الغربلة المخبرية لبعض طرز القمح تجاه الجفاف في طوري الإنبات والبادرة

د. وسيم محسن* د. خزامة القنطار* د. بسام العطا الله*

د. فهد البيسكي** د. رمزي مرشد**

الملخص

تم في هذه الدراسة غربلة ثمانية طرز من القمح في طوري الإنبات والبادرة باستخدام سكر الـ PEG 6000 لمحاكاة الجفاف في المختبر. نُفذت التجربة باستخدام التصميم العشوائي التام، وقُومت الطرز المدروسة باستخدام التحليل العنقودي وتحليل التباين اعتماداً على مجموع القيم النسبية لتحمل الجفاف لعدة صفات في طور الإنبات (نسبة الإنبات النهائية، وسرعة الإنبات، وقوة الإنبات)، وفي طور البادرة (طول الجذور، وطول السويقة، وعدد الجذور، وعدد النموات الخضرية). بينت النتائج وجود تباين وراثي بين الطُّرز المدروسة، ونجاح استخدام المعايير السابقة في الغربلة ،حيث صُنف الطرازان جولان 2 وبحوث 7 كطرازين متحملين والطراز بحوث 11 كطراز حساس في كلا الطورين. كما تغير تصنيف بعض الطرز بتغير الطور

* الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية - مركز بحوث السويداء- شعبة التقانات الحيوية.

** الهيئة العامة للتقانات الحيوية - قسم التقانات الحيوية.

الفينولوجي (مثلاً شام 3 حساس في طور الإنبات ومتحمل في طور البادرة). يمكن الاستنتاج من هذه الدراسة أن أسلوب الغربلة المعتمد على مجموع عدة صفات بدلاً من الاعتماد على صفة واحدة أو اثنتين ،يعدُّ أداة مفيدة في تصنيف الطرز الوراثية استجابة للجفاف.

الكلمات المفتاحية: القمح، الجفاف، الإنبات، البادرة، البولي إيتلين غلايكول.

In Vitro Screening for Some Wheat Genotypes towards Drought at Germination and Seedling Stages

Dr. W. Mouhsen* **Dr. Kh. Kountar*** **Dr. B. Al Atalah***

Dr. Fahed Albiski** **Dr. Ramzi Murshed****

Abstract

Eight wheat genotypes were screened in this study at germination and seedling stages using PEG 6000 to mimic drought in the laboratory. The experiment was conducted using Complete Randomized Design and the genotypes were evaluated by Cluster analysis and Analysis of variance based on the sum of drought tolerance relative values for several traits at germination (final germination percentage, germination speed and germination vigour) and seedling stages (root length, shoot length, root number, shoot number). The results revealed that there was genetic variation among studied genotypes and also showed that the using of previous criteria was successful in screening genotypes under study. Jolan 2 and Bouhuth 7 were classified as tolerant genotypes as well as Bouhuth 11 as a sensitive tolerant at both stages. In addition, the classification of some genotypes was changed as the phonological phase changes (for instance, Cham 3 was sensitive at germination stage and tolerant at seedling stage). In conclusion, the screening technique based on the sum of several traits instead of one or two traits was shown as a useful tool in classifying genotypes in response to drought.

Keywords: Wheat, Drought, Germination, Seedling, PEG.

* General Commission for Agricultural Scientific Research/ Sweida Research Center/ Biotechnology Department.

** General Commission for Biotechnology/ Biotechnology department.

المقدمة Introduction

يحتل القمح المرتبة الأولى عالمياً بين المحاصيل الحبية المزروعة، كما يعدُّ من أهم المحاصيل التي تؤدي دوراً كبيراً في الحفاظ على الأمن الغذائي (Shiferaw وزملاؤه.، 2013)، حيث يشكل المصدر الرئيس لغذاء ثلث سكان العالم (Shao وزملاؤه.، 2007). يدخل القمح في صناعة رغيف الخبز، وفي العديد من الصناعات الغذائية كالمعكرونة والشعيرية، وفي صناعة المعجنات والحلويات بكافة أشكالها، بالإضافة إلى بعض الأغذية التقليدية كالكشك والبرغل.

يزداد عدد سكان العالم بوتيرة سريعة حيث من المتوقع أن يصل إلى 9 بليون نسمة في العام 2050 (Godfray وزملاؤه.، 2010). بما أن الزراعة السائدة لمحصول القمح في المناطق الجافة وشبه الجافة هي الزراعة البعلية ،فإن إنتاجه وغلته تتأثر جداً بالجفاف المرتبط مع تغير المناخ العالمي (Knox وزملاؤه.، 2012). و من ثمَّ، يجب العمل على زيادة غلة محصول القمح للإيفاء بالمتطلبات الغذائية لسكان العالم المتزايد (Ray وزملاؤه.، 2013)، وذلك عن طريق استنباط وانتخاب طرز القمح المتحملة للإجهاد. تشير التوقعات إلى أن حوالي 90% من المناطق المزروعة في العالم تعاني من الإجهادات اللاحيوية في أحد مراحل نمو النبات (Cramer وزملاؤه.، 2011). يستطيع النبات عادة أن يتحسس الإجهاد ويُحِدث تغيراً في عمليات الاستقلاب داخل خلاياه للتأقلم مع الظرف الجديد، ولكن النباتات الحساسة لا تستطيع الحفاظ على حالة التوازن داخل خلاياها، مما ينعكس سلباً على النمو، وقد يؤدي تحت ظروف الإجهاد الشديد إلى موت النبات (Jogaiah وزملاؤه.، 2013).

يعدُّ الإجهاد المائي أحد الإجهادات اللاحيوية السائدة في المناطق الجافة وشبه الجافة، والذي يسبب تراجعاً في نمو النبات، ومن ثمَّ تراجعاً في مساحة المسطح الأخضر الفعال في عملية التمثيل الضوئي، وتراجعاً في الغلة للمحاصيل كافة

(Moayedi وزملاؤه، 2009). تعتمد عملية تحمل الجفاف على آليات تكيفية معقدة (Reynolds و Tuberosa، 2008)، والتي تكون تحت سيطرة العديد من المورثات (Pinto وزملاؤه، 2010).

