تأثير المعاملة بنتروبروسيد الصوديوم في إنبات بذور البصل العادي ونمو البادرات تحت الظروف العادية وظروف الإجهاد الملحي

الدكتورة: ثناء دبو

مدرسة في كلية الزراعة – جامعة البعث

الملخص:

يلعب أوكسيد النتريك (NO) دوراً في تنظيم إنبات بذور العديد من الأنواع النباتية تحت الظروف العادية وظروف الإجهاد الملحي، لذلك قمنا في هذا البحث بنقع بعض بذور البصل الأحمر المحلي بتراكيز مختلفة من مانح أوكسيد النتريك نتروبروسيد الصوديوم (SNP) (50، 100، 150، 200، 300، 400، 500، 600 µM)، وترك بذور جافة بدون نقع (شاهد أول) ونقع بذور أخرى بالماء العادي (شاهد ثان)، ثم زراعتها في محاليل مختلفة التراكيز من كلوريد الصوديوم (50، 100، 150 mM) بالإضافة إلى الماء العادي كشاهد، لتحديد تأثير المعاملة بـ SNP في مؤشرات إنبات البذور (نسبة الإنبات، تجانس الإنبات، سرعة الإنبات) وصفات نمو البادرة (طول النمو الخضري، طول الجذر، الوزن الرطب للبادرة). استخدم التصميم العشوائي الكامل لتجربة عاملية وخضعت النتائج لتحليل التباين. بينت النتائج أنه لم يكن لمعاملة البذور بـSNP تأثير معنوي في مؤشرات الإنبات وكذلك في صفات نمو البادرة في وسط النمو الذي يحوي الماء العادي. أدت الملوحة بشكل عام إلى انخفاض معنوي في نسبة الإنبات وطول الجذر في التركيزين (100 و150 mM) وانخفاض معنوي في طول النمو الخضري والوزن الرطب للبادرة في جميع التراكيز. لم يلاحظ فروق معنوية بين استجابة البذور المعاملة بتراكيز SNP المختلفة للإجهاد الملحي واستجابة بذور الشاهدين ضمن التركيز

الملحي الواحد، باستثناء حالة التركيز الملحي 100 mM حيث أدت المعاملة بتراكيز SNP (150، 400، 500 µM) إلى فروق معنوية في صفات نمو البادرة. تشير هذه النتائج إلى احتمال عدم وجود دور لأوكسيد النتريك في إنبات بذور البصل الأحمر المحلي ونمو البادرات تحت الظروف العادية أو في مقاومة الإجهاد الملحي، وذلك على الأقل ضمن تراكيز SNP المستخدمة في هذه الدراسة.

الكلمات المفتاحية: SNP، NaCL، أوكسيد النتريك، البصل الأحمر، مقاومة الملوحة.

Effect of Treatment with Sodium Nitroprusside on Onion Seeds Germination and Seedling Growth Under Normal and Salinity Conditions

Dr. Thanaa Doubbo

Teacher/ Faculty of Agriculture/ Al-Baath University

Abstract:

Nitric oxide (NO) plays a role in regulating seed germination of many plant species under normal and salt stress conditions. Therefore, in this research we soaked some seeds of local red onions in different concentrations of the nitric oxide donor sodium nitroprusside (SNP) (50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600 μM), and left seeds dry without soaking (first control) and soaked other seeds in tap water (second control), then cultivated the seeds in solutions of different concentrations of NaCl (50, 100, 150 mM) in addition to tap water as a control, to determine the effect of treatment with SNP on the indicators of seed germination (germination percentage, germination homogeneity, germination speed) and seedling growth characteristics (length of vegetative growth, root length, seedling wet weight). A complete randomized design was used for a factorial experiment and the results were subjected to analysis of variance. The results showed that treating seeds with SNP had no significant effect on germination indices as well as on seedling growth characteristics in the growth medium containing tap water. Salinity, in general, led to a significant decrease in germination percentage and root length in the two concentrations (100 and 150 mM) and a significant decrease in vegetative growth length and seedling wet weight at all concentrations. No significant differences were observed between

the response of seeds treated with different concentrations of SNP and the response of the two controls within the same saline concentration, with the exception of the case of saline concentration of 100 mM, where treatment with SNP concentrations (150, 400, 500 μM) led to significant differences in the seedling growth characteristics. These results indicate that there may be no role for nitric oxide in the germination of local red onion seeds and seedling growth under normal conditions or in the resistance to salt stress, at least within the SNP concentrations used in this study.

Key words: SNP, NaCL, nitric oxide, red onion, salt resistance.

المقدمة:

يعد البصل العادي .*Allium cepa* L من محاصيل الخضار المهمة في العالم حيث يستعمل على مدار العام وذلك لقيمته الغذائية والطبية. تفيد إحصائيات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي لعام 2018 بأن المساحة المزروعة في سورية بالبصل الأحمر الجاف بلغت 5278 هكتاراً أنتجت 73922 طناً، أما المساحة المزروعة بالبصل الأخضر فقد بلغت 2821 هكتاراً أنتجت 36544 طناً [3].

إن بذور البصل العادي بطيئة الإنبات [9]، هذا وتختلف أصنافه في نسبة إنبات بذورها تحت الظروف العادية، وفي مدى تحملها لمستويات مختلفة من الملوحة خاصة في التراكيز المرتفعة [14]. أجريت العديد من الأبحاث حول تأثير بعض أنواع معاملات البذور قبل زراعتها في تحسين مؤشرات إنبات بذور البصل العادي وخصائص نمو البادرات، سواء تحت الظروف العادية أو تحت ظروف الإجهاد الملحي، وذلك لخفض تكلفة الإنتاج وزيادة المحصول وتحسين نوعيته.

بين [9] أن معاملة بذور صنف البصل العادي Texas Grano قبل زراعتها بـ 100 مغ/ل من حمض السكسنيك أو بمحلول مغذ (مخصب بيولوجي)، أو معاملتها بالماء العادي، ولمدة 24 ساعة، وبحيث كانت أوساط المعاملة مهواة أو غير مهواة، يحسن الإنبات وقوة البذور معنوياً مقارنة مع الشاهد (بذور جافة)، مع تفوق المعاملات معنوياً في الأوساط المهواة على الأوساط غير المهواة. وجد [40] أن وضع بذور صنف البصل العادي "Red Beheri" المخزنة لمدة عام أو عامين بوسط رطب وبارد (5± 1 م°)، ولفترة (5 أو 10 أو 15 يوماً) أدى إلى تحسين معنوي في نسبة الإنبات، وطول البادرة، والوزن الرطب والجاف للبادرات، مع كون فترة المعاملة 15 يوماً هي الأكثر فعالية. يمكن بتغليف بذور البصل العادي صنف 5[(On) CO] بـ 1000مغ/كغ من الجسيمات النانوية لأوكسيد الزنك (ZnO) أو الفضة Ag أو أوكسيد النحاس CuO أو ثاني أوكسيد التيتانيوم TiO2، تحسين نوعيتها بعد 6 أشهر من التخزين، بزيادة نسبة

الإنبات وطول جذر البادرات ونموها الخضري ودليل قوة البذور وخاصة عند استخدام الجزيئات النانوية لـ ZnO [2].

صنفت بعض الدراسات البصل العادي على أنه حساس للملوحة عند عتبة ناقلية كهربائية (EC) تصل لـ 1.2 $dS.m^{-1}$ [21، 26].

