مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية ــ (2005) ــ المجلد (21) ــ العدد 1 ــ الصفحات: 15-36

تقويم استجابة بعض الطرز الوراثية من القمح (Triticum spp.) للإجهاد المائي في طور البادرة

أيمن الشحادة العودة[1] و محمود صبوح[2] و محمد عادل جودة[3]

الملخص

نفذت هذه الدراسة في مخابر كلية الزراعة في جامعة دمشق والمركز العربي (أكساد) خلال العام 2001 – 2002 م بهدف سبر التباين الوراثي في استجابة عشرين طرزاً وراثياً من القمح للإجهاد المائي (PEG-6000 induced water stress) باعتماد أسلوب غربلة مخبري. هدفت التجربة إلى تطوير تقانة غربلة سريعة وفعالة، يتحدد فيها كل من المستويين المحرض والمميت الأمثل من الإجهاد المائي.

بينت نتائج الدراسة أن المعاملة 0.4 MPa – كانت بمنزلة المستوى المحرض الأمثل، في حين كانت المعاملة 1.5 MPa – المستوى المميت الأمثل.

وأظهرت نتائج الدراسة وجود فروق معنوية في استجابة طرز القمح للإجهاد الحلولي Osmotic stress (PEG-6000). حيث أبدت الطرز المتحملة للإجهاد المائي، مثل، (حماري أحمر، حوراني نووي، سيناتور كابيللي، جورجيت، حوراني أيوبية) تراجعاً أقل في معدل النمو خلال فترة الإجهاد المائي، وقدرة أكبر على استعادة النمو في نهاية فترة استعادة النمو بالمقارنة مع الطرز الحساسة للإجهاد المائي، مثل، (بلدية حمراء، ناب الجمل، شيحاني، حوراني عادي، حوراني منتخب).

أدّى التحريض دوراً حيوياً في زيادة قدرة البادرات المحرضة في تحمل المستويات المميتة من الإجهاد المائي، وأظهرت البادرات المحرضة قدرة أكبر على استعادة النمو بالمقارنة مع البادرات غير المحرضة. وكانت قدرة الطرز عالية التحمل للإجهاد المائي في استعادة النمو أكبر من الطرز الحساسة، وتفوق نمو بعض الطرز المتحملة بشكل مميز للإجهاد المائي (حماري أحمر، حوراني نووي) على نمو حتى بادرات الشاهد في نهاية فترة استعادة النمو.

تعد صفة القدرة على استعادة النمو من المؤشرات البيولوجية المهمة في إبراز كفاءة التحمل الحقيقي الكامنة للإجهاد المائي، وتعطي فكرة عن كمية الوسائل الدفاعية المصنعة والمستخدمة في وقاية المكتنفات الخلوية المختلفة من تأثير المستوى المميت من الإجهاد المائي، والمحافظة على حياة الخلايا النباتية خلال فترة الإجهاد المائي المميت.

اكتسبت البادرات المحرضة حلولياً قدرة أكبر على تحمل المستوى المميت من الإجهاد المائي بالمقارنة مع البادرات المحرضة ملحياً (NaCl).

الكلمات المفتاحية: الإجهاد المائي، الإجهاد المحرض، الإجهاد المميت، الإجهاد الحلولي، استعادة النمو، تقانة الغربلة، طرز القمح.

[1] مدرس، [2] أستاذ ــ قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، ص.ب. 30621، سورية.

[3] مدير الإدارة النباتية في المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة ACSAD، ص.ب. 2440، دمشق.

Evaluation the Response of Some Wheat Genotypes at Seedling Stage to Water Stress

A.AL-Ouda[(1)], M.Y.Sabbouh[(2)] and M.A. Goodh[(3)]

ABSTRACT

This study was carried out at the Faculty of Agriculture, Damascus University, and ACSAD during the year 2001 – 2002 in order to assess the genetic variability of twenty wheat genotypes for osmotic stress tolerance by using PEG-6000 as a water stress induced tool. This trial aimed to develop a semi-natural rapid and effective screening technique in which the optimum induction as well as lethal levels of osmotic stress are well defined .

The results revealed that the treatments –0.4 MPa and –1.5 MPa were the optimum induction and lethal levels of osmotic stress, respectively.

The results showed significant differences in the response of different wheat genotypes to PEG-6000 induced osmotic stress. The highly drought tolerant genotypes such as, Hammri Ahmar, Hourani Nawawi, Sinator Cabilly, Jorjate, and Hourani Ayoobia showed a lower growth rate reduction during osmotic stress, and a higher ability of recovery growth at the end of recovery period compared to drought sensitive ones such as, Baladia Hamra, Na'ab AL-Jamal, Sheehani, Hourani A'adi, and Hourani CV .

Interestingly, the most highly resistant wheat genotypes namely Hourani Ahmar, and Hourani Nawawi exhibited a greater total growth rate than even the non- osmotically stressed seedlings (control) at the end of the recovery growth period.

Induction stress played an important role by increasing the capability of induced seedlings of tolerating the severe levels of stress, and they were more capable of recovering compared to the non-induced seedlings.

The recovery growth trait can be considered as one of the highly relevant parameters indicating the potentiality of osmotic stress tolerance, and it may give an idea about the amount of stress responsive proteins synthesized, and consequently used to protect the most sensitive plant cell organells, and maintain plant cells vitality under osmotic stress conditions.

The osmotically-induced seedlings could endure the severe level of moisture stress better than the NaCl-induced wheat seedlings .

[(1)j] [(2)] Associate Professor, Professor, Agronomy Dep., Faculty of Agriculture, Damascus University, Damascus, P.O.Box. 30621.

[(3)] Director of Plant Resources Division, ACSAD, P.O.Box. 2440. Damascus.

Key Wards: Water stress, Lethal stress, Osmotic stress, Recovery growth, Screening technique, Wheat genotypes.

المقـــدمـــة

يحتل محصول القمح مكانة مميزة في قائمة المحاصيل الحبية الغذائيـــة فـــي العـــالم، ويتصدر المحاصيل الحقلية من حيث المساحات المزروعة في البيئات المعتدلة Temperate zones نظراً لقدرته العالية على التكيف Adaptability، وأهميته كمادة أولية فـــي إنتـــاج الخبز، بالإضافة إلى أهميته في صناعة المنتجات التقليدية المختلفة كالمعكرونة، والشعيرية، والفريكة، والكوسكوس. تعد محاصيل الحبوب من أهم المحاصيل المزروعة في الـــوطن العربي، وقد حقق الوطن العربي تقدماً لابأس به في إنتاج الحبوب، وخاصةً القمح. ففـــي الوقت الذي نقصت فيه مساحة الحبوب في العالم نحو 4% زادت في الوطن العربي نحو 32%. يتركز إنتاج القمح في سبع دول عربية، حيث تأتي مصر في مقدمتها 32.5%، تليها المغرب 23.4%، ثم سورية 22% من إنتاج القمح في الوطن العربـــي (FAO, 1999). بينت الإحصائيات تراجعاً في المساحة المزروعة والإنتاجية، خاصةً في الزراعات البعلية، نتيجة التذبذب الحاد في معدلات الهطول المطري، وارتفاع درجات الحرارة بسبب ظاهرة الاحتباس الحراري، فيتعرض بذلك المحصول لفترات قصيرة أو طويلة من الجفاف خلال مراحل النمو المختلفة (Aesawy,2000) .

عندما يتراجـــع محتوى التربـــة المائـــي تصبح كمية المـــاء المفقود بالتبخر النتحـــي Evapo-Transpiration أكبر من كمية الماء الممتص مـــن قبـــل المجمـــوع الجـــذري، فتتعرض النباتات إلى العجز المائي Water deficit. يُعـــدُّ المـــاء ضـــرورياً للعمليـــات الاستقلابية على المستوى الخلوي وعلى مستوى النبات الكامل، وأي انخفاض في كميـــة الماء المتاح سيكون له تأثير مباشر في نمو النبات، والعمليات الحيوية الأخرى ابتداءً مـــن استطالة الخلايا النباتية وانتهاءً بالتنفس (Hsiao and Acevedo, 1976).