يؤثر الجفاف سلباً في الكثير من الصفات الشكلية والفيزيولوجية والبيوكيميائية مسببا تراجعاً في النمو وإغلاقاً للمسام، وكنتيجة لذلك ينخفض معدل النتح، وينخفض معدل دخول غاز الكربون، فيسبب ذلك تراجعاً كبيراً في عملية التمثيل الضوئي (Lawlor و Cornic 2002)، ونقصاً واضحاً في إنتاجية المحصول (Pan وزملاؤه، 2002). عموماً، يعد طورا الإنبات والبادرة أقل تحملاً للإجهادات البيئية مقارنة مع النبات البالغ، حيث يمكن أن يسبب الجفاف تناقصاً في الإنبات، وضرراً كبيراً للبادرات النابتة (Demir وزملاؤه، 2006؛ Sun وزملاؤه، 2010) وسيؤدي ذلك بالضرورة إلى تخفيض الغلة النهائية (Rauf وزملاؤه، 2007؛ Kaya وزملاؤه، 2006). بناء على ما سبق، يعدُّ الانتخاب في مرحلتي الإنبات والبادرة من المعايير المهمة لتحديد الطرز المتحملة للإجهاد (Gharoobi وزملاؤه، 2012). بيّن Boureima وزملاؤه (2011) أن الانبات والنمو الأولي الجيدان تحت ظروف الجفاف هي مؤشرات يمكن الاعتماد عليها لانتخاب الطرز المتحملة.

يعدُّ غياب أسلوب غربلة سريع وفعال عقبة رئيسة أمام انتخاب الطرز المتحملة للإجهادات. بالإضافة إلى ذلك، فإن تجارب التقويم الحقلية تكونَ صعبة التنفيذ وتحتاج لوقت طويل غالباً، كما أنه يصعب فصل تأثير الجفاف عن تأثير الإجهادات الأخرى نظراً للتفاعل فيما بينها (Rauf وزملاؤه، 2008). تستخدم لاختبار الطرز المتحملة للجفاف على مستويي الإنبات والبادرة العديدُ من المواد الكيميائية، أهمها وأكثرها استخداماً هو سكر البولي إيتلين غلايكول 6000 (PEG 6000). سكر الـ PEG هو مادة خاملة كيميائياً، غير قابلة للتشرد ولا تستطيع الدخول إلى الخلية بسبب وزنها الجزيئي الكبير، وتستطيع أن تحرِّض إجهاداً مائياً متجانساً في وسط

النمو دون أن تسبب أضراراً فيزيولوجية (Kulkarni وDeshpande ،2007). تهدف هذه الدراسة إلى أمثلة أسلوب غربلة مخبري في طوري الإنبات والبادرة، وإلى غربلة طرز القمح المدروسة لتحديد المتحمل للجفاف منها في هذين الطورين.

المواد وطرائق البحث Methods and Materials :

المادة النباتية وظروف النمو Plant material and growth conditions :

استُخدم في هذه الدراسة ثمانية طرز وراثية من القمح تم الحصول عليها من إدارة بحوث المحاصيل/ الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية في سورية وهي: بحوث 7، بحوث 11، دوما 1، شام 3 (طرز قمح قاسي) وبحوث 8، شام 10، دوما 4، جولان 2 (طرز قمح طري) (الجدول 1). لمحاكاة الجفاف مخبرياً، تم استخدام عدة تراكيز من سكر البولي إيتلين غلايكول 6000 هي 2%، 4%، 8% و10% (وزن: حجم). عُقِّمت البذور باستخدام مبيد فطري توبسين إم (2 غ/ل) مدة 10 د، ثم بهيبوكلوريت الصوديم 20% مدة 15 د، ثم بالماء المقطر ثلاث مرات. بالنسبة لتجربة الإنبات، وُضعت 10 بذور قمح متجانسة من كل طراز في طبق بتري على ورق ترشيح متوسط النفاذية ،وبمعدل ثلاثة أطباق لكل معاملة، ثم أضيف لكل طبق 10 مل من المحلول الموافق، كما استُخدم الماء المقطر كشاهد. تم عدُّ البذور النابتة بدءاً من اليوم الثاني للزراعة يومياً مدة أربعة أيام، ثم قيست أطوال السويقات، وطول أطول جذر في نهاية الاختبار (سبعة أيام). أما بالنسبة للتجربة على مستوى البادرة، فقد نُفِّذت التجربة في أنابيب اختبار على وسط MS (Murashige وSkoog ،1962) ،حيث زُرعت بذور قمح متجانسة من كل طراز بمعدل ثمانية بذور لكل معاملة، وبذرة واحدة في كل أنبوب، كما استُخْدِم وسط الـ MS فقط كشاهد. بعد 4 أسابيع، جُمعت النباتات النامية ثم قيست المعايير المدروسة المبينة أدناه. وُضعت الأنابيب والأطباق في غرفة النمو على درجة حرارة 22 ±1 مْ، وبفترة ضوئية 8/16 ضوء/ظلام.

الجدول (1) مواصفات الطُّرز المستخدمة

الطراز	نوعه	منطقة الاستقرار	سنة الاعتماد	الإنتاجية كغ/هـ
بحوث 7	رباعي/ قاسي	الأولى	2000	4843
بحوث 11	رباعي/ قاسي	الأولى	2004	4549
دوما 1	رباعي/ قاسي	الأولى[1]	2002	4744
شام 3	رباعي/ قاسي	الثانية	1987	1946
بحوث 8	سداسي/ طري	المناطق المروية	2007	7388
شام 10	سداسي/ طري	المناطق المروية	2004	8000
دوما 4	سداسي/ طري	الثانية	2007	2375
جولان 2	سداسي/ طري	الأولى	2007	4576

1: يُزرع دوما 1 أيضاً في مناطق الاستقرار الثانية، وتبلغ إنتاجيته 1702 كغ/هـ.

المعايير المدروسة Criteria under study:

بالنسبة لتجربة الإنبات، حُسب كل من نسبة الإنبات النهائية (Final germination percentage) وفقاً لـ Kandil وزملاؤه (2012)، ومؤشر سرعة الإنبات (Germination speed) (بذرة/ يوم) وفقاً لـ Sun وزملاؤه (2012) ،ومؤشر قوة الإنبات (Germination vigour) وفقاً لـ Hossain وزملاؤه (2006) باستخدام المعادلات الآتية:

$$\text{نسبة الإنبات النهائية} = \frac{\text{عدد البذور النابتة في نهاية الاختبار}}{\text{العدد الكلي للبذور}} \times 100$$

$$\text{مؤشر سرعة الإنبات} = \text{مجموع} \left(\frac{\text{عدد البذور النابتة في اليوم } x - \text{عدد البذور النابتة في اليوم}(x-1)}{\text{عدد الأيام حتى يوم القياس}} \right)$$

مؤشر قوة الإنبات = نسبة الإنبات النهائية (%) X متوسط طول البادرة في نهاية الاختبار

أما بالنسبة للتجربة على مستوى البادرة، فقد تمَّ قياس طول السويقة (Shoot length)، طول أطول جذر (Root length)، عدد الجذور، عدد النموات الخضرية.

