مجلة جامعة دمشق للعلوم الأساسية
مجلد 39- عدد 2 (2023): 107-116

Damascus University Journal
for the Basic Sciences
Vol 39 No. 2 (2023): 107-116

دراسة تأثير الملوحة في بعض المعايير الفيزيولوجية لنبات ثلاثي الكربون وآخر رباعي

حنين الجمعة الحديد [1] أ. د. سليم زيد [2] د. أمينة إبراهيم[2]

[1] طالبة ماجستير، قسم علم الحياة النباتية، كلية العلوم، جامعة دمشق.
[2] أستاذ، قسم علم الحياة النباتية، كلية العلوم، جامعة دمشق.
[3] أستاذ مساعد، قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة دمشق.

الملخص

تم دراسة تأثير إجهاد الملوحة في بعض المعايير الفيزيولوجية لنباتين عائدين لمسارين ضوئيين مختلفين (مسارC3، وC4)، تم اعتماد نوعين من النباتات في الدراسة الأول نبات الحلبة *Trigonella foenum−graecum* نوع العائد إلى مجموعة النباتات ثلاثية الكربون C3Plants. والثاني نبات الذرة البيضاء *Sorghum − bicolor* الصنف (ازرع – 5)، والعائد إلى مجموعة النباتات رباعية الكربون C4Plants. طبقت ثلاث تراكيز من الملوحة هي (50,100,150) ميلي مول/ل، تمت الدراسة بواقع ثلاث مكررات لكل معاملة، وباعتماد القطاعات العشوائية الكاملة. أظهرت النتائج أن الإجهاد الملحي سبب انخفاضاً في كمية اليخضور مقارنة مع الشاهد لكلا النباتين وذلك طرداً مع زيادة الملح، بينما أدت إلى زيادة تركيز البرولين والسكريات والفينولات مقارنة مع الشاهد لكلا النباتين. وأظهرت النتائج تأثر نبات الذرة البيضاء بشكل أكبر من نبات الحلبة.

أظهرت النتائج التأثير السلبي للملوحة على بعض العوامل الكيميائية لكلا النباتين مع اختلاف في مدى تأثر النباتين والذي يعود إلى عوامل مختلفة، الأمر الذي يفتح الباب أمام دراسة تأثير
إجهاد الملوحة على نباتات مختلفة ومعرفة مدى تأثرها بهذا الإجهاد.

الكلمات المفتاحية: البرولين، الذرة الصفراء، الحلبة، إجهاد الملوحة

تاريخ االإيداع: 2022/04/20
تاريخ القبول: 2022/06/21

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

ISSN (online): 2789-6366
http://journal.damascusuniversity.edu.sy/index.php/index/index

Studying the effect of salinity on some physiological parameters of three-carbon and four-carbon plants

Hanin Aljomaa Alhadid [1] Salem Zaid [2] Ameena Ibrahim[3]

1 Master student, Botany Department, Faculty of Science, Damascus University.
2 Professor, Botany Department, Faculty of Science, Damascus University.
3 Assistant Professor, Chemistry Department, Faculty of Science, Damascus University.

Abstract

The effect of salinity stress was studied in some physiological standards of two plants returning to two different light tracks (C3 pathway, and C4), two types of plants were adopted in the first study *Trigonella Foenum-graecum* type circuit plant returning to the group of C3Plants tricarbonate plants. The second is *Sorghum-bicolor* cultivar (ezrah-5) white corn, which returns to the group of four-carbon plants. three salt concentrations (50,100,150) were applied to mmol/l, which has been studied at three repeats per transaction, with the adoption of full random sectors. The results showed that salt stress caused a decrease in the amount of chlorophyll compared to the control for both plants, expelling with increased salt, while increasing the concentration of proline, sugars and phenols compared to the control for both plants. The results showed that the *Sorghum-bicolor* plant was more affected than the *Trigonella* plant.

The results showed a negative impact of salinity on certain chemical factors of both plants with a difference in the extent to which the two plants are affected due to different factors, which opens the door to studying the impact of salinity stress on different plants and determining the extent to which they are affected by this stress.

Received :2022/04/20
Accepted:2022/06/21

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

Key words :PROLINE, *SORGHUM – BICOLOR*, *TRIGONELLA*, SALT STRESS.

أولاً: المقدمة والدراسة المرجعية:

لقد اتجهت العديد من البحوث إلى اعتماد معايير جديدة في تصنيف النباتات الزهرية إلى جانب التصنيف التقليدي ومن أحدث المعايير وأهمها هو مسار التركيب الضوئي Photosynthetic pathway في النباتات وما يترتب على هذا المسار من نواحٍ تركيبية وتشريحية وفيزيولوجية وكيميائية، وفي ضوء ذلك تم تقسيم النباتات إلى ثلاثة أنواع رئيسة هي: نباتات ثلاثية الكربون C3 plants ونباتات رباعية الكربون C4 plants والنباتات العصارية (CAM-Plants) Crassulacean Acid metabolism (André. 2011).