طورت النباتات العديد من الآليات الشكلية والفيزيولوجية لتحمل الإجهاد المائي، وذلك إما بتجنب الإجهاد المائي Drought avoidance، أو تحمله Drought tolerance، حيـــث تسمح مثل هذه التكيفات ببقاء النباتات على قيد الحياة Survival، أو حتى المحافظة علـــى الحد الأدنى من النمو في ظل الظروف البيئية القاسية (Levitt, 1972).

تُعدُّ آليات تجنب الجفاف التي تضمن المحافظة على امتلاء الخلايـــا النباتيـــة مـــن أكثـــر الصفات المرغوب فيها خلال فترات الجفاف القصيرة الأمد، ولكنها تعجز عن تأمين الاتـــزان المائي في الخلايا النباتية عندما تطول فترات الجفاف أو تزداد شدته، ولكـــي تـــتمكن الخلايـــا النباتية من البقاء حية لابد أن تطور آليات تحمل حقيقية عند تعرضها للظروف البيئيـــة غيـــر المناسبة، تسمح في المحافظة على النمو خلال فترة الإجهاد المائي، وتؤمن أيضاً القدرة علـــى استعادة النمو Growth recovery عند انقضاء العامل المحدد للنمو (الجفاف).

يحدث خلال فترة الإجهاد المائي تراجع في نمو الأوراق، وارتفاع في درجة حرارة الأوراق Leaf Firing، والشيخوخة المبكرة لها. يحد تراجع المساحة الورقية من فقد الماء، لكنه يسبب تراجعاً في معدل نمو المحصول والغلة الاقتصادية بسبب تراجع كفاءة النبات التمثيلية. عموماً، تُعدُّ المحافظة على مساحة المسطح الورقي الأخضر صفة مرغوباً فيها تحت ظروف الجفاف الذي يحدث خلال فترات محددة ومتقطعة من حياة النبات Intermittent stress، إلا أنها صفة غير مرغوب فيها عند حدوث الجفاف في المراحل الأخيرة من حياة النبات Terminal stress (Ludlow and Muchow, 1988).

يمكن أن يخفف استمرار نمو الجذور في الترب الجافة من تأثير الجفاف في نمو المحصول من خلال امتصاص الماء من طبقات التربة العميقة الرطبة، والمحافظة على ضغط امتلاء الخلايا النباتية. بينت العديد من الدراسات أن نمو الجذور أقل تأثراً بالجفاف من نمو المجموع الهوائي (Sharp et al., 1988; Westagate and Boyer, 1985). وتؤدي زيادة نسبة المجموع الجذري إلى المجموع الهوائي Root/shoot ratio دوراً مهماً في تمكين النبات من تجنب التأثير الضار للإجهاد المائي الزائد نتيجة امتصاص كمية من الماء كافية لتعويض الماء المفقود بالتبخر – نتح .

أظهرت بادرات القمح الربيعي المعرضة لمستويات مختلفة من الإجهاد المائي (-3, -5, -6, -9 Bar) باستخدام سكر PEG- 9000، تراجعاً في عدد الجذور، وعدد الأوراق، وطول السويقة الجنينية، وطول الورقتين الأولى والثانية، ووزن المادة الجافة بالمقارنة مع الشاهد(Boubaker and Yamada, 1995).

تتوقف استجابة الطرز الوراثية المختلفة، ومدى الحكم عليها كمدخلات متحملة أو حساسة للإجهاد المائي على كفاءتها في استعادة النمو عند زوال العامل البيئي المحدد للنمو (الإجهاد المائي). ويعتمد تطور المساحة الورقية خلال فترة الإجهاد المائي على عاملين اثنين هما، استطالة الأوراق وشيخوختها. توجد علاقة ارتباط وثيقة بين حجم المسطح الورقي الأخضر وغلة البذور حتى ضمن ظروف الإجهاد المائي. لذلك فإن المدخلات أو الطرز الوراثية التي تمتلك القدرة على المحافظة على تطور المساحة الورقية خلال فترة الإجهاد المائي من ناحية، واستعادة النمو وإعطاء مساحة ورقية جيدة بعد زوال العامل المجهد، من ناحية أخرى ستكون أكثر مقدرة في إعطاء غلة حبية عالية. لذا، يجب أن تركز تجارب الغربلة لتحمل الإجهاد المائي على انتخاب الطرز الوراثية Genotypes التي تتمتع بمعدل استطالة ورقية أعظمي بعد انقضاء العامل المحدد للنمو (الجفاف).

بينت نتائج دراسة تأثير الإجهاد الحلولي الناجم عن إضافة سكر البولي إيثيلين جلايكول (PEG) إلى المحلول المغذي في استجابة صنفين من القمح أحدهما متحمل

للجفاف (Huelquen)، والآخر حساس (Saitama) للإجهاد المائي، حدوث تراجع في الوزن الجاف للمجموعتين الهوائية والجذرية، وتراجع نسبة المجموعة الهوائية إلى المجموعة الجذرية، ومحتوى الماء النسبي (RWC)، وكان التراجع في هذه المؤشرات أكبر في الطراز الحساس بالمقارنة مع الطراز المتحمل، ويصطنع الطراز المتحمل كمية أكبر من البرولين (Kastori et al., 1999). وتشير هذه النتائج إلى أهمية هذه المؤشرات في المحافظة على ضغط الامتلاء في الخلايا النباتية ، لضمان استمرار استطالة الخلايا النباتية ونمو أجزاء النبات المختلفة والمحافظة على الاتزان المائي داخل الخلايا النباتية بما يضمن سلامة الخلايا النباتية خلال فترة الإجهاد المميت، وتمنح هذه الطرز قدرة أكبر على استعادة النمو عند انتهاء فترة الجفاف وعودة الظروف البيئية إلى طبيعتها المناسبة لنمو النباتات وتطورها.

لاحظ الباحثان Rao وRamamoorthy (1980) تراجعاً في معدل امتصاص الآزوت من قبل ستة أصناف محسنة من القمح بمعدل 39 % عندما تعرضت للجفاف في مراحل مختلفة من حياة النبات. ويؤثر تدني معدل امتصاص العناصر المعدنية المغذية بشكل عام والنترات (NO^-_3) بشكل خاص ضمن ظروف الإجهاد المائي في معدل النموّ الخضري، ومساحة المسطحّ الورقي الأخضر الفعّال في امتصاص الطاقة الضوئية وتحويلها إلى طاقة كيميائية بفعل عملية التمثيل الضوئي.

وأظهرت نتائج دراسة لتأثير الإجهاد المائي في أربعة طرز وراثية من القمح والشعير الربيعي أن تخفيض السعة الحقلية من 60 إلى 35 %، قد أدى إلى تراجع صافي التمثيل الضوئي بمقدار الضعف بالمقارنة مع النباتات المروية بشكل جيد (غير مجهدة مائياً) نتيجة تراجع الناقلية المسامية (g_s) من 0.25 – 0.35 إلىً 0.15 – 0.2 مول(H_2O) /م/ثا، مما يؤدي إلى تراجع انتشار غاز الكربون عبر المسامات، مما ينعكس سلباً على كمية غاز الفحم المتاح في مراكز التثبيت (Ci)، فيتراجع بذلك معدل التمثيل الضوئي وتصنيع المادة الجافة اللازمة لنمو المجموعتين الهوائية والأرضية (Loboda, 2000).

يُعدُّ 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). تكمن أهمية آلية التحمل الحقيقية في تحسين كفاءة النباتات في تحمل ظروف الإجهاد، وتحافظ على نموها، وإنتاجها بشكل مقبول. وقد تم توصيف عدد قليل جداً من البروتينات المصنعة استجابةً للإجهاد المائي، ويعتقد أن يكون لها دور مهم في وقاية الخلايا النباتية من وطأة التأثير السلبي الناجم عن الجفاف (Ingram and Bartels, 1996).

