

دور الكالسيوم والتغذية بالنترات/الأمونيوم في تحمل البندورة لملوحة NaCl في الزراعة المائية

علي أحمد يوسف⁽¹⁾ وغيث أحمد 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.

(*المراسلة: الدكتور غياث احمد علوش، البريد الإلكتروني: galloush@scs-net.org)

تاريخ القبول: 2021/06/10

تاريخ الاستلام: 2021/03/24

الملخص

تتقضى هذه الدراسة دور كل من شاردتي الكالسيوم والأمونيوم في تحمل البندورة (صنف Shanon) لملوحة NaCl في الزراعة المائية. تضمنت الدراسة أربع معاملات جميعها بتركيز ملحي من NaCl في المحاليل الغذائية (75 ميليمول/ل). معاملتين يكون فيها الشكل الأزوتي نتراتي فقط ومعاملتين يكون الشكل الأزوتي فيه مناصفة 50:50 نترات/أمونيوم، وذلك بوجود أو عدم جود تركيز إضافي من الكالسيوم بتركيز 25 ميليمول/ل. تم تتبع النمو على مدار 6 حصدات (3 نباتات في كل حصاد) موزعة بين الزمنين 0 و 32 يوم، وتمت عليها تحاليل العناصر الغذائية Na, K, Ca, Mg, P, N و Cl في المجموعين الخضري والجذري. ظهر التأثير الإيجابي لدور الكالسيوم الإضافي في زيادة النمو الخضري في حال التغذية النتراتي فقط، أما في حال التغذية المختلطة بنترات الأمونيوم فيكون، رغم التحسن في النمو، أقل معنوية. لقد حسن الكالسيوم الإضافي من امتصاص كل من الأزوت والفوسفور والكالسيوم والبوتاسيوم في معالمتي كلا الشكلين من التغذية الأزوتية، في حين خفض امتصاص كل من المغنيزيوم والكلور. لقد أدت التغذية النتراتي الأمونياكية إلى زيادة امتصاص كافة العناصر الغذائية مقارنة بالنترات لوحدها وذلك في حال غياب الكالسيوم الإضافي.

الكلمات المفتاحية: البندورة، زراعة مائية، NaCl، ملوحة، الشكل الأزوتي (NH₄/NO₃).

المقدمة:

يعتبر نبات البندورة من أهم محاصيل البستنة في العالم وتم تصنيفه على أنه من النباتات متوسطة التحمل للإجهاد الملحي (Grattan and Grieve, 1999). ينخفض محصول ثمار البندورة بمعدل 10 % لكل درجة ارتفاع في الناقلية الكهربائية (EC) في وسط نمو الجذور عن الحد الطبيعي، وتعتبر الناقلية الكهربائية 2.5 ميليوسم/سم عتبة حرجة في وسط النمو بالنسبة لنبات البندورة يبدأ معها تأثر نموه وإنتاجيته (Maas, 1986). كما وبينت التجارب انخفاض في الإنتاجية يصل لـ 50% عند ناقلية كهربائية بحدود 8 مليموس/سم (Subbarao and Johnsen, 1994).

تختلف استجابة نمو النبات للتغذية الآزوتية في الظروف المالحة وغير المالحة، وفيما إذا كان الآزوت يتم تقديمه على شكل نترات أو أمونياكي، ويعتمد الأمر أيضاً على النوع النباتي، حيث يمكن للأمونوم أن يكون مصدراً مناسباً للأزوت في ظل غياب الإجهاد الملحي عند بعض الأنواع، بينما كان بالنسبة لأنواع أخرى مثل القطن أقل أهمية بكثير مقارنة بالشكل النتراتي (Yokoi *et al.*, 2002)، ومع ذلك قد لا يكون الشكل النتراتي وحده ذو أثر إيجابي في ظروف الملوحة حيث يقل امتصاصه في العديد من الأنواع النباتية بسبب وفرة أيونات الكلور في التربة المالحة (Hessini *et al.*, 2009)، وتظهر العديد من النباتات تحسناً في النمو عندما تتوفر التغذية الآزوتية بالشكلين النتراتي والأمونياكي معاً مقارنة بوجود مصدر وحيد للأزوت، كما في البندورة حيث تحسن التغذية النتراتي والأمونياكية المشتركة من نموها في ظروف الإجهاد الملحي (Flores *et al.*, 2001; Cant *et al.*, 2007).

التغذية هي عامل رئيسي لنمو وتطور النباتات، فمن بين العناصر الغذائية الرئيسية الكالسيوم الذي يعد عنصر أساسي لنمو النباتات وتطور الثمار، ومهم في مقاومة النباتات للأمراض بسبب دوره في حماية جدار الخلية. يلعب الكالسيوم وظائف كيميائية حيوية مهمة ويدعم العديد من عمليات التمثيل الغذائي، بالإضافة إلى تنشيط العديد من الأنظمة الأنزيمية، وبالتالي المساهمة في التطور السليم للنباتات، وله دور أساسي في استقرار الغشاء وسلامة الخلية (Mengel and Kirkby, 2001). ومن بين جميع الأعضاء، تحتوي الأوراق على أعلى تركيز منه، وقد يكون الكالسيوم المتوفر في الأوراق ناتجاً عن تكوين بكتات الكالسيوم في الصفيحة الوسطى للخلايا (Mengel and Kirkby, 2001). نظراً لأن الكالسيوم غير متحرك في اللحاء، فلا يمكن إعادة انتقاله من الأنسجة القديمة إلى الأنسجة الفتية، كما أن انتقاله منخفض عبر الأوعية الخشبية إلى الأعضاء التي ليس لديها معدل نتح مرتفع، والكالسيوم عنصر مرتبط بانتقال الآزوت ونشاط البوتاسيوم والفوسفور، غالباً ما يؤدي الإجهاد اللاأحيائي إلى زيادة الكالسيوم الحر في سيتوبلازم الخلايا، مما يؤدي إلى تنشيط الاستجابات الكيميائية الحيوية التي تسمح للنبات بالتكيف مع الظروف المعاكسة بمختلف أنواعها. وبالتالي، فإن الكالسيوم يشارك في الآليات التنظيمية التي ستمكن العامل الوراثي من إجراء تعديلات في ظل الظروف المعاكسة مثل ارتفاع درجة الحرارة والبرودة والجفاف والملوحة (El-habbasha and Ebrahim, 2015).

يعتبر تنظيم امتصاص الأيونات هو العامل الرئيسي في تحمل البندورة للملوحة، حيث تؤدي الظروف المالحة إلى ارتفاع تركيز شوارد الصوديوم في جذور وأوراق النبات وتغير في تركيز شوارد الكالسيوم والبوتاسيوم في الجذور في حين تتخفض بشكل كبير في الأوراق (Cuartero and Fernandez-Munoz, 1999)، ويلعب كل من الكالسيوم والبوتاسيوم دوراً أساسياً في العديد من العمليات الفسيولوجية، في حين يملك الصوديوم دوراً إيجابياً أقل حيث أن استبدال البوتاسيوم بالصوديوم وانخفاض المحتوى من شاردة الكالسيوم في ظروف ارتفاع تركيز أملاح الصوديوم في محلول التربة سيؤدي إلى خلل غذائي في النبات، وتعد السيطرة على تراكم شوارد الصوديوم عن طريق النبات ورفع نسبة K^+/Na^+ ونسبة Ca^{+2}/Na^+ في الأنسجة النباتية يساهم في تعزيز مقاومة البندورة للملوحة (Al-karaki, 2000).

