Journal homepage
www.ajas.uoanbar.edu.iq
Anbar Journal of Agricultural Sciences
(University of Anbar – Agriculture College)

فعالية الأنزيمات المضادة للأكسدة في تراكيب وراثية من الحنطة تحت ظروف المنطقة الغربية من العراق

علي سالم عبدالحسين[1] عمر اسماعيل خلف[2] محمد اسماعيل خلف[3] جلال ناجي محمود[4]
محمد حمدان العيساوي[2]*

[1]الشركة العامة للتجهيزات الزراعية _ وزارة الزراعة
[2]كلية الزراعة _ جامعة الانبار
[3]مركز دراسات الصحراء_ جامعة الانبار
[4]دائرة الابحاث الزراعية _ وزارة العلوم والتكنلوجيا

***المراسلة الى:** محمد حمدان عيدان، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة الانبار، الرمادي، العراق.
البريد الالكتروني: ag.mohammed.hamdan@uoanbar.edu.iq

Article info
Received: 2022-04-07
Accepted: 2022-05-09
Published: 2023-12-31

DOI-Crossref:
10.32649/ajas.2023.177263

Cite as:
Abdulhussain, A. S., O. E. Khalaf, M. E. Khalaf, J. N. Mahmood, and M. H. Al-Issawi. (2023). Antioxidant enzymes activity in wheat genotypes grown in western region of iraq. Anbar Journal of Agricultural Sciences, 21(2): 515-527.

©Authors, 2023, College of Agriculture, University of Anbar. This is an open-access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

الخلاصة

بهدف غربلة 21 تركيب وراثي مدخلة من قبل وزارة العلوم والتكنلوجيا وملائمة للزراعة في البيئات الجافة وشبه الجافة اضافة الى ثلاث أصناف معتمدة لغرض المقارنة، طبقت تجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة وبثلاث مكررات لكل تركيب وراثي. بينت نتائج الدراسة ان التراكيب الوراثية التي ادخلت حديثا منها تراكيب وراثية واعدة جدا ومرشحة لبرامج التربية والتحسين الاخرى بالإضافة الى امكانية اعتمادها كأصناف بعد زراعتها لعدة مواسم لتأكيد ثباتية صفات نموها وانتاجها العالي تحت ظروف مماثلة. اختلفت التراكيب الوراثية من حيث فعالية الأنزيمات المضادة للأكسدة، اذ تفوق الصنف العراق بأعلى فعالية لأنزيمات CAT وPOD وAO، بينما حقق التركيب الوراثي 39 نتائج متقاربة للصنف العراق في ثلاث أنزيمات (CAT وSOD وAO). اختلفت باقي التراكيب في مدى فعالية الأنزيمات فيها، بينما اظهرت التراكيب 3 و4 و5 و6 و7 و19 و20 و24 و32 و36 وديار ومحمودية انخفاضاً واضحاً في فعالية الأنزيمات المضادة للأكسدة وسجلت محتوى أدني من الأنزيمات، وهذا يدل على تفاوت سير العمليات الحيوية في النبات وكذلك النمو والانتاج. تفوق التركيب 4 بأعلى نسبة مئوية للخصب بلغت 3.09% في حين سجل

التركيب 11 أدنى نسبة خصب بلغت 1.89%. اما فيما يتعلق بصفة وزن 1000 حبة لوحظ تفوق التركيب 18 بأعلى متوسط بلغ 59.47 غم. في حين تفوق التركيب 31 بأعلى متوسط للحاصل بلغ 11.52 طن هـ$^{-1}$. من خلال النتائج اعلاه يمكن ترشيح التراكيب الوراثية 4 والعراق و9 و25 و29 و30 و39 المتفوقة لأنها تدخل في برامج متقدمة من التربية والتحسين.

كلمات مفتاحية: الحنطة، الاجهاد البيئي، الأنزيمات المضادة للأكسدة، الغربلة، الجذور الحرة.

