سبر التباين الوراثي لتحمل الإجهاد الحلولي في طور البادرة الفتية لدى بعض طرز القمح باعتماد تقانة الاستجابة للتحريض الحلولي المخبرية

عمر الطاهر التومي (1) أيمن الشحاذة العودة (2) مخلص شاهرلي (3)

(1) طالب دكتوراه – قسم المحاصيل الحقلية – كلية الزراعة – جامعة دمشق.

(2) أستاذ بيئة وفسيولوجيا المحاصيل الحقلية – قسم المحاصيل الحقلية – كلية الزراعة – جامعة دمشق.

(3) أستاذ مساعد تربية نبات – قسم المحاصيل الحقلية – كلية الزراعة – جامعة دمشق.

الملخص

نُفذت دراسة مخبرية بهدف تقييم استجابة بعض طرز القمح الوراثية للإجهاد الحلولي، في طور البادرة الفتية، باستعمال تقانة الاستجابة للتحريض الحلولي Osmotic Induction Response (OIR)، لتحديد مدى دقة تقانة الغربلة المخبرية وفعّاليتها، من خلال مقارنة أداء الطرز الوراثية المدروسة في طور البادرة الفتية مع أدائها تحت ظروف الإجهاد المائي في الحقل، بالاعتماد على صفة الغلة الحبية، بالإضافة إلى دراسة أهمية التحريض في تحسين تحمل البادرات لمستوياتٍ مميتة من الإجهاد. وضعت التجربة المخبرية وفق التصميم العشوائي الكامل (CRD)، والتجربة الحقلية وفق تصميم القطاعات الكاملة العشوائية (RCBD) بثلاثة مكررات لكل منهما. صُنفت أصناف القمح الطري شام6، وشام1، ودوما1، وصنف القمح القاسي أكساد65، كأصنافٍ عالية التحمل للإجهاد الحلولي، في حين صُنفت أصناف القمح الطري صفيت1، والقمح القاسي بركة، وشام2، وشام3، وكريم كأصنافٍ عالية الحساسية للإجهاد الحلولي. ولوحظ أنّ متوسط طول الجذور والبادرات كان الأعلى معنوياً في البادرات المحرّضة (12.20، 17.7 سم على التوالي)، وكانت نسبة الانخفاض في هذين المؤشرين الأدنى معنوياً (47.02، 35.28 % على التوالي) بالمقارنة مع الشاهد المطلق، في حين كانت نسبة الانخفاض الأعلى معنوياً في البادرات غير المحرّضة (69.78، 69.25 %على التوالي)، ما يشير إلى أهمية التحريض في تحسين كفاءة البادرات على تحمل المستويات المميتة من الإجهاد الحلولي. ولوحظ وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية ($r = 0.70^*$) بين متوسط طول البادرة والغلة الحبية، ما يؤكد فعّالية تقانة الغربلة في تحديد الطرز الوراثية المتحملة للجفاف عن قريناتها الحساسة.

الكلمات المفتاحية: الإجهاد الحلولي، تقانة الغربلة، التحريض، قوة النمو الأولي، الغلة الحبية، القمح.

المقدمة Introduction

تتعرّض منطقة الشرق الأوسط إلى مستوياتٍ متطرفة جداً من الجفاف Drought، أدى إلى انخفاض كبير في إنتاجية المحاصيل، حيث بلغ الانخفاض في إنتاج محصول القمح خلال الموسم الزراعي 2009/2008 قرابة 7.4 مليون طناً، أو ما يعادل نحو 19%. وكانت سورية، والعراق، والأردن، وفلسطين، وإيران، وغرب تركيا من المناطق البيئية الأكثر تضرراً (السليمان، 2010). ويُعد الجفاف من أكثر العوامل البيئية المحددة لإنتاجية العديد من الأنواع المحصولية، والمهددة للأمن الغذائي Food security، وخاصةً في البلدان النامية. وسيؤدي التغير المناخي Climatic changes الناجم عن ارتفاع تركيز الملوثات الجوية (غازات الدفيئة)، وخاصةً غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) إلى ازدياد معدل تواتر دورات الجفاف وازدياد وطأته، وخاصةً في مناطق الزراعة المطرية. ويمكن أن يؤدي ازدياد الطلب على حبوب القمح نتيجة النمو السكاني المتزايد، وخاصةً في الدول العربية (1.5-3.5% سنوياً)، وتغيير العادات الاستهلاكية والتفضيلية للغذاء Food preferences، ونمط الحياة Life style، إلى ازدياد الضغط على الموارد المائية العذبة المتاحة بكمياتٍ محدودة نتيجة الحاجة لإنتاج كمياتٍ أكبر من حبوب القمح، لذلك تُعد عملية زراعة الطرز الوراثية الأكثر كفاءة في استعمال المياه، بالإضافة إلى تطبيق عوامل إدارة الأرض والمحصول التي تحسّن من إنتاجية المياه Water productivity، وتحافظ على مخزون التربة المائي من أنجع السبل في تحسين إنتاجية المحصول باستعمال الموارد المائية المتاحة نفسها (Ceccarelli *et al.*, 2004). يحدث عادةً الإجهاد المائي Water stress نتيجة تراجع حجم الموارد المائية العذبة السطحية والجوفية، وعدم كفايتها لتأمين كامل احتياجات نباتات المحصول المائية خلال كامل دورة حياة المحصول Crop cycle، بما يضمن بلوغ التوازن الوظيفي الأمثل بين حجم المصدر Source size، وحجم المصب Sink size، للحصول على أعلى غلة اقتصادية ممكنة.