يمكن الكالسيوم يخفف من الآثار السلبية للملوحة على النبات من خلال الدور الأساسي الذي يلعبه في العمليات التي تحافظ على السلامة الهيكلية والوظيفية لأغشية الخلايا، وتنظيم النقل الأيوني والانتقائية والتحكم في التبادل الأيوني، وكذلك في نشاط أنزيم الجدر الخلوية بالرغم من أن الآلية الأساسية له ظلت غير مفسرة إلى حد كبير (Hadi and Karimi, 2012).

ويشير Leidi و Saiz (1997) إلى ارتفاع إنتاج الخلايا في جذور بادرات القطن بحدود 20% عند المعاملة بالكالسيوم الإضافي بمعدل 0.4 ملي مولر، وتوقف إنتاج الخلايا تماماً عند ملوحة 50 ملي مولر كلور الصوديوم، في حين توقف إنتاج الخلايا الحديثة في جذور النبات عند ملوحة 200 ملي مولر كلور الصوديوم عند المعاملة بالكالسيوم الإضافي بمعدل 10 ملي مولر.

أهمية وأهداف البحث:

غالباً ما تتم عمليات التسميد في الزراعة المحمية بمعزل عن تحليل التربة وبكميات تزيد كثيراً عن احتياجات المحصول من العناصر. وتبين في دراسة استقصاء سريعة لما يزيد عن 40 بيت بلاستيكي مزروعة بالبندورة أن قيم الـ EC لمحلول التربة تتراوح بمعظمها بين 6 وما يزيد عن 8 ميليموس/سم²، وهذه القيم عالية جداً بالنسبة لمحصول البندورة الذي يعتبر من الأنواع النباتية ضعيفة التحمل للملوحة، لذلك هدفت الدراسة إلى تقصي دور كل من شارديتي الكالسيوم والأمونيوم في تحمل الملوحة عند البندورة (صنف Shanon) الناتجة عن ملح NaCl في الزراعة المائية.

مواد البحث وطرقه:

طريقة الزراعة:

نقلت شتول البندورة (*Lycopersicon esculentum* L.) - الصنف Shanon إلى ثقب في أغطية فليينية ومدعمة بشرائط من الأسفنج تضمن تدلي جذورها المحدودة للغاية في أحواض بلاستيكية (عددها أربعة)، يتسع كل منها 16 ليتر من المحاليل الغذائية التي يتم تزويدها بالهواء بشكل مستمر بواسطة مضخات. خضعت الشتول (18 في كل حوض) لفترة حضانة لمدة 10 أيام للسماح للبادرات لتشكل بعض الجذور الحديثة، وتم خلال فترة التحضين (Pre-culture) زيادة تراكيز العناصر الغذائية من 10/1 إلى 5/1 إلى 2/1 إلى كامل التركيز للعناصر الغذائية لتقادي تعرض الشتول للضغط الأسموزي والذبول الناتج عن تراكيز عالية من العناصر الغذائية وغياب الجذور القادرة على امتصاص الماء (Alloush, 2003).

معاملات التجربة:

تضمنت التجربة أربع معاملات باستخدام ماء منزوع الشوارد (≥ 75 ميكروموس/سم³)، جميعها بتركيز ملحي من NaCl في المحاليل الغذائية (75 mM)، وتحتوي جميع العناصر الغذائية وتختلف فقط بالشكل الأزوتي ووجود الكالسيوم الإضافي. احتوت المحاليل الغذائية على التراكيز التالية (Alloush, 2003): $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1.5 mM، KH_2PO_4 1 mM، MgSO_4 0.5 mM. أما بالنسبة لمعاملة التغذية بنترات الأمونيوم، فقد أضيف 1.5 mM من NH_4NO_3 كمصدر للأزوت، وتم تعويض الكالسيوم في المعاملات التي تحتوي على نترات أمونيوم بإضافة CaSO_4 ، وقدم الكالسيوم في معاملات الكالسيوم الإضافي بمعدل 25 mM على شكل CaSO_4 ، أما بالنسبة للعناصر النادرة B, Mo, Cu, Zn, Mn, Fe فقد تم تزويدها وفقاً لتركيب محلول Long Ashton (Hewitt, 1966). كانت الناقلية الكهربائية في المحاليل الغذائية المحضرة 7.58 ميليموس/سم. وضعت الأحواض في البيت البلاستيكي على طاولة مرتفعة 1 م.

العناية بالتجربة:

تم تبديل المحلول الغذائي في الأحواض مرتين أسبوعياً وذلك بالتخلص من المحلول القديم ووضع محلول طازج تماماً، كما تم في كل دورة تبديل المحاليل الغذائية ضبط pH المحاليل الغذائية إلى الدرجة 6. تم تعويض الماء المفقود بالتبخير/نتح يومياً باستخدام ماء منزوع الشوارد.

الحصاد والتحليل الكيمائية:

تم حصاد ثلاثة نباتات من كل معاملة على فترات زمنية متسلسلة بعد (7-14-20-26-32 يوم) من موعد نقل الشتول إلى الأحواض، وذلك بفصل المجموع الخضري عن الجذري ووضعت في أكياس ورقية للتجفيف في الفرن على درجة حرارة 70°م لمدة 48 ساعة وتم تسجيل الوزن الخضري والجذري الجافين.

هضمت عينات من المادة الجافة للأوراق والجذور المطحونة (حوالي 0.5 غ) هضماً جافاً وقدر في محاليل الهضم تراكيز كل من الفوسفور بطريقة الموليبيدات-فانادات، الكالسيوم والمغنيزيوم بطريقة المعايرة بالفيرسين، والبوتاسيوم والصوديوم باستخدام جهاز اللهب، والأزوت الكلي بالهضم الرطب والتقطير بطريقة كلاهل (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, I) مقدرة بالمغرامات من العنصر الغذائي في واحدة الطول من الجذور (متر) بوحدة الزمن (يوم) (Williams, 1946):

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

حيث أن:

$N1$ و $N2$ هما محتوى النبات من العنصر الغذائي في الزمنيين 0 و 32 يوم.

$L1$ و $L2$ هما طول المجموع الجذري في الزمنيين 0 و 32 يوم.

$T1$ و $T2$ هما الزمن 0 في بداية التجربة والزمن 32 يوم.

كما استخدمت معطيات محتوى المجاميع الخضرية 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):

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

حيث أن: $N1$ و $N2$ هما محتوى المجموع الخضري من العنصر الغذائي في الزمنيين 0 و 32 يوم، و $W1$ و $W2$ هما وزن المجموع الخضري الجاف في الزمنيين 0 و 32 يوم، و $T1$ و $T2$ هما الزمن 0 في بداية التجربة والزمن 32 يوم.

خضعت معطيات التجربة لتحليل التباين العام (ANOVA) على أساس أن مصدر التباين هو الشكل الأزوتي (N)، والكالسيوم الإضافي (Ca) والتأثير المتبادل بينهما (NxCa). كما وتم أيضاً حساب فصل المتوسطات وتحديد قيمة أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 5% وذلك باستخدام البرنامج الإحصائي SAS.