كما قُدِّرت نسبة التخفيض في طول البادرة مقارنة مع الشاهد وفقا لـ (العودة وزملاؤه.، 2005).

$$\text{نسبة التخفيض في طول البادرة} = \frac{\text{طول البادرة في الشاهد} - \text{طول البادرة في المعاملة}}{\text{طول البادرة في الشاهد}} \times 100$$

بالإضافة إلى ذلك، فقد قُدِّرت القيمة النسبية لتحمل الجفاف (Drought tolerance relative value) حسب Murshed وزملاؤه (2015) وذلك لنسبة الإنبات النهائية ،ومؤشر سرعة الإنبات، ومؤشر قوة الإنبات بالنسبة لتجربة الإنبات، ولطول الجذور ،وطول السويقة ،وعدد الجذور، وعدد النموات الخضرية بالنسبة للتجربة على مستوى البادرة.

$$\text{القيمة النسبية لتحمل الجفاف} = \frac{\text{القيمة في معاملة الإجهاد}}{\text{القيمة في معاملة الشاهد}} \times 100$$

تصميم التجربة وتحليل البيانات Experimental design and data analysis:

صُمِّمت التجربة وفقاً للتصميم العشوائي التام (Complete Randomized Design). وتمَّ التعبير عن البيانات بالمتوسط الحسابي ± الخطأ المعياري. تم تقويم أداء الطرز المدروسة تجاه الجفاف باستخدام التحليل العنقودي (Cluster analysis) في طوري الإنبات والبادرة. كما طُبق تحليل التباين على مجموع القيم النسبية لتحمل الجفاف للصفات المدروسة لاختبار الفرق بين الطرز المدروسة في طوري الإنبات والبادرة اعتماداً على قيمة أقل فرق معنوي. بالإضافة إلى ذلك، تم استخدام تحليل الارتباط (معامل الارتباط بيرسون) لتحديد مدى الارتباط بين المعايير المدروسة تحت ظروف الإجهاد في طوري الإنبات والبادرة. استُخدم برنامج التحليل الإحصائي SPSS النسخة 19 لتنفيذ التحليلات السابقة كافة.

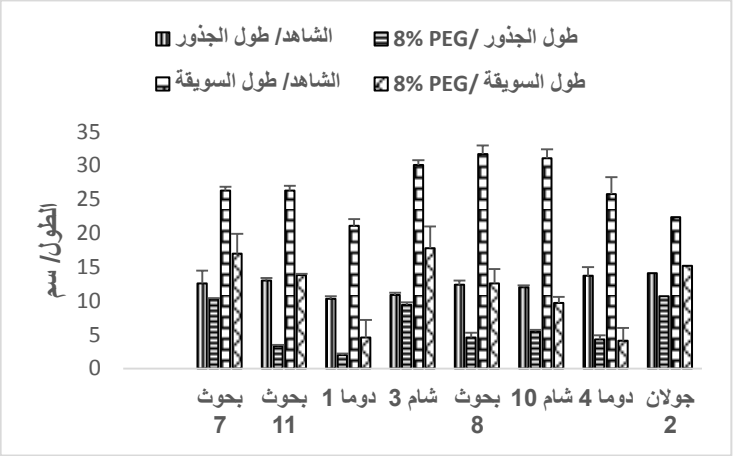
النتائج والمناقشة Results and Discussion:

تأثير الإجهاد المائي في طوري الإنبات والبادرة

أبدتْ الطرز المدروسة كافة تراجعاً في المعايير المدروسة مع زيادة تركيز سكر الـ PEG في وسط النمو. اعتُمد فقط مستوى 8% PEG كمعيار لغربلة الطرز المدروسة تجاه الجفاف مخبرياً، وذلك بسبب أن المستوى المذكور أظهرَ تخفيضاً في النمو بمعدل 50% مقارنة مع الشاهد بالنسبة لطول البادرة (Al-ouda وزملاؤه.، 1999) وذلك كمتوسط لنسب التخفيض في كافة الطرز المدروسة.

نبين في الجدول 2 نسبة الإنبات النهائية، سرعة الإنبات ، وقوة الإنبات للطرز المدروسة كافة في معاملتي الشاهد و8% PEG. سبَّب الجفاف نقصاً في نسبة الإنبات النهائية تراوحت بين 66.7% في بحوث 11 و96.7% في بحوث 8 ودوما 1، في حين كانت القيمة النسبية الأكبر لتحمل الجفاف لصفة نسبة الإنبات النهائية في الطراز دوما 1 (96.7%). كما سبب الجفاف تراجعاً في سرعة الإنبات من 2.4 بذرة/ يوم في شام 3 إلى 4.8 بذرة/ يوم في بحوث 8 ودوما 1، بينما كانت القيمة النسبية الأكبر لتحمل الجفاف لصفة سرعة الإنبات في الطراز دوما 1 (95.6%) وبحوث 8 (95.6%). يمكن إرجاع الاختلاف في سرعة الإنبات إلى الطاقة الوراثية للصنف من جهة، وإلى قدرة البذور على خفض الجهد الحلولي داخلها مع مرور الزمن من جهة أخرى ، مما يسبب امتصاصها للماء وإنباتها (Dodd و Donovan 1999). بالإضافة إلى ذلك، سُجلت القيمة الأقل لقوة الإنبات تحت ظروف الجفاف لبحوث 11 (730.3) ،والقيمة الأكبر لبحوث 8 (1998.5)، بينما كانت القيمة النسبية الأكبر لتحمل الجفاف بالنسبة لصفة قوة الإنبات في الطراز شام 10 (93.5%). يسبب الجفاف تخفيضاً في نمو السويقة والجذور (الشكل 1)، وذلك بسبب نقص ضغط الامتلاء داخل الخلايا، ومن ثمَّ سينعكس ذلك سلباً على قوة الإنبات. كما كانت مجموع القيم النسبية لتحمل الجفاف للمؤشرات السابقة متدنية

بالنسبة لبحوث 11 (171.3) وشام 3 (197)، ومرتفعة في باقي الطرز، وهذا يشير إلى وجود تباين وراثي بين الطرز المدروسة. يعمل سكر الـ PEG على حجز الماء المتوافر في الوسط ،ومن ثمَّ سيؤثر ذلك سلباً على تشرب البذور وإنباتها (Guo وزملاؤه، 2012). وُثّق التراجع في معايير الإنبات كاستجابة لسكر الـ PEG عند غربلة العديد من الطرز كالقطن (Meneses وزملاؤه، 2011) والبندورة (Osman وزملاؤه، 2015) والحمص (Kalefetogllu وزملاؤه، 2009)، مما يدل على نجاح استخدام سكر الـ PEG لمحاكاة الجفاف في المختبر.



