سبر التباين الوراثي لتحمل الإجهاد الحلولي لدى بعض طرز الذرة البيضاء [Sorghum bicolor (L.) Moench] خلال مرحلة البادرة الفتية

جلنار الشيخ علي* **أيمن الشحاذة العودة****

منور طلال التمو***

الملخص

نُفذ البحث بهدف تطوير تقانة غربلة مخبرية سريعة وفعَّالة في سبر التباين الوراثي لتحمُّل بعض طرز الذرة البيضاء للإجهاد الحلولي المُحدث باستعمال سكر البولي إيثيلين جلايكول، خلال مرحلة البادرة الفتية، لتحديد الطرز الوراثية المتحملة والطرز الحسّاسة للإجهاد الحلولي باعتماد التحليل الإحصائي Z-distribution، بالإضافة إلى تقييم أهمية التحريض في تحسين مستوى التحمل للإجهاد الحلولي. وضعت التجربة وفق التصميم العشوائي البسيط بمعدّل ثلاثة مكررات. سبّب ازدياد الجهد الحلولي في محلول النمو تراجعاً معنوياً في متوسط طول البادرات، حيث كان طول البادرات الأعلى معنوياً عند المعاملة الشاهد (19.31 سم)، وتراجع متوسط طول البادرات طرداً ومعنوياً مع ازدياد شدّة الإجهاد الحلولي في وسط النمو، وسبّب المستوى الحلولي المميت (1.8− Mpa) انخفاضاً مقداره 50.03% في طول البادرات بالمقارنة مع الشاهد، ويُعد تبعاً لذلك المستوى الحلولي −1.8 ميغاباسكال بمنزلة المستوى الحلولي المميت الأمثل. وكانت نسبة الانخفاض في طول كلٍ من الجذور والبادرات الأدنى معنوياً (7.77، 8.45% على التوالي) عند المستوى الحلولي المُحرّض (Mpa-0.4)

* طالبة ماجستير في قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

** أستاذ في قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

*** باحثة في الهيئة العامة للتقانة الحيوية بدمشق.

بالمقارنة مع باقي المستويات الحلولية المُحرّضة، ويُعد بمنزلة المستوى الحلولي المحرّض الأمثل. وكان متوسط نسبة الانخفاض في طول الجذور والبادرات الأدنى معنوياً في البادرات المُحرّضة (10.87، 9.37 سم على التوالي)، في حين كان الأعلى معنوياً لدى البادرات غير المحرّضة (41.75، 33.17 سم على التوالي)، ما يُشير إلى أهمية التحريض في تحسين كفاءة بادرات الذرة البيضاء على تحمل المستويات الحلولية المميتة. تُصنّف طرز الذرة البيضاء الرزينية، والطراز ICSV 25274 كطرزٍ وراثية عالية التحمل للإجهاد الحلولي، في حين تُصنف طرز الذرة البيضاء ICSSH 29، وICSV574، و NTJ 2 كطرزٍ مفرطة الحساسية للإجهاد الحلولي، لأنّها أبدت أدنى طول كلي للبادرات وأعلى نسبة انخفاض فيها.

الكلمات المفتاحية: الإجهاد الحلولي، تقانة الغربلة، التحريض، الذرة البيضاء.

Assessment of the Genetic Variation for Osmotic Stress Tolerance of Some Sorghum [Sorghum bicolor (L.) Moench] Genotypes at Seedling Stage

Jowllanar Shiekh Ali* **Ayman Shehada ALOuda****

Mnawar Talal AL-Tammo***

Abstract

The research work was conducted in order to develop a rapid and effective screening technique to assess the genetic variability of some sorghum genotypes for osmotic stress tolerance during the initial seedling stage and identifying the osmotic stress-tolerant and susceptible genotypes using Z-distribution analysis, in addition to evaluating the relevance of induction in improving the level of osmotic stress tolerance. The experiments were laid according to the simple completely randomized design with three replicates. Increasing the level of osmotic stress in the growth solution caused a significant reduction in the average length of seedlings, which was significantly higher in the control treatment (19.31 cm) and decreased proportionally with increasing the osmotic level in the growing media. The osmotic stress level of -1.8 Mpa caused a reduction the seedling length estimated by 50.03% compared with the control, thereby it could be considered as optimum lethal osmotic level. The reduction percentage in the length of both roots and seedlings was significantly lower (7.77 and 8.45% respectively) at the induction osmotic level of – 0.4 Mpa compared with the other induction levels, so it is considered as the optimum induction level. The reduction percentage in the length of both roots and seedlings was significantly lower in the osmotically induced seedlings (10.87 and 9.37% respectively), while it was significantly higher in the non-induced seedlings (41.75 and 33.17% respectively), indicating the importance of

* Master Degree student at Field Crops Department, Faculty of Agriculture, Damascus University

** Professor Dr. at Field Crops Department, Faculty of Agriculture, Damascus University.

*** Researcher at NCBT, Damascus.

induction to enhance the tolerance capacity of sorghum seedlings to the lethal osmotic stress levels. The sorghum genotypes such as Rizinia and ICSV 25274 are classified as highly osmotic stress tolerant, while the genotypes such as ICSSH 29, ICSV574 and NTJ 2 are classified as highly susceptible genotypes, because the revealed the lowest absolute seedling length and the highest reduction percentage.

Key words: Osmotic stress, Screening technique, Induction, Sorghum.

المقدمة والدراسة المرجعية:

ينتمي محصول الذرة البيضاء Sorghum[*Sorghum bicolor* (L.) Moench] للفصيلة النجيلية Poaceae، والجنس Sorghum، والنوع bicolor (Snowden، 1955). ويُعد محصول الذرة البيضاء من المحاصيل المتعددة الأغراض، حيث تُعد حبوب الذرة البيضاء الغذاء الرئيس لمئات الملايين من البشر في العديد من الدول النامية Developing countries الفقيرة، فهو محصول غذائي لنحو 750 مليون إنساناً في المناطق الجافة Arid zones من العالم (Ryan و Oppen، 1982)، إذْ تُستعمل حبوب الذرة البيضاء في صناعة الخبز وبعض الأطعمة، وكعلفٍ مركز في عليقة الدواجن Poultry. ويمكن أن تُستعمل النباتات الخضراء كعلفٍ أخضر، وفي تصنيع السيلاج Silage (O'Donnell، 2013). وتُستعمل حبوب الذرة البيضاء في العديد من المجالات الصناعية، مثل صناعة النشاء Starch والكحول، وسكر الغلوكوز، والوقود الحيوي Biofuel (Smith و Frederiksen، 2000). وتتميز نباتات الذرة البيضاء بمقدرتها على النمو والتطور وإعطاء غلة حبية Grain yield جيدة حتى تحت الظروف البيئية القاسية Harsh environments، حيث تتحمل الجفاف Drought، والحرارة المرتفعة Heat stress، والملوحة Salinity، ويمكن أن تنجح زراعتها حتى في الأتربة غير الخصبة والقلوية إلى حدٍ ما.