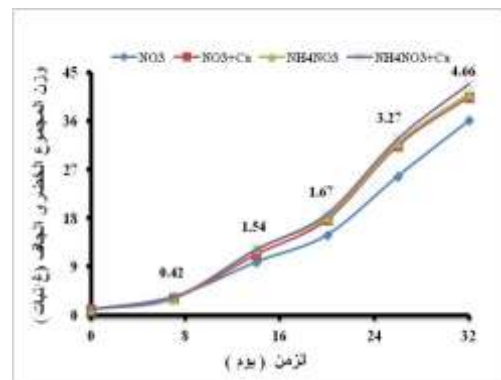
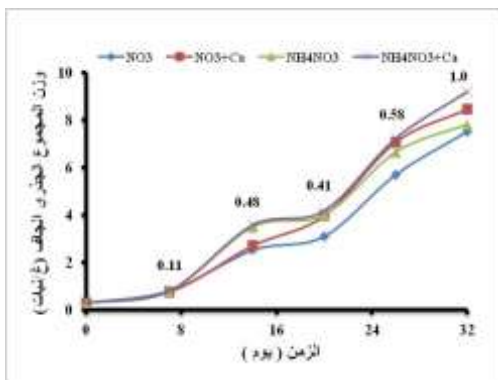
النتائج والمناقشة

تأثير شكل التغذية الأزوتية والكالسيوم الإضافي في نمو المجموعتين الخضري والجذري:

يظهر الشكل (1) أنه كان لوجود الكالسيوم الإضافي مع التغذية النتراتية لوحدها أثر إيجابي ومعنوي في زيادة الوزن الجاف للمجموع الخضري بعد 20 يوم من بداية التجربة مقارنة بمعاملة التغذية النتراتية بغياب الكالسيوم الإضافي وكانت هذه الزيادة بمعدل 20%، واستمرت هذه الزيادة بصورة معنوية مع تقدم زمن التجربة حتى 32 يوم، وكان للكالسيوم الإضافي في التغذية المختلطة نترات/أمونيوم أثر إيجابي أقل وغير معنوي (4.5%).

بدا واضحاً أثر التغذية المختلطة (نترات/أمونيوم) في تحسين النمو الخضري لنباتات التجربة حيث ظهر هذا الأثر بعد 14 يوم من بداية التجربة وتوقفت تلك النباتات معنوياً على نباتات التغذية النتراتية وحدها بنسبة 24.6% مادة جافة، وبقيت متفوقة بشكل معنوي حتى اليوم 32 (بحدود 14% مادة جافة)، وتشير نتائج Ben-Oliel وآخرون (2004) أن التغذية بالأمونيوم إلى جانب النترات في المحلول الغذائي بمعدل 1:7 و 2:6 mM NO_3^- : NH_4^+ في ظروف ملوحة 45 mM قد ساهم في زيادة نسبة المادة الجافة في أوراق البندورة مقارنة بالتغذية النتراتية وحدها.

كان لمعاملة الكالسيوم الإضافي مع التغذية النتراتية أثراً هاماً في نمو الجذور وبدأ هذا الأثر معنوياً في اليوم 20 من بداية التجربة بنسبة 28%، واستمر هذا الأثر حتى اليوم 26 بنسبة 24%، وفي اليوم 32 كانت الزيادة في المادة الجافة بحدود 12.5% لكنها لم تكن معنوية. بالمقابل لم يكن هنالك أثر إيجابي معنوي للمعاملة بالكالسيوم الإضافي عند التغذية بنترات الأمونيوم على الوزن الجاف للجذور إلا في الحصاد الأخير (32 يوم) وكانت الزيادة بحدود 18%. وكان لمعاملة التغذية الأزوتية المختلطة (نترات:أمونيوم) أثراً معنوياً في زيادة المادة الجافة في الجذور بحدود 38% مقارنة بالتغذية النتراتية وحدها بعد 14 يوم من التجربة، وتناقصت الزيادة تدريجياً لتصبح في اليوم 26 (17%)، و 4% فقط في اليوم 32 من عمر النبات. عند مقارنة أثر وجود الكالسيوم الإضافي مع التغذية النتراتية وحدها مع أثره بظروف التغذية بنترات الأمونيوم على الوزن الجاف للمجموع الجذري كان هنالك فرقاً معنوياً بين المعاملتين بعد اليوم 14 من التجربة بتفوق بحدود 32% للتغذية الأزوتية المختلطة مع الكالسيوم الإضافي، لكن هذا الأثر لم يظهر بصورة معنوية في الأزمنة اللاحقة.



الشكل (1): تأثير شكل التغذية الأزوتية والكالسيوم الإضافي في نمو المجموعتين الخضري والجذري لنباتات البندورة (الصنف Shanon) في بيئة مالحة (75 ميليمول من NaCl) خلال الزمن حتى بدء تشكل العنقود الزهري الأول. القيم على المنحنيات البيانية هي قيم LSD عند كل زمن.

يتضح بأن وجود الكالسيوم الإضافي في المحلول الغذائي مع التغذية النترتية كان له انعكاس إيجابي على نمو النبات وبشكل مشابه لأثر التغذية الأزوتية المختلطة، ويشير Flores وآخرون (2001) و Cant وآخرون (2007) بأن العديد من النباتات تظهر تحسناً في النمو عندما تتوفر ظروف التغذية الأزوتية بالشكلين النتراتي والأمونياكي معاً في ظروف الإجهاد الملحي، ومنها البندورة، حيث يلعب الكالسيوم دوراً إيجابياً من خلال رفع النسبة Ca^{+2}/Na^{+} والإقلال من الأثر السلبي لشاردة الصوديوم ويعزز مقاومة النبات للملوحة (Al-karaki, 2000). وبشكل مشابه أظهرت نتائج Favaro، وآخرون عام 2007 الدور الإيجابي الذي ساهم به الكالسيوم في تحسين إنتاج الكتلة الحيوية في نباتات الفاصولياء. بينما في دراسة أجراها Lewis وآخرون عام (1989) فقد أدى زيادة تركيز الكالسيوم من 2 إلى 12 mM بوجود ملوحة 60 mM إلى زيادة نمو نبات القمح بنسبة 11% عند التغذية النترتية، ولم يكن هذا الأثر واضحاً عند التغذية بالأمونيوم.

تأثير شكل التغذية الأزوتية والكالسيوم الإضافي في امتصاص العناصر الغذائية:

يبين الشكل (2) زيادة امتصاص الـ N في التغذية المختلطة (نترات/أمونيوم) مقدره بـ مغ N/نبات اعتباراً من اليوم 14 من التجربة، واستمرت هذه الزيادة في الأزمنة اللاحقة لتصبح معنوية بزيادة وقدرها 20% بعد 26 يوم من عمرالنبات، وهذا ما يمكن توقعه على اعتبار أن امتصاص أيون الأمونيوم يتطلب طاقة أقل مما يتطلبه امتصاص أيون النترات (Raun and Johnson, 1999). وقد يفسر هذا الأمر أيضاً بتيسر امتصاص الأزوت للنبات نتيجة لتواكب امتصاص كاتيون مع شاردة النترات (Marschner, 1995)، وهنا يواكب امتصاص شاردة الأمونيوم شاردة النترات مما يزيد في كمية الأزوت الممتصة من قبل النباتات بوجود التغذية المختلطة. لقد ساهم الكالسيوم الإضافي بوجود التغذية النترتية وحدها في زيادة الكمية الممتصة من الأزوت في اليوم 20 من عمر التجربة بنسبة 16%، ولكن هذه الزيادة بالرغم من استمراريتها تصبح غير معنوية في مراحل لاحقة من عمر النبات، وكذلك الأمر بالنسبة للكالسيوم الإضافي مع التغذية بنترات الأمونيوم فقد كان له تأثير إيجابي في كمية الأزوت الممتصة بعد 20 يوم من عمر النبات، لكن هذه الزيادة بدت أكثر وضوحاً في نهاية التجربة لتكون معنوية حيث بلغت الزيادة 16.3% مقارنة بالنباتات المعاملة بنترات الأمونيوم دون وجود الكالسيوم الإضافي، تفسر تلك النتائج لمساهمة الكالسيوم في تحسين امتصاص النترات بسبب حمايته لناقل النترات (Lewis et al., 1989). وقد أكدت دراسة Tuna وآخرون (2007) أن إضافة $CaSO_4$ بمعدل 2.5 mM و 5 mM إلى المحلول الغذائي لنباتات البندورة المعرضة للإجهاد الملحي قد ساهم في زيادة محتوى الأوراق من الأزوت. وللملوحة تأثير بصورة مباشرة وغير مباشرة في امتصاص وانتقال شوارد النترات والأمونيوم ضمن النبات (Ulrich, 2002).