الشكل (1) طول السويقة، وطول أطول جذر في معاملتي الشاهد و8% PEG. تمثل القيم المتوسطات ± الخطأ المعياري

الجدول (2) نسبة الإنبات النهائية، سرعة الإنبات وقوة الإنبات في الشاهد ومعاملة 8% PEG.
تم التعبير عن القيم بالمتوسطات ± الخطأ المعياري (ثلاثة مكررات، 10 بذور في كل مكرر)

الطراز	نسبة الإنبات النهائية			سرعة الإنبات			قوة الإنبات			مجموع القيم النسبية
	الشاهد	8% PEG	القيمة النسبية%	الشاهد	8% PEG	القيمة النسبية%	الشاهد	8% PEG	القيمة النسبية%	
بحوث 7	96.7 ± 3.3	90.0 ± 0.0	93.1	4.5 ± 0.1	3.8 ± 0.1	86.1	1311.3 ± 93.8	1205.0 ± 54.1	91.9	271.1
بحوث 11	96.7 ± 3.3	66.7 ± 6.7	69.0	4.8 ± 0.2	2.9 ± 0.3	61.3	1776.9 ± 210.8	730.3 ± 92.0	41.1	171.3
دوما 1	100.0 ± 0.0	96.7 ± 3.3	96.7	5.0 ± 0.0	4.8 ± 0.1	95.6	2362.1 ± 237.3	1878.2 ± 179.8	79.5	271.7
شام 3	96.7 ± 3.3	70.0 ± 5.8	72.4	4.5 ± 0.1	2.4 ± 0.3	53.3	2138.3 ± 72.1	1524.8 ± 180.5	71.3	197.0
بحوث 8	100.0 ± 0.0	96.7 ± 3.3	96.7	5.0 ± 0.0	4.8 ± 0.1	95.6	2559.2 ± 143.2	1998.5 ± 224.5	78.1	270.3
شام 10	100.0 ± 0.0	90.0 ± 5.8	90.0	4.6 ± 0.1	3.9 ± 0.1	85.3	2089.2 ± 55.3	1953.7 ± 128.9	93.5	268.8
دوما 4	96.7 ± 3.3	86.7 ± 3.3	89.7	4.3 ± 0.1	3.6 ± 0.1	83.8	1881.9 ± 177.1	1657.5 ± 105.2	88.1	261.5
جولان 2	96.7 ± 3.3	80.0 ± 5.8	82.8	4.5 ± 0.1	3.5 ± 0.1	79.5	2025.7 ± 129.1	1681.7 ± 40.7	83.0	245.3

أما في طور البادرة، أبدت معظم الطرز تخفيضاً في طول الجذور (الشكل 1) وعددها وفي طول السويقة (الشكل 1) وعدد النموات الخضرية مع زيادة مستوى الإجهاد. يبين الجدول (3) التراجع في الصفات المدروسة كاستجابة لمستوى 8% من سكر الـ PEG. حقق كلٌّ من شام 3، جولان 2 وبحوث 7 قيماً مرتفعة في طول الجذور كاستجابة للإجهاد المائي (9.4، 10.7، 10.3 على الترتيب)، وعددها (8.5، 7.5، 9 على الترتيب)، وفي طول السويقة (17.8، 15.2، 17 على

الترتيب)، وعدد النموات الخضرية (1.8، 2، 2.5 على الترتيب). كما سجلت كلٌّ من دوما 1 ودوما 4 أدنى القيم بعد التعرض للإجهاد في صفة طول الجذور (2، 4.3 على الترتيب)، وعددها (5، 5.3 على الترتيب)، وفي طول السويقة (4.6، 4.1 على الترتيب) وعدد النموات الخضرية (1، 1.3 على الترتيب). تُشير النتائج عموماً أن القيمة النسبية للتحمل لصفة عدد الجذور كانت أكبر في طرز القمح القاسي (الرباعية AABB) منها في طرز القمح الطري (السداسية AABBDD)، خرج عن هذه القاعدة دوما 1 (55.65%) من الطرز الرباعية، وجولان 2 (102.7%) من الطرز السداسية. أما بالنسبة لمجموع القيم النسبية لتحمل الجفاف فقد احتل جولان 2 الدرجة الأولى (320.6) يتبعه شام 3 (320.3) ثم بحوث 7 (306.7)، بينما سجل دوما 4 الدرجة الأدنى (165.3) وقبله شام 10 (171) ثم دوما 1 (180.1).

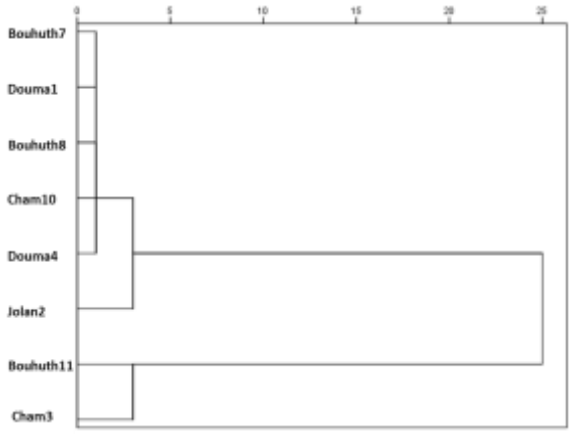
الجدول (3) بيانات المعايير المدروسة في معاملتي الشاهد والـ 8% PEG. تمثل القيم المتوسطات ± الخطأ المعياري (n = 8)