يُعد الإجهاد المائي Water stress من أكثر المشاكل البيئية المحدّدة لإنتاجية العديد من الأنواع النباتية في النظم البيئية الزراعية. وعادةً ما تعمد نباتات الأنواع النباتية تحت نظم الزراعة الجافة إلى تطوير العديد من آليات التكيّف Adaptive mechanisms لتحافظ على بقائها ونموها في مثل هذه البيئات الشحيحة بالمياه. وتُساعد عملية المحافظة على جهد الامتلاء (Ψ_p) Turgor potential داخل الخلايا النباتية في استمرار سير العديد من العمليات الحيوية المهمة للنبات، مثل عمليتي التمثيل الضوئي Photosynthesis (Ph)، والتنفس Respiration (R)، ما يُساعد في استمرار النمو والتطور تحت وطأة شح الموارد المائية العذبة (العودة وزملاؤه، 2015).

ويُعرّف الجفاف Drought بأنّه الفترة التي تؤثر فيها قلّة الرطوبة الأرضية سلباً في النمو الطبيعي للنباتات (Miralles وزملاؤه، 2000). ويُعرف الجفاف الزراعي بأنّه الفترة التي يقل فيها الهطول المطري بشكلٍ كافٍ لإحداث تأثير سلبي في معدّل نمو النباتات وتطورها وإنتاجيتها (Roy وزملاؤه، 2000). ولكن بالرغم من حقيقة أنّ محصول الذرة البيضاء من الأنواع المحصولية ذات المتطلبات البيئية، والأرضية، والمائية المحدودة، حيث يمكن أن تبقى نباتاته على قيد الحياة Survival ضمن مدىً واسع من الظروف البيئية "المحصول الجمل"، إلاّ أنّ غلته الحبية تنخفض بشكلٍ كبير عند تعرضه للإجهادات اللاأحيائية Abiotic stresses المختلفة. ونظراً لتراجع حجم الموارد المائية العذبة السطحية والجوفية في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط، فإنّ نجاح زراعة محصول الذرة البيضاء في مثل هذه البيئات يعتمد على تطوير طرز وراثية أكثر تحملاً الجفاف مع المحافظة على الكفاءة الإنتاجية Production capacity. ويتوقف ذلك على أمرين اثنين: تطوير تقانة غربلة Screening tool مخبرية فعّالة في سبر التباين الوراثي لتحمل إجهاد الجفاف (الإجهاد الحلولي)، وتحديد الصفات المهمة Key traits المرتبطة بتحسين التحمل مع المحافظة على الكفاءة الإنتاجية. ولكن يُعد غياب أسلوب الغربلة المناسب Screening technique أحد أهم العقبات التي تحول دون إمكانية الاستفادة من التباين الوراثي في التحمّل الحقيقي للجفاف، وبخاصةٍ أسلوب الغربلة الذي لا يسمح فقط بتقييم الطرز الوراثية استناداً إلى مقدرتها على البقاء على قيد الحياة ضمن ظروف الإجهاد، وإنّما يسمح أيضاً بسبر التباين في مقدرة الأنواع/الطرز الوراثية على استعادة النمو Recovery growth بعد زوال العامل البيئي المحدد للنمو (الجفاف) (AL-Ouda، 1999). ولكي يكون أسلوب الغربلة المزمع تطويره فعّالاً لابد أن يُحاكي ما يحدث فعلاً في الطبيعة، فغالباً ما تتعرّض النباتات أولاً لمستوىً غير مميت Sub-lethal level (المحرّض) من الإجهاد قبل أن تُصبح عُرضةً للمستوى المميت Lethal level، لأنّ تراجع محتوى التربة المائي ما يكون تدريجياً من طبقات

التربة السطحية وصولاً إلى طبقات التربة العميقة كلما طالت مدّة الإجهاد المائي. عموماً، الأنواع/الطرز الوراثية ذات المقدرة الوراثية الكامنة الأكبر في تصنيع الوسائل الدفاعية (البروتينات الدفاعية، ذائبات عضوية، وأحماض أمينية حرة، والأميدات)، ستكون أكثر كفاءةً في ضمان سلامة وحياة عدداً أكبر من خلاياها، وستتمكن مثل هذه الطرز الوراثية من استعادة النمو بوتيرةٍ أكبر بعد زوال العامل البيئي المحدد للنمو. ويمكن بناءاً على ذلك تحديد درجة تحملها أو حساسيتها للإجهاد المدروس (Ganesh وزملاؤه، 1998). عموماً يُعد الإجهاد البيئي غير المميت بمنزلة أداة تحريض تستفز برنامج الدفاع الوراثي الكامن في مادة النبات الوراثية لدفعه لتصنيع مواد جديدة كوسائل دفاعية يستخدمها النبات في مقاومة الظرف البيئي غير المناسب إلى حين انقضائه (AL-Ouda، 1999). ويُعد تعرّض النباتات لمستوى غير مميت (محرّض) من الإجهاد البيئي نتيجة التدهور التدريجي في ظروف النمو البيئية مفردةً أو مجتمعةً بمثابة إشارة تحذير Warning signal تُنبّه النبات إلى ضرورة تهيئة وسائله الدفاعية بشكلٍ جيد حتى يتمكن من تحمل المستوى المميت Lethal level من الإجهاد (جنود،2008؛ الشيخ علي، 2006).

يهدف البحث إلى تطوير تقانة غربلة مخبرية سريعة وفعَّالة في سبر التباين الوراثي لتحمُّل بعض طرز الذرة البيضاء للإجهاد الحلولي خلال مرحلة البادرة الفتية، وتحديد الطرز المتحملة والطرز الحسّاسة للإجهاد الحلولي باعتماد التحليل الإحصائي Z–distribution. وتقييم أهمية التحريض في تحسين مستوى التحمل للإجهاد الحلولي.

أولاً: مواد البحث وطرائقه:

– **المادة النباتية Plant material:** نُفذت الدراسة على 12 طرازاً وراثياً من الذرة البيضاء (الجدول، 1)، تمّ الحصول على البذار من الهيئة العامة للتقانة الحيوية، دمشق، سورية.

الجدول (1): الطرز الوراثية من الذرة البيضاء المعتمدة في الدراسة.