كذلك كان لشكل التغذية الأزوتية أثراً واضحاً في كمية الفوسفور الممتصة من قبل النبات منذ اليوم 14 بحيث ارتفعت عند التغذية بنترات الأمونيوم وبشكل معنوي 30% مقارنة بالتغذية بالنترات وحدها، وبقي أثرها واضحاً حتى اليوم 26 لتعود وتتقارب كمية الفوسفور الممتصة في كلا المعاملتين. لم تختلف كمية الفوسفور الممتصة بالنسبة لنباتات التجربة في معاملي التغذية الأزوتية المختلطة بوجود وعدم وجود الكالسيوم الإضافي حتى اليوم 26 من التجربة حيث ظهر تأثير الكالسيوم الإضافي متوقفاً وبشكل معنوي مقارنة بالمعاملات الأخرى بحدود 25%، واستمر تفوقه حتى نهاية التجربة، في المقابل لم يظهر التأثير الواضح للكالسيوم الإضافي عند التغذية بالنترات فقط، حيث لوحظ ارتفاع في الكمية الممتصة من الفوسفور بشكل طفيف مع الكالسيوم الإضافي والأزوت النتراتي. يعتبر التأثير المتبادل بين الكالسيوم والفوسفات معقداً لأن هذه

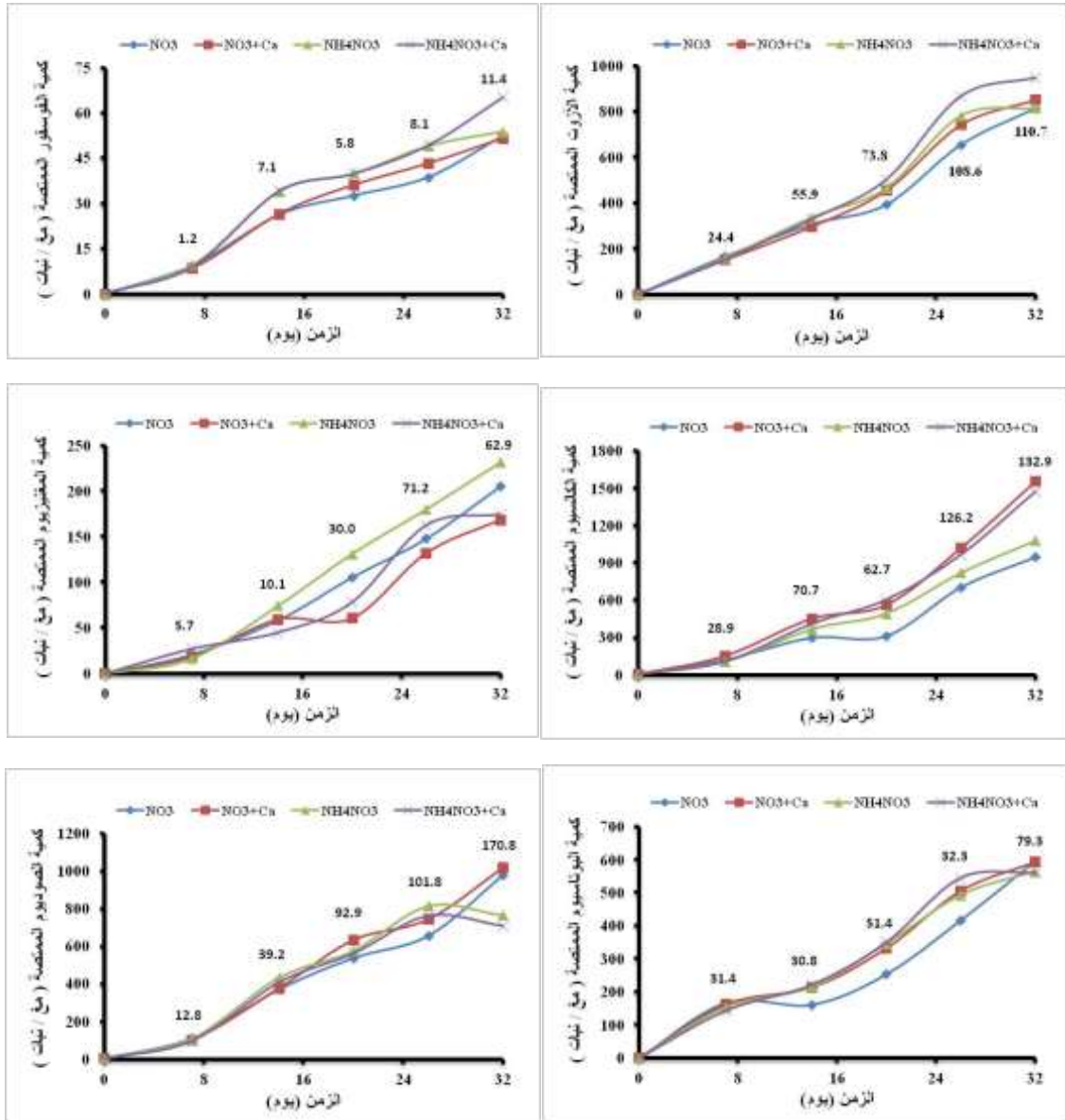
الأيونات قد تتأزر أو تتعارض مع بعضها البعض ويرجع هذا التأثير الداعم إلى الامتصاص والانتقال المتزامن للكالسيوم والفوسفات، والتأثير المعاكس لإمكانية تشكل فوسفات الكالسيوم الأقل قابلية للذوبان حول الجذور الفعالة (Jakobsen, 1993)، قد يساهم وجود الأمونيوم في المحلول الغذائي ببقاء درجة الـ pH حول الجذور مائلة للحموضة بسبب تحرر أيون H^+ (Mengel and Kirkby, 2001)، مما يقلل فرص ترسيب الفوسفور بوجود الكالسيوم الإضافي وبقائه متاحاً للامتصاص بشكل أفضل مقارنة بمعاملة التغذية النترية لوحدها. تشير معظم الدراسات إلى أن درجة الـ pH المثلى لامتصاص الفوسفور عند النباتات الراقية بين 5-6 (Ullrich-Eberius et al., 1984).

بدأ التأثير المعنوي للشكل الأزوتي على كمية الكالسيوم الممتصة بزيادة حوالي 59% بعد 20 يوم من التجربة عند تقديم الأمونيوم مع النترات في المحلول الغذائي، في حين كان هذا الفارق في اليوم 32 بحدود 14% لكنه بقي معنوياً. ازدادت الكمية الممتصة من الكالسيوم بشكل واضح عند تقديم الكالسيوم الإضافي مقارنة بالمعاملة التي لم يقدم فيها الكالسيوم الإضافي وذلك بعد 14 يوم من التجربة عند التغذية النترية بحدود 50% وترتفع تلك الزيادة في اليوم 32 إلى 62%، ولم يظهر فرق واضح في كمية الكالسيوم الممتصة عند تقديم الكالسيوم الإضافي مع النترات أو مع نترات الأمونيوم، وهذا أمر متوقع بحيث يزداد امتصاص الكالسيوم مع زيادة تراكيزه في المحلول، وتشير دراسة Lopez و Satti (1996) أنه عند إضافة الكالسيوم للمحلول الغذائي بوجود ملوحة كلوريد الصوديوم يرتفع تركيز كل من الكالسيوم والبوتاسيوم في جذور النبات، حتى لو أن الكاتيونات الأخرى مثل الصوديوم والأمونيوم تؤثر على امتصاص وتوزع الكالسيوم في النبات بشكل مباشر وغير مباشر لكن أثرها يكون أكبر عند التراكيز المنخفضة للكالسيوم (Wallace and Mueller, 1980).