تختلف طريقة تثبيت ثنائي أكسيد الكربون في أوراق النباتات بحسب تركيب الورقة والمناخ الذي ينمو فيه النبات لذلك تقسم النباتات حسب عملية التركيب الضوئي إلى ثلاثة أنواع:

1 – نباتات ثلاثية الكربون (C3): تستعمل نباتات الـ C3 حلقة كالفن كآلية للتفاعلات التي تحدث في الظلام وأول مركب مستقر يُنتج في دورة كالفن هو 3– فوسفوغليسيريدات وهو مركب ثلاثي ذرات الكربون، تقوم نباتات الـ C3 بتحويل ثنائي أكسيد الكربون مباشرة بواسطة أنزيم ريبيلوز بيروفوسفات كربوكسيلاز أوكسيجيناز (روبيسكو)، يحدث هذا التثبيت في الصانعات الخضراء لخلايا النسيج المتوسط.

2 – نباتات رباعية الكربون (C4): يختلف التركيب التشريحي للورقة عن النباتات ثلاثية الكربون، تستعمل نباتات الـ C4 دورة Hatch Stack – كآلية للتفاعلات التي تحدث في الظلام، أول مركب مستقر ينتج هو Oxaloacetate وهو مركب رباعي ذرات الكربون، نباتات الـ C4 تقوم بتحويل ثنائي أكسيد الكربون مرتين، في خلايا النسيج التوسط للورقة ثم في خلايا غمد الحزمة الناقلة.

3 – النباتات العصارية (CAM): تفتح نباتات الـ CAM الثغور ليلاً مدخلة CO_2 حيث يتم تثبيته على شكل حموض عضوية وتغلق الثغور خلال النهار ليتحرر CO_2 من الحموض العضوية التي تتفكك تحت تأثير الضوء وتستعمل في حلقة كالفن. (Campbell. 2014).

يتم التحكم في نمو النباتات من خلال العديد من العمليات الفزيولوجية والحيوية الكيميائية والجزيئية، إلا أن التركيب الضوئي هو العملية الأساسية والتي تساهم في نمو النبات وتطوره (Taiz and Zeiger 2010,).

إن البيئات المجهدة بما في ذلك البيئات الجافة والمالحة وذات درجات الحرارة غير الملائمة تعرقل عملية التركيب الضوئي في معظم النباتات عن طريق تغيير بنية العضيات وتركيز مختلف الأصبغة، بما في ذلك الإنزيمات المشاركة في هذه العملية وكذلك تنظيم عمل الثغور (Lawlor 2001, Taiz and Zeiger 2010, Dulai *et al*., 2011).

تعد مشكلة تملح التربة من أهم وأخطر المشكلات في الأراضي الجافة وشبه الجافة من العالم عامة، وهي حدوث تراكم كمي للأملاح الذائبة في منطقة انتشار الجذور بتركيز عالي لدرجة تعوق فيها النمو المثالي للنبات، وتتكون الأملاح الذائبة عادة من الصوديوم والكالسيوم والمغنزيوم والكلوريد والكبريتات أساساً ومن البوتاسيوم والبيكربونات والنترات والبورون على نحو ثانوي (Pitman and Lauchli 2002).

تعد ظاهرة التملح في الوقت الحاضر من المشاكل الرئيسة المعيقة للتطور الزراعي في بلدان العالم، يفقد العالم سنوياً حوالي عشرة ملايين هكتار من الأراضي الصالحة للزراعة بسبب التملح Salinization وقد وصلت مساحة الأراضي المتملحة في العالم إلى نحو 800 مليون هكتاراً (Munns, 2002).

تنتشر الأراضي المتملحة Salt – affected soils في القطر العربي السوري بشكلٍ رئيس في حوض الفرات، ووادي الغاب، وغوطة دمشق.

تعد ملوحة المياه والتربة أحد أهم الإجهادات الرئيسة التي تؤثر سلباً في نمو الأنواع النباتية وإنتاجيتها، وترتبط التأثيرات الضارة للملوحة في نمو النباتات وتطورها بتراجع جهد محلول التربة المائي (إجهاد مائي)، واختلال التغذية المعدنية وتأثير السمية الأيونية النوعية Specific ion effect (الإجهاد الملحي)، أو مجموع هذه العوامل (Hasegawa *et al*., 2000; Zhu, 2016;Hanin *et*