يُعد الإجهاد البيئي غير المميت بمنزلة أداة تحريض تستفز برنامج الدفاع الوراثي الكامن في مادة النبات الوراثية لدفعه لتصنيع مواد جديدة كوسائل دفاعية يستعملها النبات في مقاومة الظرف البيئي غير المناسب إلى حين انقضائه (AL-Ouda,1999). تُواجه النباتات عادةً تحت الظروف الحقلية مزيجاً من الإجهادات اللاأحيائية Abiotic stresses، مثل الجفاف، والحرارة المرتفعة Heat stress. والسؤال الذي يطرح نفسه، هل تستجيب النباتات بالطريقة نفسها إزاء الإجهادات البيئية المختلفة، وهل هناك خطوط دفاع عامة تتفعل بجميع الإجهادات، وأخرى خاصة؟ لا يزال هذا الطرح موضع جدل، ولكن يوجد دليلان يقترحان إمكانية وجود آلية تحمل عامة: الأول الوقاية المتصالبة Cross protection، أي أنّ النباتات المعرّضة إلى مستوى غير مميت(محرض) من إجهاد ما تبدى تحملاً عندما تتعرض لمستوى مميت من إجهاد بيئي آخر مختلف تماماً عن الأول (Ganesh Kumar,1999). والدليل الثاني، هو التشابه في آلية نقل الإشارات الكيميائية في مخططات نقل التنبيه Signal transduction في الإجهادات البيئية المختلفة (العودة وزملاؤه، 2009: Ganesh et al.,1998). عموماً، لا تتعرض النباتات عادةً مباشرةً إلى مستوى مميت من الإجهاد البيئي، وإنّما تتعرض أولاً لمستوى غير مميت Sub-lethal من الإجهاد البيئي، وإذا ما استمر الظرف البيئي

المتطرف (جفاف، حرارة مرتفعة، ملوحة)، فقد يواجه النبات مستوىً مميتاً من الإجهاد البيئي. ويعد تعرّض النباتات لمستوى غير مميت (محرّض) من الإجهاد البيئي نتيجة التدهور التدريجي في ظروف النمو البيئية مفردةً أو مجتمعةً بمثابة إشارة تحذير Warning signal تنبه النبات إلى ضرورة تهيئة وسائله الدفاعية بشكل جيد حتى يتمكن من تحمل المستوى المميت Lethal level من الإجهاد(جنود،2008 ؛ الشيخ علي،2006). وبيّنت العديد من البحوث السابقة، إلى أنّ الإجهاد المحرّض عادةً ما يغير التعبير الوراثي Gene expression، ويمنح النباتات مقدرة أكبر على تحمل ظروف الحرارة المرتفعة. عادةً عندما تتلقى كل الطرز الوراثية إشارة التحذير نفسها بالمستوى المحرض أو غير المميت من الإجهاد البيئي، والطرز الوراثية الأقدر على حشد قدر أكبر من الوسائل الدفاعية (تصنيع ذائبات عضوية، بروتينات دفاعية ...الخ) ستكون أقدر على البقاء على قيد الحياة عند مواجهة المستوى المميت من الإجهاد، وأكثر كفاءة في استعادة نموها إذا ما زال الظرف البيئي غير المناسب. وحتى يكون أسلوب الغربلة وتقييم التباين الوراثي ناجحاً، لابد وأن يحاكي الطبيعة، أي يتضمن مستوى محرضاً(غير مميت) لفترة زمنية كافية لدفع النبات لتهيئة وسائله الدفاعية بالشكل الأمثل، ومستوى مميتاً، وأيضاً فترة لاستعادة النمو، تترك خلالها النباتات في ظروف نمو مثالية، ويسمح لها باستعادة نموها(AL-Ouda، 1999). ولكن لا يمكن الجزم بفعالية مثل هذه التقانة المخبرية في كشف التباين الوراثي في استجابة طرز القمح للإجهاد الحلولي، وفصل الطرز الوراثية المتحملة عن قريناتها الحساسة، ما لم تنفذ دراسة حقلية للتأكد من وجود ارتباط قوي بين أداء الطرز عند البادرة الفتية في المختبر، والنبات الكامل في الحقل.

أهداف البحث Objectives

1- تطوير تقانة غربلة Screening technique مخبرية سريعة وفعّالة في سبر التباين الوراثي لدى بعض طرز القمح القاسي والطري السورية والليبية، لتحمل الإجهاد الحلولي خلال مرحلة البادرة الفتية.
2- تقويم أهمية التحريض بمستويات غير مميتة من الإجهاد الحلولي في تحسين تحمل البادرات الفتية المحرّضة للمستويات المميتة من الإجهاد.
3- تقويم مصداقية تقانة الغربلة في عزل الطرز الوراثية المتحملة عن قريناتها الحساسة.

مواد البحث وطرائقه Materials and methods

المادة النباتية Plant material: تمّ تقويم استجابة بعض طرز القمح الطري السورية والليبية (شام$_6$، شام$_4$، دوما$_2$، المختار، بحوث$_{208}$، صفيت$_1$، وصفيت$_7$)، وبعض طرز القمح القاسي السورية والليبية (شام$_3$، شام$_5$، أكساد$_{65}$، بركة، كريم) لظروف الإجهاد الحلولي المُصطنع باستعمال سكر البولي إيثلين جلايكول – 6000، تحت ظروف الزراعة المخبرية، وتقويم أدائها بالمقارنة مع ظروف الزراعة الحقلية عند مستوى النبات الكامل.

مواقع تنفيذ الدراسة: نفذت التجارب المخبرية في مخابر قسم المحاصيل الحقلية في كلية الزراعة بجامعة دمشق. ونُفذت التجربة الحقلية في محطة بحوث خرابو التابعة لكلية الزراعة بجامعة دمشق، خلال الموسمين الزراعيين 2009/2008 و2010/2009.

أولاً- سبر التباين في استجابة طرز القمح لتحمل الإجهاد الحلولي باستعمال سكر البولي إثيلين جلايكول 6000 (PEG6000)

1-1- تحديد المستوي الحلولي المميت الأمثل Identification of the optimum osmotic lethal level

يُعرف المستوي الحلولي المميت الأمثل بأنّه المعاملة الحلولية التي تسبب موتاً مقداره 50% في البادرات، أو تخفيضاً في النمو بنحو50% بالمقارنة مع الشاهد المطلق في البادرات غير المحرّضة، في نهاية فترة استعادة النمو.