غالباً ما تبدي النباتات ما يسمى اصطلاحاً التكيف المتصالب، بمعنى آخر، فإنَّ التعرض لمستوى غير مميت من إجهاد ما يكسب النبات القدرة على تحمل مستوى مميت

من إجهاد آخر مختلف تماماً عن الإجهاد الأول. وإنَّ لهذه القدرة على التكيف المتصالب في النباتات تطبيقات عملية مهمة، ويعدُّ أيضاً بمنزلة وسيلة يمكن من خلالها التحري عن العلاقات الجزيئية – البيوكيميائية بين الإجهادات البيئية المتنوعة.

يعد غياب أسلوب الغربلة المناسب أحد أهم المعوقات التي تقف حجر عثرة دون استغلال التباين الوراثي Genetic variability في التحمل الحقيقي للجفاف، وخاصة أسلوب الغربلة الذي يسمح بتقويم المدخلات استناداً إلى قدرتها على البقاء، والتباين الوراثي في قدرة المدخلات على استعادة النمو بعد زوال العامل المحدد للنمو (الجفاف).

ولكي يكون أسلوب الغربلة المراد تطويره فعالاً في عزل المدخلات حسب استجابتها للإجهاد المائي ، يجب أن يتفق مع ما يحدث فعلاً في الطبيعة، حيث تتعرض النباتات أولاً لمستوى غير مميت من الإجهاد Sub-lethal level (محرض) قبل أن تصبح عرضة للمستوى المميت. يكون تراجع محتوى التربة المائي تدريجياً من الأعلى إلى الأسفل في قطاع التربة الذي تنتشر فيه جذور النباتات المزروعة، مما يعرض النباتات في المراحل الأولى من الجفاف إلى مستويات غير مميتة من الإجهاد المائي، قبل أن تتعرض لمستويات الجفاف المميتة. تعدُّ المدخلات ذات القدرة الوراثية الكامنة الأكبر في تصنيع الوسائل الدفاعية (بروتينات دفاعية مثل LEA، ذائبات عضوية، أحماض أمينية حرة، أميدات ...الخ)، أكثر كفاءة في ضمان سلامة وحياة عدد أكبر من خلاياها، وأقدر على استعادة النمو، ويمكن بناءً على ذلك تحديد درجة تحملها أو حساسيتها للإجهاد المائي Water stress، (Uma et al., 1996 و Ganesh Kumar et al., 1998).

تتمثل العقبة الأساسية في انتخاب المدخلات/ السلالات عالية التحمل للإجهاد المائي Highly drought tolerant genotypes، في غياب تقانة الغربلة الفعالة في تحديد هوية الطرز عالية التحمل من بين مئات أو آلاف الطرز، ويمكن أن يلاحظ الاختلاف في قدرة المورثات التي تتفعل ضمن ظروف الإجهاد فقط عند إمرار البادرات أولاً بمستوى غير مميت (محرض) يعقبه مستوى مميت من الإجهاد الحلولي. ويكون التعبير الوراثي أعلى ما يمكن عندما يكون التحريض مثالياً .

ركزت هذه الدراسة على الأهداف الآتية:

1 – إيضاح أهمية التحريض Induction في تحسين كفاءة النباتات في تحمل المستويات المميتة من الجفاف.

2 – تطوير أسلوب غربلة شبه طبيعي سريع، وفعّال في تمييز المدخلات الوراثية المتحملة للجفاف عن نظيراتها الحساسة.

3 – الوقوف على أهمية القدرة على استعادة النمو بوصفه مؤشراً بيولوجياً يعكس مستوى التحمل الحقيقي الكامن.

4 – تقييم الوقاية المتصالبة Cross protection، وأثر طبيعة الإجهاد المحرض (تحريض ملحي، وتحريض جفافي) في قدرة المدخلات على تحمل المستوى المميت من الإجهاد المائي.

مواد البحث وطرائقه

نفذت التجارب في مخبر بحوث المحاصيل الحقلية– كلية الهندسة الزراعية – مزرعة أبي جرش، خلال العام 2002–2001. واستخدم في هذه الدراسة عشرون طرازاً وراثياً من القمح القاسي Triticum durum والطري Triticum aestivum، تم الحصول عليها من المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة ACSAD. وحللت النتائج إحصائياً باستخدام برنامج MSTAT-C . ويبين الجدول الآتي أهم السلالات المحلية من القمح المدروسة.

رقم الطراز	اسم الطراز	نوع القمح
1	حوراني عادي	قاسي
2	حوراني نووي	قاسي
3	حوراني أيوبية	قاسي
7	حوراني منتخب	قاسي
9	حماري عادي	قاسي
10	حماري أحمر	قاسي
11	مسكلاوي	قاسي
13	شيحاني	قاسي
15	ناب الجمل	قاسي
18	شهباء	قاسي
20	مصرية A	قاسي
21	بلدية حمراء	قاسي
23	بياضي	قاسي
25	فرعوني A	قاسي
27	فرعوني C	قاسي
29	جورجيت	قاسي
30	سويد	طري
32	قندهاري أبيض	طري
34	بلدية حمراء B	طري
35	سناتور كابللي (مدخل محلي)	قاسي

أرقام السلالات المحلية كما وردت من المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة ACSAD .

يعدُّ تعريض البادرات أولاً لإجهاد مائي غير مميت قبل تعريضها لمستويات شديدة من الإجهاد المائي أمراً أساسياً لكشف التباين الوراثي من خلال إعطاء كل المدخلات موضع الدراسة فرصة كافية (خلال فترة الإجهاد المحرض) لتهيئة أكبر كمية ممكنة من وسائلها

الدفاعية لتحمل المستوى المميت من الإجهاد. إذاً لابد من تحديد المستوى المحرض الأمثل وكذلك المستوى المميت الأمثل.

أولاً – تحديد المستوى المميت الأمثل من الإجهاد الحلولي

معاملة المستوى المميت الأمثل: هي معاملة الجهد الحلولي التي تكون شديدة بشكل كاف لإحداث موت في البادرات بنسبة 50 %، أو تخفيض في النمو مقداره 50 % بالمقارنة مع البادرات غير المحرضة في نهاية فترة استعادة النمو.

عرضت بادرات القمح (بعمر ثلاثة أيام) (بطول 2.5 سم) لمستويات مميتة مختلفة من الإجهاد الحلولي (0.0، -1.0، -1.1، -1.2، -1.3، -1.4، -1.5، -1.6، -1.7، -1.8، -1.9، -2.0 MPa)، والمحضرة باستخدام سكر PEG- 6000 مدة يومين، ثم نقلت البادرات إلى الماء المقطر لتستعيد نموها مدة ثلاثة أيام، وتركت في الوقت نفسه بادرات قمح في أطباق بتري تحتوي على ماء مقطر فقط واعتبرت كشاهد مطلق تُحسب على أساسه نسبة الانخفاض في نمو الجذور أو البادرة المعاملة. وضع في كل طبق بتري (بقطر 11سم) لكل من المعاملات والشاهد عشر بادرات وبواقع ثلاثة مكررات لكل معاملة. وسجل طول كل من الجذور (أطوال جميع الجذور)، والبادرة (مجموع طول السويقة الجنينية والجذور) في نهاية فترة استعادة النمو، وحسبت نسبة الانخفاض في نمو الجذور أو البادرة بالمقارنة مع الشاهد المطلق وفق المعادلة الآتية، (Ganesh Kumar et al., 1998).

$$M = \frac{R - S}{R} \times 100$$

حيث: M: نسبة الانخفاض في طول الجذور (%) .
R: متوسط نمو الجذور في الشاهد (cm) .
S: متوسط نمو الجذور في المعاملة (cm) .

ثانياً – تحديد المستوى المحرض الأمثل من الإجهاد الحلولي

معاملة المستوى المحرض الأمثل: هي معاملة الإجهاد الحلولي غير المميتة Sub-lethal، والتي تبدي عندها البادرات المحرضة بعد نقلها إلى مستوى الإجهاد الحلولي المميت الأمثل أقصى معدل نمو في نهاية فترة استعادة النمو.