الطراز	طول الجذور/سم			عدد الجذور			طول السويقة/ سم			عدد النموات الخضرية			مجموع القيمة النسبية
	الشاهد	8% PEG	القيمة النسبية%	الشاهد	8% PEG	القيمة النسبية%	الشاهد	8% PEG	القيمة النسبية%	الشاهد	8% PEG	القيمة النسبية%	
بحوث 7	12.6 ± 0.8	10.3 ± 2.4	81.7	11.3 ± 0.9	9.0 ± 0.4	79.6	26.3 ± 0.6	17.0 ± 1.5	64.6	3.1 ± 0.4	2.5 ± 0.4	80.6	306.7
بحوث 11	13.0 ± 1.9	3.3 ± 0.1	25.4	6.7 ± 0.5	5.8 ± 0.4	86.6	26.3 ± 0.6	13.8 ± 2.9	52.5	3.0 ± 0.3	1.2 ± 0.1	40.0	204.4
دوما 1	10.3 ± 0.4	2.0 ± 0.2	19.4	9.0 ± 1.0	5.0 ± 0.2	55.6	21.1 ± 0.7	4.6 ± 0.2	21.8	1.2 ± 0.1	1.0 ± 0.0	83.3	180.1
شام 3	10.9 ± 0.4	9.4 ± 0.2	86.2	10.6 ± 0.9	8.5 ± 0.8	80.2	30.1 ± 1.0	17.8 ± 2.6	59.1	1.9 ± 0.2	1.8 ± 0.3	94.7	320.3
بحوث 8	12.4 ± 0.3	4.6 ± 0.4	37.1	12.6 ± 1.0	5.3 ± 0.4	42.1	31.7 ± 0.7	12.6 ± 3.2	39.7	2.0 ± 0.3	1.8 ± 0.4	90.0	208.9
شام 10	12.0 ± 0.6	5.5 ± 0.7	45.8	8.1 ± 0.6	5.0 ± 0.7	61.7	31.1 ± 1.3	9.7 ± 2.1	31.2	3.1 ± 0.5	1.0 ± 0.0	32.3	171.0
دوما 4	13.7 ± 0.3	4.3 ± 0.2	31.4	5.3 ± 0.2	3.5 ± 0.2	66.0	25.8 ± 1.3	4.1 ± 0.9	15.9	2.5 ± 0.3	1.3 ± 0.1	52.0	165.3
جولان 2	14.1 ± 1.3	10.7 ± 0.6	75.9	7.3 ± 0.5	7.5 ± 0.9	102.7	22.4 ± 2.5	15.2 ± 1.9	67.9	2.7 ± 0.2	2.0 ± 0.2	74.1	320.6

التحليل العنقودي

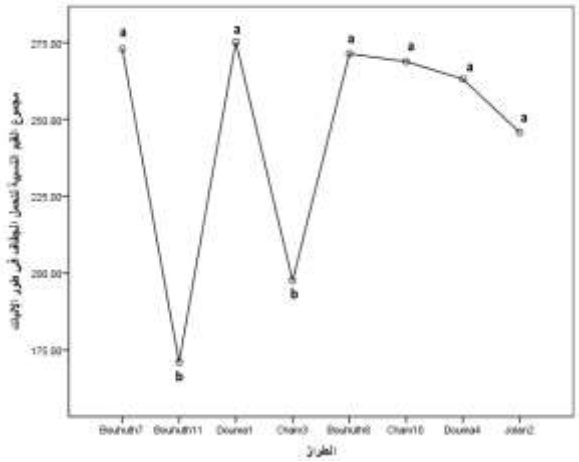
تم العمل على تطوير أسلوب غربلة تحت الشروط المخبرية بهدف فصل الطرز المدروسة حسب مستوى تحملها للإجهاد (العودة وزملاؤه، 2005؛ عباس وزملاؤه.، 2012). اعتمدت معظم أساليب الغربلة على استخدام معيار أو اثنين للفصل بين الطرز المدروسة ،كصفة طول الجذور، أو طول السويقة ،أو كليهما معاً (العودة وزملاؤه، 2009). لكن مؤخراً اعتمدت أساليب الغربلة على مجموع عدة صفات بدلاً من صفة واحدة أو اثنتين، وذلك على اعتبار أن الطرز المتحملة ستعمل على تطوير مجموع جذري متفرع ومتعمق وذلك يتطلب مساحة ورقية أكبر. لقد تم استخدام أسلوب التحليل العنقودي اعتماداً على مجموع القيم النسبية لتحمل الجفاف في غربلة الطرز المدروسة من قبل العديد من الباحثين (Albiski وزملاؤه، 2012؛ Murshed وزملاؤه، 2015)، وهذا يتفق مع الأسلوب الذي استُخدم في هذه الدراسة. تم تقويم أداء الطرز المدروسة في طور الإنبات باستخدام أسلوب التحليل العنقودي، وذلك باعتماد مجموع القيم النسبية لتحمل الجفاف لنسبة الإنبات النهائية وسرعة الإنبات وقوة الإنبات كأساس في فصل الطرز حسب مستوى تحملها للإجهاد المائي. تفرقت الطرز المدروسة وفقا للتحليل العنقودي إلى مجموعتين (الشكل 2):

1. **الطرز المتحملة:** هي الطرز التي أبدت أعلى قيمة لمجموع القيم النسبية لتحمل الجفاف ،وهي بحوث 7، دوما 1، بحوث 8، شام 10، دوما 4 وجولان 2.
2. **الطرز الحساسة:** هي الطرز التي تمتلك قيما متدنية لمجموع القيم النسبية لتحمل الجفاف ،وهي بحوث 11 وشام 3.



الشكل (2) التحليل العنقودي المعتمد على مجموع القيم النسبية لتحمل الجفاف للمعايير المدروسة في طور الإنبات

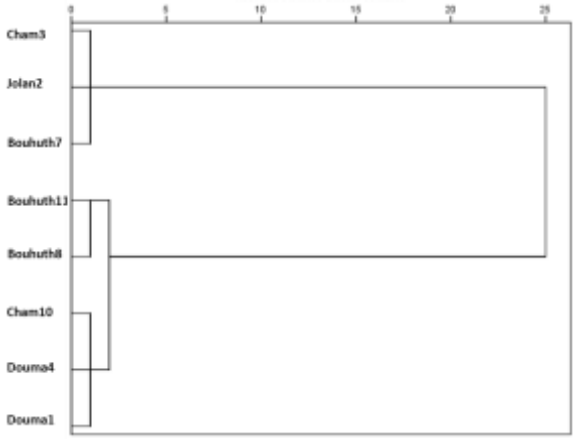
عززت نتائج تحليل التباين تصنيف الطرز المدروسة إلى مجموعتين، حيث تفوقت الطرز المتحملة معنوياً على الطرز الحساسة عند مستوى معنوية 5% (الشكل 3). كما يشير عدم وجود فروقات بين الطرز المتحملة إلى وقوعها في المجموعة نفسها، وينطبق ذلك أيضا على الطرز الحساسة. أبدت الطرز المتحملة أداءً أفضل بالنسبة لمعايير الإنبات، ولهذا دور مفيد حيث إن النمو القوي في طور الإنبات يزيد من قدرة هذه الطرز على منافسة الأعشاب الضارة، كما إنها ستغطي سطح التربة بسرعة، مما يقلل من فقد الماء بالتبخر. تبين نتائجنا إمكانية الاعتماد على معايير الإنبات المدروسة في الغربلة، وبخاصة أن تحليل الارتباط بعد التعرض للإجهاد كان معنوياً بين نسبة الإنبات النهائية وسرعة الإنبات (0.937) على مستوى 1%، ومعنوياً بين نسبة الإنبات النهائية وقوة الإنبات (0.713) على مستوى 5%. بيّن العديد من الباحثين أن قوة النمو الأولي هي صفة مفيدة لانتخاب الطرز المتحملة (Osman وزملاؤه، 2015).