رقم الطراز	اسم الطراز	طريقة التربية المستخدمة في تطويره	الآباء
3	ICSSH 39	النسب	ICSA 702 × SSV 74
4	ICSSH 30	النسب	ICSA 724 × SSV 74
5	ICSSH 29	النسب	ICSA 675 × SSV 74
6	CSH 22SS	النسب	ICSA 38 × SSV 84
7	ICSV 574	النسب	(GOOD GRAIN 1485)
8	NTJ 2	النسب	Sel from IS 3468
9	ICSV 25274	النسب	(DSV4×SSV84)-2-5-1-3
10	ICSV 25280	النسب	(ICSV93046×SSV84)-7-2-1-3
11	SSV 84	النسب	IS 23568 SEL
12	ICSB 324	النسب	[{(IS18417×ICSB11)×ICSB45}×ICSB30]1-2-1-1
14	ICSB 479	النسب	[(ICSB70×ICSV700)×PS19349B]5-4-1-2-2
17	الرزينية	التجميع	----------

- **مكان تنفيذ التجربة:** تمّ تنفيذ التجربة في مخابر قسم المحاصيل الحقلية، في كلية الزراعة، بجامعة دمشق.
- **طريقة العمل:**

أولاً- تحديد تقانة الغربلة المناسبة للإجهاد الحلولي:

1-1- تحديد المستوى الحلولي المميت الأمثل: يُعرّف المستوى الحلولي المميت الأمثل بأنّه معاملة الجهد الحلولي Osmotic potential التي تكون شديدة بشكلٍ كافٍ لإحداث موت بنسبة 50%، أو تخفيض في النمو مقداره 50% بالمقارنة مع الشاهد المطلق في البادرات غير المحرّضة في نهاية فترة استعادة النمو (العودة، 2007).

تمّ إحداث الإجهاد المائي (الحلولي) مخبرياً باستعمال سكر البولي إيثيلين جلايكول (PEG-6000)، حيث تمّ تعريض بادرات خليط من طرز الذرة البيضاء المدروسة المتجانسة بالطول والنمو، والسليمة، والطبيعية (بعمر أربعة أيام بعد اكتمال الإنبات) (10 بادرات في الطبق)، إلى مستوياتٍ مميتة مختلفة من الإجهاد الحلولي (0.8-، -

1.0، 1.2-، 1.4-، 1.6-، 1.8-، 2.0- Mpa) مدّة 48 ساعة، بواقع ثلاثة مكررات لكل مستوى، ثمّ نُقلت البادرات إلى أطباق بتري أخرى تحتوي ماء مقطر Distilled water فقط مدّة 72 ساعة لتستعيد نموها، وتُركت في الوقت نفسه بعض البادرات في أطباق بتري تحتوي ماء مقطر فقط منذ بداية التجربة وحتى نهايتها، واعتمدت كشاهدٍ مطلق تُحسب على أساسه– في نهاية فترة استعادة النمو– نسبة الانخفاض في طول الجذور والبادرات (AL-Ouda، 1999). وتمّ حساب نسبة الانخفاض وفق المعادلة الآتية (AL-Ouda، 1999):

نسبة الانخفاض في طول الجذور/البادرات في الشاهد المطلق – طول الجذور/البادرات في المعاملة

الجذور/البادرات (%) = ——————————————— × 100

طول الجذور/ البادرات في الشاهد المطلق

وقد اعتمدت المعاملة التي كانت عندها نسبة الانخفاض في طول الجذور/البادرات قرابة 50% بمنزلة المستوى الحلولي المميت الأمثل.

1–2– تحديد المستوى الحلولي المُحرّض الأمثل: يُعرّف المستوى الحلولي المحرّض الأمثل بأنَّه معاملة الإجهاد الحلولي غير المميتة، التي تُبدي عندها البادرات المحرَّضة Induced seedlings بعد نقلها إلى مستوى الإجهاد الحلولي المميت، أقصى معدّل نمو أو أدنى نسبة انخفاض بالمقارنة مع الشاهد في نهاية فترة استعادة النمو (العودة، 2007). عُرّضت بادرات من خليط من طرز الذرة البيضاء (بعمر أربعة أيام) (10 بادرات في الطبق) إلى مستوياتٍ محرِّضةٍ مختلفة من الإجهاد الحلولي (0.0، 0.1-، 0.2-، - 0.3، 0.4-، 0.5-، 0.6- Mpa) مدّة 16 ساعة، بواقع ثلاثة مكررات لكل مستوى حلولي مميت، ثمّ نُقلت البادرات المحرَّضة من كل معاملة على حدة إلى المستوى الحلولي المميت الأمثل المحدَّد من التجربة السابقة، وتُركت مدّة 48 ساعة، ثمّ سُمح للبادرات باستعادة نموها في الماء المقطر مدّة 72 ساعة. وتُركت في الوقت نفسه بادرات ذرة بيضاء في أطباق بتري من بداية التجربة وحتى نهايتها واعتُمدت كشاهدٍ

مطلق حُسبت على أساسه نسبة الانخفاض في النمو. وحُسبت في نهاية فترة استعادة النمو نسبة الانخفاض في نمو الجذور/البادرات بالمقارنة مع الشاهد المطلق. واعتمدت المعاملة التي كانت عندها نسبة الانخفاض في طول الجذور/البادرات أقل ما يمكن بالمقارنة مع الشاهد بمنزلة المستوى الحلولي المحرِّض الأمثل (AL-Ouda، 1999).

ثانياً- غربلة طرز الذرة البيضاء لتحمل الإجهاد الحلولي في طور البادرة الفتية: تمّ تعريض بادرات الذرة البيضاء (بعمر أربعة أيام) (عشرة بادرات في كل طبق، وبواقع ثلاثة مكررات لكل طراز وراثي)، من كل طراز على حدة للمستوى الحلولي المحرِّض الأمثل مدّة 16 ساعة، ثمّ نُقلت البادرات المحرَّضة إلى المستوى المميت الأمثل من الإجهاد الحلولي، وتُركت مدّة 48 ساعة، ثمّ سُمح للبادرات باستعادة نموها في الماء المقطر مدّة 72 ساعة. وسُجلت في نهاية فترة استعادة النمو القراءات المتعلقة بطول الجذور والبادرات. وتُركت بالمقابل بادرات من كل نمط وراثي في أطباق بتري تحتوي على ماء مقطر فقط من بداية التجربة وحتى نهايتها، واعتمدت كشاهدٍ مطلق. وحُسبت نسبة الانخفاض في طول كلٍ من الجذور والبادرات بالمقارنة مع الشاهد المطلق. وتمّ تقويم استجابة طرز الذرة البيضاء المدروسة للإجهاد الحلولي باستعمال التحليل الإحصائي المُسمّى Z–distribution analysis، بالاعتماد على مؤشرات متوسط الطول الكلي للجذور والبادرات ونسبة الانخفاض فيهما بالمقارنة مع الشاهد. وتمّ تقسيم الطرز وفقاً لذلك إلى المجموعات الآتية (AL-Ouda، 1999):

1. **الطرز عالية التحمل للإجهاد الحلولي:** وهي الطرز التي أبدت أدنى نسبة انخفاض في طول الجذور والبادرات وأعلى متوسط طول كلي لهما.
2. **الطرز عالية الحساسية للإجهاد الحلولي:** وهي الطرز التي أبدت أعلى نسبة انخفاض في طول **الجذور** والبادرات، وأدنى متوسط طول كلي لهما.