عرضت بادرات القمح (بعمر ثلاثة أيام) لمستويات محرضة مختلفة من الإجهاد الحلولي (0.0، -0.1، -0.2، -0.3، -0.4، -0.5، -0.6، -0.7، -0.8، -0.9، -1.0 MPa) والمحضرة أيضاً باستعمال سكر PEG- 6000 مدة 16 ساعة، ثم نقلت البادرات المحرضة من كل معاملة على حدة إلى المستوى المميت الأمثل المحدد مسبقاً

(-1.5 MPa)، وتركت مدة 48 ساعة. نقلت بعد ذلك البادرات إلى أطباق بتري تحتوي على ماء مقطر فقط وسمح لها باستعادة النمو مدة 72 ساعة، وسجل في نهاية فترة استعادة النمو طول كل من الجذور والبادرة في جميع المعاملات بما في ذلك معاملة الشاهد غير المحرض (0.0 MPa). ثم قدرت نسبة الزيادة في طول الجذور والبادرة. تُعدُّ المعاملة التي يكون عندها نسبة الزيادة أكبر ما يمكن بالمقارنة مع الشاهد (دون تحريض) بمنزلة المستوى المحرض الأمثل.

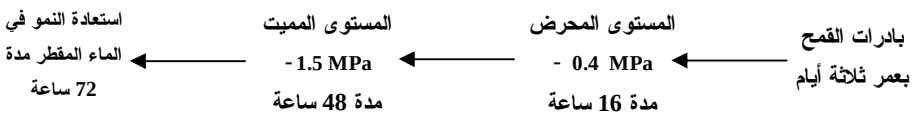
تقدر نسبة الزيادة في النمو بالمعادلة الرياضية الآتية، (Ganesh Kumar et al., 1998).

$$I = [(T - R) / R] \times 100$$

حيث: I : النسبة المئوية للزيادة في النمو (%) .
T : النمو خلال فترة استعادة النمو للمعاملة (cm) .
R : النمو خلال فترة استعادة النمو للشاهد (cm) .

ثالثاً : غربلة طرز القمح لتحمل الإجهاد المائي بطور البادرة

عوملت البذور بشكل سطحي بمحلول 0.1 % $HgCl_2$ ونبتت في درجة حرارة 25°C، ورطوبة نسبية (RH %) 60 % ضمن الحاضنة. ثم عرضت البادرات من كل طراز على حدة إلى المستوى المحرض الأمثل (-0.4 MPa) مدة 16 ساعة، ثم نقلت البادرات إلى المستوى المميت الأمثل (-1.5 MPa) مدة 48 ساعة، ثم وضعت بالماء المقطر مدة 72 لاستعادة نموها وفق أسلوب الغربلة الآتي:



وتركت بادرات القمح من كل طراز على حدة في الماء المقطر من بداية التجربة وحتى نهايتها واعتمدت كشاهد مطلق.

سجلت أطوال كل من الجذور والبادرات في نهاية فترتي الإجهاد المائي المميت واستعادة النمو في جميع الطرز، وقدر معدل النمو خلال فترة استعادة النمو وكذلك نسبة الانخفاض في النمو في نهاية فترة استعادة النمو بالمقارنة مع الشاهد المطلق. وتم تقويم الطرز حسب نسبة الانخفاض في النمو، لتحديد طبيعة استجابتها للإجهاد الحلولي .

تمت بهدف معرفة ماهية التداخل بين الإجهادين الملحي والجفافي، دراسة أثر طبيعة التحريض (جفافي، ملحي) في تحمل النباتات المعرضة للإجهاد المائي المميت لمعرفة

أيهما أفضل التحريض المتماثل (جفافي غير مميت ← جفافي مميت)، أم التحريض المتباين (ملحي غير مميت ← جفافي مميت)؟

نفذت لهذه الغاية تجربة مخبرية، عُرضت فيها بادرات القمح (بعمر ثلاثة أيام) من الطراز عالي التحمل للإجهاد المائي (حوراني نووي) إلى المعاملات الآتية:

المجموعة الأولى: نقلت البادرات إلى مستوى محرض (غير مميت) من الإجهاد الملحي (20mM NaCl) .

المجموعة الثانية: نقلت البادرات إلى المستوى المحرض الأمثل من الإجهاد المائي (-0.4 MPa PEG- 6000)، وللاستدلال على أهمية التحريض بشكل عام، وضعت مجموعة ثالثة من البادرات في الماء المقطر خلال فترة التحريض (16 ساعة)، ثم نقلت البادرات المحرضة من كل مجموعة على حدة إلى المستوى المميت من الإجهاد المائي (-1.5 MPa PEG- 6000) وتركت فيه مدة 48 ساعة. وسجلت في نهاية فترة الإجهاد المائي المميت أطوال كل من الجذور والبادرات في كل من المعاملات الثلاث المختلفة، ومن ثم نقلت مباشرة إلى الماء المقطر، وتركت مدة ثلاثة أيام لتستعيد نموها، وسجلت في نهاية فترة استعادة النمو أطوال كل من الجذور والبادرات في المعاملات الثلاث.

تركت مجموعة رابعة من البادرات في الماء المقطر من بداية التجربة وحتى نهايتها كشاهد مطلق، وحسبت نسبة الانخفاض في طول كل من الجذور والبادرات بالمقارنة مع الشاهد المطلق، واعتمد كمعيار لتقويم أثر طبيعة التحريض في استجابة البادرات للإجهاد المائي المميت.

النتائج والمناقشة

1 – تحديد المستوى المميت الأمثل من الإجهاد المائي عند مستوى البادرة

يبين الجدول (1) وجود فروق معنوية في تأثير المعاملات المميتة المختلفة من الإجهاد الحلولي في طول كل من الجذور والبادرات. عموماً، يتراجع متوسط طول جذور القمح وبادراته طرداً مع زيادة شدة الإجهاد المائي، أو كلما أصبح الجهد المائي للمحلول المستخدم أكثر سلباً، وتزداد تبعاً لذلك نسبة الانخفاض في طول كل من الجذور والبادرات بالمقارنة مع الشاهد المطلق. يُعدُّ المستوى المميت (-1.5 Mpa PEG- 6000)، بمنزلة المستوى المميت الأمثل كونه أدى إلى تخفيض طول كل من الجذور والبادرات بمقدار 50 % تقريباً.

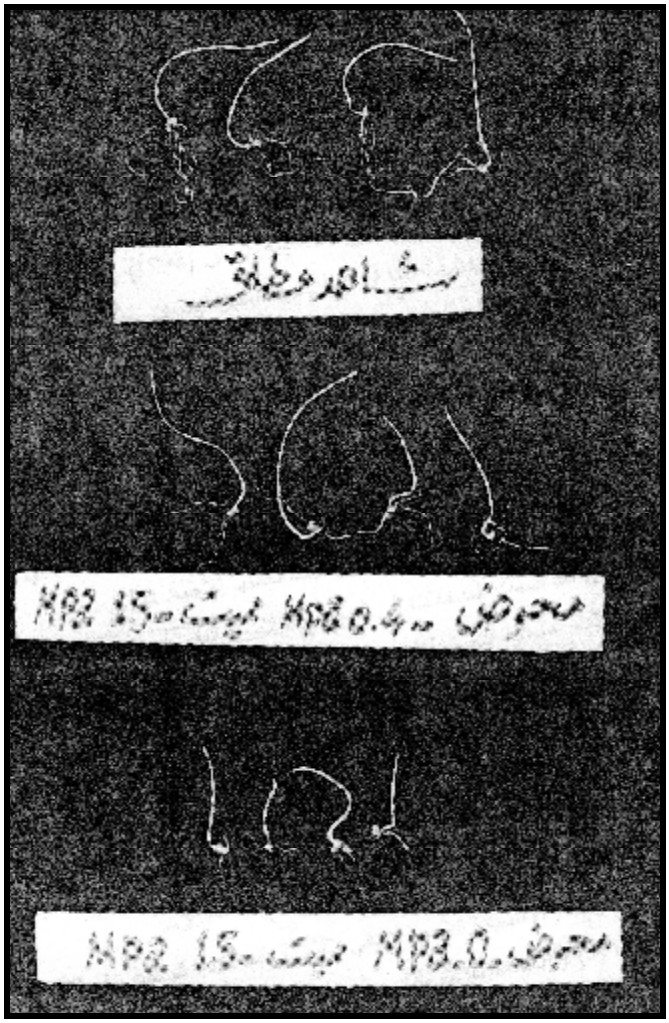
الجدول (1) استجابة بادرات القمح لمستويات مميتة مختلفة من الإجهاد المائي (PEG-6000)