عُرضت بادرات القمح (بعمر يومين من تاريخ الإنبات) ضمن أطباق بتري وبواقع عشرة بادرات في كل طبق، وثلاثة مكررات لكل معاملة، إلى مستوياتٍ مميتة من الإجهاد المائي (الحلولي) الذي تمّ إحداثه مخبرياً باستعمال سكر البولي إثيلين جلايكول 6000 (PEG-6000)، حيث عُرضت بادرات القمح إلى مستوياتٍ مميتة مختلفة من الإجهاد الحلولي (0.8-، 1.0-، 1.2-، 1.4-، 1.6-، 1.8-، 2.0- Mpa) مدة 48 ساعة، ثمّ نُقلت البادرات إلى أطباق بتري أخرى تحوي ماء مقطر فقط لتستعيد نموها مدة 72 ساعة. وتركت في الوقت نفسه بادرات قمح في أطباق بتري تحوي ماء مقطر فقط منذ بداية التجربة وحتى نهايتها، واعتمدت كشاهدٍ مطلق تُحسب على أساسه نسبة الانخفاض في المؤشرات المدروسة. حسبت في نهاية فترة استعادة النمو نسبة الانخفاض في نمو الجذور/ البادرات بالمقارنة مع الشاهد المطلق وفق المعادلة الرياضية الآتية (AL-Ouda, 1999):

$$\text{نسبة الانخفاض في طول الجذور/ البادرات (\%)} = \frac{\text{طول الجذور/ البادرات في الشاهد المطلق} - \text{طول الجذور/ البادرات في المعاملة}}{\text{طول الجذور/ البادرات في الشاهد المطلق}} \times 100$$

عموماً، تُعد المعاملة التي تكون عندها نسبة الانخفاض في طول الجذور/البادرات قرابة 50% بمنزلة المستوي الحلو لي المميت الأمثل.

1-2- تحديد المستوى الحلولي المحرض الأمثل: عُرضت بادرات طرز القمح المدروسة (بعمر يومين) إلى مستوياتٍ محرّضة مختلفة من الإجهاد الحلولي Osmotic stress (0.2- ، 0.4-، 0.6-، 0.8- Mpa) مدة 16 ساعة، ثمّ نُقلت البادرات المحرّضة من كل معاملة على حدة إلى المستوى الحلولي المميت الأمثل المحدد من التجربة السابقة، وتركت مدة 48 ساعة، ثمّ سمح للبادرات باستعادة نموها في الماء المقطر مدة 72 ساعة.

وحُسبت في نهاية فترة استعادة النمو نسبة الانخفاض في نمو الجذور/البادرات بالمقارنة مع الشاهد المطلق، وفق المعادلة الرياضية الآنفة الذكر. واعتمدت المعاملة التي تكون عندها نسبة الانخفاض في طول الجذور/البادرات أقل ما يمكن بالمقارنة مع الشاهد بمنزلة المستوى الحلولي المحرض الأمثل.

1-3- غربلة طرز القمح استجابة للإجهاد الحلولي عند مستوي البادرة الفتية: تمّ تعريض بادرات القمح (بعمر يومين) من كل طراز على حده للمستوى الحلولي المحرّض الأمثل (0.4- Mpa) مدة 16 ساعة، ثمّ نُقلت البادرات المحرّضة إلى المستوي المميت الأمثل من الإجهاد الحلولي (1.6- Mpa) وتركت مدة 48 ساعة، ثمّ سُمح للبادرات باستعادة نموها في الماء المقطر مدة 72 ساعة. وسجلت في نهاية فترة استعادة النمو القراءات المتعلقة بطول الجذور/البادرات. وحُسبت نسبة الانخفاض في طول كلٍ من الجذور/البادرات بالمقارنة مع الشاهد المطلق. وتمّ تقويم استجابة طرز القمح المدروسة للإجهاد الحلولي باستعمال التحليل الإحصائي المسمى Z-distribution analysis بالاعتماد على مؤشرات متوسط الطول الكلي للجذور والبادرات ونسبة الانخفاض فيهما بالمقارنة مع الشاهد. وقسمت الطرز المدروسة وفقاً لذلك إلى المجموعات الآتية:

الطرز عالية التحمل: وهي الطرز التي أبدت أدنى نسبة انخفاض في طول الجذور/البادرات وأعلى متوسط طول كلي لهما.

الطرز عالية الحساسية: وهي الطرز التي أبدت أعلى نسبة انخفاض في طول الجذور/البادرات وأدنى متوسط طول كلي لهما.

ثانياً - دراسة أهمية التحريض: عُرضت بادرات القمح المدروسة (بعمر يومين) إلى المستوي الحلولي المحرض الأمثل(0.4- Mpa) مدة 16 ساعة، ثمّ نُقلت البادرات المحرّضة إلى المستوى الحلولي المميت الأمثل (1.6- Mpa) مدة 48 ساعة، ونقلت في الوقت نفسه مجموعة أخرى من البادرات غير المحرّضة بشكلٍ مباشرٍ إلى المستوي الحلولي المميت الأمثل، وتركت البادرات المحرّضة وغير المحرّضة في المستوى الحلولي المميت الأمثل مدة 48 ساعة، ثمّ سُمح للبادرات باستعادة نموها في الماء المقطر مدة 72 ساعة. وحُسبت عند مختلف الإجهادات المدروسة نسبة الانخفاض في طول الجذور/البادرات بالمقارنة مع الشاهد في نهاية فترة استعادة النمو. وتمّ استناداً إلى ذلك تقويم أهمية التحريض في تحسين كفاءة البادرات في تحمل المستويات المميتة من الإجهاد الحلولي.

الدراسة الحقلية Field study: نُفذت هذه التجربة في محطة بحوث خرابو، حيث تمّ تقويم أداء طرز القمح المدروسة نفسها تحت ظروف الزراعة المطرية (معدل الهطول المطري قرابة 124.4 و137.9ملم . سنة$^{-1}$ خلال الموسمين الزراعيين 2009/2008 و2010/2009 على التوالي)، بهدف مقارنة أداء الطرز الوراثية عند مستوى البادرة الفتية في المختبر، والنبات الكامل في الحقل للوقوف على مصداقية تقانة الغربلة المقترحة، من خلال حساب قيمة علاقة الارتباط بين طول البادرات والغلة الحبية.

تصميم التجربة والتحليل الإحصائي: نفذت التجربة المخبرية وفق التصميم العشوائي الكامل Complete Randomized Design (CRD)، ووضعت التجربة الحقلية وفق تصميم القطاعات الكاملة العشوائية Randomized Complete Block Design (RCBD)، بواقع ثلاثة مكررات لكلٍ منهما. وتمّ تبويب البيانات وتحليلها إحصائياً باستعمال برنامج التحليل الإحصائي M-Stat-C لحساب قيم أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 5% بين المتغيرات، ومعامل التباين (CV%) لكل صفة (Russell، 1991).