ثالثاً- تقويم أهمية التحريض الحلولي: عُرّضت بادرات الذرة البيضاء (بعمر أربعة أيام) من خليط بادرات من الطرز المدروسة (عشرة بادرات في كل طبق، وبواقع ثلاثة

مكررات)، إلى المستوى الحلولي المُحرّض الأمثل (-0.4 Mpa) مدّة 16 ساعة، ثمّ نُقلت جميع البادرات المحرَّضة إلى المستوى الحلولي المميت الأمثل (-1.8 Mpa) مدّة 48 ساعة، ونُقلت في الوقت نفسه مجموعة أخرى من البادرات غير المحرَّضة (تكون في الماء المقطر خلال فترة التحريض) بشكلٍ مباشر إلى المستوى الحلولي المميت الأمثل، وتُركت البادرات المحرَّضة وغير المحرَّضة في المستوى الحلولي المميت الأمثل مدّة 48 ساعة، ثمّ سُمح للبادرات باستعادة نموها في الماء المقطر مدّة 72 ساعة. وتُركت في الوقت نفسه بادرات ذرة بيضاء في أطباق بتري تحتوي على ماء مقطر فقط من بداية التجربة وحتى نهايتها، واعتمدت كشاهدٍ مطلق. وحُسبت في نهاية فترة استعادة النمو نسبة الانخفاض في طول الجذور والبادرات بالمقارنة مع الشاهد. وتمّ استناداً إلى ذلك تقويم أهمية التحريض الحلولي في تحسين كفاءة البادرات في تحمل المستويات المميتة من الإجهاد الحلولي (AL-Ouda، 1999).

– **تصميم التجربة والتحليل الإحصائي:** نُفذت التجارب وفق التصميم العشوائي البسيط، وحُللت البيانات بعد جمعها وتبويبها إحصائياً باستخدام برنامج التحليل الإحصائي المُسمّى M-Stat-C لحساب قيم أقل فرق معنوي Least significant difference (L.S.D)، عند مستوى المعنوية 0.01، ومعامل التباين (CV%) بين المتغيرات المدروسة (Russell، 1991).

ثانياً: النتائج والمناقشة:

أولاً– تحديد تقانة الغربلة المناسبة للإجهاد الحلولي:

1–1 **تحديد المستوى الحلولي المميت الأمثل:** يُلاحظ من الجدول (2)، وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.01$) بين المستويات الحلولية المميتة المختلفة، حيث سبّب ازدياد تركيز سكر البولي إيثلين جلايكول (PEG-6000) ازدياداً مضطرداً في الجهد الحلولي Osmotic potential لمحلول النمو، وتراجعاً موازٍ في الجهد المائي، ما أثّر سلباً في معدّل استطالة الجذور ونموها، بسبب تراجع كمية الماء الحر المتاح. وأدّى ازدياد الجهد

الحلولي في وسط النمو إلى تراجع طردي في متوسط طول الجذور، حيث كان متوسط طول الجذور الأعلى معنوياً في المعاملة الشاهد، والمستويين الحلوليين −0.8 و−1.0 ميغاباسكال وبدون فروقات معنوية بينها (9.10، 8.23، 7.47 سم على التوالي)، وتراجع بشكلٍ طردي ومعنوي بازدياد مستوى الإجهاد الحلولي في وسط النمو، فكان الأدنى معنوياً عند المستوى الحلولي الأعلى (-2.0 ميغاباسكال) (4.78 سم). وسبّب ايضاً ازدياد شدّة الإجهاد الحلولي ازدياداً في نسبة الانخفاض في طول الجذور بالمقارنة مع الشاهد. وكانت نسبة الانخفاض الأعلى معنوياً (46.35%) عند المستوى الحلولي المميت الأعلى (Mpa -2.0)، في حين كانت نسبة الانخفاض في طول الجذور الأدنى معنوياً (8.84%) عند المستوى الحلولي المميت الأدنى (Mpa 0.8-). ويُعد المستوى الحلولي (-2.0Mpa) بمنزلة المستوى الحلولي المميت الأمثل بالنسبة إلى صفة الجذور، لأنّه سبّب انخفاضاً في متوسط طول الجذور مقداره تقريباً 46.35 % بالمقارنة مع باقي المستويات الحلولية المميتة الأخرى. وسبّب أيضاً ازدياد الجهد الحلولي في محلول النمو تراجعاً معنوياً في متوسط طول السويقة الجنينية والبادرات (السويقة + الجذور)، حيث كان طول السويقة الجنينية والبادرات الأعلى معنوياً عند المعاملة الشاهد (10.21، 19.31 سم على التوالي)، وتراجعت هاتين الصفتين طرداً ومعنوياً مع ازدياد شدّة الإجهاد الحلولي في وسط النمو، حيث كان متوسط طول السويقة الجنينية والبادرة الأدنى معنوياً عند المستويين الحلوليين−2.0 و−1.8 ميغاباسكال وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (4.21، 4.37 سم على التوالي بالنسبة للسويقة الجنينية؛ 8.99، 9.63 سم على التوالي بالنسبة للبادرة). وازدادت نسبة الانخفاض في طول السويقة الجنينية والبادرات بشكلٍ طردي ومعنوي مع ازدياد تركيز الذائبات الحلولية (PEG-6000) في محلول النمو بالمقارنة مع الشاهد. وسبّب المستوى الحلولي المميت (Mpa-1.8) انخفاضاً مقداره (57.09 و50.03%) في طول السويقة الجنينية والبادرات على التوالي بالمقارنة مع الشاهد، ويُعد تبعاً لذلك المستوى الحلولي −1.8 ميغاباسكال بمنزلة المستوى الحلولي

المميت الأمثل، لأنّه سبّب انخفاضاً مقداره تقريباً 50% في متوسط طول البادرات. وهذا يتوافق مع تعريف المستوى الحلولي المميت الأمثل. وسيُعتمد هذا المستوى كمستوىً حلولي مميت خلال جميع التجارب اللاحقة.

يُعزى التراجع في متوسط طول كلٍ من الجذور Roots والبادراتSeedlings نتيجة ازدياد الجهد الحلولي في محلول النمو إلى تراجع قيمة الجهد المائي Water potential (يصبح الجهد المائي أكثر سلباً)، فتقل بذلك كمية المياه الحرة المتاحة للنبات، ما يؤثر سلباً في معدّل امتصاص المياه من قبل المجموعة الجذرية، وتُصبح كمية المياه الممتصة غير كافية لتعويض الماء المفقود بالنتح Transpiration عن طريق الأجزاء الهوائية، ما يؤدي إلى تراجع جهد الامتلاء Turgor potential (p) داخل خلايا الأوراق وتثبيط استطالتها Leaf expansion، حيث يُعد جهد الامتلاء بمنزلة القوة الفيزيائية التي تدفع جدر الخلايا النباتية على الاستطالة (Cossgrove، 1989).