ψ	متوسط طول البادرة (جذور + سويقة جنينية)	نمو البادرة خلال فترة	نسبة الانخفاض	متوسط طول الجذور	نمو الجذور خلال فترة	نسبة الانخفاض

	بعد الإجهاد (cm)	بعد استعادة النمو (cm)	استعادة النمو (cm)	في طول البادرة (%)	بعد الإجهاد (cm)	بعد استعادة النمو (cm)	استعادة النمو (cm)	في طول الجذور (%)
الشاهد	25.9	35.5	9.6	-	17.7	22.3	4.6	-
1.1-	16	24.2	8.2	14.2	11.8	16.3	4.5	2.6
1.2-	12.6	19.1	6.5	32.3	8.7	11.8	3.1	32.6
1.3-	12.3	17.4	5.1	46.8	8.2	11.2	3.0	32.7
1.4-	12.1	17.1	5.0	47.9	8.0	10.5	2.4	47.1
1.5-	9.7	14.4	4.7	50.1	7.2	9.5	2.3	50.1
1.6-	9.1	12.4	3.3	65.2	6.8	8.3	1.4	68.1
1.7-	8.3	11.2	2.9	69.4	5.4	6.4	1	77.5
1.8-	7.1	9.9	2.8	70.8	3.7	4.8	0.8	81.6
1.9-	6.8	8.6	1.7	82	3.8	4.4	0.6	86.2
2.0-	6.1	6.8	0.7	92.6	3.2	3.4	0.2	94.9
LSD 0.05	-	-	0.51	4.71	-	-	0.47	10.42
C.V. (%)	-	-	7.28	4.79	-	-	14.28	10.53

2 – تحديد المستوى المحرض الأمثل

يُلاحظ من الجدول (2) أن تعريض بادرات القمح لمستويات غير مميتة من الإجهاد المائي قد حسّن من قدرة البادرات على تحمل المستوى المميت من الإجهاد بالمقارنة مع البادرات غير المحرضة (0.0 MPa). تعزز هذه النتائج أهمية التعريض المسبق للنباتات إلى مستويات غير مميتة من الإجهاد، حيث يسمح ذلك بتنبيه النباتات، ويدفعها إلى الاستعداد المتمثل بحشد كل الوسائل الدفاعية المتاحة لتحمل المستوى المميت من الجفاف، أو البقاء حية ريثما يزول العامل البيئي المحدد للنمو، عندها تستطيع فقط الخلايا النباتية الحية أن تستعيد نموها. بينما يسبب تعريض البادرات بشكل مباشر ومفاجئ لمستوى مميت من الإجهاد المائي صدمة Shock واضطراباً متمثلاً بعدم توافر الوقت الكافي لتصنيع الوسائل الدفاعية، ومن ثم يمكن أن تموت البادرات حتى في الطرز عالية التحمل للجفاف، ويصبح من العسير سبر التباين الوراثي في تحمل الجفاف، وعزل الطرز المتحملة عن قريناتها الحساسة، (الشكل 1) .



الشكل (1) يبين أهمية التحريض في زيادة قدرة بادرات القمح على تحمل الإجهاد المائي.

يتضح من الجدول (2) وجود فروق معنوية بين المعاملات. وتُعــدُّ المعاملــة (0.4- MPa) بمنزلة المــستوى المحــرض الأمثــل Optimum induction level، لأن نــسبة الانخفاض في طول كل من الجذور والبادرات في نهاية فترة استعادة النمو كانت أقل مــا يمكن بالمقارنة مع بقية المعاملات. وتفسر المقدرة العالية على استعادة النمو عنــد هــذه المعاملة بقدرة هذا المستوى المحرض من الإجهاد الحلولي على دفع المورثات التي تتفعل

بتأثير الإجهاد Stress responsive genes، إلى التعبير الوراثي الكامل، وتصنيع كمية أكبر من البروتينات الدفاعية مثل LEA (Late Embriogensis Abundant) ، التي يمكن أن تساعد في وقاية نسبة كبرى من الخلايا النباتية وضمان سلامتها، حيث تجلى ذلك بقدرة أكبر على استعادة النمو.

الجدول (2) استجابة بادرات القمح لمستويات غير مميتة مختلفة من الإجهاد المائي (PEG-6000)

المعاملة MPa	متوسط طول البادرة (جذور+سويقة جنينية)		نمو البادرة خلال فترة استعادة النمو (cm)	نسبة الزيادة في طول البادرة (%)	متوسط طول الجذور		نمو الجذور خلال فترة استعادة النمو (cm)	نسبة الزيادة في طول الجذور (%)
	بعد الإجهاد (cm)	بعد استعادة النمو (cm)			بعد الإجهاد (cm)	بعد استعادة النمو (cm)		
المحرض 0	33.8	38.2	4.4	-	27.7	31.8	4.1	-
0.1-	24.6	2.9	5.2	18.2	17.5	22.5	5	22
0.2-	20.4	26.4	6	36.4	15.6	21.5	5.7	39
0.3-	19.7	26.2	6.5	47.8	15.7	21.8	6.1	19.7
0.4-	21.2	28.8	7.6	72.7	17.2	24.4	7.2	75.6
0.5-	24.6	31	6.3	43.2	17.1	23.1	6	46.3
0.6-	25.6	31	5.4	22.7	16.9	22	5.1	24.3
0.7-	23.7	28.4	4.7	6.8	16.6	20.9	4.3	4.9
0.8-	28.6	32.2	3.6	18.2-	15.6	20	3.2	22-
0.9-	28.1	31.5	3.4	22.7-	22.6	25.6	3	26.8-
1.0-	22.2	25.2	3	31.8-	19.6	22.1	2.5	39-
LSD 0.05	-	-	0.57	10.06	-	-	0.36	8.26
C.V. (%)	-	-	6.45	23.37	-	-	4.45	18.20

تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه كل من Ganesh Kumar et al., (1998) و Al-Ouda (1999)، حيث بينا أن التعريض المسبق لبادرات عباد الشمس لمستوى محرض (غير مميت) من الإجهاد الحراري Heat stress، وكذلك الإجهاد المائي كان له تأثير إيجابي في تحسين تحمل بادرات عباد الشمس للمستوى المميت من الإجهادين المذكورين.

وقد تم تقويم أداء الطرز المدروسة باستخدام التحليل الإحصائي المسمى Z-distribution، وذلك باعتماد نسبة الانخفاض في نمو الجذور خلال فترة استعادة النمو بالمقارنة مع الشاهد المطلق، ونمو الجذور المطلق خلال فترة استعادة النمو للبادرات المحرضة في كل مدخل كمؤشرات يتم على أساسها تصنيف المدخلات من حيث تحملها للإجهاد المائي.

استناداً إلى ما سبق، فقد قسمت المدخلات إلى المجموعات الثلاث الآتية:

1 – المدخلات عالية التحمل للإجهاد المائي والمتمثلة بالطرز المحلية رقم 10، 2، 35، 3،29 حيث أبدت هذه المدخلات أدنى نسبة انخفاض في نمو الجذور والبادرات بالمقارنة مع الشاهد المطلق خلال فترة استعادة النمو، (الشكل 2).

2 – المدخلات الحساسة للإجهاد المائي، والمتمثلة بالطرز المحلية رقم 34، 15، 13، 1، 7 حيث أبدت هذه المدخلات أعلى نسبة انخفاض في نمو الجذور والبادرات بالمقارنة مع الشاهد المطلق، (الشكل 2).