وجد [21] أن زيادة تركيز ملح NaCl من 42.78 mM وحتى 171.11 أثرت بشكل عكسي في قابلية إنبات بذور عدة أصناف من البصل العادي ونمو بادراتها، وأن الصنف B-780 الذي أبدى تحملاً مرتفعاً للملوحة ازداد فيه محتوى البرولين خمسة أضعاف استجابة لمستوى الملوحة 1.0%. كما لاحظ [37] أن زيادة تركيز NaCl من 50 وحتى 200 mM أدت إلى انخفاض معنوي في نسبة الإنبات وسرعة الإنبات مع زيادة مستوى الملوحة كما انخفض طول النمو الخضري للبادرة وطول الجذر وكذلك قوة البذور، وحدد الصنف Agrifound white أنه أكثر تحملاً للإجهاد الملحي من الصنف LINE-28 الذي كان حساساً له. وجد [10] وبشكل مشابه أن قابلية إنبات بذور بعض أصناف البصل وقوة بادراتها، وطول نموها الخضري والجذري وتراكم المادة الجافة فيها انخفض بالتوازي مع ارتفاع التركيز الملحي من 40 حتى 160 mM بينما ازداد نشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة (Superoxide dismutase، ascorbate peroxidase، Catalase)، وأشار إلى أن الصنفين Fepagro 27 وPetroline كانا أكثر تحملاً للملوحة من الصنف Madrugada.

إن معاملة بذور البصل بالفطر *Trichoderma harzianum* السلالة T22 Rifai KRL-AG2 يقلل تأثير الملوحة في خفض نسبة الإنبات والوزن الرطب للبادرات [15]. كما أن معاملة بذور البصل العادي بمحلول ملح NaCl (ناقليته 18 $dS\ m^{-1}$) لمدة 3 أيام بدرجة حرارة 15 م° له أثر إيجابي في زيادة نسبة الإنبات وخفض متوسط الزمن اللازم لإنبات البذور، وذلك عند الري بمحاليل ملحية مختلفة التراكيز مقارنة بالبذور غير المعاملة [36].

بينت العديد من الأبحاث أن معاملة بذور أنواع نباتية مختلفة ببعض المواد الكيميائية قبل الزراعة في وسط ملحي يحسن إنباتها، ويزيد من تحمل البادرات للإجهاد الملحي، من بين هذه المواد أوكسيد النتريك NO. وقد حظي دور NO في إنبات بذور العديد من الأنواع النباتية [30، 31] وفي تحمل الملوحة [11] اهتماماً كبيراً من قبل الباحثين. تستخدم العديد من التجارب التي تبحث في تأثير ومساهمة NO في تطور النبات وتحمل الإجهادات المختلفة مواداً دوائية ومن بين المركبات الدوائية الشائعة الاستعمال كمعط لـ NO مركب نتروبروسيد الصوديوم (SNP) [19].

أشارت العديد من الأبحاث إلى أن أوكسيد النتريك يؤدي دوراً محفزاً في التراكيز المنخفضة ويحث الإجهاد في التراكيز المرتفعة. بين [18] أن نقع بذور صنف البندورة K-21 في تراكيز مختلفة من نتروبروسيد الصوديوم لمدة 8 ساعات أثر معنوياً في إنبات البذور ونشاط أنزيم النترات ريدوكتاز والأنزيمات المضادة للأكسدة ونمو البادرات وذلك حسب التركيز المستخدم. فأفضل النتائج كانت في التراكيز التي تراوحت بين 10^{-8} – 10^{-4} M خاصة في التركيز 10^{-5} M. في حين أظهر التركيز 1 M تأثيراً مثبطاً رافقه زيادة محتوى البرولين لأعلى قيمة مقارنة مع الشاهد. وجد [16] أن معاملة بذور البندورة بـ 10^{-5} M من نتروبروسيد الصوديوم بعد نقعها في تراكيز مختلفة لمحلول NaCl (50، 100، 150 mM) أدى إلى تحمل النباتات للإجهاد الملحي ورافق ذلك ازدياد نشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة (بيروكسيداز، كاتلاز، سوبر أوكسيد دسميوتاز) ومحتوى البرولين في هذه النباتات. كما أبدت النباتات الناتجة عن هذه المعاملة أيضاً زيادة في محتوى الماء النسبي، والعوامل المساهمة في التمثيل الضوئي، ومؤشرات النمو [17]. إن معاملة بذور الفليفلة الجرسية بتراكيز تتراوح بين 0.2- 0.8 mM من نتروبروسيد الصوديوم يحفز إنباتها حتى في وجود الإجهاد الملحي الذي يؤدي إلى انخفاض نسبة إنبات البذور غير المعاملة ومعدل الإنبات [28]. وجد [23] أن نتروبروسيد الصوديوم يشجع إنبات بذور صنف الترمس الأصفر (Ventus) بتراكيز تتراوح بين 0.1 و 800 µM ويتوقف مدى ذلك على التركيز، كما أن تشجيع الإنبات

يكون أكثر وضوحاً بعد 18 و 24 ساعة من التشرب لكنه يتوقف بعد 48 ساعة. كما وجد أن تأثير NO المشجع على إنبات البذور يستمر حتى في وجود ملح كلوريد الصوديوم. عند نقع بذور صنف القمح الشتوي (Huaimai 17) بـ 0.1 mM من نتروبروسيد الصوديوم لمدة 20 ساعة ثم زراعتها بوجود 300 mM من NaCl تحدث زيادة في معدل إنبات البذور ووزن الكوليوبتيل والجذر ومعدل تنفس البذور واصطناع الـ ATP، وكذلك يحدث نقص في تركيز Na^+ وازدياد تركيز K^+ في البذور [44]. وجد [13] أنه يمكن تحسين قدرة إنبات بذور الأرز معنوياً تحت الإجهاد الملحي بنقعها قبل الزراعة بتراكيز منخفضة من SNP وخاصة التركيزين 0.1 و0.2 mM، ولمدة 16 ساعة، في حين تؤدي معاملة البذور بالتركيزين الأعلى (0.4 و0.5 mM) إلى تأثيرات مثبطة في إنبات البذور والنمو الأولي للبادرات. كما بين [22] أن معاملة بذور الذرة الصفراء بـ SNP خفف جزئياً الآثار السلبية للملوحة.

ربما يعود ارتفاع نسبة إنبات بذور بعض الأنواع النباتية عند معاملتها ببعض تراكيز SNP قبل زراعتها [18، 23] إلى تنشيط القنوات المائية عند إنبات البذور [25] وزيادة نشاط أنزيمات الأميلاز ومستويات السكريات الذائبة في البذور حيث يستفاد من هذه السكريات الجاهزة في الحصول على الطاقة واستقلاب الكربون والذي يحدث خلال تشرب البذور للماء مما يرفع معدل الإنبات[1]. يشكل NO أحد مكونات المسار المؤدي لكسر السكون، وربما يقلل NO من حساسية البذور لـ ABA [5، 6، 7]. إن زيادة محتوى NO الناتجة عن زيادة إنتاجه داخلياً أو دخوله لداخل الخلية من مصدر خارجي مثل SNP ضرورية لتعزيز تحمل الإجهادات [29]. وقد سجل [44] زيادة محتوى NO في بذور القمح المعاملة بـ SNP تحت تأثير الإجهاد الملحي. إن طفرة الأرابيدوبسيس Atnoa1 والتي انخفض فيها محتوى NO بسبب خلل في نشاط أنزيم اصطناع الـ NO وهو NO synthase (NOS)، كانت أكثر حساسية للإجهاد الناتج عن NaCl من الطراز البري [12، 43] كما أن انخفاض محتوى الـ NO الداخلي في جذور نبات الأرابيدوبسيس استجابة للملوحة ربما ينتج عن تثبيط نشاط الأنزيم NOS [43].