.(*al*., 2016 تؤثر الملوحة سلباً في العديد من الصفات الشكلية والفيزيولوجية والحيوية الكيميائية في النبات، حيث تسبب الملوحة الزائدة تراجعاً في طول النبات، وعدد الأوراق، والمساحة الورقية نتيجة تراجع معدل امتصاص الماء والعناصر المعدنية المغذية من قبل جذور النبات (الساهوكي والخفاجي، 2014). كذلك تسبب الملوحة خفض في عدد الصانعات الخضراء وتقلل كمية اليخضور، كما يؤدي الإجهاد الملحي إلى تشكل الجذور الأوكسيجينية الحرة النشطة ROS، كما تؤثر في نمو النبات من خلال رفع اسموزية محلول التربة واضطراب في توازن المغذيات (Singh *et al*., 2015) وبالتالي تراجع في المحصول، كما أن ارتفاع نسبة الملوحة في التربة تؤدي إلى تراكم أيونات الصوديوم في النبات والذي يؤثر في الوظائف الحيوية المتنوعة للنبات وخاصة عملية التركيب الضوئي، حيث يؤدي انخفاضها إلى انخفاض كمية المواد العضوية في النبات (Chiraz *et al*., 2011)، كما يؤدي الإجهاد إلى انخفاض الوزن الجاف والوزن الرطب وانخفاض المحتوى المائي للنبات وذلك في دراسة أجريت على نبات القمح (البيسكي وآخرون، 2019).

تخضع النباتات لتغيرات جذرية من وقت بدء فرض الإجهاد الملحي وحتى بلوغ مرحلة النضج عند بدء الإجهاد تجف الخلايا وتتقلص ولكن تستعيد حجمها الأصلي بعد ساعات، يلي ذلك انخفاض في استطالة الخلايا وانقسامها مما يؤدي إلى انخفاض معدل نمو الأوراق والجذور، ومع استمرار الإجهاد في الأيام التالية يؤدي انخفاض انقسام الخلايا واستطالتها إلى بطئ في ظهور الأوراق الجديدة، بعد أسابيع يتأثر تطور الجذع الجانبي وبعد أشهر تظهر اختلافات واضحة في الشكل العام للنبات (Munns, 2002)،

ولهذا اهتم العلماء منذ القدم بدراسة تأثير الأملاح على النبات والأضرار التي تسببها وكيفية مقاومة الأملاح من أجل تحسين الإنتاج النباتي في البيئات المالحة (الهلال، 1999).

ثانياً: أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث من الأهمية الاقتصادية للنباتات المدروسة ومعرفة درجة تحمل النباتان المدروسان للملوحة بناءاً على المعايير الكيميائية، فضلاً عن قلة الأبحاث في سورية المتعلقة بدراسة تأثير الملوحة على النباتات من ناحية مسارات التركيب الضوئي.

ثالثاً: أهداف البحث:

– دراسة تأثير تراكيز مختلفة من الملوحة (NaCl) على نباتين يعودان لمسارات ضوئية مختلفة.

– دراسة مقارنة للنباتين المدروسين من حيث التأثر بالإجهاد.

رابعاً: مواد البحث وطرائقه:

1– مصدر العينات: تم الحصول على حبوب الذرة البيضاء صنف ازرع 5 والحلبة من الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية بدمشق.

2 – غُسلت حبوب النباتان بالماء المقطر، ثم غُسلت بالإيتانول 70% لمدة دقيقة. غسلت بعد ذلك البذور ثلاث مرات بالماء المقطر والمعقم.

3 – الزراعة الحقلية: وزعت الحبوب في أصص زراعية تحتوي خلطة تورب/تربة/بيرلايت بنسب متساوية، وبمعدل 15 مكرر لكل نبات ورويت بكمية كافية من المياه، وضعت الأصص في ظروف الحقل، سُقيت النباتات بالماء فقط مدة أسبوع وبعدها تم تطبيق التراكيز الملحية باستعمال ملح كلوريد الصوديوم NaCl بتراكيز (0,50,100,150) ميلي مول/ل، وذلك بمعدل 300 مل لكل أصيص ثم تمت زيادة الكمية إلى 500 مل بعد ثلاث أسابيع من الزراعة واستمرت السقاية حتى انتهاء دورة حياة النبات حيث استمرت دورة حياة نبات الحلبة شهران ونصف بينما نبات الذرة البيضاء أربعة أشهر ونصف، ومن ثم تم دراسة المعايير الآتية:

1– المحتوى من اليخضور (ملغ/غ وزن رطب): تم سحق عينات معروفة الوزن (حوالي 100 ملغ) من أوراق الحلبة والذرة البيضاء في الأسيتون النقي 80% تم تثفيل الخليط بسرعة 5000 دورة/دقيقة لمدة 10 دقائق بدرجة حرارة 5 مْ، جُمع الطافي وأخذ الراسب