3 – مدخلات متوسطة الاستجابة للإجهاد المائي والمتمثلة بالسلالات المحلية رقم 27، 11، 18. (الشكلان 2 و3) (Z- distribution) .

يبدو جلياً من الجدول (3) التفوق المعنوي للطرز المتحملة بالمقارنة مع الحساسة، حيث كانت نسبة الانخفاض في نمو الجذور والبادرات مقارنةً مع الشاهد المطلق أقل بشكل معنوي في الطرز عالية التحمل للإجهاد المائي، (الشكل 4).

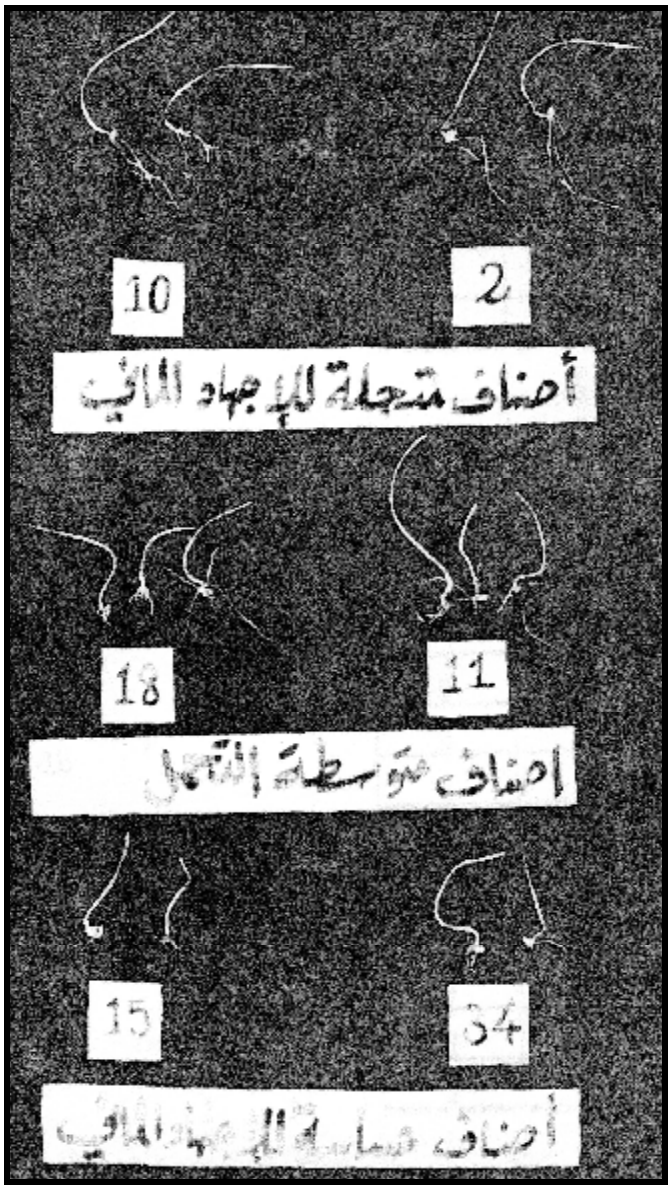
تُعدُّ وتيرة النمو بعد زوال العامل البيئي المجهد من أهم المؤشرات التي تفرق بين الطرز المتحملة والحساسة، لأنها تعبّر عن نسبة الخلايا التي بقيت حية بعد تجاوز المستوى المميت، وهذا يعبر بدوره عن كفاءة المدخلات الوراثية في تحمل الجفاف، حيث تتمكن فقط الطرز عالية التحمل للإجهاد المائي من تعويض النمو الذي توقف خلال فترة الإجهاد، وتقليص الفارق في النمو بالمقارنة مع الشاهد، ويتوقف هذا على التباين في سرعة استعادة النمو. وقد يتفوق النمو في الطرز المتحملة للإجهاد المائي على النمو في النباتات الشاهد (ماء مقطر) بعد زوال العامل المحدد للنمو، مثال، الطراز الوراثي رقم (10) (حماري أحمر) والطراز الوراثي رقم (2) (حوراني نووي)، (الجدول 3) .

الجدول (3) التباين الوراثي في استجابة بعض سلالات القمح للإجهاد المائي

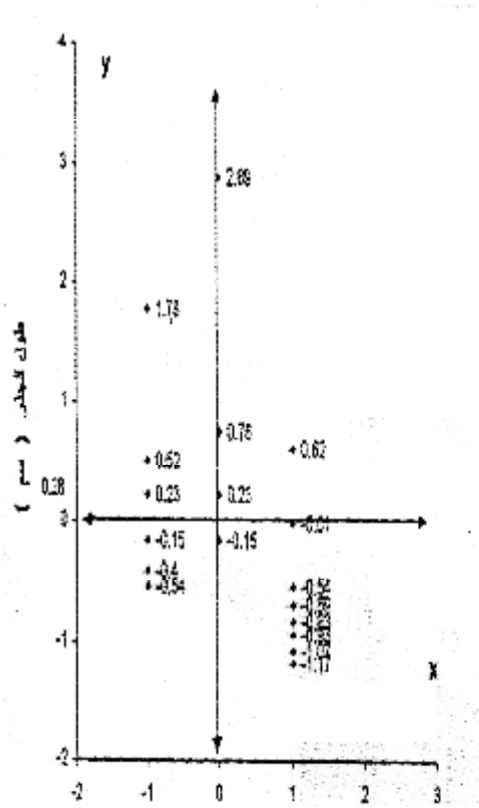
رقم السلالة	النمو خلال فترة استعادة النمو		نسبة الانخفاض في النمو (%)	النمو خلال فترة استعادة نمو الجذور		نسبة الانخفاض في النمو (%)
	بادرة المعاملة (cm)	بادرة الشاهد (cm)		بادرة المعاملة (cm)	بادرة الشاهد (cm)	

53.2	4.7	2.2	30.9	11	7.6	**1**
56.5-	2.3	3.6	62.2-	3.7	6	**2**
22.2-	2.7	3.3	26.8-	5.6	7.1	**3**
52.9	9	3.3	30	11	7.1	**7**
25.6-	3.9	4.9	27.8-	6.6	8.4	**9**
117.4-	2.3	5	102.2-	4.6	9.3	**10**
2.7	10.7	10.4	0.7	13.7	13.6	**11**
54.2	5.9	2.7	37.6	14.4	9.1	**13**
61.5	10.3	3	57.8	16.6	7	**15**
3.5	5.9	4.1	15.8	9.5	8	**18**
41.2	3.4	2	27.7	10.1	7.3	**20**
33.6	8.6	5.7	22.9	12.2	9.4	**21**
31.3	6.4	4.4	21.5	9.3	7.3	**23**
17.1-	3.8	4.1	26.7-	7	9.5	**25**
7.1+-	5.6	6	10-	10	11	**27**
30.7-	6.2	8.1	28.7-	10	11.1	**29**
22.2	6.3	4.9	21.8	10.1	7.9	**30**
50	4.7	2.5	24.2	10.1	7.2	**32**
54.2	5.9	2.7	37.6	14.4	5.8	**34**
44.7-	3.8	5.5	39.7-	6.8	9.5	**35**
2.78	-	0.19	1.98	-	0.34	**LSD 0.05**
6.67	-	2.74	6.58	-	2.49	**C.V. (%)**

تشير الإشارة السالبة (-) إلى وجود زيادة في النمو في البادرات المعاملة مقارنةً مع الشاهد في حين يــشير غيــاب الإشارة إلى نسبة الانخفاض في النمو.