الشكل (3) نتائج تحليل التباين لمجموع القيم النسبية لتحمل الجفاف (نسبة الإنبات النهائية + سرعة الإنبات + قوة الإنبات). تدل الأحرف المختلفة على الفروق المعنوية على مستوى 5% حسب قيمة أقل فرق معنوي (ثلاث مكررات، 10 لكل مكرر)، قيمة أقل فرق معنوي 48.2

بالنسبة لطور البادرة، قُوّمت الطرز المدروسة أيضاً باستخدام التحليل العنقودي، وذلك باعتماد مجموع القيم النسبية لتحمل الجفاف لطول الجذور وطول السويقة وعدد الجذور وعدد النموات الخضرية. قُسمت الطرز المدروسة نتيجة للتحليل العنقودي إلى مجموعتين (الشكل 4):

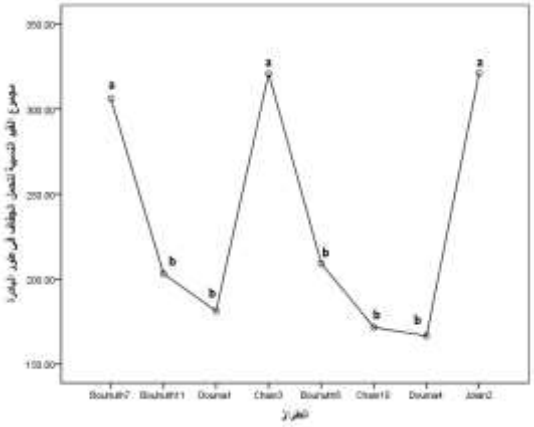
1. **الطرز المتحملة:** هي الطرز التي أبدت أعلى قيمة لمجموع القيم النسبية لتحمل الجفاف. وقعت الطرز شام 3، جولان 2 وبحوث 7 في هذه المجموعة.
2. **الطرز الحساسة:** هي الطرز التي امتلكت أدنى قيمة لمجموع القيم النسبية لتحمل الجفاف. صُنف في هذه المجموعة الطرز بحوث 11، بحوث 8، شام 10، دوما 4، دوما 1.



الشكل (4) التحليل العنقودي المعتمد على مجموع القيم النسبية لتحمل الجفاف للمعايير المدروسة في طور البادرة

اتفقت هذه النتيجة مع نتائج تحليل التباين في طور البادرة، حيث تفوّقت الطرز المتحملة (بحوث 7، شام 3، جولان 2) معنوياً على الطرز الحساسة عند مستوى معنوية 5% ،مع ملاحظة عدم وجود فروقات إحصائية بين الطرز المتحملة والطرز الحساسة (الشكل 5). يدل ذلك على إمكانية استخدام هذا الأسلوب في الغربلة في فصل الطرز بنجاح. اعتماداً على الدراسات المرجعية، تتأثر الجذور أولا بالجفاف (Ghafoor 2013؛ Osman وزملاؤه، 2015)، ومن ثمَّ تعدُّ صفة طول الجذور صفة انتخابية لتمييز الطرز المتحملة (Abdel-Raheem وزملاؤه، 2007). لكن في رأينا، قدرة الطرز المتحملة على تشكيل مجموع جذري متفرع ومتعمق استجابة لظروف الجفاف ،تتطلب مسطحاً ورقياً أكبر بهدف إنتاج كمية أكبر من المادة الجافة. يتفق هذا الاستنتاج مع نتائج تحليل الارتباط بعد التعرض للإجهاد، حيث ارتبط طول الجذور معنوياً مع عدد الجذور (0.841) على مستوى 1% ،ومع طول السويقة (0.762)، وعدد النموات الخضرية (0.827) على مستوى 5%. في حين ارتبط عدد الجذور معنوياً مع طول السويقة (0.889) على مستوى 1% ،ومع

عدد النموات الخضرية (0.792) على مستوى 1%، بينما ارتبطت صفة طول السويقة معنوياً مع عدد النموات الخضرية (0.732) على مستوى 5%.



الشكل (5) نتائج تحليل التباين لمجموع القيم النسبية لتحمل الجفاف (طول الجذور + عدد الجذور + طول السويقة + عدد النموات الخضرية). تدل الأحرف المختلفة على الفروق المعنوية على مستوى 5% حسب قيمة أقل فرق معنوي (n = 8)، قيمة أقل فرق معنوي 97.1

تبين نتائج الغربلة في طوري الإنبات والبادرة وجود تباين وراثي بين الطرز المدروسة. أبدت الطرز المتحملة قيَماً أعلى لمجموع القيم النسبية لتحمل الجفاف، وذلك بسبب قدرتها على جعل الجهد المائي داخل خلاياها أكثر سلباً، مما يسمح لها باستمرار امتصاص الماء تحت الظروف المجهدة. لُوحظ تغير صفة التحمل عند عدد من الطرز مع تغير الطور الفينولوجي من طور الإنبات إلى طور البادرة، حيث صُنفت الطرز بحوث 7، دوما 1، بحوث 8، شام 10، دوما 4 وجولان 2 كطرز متحملة في طور الإنبات، ولكن منها بحوث 7 وجولان 2 فقط ،هي التي حافظت على تصنيفها كطرز متحملة في طور البادرة. تدل هذه النتيجة على امتلاك الطرازين بحوث 7 وجولان 2 مورثات تحمل الجفاف خلال مرحلة تأسيس البادرة، ولا يتعارض ذلك مع الهدف من اعتماد هذين الطرازين كطرز للزراعة في مناطق