واستخلص منه من جديد مع استعمال نفس المذيب إلى أن أصبح الراسب عديم اللون، أُخذ الطافي وأتمم الحجم إلى 25 مل بالأسيتون، ليُقاس الامتصاص الضوئي للمستخلص باستخدام مقياس الطيف الضوئي Spectrophotometer على أطوال الموجات 663,646,470 نانومتر، ومن ثم تقدير المحتوى من اليخضور (Lichtenthaler, 1987). وفق المعادلات الآتية:

$$Ca= 12.21A663 – 2.81A646$$
$$Cb = 20.13A646 - 5.03A663$$
$$Ca+b = (1000A470 – 3.27Ca – 104Cb)/198$$

2- محتوى البرولين في الأوراق (ملغ/غ وزن رطب): يتم تحليل محتوى الأوراق من البرولين وفقاً لطريقة (Bates *et al.*, 1973)حيث يسحق 100 ملغ من أوراق العينات النباتية الطازجة في 5 مل من المحلول المائي لحمض سلفوساليسيليك 3% يؤخذ 2 مل من المستخلص ويضاف له 2 مل من محلول النينهدرين المنشط للتفاعل (نينهدرين +حمض الخل الثلجي + حمض أورثوفوسفوريك) و2 مل من حمض الخل الثلجي ثم توضع الأنابيب في حمام مائي ساخن° 100 م لمدة ساعة، وبعد التبريد على الماء المثلج يتم وضع 4 مل من التولوين .ثم قياس الامتصاص الضوئي على طول موجة 520 نانومتر باستخدام جهاز Spectrophotometer ومن ثم تقدير نسبة البرولين في العينات بالاعتماد على منحني قياسي للبرولين النقي بتراكيز (10,20,40,60,80,100) ppm.

3 – محتوى السكريات الكلية الذوابة (ملغ/غ وزن رطب): تم تحليل محتوى النباتات من السكريات الكلية الذوابة وفقاً لطريقة (Dubois *et al.*, 1956). حيث تم سحق 100 ملغ من أوراق الذرة البيضاء والحلبة في 4 مل من الإيتانول 80%، ثم وضعت الأنابيب في حمام مائي ساخن 80 مْ لمدة 10 دقائق حتى يجف المستخلص الكحولي، ثم إضافة الفينول 5% وحمض الكبريت المركز 96% إلى المزيج فينتج لون أصفر بني، تم قياس الامتصاص الضوئي على طول موجة 490 نانومتر باستخدام جهاز السبيكتروفوتومتر ومن ثم تقدير نسبة السكريات في العينات بالاعتماد على منحى قياسي للغلوكوز النقي بتراكيز (0,10,20,30,40,60,80,100) ppm.

4 – المحتوى الكلي للفينولات (ملغ/غ وزن رطب): تعتمد الطريقة على إرجاع كاشف الفولين – سيكالتو Folin–Ciocalteu (Singleton *et al.*, 1999)، وذلك من خلال أكسدة الفينولات في وسط قلوي من كربونات الصوديوم، وضع 1 مل من العينة الممدة بالإيتانول70% مع 4.8 مل ماء منزوع الشوارد و4 مل كربونات الصوديوم اللامائية 2% و200µl كاشف فولين – سيوكالتو، مزجت جيداً ثم تركت في مكان مظلم عند درجة حرارة الغرفة لمدة ساعة ومن ثم قيست امتصاصية المحلول عند طول موجة 760 نانومتر وتعكس شدة اللون الأزرق المحتوى الكلي للفينولات والتي يعبر عنها عادة كمكافئات لحمض الغاليك بتراكيز (10,20,40,60,80,100) ppm.

رابعاً: الدراسة الإحصائية: لقد أكدت الدراسة الإحصائية وفق برنامج (SPSS One Way Anova) التي أجريت على كافة المعاملات المدروسة وبواقع 3 مكررات لكل معاملة أن هناك ارتباط وثيق بين تأثير الملوحة والعوامل المدروسة لكلا النباتين وكانت الفروق المعنوية ($P<0.05$).

خامساً: النتائج والمناقشة:

يتعرض النبات للعديد من العوامل المؤثرة منها الشدة الضوئية والرطوبة والحرارة، إضافة إلى تأثير مكونات التربة من الأملاح المعدنية، وغيرها من العوامل التي ينتج عنها اختلاف خصائص النبات نفسه عند زراعته في بيئات مختلفة.

بينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P<0.05$) في صفة متوسط محتوى الأوراق من اليخضور والسكريات والفينولات والبرولين بين التراكيز الملحية المدروسة على النحو التالي:

1 – تأثير الملوحة على المحتوى الكلي لليخضور عند نبات الحلبة ونبات الذرة البيضاء:

اختلفت نسبة اليخضور تبعاً لاختلاف التراكيز الملحية عند نبات الحلبة إذ انخفض متوسط محتوى الأوراق من اليخضور طرداً مع ازدياد التركيز الملحي في المحلول عند نبات الحلبة، حيث كان الأدنى معنوياً 0.342 mg/g عند التركيز الملحي 150 mmol، مقارنة مع معاملة الشاهد 0.628 mg/g.