على الرغم من تعدد الدراسات التي نشرت حول تأثير نتروبروسيد الصوديوم في إنبات بذور بعض محاصيل الخضار (كالبندورة والفليفلة) والمحاصيل الحقلية (كالقمح والأرز والذرة) تحت الظروف العادية وتحت تأثير إجهادات لاحيوية مختلفة ومنها الملوحة، إلا أن دوره في إنبات بذور البصل تحت الظروف العادية وظروف الإجهاد الملحي –على حد علمنا– لم يتم تناوله بعد.

هدف البحث:

لأن بذور البصل العادي بطيئة الإنبات، وبسبب زيادة نسبة الأملاح في التربة ومياه الري نتيجة لعوامل طبيعية أو ممارسات بشرية، منها زيادة استخدام الأسمدة المعدنية أو الري بمياه مالحة، فقد أجري هذا البحث بهدف تقييم قدرة بذور البصل العادي (الطراز الأحمر المحلي) على الإنبات تحت الظروف العادية وظروف الإجهاد الملحي، وتحديد ما إذا كانت معاملة بذور البصل العادي بنتروبروسيد الصوديوم (مولد أوكسيد النتريك) يمكنها أن تحسن قدرته على الإنبات ونمو بادراته تحت الظروف العادية وظروف الإجهاد الملحي. بمعنى آخر تحديد دور أوكسيد النتريك في إنبات بذور البصل العادي ونمو البادرات تحت الظروف العادية وظروف الإجهاد الملحي.

مواد البحث وطرائقه:

مكان تنفيذ البحث:

نفذ البحث في مخبر فيزيولوجيا النبات–كلية الزراعة–جامعة البعث.

المادة النباتية:

استخدم في البحث بذور طراز البصل الأحمر المحلي وهذه حصلنا عليها من السوق المحلية في مدينة حمص.

معاملات البذور وظروف النمو:

بعد تنقية البذور واستبعاد المجعدة والمكسورة منها، نقعت بعض البذور الممتلئة والمتقاربة بالحجم لمدة 10 ساعات في تراكيز مختلفة لمحلول نتروبروسيد الصوديوم SNP (0، 50، 100، 150، 200، 300، 400، 500، 600 µM) وبدرجة حرارة 21± 1 °م، كما تركت بعض البذور جافة من غير معاملة لتستخدم كشاهد أول والبذور التي نقعت بالتركيز 0 أي الماء العادي كشاهد ثان. بعد انتهاء مدة المعاملة غسلت البذور عدة مرات بالماء العادي لإزالة أثر المحلول، وتركت في درجة حرارة الغرفة حتى تجف رطوبة سطحها الخارجي.

زرعت البذور الجافة والمعاملة في أطباق بتري على ورقة ترشيح رطبت بأحد محاليل ملح كلوريد الصوديوم NaCl استخدم الماء العادي في تحضيرها بالتراكيز (0، 50، 100، 150 mM) بثلاثة مكررات للمعاملة الواحدة وبمعدل 20 بذرة في المكرر الواحد. تركت الأطباق في الظلام وبدرجة حرارة الغرفة. عدت البذور النابتة يومياً، حيث اعتبرت البذرة نابتة عند بروز الجذير، ونقلت البذور النابتة يومياً إلى أصص تحوي تورب ورويت إما بالماء العادي أو بالمحلول الملحي المناسب. اعتبر اليوم الذي لم يسجل فيه إنبات اليوم الأخير للتجربة، وبذلك استمرت التجربة اثنا عشر يوماً وفي نهايتها أخذت القراءات المطلوبة.

القراءات والقياسات:

أ- مؤشرات الإنبات:

حسبت مؤشرات الإنبات في نهاية التجربة كما يلي [20]:

- نسبة الإنبات = عدد البذور النابتة حتى يوم العد الأخير / العدد الكلي للبذور X 100

– سرعة الإنبات (يوم/بذرة) = جمع جداء عدد البذور النابتة كل يوم برقم اليوم الذي ظهرت فيه البذور منذ بداية الإنبات / نسبة الإنبات.

– تجانس الإنبات (بذرة/يوم) = نسبة الإنبات / عدد الأيام التي ظهرت فيها البذور خلال فترة الإنبات (نسبة الإنبات / عدد أيام الإنبات الفعلي).

ب– صفات نمو البادرة:

تضمنت الصفات المدروسة دراسة الوزن الرطب للبادرة، دراسة طول المجموع الخضري، دراسة طول المجموع الجذري. لقياس مؤشرات نمو البادرة نزعت البادرات في اليوم الأخير للتجربة من التورب بحرص، وأزيل المتبقي منه عن الجذور، ثم أخذت صور للبادرات، كما وزنت لتحديد الوزن الرطب (مغ). استخدم البرنامج ImageJ – المتاح مجاناً على الموقع (http://rsbweb.nih.gov/ij/) – لقياس طول النمو الخضري وطول جذر البادرة.

تصميم التجربة والتحليل الإحصائي:

حللت بيانات الصفات المدروسة إحصائياً باستخدام تحليل التباين ANOVA للتصميم العشوائي الكامل لتجربة عاملية 10 X 4 (10 تراكيز SNP و4 تراكيز NaCl) وبثلاثة مكررات. وقورنت الاختلافات بين المتوسطات باستخدام اختبار Duncan عند مستوى معنوية ($p<0.01$)، وذلك باستخدام برنامج التحليل الإحصائي GenStat 12.

النتائج والمناقشة:

أولاً- تأثير المعاملة بنتروبروسيد الصوديوم على مؤشرات إنبات بذور طراز البصل الأحمر المحلي ضمن وسط يحوي الماء العادي أو مستويات مختلفة من الملوحة:

أ- نسبة إنبات البذور:

كما هو واضح من النتائج في الجدول (1) بلغت نسبة إنبات الشاهد الأول (البذور الجافة) في وسط الإنبات الماء العادي 80%، في حين بلغت نسبة إنبات الشاهد الثاني 71.67% فقط من دون أن يكون هذا الفرق معنوياً. أدت المعاملة بـ SNP إلى زيادة نسبة إنبات البذور في معظم التراكيز حتى 500 µM، وانخفاضها في التركيز الأعلى 600 µM بالمقارنة مع الشاهد الثاني إلا أن تلك الفروق لم تكن معنوية وهذا يتوافق مع [32]. عندما احتوى وسط الإنبات على ملح NaCl لوحظ انخفاض نسبة الإنبات مع زيادة التركيز الملحي. لم يكن الانخفاض معنوياً في نسبة إنبات بذور الشاهدين والبذور المعاملة بتراكيز SNP المختلفة في التركيز الملحي 50 mM بالمقارنة مع البذور النابتة في وسط الشاهد (الماء العادي)، باستثناء البذور المعاملة بالتركيزين 100 و150 µM من SNP والتي انخفضت نسبة إنباتها من (71.67 و81.67%) في الشاهد إلى (43.33 و48.33%) في التركيز 50 mM على التوالي، ربما زادت المعاملة بهذين التركيزين من حساسية البذور للتركيز الملحي المنخفض بحيث كان الانخفاض عنده معنوياً. بالمقابل كان الانخفاض معنوياً في نسبة إنبات بذور الشاهدين والبذور المعاملة بتراكيز SNP المختلفة في التركيز 100 mM (43.33، 31.67، 31.67، 30، 28.33، 20، 30، 30، 20، 30%) وفي التركيز 150 mM (20، 21.67، 21.67، 18.33، 23.33، 11.67، 23.33، 21.67، 15، 13.33%) بالمقارنة مع البذور النابتة في وسط الشاهد (الماء العادي) (80، 71.67، 76.67، 71.67، 81.67، 75، 81.67، 73.33، 78.33، 66.67%) على التوالي. أما بالنسبة