النتائج والمناقشة Results and discussion

تحديد المستوى الحلولي المميت الأمثل: يُلاحظ من الجدول (1)، وجود فروقات معنوية($P\leq0.05$) بين المستويات الحلولية المميتة المختلفة، حيث سبب ازدياد تركيز سكر البولي إيثلين جلايكول (PEG-6000) ازدياداً مطرداً في الجهد الحلولي Osmotic potential لمحلول النمو، وتراجعاً موازٍ في الجهد المائي، ما أثر سلباً في معدل استطالة الجذور ونموها، بسبب تراجع كمية الماء الحر المتاح. وأدى ازدياد الجهد الحلولي في وسط النمو إلى ازدياد نسبة الانخفاض في طول الجذور والبادرات بالمقارنة مع الشاهد. وكانت نسبة الانخفاض الأعلى معنوياً (65.86%) عند المستوى الحلولي المميت الأعلى (2.0- Mpa)، في حين كانت نسبة الانخفاض في طول الجذور الأدنى معنوياً (17.53%) عند المستوى الحلولي المميت الأدنى. ويُعد المستوى الحلولي (1.6- Mpa) بمنزلة المستوى الحلولي المميت الأمثل، لأنّه سبّب انخفاضاً في متوسط طول الجذور مقداره 51.74% بالمقارنة مع المستويات الحلولية المميتة الأخرى، وهذا يتوافق مع تعريف المستوى الحلولي المميت الأمثل. وسيُعتمد هذا المستوى كمستوى حلولي مميت خلال جميع التجارب اللاحقة. وسبّب أيضاً ازدياد الجهد الحلولي في محلول النمو تراجعاً معنوياً في متوسط طول البادرات، وازدادت نسبة الانخفاض في طول البادرات طرداً مع ازدياد تركيز الذائبات الحلولية في محلول النمو. وسبب المستوى الحلولي المميت (1.6- Mpa) انخفاضاً مقداره (49.36%) في طول البادرات بالمقارنة مع الشاهد، ويُعد تبعاً لذلك بمنزلة المستوى الحلولي المميت الأمثل. ويعزى التراجع في متوسط طول كلٍ من الجذور والبادرات 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، الأمر الذي يؤثر سلباً في معدل امتصاص الماء من قبل المجموعة الجذرية، وتصبح كمية الماء الممتصة غير كافية لتعويض الماء المفقود بالتبخر-النتح Evapo-Transpiration عن طريق الأجزاء الهوائية، ما يؤدي إلى تراجع جهد الامتلاء Turgor (p) potential داخل خلايا الأوراق، ومن ثمّ تثبيط استطالتها، حيث يُعد جهد الامتلاء بمنزلة القوة الفيزيائية التي تدفع جدر الخلايا النباتية على الاستطالة (Cossgrove, 1989). ويؤدي تراجع استطالة الأوراق إلى تدني حجم المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي، ما يؤثر سلباً في كمية المادة الجافة المصنّعة والمسخرة لنمو المجموعة الجذرية وتطورها. تتوافق هذه النتائج مع ما توصلت إليه جنّود (2008) في محصول القمح، وAL-Ouda (1999) في محصول زهرة الشمس تحت ظروف الإجهاد الحلولي.

الجدول رقم (1): يبين تأثير مستويات حلولية مميتة مختلفة في نمو بادرات القمح.

المعاملات (PEG-6000) Mpa	متوسط طول الجذور (سم)	نسبة الانخفاض في طول الجذور (%)	متوسط طول البادرات (سم)	نسبة الانخفاض في طول البادرات (%)
الشاهد المطلق	60.40	-	73.21	-
-0.8	50.1	17.53 D	65.58	10.42 E
-1.0	48.67	19.42 D	60.10	17.91 D
-1.2	36.74	39.17 C	48.69	33.49 C
-1.4	34.64	42.65 C	44.67	38.98 C
-1.6	29.15	51.74 B	37.07	49.36 B
-1.8	24.61	59.25 A	31.85	56.49 A
-2.0	20.62	65.86 A	27.17	62.88 A
L.S.D	-	6.356	-	5.828
C.V%	-	8.52	-	8.57

* تشير الأحرف المتماثلة إلى عدم وجود فروقات معنوية بين المعاملات عند كل صفة مدروسة.

تحديد المستوى الحلولي المحرض الأمثل: يُلاحظ من الجدول (2)، وجود فروقات معنوية($P\leq0.05$) بين المستويات الحلولية المحرضة المختلفة. ويُلاحظ أنّ نسبة الانخفاض في طول كلٍ من الجذور والبادرات كانت الأدنى معنوياً (22.44، 22.15% على التوالي) عند المستوى الحلولي المحرض (-0.4 Mpa) بالمقارنة مع باقي المستويات الحلولية المحرّضة. ويُعد المستوى الحلولي المحرض (-0.4 Mpa) بمنزلة المستوى الحلولي المحرض الأمثل، وسيعتمد في جميع التجارب اللاحقة. تُعبّر نسبة الانخفاض في طول كلٍ 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 (-1.6 Mpa). عموماً، تتحدد نسبة الخلايا النباتية التي تبقى حية في نهاية فترة الإجهاد الحلولي المميت بكمية الوسائل الدفاعية المختلفة المصنّعة استجابة لإشارة التحذير المتمثلة بالمستوى المحرض (غير المميت) من الإجهاد الحلولي. وتتوقف كمية الوسائل الدفاعية المصنّعة على مدى توافق المستوى الحلولي المحرض 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 أدى إلى تصنيع كمية أكبر من الوسائل الدفاعية التي ساعدت بدورها في وقاية المكتنفات الخلوية الحساسة والإبقاء على حياة نسبة أكبر من

الخلايا النباتية، لذلك اعتمد كمستوىً حلولي محرض أمثل. تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه العودة وزملاؤه (2005) في محصول القمح، والعودة وزملاؤه (2006) في محصول الشعير.