الشكل (2) يبين التباين الوراثي في استجابة مدخلات القمح للإجهاد المائي.



variety No.	variety name	y	x
1	1	-1.07	1
2	2	-0.4	-1
3	3	-0.54	-1
4	7	-0.54	1
5	9	0.23	-1
6	10	0.23	-1
7	11	2.09	0
8	13	-0.83	1
9	15	-0.69	1
10	18	-0.15	0
11	20	-1.17	1
12	21	0.62	1
13	23	-0.01	1
14	25	-0.15	-1
15	27	0.76	0
16	29	1.73	-1
17	30	0.23	0
18	32	-0.93	1
19	34	-0.83	1
20	35	0.52	-1

نسبة التخفيض (%) للجذر

الشكل (3) يبين تقسيم طرز القمح إلى طـرز متحملـة وأخـرى حـساسة وفـق تحليـل Z-distribution

أثر طبيعة التحريض في استجابة المدخلات للإجهاد المائي المميت

يلاحظ من الجدول (4) أنه بغض النظر عن طبيعة التحريض ملحياً كان أم جفافياً فقد تحسنت قدرة النباتات المحرضة في تحمل الإجهاد المائي المميت بالمقارنة مع البـادرات غير المحرضة، أو تلك المتروكة في الماء المقطـر خـلال مـدة التحـريض، وكانـت البادرات المعرضة للمستوى المحرض الأمثل من الإجهاد الحلولي أكثر كفاءة في استعادة النمو بالمقارنة مع البادرات المعرضة للمستوى المحرض الأمثل من الإجهـاد الملحـي، حيث كانت نسبة الانحفاض في طول البادرات المحرضة ملحياً أكبر بثلاث مرات تقريبـاً

بالمقارنة مع البادرات المحرضة حلولياً (PEG- 6000)، في حين أبدت البـــادرات غيـــر المحرضة انحفاضاً في النمو وصل إلى 47.4 % في طول البادرة.

الجدول (4) أثر طبيعة التحريض (ملحي، حلولي) في استجابة بادرات القمح للإجهاد المائي المميت.

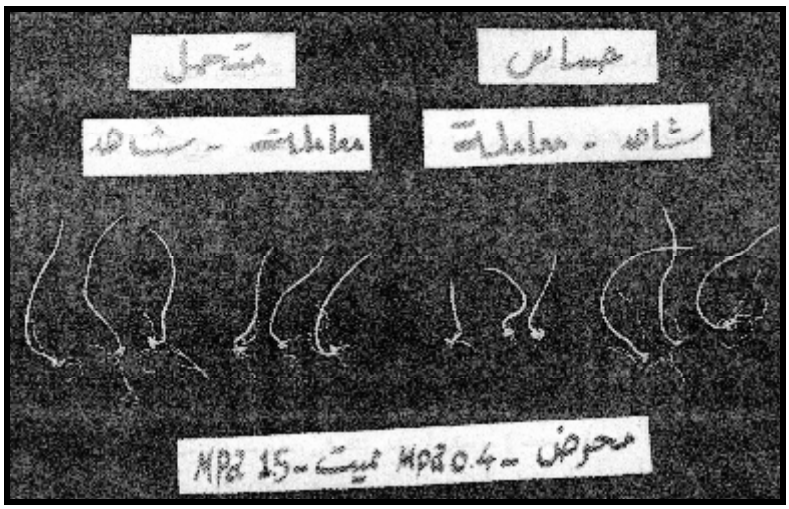
المعاملـــــــة	متوسط النمو خلال فترة استعادة النمو للبادرة (cm)	نسبة الانخفاض في طول البادرة (%)	متوسط النمو خلال فترة استعادة النمو للجذور (cm)	نسبة الانخفاض في طول الجذور (%)
الشاهد المطلق	11.4	-	6.3	-
دون تحريض (0.0 MPa)	6	47.4	3.1	50.1
التحريض الملحي (20 mM NaCl)	8.8	22.8	5.2	17.5
التحريض الحلولي (–0.4 MPa PEG-6000)	10.5	7.8	5.8	7.9
LSD (0.05)	0.21	2.06	0.41	6.32
C.V. (%)	1.15	3.51	3.91	10.68

الشاهد المطلق: تبقى البادرات في الماء المقطر طيلة فترة التجربة .

دون تحريض تبقى البادرات في الماء المقطر خلال مدة التحريض فقط، ثم تنقل إلى المستوى المميت مـــن الإجهـــاد المائي

التحريض الملحي: تبقى البادرات في المستوى المحرض من الإجهاد الملحي (20 mM NaCl) خـــلال فترة التحريض، ثـــم تنقل إلى المستوى المميت من الإجهاد المائي.

التحريض الحلولي: تبقى البادرات في المستوى المحرض من الإجهاد الحلولي (–0.4 MPa PEG- 6000) خلال فترة التحريض، ثم تنقل إلى المستوى المميت من الإجهاد المائي .



الشكل (4) يبين التباين الوراثي في قدرة الجذور والسويقة الجنينية على استعادة النمـــو فـــي مدخلات القمح متباينة الاستجابة للإجهاد المائي.

يتبين مما سبق، أن التحريض المتماثل (جفاف غير مميت ← جفاف مميت)، أكثر جدوى في تحسين تحمل البادرات للإجهاد المائي المميت بالمقارنة مع التحريض المتباين (مستوى ملحي غير مميت ← جفاف مميت). ويمكن أن يشير ذلك إلى وجود مورثات مسؤولة عن تصنيع بروتينات دفاعية عامة، أي تتفعل بتأثير أي شكل من التحريض Stimuli، وأخرى متخصصة لا تتفعل إلا بنوع محدد من الإجهاد، وبذلك يمكن القول: إن كمية البروتينات الدفاعية المصنعة والفعالة في وقاية المكتنفات الخلوية الحساسة من الإجهاد المائي المميت، كانت أكبر في البادرات المحرضة حلولياً (PEG- 6000)، بالمقارنة مع البادرات المحرضة ملحياً (NaCl)، (الشكل 5). أو قد يعزى التراجع الحاصل في قدرة البادرات المحرضة ملحياً في تحمل الإجهاد المائي المميت إلى التأثير المزدوج للمحلول الملحي (NaCl)، والمتمثل بإحداث جفاف فيزيولوجي، بالإضافة إلى التأثير الأيوني Ionic effect للشوارد Na^+، Cl^- التي قد تؤثر سلباً في سلامة العديد من البروتينات والأنزيمات(Zhang-Wen et al., 1998)، وقد تعمل على تخريبها مما ينعكس سلباً على سير العديد من العمليات الحيوية المهمة في الخلايا النباتية التي تضمن تصنيع العديد من الوسائل الدفاعية اللازمة لحماية المكونات الخلوية الحساسة وضمان سلامتها طيلة فترة الإجهاد المائي المميت (Khan et al., 1992).

ويشير ذلك أيضاً إلى أهمية التحريض بشكل عام في تحسين كفاءة البادرات المحرضة في تحمل المستويات المميتة من الإجهاد البيئي.