ANTIOXIDANT ENZYMES ACTIVITY IN WHEAT GENOTYPES GROWN IN WESTERN REGION OF IRAQ

A. S. Abdulhussain[1] O. E. Khalaf[2] M. E. Khalaf[3] J. N. Mahmood[4]

M. H. Al-Issawi[2*]

[1]General Company for Agricultural Supplies _ Ministry of Agriculture
[2]College of Agriculture _ University of Anbar
[3]Center of Desert studies _ University of Anbar
[4]Agriculture Research Directorate _ Ministry of Science and Technology

***Correspondence to:** Mohammed H. Al-Issawi, Department of Field Crops, College of Agriculture, University of Anbar, Ramadi, Iraq.
Email: ag.mohammed.hamdan@uoanbar.edu.iq

Abstract

In order to screening 21 genotypes of wheat introduced by Ministry of Science and Technology and suitable to arid and semi-arid regions in addition to three registered cultivars (IRAQ, Al Diyar and Al Mahmodia). The experiment conducted according to RCBD with three replications for each genotype. The results showed that there are new promising genotypes for plant breeding programs from the introduced genotypes and planted in the second season in row in the western region of Iraq. In addition to the possibility of registering some of them after confirming their productivity for next seasons under such conditions. The genotypes varied in their content of antioxidant enzymes, the cultivar IRAQ was superior over all genotypes especially when it gave highest activity of CAT, SOD and AO (40.18, 205.03 and 56.62 U g^{-1} FW min^{-1} respectively) followed by genotype 39. While the other genotypes showed low activity of the antioxidant enzymes and this confirms the fact that genotypes also might be varied in their chemical composition and metabolisms. The genotype 4 was superior in fertility ratio (3.09%) compared to genotype 11 that gave lowest ratio while in 1000 grain weight it was observed that genotype 18 gave highest average over other genotypes (59.47 g) and genotype 31 gave the highest average of yield in hectare. According to the genotypes that can be nominated to be used in further breeding programs are 4, IRAQ, 9, 25, 29, 30 and 39.

Keywords: Wheat, Antioxidant enzymes, Plant breeding, ROS, Screening.

المقدمة

يعد محصول الحنطة .*Triticum aestivum* L واحدا من أهم المحاصيل الغذائية الأساسية لأكثر من 31% من سكان العالم، إذ يحتل المرتبة الأولى من حيث الأهمية الاقتصادية والمساحة المزروعة في العراق والعالم. تعود أهمية الحنطة في غذاء الإنسان إلى كلوتين الحنطة الذي ينتج أفضل أنواع الخبز(31) وكونها مصدراً للكربوهيدرات والبروتينات والمعادن مثل الفوسفور والمغنيسيوم والصوديوم والحديد والنحاس والزنك والفيتامينات مثل الثيامين، الريبوفلافين والنياسين وفيتامين هـ (25) والتي تعد مهمة جدًا لصحة الإنسان. ويعد ايضا أحد أهم المحاصيل وأكثرها انتشارًا من بين محاصيل الحبوب المزروعة كغذاء للإنسان وعلف للحيوانات، اذ يمكن ان يزرع ويحصد في اي شهر من شهور السنة في مكان ما في العالم وتقدر انتاجية تبن الحنطة في العراق 8598 ألف طن سنوياً (14).