تظهر النتائج الواردة في الجدول (1) انخفاض في كمية اليخضور عند نبات الذرة البيضاء مع ارتفاع تركيز الملوحة، كما يلاحظ أنها سجلت قيماً أخفض مقارنة مع نبات الحلبة حيث كان الأدنى معنوياً 0.183 mg/g عند التركيز 150 mmol مقارنة مع معاملة الشاهد 0.656 mg/g.

الجدول (1) تأثير الإجهاد الملحي في المحتوى الكلي لليخضور

التراكيز المختلفة من كلوريد الصوديوم	كمية اليخضور عند نبات الحلبة ملغ/غ	كمية اليخضور عند نبات الذرة البيضاء ملغ/غ
الشاهد	0.628 ± 0.06	0.656 ± 0.05
50 ميلي مول/ل	0.536 ± 0.06	0.323 ± 0.09
100 ميلي مول/ل	0.455 ± 0.04	0.245 ± 0.06
150 ميلي مول/ل	0.342 ± 0.07	0.183 ± 0.06

* ملاحظة: عدد المكررات لكل معالجة: 3

تؤكد النتائج أن للملوحة تأثير سلبي في كمية اليخضور، وقد توافقت نتائجنا مع (Sabir *et al*., 2009). في دراسته على نبات الدخن التي أظهرت انخفاض كمية اليخضور تحت تأثير الإجهاد الملحي، ويعزى انخفاض كمية اليخضور إلى تخريب جزيئات اليخضور وذلك بسبب التأثير السام لأيون الصوديوم (Pinheiro *et al*., 2008). كما أن التغيرات التي يسببها الملح في محتوى اليخضور في الأوراق بسبب ضعف الإنتاج الحيوي أو التحلل المتسارع لصباغ اليخضور (Eckardt. 2009). أظهرت سلسلة من التجارب على مجموعة من النباتات أن الطلائع المهمة لليخضور أي الغلوتامات وحمض 5-amino laevulinic (ALA)، انخفضت في الأوراق المعرضة للإجهاد الملحي مما يشير إلى أن الإجهاد يؤثر بشكل ملحوظ في الإنتاج الحيوي لليخضور أكثر من تحلله. كما يعزى انخفاض محتوى اليخضور عند زيادة تركيز الإجهاد إلى أن قلة الماء عملت على تثبيط نمو الصانعات الخضراء بسبب قلة امتصاص الجذور للعناصر المعدنية وخصوصاً النتروجين الذي يدخل في حلقة البايرول وهي من مركبات جزيئة اليخضور (Levitt. 1980).

2 – تأثير الملوحة على المحتوى الكلي للسكريات عند نبات الحلبة ونبات الذرة البيضاء:

بينت النتائج الواردة في الجدول (2) أن كمية السكريات ازدادت طرداً مع ازدياد التركيز الملحي عند نبات الحلبة حيث كان الأعلى معنوياً 24.378 mg/g عند التركيز الملحي 150 mmol، مقارنة مع معاملة الشاهد 11.202 mg/g.

كما تبين النتائج الواردة في الجدول (2) ارتفاع تدريجي في كمية السكريات مع ارتفاع قيمة الإجهاد عند نبات الذرة البيضاء، ويلاحظ أنها سجلت قيماً أعلى مقارنة مع نبات الحلبة حيث كان الأعلى معنوياً 33.758 mg/g عند التركيز 100 mmol مقارنة مع معاملة الشاهد 18.382 mg/g.

الجدول (2) تأثير الإجهاد الملحي في المحتوى الكلي للسكريات

التراكيز المختلفة من كلوريد الصوديوم	كمية السكريات الذوابة عند نبات الحلبة ملغ/غ	كمية السكريات الذوابة عند نبات الذرة البيضاء ملغ/غ
الشاهد	11.202 ± 0.18	18.382 ± 0.15
50 ميلي مول/ل	11.734 ± 0.05	22.600 ± 0.94
100 ميلي مول/ل	13.100 ± 0.49	33.758 ± 1.19
150 ميلي مول/ل	24.378 ± 0.65	26.261 ± 0.89

* ملاحظة: عدد المكررات لكل معالجة: 3

تساهم السكريات بنسبة تصل إلى 50% من إجمالي القدرة التناضحية في الخلايا الخاضعة لإجهاد الملوحة (Cram 1976)، تمت الإشارة في العديد من الأبحاث إلى تراكم السكريات القابلة للذوبان في النباتات كرد فعل على إجهاد الملوحة على الرغم من الانخفاض الكبير في معدل امتصاص ثنائي أكسيد الكربون الصافي (Murakeozy *et al*., 2003). تتراكم السكريات مثل (الغلوكوز، الفركتوز، السكروز، النشاء) تحت ضغط الملوحة (Parida *et al*., 2002)، ويعود تراكم السكريات في النباتات المجهدة إلى دورها في الحماية التناضحية، والتعديل التناضحي، وتخزين الكربون، وكسح الجذور الحرة. وقد توافقت نتائجنا مع (Parida *et al*., 2002) في دراسته على أوراق نبات البندورة حيث ازداد محتوى السكريات الذائبة والسكريات الكلية بشكل ملحوظ.