يؤدّي تراجع استطالة الأوراق إلى تدني حجم المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي، ما يؤثر سلباً في كمية المادة الجافة المُصنّعة والمُسخّرة لنمو المجموعة الجذرية وتطورها. تتوافق هذه النتائج مع ما توصلت إليه جنّود (2008) والتومي (2012) في محصول القمح، وAL-Ouda (1999)، والجنعير (2009) في محصول زهرة الشمس Sunflower (*Helianthus annuus* L.) تحت ظروف الإجهاد الحلولي.

الجدول (2): تأثير مستويات حلولية مميتة مختلفة في نمو بادرات الذرة البيضاء.

المعاملات (PEG-6000) (MPA)	متوسط طول الجذور (سم)	نسبة الانخفاض في طول الجذور (%)	متوسط طول السويقة (سم)	نسبة الانخفاض في طول السويقة (%)	متوسط طول البادرات (سم)	نسبة الانخفاض في طول البادرات(%)
الشاهد المطلق	9.10^{a}	0.00	10.21^{a}	0.00	19.31^{a}	0.00
-0.8	8.23^{ab}	8.84^{cd}	8.033^{b}	21.34^{a}	16.27^{b}	15.72^{c}
-1.0	7.47^{ab}	17.02^{cd}	7.37^{bc}	27.68^{a}	14.83^{bc}	24.31^{bc}
-1.2	7.33^{b}	19.58^{cd}	6.63^{bc}	35.07^{b}	13.87^{bc}	28.06^{bc}
-1.4	6.33^{bc}	24.63^{bc}	6.33^{bc}	37.77^{bc}	13.17^{c}	31.83^{b}
-1.6	6.67^{bc}	25.58^{abc}	6.33^{c}	39.96^{bc}	12.80^{c}	33.77^{b}
-1.8	5.27^{cd}	41.38^{ab}	4.37^{d}	57.09^{bc}	9.63^{d}	50.03^{a}
-2.0	4.78^{d}	46.35^{a}	4.21^{d}	58.74^{c}	8.99^{d}	53.35^{a}
L.S.D (0.01)	1.80	20.88	1.75	16.94	2.82	14.64
C.V%	10.66	17.48	10.83	20.09	8.51	20.38

* تشير الأحرف المتماثلة على مستوى العمود الواحد إلى عدم وجود فروقات معنوية بين المعاملات عند مستوى المعنوية 0.01.

2-1-تحديد المستوى الحلولي المحرض الأمثل: يُلاحظ من الجدول (3)، وجود فروقات معنوية ($P\leq0.01$) بين المستويات الحلولية المحرّضة المختلفة المدروسة. ويُلاحظ أنّ نسبة الانخفاض في طول كلٍ من الجذور والسويقة الجنينية، والبادرات كانت الأدنى معنوياً (7.77، 8.60 ،8.46% على التوالي) عند المستوى الحلولي المُحرّض (Mpa -0.4) بالمقارنة مع باقي المستويات الحلولية المُحرّضة. ويُعد المستوى الحلولي المحرّض (Mpa -0.4) بمنزلة المستوى الحلولي المحرّض الأمثل، وسيعتمد في جميع التجارب اللاحقة. تُعبّر نسبة الانخفاض في طول كل من الجذور والبادرات عن كفاءة البادرات في استعادة النمو في نهاية فترة استعادة النمو. وترتبط المقدرة على استعادة النمو بنسبة الخلايا النباتية التي بقيت حية في نهاية فترة التعريض للمستوى الحلولي المميت الأمثل (Mpa -1.8). عموماً، تتحدد نسبة الخلايا النباتية التي تبقى حية في

نهاية فترة الإجهاد الحلولي المميت بكمية الوسائل الدفاعية المختلفة المصنّعة استجابةً لإشارة التحذير المتمثلة بالمستوى المُحرّض (غير المميت) من الإجهاد الحلولي. وتتوقف كمية الوسائل الدفاعية المصنّعة على مدى توافق المستوى الحلولي المحرّض مع المورثات المسؤولة عن تصنيع الوسائل الدفاعية المختلفة. ويُلاحظ مما تقدم، أنّ المستوى المحرض (0.4- Mpa) كان كافياً لدفع المورثات للتعبير عن كامل طاقتها الوراثية، ما أدّى إلى تصنيع كمية أكبر من الوسائل الدفاعية التي ساعدت بدورها في وقاية المكتنفات الخلوية الحسّاسة والإبقاء على حياة نسبة أكبر من الخلايا النباتية، لذلك اعتمد كمستوىً حلولي محرّض أمثل. تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه العودة وزملاؤه (2005) في محصول القمح، والعودة وزملاؤه (2006) في محصول الشعير. وتنسجم هذه النتائج أيضاً مع ما توصل إليه AL-Ouda (1999)، وGanesh (1999)، والجنعير (2009) في محصول زهرة الشمس.

الجدول (3): تأثير مستويات حلوليةُ محرّضة مختلفة في نمو بادرات الذرة البيضاء.

المعاملات (PEG-6000) (MPA)	متوسط طول الجذور (سم)	نسبة الانخفاض في طول الجذور (%)	متوسط طول السويقة (سم)	نسبة الانخفاض في طول السويقة (%)	متوسط طول البادرات (سم)	نسبة الانخفاض في طول البادرات (%)
الشاهد المطلق	6.73^{a}	0.00	8.43^{a}	0.00	15.21^{a}	0.00
0.1-	5.40^{abc}	19.15^{abc}	7.267^{ab}	13.84^{bc}	12.900^{b}	15.07^{b}
0.2-	5.63^{abc}	11.99^{bc}	6.500^{bc}	22.83^{ab}	13.13^{b}	13.54^{b}
0.3-	5.47^{abc}	18.77^{c}	6.967^{b}	17.46^{b}	12.43^{b}	18.08^{b}
0.4-	6.22^{ab}	7.77^{c}	7.693^{ab}	8.60^{bc}	13.91^{ab}	8.46^{bc}
0.5-	4.07^{c}	38.42^{a}	5.200^{c}	38.33^{a}	9.27^{c}	38.84^{a}
0.6-	4.66^{bc}	30.82^{ab}	5.467^{c}	34.95^{a}	10.13^{c}	33.58^{a}
L.S.D (0.01)	1.61	22.27	1.38	16.42	2.05	13.26
C.V%	11.81	12.24	8.16	33.89	6.61	29.18

* تشير الأحرف المتماثلة على مستوى العمود الواحد إلى عدم وجود فروقات معنوية بين المعاملات عند مستوى المعنوية 0.01.

