبقى ذو طول محموع جذري أكبر من باقي الهجن وعند جميع مستويات الملوحة المطبقة.
5. تشير النتائج إلى أن جذور الهجين Shanon ذات كفاءة عالية في معدل الامتصاص (مغ/متر جذور/يوم) أو النقل والتراكم في المجموع الخضري وذلك لمعظم العناصر الغذائية مقارنة بالهجن Merel و Julnar و Astona. وتنخفض قيم معدلات كفاءة الامتصاص أو التراكم بشكل تدريجي (فيما عدا الـ P و الـ Mg) مع زيادة تركيز الملوحة في المحلول الغذائي حتى 150 *mM* NaCl. وتصل نسبة الانخفاض إلى عتبة الـ 50% في كفاءة الامتصاص والتراكم عند مستويات متباينة من التركيز الملحي فهو عند تركيز 50 *mM* من NaCl في الهجينين Merel و Astona وهي عند تركيز 75 *mM* للصنف julnar ، وعند تركيز يقارب الـ 100 *mM* من NaCl في المحلول الغذائي للصنف Shanon.

شكر وتقدير

نود أن نشكر جامعة تشرين وشركة سليمان الزراعية للدعم والتمويل الذي قدم منهما خلال تنفيذ هذا البحث.

المراجع:

1. المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية (2016). http://moaar.gov.sy/main/archives/category .

Abdelgadir, E.M., M. Oka; and H. Fujiyama (2005). Charactistics of nitrate uptake by plants under salinity. *J. Plant Nutri.* 28: 33-46.

Alloush G.A. (2003). Responses of chickpea to low phosphorus: pH changes, nutrient uptake rates, and root morphological changes. *Agro. Agri. and Environ.*, 23: 123-133.

Al-Karaki, G.N. (2000). Growth, sodium, and potassium uptake and translocation in salt stressed tomato. J. Plant Nutr. 23: 369-379.

Arshad, M. and A. Rashid (2001). Nitrogen Uptake and Dray Matter Production by Tomato Plants under Salt Stress. *Pakistan J. of Biol. Scie.* 4(4): 397-399.

Ashraf, M.; S.M. Shakad; M. Imtiaz and M.S. Rizwan (2018). Salinity effects on nitrogen metabolism in plants-focusing on the activities of nitrogen metabolizing enzymes: A review. *J. Plant Nutri.*

Badr, M.A. and A.S. Talaab (2008). Response of tomatoes to nitrogen supply through drip irrigation system under salt stress conditions. *Aust. J. of Basic and Appl. Scie.*, 2(1): 149-156.

Ballin, A.; G. Sallaku and B. Rewald (2015). AMF inoculation enhances growth and improves the nutrient uptake rates of transplanted, salt-stressed tomato seedlings. *Sustainability*, 7: 15967-15981.

Cornillon, P. and A. Palloix (1997). Influence of sodium chloride on the growth and mineral nutrition of pepper cultivars *J. of Plant Nutri.*, 20, (9) 1085 – 1094.

Cuartero, J.; M.C. Bolarin; M.J. Asins and C.V. Moreno (2006). Increasing salt tolerance in the tomato. *J. Exper. Botany* 57 (5): 1045-1058.

Demcznk, A.; E. Grzys and Z. Spiak (2008). Effect of salt and water stresses on growth, nitrogen, and phosphorus metabolism in *Cucumis sativus* L. seedlings. *Acta Soc. Bot. Poloniae 77(1) 23-28.*

Epstein, E. (1980). Responses of plants to saline environments. In DW Rains, RC Valentine, A Hollaender, eds, Genetic Engineering of Osmoregulation: Impact on Plant Productivity for Food, Chemicals, and Energy. Plenum Press, New York, pp 7-21.

Flowers, T.J. and A.R. Yeo (1988). Ion relation of salt tolerance. In: Baker D.A. and Hall, J.L., eds. Solute transport in plant cells and tissues. Harlow: Longman Scientific and Technical, 392–413.