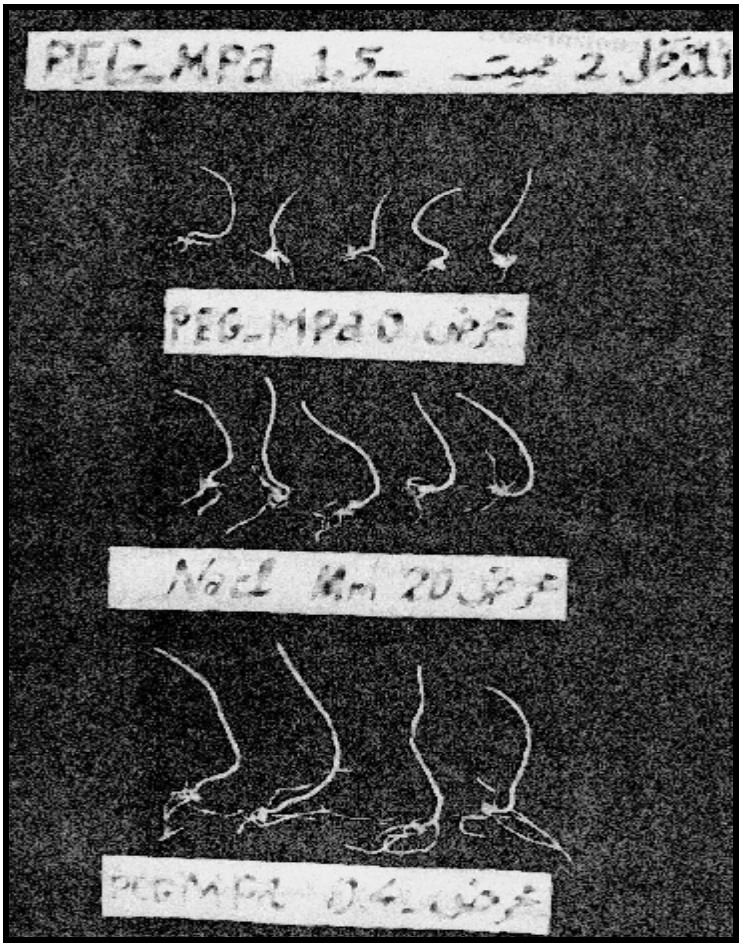
الاستنتاجات

1 – يُعدُّ أسلوب الغربلة Screening Protocol المقترح وسيلة سريعة في كشف التباين الوراثي وتمييز المدخلات عالية التحمل للجفاف عن نظيراتها الحساسة، ولكن لا نستطيع أن نجزم بأنه أسلوب غربلة فعّال ما لم تختبر المدخلات المنتخبة والمتباينة في استجابتها للإجهاد المائي في المراحل المتقدمة من حياة النبات، إذ لا بد من وجود ارتباط قوي في أداء المدخلات عند مراحل النمو المختلفة، أي أن المدخلات المصنفة كطرز عالية التحمل للجفاف في مرحلة البادرة Seedling stage يمكن أن تتحمل الجفاف في مراحل النمو اللاحقة، وللتأكد من ذلك يجب أن تتبع هذه الدراسات بدراسة مماثلة في الظروف الحقلية حتى مرحلة النضج الفيزيولوجي للحبوب.

2 – تُعدُّ القدرة على استعادة النمو مؤشراً شكلياً مهماً لتمييز المدخلات المتحملة للجفاف عن المدخلات الحساسة، بسبب وجود تباين وراثي معنوي في سرعة استعادة النمو بعد زوال العامل المحدد للنمو (جفاف). عملياً، سيكون الطراز الوراثي الذي يتميز بقدرة عالية على استعادة النمو أكثر كفاءة في تعويض النمو الخضري، وإعطاء مسطح ورقي أخضر قريب في حجمه من النباتات المروية بشكلٍ مستمر (غير مجهدة)، ومن ثم

تكون كمية المادة الجافة المصنعة بفعل عملية التمثيل الضوئي كافية لإعطاء غلة حبية جيدة، بحيث تكون نسبة الانخفاض في غلة الحبوب أقل ما يمكن بالمقارنة مع النباتات المروية.

3 – يُعدُّ التحريض عموماً وبغض النظر عن طبيعته مفيداً في تحسين قدرة النباتات على تحمل المستويات المميتة من الإجهاد، وإن التحريض المتماثل أكثر نفعاً من التحريض المتباين في زيادة تحمل النباتات للمستوى المميت من الإجهاد المائي.



الشكل (5) يبين أثر طبيعة التحريض في استجابة بادرات القمح للإجهاد المائي.

REFERENCES المراجـــع

Aesawy, A. M. (2000). Periodicity and prediction of annual surface air temperature over eastern Mediterranean. Bulgarian Journal of Meteorology and hydrology. Vol. 11, No. 1-2, pp. 36-45 .

Al-Ouda, A. (1999). Genetic variability in temperature and moisture stress tolerance among sunflower hybrids : An assessment based on physiological and biochemical parameters. Ph. D. thesis submitted to Crop Physiology Dept., UAS, Bangalore, India.

Boubaker. M.; Yamada, T. (1995). Differential genotypic responses of spring wheat at early seedling growth to limited water conditions. Tropicultura vol. 3 (2) P. 50 – 53 .

Boyer, J.S. (1968). Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean and sunflower at various leaf water potentials. Plant Physiol. 46: 355-377.

Bressan R. A.; Nelson, D. E. Iraki, N. M. ; Singh. N. K.; Hasegawa. P. M and Carpita N.C. (1990). Reduced cell expansion and changes in cell walls of plant cells adapted to NaCl, environmental injury to plant. Academic Press San Diego, P. 137 .

Ganesh Kumar;Krishnaprasad,B.T.; Savitha, M.; Gapalakrishna, R.; Mukhopdhyay, K.; Rama Mohan, G.; and Udaya Kumar,M (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. On 28th October.

Hsiao, T. C. and Edmundo Acevedo. (1976). Plant responses to water deficits; water use efficiency and drought resistant. Agric. Meteorology. 14 : 59-84.

Kastori, R. R.; Dencic, S. S.; and Pletrovic M.J. (1999). Effect of water stress on two wheat cultivars with different levels of drought resistance. Natural Science, No. 96, P.61-71.

Khan, A. H.; Ashraf, M. Y.; Azmi, A. R. (1992). Osmotic adjustment in sorghum under sodium chloride stress. Acta Physiology Plantarum 14:3 p. 159-164, Atomic Energy Agric. Res. Center, Tandojam, Sindh, Pakistan.

Ingram. J. and Bartels, D. (1996). The molecular basis of dehydration tolerance in plants. Annu . Rev. Plant Physiol. Plant Mol. 47 : 377-403.

Iqbal, M.; Ahmed, K., Ahmed, I.; Sadiq, M.; and Ashraf, M.Y.(1999). Yield and yield components of durum wheat (Triticum durum Derf), as influenced by water stress at various growth stages. Pakistan Journal of Biological Science, Vol. 2 (4), P. 1438-1440.

Jamal M.; Nazir, M. S.; Ahmad, N.; Shah. S.H.; Saha. N. H. (1996). Wheat yield components as affected by low water stress at different growth stages. Sarhad J. of Ariculture. Vol. 12 (1). P. 19-30.

Levitt, J. (1972). Responses of plants to environmental stresses. Academic Press: New York.

Loboda,T. (2000). Gas exchange of spring barley and wheat grown under mild water shortage. Photosythetica vol. 38(3), P. 429-432.

Ludlow, M.M. and Muchow, R. C. (1988). Critical evaluation of the possibilities for higher production per unit precipitation. In : research on drought problems in the Arid and Semi-arid tropies. ACRISAT.

Megdadi, H.M. (2001). Genetic variation in some Aegilops species by morphological and molecular techniques . Agris 1999-2002/09.

Rao, A.C.S. and Ramamoorthy, B., (1980). Indian J. Plant Physiol., 23 : 269.

Sharp. R. E.; Silk, W.K. and Hsiao. T. C. (1988). Growth of the maize primary root at low water potentials. I. Spatial distribution of expansive growth. Plant Physiol., 87 : 50-57.

Takeda, T.; Sugimoto, H. and Agata, W. (1978). Water and crop production. I. The relationship between photosynthesis and transpiration in corn leaf. Japanese J. of Crop Science. 47 : 82-89.

Turner, N.C. and Nicolas, M.E. (1987). Drought resistance of wheat for light-textured soils in Mediterranean climate. In : Srivasta, J.P. proceeding. New York. PP. 203-216.

Uma, S.; Prassad. T. G.; Udaya Kumar. M. (1995). Genetic variability in recovery growth and synthesis of stress proteins, the response to PEG and salt stress in finger millet.

Westgate, U. E. and Boyer. J. S. (1985). Osmotic adjustment and the inhibition of leaf, root, stem and silk growth at low water potentials in maize. Planta, 164, 450-549.

Zhang-Wen Hua; Diao-Feng Qiu; Yu-Bing Jun; Liu-Youliang; (1998). H^+-ATPase and H^+- transport activities in tonoplast vesicles from barley roots under salt stress and influence of calcium and ABA. J. of Plant Nutrition, Vol. 21 : 3, P. 447-458 .

المجلة الإحصائية السنوية، منظمة الزراعة والأغذية (FAO) (1999).

Received	**2003/05/25**	**إيداع البحث**
Accepted for Publ.	**2004/03/07**	**قبول البحث للنشر**