ثانياً– غربلة طرز الذرة البيضاء لتحمل الإجهاد الحلولي في طور البادرة الفتية:
بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.01$) في استجابة طرز الذرة البيضاء لتحمل الإجهاد الحلولي في طور البادرة الفتية (الجدول، 4). ولوحظ استناداً إلى صفة طول البادرات ونسبة الانخفاض فيها أنَّ طرز الذرة البيضاء الرزينية، والطراز ICSV25274 تُصنّف كطرز وراثية عالية التحمل للإجهاد الحلولي، لأنّها أبدت أدنى نسبة انخفاض في طول البادرات (15.49%) بالمقارنة مع باقي الطرز الوراثية المدروسة، وأعلى طول مطلق لها (19.26 سم) (الجدول، 4؛ الشكل، a 1)، في حين تُصنّف طرز الذرة البيضاء ICSSH 29، وICSV 574، وNTJ 2 كطرز مفرطة الحساسية للإجهاد الحلولي، لأنّها أبدت أدنى طول كلي للبادرات (13.47، 10.39، 11.76 سم على التوالي)، وأعلى نسبة انخفاض فيها (33.04، 28.86، 31.65% على التوالي) (الجدول، 4؛ الشكل، a 1). وتُعد الطرز الوراثية CSH 22SS، ICSV 25280، ICSSH 39، ICSSH 30، SSV 84، ICSB 479، وICSB 324 كطرزٍ متوسطة الحساسية للإجهاد الحلولي استناداً إلى نسبة الانخفاض في طول البادرات والطول الكلي لها (الشكل، 1a).

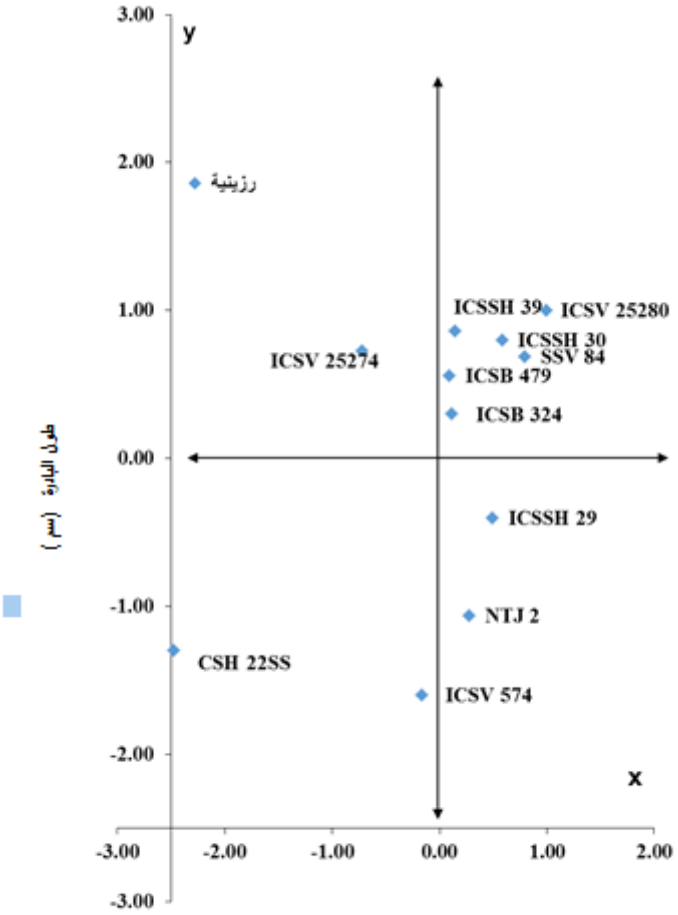
عموماً، الطرز الوراثية التي تكون فيها نسبة الانخفاض في طول البادرات في نهاية فترة استعادة النمو – بعد تعرّضها للمستوى الملحي المميت الأمثل– الأدنى معنوياًن والطول المطلق للبادرات الأعلى معنوياً هي الأكثر تحملاً لظروف الإجهاد الملحي خلال مرحلة البادرة الفتية بالمقارنة مع باقي الطرز الوراثية، في حين تُصنّف الطرز الوراثية التي كانت فيها نسبة الانخفاض في طول البادرات الأعلى معنوياً تُصنّف كطرزٍ مفرطة الحساسية لظروف الإجهاد الحلولي. وتتجلى أهمية مثل هذه الغربلة المخبرية في تحديد الطرز الوراثية المتباينة الاستجابة للإجهاد الحلولي فقط، لدراسة أدائها على مستوى النبات الكامل تحت ظروف الزراعة الحقلية، وتحديد الصفات الفيزيولوجية والبيوكيميائية والجزيئية المرتبطة بتحسين تحمل الجفاف، وذلك عندما تظهر تلك الصفات في الطرز المتحملة وتغيب في الطرز الحسّاسة، اي أنّ تقانة الغربلة تختصر

عدد المدخلات/الطرز الوراثية المدروسة، وبخاصةٍ في حال وجود عدد كبير جداً من الطرز الوراثية المجهولة الاستجابة لإجهادٍ ما، الأمر الذي يجعل عملية تقييم كم كبير من الطرز الوراثية على مستوى النبات الكامل في الحقل اعتماداً على العديد من الصفات الشكلية والفيزيولوجية ضرباً من المُحال.

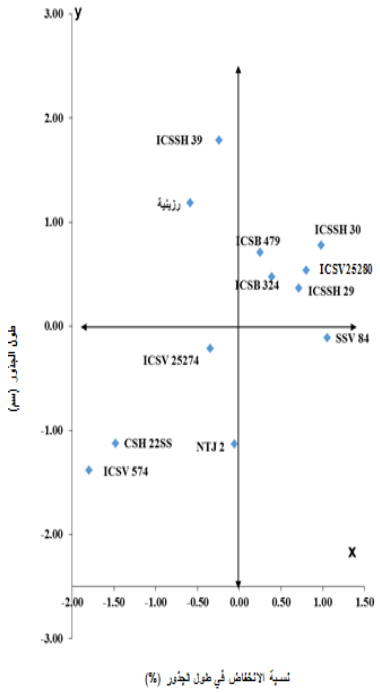
ولوحظ استناداً إلى صفة طول الجذور ونسبة الانخفاض فيها أنَّ طرز الذرة البيضاء الرزينية، والطراز ICSSH39 تُصنّف كطرز وراثية عالية التحمل للإجهاد الحلولي، لأنّها أبدت أدنى نسبة انخفاض في طول الجذور (28.07%، 32.29% على التوالي) بالمقارنة مع باقي الطرز الوراثية المدروسة، وأعلى طول مطلق لها (6.72، 7.55 سم على التوالي) (الجدول، 4؛ الشكل، 1b)، في حين يُصنّف طراز الذرة البيضاء SS84 كطراز حساس جداً للإجهاد الحلولي، لأنّه أبدى أدنى طول مطلق للجذور (5.10 سم)، وأعلى نسبة انخفاض فيها (50.82%) (الجدول، 4؛ الشكل، a 1). وتُعد باقي الطرز الوراثية متوسطة الحساسية للإجهاد الحلولي استناداً إلى نسبة الانخفاض في طول البادرات والطول الكلي لها (الشكل، 1b). ولكن للتحقق من مصداقية تقانة الغربلة المقترحة خلال مرحلة البادرة الفتية، لابدّ من تقويم استجابة الطرز الوراثية المدروسة للإجهاد المائي تحت ظروف الزراعة الحقلية، وإيجاد قيمة علاقة الارتباط بين أداء طرز الذرة البيضاء خلال مرحلة البادرة الفتية، والنبات الكامل في الحقل.