Gallegos-Cadillo, V.; M. Urrestarazn and J.E. Alvaro (2016). Influence of salinity on transport of nitrate and potassium by means of the xylem sap content between roots and shoots in young tomato plants. *J. Soil Sci. and Plant Nutri*. 16(4): 991-998.

Gouia, H.; M.H. Ghorbal and B. Touraine (1994). Effects of NaCl on flow of N and mineral ions and on nitrate reduction rate within whole plants of salt-sensitive bean and salt-tolerant cotton. *Plant Physiology, Rockville*, v.105, p.1409-1418.

Grattan, S.R. (1994). Irrigation with saline water. In- Advances in Agricultural Management and Economics: Management of Water Use in Agriculture (K.K. Tanjiand B. Yaron, eds.) Springer-Verlag, Berlin pp 179-198.

Grattan, S.R. and C.M. Gieve (1999). Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Sci. Hort.* 78:127-157.

Greenway, H. and R. Munns (1980). Mechanisms of salt tolerance in non halophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 31: 149-190.

Gunes, A.; A. Inal and M. Alpaslan (1996). Effect of salinity on stomatal resistance, proline and mineral composition of pepper. *J. of Plant Nutri.* 19: 389-396.

Hewitt, E.J (1966). Sand and water culture methods used in study of plant nutrition. Eastern Press, London, pp. 547.

Ismail, A.M. (2003). Effect of salinity on the physiological responses of selected lines/variety of wheat. *Acta Agron Hung*. 51: 1-9.

Kaya, C. and D. Higgs (2003). Supplementary potassium nitrate improves salt tolerance in bell peper plants. *J. Plant Nutri.* 26: 1367-1382.

Kaya, C., B. Erol and Higgs, D. (2003). Response of salt-stressed strawberry plants to supplementary calcium nitrate and/or potassium nitrate. *J. Plant Nutri*. 26: 543-560.

Liu, L. and B.J. Shelp (1996). Impact of chloride on nitrate absorption and accumulation by broccoli (*Brassica aleracea* var italic). *Can. J. Plant Sci*. 76: 367-377.

Maas, EV and G.J. Hoffman (1977). Crop salt tolerance. Current assessment. *J. Irrig. Drain. Eng-ASCE*. 103: 115-134.

Maas, E.V. (1986). Salt tolerance of plants. *Appl. Agric. Res*., 1: 12-26.

Marschner, H. (1995). 'Mineral nutrition of higher plants.' (Academic Press: London.) 2Ed 889pp.

Mengel, K. and E.A. Kirkby (2001). Principles of plant nutrition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Muhling, K.H. and A. Lauchi (2003). Interaction of NaCl and Cd stress in comparetmentation pattern of cations, antioxidant enzymes and proteins in leaves of two wheat genotypes differing in salt tolerance. *Plant Soil* 253: 219-231.

Pessarakli, M. and T.C. Tucker **(**1988). Dry Matter Yield and Nitrogen-15 Uptake by Tomatoes under Sodium Chloride Stress. *Soil Sci. Soc. of Amer*. 52:698-700.

Queiroz, H.M.; L. Sodek and C.R.B. Haddad (2012). Effect of salt on the growth and metabolism of glycine max. Brazil IAM Archives of Biology and Technology. 55: 809-817.

Ryan, J., G. Estefan and A. Rashid (2001). Soil and plant analysis: Laboratory Manual. ICARDA, NARC, 172 pp.

Serrano, R., Culianz-Macla, A. and Moreno, V. (1999). Genetic engineering of salt and drought tolerance with yeast regulatory gen. *Sci. Hortic*. 78, 261-269.

Sacala, E., Demcznk, A., Grzys, E. and Splak, Z. (2008). Effect of salt and water stresses on growth, nitrogen and phosphorus metabolism in Cucumis sativus L. Seedlings. *Acta Soc. Botanicorum Polaniae* 77(1): 23-28.

Sharma, S.K. (1995). Study on growth water relation and distribution of Na, K and other ions in wheat under shoot stem exposure to salinity. *Indian J. Plant Physiol*. 29: 331–334.