لاستجابة البذور الجافة غير المعاملة أو المعاملة بالماء فقط أو بتراكيز SNP المختلفة ضمن التركيز الملحي الواحد فلم يكن هنالك فروق معنوية فيما بينها. تتوافق نتائجنا مع [32] الذي وجد أن معاملة بذور الحبق *Ocimum basilicum* بـ (0.1، 0.2 mM) من SNP لم تتمكن من تحسين نسبة إنبات البذور بتركيزي NaCl (100، 200 mM).

الجدول (1): تأثير المعاملة بنتروبروسيد الصوديوم في نسبة إنبات بذور طراز البصل الأحمر المحلي ضمن وسط يحوي الماء العادي أو مستويات مختلفة من الملوحة.

نسبة الإنبات (%)				
150	100	50	0	NaCl (mM) / SNP (µM)
20^{kl}	$43.33^{efghijk}$	63.33^{abcdef}	80^{ab}	بذور جافة (شاهد1)
21.67^{jkl}	31.67^{ijkl}	60^{abcdef}	71.67^{abcd}	0 (شاهد2)
21.67^{jkl}	31.67^{gijkl}	$58.33^{abcdefg}$	76.67^{ab}	50
18.33^{kl}	30^{ijkl}	$43.33^{efghijk}$	71.67^{abcd}	100
23.33^{jkl}	28.33^{ijkl}	$48.33^{cdefghij}$	81.67^{a}	150
11.67^{l}	20^{kl}	$48.33^{cdefghij}$	75^{abc}	200
23.33^{jkl}	30^{ijkl}	$58.33^{abcdefgh}$	81.67^{a}	300
21.67^{jkl}	30^{ijkl}	70^{abcde}	73.33^{abc}	400
15^{l}	20^{kl}	$53.33^{bcdefghi}$	78.33^{ab}	500
13.33^{l}	30^{ijkl}	$45^{defghijk}$	66.67^{abcde}	600

$L.S.D_{0.01}$ لتراكيز NaCl = 6.6، $L.S.D_{0.01}$ لتراكيز SNP = 11.432، $L.S.D_{0.01}$ للتفاعل = 22.864. CV% = 24. تدل الأحرف المتشابهة على عدم وجود فروق معنوية ($p< 0.01$).

ب- تجانس إنبات البذور:

وفيما يتعلق بتأثير المعاملة في تجانس إنبات البذور يبين الجدول (2) أنه في حالة كان وسط الإنبات الماء العادي بلغ عدد البذور النابتة في اليوم 13.125 بذرة/يوم في الشاهد الأول و13.444 بذرة/يوم في الشاهد الثاني ومن دون وجود فروق معنوية

بينهما، كذلك لم يكن للمعاملة بـ SNP تأثير معنوي في تجانس الإنبات ضمن الظروف العادية بالمقارنة مع الشاهدين. أثر الإجهاد الملحي في تجانس الإنبات حيث لوحظ اختلاف عدد البذور النابتة في اليوم باختلاف التركيز الملحي واختلاف تركيز SNP المستخدم إلا أن اختلاف تجانس الإنبات لم يكن معنوياً في كل الحالات باستثناء حالة التركيز الملحي 150 mM والذي أدى لانخفاض معنوي في تجانس إنبات البذور المعاملة بتركيز 100 µM SNP، بحيث قلل عدد البذور النابتة في اليوم من 15.667 بذرة/يوم في وسط الشاهد (الماء العادي) إلى 6.111 بذرة/يوم في التركيز الملحي المرتفع 150 mM. بالنسبة لاستجابة تجانس الإنبات للمعاملة بتراكيز نتروبروسيد الصوديوم المختلفة ضمن التركيز الملحي الواحد فلم يوجد فرق معنوي بالمقارنة مع استجابة الشاهدين.

الجدول (2): تأثير المعاملة بنتروبروسيد الصوديوم في تجانس إنبات بذور طراز البصل الأحمر المحلي ضمن وسط يحوي الماء العادي أو مستويات مختلفة من الملوحة.

تجانس الإنبات (بذرة/يوم)				
150	100	50	0	NaCl (mM) / SNP (µM)
5.556^{bcd}	8.944^{abcd}	13.690^{abc}	13.125^{abc}	جاف
7.222^{abcd}	12.333^{abcd}	9.048^{abcd}	13.444^{abc}	ماء
11.000^{abcd}	11.167^{abcd}	12.028^{abcd}	11.458^{abcd}	50
6.111^{bcd}	6.833^{abcd}	9.444^{abcd}	15.667^{a}	100
8.333^{abcd}	8.611^{abcd}	9.750^{abcd}	14.444^{ab}	150
3.667^{d}	6.000^{bcd}	10.361^{abcd}	11.389^{abcd}	200
6.667^{bcd}	8.444^{abcd}	11.694^{abcd}	14.444^{ab}	300
6.250^{bcd}	10.556^{abcd}	12.125^{abcd}	10.625^{abcd}	400
5.000^{cd}	6.111^{bcd}	11.750^{abcd}	13.349^{abc}	500
8.333^{abcd}	7.000^{abcd}	8.000^{abcd}	13.333^{abc}	600

L.S.D1% لتراكيز NaCl = 2.077، L.S.D1% لتراكيز SNP = 3.598، L.S.D1% للتفاعل = 7.195. CV% = 34.3. تدل الأحرف المتشابهة على عدم وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 1%.

ج- سرعة إنبات البذور:

وبالنسبة لتأثير المعاملة في سرعة إنبات البذور وكما تبين النتائج في الجدول (3) لايوجد فروق معنوية بسرعة إنبات بذور الشاهد الأول 5.541 يوم/بذرة مقارنة مع الشاهد الثاني 5.396 يوم/بذرة، وكذلك لم يكن للمعاملة بتراكيز SNP المختلفة تأثير معنوي في عدد الأيام اللازمة لإنبات البذرة وذلك عندما كان وسط الإنبات الماء العادي. أما عند إضافة المحاليل الملحية إلى وسط الإنبات اختلفت سرعة الإنبات باختلاف التركيز الملحي إلا أن هذا الاختلاف لم يكن معنوياً بالمقارنة مع الشاهد الماء العادي

باستثناء البذور المعاملة بالتركيز 300 µM SNP التي انخفضت سرعة إنباتها معنوياً في التركيز الملحي 150 mM بحيث بلغت 8.411 يوم/بذرة في حين كانت 4.990 يوم/بذرة في الشاهد. أدت زيادة التركيز الملحي بشكل عام إلى انخفاض غير معنوي في سرعة الإنبات وهنا تختلف نتائجنا مع [37 و 10] اللذين ذكرا حدوث انخفاض معنوي في سرعة إنبات بذور البصل مع زيادة التركيز الملحي، ربما يعود ذلك إلى اختلاف الأصناف المدروسة أو ظروف الدراسة أو لكون الطراز المدروس هنا غير نقي وراثياً. كذلك لم يكن هنالك فروق معنوية في استجابة سرعة إنبات البذور المعاملة بالتراكيز المختلفة من SNP بالمقارنة مع الشاهدين ضمن التركيز الملحي الواحد.