الجدول (4): التباين الوراثي في استجابة أصناف الذرة البيضاء للإجهاد الحلولي.

الطرز الوراثية		متوسط طول الجذور (سم)	نسبة الانخفاض في طول الجذور (%)	متوسط طول البادرات (سم)	نسبة الانخفاض في طول البادرات (%)
ICSSH 39	الشاهد	11.25	32.92	24.15	30.85
	المعاملة	7.55		16.70	
ICSSH 30	الشاهد	11.29	47.36	24.89	33.59
	المعاملة	5.94		16.53	
ICSSH 29	الشاهد	10.60	46.04	20.12	33.04
	المعاملة	5.72		13.47	
CSH 22SS	الشاهد	4.50	15.70	13.01	14.22
	المعاملة	3.79		11.16	
ICSV 574	الشاهد	6.60	11.36	14.60	28.86
	المعاملة	5.85		10.39	
NTJ 2	الشاهد	3.78	35.38	17.20	31.65
	المعاملة	7.24		11.76	
ICSV 25274	الشاهد	4.97	31.31	21.93	25.40
	المعاملة	3.46		16.36	
ICSV 25280	الشاهد	12.45	49.77	26.71	36.18
	المعاملة	6.25		17.05	
SSV 84	الشاهد	10.37	50.82	25.01	34.96
	المعاملة	5.10		16.27	
ICSB 324	الشاهد	10.04	41.60	21.99	30.65
	المعاملة	5.86		15.25	
ICSB 479	الشاهد	10.22	39.73	22.92	30.54
	المعاملة	6.16		15.92	
الرزينية	الشاهد	9.43	28.07	22.79	15.49
	المعاملة	6.78		19.26	



الشكل رقم (1a): يبين توزع طرز الذرة البيضاء المدروسة إلى طرز متحملة، وطرز حساسة، حسب التحليل الإحصائي **Z- distribution** .



(الشكل، 1b): نسبة الانخفاض في طول البادرات والطول الكلي لها

ثالثاً– تقويم أهمية التحريض الحلولي: يُلاحظ من الجدول (5)، وجود فروقات معنوية ($P\leq0.01$) بين المعاملات المعتمدة للوقوف على أهمية التحريض في تحسين تحمل البادرات للمستوى المميت من الإجهاد الحلولي. ويُلاحظ أنّ متوسط نسبة الانخفاض في طول الجذور والبادرات كان الأدنى معنوياً في البادرات المُحرّضة (10.87، 9.37 سم على التوالي)، في حين كان متوسط نسبة الانخفاض في طول الجذور والبادرات الأعلى معنوياً لدى البادرات غير المحرّضة (41.75، 33.17 سم على التوالي)، ما يُشير إلى أهمية التحريض في تحسين كفاءة بادرات الذرة البيضاء على تحمل المستويات الحلولية المميتة. ويُعزى ارتفاع نسبة الانخفاض في طول الجذور والبادرات لدى البادرات غير المُحرّضة إلى تعرّضها لصدمةٍ حلولية Osmoticshock، لذلك يعتمد نجاح أسلوب

الغربلة على النقل المرحلي Stepwise transfer للبادرات من المستويات المجهدة غير المميتة إلى المستويات المميتة من الإجهاد، بحيث تتمكن البادرات خلال فترة الإجهاد غير المميت من حشد وسائلها الدفاعية، وذلك حسب الطاقة الوراثية الكامنة لكل طراز، والتهيؤ لمواجهة المستوى المميت، في حين يؤدي التعريض المباشر للمستويات المميتة إلى قتل جميع بادرات الطرز الحساسة والمتحملة على حدٍ سواء، لأنّها لم تعط الزمن الكافي والفرصة للتعبير عن طاقتها الوراثية الكامنة. تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه العودة وزملاؤه (2005)، والتومي (2012) في محصول القمح، والعودة وزملاؤه (2006) في محصول الشعير، و Ganesh (1999)، وALOuda (1999)، والجنعير (2009) في محصول زهرة الشمس.

الجدول (5): أهمية التحريض في تحسين تحمل بادرات الذرة البيضاء للمستوى المميت من الإجهاد الحلولي.

المعاملات(PEG-6000) (MPA)	متوسط طول الجذور(سم)	نسبة الانخفاض في طول الجذور(%)	متوسط طول البادرات (سم)	نسبة الانخفاض في طول البادرات(%)
الشاهد المطلق	9.10	0.00	19.31	0.00
بادرات محرّضة	8.11	10.87^{b}	17.50	9.37^{b}
بادرات غير محرّضة	5.30	41.75^{a}	12.90	33.17^{a}
L.S.D (0.01)	-	30.65	4.116	4.116
C.V%	-	14.35	2.41	2.41

* تشير الأحرف المتماثلة ضمن العمود الواحد إلى عدم وجود فروقات معنوية بين المعاملات عند مستوى معنوية 0.01.

ثالثاً: الاستنتاجات والتوصيات:

1. يُعد المستوى الحلولي (1.8– Mpa) بمنزلة المستوى الحلولي المميت الأمثل، ويُعد المستوى الحلولي المُحرّض (0.4– Mpa) بمنزلة المستوى الحلولي المُحرّض الأمثل.

2. يعتمد نجاح أسلوب الغربلة على النقل المرحلي Stepwise transfer للبادرات من المستويات المجهدة غير المميتة إلى المستويات المميتة من الإجهاد، كمحاكاة للظروف البيئية الطبيعية.

3. يُسهم تحريض البادرات في تحسين مقدرتها على تحمل المستويات المميتة من الإجهاد الحلولي، لذلك يتوقف نجاح الغربلة لتحمل الإجهاد الحلولي على تعريض البادرات أولاً لمستوى محرّض (غير مميت) من الإجهاد الحلولي، حتى لا تصاب البادرات بصدمةٍ حلولية تحول دون تحقيق الهدف من سبر التباين الوراثي.