3 – تأثير الملوحة على المحتوى الكلي للبرولين عند نبات الحلبة ونبات الذرة البيضاء:

أظهرت النتائج الواردة في الجدول (3) ارتفاع تدريجي في كمية البرولين عند نبات الحلبة عند زيادة تركيز الإجهاد مقارنة مع الشاهد حيث بلغ أعلى تركيز من البرولين 3.785 mg/g عند التركيز الملحي 150 mmol مقارنة مع الشاهد 1.039

تُظهر النتائج الواردة في الجدول (3) ارتفاع ملحوظ في كمية البرولين كلما زادت نسبة الملوحة عند نبات الذرة البيضاء، حيث سجلت قيماً أعلى مقارنة مع نبات الحلبة، حيث كان الأعلى معنوياً 9.780 mg/g عند التركيز 150 mmol مقارنة مع معاملة الشاهد حيث بلغت كمية البرولين 1.572 mg/g.

الجدول (3) تأثير الإجهاد الملحي في المحتوى الكلي للبرولين

التراكيز المختلفة من كلوريد الصوديوم	متوسط كمية البرولين عند نبات الحلبة ملغ/غ	متوسط كمية البرولين عند نبات الذرة البيضاء ملغ/غ
الشاهد	1.039 ± 0.06	1.572 ± 0.22
50 ميلي مول/ل	1.355 ± 0.26	2.892 ± 0.10
100 ميلي مول/ل	1.844 ± 0.13	3.785 ± 0.20
150 ميلي مول/ل	3.785 ± 0.47	9.780 ± 0.20

* ملاحظة: عدد المكررات لكل معالجة: 3

بينت العديد من الدراسات أن البرولين يتراكم بكميات كبيرة استجابة لإجهاد الملوحة مقارنة بالحموض الأمينية الأخرى (Abraham *et al*., 2003). حيث يساهم البرولين في تنظيم تراكم شوارد النتروجين، كما يعتبر نشط للغاية من الناحية التناضحية ويساهم في استقرار الغشاء الخلوي وبالتالي مقاومتها للجفاف، وذلك من خلال خفض قيمة الجهد المائي لخلايا الورقة مسببة دخول الماء إليها، كما يعتبر من أهم مضادات الأكسدة في الأنسجة النباتية، كما يحمي جميع أنزيمات الخلية، وضبط درجة حموضة السيتوبلاسم (Tan *et al*., 2008)، وتوافقت نتائجنا مع (Shtereva *et al*., 2015) بأن زيادة تراكيز الملوحة تسبب زيادة في تراكيز البرولين في أوراق نباتات الذرة السكرية.

4 – تأثير الملوحة على المحتوى الكلي للفينولات عند نبات الحلبة ونبات الذرة البيضاء:

يبين الجدول (4) ارتفاع في كمية الفينولات كلما ازداد التركيز الملحي في المحلول عند نبات الحلبة حيث كان الأعلى معنوياً 7.224 mg/g عند التركيز الملحي 150 mmol، مقارنة مع معاملة الشاهد 5.019 mg/g.

كما يبين الجدول (4) أيضاً ارتفاع كمية الفينولات مع ارتفاع التركيز الملحي في المحلول عند نبات الذرة البيضاء، وسجلت قيماً أعلى مقارنة مع نبات الحلبة حيث كان الأعلى معنوياً 16.355 mg/g عند التركيز 150 mmol مقارنة مع معاملة الشاهد 9.465 mg/g.