الجدول (3): تأثير المعاملة بنتروبروسيد الصوديوم في سرعة إنبات بذور طراز البصل الأحمر المحلي ضمن وسط يحوي الماء العادي أو مستويات مختلفة من الملوحة.

سرعة الإنبات (يوم/بذرة)				
150	100	50	0	NaCl (mM) / SNP (µM)
7.450^{abc}	6.667^{abc}	6.124^{abc}	5.541^{abc}	جاف
6.500^{abc}	6.948^{abc}	6.338^{abc}	5.396^{abc}	ماء
7.792^{ab}	6.481^{abc}	5.233^{bc}	5.600^{abc}	50
7.511^{abc}	5.542^{abc}	6.022^{abc}	5.428^{abc}	100
7.778^{ab}	6.643^{abc}	5.819^{abc}	4.642^{bc}	150
4.500^{c}	6.083^{abc}	5.307^{abc}	5.517^{abc}	200
8.411^{a}	5.950^{abc}	5.684^{abc}	4.990^{bc}	300
7.356^{abc}	7.013^{abc}	6.094^{abc}	5.557^{abc}	400
6.278^{abc}	6.633^{abc}	6.106^{abc}	4.743^{bc}	500
7.111^{abc}	6.241^{abc}	6.526^{abc}	5.479^{abc}	600

L.S.D1% لتراكيز NaCl = 0.726، L.S.D1% لتراكيز SNP = 1.258، L.S.D1% للتفاعل = 2.515. CV% = 19. تدل الأحرف المتشابهة على عدم وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 1%.

ثانياً- تأثير المعاملة بنتروبروسيد الصوديوم على نمو بادرات طراز البصل الأحمر المحلي المروية بالماء العادي أو بمستويات مختلفة من الملوحة:

أ- تأثير المعاملة على طول النمو الخضري:

يبين الجدول (4) أنه في حالة الري بالماء العادي لا توجد فروق معنوية في طول النمو الخضري بين بادرات الشاهدين البذور الجافة والبذور المنقوعة بالماء (10.052، 9.861 سم) على التوالي، وبينها وبين البادرات الناتجة عن معاملة بذور البصل العادي بتراكيز SNP المختلفة (9.657، 9.123، 9.528، 9.311، 9.761، 9.308، 9.697، 9.781 سم) على التوالي. أدت مياه الري المالحة إلى انخفاض طول البادرات معنوياً في جميع التراكيز الملحية وفي جميع معاملات SNP بالمقارنة مع الشاهد مياه الري العادية، مع ملاحظة ازدياد قصر البادرات مع زيادة التركيز الملحي المستعمل. وهكذا فقد انخفض طول النمو الخضري في التركيز الملحي 50 mM إلى (7.585، 6.183، 6.853، 6.16، 7.022، 6.753، 7.682، 7.314، 7.354، 7.45 سم)، وانخفض في التركيز 100 mM إلى (4.131، 5.07، 2.54، 3.486، 1.68، 5.559، 3.473، 2.68، 1.789، 4.202 سم)، كما ازداد الانخفاض في التركيز 150 mM حتى وصل إلى (1.113، 1.616، 1.335، 1.086، 1.411، 1.244، 1.208، 1.259، 1.116، 1.026 سم) وذلك لبادرات الشاهدين ومعاملات SNP المختلفة على التوالي. بالنسبة لاستجابة طول النمو الخضري للمعاملة بتراكيز نتروبروسيد الصوديوم المختلفة ضمن التركيز الملحي الواحد فلم يوجد فرق معنوي بالمقارنة مع الشاهدين، باستثناء حالة التركيز الملحي 100 mM حيث كانت عنده البادرات الناتجة عن تراكيز SNP (50، 150، 500 µM) أقصر معنوياً من الشاهدين، وكذلك كانت البادرات الناتجة عن تراكيز SNP (100، 300، 400 µM) أقصر معنوياً من الشاهد الثاني فقط. يشير ذلك إلى احتمال أن تكون معاملة البذور بتراكيز SNP تلك قد زادت حساسية النمو الخضري للتركيز الملحي 100 mM.

الجدول (4): تأثير المعاملة بنتروبروسيد الصوديوم في طول النمو الخضري لبادرات طراز البصل الأحمر المحلي المروية بالماء العادي أو بمستويات مختلفة من الملوحة.

طول النمو الخضري (سم)				
150	100	50	0	NaCl (mM) / SNP (µM)
1.113^{hi}	4.131^{ef}	7.585^{b}	10.052^{a}	جاف
1.616^{hi}	5.07^{de}	6.183^{bcd}	9.861^{a}	ماء
1.335^{hi}	2.540^{ghi}	6.853^{bc}	9.657^{a}	50
1.086^{hi}	3.486^{fg}	6.160^{bcd}	9.123^{a}	100
1.411^{hi}	1.680^{hi}	7.022^{bc}	9.528^{a}	150
1.244^{hi}	5.559^{cde}	6.753^{bc}	9.311^{a}	200
1.208^{hi}	3.473^{fg}	7.682^{b}	9.761^{a}	300
1.259^{hi}	2.680^{fgh}	7.314^{b}	9.308^{a}	400
1.116^{hi}	1.789^{hi}	7.354^{b}	9.697^{a}	500
1.026^{i}	4.202^{ef}	7.450^{b}	9.781^{a}	600

L.S.D1% لتراكيز NaCl =0.392، L.S.D1% لتراكيز SNP = 0.679، L.S.D1% للتفاعل = 1.358. CV% = 15.5. تدل الأحرف المتشابهة على عدم وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 1%.

ب- تأثير المعاملة على طول جذر البادرة:

بالنسبة لتأثير المعاملة في طول جذر البادرة فحسب الجدول (5) في حالة الري بالماء العادي بلغ طول جذر البادرة الناتجة عن البذور الجافة 5.525 سم ولم يختلف معنوياً عن طول جذر البادرة الناتجة عن البذور المنقوعة بالماء والذي وصل إلى 5.789 سم. كذلك لم تختلف معنوياً أطوال جذور الشاهدين عن أطوال جذور البادرات الناتجة عن المعاملة بالتراكيز المختلفة من SNP (5.769، 5.56، 5.467، 5.359، 5.671،

5.694، 5.402، 5.952 سم) على التوالي. أدى الري بماء يحوي تراكيز مختلفة من NaCl إلى قصر طول الجذر وازداد القصر مع زيادة التركيز الملحي. لم يكن الانخفاض في طول الجذر معنوياً في التركيز الملحي 50 mM، وكان معنوياً في التركيزين الأعلى 100 و 150 mM وذلك في كافة معاملات SNP بالمقارنة مع الشاهد المروي بالماء العادي. بلغ طول جذر بادرات الشاهدين ومعاملات SNP المختلفة في التركيز 100 mM (3.625، 3.508، 2.85، 2.996، 1.379، 3.483، 3.042، 2.327، 1.404، 3.278 سم)، وفي التركيز 150 mM (0.498، 1.302، 0.565، 0.587، 0.971، 0.861، 0.459، 1.263، 0.306، 0.58 سم) على التوالي. لم توجد فروق معنوية بين استجابة جذور البادرات الناتجة عن معاملات SNP المختلفة والشاهدين ضمن التركيز الملحي الواحد باستثناء التركيز الملحي 100 mM حيث كانت جذور البادرات الناتجة عن البذور المعاملة بتراكيز SNP (150، 400، 500 µM) أقصر معنوياً من الشاهدين وهذا يتوافق مع كون طول نموها الخضري – وكما رأينا سابقاً – أقصر معنوياً من الشاهدين في حالة التركيزين (150، 500 mM) ومن الشاهد الثاني فقط في حالة التركيز 400 mM. يدل ذلك على احتمال أن تكون المعاملة بتراكيز SNP تلك قد زادت حساسية الجذور للتركيز الملحي 100 mM.