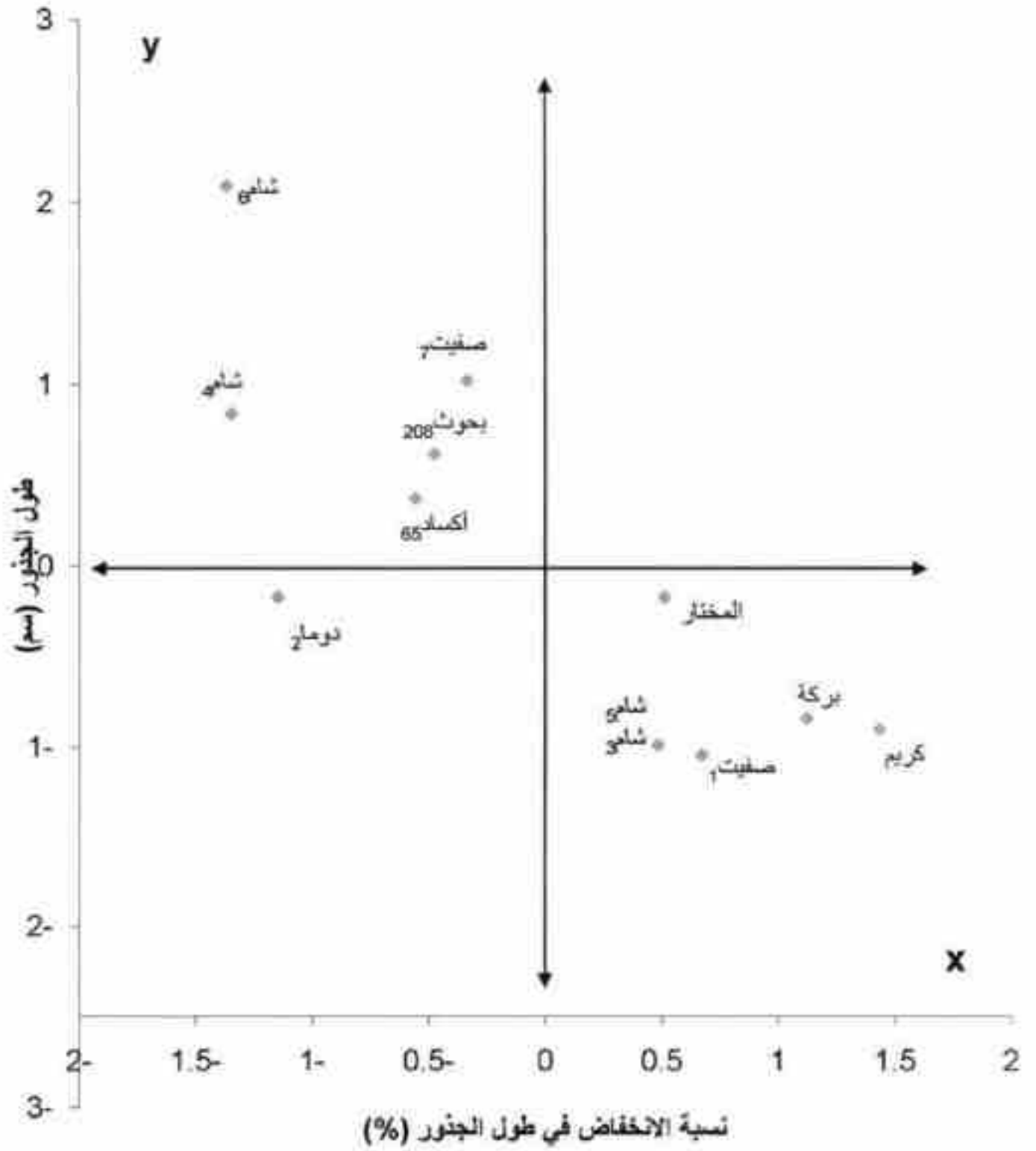
الجدول رقم (2): يبين تأثير مستويات حلولية محرضة مختلفة في نمو بادرات القمح.

المعاملات (PEG-6000) Mpa	متوسط طول الجذور (سم)	نسبة الانخفاض في طول الجذور (%)	متوسط طول البادرات (سم)	نسبة الانخفاض في طول البادرات (%)
الشاهد المطلق	38.98	-	55.52	-
-0.2	28.88	25.91 C	38.86	30.00 C
-0.4	30.23	22.44 C	43.22	22.15 D
-0.6	25.43	34.76 B	35.35	36.33 B
-0.8	21.55	44.49 A	31.02	44.13 A
L.S.D	-	5.807	-	5.858
C.V%	-	9.17	-	8.86