الجدول (4) تأثير الإجهاد الملحي في المحتوى الكلي الفينولات

التراكيز المختلفة من كلوريد الصوديوم	كمية الفينولات عند الحلبة ملغ/غ	كمية الفينولات عند نبات الذرة البيضاء ملغ/غ
الشاهد	5.019 ± 0.71	9.465 ± 0.70
50 ميلي مول/ل	6.086 ± 0.83	11.303 ± 0.13
100 ميلي مول/ل	6.539 ± 0.48	14.074 ± 0.44
150 ميلي مول/ل	7.224 ± 0.09	16.355 ± 0.67

* ملاحظة: عدد المكررات لكل معالجة: 3

تعد الفينولات مستقلبات ثانوية نباتية تتميز بنيتها الأساسية بوجود حلقة عطرية أو أكثر مرتبطة بعدة مجاميع هيدروكسيل، تساهم الفينولات في تنظيم العمليات الفزيولوجية في النباتات ولها دور هام في الاستجابة الدفاعية للإجهادات اللاحيوية للأنواع النباتية (Pasala *et al*., 2016)، كما تعمل كمضادات للأكسدة بعدة آليات إما بالتثبيط المباشر لإنتاج ROS أو منع انتشارها أو هدمها، وتوافقت نتائجنا مع نتائج (Sadak. 2015) في دراسته على فول الصويا حيث ازداد محتوى الفينولات تحت تأثير الإجهاد الملحي. بالمقارنة بين النباتين نلاحظ أن نبات الذرة البيضاء أكثر تأثراً بالإجهاد من نبات الحلبة على الرغم من أنه عائد إلى نباتات الـC4 وذلك يعود إلى أن دورة حياة نبات الذرة البيضاء كانت أطول من دورة حياة نبات الحلبة حيث بلغت دورة حياة نبات الذرة البيضاء 4 أشهر ونصف (من تاريخ 15/4/2021 إلى تاريخ 1/9/2021). بينما نبات الحلبة بلغت دورة حياته شهران ونصف (من تاريخ 1/3/2021 إلى تاريخ 17/5/2021)، وبالتالي كانت فترة تعرض نبات الذرة البيضاء للإجهاد أطول مما جعلها أكثر تأثراً.

الاستنتاجات:

1 – الإجهاد الملحي له تأثير سلبي على كمية اليخضور عند كلا النباتين.
2 – زيادة تركيز البرولين والسكريات والفينولات في الأوراق المعرضة للإجهاد الملحي عند كلا النباتين.
3 – تأثر نبات الذرة البيضاء العائد للمسار الضوئي C4 بالإجهاد بشكل أكبر من نبات الحلبة العائد للمسار الضوئي C3.
4 – تأثير فترة التعرض لظروف الإجهاد على مدى تأثر النباتان بهذا الإجهاد.

التوصيات:

1 – دراسة تأثير تراكيز أخرى من الملوحة في النباتات.
2 – دراسة تأثير الملوحة في محاصيل أخرى.

المراجع:

1. البيسكي، محسن، مرشد، العاطله، قنطار، العيسى 2019. تقييم استجابة بعض أصناف القمح (*Triticum Spp.*) لتحمل الإجهاد الملحي باستخدام معايير النمو في الزجاج، مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية – المجلد (35) – العدد الثاني 2019.
2. الساهوكي , مدحت مجيد والخفاجي , مصطفى جمال .2014 .آلية تحمل النبات لشد الملوحة .مجلة العلوم الزراعية العراقية 45 (:5) 438 - 430, 2014 -.
3. الهلال ، عمي عبد المحسن حسين (1999) فزيولوجيا النبات تحت إجهادي الجفاف والأملاح كلية العلوم . جامعة الملك سعود. مطبعة النشر العلمي والمطابع.
4. Abraham E., Rigo G., Szekely G., Nagy R., Koncz C., Szabados L. (2003): Light-dependent induction of proline biosynthesis by abscisic acid and salt stress is inhibited by brassinosteroid in *Arabidopsis*. Plant Mol. Biol., *51***:** 363–372.
5. André , M. (2011) . Photosynthesis and Photorespiration – II . C4 Plants: Advantages and Paradoxes. IJBSM 2(2) : 191 – 202.
6. Bates, L.S.; R.P. Waldren; and I.D. Tear (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil. 39: 205–207.
7. Campbell, N.A & Reece J.B & others. (2014). Campbell Biology, Peason Education, UNC, Benjamin Cummings (10 th ed), Puplishings. USA.
8. Chiraz D.G., Rajia K., Fatma G., Saloua R., Larbi K. et Mohamed N. R. (2011). Euro. Journal. Sci. Resrarch. 50(2), p208-217.
9. Cram W.J. (1976): Negative feedback regulation of transport in cells. The maintenance of turgor, volume and nutrient supply. In: Luttge U., Pitman M.G. (eds.):Encyclopaedia of Plant Physiology, New Series, Vol. 2. Springer-Verlag, Berlin.
10. Dubois, M.; K.A. Gilles; J.K. Hamilton; P.A. Rebers; and F. Smith (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry. 28: 350–356.
11. Dulai, S., Molnár, I., Molnár-Láng, M.: Changes of photosynthetic parameters in wheat/barley introgression lines during salt stress. – Acta Biol. Szeged 55: 73-75, 2011.
12. Eckardt, N.A.: A new chlorophyll degradation pathway. – Plant Cell **21**: 700, 2009.
13. Hanin, M., Ebel, C., Ngom, M., Laplaze, L., andMasmoudi, K. (2016). New insights on plant salt tolerance mechanisms and their potential use for breeding. Front.Plant Sci. 7:1787. doi: 10.3389/fpls.2016.01787
14. Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Zhu, J. K., and Bohnert, H. J. (2000). Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 51, 463–499. doi: 10.1146/annurev.arplant.51.1.463)()
15. Lawlor, D.W.: Photosynthesis. 3rd Ed. – Scientific Publishers Limited, Oxford, 2001.
16. Munns, R. 2002a. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environ. 25:239–250.
17. Levitt, J. (1980). Responses of plants to Environmental stresses, water, radiation, salt and other stresses, Second ed., vol. II, Academic press, New York.
18. Lichtenthaler, H.K. (1987). Chlorophylls and carotenoids pigments of photosynthesis biomebranes. In: Colowick, S.P.; Kaplan, N.O. (eds). Methods in Enzymology. Academic Press, New York, pp 350–382.
19. Munns, R. (2002). Comparative Physiology of salt and water stress Plant Cell Environ.,25:239- Nounjan, N., Theerakulpisut, P., 2012**.** Effects of exogenous proline and trehalose on physiological responses in rice seedlings during salt-stress and after recovery. Plant, Soiland Environment 58 (7), 309–315.
20. Murakeozy E.P., Nagy Z., Duhaze C., Bouchereau A.,
21. Tuba Z. (2003): Seasonal changes in the levels of compatible osmolytes in three halophytic species of inland saline vegetation in Hungary. J. Plant Physiol., *160***:** 395–401.
22. Parida A.K., Das A.B., Das P. (2002): NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins and other metabolic components in the leaves of a true mangrove, *Bruguiera parviflora*, in hydroponic cultures. J. Plant Biol., *45***:** 28–36.