الجدول (5): تأثير المعاملة بنتروبروسيد الصوديوم في طول جذر بادرات طراز البصل الأحمر المحلي المروية بالماء العادي أو بمستويات مختلفة من الملوحة.

طول جذر البادرة (سم)				
150	100	50	0	NaCl (mM) / SNP (µM)
0.498^{l}	3.625^{efg}	4.717^{bcd}	5.525^{abc}	جاف
1.302^{jkl}	3.508^{fg}	4.958^{abcd}	5.789^{ab}	ماء
0.565^{l}	2.850^{ghi}	4.947^{abcd}	5.769^{abc}	50
0.587^{l}	2.996^{ghi}	4.588^{cde}	5.560^{abc}	100
0.971^{l}	1.379^{jkl}	4.770^{bcd}	5.467^{abc}	150
0.861^{l}	3.483^{fg}	4.845^{abcd}	5.359^{abc}	200
0.459^{l}	3.042^{ghi}	5.443^{abc}	5.671^{abc}	300
1.263^{jkl}	2.327^{hij}	5.200^{abcd}	5.694^{abc}	400
0.306^{l}	1.404^{jkl}	5.290^{abcd}	5.402^{abc}	500
0.580^{l}	3.278^{fgh}	5.116^{abcd}	5.952^{a}	600

L.S.D1% لتراكيز NaCl = 0.282، L.S.D1% لتراكيز SNP = 0.488، L.S.D1% للتفاعل = 0.976. CV% = 16.9. تدل الأحرف المتشابهة على عدم وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 1%.

ج- تأثير المعاملة على الوزن الرطب للبادرة:

أما فيما يتعلق بتأثير المعاملة في الوزن الرطب للبادرة وكما هو موضح في الجدول (6) فقد بلغ الوزن الرطب للبادرات عند استخدام الماء العادي في الري (75.18، 70.78، 80.96، 72.5، 72.56، 76.28، 73.68، 72.7، 75.74، 72.34 مغ) للشاهدين البذور الجافة والبذور المنقوعة بالماء وللبذور المنقوعة بتراكيز SNP (50، 100، 150، 200، 300، 400، 500، 600 µM) على التوالي من دون أن تكون الفروق في الوزن معنوية. أدى الري بمياه مالحة إلى انخفاض الوزن الرطب للبادرة وقد ازداد الانخفاض مع زيادة التركيز الملحي، فقد بلغت أوزان البادرات في التركيز 50

mM (59.62، 57.68، 59.06، 55.92، 58.88، 62.82، 66.14، 59.52، 65.68، 61.5 مغ)، وفي التركيز 100 mM (42.48، 42.64، 33.58، 37.9، 24.66، 51.98، 37.46، 28.82، 21.92، 42.26 مغ)، وفي التركيز 150 mM (20.24، 23.66، 22.46، 21، 22.12، 21.98، 21.54، 23.24، 18.54، 19.58 مغ) وذلك في الشاهدين ومعاملات SNP المختلفة على التوالي. كان هذا الانخفاض معنوياً في كل معاملات SNP وفي جميع التراكيز الملحية باستثناء البادرات الناتجة عن البذور المعاملة بتراكيز SNP (300، 500، 600 µM) في التركيز الملحي 50 mM. بالنسبة لاستجابة الوزن الرطب للبادرات المعاملة بتراكيز نتروبروسيد الصوديوم المختلفة ضمن التركيز الملحي الواحد فلم يوجد فرق معنوي باستثناء تراكيز SNP (150، 400، 500 µM) في التركيز الملحي 100 mM حيث انخفض الوزن الرطب للبادرات الناتجة عنها أكثر وبشكل معنوي مقارنة بالشاهدين، وهذا يتوافق مع النتائج التي ذكرت سابقاً حول انخفاض طول النمو الخضري وطول جذر البادرات بهذه التراكيز.

الجدول (6): تأثير المعاملة بنتروبروسيد الصوديوم في الوزن الرطب لبادرات طراز البصل الأحمر المحلي المروية بالماء العادي أو بمستويات مختلفة من الملوحة.

الوزن الرطب للبادرة (مغ)				
150	100	50	0	NaCl (mM) / SNP (µM)
20.24^{op}	42.48^{ij}	59.62^{efgh}	75.18^{ab}	جاف
23.66^{mnop}	42.64^{ij}	57.68^{gh}	70.78^{abcde}	ماء
22.46^{mnop}	33.58^{jklmn}	59.06^{efgh}	80.96^{a}	50
21.00^{op}	37.90^{jkl}	55.92^{gh}	72.50^{abcd}	100
22.12^{mnop}	24.66^{mnop}	58.88^{efgh}	72.56^{abcd}	150
21.98^{mnop}	51.98^{hi}	62.82^{cdefgh}	76.28^{ab}	200
21.54^{nop}	37.46^{jkl}	66.14^{bcdefg}	73.68^{abc}	300
23.24^{mnop}	28.82^{lmnop}	59.52^{efgh}	72.70^{abcd}	400
18.54^{op}	21.92^{mnop}	65.68^{bcdefg}	75.74^{ab}	500
19.58^{op}	42.26^{ijk}	61.50^{defgh}	72.34^{abcd}	600

L.S.D1% لتراكيز NaCl = 3.016، L.S.D1% لتراكيز SNP = 5.224، L.S.D1% للتفاعل = 10.449. CV% = 13.2. تدل الأحرف المتشابهة على عدم وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 1%.

أدت الملوحة بشكل عام إلى انخفاض معنوي في نسبة الإنبات وطول الجذر في التركيزين 100 و 150 mM، وإلى انخفاض معنوي في طول النمو الخضري والوزن الرطب للبادرة في كافة التراكيز وهذا يتوافق مع [10، 21، 37]. إن تأثير الملوحة في النمو الخضري كان أشد منه في الجذور وهذا يتوافق مع [37]، حيث كان تأثير الملوحة معنوياً في خفض طول النمو الخضري في التركيز المنخفض 50 mM ولم يكن معنوياً في خفض طول الجذر في نفس التركيز. يعود انخفاض نسبة الإنبات وصفات نمو البادرات إلى الآثار السلبية للإجهاد الملحي والتي تعمل على خفض معدل الانقسام الخلوي [35] والاستطالة الخلوية حيث تؤدي الملوحة إلى خفض الجهد الأسموزي في

وسط النمو فيقل تشرب البذور للماء، كما تؤدي إلى دخول كميات سامة من الأيونات إلى البذور خلال التشرب [33] وزيادة أنواع الأوكسجين الفعالة (ROS) [27]، مما ينتج عنه أكسدة اللبيدات تدريجياً وتثبيط نشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة [38].