لم يؤثر وجود شاردة الأمونيوم مع النترات كمصدر للأزوت بشكل معنوي في كمية المغنيزيوم الممتصة في النبات سوى في اليوم 14 من التجربة حيث ازدادت بحدود 27% مقارنة بالتغذية النترية وحدها، وتقلص فيما بعد هذا الفرق ليصبح غير معنوي في الأزمنة اللاحقة، وأثر الكالسيوم الإضافي على كمية المغنيزيوم الممتصة بعد 20 يوم من التجربة حيث انخفضت هذه الكمية بحدود 42% عند تقديمه مع التغذية النترية وحدها لتعود وتتقارب كميته في المعاملتين في الحصاد الأخير، وكان أثر الكالسيوم الإضافي مع التغذية بنترات الأمونيوم أكثر وضوحاً في خفض كمية المغنيزيوم الممتصة بمقدار 40% في الزمنين 14 و 20 يوم، وبالرغم من بقاء كميته أقل لدى النباتات المعاملة بالكالسيوم الإضافي لكن الفارق ليس معنوياً، وكذلك لم تظهر فروق معنوية بكمية المغنيزيوم الممتصة عند تقديم الكالسيوم الإضافي مع النترات ومع نترات الأمونيوم. إن ارتفاع تركيز الكالسيوم حول الجذور الفعالة يحد من امتصاص المغنيزيوم وينافسه على مواقع الإمتصاص (Grauer and horst, 1992)، وانخفض هذا الأثر بعد 20 يوم من التجربة.

كانت الكمية الممتصة من البوتاسيوم في النباتات ذات التغذية المختلطة بنترات الأمونيوم أعلى وبفرق معنوي حتى اليوم 26 مقارنة بالنباتات ذات التغذية النترية وحدها بمقدار 19%. ظهر في اليوم 14 من التجربة أثر واضح للكالسيوم الإضافي في الكمية الممتصة من البوتاسيوم في معاملة التغذية النترية متفوقة بشكل معنوي بحدود 33%، واستمر هذا التفوق حتى اليوم 26 من التجربة، في حين بدأ هذا الأثر أقل وضوحاً عند التغذية الأزوتية المختلطة مع وجود الكالسيوم الإضافي والذي كان بحدود 10% مقارنة بغياب الكالسيوم الإضافي في اليوم 26 من التجربة، لتعود وتتقارب قيم البوتاسيوم الممتص في اليوم 32 في جميع المعاملات، فالكالسيوم عامل هام في التنافس بين البوتاسيوم والصوديوم، ولزيادة الكالسيوم، دور في

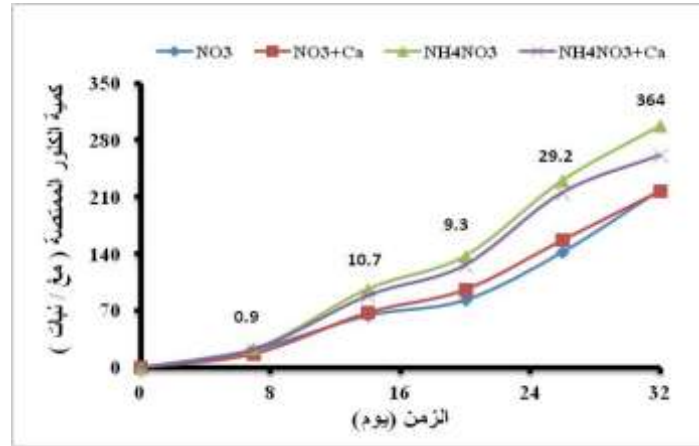
الحفاظ على معدل امتصاص وانتقال البوتاسيوم في النبات وفي رفع النسبة Na^+/K^+ (Parvin et al., 2016). وقد أشار Floyd وRains (1970) بأن وجود الكالسيوم في الأنسجة الخشبية قد زاد من قدرة النبات على امتصاص البوتاسيوم، وقد عزى ذلك إلى أثر الكالسيوم في العمليات الفسيولوجية المتعلقة بتطوير القدرة على امتصاصه من خلال التأثير على الآليات الفيزيائية والفسيولوجية المتعلقة بانتقاله ضمن النبات.



شكل 2: تأثير شكل التغذية الأزوتية والكالسيوم الإضافي في كمية العناصر الممتصة من قبل نباتات البندورة (الصفن Shanon) تنمو في بيئة مالحة (75 ميليمول من NaCl) خلال الزمن حتى تشكل العقنود الزهري الأول. القيم على المنحنيات البيانية هي قيم الـ LSD عند كل حصاد.

ظهر تأثير الكالسيوم الإضافي في الحد من كمية الصوديوم الممتصة بعد 7 أيام فقط من بداية التجربة لدى تقديمه مع التغذية الأزوتية المختلطة بخفض كميته الممتصة بحدود 11% مقارنة بالمعاملة بغياب الكالسيوم، لكن أثره غير معنوي، واستمر ذلك الإنخفاض في النسبة لتصبح 7% بعد 32 يوم من التجربة، ظهرت نتائج معاكسة عند التغذية النتراتية حيث

ارتفعت كمية الصوديوم الممتصة عند تطبيق الكالسيوم الإضافي لتصبح هذه الزيادة معنوية في اليوم 26 من التجربة بحدود 17% مقارنة بالتغذية النتراتية بغياب الكالسيوم الإضافي. يشير Apse وآخرون (1999) إلى أن الكالسيوم يعمل على تحفيز نشاط مجموعة من الأنظمة البروتينية في ظروف الإجهاد الملحي والتي تلعب دوراً في طرد الصوديوم خارج الخلية أو احتجازه في الفجوة الخلوية من أجل إعادة التوازن الأيوني داخل الخلية. على ما يبدو فإن الكالسيوم قل لعب دوراً في الحد من امتصاص الصوديوم إلى جانب دور الأمونيوم في معاملة التغذية النتراتية الأمونياكية، واقتصر دوره عند التغذية النتراتية وحدها على احتجاز الصوديوم الذي استمر بتدفقه إلى النبات في الفجوات الخلوية.



الشكل (3): تأثير شكل التغذية الأزوتية والكالسيوم الإضافي في كمية الكلور الممتص من قبل نباتات البندورة (الصنف Shanon) تنمو في بيئة مالحة (75 ميليول من NaCl) خلال الزمن حتى تشكل العنقود الزهري الأول. القيم على المنحنيات البيانية هي قيم الـ LSD عند كل حصاد.

بدا لتأثير الشكل الأزوتي المقدم لنباتات البندورة أثراً واضحاً في خفض كمية الكلور الممتصة بعد 14 يوم من بداية التجربة (الشكل 3) فكان الانخفاض معنوياً عند التغذية النتراتية بنسبة 30% مقارنة بالتغذية المختلطة، واستمر هذا الانخفاض بصورة معنوية حتى الحصاد الأخير (27%)، فهناك تنافس مباشر بين شاردة النترات وشاردة الكلور (Dewit et al., 1963)، وإن تحسين إمداد المحاصيل المعرضة للإجهاد الملحي بالأزوت النتراتي يقلل من محتوى الأوراق من الكلور ويزيد من محتواها من النترات (Abdolzadeh et al., 2008). لم يظهر اختلاف معنوي في كمية الكلور الممتصة عند وجود الكالسيوم الإضافي مقارنة بغيابه على اختلاف شكل التغذية الأزوتية المتبعة، بالرغم من أن كمية الكلور الممتصة من قبل نباتات معاملة التغذية المختلطة بوجود الكالسيوم الإضافي قد انخفضت بحدود 12% بالمقارنة بالمعاملة بدون كالسيوم إضافي بعد 32 يوم من بداية التجربة، إلا أن هذا الأثر لم يكن معنوياً.