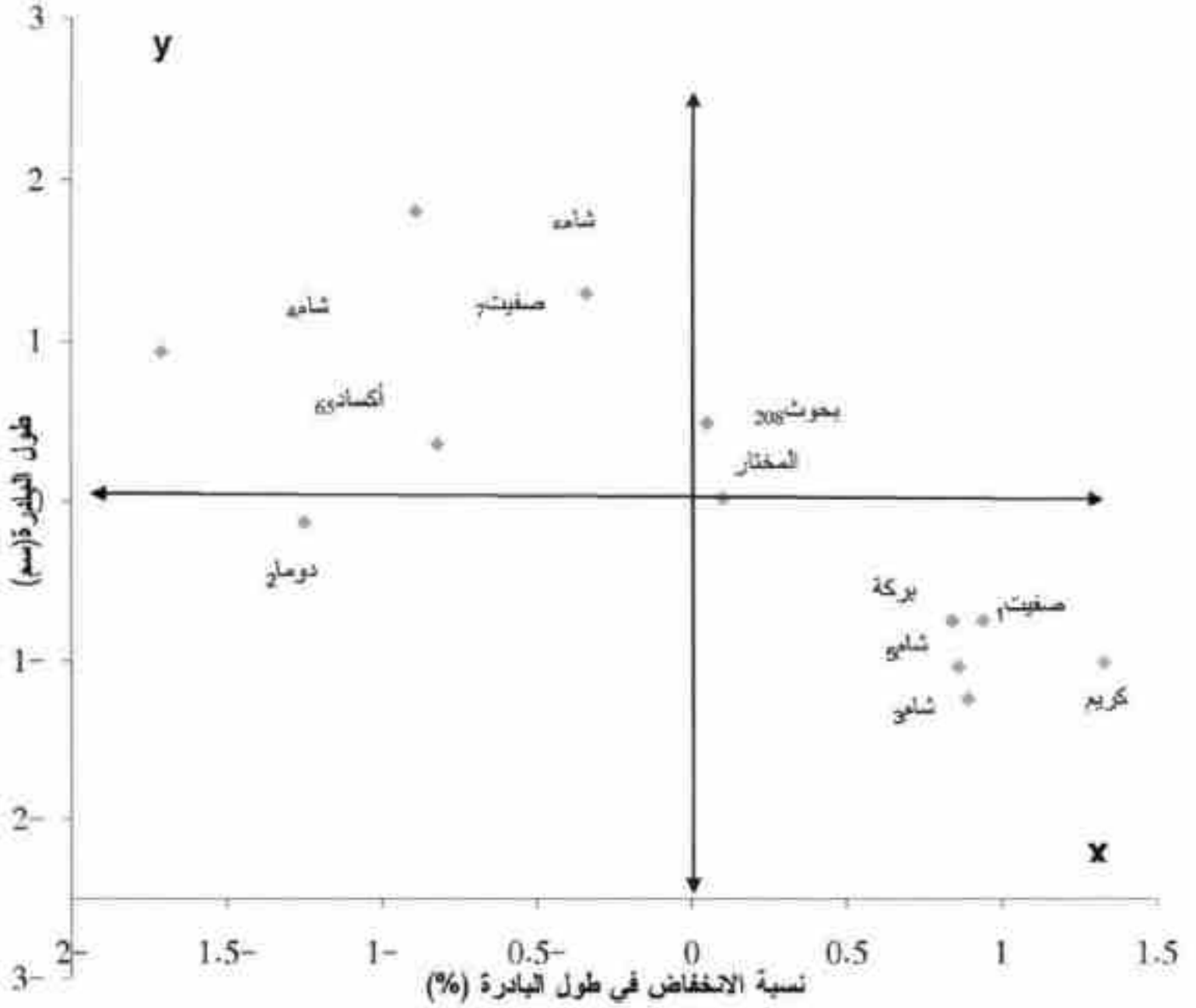
* تشير الأحرف المتماثلة إلى عدم وجود فروقات معنوية بين المعاملات عند كل صفة مدروسة.

غربلة أصناف القمح لتحمل الإجهاد الحلولي في طور البادرة الفتية: استخدمت تقانة الغربلة المطورة آنفاً لسبر التباين الوراثي Genetic variability في استجابة أصناف القمح المدروسة لتحمل الإجهاد الحلولي في مرحلة البادرة الفتية، بهدف عزل الأصناف المتحملة عن قريناتها الحساسة. واعتُمد أسلوب التحليل الإحصائي المسمى Z-distribution في تحديد طبيعة استجابة أصناف القمح المدروسة لظروف الإجهاد الحلولي استناداً إلى القيم المطلقة لطول الجذور والبادرات، ونسبة الانخفاض فيهما بالمقارنة مع الشاهد. بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P\leq0.05$) في استجابة أصناف القمح لتحمل الإجهاد الحلولي في طور البادرة الفتية. ولوحظ استناداً إلى صفتي طول الجذور والبادرات ونسبة الانخفاض فيهما أنّ أصناف القمح الطري شام$_6$، وشام$_4$، ودوما$_1$ تُصنف كطرزٍ وراثية عالية التحمل للإجهاد الحلولي، لأنّها أبدت أدنى نسبة انخفاض في طول الجذور (الشكل، 1)، والبادرات (الشكل، 2)، وكانت القيم المطلقة لهاتين الصفتين الأعلى معنوياً، في حين تُصنف أصناف القمح الطري صفيت$_1$، والقمح القاسي بركة، وكريم كأصنافٍ عالية الحساسية للإجهاد الحلولي استناداً إلى المعايير السابقة، في حين يُعد صنف القمح القاسي أكساد$_{65}$، وصنفا القمح الطري بحوث$_{208}$، وصفيت$_7$ كأصنافٍ متوسطة التحمل، وتُعد الأصناف شام$_3$، والمختار، وشام$_5$ متوسطة الحساسية للإجهاد الحلولي استناداً إلى نسبة الانخفاض في طول الجذور (الشكل، 1)، والبادرات

(الشكل، 2). وللتحقق من مصداقية تقانة الغربلة Screening technique المقترحة خلال مرحلة البادرة الفتية، تم تقويم استجابة الأصناف المدروسة للإجهاد المائي تحت ظروف الزراعة الحقلية، وإيجاد قيمة علاقة الارتباط بين أداء أصناف القمح خلال مرحلة البادرة الفتية، والنبات الكامل في الحقل. عموماً، تشير علاقة الارتباط العالية إلى صلاحية تقانة الغربلة، وإمكانية استخدامها في سبر استجابة الطرز الوراثية لتحمل الإجهاد بشكلٍ سريع وفعّال دون الحاجة إلى الزراعة في الحقل، التي تحتاج إلى الكثير من الجهد والوقت، وبخاصةٍ في حال وجود عدد كبير جداً من الطرز الوراثية المراد اختيارها.



الشكل (1): توزع أصناف القمح حسب استجابتها للإجهاد الحلولي باستخدام التحليل الإحصائي Z-distribution.



الشكل (2) يبين توزع أصناف القمح حسب استجابتها للإجهاد الحلولي باستخدام التحليل الإحصائي Z-distribution.

تقويم أهمية التحريض الحلولي: يُلاحظ من الجدول(3)، وجود فروقات معنوية ($P\leq0.05$) بين المعاملات المعتمدة للوقوف على أهمية التحريض في تحسين كفاءة البادرات في تحمل المستوى المميت من الإجهاد الحلولي. ويُلاحظ أنّ متوسط طول الجذور والبادرات كان الأعلى معنوياً في البادرات المحرضة Induced seedling (12.20، 17.7 سم على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى البادرات غير المحرّضة (6.96، 8.42 سم على التوالي). وكانت نسبة الانخفاض في طول كلٍ من الجذور والبادرات الأعلى معنوياً لدى البادرات غير المحرّضة (69.78، 69.25 % على التوالي) بالمقارنة مع البادرات المحرّضة (47.02، 35.28 %على التوالي)، ما يشير إلى أهمية التحريض في تحسين كفاءة بادرات القمح على تحمل المستويات الحلولية المميتة. ويُعزى ارتفاع نسبة الانخفاض في طول الجذور والبادرات لدى البادرات غير المحرضة إلى تعرّضها إلى صدمة حلولية Osmotic shock، 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 حدّ سواء، لأنّها لم تعط الزمن الكافي والفرصة للتعبير عن طاقتها الوراثية الكامنة. تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه العودة وزملاؤه (2005) في محصول القمح، والعودة وزملاؤه(2006) في محصول الشعير.