الاستقرار الأولى التي لا تعاني عادةً من انخفاض معدل الهطول المطري، حيث يستطيع هذان الطرازان إكمال مرحلة تأسيس البادرة حتى لو حدث انخفاض في معدل الهطول المطري في بداية الموسم. من جهة أخرى يمكن العمل على إدخال هذين الطرازين في برامج التربية للعمل على رفع قدرة الطرز المخصصة لمناطق الاستقرار الثانية والثالثة على تحمل الجفاف في مرحلة تأسيس البادرة. قد يكون سبب تغير تصنيف بعض الطرز (دوما 1 مثلاً) من متحمل إلى حساس هو عدم مقدرتها على تحمل الجفاف الممتد لفترات طويلة بسبب استنزاف وسائلها الدفاعية خلال فترة قصيرة. يُزرع دوما 1 في مناطق الاستقرار الأولى والثانية (الجدول 1)، وعليه واعتماداً على نتائجنا ننصح بعدم زراعته في مناطق الاستقرار الثانية ،كونه صُنف كطراز حساس على مستوى البادرة، لذلك يجب إدخاله مجدداً في برامج التربية بهدف زيادة قدرته على التحمل في طور البادرة ،والاكتفاء حالياً بزراعته في مناطق الاستقرار الأولى حصراً. عموماً، يؤكد بعض الباحثين بشكل يتفق مع نتائجنا فكرةَ تغير صفة التحمل مع تغير الطور الفينولوجي (Albuquerque وزملاؤه، 2016). بالإضافة لذلك، صُنف شام 3 كطراز حساس في طور الإنبات، وكطراز متحمل في طور البادرة. يمكن تفسير ذلك بالرجوع إلى قيم معايير الإنبات لشام 3 ،حيث نجد أن قوة الإنبات لديه مرتفعة نسبياً (جدول 2) ،وهذا يدل على قدرته على تشكيل بادرة طويلة، ولكن نسبة إنباته وسرعة إنباته المنخفضتين سببا تدني مجموع القيم النسبية لديه ،مما أدى إلى تصنيفه كطراز حساس في طور الإنبات. الطراز شام 3 مخصص للزراعة في مناطق الاستقرار الثانية (الجدول 1) التي قد تعاني من انحسار الأمطار في بداية الموسم، ومن ثَمَّ كون هذا الطراز كان حساساً في طور الإنبات يجب العمل على زيادة تحمله من خلال برامج التربية، وبخاصة أنه يوجد انزياح في مناطق الاستقرار (أي تحولت مناطق الاستقرار الثانية إلى ثالثة). اعتماداً على ذلك، يمكن زراعة الطُّرز جولان 2، بحوث 7 وشام 3 في المناطق التي قد

تعاني من انحسار الأمطار في بداية فصل النمو، مع الأخذ بالحسبان زيادة معدل البذار للطراز شام 3 بسبب تدني نسبة إنباته وسرعتها .

الاستنتاجات والمقترحات:

تبدو تقانة الغربلة المخبرية المستخدمة مناسبة لغربلة عدد كبير من المدخلات تجاه الجفاف قبل اختبارها حقلياً، وهذا يتفق مع نتائج بعض الباحثين (Almaghrabi 2012)، وبخاصة أن بعض الدراسات أظهرت أن الطُّرز المتحملة مخبرياً كانت متحملة في الحقل (Kosturkova وزملاؤه، 2014). وفقاً للنتائج، صُنِّف الطرازان جولان 2 وبحوث 7 كطرازين متحملين، والطراز بحوث 11 كطراز حساس في كلا الطورين المدروسين. نقترح الاهتمام بزراعة الصنفين جولان 2 وبحوث 7 في المناطق التي يحصل فيها عادة انحسار للهطول المطري في بداية موسم النمو. كما نقترح العمل على اختبار الطُّرز المتحملة الناتجة عن دراستنا هذه في مرحلة الإزهار وملء الحبوب، كونها من المراحل الحرجة التي يسبب فيها الجفاف تراجعاً كبيراً في الغلة. بالإضافة لذلك، نقترح الاستفادة من الطرازين بحوث 7 وجولان 2 (كونهما طرازين متحملين في كلا الطورين المدروسين) في برامج التربية بهدف تحسين تحمل الجفاف للطرز المخصصة لمناطق الاستقرار الثانية والثالثة.

المراجع العربية:

1. العودة أ، شاهرلي م، الجنعير ف خ (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 3: 44-56.
2. العودة أ ش، صبوح م، الجودة م ع. (2005). تقويم استجابة بعض الطرز الوراثية من القمح (Triticum spp.) للإجهاد المائي في طور البادرة. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية 21: 15-36.
3. عباس س، خيتي م، صبوح م. (2012). غربلة بعض أصناف القمح السورية في ظروف الإجهاد المائي مخبرياً اعتماداً على الصفات الشكلية وتقييم اختلافاتها الفيزيولوجية والبيوكيمائية والإنتاجية حقلياً. المجلة العربية للبيئات الجافة 1: 23-38.

المراجع الأجنبية:

1. Abdel-Raheem, A.T., Ragab, A.R., Kasem, Z.A., Omar، F.D. and Samera, A.M. (2007). *In vitro* selection for tomato plants for drought tolerance via callus culture under polyethylene glycol (PEG) and mannitol treatments. *Afr. Crop Sci. Soc*., 8: 2027-2032.
2. Albiski, F., N. Safaa., S. Rabab., A. Nour., M. (2012). *In vitro* screening of potato lines for drought tolerance. *Physiol Mol Biol Plants*, 18:315–321.
3. Albuquerque, J.R.T; Sa, F.V.S; Oliveira, F.A; Paiva, E.P; Araujo, E.B.G; Souto, L.S. (2016). Crescimento Inicial e Tolerância de Cultivares de Pepino Sob Estresse Salino, Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, 10 (2): 486-495.
4. Almaghrabi, A.O. (2012). Impact of drought stress on germination and seedling growth parameters of some wheat cultivars. *Life Sci*., 9: 590-598.
5. 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.