23. Pasala, R.K., Khan, M.I.R., Minhas, P.S., Farooq, M.A., Sultana, R., Per, T.S., Deokate, P.P., Khan, N.A., Rane, J., 2016: Can plant bio-regulators minimize crop productivity losses caused by drought, heat and salinity stress? An integrated review. J. Appl. Bot. Food Qual. 89, 113-125.
24. Pinheiro, H.A., Silva, J.V., Endres, L. *et al*.: Leaf gas exchange, chloroplastic pigments and dry matter accumulation in castor bean (*Ricinus communis* L.) seedlings subjected to salt stress conditions. – Ind. Crop. Prod. **27**: 385-392, 2008.
25. Pitman, M.G.; and A. Läuchli (2002). Global impact of salinity and agricultural ecosystems. In: Salinity: Environment-Plants Molecules. Eds. Läuchli, A.; and V. Luttge. Kluwer, The Netherlands, 3–20.
26. Sabir, P., Ashraf, M., Hussain, M., Jamil, A.: Relationship of photosynthetic pigments and water relations with salt tolerance of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) accessions. – Pak. J. Bot. 41: 2957-2964, 2009.
27. Sadak M.S., 2015 - Pre-sowing SeedTreatment with Proline Improves some Growth, Biochemical aspects,yield quantity and quantity of two sunflower cultivars grown under seawater salinity stress. Scientia Agriculturae, 9 (1): 60-69**.**
28. Shtereva, L.A.; R. Vassilevska-Ivanova; and T. Karceva (2015). Effect of salt stress on some sweet corn (*Zea mays var. saccharata*) genotypes. Archives of Biological Sciences. 67: 993–1000.
29. Singh**,**P.K., Shahi,S.K., and Singh,A.P,. (2015). Effect of salt stress on physic-chemical changes in Maize (Zea Mays L.) plants in response to salicylic acid," Vol. 4, 1, pp. 69-77.
30. Singleton, L., Orthofer, R., and Lamuela-Ravents, R., 1999. Analysis of Total Phenols and Other Oxidation substrates and antioxidants by means of folin- ciocalteu reagent. Methods in enzymology. 299: 152-178.stability, and agronomic performance of soybean withaltered fatty acid profiles, Crop Sci., 2002, vol. 42,pp. 37–44
31. Taiz, L., Zeiger, E.: Plant Physiology. 5th Ed. Sinauer Associates, Sunderland 2010.
32. Tan, J.; Zhao, H.; Hon, J.; Han, Y.; Li, H.; Zhao, W. (2008). Effected of exogenous nitric oxide on photosynthesis, antioxidant capacity and proline accumulation in wheat seedling subjected to osmotic stress world. *J. Agric. Sci*., 4(3), 307-313.
33. Zhu, J. K. (2016). Abiotic stress signaling and responses in plants. Cell 167, 313–324.doi: 10.1016/j.cell.2016.08.029