الجدول رقم (3): يبين أهمية التحريض في تحسين تحمل بادرات القمح 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	23.03	-	27.38	-
بادرات محرضة	12.20	47.02 B	17.72	35.28 B
بادرات غير محرضة	6.96	69.78 A	8.42	69.25 A
L.S.D	-	7.573	-	5.858
C.V%	-	3.89	-	1.24

* تشير الأحرف المتماثلة إلى عدم وجود فروقات معنوية بين المعاملات عند كل صفة مدروسة.

الغلة الحبية (غ . م$^{-2}$) Grain yield: أظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P\leq0.05$) في صفة الغلة الحبية بين المواسم والمعاملات والأصناف المدروسة والتفاعلات المتبادلة بينها. كان متوسط الغلة الحبية الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية(693.0 غ . م$^{-2}$)، بالمقارنة مع ظروف الزراعة البعلية(396.8 غ . م$^{-2}$). ويلاحظ أنّ مقدار الانخفاض في الغلة الحبية تحت ظروف الزراعة البعلية كان قرابة 42.86% بالمقارنة مع ظروف الزراعة المروية، ما يشير إلى أهمية توافر المياه، بالإضافة إلى استجابة النبات لظروف توافر المياه في تحديد الغلة الحبية النهائية. ويُلاحظ أنّ متوسط الغلة الحبية كان الأعلى معنوياً لدى أصناف القمح الطري شام$_6$، وشام$_4$، وبحوث$_{208}$، ودوما$_2$ (أكساد$_{88}$) وبفروقات معنوية بينها(770.0، 719.7، 681.0، 619.7 غ . م$^{-2}$ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الأصناف بركة، وشام$_5$، وصفيت$_1$، وأكساد$_{63}$ على التوالي وبدون فروقات معنوية بينها(379.2، 402.7، 416.4، 429.8 غ . م$^{-2}$ على التوالي) (الجدول، 5).

الجدول رقم (5): متوسط وزن الغلة الحبية (غ . م $^{-2}$) لدى أصناف القمح خلال موسمي الزراعة.

المواسم	الموسم الزراعي 2009/2008			الموسم الزراعي 2010/2009			المتوسط العام	
طبيعة الزراعة / الأصناف	مروي	بعل	المتوسط	مروي	بعل	المتوسط	مروي	بعل
شام6	944.86	430.13	687.49	1076.99	628.07	852.53	1010.92	529.1
شام4	770.81	527.37	649.09	914.92	666.88	790.9	842.86	597.12
دوما2	989.22	500.59	744.90	632.51	356.35	494.43	810.86	428.47
المختار	595.40	362.68	479.04	796.47	511.41	653.94	695.93	437.04
بحوث208	618.86	356.34	487.6	1054.53	694.12	874.32	836.69	525.23
صفيت7	602.03	290.36	446.19	750.21	514.66	632.43	676.12	402.51
شام3	453.28	264.69	358.98	675.44	460.43	567.93	564.36	362.56
شام5	496.72	260.71	378.71	593.47	259.89	426.68	545.09	260.3
أكساد65	424.18	153.33	288.75	673.83	467.96	570.89	549.00	310.64
صفيت1	504.44	200.71	352.57	597.75	362.82	480.28	551.09	281.76
بركة	573.85	192.19	383.02	498.65	251.96	375.30	536.25	222.07
كريم	804.27	469.20	636.73	589.68	339.54	464.61	696.975	404.37
المتوسط	648.16	334.02	491.09	737.87	459.51	598.68	693.01	396.76

$LSD_{(0.05)}$	المواسم(A)	المعاملات(B)	AB	الأصناف(C)	AC	BC	ABC
	95.81	30.15	42.63	78.18	110.6	110.6	156.4
C.V(%)	17.69						

مصداقية تقانة الغربلة: للتأكد من تقانة الغربلة المقترحة، فقد تمّت دراسة علاقة الارتباط البسيط بين الطرز الوراثية المدروسة خلال مرحلة البادرة الفتية بالاعتماد على مؤشري متوسط طول البادرة (طول الجذور+ طول السويقة الجنينية)، ومتوسط طول الجذور (سم) بالعلاقة مع صفة الغلة الحبية تحت ظروف الزراعة الحقلية. يُلاحظ أنّ قيمة معامل الارتباط بالنسبة إلى العلاقة بين متوسط طول البادرة ومتوسط الغلة الحبية كان قرابة (r= 0.70)، في حين كان قرابة (r = 0.71) بالنسبة للعلاقة بين متوسط طول الجذور ومتوسط الغلة الحبية. تشير قيم معامل الارتباط إلى فعّالية تقانة الغربلة المقترحة بنسبة 70%، أي يساعد اعتماد تقانة الغربلة بالاعتماد على الاستجابة للتحريض الحلولي خلال مرحلة البادرة الفتية في التنبؤ بأداء الطرز الوراثية المدروسة بمصداقية تقارب 70% بالمقارنة مع ظروف الزراعة الحقلية. تكمن أهمية مثل هذا الاستنتاج في أمكانية سبر

التباين الوراثي استجابة لظروف الإجهاد المائي بنجاح خلال مرحلة البادرة الفتية دون الحاجة إلى تقييم أداء الطرز الوراثية موضع الدراسة تحت ظروف الزراعة الحقلية بالاعتماد على العديد من المؤشرات المرتبطة بالإجهاد المائي. يساعد ذلك في توفير الوقت والجهد والمال والوصول إلى نتائج أكيدة بنسبة 70% خلال فترة زمنية وجيزة لا تتجاوز 10 أيام، وهذا مهم جداً وخاصة في حال وجود عدد كبير جداً من المدخلات الوراثية المجهولة الاستجابة لظروف الإجهاد المائي، حيث تُعد عملية غربلتها عند مستوى النبات الكامل في الحقل مهمة شبه مستحيلة. تتوافق هذه النتائج مع ما توصلت إليه الشيخ علي (2006) في محصول القمح.