يلعب أوكسيد النتريك أدواراً مهمة في الكثير من العمليات الفيزيولوجية التي تحدث في النبات ومن بينها دوره في تشجيع إنبات البذور وخفض سكونها [4، 5، 6، 7، 8، 24]، وكذلك دوره في تنظيم استجابة النبات للعديد من المجهدات ومن بينها الملوحة [39، 41، 42، 43]. هذا وقد أشارت نتائج العديد من الأبحاث إلى أن مدى تأثير المعاملة بنتروبروسيد الصوديوم يختلف باختلاف النمط الوراثي للبذور كما يختلف باختلاف التركيز المستعمل ومدة المعاملة. فقد وجد [34] أن نقع بذور البندورة بتركيز 250 µM من SNP لمدة 3 ساعات لم يؤد لزيادة معنوية في نسبة إنبات البذور لكنه أدى لزيادة معنوية في طول جذر البادرة. في حين وجد [18] أن نقع بذور البندورة بالتراكيز 10^{-8} – 10^{-4} M من SNP لمدة 8 ساعات أدت لزيادة معنوية في نسبة إنبات البذور و طول جذر البادرة. بالنسبة لبذور الخيار كان 50 µM من SNP هو التركيز الأفضل لتخفيف الأثر السلبي للملوحة، في حين أدى التركيز الأعلى 400 µM إلى خفض مؤشرات الإنبات [11].

في دراستنا هذه على بذور البصل العادي (الطراز الأحمر المحلي) لم يلاحظ أية فروق معنوية تذكر في استجابة الإنبات تحت الظروف العادية أو ظروف الإجهاد الملحي للمعاملة بمانح أوكسيد النتريك SNP، وإن وجدت فإنها لم تكن باتجاه محدد لذلك تم إهمالها. ربما يعود السبب إلى حدوث الإنبات في البصل العادي ومقاومة الإجهاد الملحي بآليات فيزيولوجية وعبر مسارات لايتدخل فيها أوكسيد النتريك NO وذلك على الأقل ضمن الظروف التجريبية لهذه الدراسة.

الاستنتاجات:

1- إنبات بذور البصل الأحمر المحلي حساس للملوحة التي يزيد فيها تركيز كلوريد الصوديوم عن 50 mM.

2- النمو الخضري للبادرات أكثر حساسية لتركيز ملح كلوريد الصوديوم 50 mM من النمو الجذري.

3- لا يمكن تحسين مؤشرات إنبات بذور البصل الأحمر المحلي أو نمو البادرات سواء تحت الظروف العادية أو ظروف الإجهاد الملحي بمعاملتها بتراكيز نتروبروسيد الصوديوم المستخدمة في هذه الدراسة.

4- من المحتمل عدم وجود دور لأوكسيد النتريك NO في إنبات بذور البصل الأحمر المحلي ونمو البادرات تحت الظروف العادية.

5- ربما لا يتدخل أوكسيد النتريك NO في مسارات مقاومة الملوحة أو الحساسية لها عند إنبات بذور البصل الأحمر المحلي ونمو البادرات تحت ظروف الإجهاد الملحي.

المقترحات:

1- عدم زراعة بذور الطراز الأحمر المحلي من البصل العادي في الترب المالحة أو الري بمياه يزيد فيها تركيز كلوريد الصوديوم عن 50 mM.

2- استخدام تراكيز أخرى لنتروبروسيد الصوديوم أو ظروف تجريبية غير المستخدمة في البحث لتأكيد أو رفض دور أوكسيد النتريك في إنبات بذور البصل العادي تحت الظروف العادية وظروف الإجهاد الملحي.

المراجع:

1. AMOOAGHAIE, R., 2013- NIKZAD, K. The role of nitric oxide in priming-induced low temperature tolerance in two genotypes of tomato. Seed Science Research, Vol. 23, 1-9.

2. ANANDARAJ, K., NAATARAJAN, N., 2017- Effect of Nanoparticles for Seed Quality Enhancement in Onion [Allium cepa (Linn) cv. CO (On)] 5. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci, Vol. 6, 3714-3724.

3. Annual Agricultural Statistical Abstract. 2018- Directorate of Statistics and Planning, Statistics Division, Ministry of Agriculture and Agrarian Reform- Syrian Arab Republic. In Arabic.

4. BELIGNI, MV., LAMATTINA, L., 2000- Nitric oxide stimulates seed germination, de-etiolation, and inhibits hypocotyl elongation, three light-inducible responses in plants. Planta, Vol. 210, 215-221.

5. BETHKE, PC., GUBLER, F., JACOBSEN, JV., JONES, RL., 2004- Dormancy of Arabidopsis seeds and barley grains can be broken by nitric oxide. Planta, Vol. 219, 847-855.

6. BETHKE, PC., LIBOUREL, IGL., JONES, RL., 2006a- Nitric oxide reduces seed dormancy in Arabidopsis. J Exp Bot, Vol. 57, 517-526.

7. BETHKE, PC., LIBOUREL, IGL., REINOHL, V., JONES, RL., 2006b- Sodium nitroprusside, cyanide, nitrite, and nitrate break Arabidopsis seed dormancy in a nitric oxide-dependent manner. Planta, Vol. 223, 805-812.

8. BETHKE, PC., LIBOUREL, IG., AOYAMA, N., CHUNG, YY., STILL, DW., JONES, RL., 2007- The Arabidopsis aleurone layer responds to nitric oxide, gibberellins, and abscisic acid and is sufficient and necessary for seed dormancy. Plant Physiol, Vol. 143, 1173-1788.

9. BORAS, M. and RIAD Z., 2004- The Influence of Treatment of Some Vegetable Seeds with Aerated Solutions on Germination and Seedling Growth Rate. Damascus University Journal of Agricultural Science Volume 20, 111-125. In Arabic.

10. CORRÊA, N. S., BANDEIRA, J. D. M., MARINI, P., BORBA, I. C. G. D., LOPES, N. F., & MORAES, D. M. D. 2013- Salt stress: antioxidant activity as a physiological adaptation of onion cultivars. Acta Botanica Brasilica, Vol. 27, 394-399.

11. FAN, H.F., DU, C.X., DING, L., XU, Y.L., 2013- Effects of nitric oxide on the germination of cucumber seeds and antioxidant enzymes under salinity stress. Acta Physiology Plant, Vol. 35, 2707-2719.

12. GUO, FQ., OKAMOTO, M., CRAWFORD, N.M., 2003- Identification of a plant nitric oxide synthase gene involved in hormonal signaling. Science, Vol. 302, 100-103.

13. HABIB, N., ASHRAF, M., Ahmad, M.A., 2010- Enhancement in seed germinability of rice (Oryza sativa L.) by pre-sowing seed treatment with nitric oxide (NO) under salt stress. Pak J Bot, Vol. 42, 4071-4078.

14. HANCI, F., CEBECİ, E., MENDI, Y.Y., 2012- Effects of NaCl and CaCl2 on Germination performance of some local onion (Allium cepa L.) cultivars in Turkey. Acta Hort., Vol. 960, 203-209.