تأثير شكل التغذية الأزوتية والكالسيوم الإضافي في المحلول الغذائي في معدلي امتصاص وتراكم العناصر الغذائية: تسمح حسابات معدلات التدفق (Inflow) ومعدلات تراكم العناصر الغذائية (Specific Accumulation Rates) في تحديد الفروقات الناتجة عن المعاملة المطبقة في حجوم النباتات والنظر إلى جوهر تأثير الشكل الأزوتي والكالسيوم الإضافي في كفاءة امتصاص الجذور أو انتقال العناصر الغذائية من الجذور إلى المجموع الخضري وتراكمها في الأنسجة الخضريّة، كلها محسوبة على أساس وحدة الطول من الجذور أو المادة الجافة بوحدة الزمن (جدول 1 و 2).

لم يؤثر الشكل الآزوتي بشكل معنوي في معدل امتصاص كل من الآزوت والفسفور والكالسيوم والمغنسيوم والبوتاسيوم في حين لعب دوراً في معدل امتصاص كل من الصوديوم والكلور (جدول 1)، كان لوجود شاردة الأمونيوم في المحلول الغذائي دوراً في خفض تدفق الصوديوم معنوياً بمعدل (0.15 مغ/م جذور/يوم) مقارنة بالتغذية النتراتية وحدها، وهذا ما بينته دراسة أجراها De-Souza-Miranda وآخرون (2016) على نباتات الذرة الرفيعة بأن تقديم الأمونيوم كمصدر للأزوت حد كثيراً من تدفق الصوديوم في ظروف الإجهاد الملحي.

أظهرت التغذية بالنترات وحدها دوراً واضحاً في خفض تدفق الكلور وبشكل معنوي مقارنة بالتغذية المختلطة نترات/أمونيوم فكان معدل تدفق الكلو (0.054 مغ/م جذور/يوم)، يمكن أن يعزى ذلك الإنخفاض لوجود منافسة مباشرة بين شارتي NO_3^- و Cl^- (Dewite *et al.*, 1963)، كما أشار Kafkafi وآخرون (2008) إلى إمكانية خفض امتصاص الكلور من خلال الاعتماد على التغذية الآزوتية النتراتية.

لم يكن للكالسيوم الإضافي ولا للتأثير المتبادل بين الشكل الآزوتي والكالسيوم الإضافي أثر يذكر على معدل تدفق العناصر الغذائية باستثناء الكالسيوم الذي ازداد معدل امتصاصه عند تقديمه في معاملي التغذية النتراتية والتغذية النتراتية الأمونيائية بمقدار 0.446 و 0.226 مغ/م جذور/يوم على التوالي، وكما يبدو فإن معدل امتصاصه كان أكبر عند التغذية النتراتية وحدها حيث قد تؤثر شاردة الأمونيوم في إلى جانب شوارد الصوديوم والبوتاسيوم على امتصاص الكالسيوم بالرغم من أن هذا الأثر يقل مع زيادة تركيز الكالسيوم في المحلول (Wallace and Mueller, 1980).

يتأثر تراكم الفوسفور في الأنسجة الخضرية للبدنورة تبعاً للشكل الآزوتي المضاف للمحلول الغذائي، حيث أظهرت النتائج أثر معنوي للتغذية الأمونيائية على تراكم الفوسفور في المجموع الخضري مقارنة بالتغذية النتراتية وحدها، فكان معدل تراكم الفوسفور 0.035 مغ/م مادة جافة/يوم، الأمر الذي يشير إلى أن معدل تراكم الفوسفور في معاملة التغذية النتراتية كان أكبر وغالباً ما يعود ذلك إلى أن مؤشرات النمو لهذه النباتات كانت بقم أقل منها في نباتات التغذية الآزوتية المختلطة، أي أن تلك النباتات كانت أكثر تأثراً بالإجهاد الملحي مسبباً ارتفاع في معدل تنفس الجذور وتحويله بآليات امتصاص وتنظيم تدفق العناصر الأخرى والذي يتطلب طاقة أكبر للجذور، وتلعب مركبات تخزين الطاقة ATP التي تحتوي على الفوسفور دوراً هاماً في إنتاجها (Marschner, 1995).

الجدول (1): تأثير التغذية الآزوتية (نترات أو نترات أمونيوم) والكالسيوم الإضافي في المحلول الغذائي في معدل امتصاص العناصر الغذائية (Inflow. I) من قبل الهجين SHANON خلال فترة تطبيق الإجهاد الملحي (75 ميليمول NaCl) في بيئة المحلول الغذائي (32 يوم).

معدل الامتصاص (مغ من العنصر / متر من الجذور/ يوم)							الكالسيوم	التغذية الآزوتية
Cl	Na	K	Mg	Ca	P	N		
0.151	0.677	0.382	0.136	0.633	0.034	0.526	-Ca	NO_3
0.154	0.722	0.389	0.115	1.079	0.034	0.563	+Ca	NO_3
0.205	0.527	0.360	0.154	0.723	0.035	0.525	-Ca	NH_4NO_3
0.172	0.464	0.340	0.110	0.949	0.041	0.587	+Ca	NH_4NO_3
0.036	0.159	0.069	0.051	0.137	0.007	0.084		LSD 0.05
$P \leq F$								
0.0129	0.0043	NS	NS	NS	NS	NS		تأثير الشكل اللازوتي (N)

NS	NS	NS	NS	0.0001	NS	NS	تأثير الكالسيوم (Ca)
NS	NS	NS	NS	0.0326	NS	NS	N X Ca

أثر الشكل الأزوتي في تراكم البوتاسيوم في المجموع الخضري حيث تفوقت نباتات التغذية النتراتية بشكل معنوي على النباتات النامية في ظروف التغذية النتراتية الأمونيائية بمقدار 0.185 مغ/غ مادة جافة/يوم، وقد يعزى ذلك للتشابه الكبير بين البوتاسيوم والأمونيوم من حيث الشحنة والحجم وطاقة الإماهة وهي خصائص هامة جداً من حيث انتقالهما عبر الأغشية (White, 1996)، وبالتالي فإن هذا الأمر يؤثر على امتصاص وتراكم البوتاسيوم (Szczerba et al., 2008).

أظهرت النباتات النامية في ظروف التغذية النتراتية وحدها معدلاً أكبر لتراكم للصبوديوم في مجموعها الخضري مقارنة بتلك النامية في وسط التغذية النتراتية الأمونيائية بفارق 0.425 مغ/غ مادة جافة/نبات، لذا كان لوجود شاردة الأمونيوم دوراً هاماً في تحسين التوازن بين الصوديوم والبوتاسيوم وذلك من خلال تقليل انتقال الصوديوم عبر الأوعية الخشبية (Marino and Moran, 2019)، ومن المعلوم أن نباتات البندورة النامية في ظروف ملوحة يمكنها أن تراكم الصوديوم ضمن جذورها بشكل رئيسي وذلك عند التغذية الأمونيائية كمصدر للأزوت (Horchani et al., 2010).