4. تُصنّف طرز الذرة البيضاء الرزينية، والطراز ICSV 25274 كطرزٍ وراثية عالية التحمل للإجهاد الحلولي، في حين تُصنف طرز الذرة البيضاء ICSSH 29، وICSV574، و NTJ 2 كطرزٍ مفرطة الحساسية للإجهاد الحلولي، لأنّها أبدت أدنى طول كلي للبادرات وأعلى نسبة انخفاض فيها.

5. يُوصى باعتماد باعتماد تقانة الغربلة المطورة آنفاً لتقييم أداء طرز الذرة البيضاء في طور البادرة الفتية بعد التأكد حقلياً من فعّاليتها، وبخاصةٍ في حال وجود عدد كبير جداً من الطرز الوراثية لتوفير الجد والوقت والمال، كون هذه التقانة المخبرية سريعة جداً ولا تتطلب تجهيزات مكلفة ومعقدة.

المراجع References:

1. **التـومي، عمـر (2012)**. تقـويم أهـم الآليـات التكيفيـة المورفوفيزيولوجيـة المحـددة لكفاءة محصول القمح (.Triticum spp) الإنتاجية في نظم الزراعة الجافة. رسالة دكتوراه، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، الجمهورية العربية السورية.
2. **الجنعير خالد، فاطمة (2009)**. غربلة بعض طرز زهرة الشمس (Helianthus annuus L.) لتحمل الجفاف والحرارة المرتفعة. رسالة ماجستير، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، الجمهورية العربية السورية.
3. **جنـود ضـامن، غـادة (2008)**. دراسـة التبـاين الـوراثي لتحمل الجفاف فـي بعض الأصـول الوراثيـة للقمـح. رسـالة ماجسـتير، قسـم المحاصـيل الحقليـة، كليـة الزراعـة، جامعة دمشق، الجمهورية العربية السورية.
4. **الشحاذة العودة، أيمن (2007)**. تقويم أهمية التحريض وطبيعته في تحسين تحمل بعض سـلالات أكسـاد من القمـح القاسـي والطـري للإجهـاد الملحـي. مجلـة جامعـة دمشق للعلوم الزراعية، المجلد (23)– العدد(2)–الصفحات :15–36.
5. **الشحاذة العودة، أيمن وخيتي، مأمون، ورياح، ريما (2015)**. كتاب فيزيولوجيا المحاصيل الحقلية (الجزء النظري). كلية الهندسة الزراعية، منشورات جامعة دمشق، مديرية الكتب الجامعية، رقم الكتاب 4420. عدد الصفحات: 348.
6. **الشـحاذة العـودة، أيمـن؛ صـبوح، محمـود وجـودة، محمـد عـادل (2005)**. تقويم استجابة بعض الطـرز الوراثيـة من القمـح للإجهـاد المـائي فـي طـور البـادرة. مجلـة جامعة دمشق للعلوم الزراعية المجلد (21)– العدد (1)، الصفحات 15–33.

7. **الشيخ علي، رؤى (2006)**. تطوير تقانة غربلة سريعة لتحمل الإجهاد الملحي في القمح. رسالة ماجستير، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، الجمهورية العربية السورية.

8. **العودة، أيمن؛ و صالح، رفيق؛ والشيخ علي، رؤى (2006)**. تقييم استجابة بعض أصناف الشعير المحلية لتحمل الإجهاد الحلولي في مرحلة النمو الأولي. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، 22(1): 15-33.

9. العودة، أيمن؛ وشاهرلي، مخلص؛ والجنعير، فاطمة (2009). استخدام تقانة الاستجابة للتحريض في سبر التباين الوراثي لتحمل الجفاف والحرارة المرتفعة لدى بعض طرز زهرة الشمس في طور البادرة الفتية. المجلة العربية للبيئات الجافة، 2(3):44-56.

المراجع الأجنبية:

1. **AL-Ouda, A.S. (1999).** Genetic variability in temperature and moisture stress tolerance in sunflower (*Helianthus annus* L.) hybrids: Assessment of some physiological and biochemical traits. Ph.D. Thesis Submitted to Crop Physiology Dept., UAS, Bangalore, India.
2. **Cossgrove, D.J. (1989**). Characterization of long term extension of isolated cell walls from growing cucumber hypocotyls. Planta, (177):121.
3. **Ganesh Kumar (1999).** Identification of thermo-tolerant lines in sunflower (Helianthus annuus L.). Based on temperature induction response (TIR): Role of HSPS and LEAS in temperature and osmotic stress. Ph. D. Thesis submitted to University of Agricultural Sciences, Bangalore, India.
4. **Ganesh Kumar; Krishna Prasad, B.T.; Savitha, M.; Gopala-Krishna, R.; Mukho Pdhyay, K.; Rama Mohna, G. and Udaya Kumar, M. (1998).** Enhanced expression of heat shock proteins in thermo- tolerant lines of sunflower and their progenies selected on the basis of temperature induction response. Theor. Appl. Genet. On 28Th October (1998).
5. **Miralles, D.J., Richards, R.A. and Slafer, G.A. (2000).** Duration of the stem elongation period influences the number of fertile florests in wheat and barley. Aus. J. of Plant Physiology. 27:931-940.
6. **O'Donnell N.H., Møller, B.L., Neale, A.D., Hamill, J.D., Blomstedt, C.K. and Gleadow, R.M.. (2013).** Effects of PEG-induced osmotic stress on growth and dhurrin levels of forage sorghum. Plant Physiol Biochem. 2013 Dec;73:83-92.
7. **Rooney, W.L. (2004).** Sorghum improvement- integrating traditional and new technology to produce improved genotype. Advances in Agronomy 83, 37-109.
8. **Roy, C.; Garcia, P. Aparicio, N., Villegas. D.; Casadesus, J.; Araus, J.L. (2000).** Tools of improving the efficiency of durum wheat selection under Mediterranean conditions. Durum Wheat under Mediterranean regains. News Challenges. Pp. 63-70.

9. Russell, D. F. (1991). MSTAT, Director Crop and Soil Science Department (Varsion 2. 10), Michigan State Uni. U.S.A.

10. Ryan, J.G. and Oppen, M.V. (1982). Agrometeorlogy of Sorghum and Millet in the SAT. Patancheru, A. P. 502324, (ICRISAT). India.

11. **Smith, C.W, R.A. Frederiksen, (2000).** Sorghum: Origin, history, technology and production. P. 64.

12. Snowden, J. D. (1955). The Cultivated Races of Sorghum. Adlard. Tropical Agri. Series, John Wiley and Sons, P:13-33.