6. Boureima, S., M. Eyletters., M. Diouf., T. Dio and P. V. Damme, P. (2011). Sensitivity of seed germination and seedling radicle growth to drought stress in sesame (*Sesamum indicum* L). *Res. J. Envi. Sci*, 5 (6): 557-564.
7. Cramer, G.R., Urano, K., Delrot, S., Pezzotti, M. and Shinozaki, K. (2011). Effects of abiotic stress on plants: a systems biology perspective. *BMC Plant Biol*, 11: 163.
8. Demir, A.O., A. T. Göksoy., H. Büyükcangaz., Z. M. Turan., E. S. Köksal. (2006). Deficit irrigation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in a sub-humid climate. *Irrigation Science*; 24: 279–89.
9. Dodd, G.L. and Donovan, L.A. (1999). Water potential and ionic effects on germination and seedling growth of two cold desert shrubs. *Am. J. Bot*, 86: 1146-1153.
10. Ghafoor, A. (2013). Unveiling the mess of red pottage through gel electrophoresis: a robust and reliable method to identify *Vicia sativa* and *Lens culinaris* from a mixed lot of split "red dal". *Pak. J. Bot*., 45: 915-919.
11. Gharoobi, B., Ghorbani, M. and Ghasemi Nezhad، M. (2012). Effects of different levels of osmotic potential on germination percentage and germination rate of barley, corn and canola. *Iranian J. Plant Physiol*. 2 (2): 413-417.
12. Godfray, H.C., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M., Toulmin, C. (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Sci* 327: 812-818.
13. Guo, R., Hao, W. and Gong, D.Z. (2012). Effects of water stress on germination and growth of linseed seedlings (*Linum usitatissimum*) photosynthetic efficiency and accumulation of metabolites. *J. Agril. Sci*. 4 (10): 253-265.
14. Hossain, M. A., Arefin, M.K., Khan, B.M. and Rahman, M. A., (2006). Effects of Seed Treatments on Germination and Seedling Growth Attributes of Horitaki (*Terminalia chebula* Retz.) in the

nursery. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 1: 135-141.

15. Jogaiah, S., Govind, S.R. and Tran, L.S.P. (2013). Systems biology based approaches toward understanding drought tolerance in food crops. *Crit. Rev. Biotechnol*., 33: 23−29.

16. Kalefetogllu, M. T., O. Turan and Y. Ekmekci. (2009). Effect of water deficit induced by PEG and NaCl on Chickpea (*Cicer arieitinum* L.) cultivar and lines at early seedling stage. G. U. *Journal of Science*, 22: 5−14.

17. Kandil, A.A., A.E. Sharief., A. E and Ahmed., S.R.H. (2012). Germination and Seedling Growth of Some Chickpea Cultivars (*Cicer arietinum* L.) under Salinity Stress. *Journal of Basic & Applied Sciences*, 8: 561-571.

18. Kaya, M.D., Okeu., G. Atak., M. Cykyly., Y. Kolsarycy., O. (2006) Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (Helianthus annuus L.). *Europeon J Agron*, 24(4): 291−295.

19. Knox, J., Hess, T., Daccache, A.,and Wheeler, T. (2012). Climate change impacts on crop productivity in Africa and South Asia. *Environ.Res.Lett*. 7,1–8.doi:10.1088/1748-9326/7/3/034032

20. Kosturkova, G., Todorova, R., Dimitrovai, M. and Tasheva، K. (2014). Establishment of Test for Facilitating Screening of Drought Tolerance in Soybean. *Series F. Biotechnologies*, Vol. XVIII.

21. Kulkarni, M. and Deshpande, U. (2007). *In-vitro* screening of tomato genotypes for drought resistance using polyethylene glycol. *Afr. J. Biotechnology*, 6:691-696.

22. Lawlor, D.W., Cornic, G. (2002). Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plant. *Plant Cell Environ*. 275-294.

23. Meneses, C.H.S.G., Alcantara Bruno, R.D. Fernandes, D., Pereira, W.E. Morais Lima، L.H.G., Andrade Lima, M.M. and Vidal,

M.S (2011).Germination of cotton cultivar seeds under water stress induced by polyethyleneglycol-6000. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*. 68: 131-138.

24. Moayedi, A.A., Boyce, A.N. and Barakbah, S.S. (2009). Study on osmotic stress tolerance in promising durum wheat genotypes using drought stress indices. *Research J. Agriculture and Biological Sci*. 5: 603-607.
25. Murashige T, Skoog F (1962) A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. *Physiol Plant*. 15: 473-497.
26. Murshed, R., Najla, S., Albiski, F., Kassem, I., Jbour, M and Al-Said, H. (2015). Using Growth Parameters for In-vitro Screening of Potato Varieties Tolerant to Salt Stress. J. Agr. Sci. Tech. 17: 483-494.
27. Osman, B. P., G. Sudarsanam, M. Madhu Sudhana Reddy and N. Siva Sankar. (2015). Effect of PEG induced water stress on germination and seedling development of tomato germplasm. *International Journal of Recent Scientific Research*. 6: 4044-4049.
28. Pan, X.Y., Y.F. Wang, G.X. Wang, Q.D. Cao and J. Wang. (2002). Relationship between growth redundancy and size inequality in spring wheat populations mulched with clear plastic film. *Acta Phytoecol. Sinica*. 26:177-184.
29. Pinto, R.S., Reynolds, M.P., Mathews, K.L., McIntyre, C.L., Olivares−Villegas, J.J., Chapman, S.C. (2010). Heat and drought adaptive QTL in a wheat population designed to minimize confounding agronomic effects. *Theoretical and Applied Genetics*, 121: 1001–1021.
30. Rauf, M., Munir, M., UI-Hassan, M., Ahmed, M. and Afzai, M. (2007). Performance of wheat genotypes under osmotic stress at
31. germination and early seedling growth stage. *African J. of Biotechnology* 8:971-975.
32. Rauf, S., Sadaqat, H.A. and Khan, I.A. (2008). Effect of moisture regimes on combining ability variations of seedling traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Candian J. Plant Sci*. 88: 323-329.

33. Ray, D. K., Mueller, N. D., West, P. C., and Foley, J. A. (2013).Yield trends are Insufficient to double global crop production by 2050. *PLoSONE* 8:e66428.doi:10.1371/journal.pone.0066428
34. Reynolds, M., Tuberosa, R. (2008). Translational research impacting on crop productivity in drought-prone environments. *Current Opinion in Plant Biology*, 11: 171–179.
35. Shao, H. B., L. Y. Chu., G. Wu., J.H. Zhang., Z.H. Lu., Y. C. Hu. (2007). Changes of some anti-oxidative physiological indices under soil water deficit Surface B: *Biointerfaces* 54: 143-149.
36. Shiferaw, B., Smale, M., Braun, H.J., Duveiller, E., Reynolds, M., Muricho, G. (2013). Crops that feed the world. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. *Food Security*. 5: 291-317.
37. Sun, L., Zhou, Y., Wang, C., Xiao, M., Tao, Y., Xu, W., et al (2012). Screening and identification of sorghum cultivars for salinity tolerance during germination. *Scientia Agricultura Sinica,* 45:1714–22.
38. Sun, Y. Y., Sun, Y. J. and Wang, M. T. (2010). Effects of seed priming on germination and seedling growth under water stress. *Acta Agronomica Sinica,* 36:1931-1940.