كذلك كان للشكل الأزوتي أثراً في معدل تراكم الكلور في المجموع الخضري للنبات حيث كان لوجود شاردة النترات وحدها في المحلول الغذائي أثراً في خفض معدل التراكم بمقدار 0.149 مغ/غ مادة جافة/يوم مقارنة بالتغذية المختلطة كمصدر للأزوت في المحلول.

جدول 2: تأثير التغذية الأزوتية (نترات أو نترات أمونيوم) والكالسيوم الإضافي في المحلول الغذائي في معدل تراكم العناصر الغذائية في المجموع الخضري (Specific Accumulation Rate. SACR) من قبل الهجين Shanon خلال فترة تطبيق الإجهاد الملحي (75 ميليومول NaCl) في بيئة المحلول الغذائي (32 يوم).

معدل التراكم (مغ من العنصر / غ مادة جافة/ يوم)							الكالسيوم	التغذية الأزوتية
Cl	Na	K	Mg	Ca	P	N		
0.578	2.318	1.578	0.529	2.519	0.118	2.022	-Ca	NO ₃
0.525	2.247	1.406	0.359	3.872	0.102	1.914	+Ca	NO ₃
0.727	1.893	1.394	0.556	2.806	0.128	1.847	-Ca	NH ₄ NO ₃
0.604	1.717	1.309	0.363	3.610	0.137	2.068	+Ca	NH ₄ NO ₃
0.07	0.37	0.18	0.18	0.47	0.030	0.37	LSD 0.05	
$P \leq F$								
0.0013	0.0045	0.0369	NS	NS	0.403	NS	تأثير الشكل الأزوتي (N)	
0.0048	NS	0.0497	0.0136	0.0002	NS	NS	تأثير الكالسيوم (Ca)	
NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	N X Ca	

أما بالنسبة للنباتات التي تلقت كالسيوم إضافي بوسط النمو لم تؤثر شكل التغذية الأزوتية، سواء كانت نتراتية أم نتراتية أمونيائية، على معدل تراكم كل من الأزوت والفوسفور والصوديوم في المجموع الخضري للنبات، في حين كان لوجوده أثراً واضحاً في تراكم الكالسيوم في المجموع الخضري، وكان هذا الأثر أكثر وضوحاً عند التغذية النتراتية بمعدل 1.353 مغ/غ مادة جافة/يوم، أما لدى المعاملة بنترات الأمونيوم فقد رفع وجود الكالسيوم الإضافي معدل التراكم بمقدار 0.804 مغ/غ مادة جافة/يوم حيث توضح النتائج أن معدل تراكم الكالسيوم قد ارتفع في ظروف التغذية النتراتية بوجود الكالسيوم الإضافي

بشكل أكبر منه عند تقديمه مع نترات الأمونيوم، وذلك يمكن أن يعود لدور الأمونيوم المثبط لامتصاص الكالسيوم (Fageria, 2009).

وبالرغم من عدم تأثير معدل امتصاص المغنيزيوم بوجود الكالسيوم الإضافي في المحلول الغذائي إلا أن معدل تراكمه في المجموع الخضري قد انخفض معنوياً عند التغذية بنترات الأمونيوم، يبدو أن لوجود شاردة الأمونيوم إلى جانب وفرة من شوارد الكالسيوم دوراً في الحد من انتقال المغنيزيوم من الجذور باتجاه المجموع الخضري مما قلل من تراكمه بمعدل 0.193 مغ/مغ مادة جافة/يوم مقارنة بغياب الكالسيوم الإضافي في المحلول، في حين كان أثر الكالسيوم الإضافي في خفض معدل تراكم المغنيزيوم أقل عند التغذية بالنترات وحدها.

كان لوجود الكالسيوم الإضافي أثراً أكبر في الحد من تراكم الكلور في المجموع الخضري وكان هذا الأثر معنوياً عند التغذية بنترات الأمونيوم بمعدل 0.123 مغ/مغ مادة جافة/يوم، حيث يلعب الكالسيوم دوراً هاماً في تنظيم نفاذية الأغشية الخلوية وانتقال الكلور ضمن النبات (Banuls *et al.*, 1991)، بدأ أثر الكالسيوم أقل وضوحاً لدى التغذية بالنترات لكن بالرغم من الدور الذي لعبه الكالسيوم عند التغذية بنترات الأمونيوم في التأثير على تراكم الكلور في الفروع الخضرية إلا أن معدل تراكمه بقي أعلى مقارنة بالتغذية بالنترات وحدها حيث كان معدل تدفق الكلور عند التغذية بالنترات وحدها أقل منه عند التغذية بنترات الأمونيوم.

الاستنتاجات:

- كان لمشاركة التغذية بالنترات مع الأمونياكية أثراً إيجابياً في تحسين نمو نباتات البندورة المعرضة للملوحة مقارنة بالتغذية بالنترات وحدها، وظهر تأثير الكالسيوم الإضافي في تخفيف أثر الملوحة السلبية على نمو البندورة عند التغذية بالنترات وحدها.

- حسن وجود شاردتي النترات والأمونيوم معاً من امتصاص العناصر الغذائية في غياب الكالسيوم الإضافي، في حين ظهر أثر الكالسيوم الإضافي على الامتصاص عند مشاركته مع التغذية بالنترات بصورة أكثر وضوحاً من مشاركته مع نترات الأمونيوم.

- خفضت التغذية بنترات الأمونيوم من تراكم الصوديوم في المجموع الخضري مقارنة بالنترات وحدها، بالمقابل انخفض معدل تراكم الكلور في الأوراق بوجود شاردة النترات وحدها، أما الكالسيوم الإضافي فقد قلل من تراكم الكلور بشكل أكبر بوجود NH_4NO_3 ، في حين لم يؤثر على معدل تراكم الصوديوم في الأوراق في كلا المعاملتين.

المراجع:

- Abdolzadeh A., K. Shima, H. Lambers, K. Chiba (2008). Change in uptake, transport and accumulation of ions in Nerium oleander (rosebay) as affected by different nitrogen sources and salinity. *Annals of Botany* 102: 735-746.
- Al-Karaki G.N. (2000). Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. *Mycorrhiza* 10:51-54.
- Alloush G.A. (2003). Responses of chickpea to low phosphorus: pH changes, nutrient uptake rates, and root morphological changes. *Agronomie: Agri. and Environ.* 23: 123-133.