15. HANCI, F., CEBECİ, E., POLAT, Z., 2014- The effects of Trichoderma harzianum on germination of onion (Allium cepa L.) seeds under salt stress conditions. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, Vol. 7, 45-48.

16. HAYAT, S., YADAV, S., WANI, A.S., IRFAN, M., ALYEMINI, M. N., Ahmad, A., 2012- Impact of sodium

nitroprusside on nitrate reductase, proline content, and antioxidant system in tomato under salinity stress. Horticulture, Environment, and Biotechnology, Vol. 53, 362-367.

17. HAYAT, S., YADAV, S., ALYEMENI, M.N., IRFAN, M., WANI, A.S., AHMAD, A. 2013- Alleviation of salinity stress with sodium nitroprusside in tomato. International journal of vegetable science, Vol. 19, 164-176.

18. HAYAT, S., YADAV, S., ALYEMENI, M.N., AHMAD, A. 2014- Effect of sodium nitroprusside on the germination and antioxidant activities of tomato (Lycopersicon esculentum mill). Bulgarian Journal of Agricultural Science, Vol. 20, 140-144.

19. HOTTINGER, D. G., BEEBE, D. S., KOZHIMANNIL, T., PRIELIPP, R. C., & BELANI, K. G. 2014- Sodium nitroprusside in 2014: A clinical concepts review. Journal of anaesthesiology, clinical pharmacology, 30(4), 462.

20. International seed testing association (ISTA). 1985- International rules for seed testing. Seed Sci. and Technol. Vol. 13: 338-341.

21. JOSHI, N., SAWANT, P. 2012- Response of onion (Allium cepa L.) seed germination and early seedling development to salt level. International journal of vegetable science, Vol. 18, 3-19.

22. KAYA, C., ASHRAF, M., SÖNMEZ, O., TUNA, A. L., AYDEMIR, S. 2015- Exogenously applied nitric oxide confers tolerance to salinity-induced oxidativestress in two maize (Zea mays L.) cultivars differing in salinity tolerance. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, Vol. 39, 909-919.

23. KOPYRA, M., Gwóźdź, E. A., 2003- Nitric oxide stimulates seed germination and counteracts the inhibitory effect of heavy metals and salinity on root growth of Lupinus luteus. Plant Physiology and Biochemistry, Vol. 41, 1011-1017.

24. LIBOUREL, IG., BETHKE PC., DE MICHELE, R., JONES, RL., 2006- Nitric oxide gas stimulates germination of dormant Arabidopsis seeds: use of a flow-through apparatus for delivery of nitric oxide. Planta, Vol. 223, 813-820.

25. LIU, HY., YU, X., CUI, DY., et al. 2007- The role of water channel proteins and nitric oxide signaling in rice seed germination. Cell Res.; Vol. 17, 638-649.

26. MASS, E.V., G.J. HOFFMAN, 1977- Crop salt tolerance, Current assessment. J. Irr. Drainage, Vol. 103, 115-134.

27. MITTLER, R., 2002- Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends in Plant Science, Vol. 7, 405-410.

28. NALOUSI, A. M., AHMADIYAN, S., HATAMZADEH, A., GHASEMNEZHAD, M. 2012- Protective role of exogenous nitric oxide against oxidative stress induced by salt stress in bell-pepper (Capsicum annum L.). American Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences, Vol. 12, 1085-1090.

29. NEILL, SJ., DESIKAN, R., HANCOCK, JT., 2003- Nitric oxide signalling in plants. New Phytol, Vol. 159, 11-35.

30. PANDEY, S., KUMARI, A., SHREE, M., KUMAR, V., SINGH, P., BHARADWAJ, C., & GUPTA, K. J. 2019- Nitric oxide accelerates germination via the regulation of respiration in chickpea. Journal of experimental botany, 70(17), 4539-4555.

31. PATEL, P., KADUR NARAYANASWAMY, G., KATARIA, S., & BAGHEL, L. 2017- Involvement of nitric oxide in enhanced germination and seedling growth of

magnetoprimed maize seeds. Plant signaling & behavior, 12(12), e1293217(8pages).

32. SAEIDNEJAD, A.H., PASANDI-POUR, A., PAKGOHAR, N., FARAHBAKHSH, H., 2013- Effects of exogenous nitric oxide on germination and physiological properties of basil under salinity stress. Journal of Medicinal Plants and By-products, Vol.1, p.103-113.

33. SIMAEI, M., KHAVARI-NEJAD, R.A., BERNARD, F., 2012- Exogenous application of salicylic acid and nitric oxide on the ionic contents and enzymatic activities in NaCl-stressed soybean plants. American Journal of Plant Sciences, Vol. 3, 1495-1503.

34. SINGH, N.B., KAVITA Y., Amist N., 2014- Positive effects of nitric oxide on Solanum lycopersicum. Journal of Plant Interactions, Vol. 9, 10-18.

35. SINGH, D. AND ROY, B.K., 2016- Salt stress affects mitotic activity and modulates antioxidant systems in onion roots. Brazilian Journal of Botany, Vol. 39(1), 67-76.

36. SIVRITEPE, H.O., SIVRITEPE, N., 2007- NaCl priming affects salt tolerance of onion (Allium cepa L.) seedlings. In III Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes, Vol. 729, 157-161.

37. SUDHA, G. S., RIAZUNNISA, K., 2015- Effect of Salt Stress (NaCl) on Morphological Parameters of Onion (Allium cepa L.) Seedlings. International Journal of plant, Animal and Environmental Science, Vol. 5, 125-128.

38. TANOU, G.; MOLASSIOTIS, A.; DIAMANTIDIS, G., 2009- Induction of reactive oxygen species and necrotic death-like destruction in strawberry leaves by salinity. Environmental and Experimental Botany, Vol. 65, 270-281.

39. WU, X., DING, H., ZHU, W., ZHANG, H., ZHANG, H.J. 2011- Exogenous nitric oxide protects against salt-induced oxidative stress in the leaves from two genotypes of tomato (Lycopersicom esculentum Mill.). Acta Physiol Plant. Vol. 23, 304-307.

40. ZAGHLOUL, M.M., EL-SAADY, W.A., & KHADEGA, M.H. 2013- Studies on onion seeds germination: 1- effect of moistchilling on germination of onion seeds stored for two different periods and subsequent seedling growth. Journal of Plant Production, Vol. 4, 363-373.

41. ZHANG Y, WANG L, LIU Y, ZHANG Q, WEI Q, ZHANG W. 2006- Nitric oxide enhances salt tolerance in maize seedlings through increasing activities of proton-pump

and Na+/H+ antiport in the tonoplast. Planta, Vol. 224, 545-555.

42. ZHAO L, ZHANG F, GUO J, YANG Y, LI B, ZHANG L. 2004- Nitric oxide functions as a signal in salt resistance in the calluses from two ecotypes of reed. Plant Physiol, Vol. 134, 849-857.

43. ZHAO, M. G., TIAN, Q. Y., & ZHANG, W. H. 2007- Nitric oxide synthase-dependent nitric oxide production is associated with salt tolerance in Arabidopsis. Plant physiology, Vol. 144, 206-217.

44. ZHENG, C., JIANG, D., LIU, F., DAI, T., LIU, W., JING, Q., & CAO, W. 2009- Exogenous nitric oxide improves seed germination in wheat against mitochondrial oxidative damage induced by high salinity. Environmental and Experimental Botany, Vol. 67, 222-227.