الاستنتاجات Conclusions

- يُعدُّ أسلوب الغربلة المقترح وسيلة فعّالة وناجعة في كشف التباين الوراثي في استجابة طرز القمح القاسي والطري لتحمل الإجهاد المائي (الحلولي) عند مرحلة البادرة الفتية.
- يؤدي التحريض الحلولي دوراً مهماً في تحسين مقدرة بادرات القمح على تحمل المستويات المميتة من الإجهاد الحلولي.
- يعتمد نجاح أسلوب الغربلة على النقل المرحلي Stepwise transfer للبادرات من المستويات المجهدة غير المميتة إلى المستويات المميتة من الإجهاد.

المـــراجـــــع REFERENCES

- **التمو طلال** منور، 2007- **دراسة خصائص بعض التراكيب الوراثية من الشعير(*Hordeum spp*) وتقويم أهميتها كمصادر وراثية لتحمل الجفاف**. رسالة ماجستير، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، الجمهورية العربية السورية.
- **السليمان** ناهد، 2010- **تأثير الأسمدة العضوية في بعض المؤشرات الفيزيولوجية والإنتاجية للقمح القاسي (*Triticum durum L.*) في ظروف الإجهاد المائي**. رسالة ماجستير، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة حلب، الجمهورية العربية السورية.
- **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.
- **العودة** أيمن، 2005- **بعض الرؤى الفيزيولوجية لتحسين غلة محصول القمح الحبية ضمن الظروف البيئية المناسبة**. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، 21(2) ص: 37-50.
- **العودة** أيمن؛ و **صالح** رفيق؛ و**الشيخ علي** رؤى، 2006- **تقييم استجابة بعض أصناف الشعير المحلية لتحمل الإجهاد الحلولي في مرحلة النمو الأولي**. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، 22(1):ص 15-33.

- **العودة أيمن؛ و صبوح محمود؛ و جودة محمد، 2005- تقويم استجابة بعض الطرز الوراثية من القمح (*Triticum spp*) للإجهاد المائي في طور البادرة.** مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، 21(1): ص 15-36.
- **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): ص44-56.
- **جنود غادة، 2008- دراسة التباين الوراثي لتحمل الجفاف في بعض الأصول الوراثية للقمح.** رسالة ماجستير، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، الجمهورية العربية السورية.

-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.

-CECCARELLI S.; GRANDO S.; BAUM M. and UDUPA M., 2004- **Breeding for drought resistance in changing climate**. Crop Science Society of America and American Society of Agronomy, 677 S. Segoe Rd., Madison, WI 53711, USA. Challenges and Strategies for Dryland Agriculture. CSSA Special Publication no.32.

-COSSGROVE D.J., 1989- **Linkage of wall extension with water and solute uptake. Physiology of Cell Expansion During Plant Growth** (D.J. Cossgrove and D.P. Knievel, ed.), Am. Sci. Plant Physiology, Rockville, Md. Pp. 88-100.

-GANESH K.,1999- **Identification of thermo-tolerant lines in sunflower (Helianthus annuus L.). Based on temperature induction response (TIR): Role of HSP_S and LEA_S in temperature and osmotic stress.** PhD. Thesis submitted to University of Agricultural Sciences, Bangalore, India. ,

-GANESH K. M.; SAVITHA R.;GAPALAKRISHNA K.;MUKHOPDHYAY G.; RAMA M, and M. UDAYA KUMAR , 1998- **Enhanced expression of heat shock proteins in thermotolerant lines of sunflower and their progenies selected on the basis of temperature induction responses**. Theor. Appl. Genet.

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

Evaluation the Genetic Variability for Osmotic Stress Response at seedling level of Some Wheat Genotypes using Osmotic Induction Response Technique

Omar AL-Toome **Ayman AL-Ouda** **Mokhles Shaherli**

Abstract

A laboratory study was conducted in order to evaluate the response of some bread and durum wheat genotypes to osmotic stress at the seedling stage by using a the osmotic induction response technique (OIR), to assess the effectiveness and validity of the proposed screening tool in identifying the stress tolerant genotypes, through comparing the performance of the investigated genotypes at both seedling stage and plant level in the field under drought conditions, in addition to the evaluation importance of induction stress in improving the tolerance of the osmotically-induced wheat seedlings to the lethal levels of osmotic stress. The field experiments were laid according to randomized complete block design (RCBD), while the lab. experiment was laid according to complete randomized design(CRD) with three replicates for both of them. Statistical analysis results revealed significant variation in the response of the investigated wheat genotypes to osmotic stress at seedling stage, where the bread wheat varieties ($Cham_6$, $Cham_4$, and $Douma_2$), and the durum wheat variety $Acsad_{65}$ were classifies as highly osmotic stress tolerant varieties, while the bread wheat variety ($Safeet_1$), and the durum ones (Barkha, $Cham_3$, $Cham_5$ and Khareem) were classified as highly sensitive varieties. It has been noticed that the length of roots and seedlings (roots + shoots) was significantly higher in the osmotically-induced seedlings (12.20 and 17.72 cm respectively), while the length of such traits was significantly lower in the non-induced seedlings, which were transferred directly to the lethal level of osmotic stress (6.96, and 8.42 cm respectively), and the reduction percentage of the length of roots and seedlings was significantly higher in the non-induced seedlings (69.78 and 69.25% respectively), while it was significantly lower in the induced seedlings (47.02 and 35.28% respectively), indicating the relevance of induction in improving the tolerance efficiency of the seedlings exposed to the lethal levels of osmotic stress. There was a positive significant correlation between the average seedling length and grain yield ($r = 0.70^{*}$), assuring the effectiveness of the proposed screening tool to differentiate the drought tolerant varieties from the susceptible ones.

Key words: Osmotic stress, Screening tool, Induction, Early seedling vigor, Grain yield, wheat.