- Apse, M. P., G.S. Aharon, W.A. Snedden, and E. Blumwald (1999). Salt tolerance conferred by overexpression of a vacuolar Na⁺/H⁺ antiporter in *Arabidopsis*. *Science* 285: 1256-1258
- Banuls, J., F. Legaz and E. Primo-Millo (1991). Salinity-calcium interactions on growth and ionic concentration of citrus plant. *Plant and Soil* 133: 39-46.
- Ben-Oliel G., S. Kant, M. Naim , H.D. Rabinowitch , G.R. Takeoka, R.G. Buttery, and U. Kafkafi (2004). Effects of ammonium to nitrate ratio and salinity on yield and fruit quality of large and small tomato fruit hybrids. *J. of Plant Nutr.* Vol. 27 (10): 1795-1812.
- Cant, S., P. Kant, H. Lips and S. Barak (2007). Partial substitution of NO₃⁻ by NH₄⁺ fertilization increases ammonium assimilating enzyme activities and reduces the deleterious effects of salinity on the growth of barely. *J. Plant Physiol.* 164: 303-311.
- Cuartero J. and R. Fernandez-Munoz (1999). Tomato and salinity. *Scientia Horticult.* 78: 83-125.
- Dewit, C. T., W. Dijkshoorn and J.C. Noggle (1963). *Ionic balance and growth of plants*, Centre For Agricultural Publications and Agricultural Documentation, P69.
- EL-Habbasha, S.F. and F.M. Ibrahim (2015). Calcium: physiological function, deficiency and absorption, *Int. J. Chem. Tech Res.* 8(12): 196-202.
- Fageria N.K. (2009). Calcium: The use of nutrients in crop plants. Boca Raton, FL: CRC Press; pp. 165-96
- Favaro, S. P., J.A. Braga Neto, W. Takahashi, E. Miglioranza and E.I. Ida (2007). Rates of calcium, yield and quality of snap bean. *Scientia Agricola* 64(6): 616-620.
- Flores, P., M. Carvajal, A. Cerda, and V. Martines (2001). Salinity and ammonium/nitrate interactions on tomato plant development, nutrition, and metabolites. *J. Plant Nutr.* 24: 1561-1573.
- Grauer, U.E. and W.J. Horst (1992). Modeling cation amelioration of aluminum phytotoxicity, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 166-172.
- Hadi, M. R. and N. Karimi (2012). The role of calcium in plants' salt tolerance, *J. Plant Nutr.* 35: 2037-2054.
- Hewitt E.J (1966). *Sand and Water Culture Methods Used in Study of Plant Nutrition*. Eastern Press, London, pp. 547.
- Horchani, F., O. R'bia, R. Hajri and S. Aschi-Smiti (2010). Does the Source of Nitrogen Affect the Response of Tomato Plants to Saline Stress? *Current Botany* 2(6): 8-14.
- Jakobsen, S T. 1993. Interaction between Plant Nutrients: IV. Interaction between Calcium and Phosphate, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil and Plant Sci.* 43(1): 6-10
- Kafkafi, U; N. Valoras, and J. Letey (1982). Chloride interaction with nitrate and phosphate nutrition in tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) *J. Plant Nutr.* 5(12): 1385-1369.
- Leidi, E. O. and J.F. Saiz (1997). Is salinity tolerance related to Na⁺ accumulation in Upland cotton (*Gossypium hirsutum*) seedlings? *Plant and Soil* 190: 67-75.
- Lewis O.A.M., E.O. Leidi and S.H. Lips (1989). Effect of N source on growth response to salinity stress in maize and wheat. *New Phyto.* 111: 155-160.
- Lopez, M.V. and S.M.E. Satti (1996). Calcium and potassium-enhanced growth and yield of tomato under sodium chloride stress. *Plant Sci.* 114(1): 19-27.

- De-Souza-Miranda, R. D., E. Gomes-Filho, J.T. Prisco and J. Alvarez-Pizarro (2016). Ammonium improves tolerance to salinity stress in *Sorghum bicolor* plants. *Plant Growth Regulation* 78:121-131.
- Marino, M. and J.F. Moran (2019). Can ammonium stress be positive for plant performance front. *Plant Sci.*10: art 1103.
- 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. pp. 889
- Mengel, K. and E.A. Kirkby (2001). *Principles of plant nutrition*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Palikiva, F. (1988). Short ways of analysis fruit and vegetables. Moscow, Kolos. 60 pp. In Russian.
- Parvin, K.,K.U. Ahamed, M.N. Islam and M.N. Haque (2016). Modulation of ion uptake in tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) plants with exogenous application of calcium under salt stress condition. *Poljoprivreda* 22 (2): 40-49.
- Rains, D. W. and R.A. Floyd (1970). Influence of calcium on sodium and potassium absorption by Fresh and aged bean stem slices. *Plant Physiol.* 46(1): 93-98.
- Raun, W.R. and G. Jhonson (1999). Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agron. J.* 91 (5): 357-363.
- Ryan, J., G. Estefan and A. Rashid (2001). *Soil and plant analysis: Laboratory Manual*. ICARDA, NARC, 172 pp.
- Subbarao G.V. and C. Johansen (1994). Strategies and scope for improving salinity tolerance in crop plants. In: *Handbook of Plant Crop Stress*. Ed. M Pessaraki. pp 559-579. USA.
- Szczerba, M.W., D.T. Britto, K. Balkos, and H.J. Kronzucker (2008). Alleviation of rapid, futile ammonium cycling at the plasma membrane by potassium reveals K⁺-sensitive and -insensitive components of NH₄⁺ transport. *J. Exper. Botany* 59:303-313.
- Tuna, A. L., C. Kaya, M. Ashraf, H. Altunlu, I. Yokas and B. Yagmur (2007). The effects of calcium sulphate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress. *Enviro. Exper. Botany* 59: 173-178.
- Ullrich, W R, 2002. A. Läuchli, and U. Lüttge (eds.), *Salinity: Environment - Plants - Molecules*, chapter 11: 229-248.
- Ullrich-Eberius, C., A. Novacky and A. Van Bel (1984). Phosphate uptake in *Lemna gibba* G1: energetics and kinetics. *Planta* 161:46-52.
- Wallace, A. and R.T Mueller (1980). Calcium uptake and distribution in plants. *J. of Plant Nutr.* 2: 247-256.
- White P.J. (1996). The permeation of ammonium through a voltage-independent K⁺ channel in the plasma membrane of rye roots. *J. of Membrane Biology* 152:89-99.
- Williams, R.F. (1946). The physiology of plant growth with special reference to the concept of net assimilation rate. *Ann. Bot.* 10: 41-72.
- Yokoi S., R.A. Bressan and P.M. Hasegwa (2002). Salt stress tolerance of plants. JIRCAS Working Report, pp. 25–33.

Role of Calcium and Nitrate/Ammonium nutrition on Tomato Tolerance to NaCl Salinity in Hydroponic Culture

Ali Ahmad Yousef ⁽¹⁾, Ghiath Alloush ^{*(2)}, and Ahmad Jaloul ⁽¹⁾

(1) Horticulture Department, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria

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

(*Corresponding author: Ghiath. Alloush, E-Mail: galloush@scs-net.org).

Received: 24/03/2021

Accepted: 10/06/2021

Abstract

This study investigates the role of calcium and ammonium ions in the tolerance of tomato (variety Shanon) to salinity induced by NaCl salt in a Hydroponics experiment. The study included four treatments, all with a salt concentration of NaCl (75 mM). Two treatments grown with nitrate and two treatments were grown with ammonium nitrate (50:50), with or without a supplemental concentration of calcium of 25 mM. Growth and nutrient uptakes (N, P, K, Ca, Mg, Na, and Cl) were followed over 6 harvests between 0 and 32 days, both in shoots and roots. The experiment then continued up to fruiting. Fruits were counted, sized, and analyzed for vitamin C, acidity, and soluble solid substances. The positive effect of calcium supplement increased vegetative growth in the case of nitrate feeding only. In the case of a mixed feeding with NO₃/NH₄, it, despite the improvement in growth, was less significant. The supplemental calcium improved nitrogen, phosphorous, calcium and potassium uptake in the treatment of both forms of nitrogen supply while reducing magnesium and chlorine uptake. NH₄NO₃ increased the uptake of all nutrients compared to nitrates alone in the absence of additional calcium. Calcium increased the number of fruits, weight, diameter, and size in the case of nitrate feeding alone. In the case of the NH₄NO₃ nutrition, the increase was not significant in weight and the number of fruits. The supplemental calcium, except for the number of fruits per bunch, had no significant effect on any of these parameters in the treatment of NH₄NO₃. The supplemental calcium in the case of nitrate feeding only led to a significant increase in vitamin C and in the percentage of acidity. There were no significant effects of NH₄NO₃ feeding in any of the specific fruit characteristics compared to nitrate nutrition alone.

Keywords: Tomato, hydroponic culture, NaCl, Salinity, N form (NO₃/NH₄)