Strogonov, B P. (1994). Physiological basis of salt tolerance of plants. Acad. Sci. USSR, 279pp.

Subbarao, G.V and Johansen, C. (1994). Strategies and scope for improving salinity tolerance in crop plants. *In* Handbook of Plant Crop Stress. Ed. M Pessarakli. pp 559-579. USA.

Tennant, D. (1975). A test of a modified line intersect method of estimating root length. *J. Ecol*. 63: 995-1001.

White, P.J. and Broadley, M.R. (2001). Chloride in soils and its uptake and movement within the plant: A review. Ann. Bot. 88: 967-988.osmotic adjustment of halophyte Suaeda aegyptiaca (Hasselq.). Zoh. Archives of Agron. And Soil Sci. 60: 785-792.

Williams, R.F. (1946). The physiology of plant growth with special reference to the concept of net assimilation rate. *Ann. Bot*. 10: 41-72.

Zahedifar, M., Ronaghi, A., Moosavi, A.A., and Shirazi, S.S (2012). Influence of nitrogen and salinity levels on the fruit yield and chemical composition of tomato in a hydroponic culture. *Journal of Plant Nutrition*, 35:2211–2221.

Zhang, P., Senge, M. and Dai, Y. (2016). Effects of salinity stress on growth, yield, fruit quality and water use efficiency of tomato under hydroponics system. *Rev. Agri. Sci.* 4: 46-55.

Response of Some Tomato Hybrid (*Lycopersicon esculentum* L.) in Green Houses to Induced NaCl Salinity in Nutrient Solutions

Ali Yousif [(1)],Ghiath Alloush *[(2)] and Ahmad Jaloul [(1)]

(1). Department of Hoticulture- Faculty of Agriculture- Tishreen University, Lattakia, Syria.

(2). Department of Soil and Water Sciences- Faculty of Agriculture- Tishreen University,Lattakia,Syria.

(*Corresponding Author, Dr. Ghiath Ahmad Aloush, E-Mail. galloush@scs-net.org)

Received 9/12/2020 Accepted: 23/03/2021

Abstract:

This study aimed to investigate the tolerance of four tomato hybrid to salinity (Shanon, Merel, Julnar, and Astona) widely grown in greenhouses to salinity (0, 25, 50, 75, 100 and 150 *mM* NaCl) grown in nutrient solutions. Shanon hybrid had a higher shoot growth in non-saline nutrient solution (control treatment) by 10, 48, 85% compared to Astona, Julnar, and Merel, respectively. Shoot growth decreased gradually with increasing NaCl concentrations in the nutrient solutions. There were differences among tomato hybrid in their salinity critical level in which 50% of the growth is decreased. Shanon had greater shoots compared to other tomato hybrid in all applied salinity levels. Salinity influenced roots which became stunted, thick and easy to break at 75 *mM* NaCl, and became slobby when NaCl reached 150 *mM* in the nutrient solution. Root systems were reduced by 71, 46, 67, and 56% at 150*mM* NaCl treatments for Astona, Julnar, Merel and Shanon compared to control in which no salinity was induced. Shanon had a long root system (136 m/plant) in the control treatment compared to 113, 90, and 77 for Astona, julnar, and Merel respectively. Root growth was reduced by salinity in all hybrids right from 25 *mM* NaCl, but however Shanon remains with the highest root length at all applied salinity levels. Shanon root system showed a higher efficiency to absorb nutrients and nutrient translocation to the shoots for most nutrients when compared to Merel, Julnar, and Astona. All inflow rates and specific accumulation rated in the shoots were reduced gradually with increasing salinity up to 150*mM* NaCl in the nutrient solutions. The critical salinity level (50% reduction) varies among tomato hybrid, 50 *mM* NaCl for Merel and Astona, 75 *mM* for Julnar, and 100 *mM* NaCl for Shanon.

Key words: tomato (*Lycopersicon esculentum*), salinity, nutrient uptake, hydroponic culture, greenhouse.