بلغ انتاج العراق في العام 2020 للموسم الشتوي 6238 ألف طن بمساحة مزروعة بلغت 2143.5 ألف هكتار (2) اي بارتفاع نسبتهُ 43.6% عن إنتاج سنة 2019 بما يعادل 4343 ألف طن من مساحة مزروعة بلغت 1582.75 ألف هكتار (3) وهي نسب قليلة إذا ما قورنت بإنتاج عام 2017 البالغ 2974 ألف طن بواقع المساحة المزروعة البالغة 1054 ألف هكتار (4). يعزى سبب انخفاض كمية الانتاج بوحدة المساحة الى التحديات الناتجة عن تقلبات الظروف البيئية والمناخية كارتفاع درجات الحرارة والجفاف والملوحة التي تسبب اجهادات اضافية على النبات مما ينعكس سلبا على انتاجية المحصول. ولأجل زيادة انتاجية محصول الحنطة والوصول الى تحقيق الاكتفاء الذاتي اتجه مربو النبات الى استنباط تراكيب وراثية عالية الانتاج ومقاومة للتغيرات المناخية من خلال تفعيل اليات المقاومة للظروف البيئية المتطرفة، ومن هذه الاليات زيادة فعالية نشاط مضادات الاكسدة الأنزيمية او غير الأنزيمية التي هي مجموعة من المركبات والعناصر التي لها المقدرة على ايقاف او ابطاء عملية الاكسدة التي تسببها الجذور الحرة Free radicals.

تتواجد مضادات الأكسدة بصورة طبيعية في خلايا أنسجة النبات وهذه المواد تنشط عند تعرض النبات لظروف الإجهاد المختلفة وتعمل هذه على كنس الجذور الحرة وحماية الخلية ومكوناتها من الأضرار الناتجة عنها ومن مضادات الاكسدة الأنزيمية Superoxide dismutase (SOD) وCatalase (CAT) وPeroxidase (POD) وAldehyde oxidase (AO) وNitrate reductase (NR) اذ يعتمد قياس تركيز مضادات الاكسدة بالنبات نسبة الى تركيز الجذور الحرة معياراً اساسيا على مدى تحمل النبات للإجهادات البيئية، مما اضطر مربو النبات الى بذل جهد اكبر لاستنباط تراكيب وراثية جديدة ذات محتوى عالي من مضادات الاكسدة او زيادة فعاليات مضادات الاكسدة الأنزيمية (21) وادخالها في برامج التربية والتحسين ودراسة مدى تأقلمها للبيئة السائدة واعتمادها. إن محاولة غربلة مدخلات وراثية من الحنطة اعتماداً على مكونات الحاصل وتقييم نتائجها في المواسم اللاحقة يعطي فهما أفضل لمدى نجاحها في زيادة الحاصل بدلاً عن الاستبعاد المبكر لكثير من التراكيب الوراثية. لذلك تغربل المدخلات الوراثية اعتماداً على عدد من الصفات لإظهار المقدرة الوراثية لإعطاء أفضل تركيب وراثي ذات صفات مميزة وبالتالي يؤثر في مكونات الحاصل الأخرى وفق مبدأ التعويض

(اي تقييم النبات من خلال أحد المكونات المميزة للنمو او الحاصل او كليهما). ان الفهم الدقيق لتنظيم تكون الجذور الحرة ROS في الانسجة النباتية يسهم بشكل كبير في تطوير تراكيب وراثية مقاومة للإجهادات البيئية، وان انتخاب تراكيب وراثية من الحنطة أكثر ملائمة للبيات الجافة له ما يبرره اقتصاديا وبيئياً تماشيا مع التغيرات المناخية في العقود الاخيرة وتكرار موجات الجفاف وارتفاع ملوحة الترب ودرجات الحرارة. وعليه اتت هذه الدراسة مكملة لدراسات اخرى اجريت على تراكيب وراثية مدخلة وملائمة للزراعة في المناطق الجافة وشبه الجافة بهدف اعتماد أفضل التراكيب الوراثية من الحنطة من حيث مقدرتها على النمو في هذه البيئات واعطاء حاصل عالي مقارنة بالأصناف المعتمدة المحلية (28). وفي الدراسة الحالية سيتم تقييم لهذه التراكيب بالنسبة لمحتواها من الأنزيمات المضادة للأكسدة وارتباط فعالية هذه الأنزيمات بالحاصل.

المواد وطرائق العمل

نفذت تجربة حقلية في المنطقة الغربية من العراق تحديدا ي منطقة الحامضية التابعة لقضاء الرمادي والواقعة على خط طول 33º29'11.9"N وخط عرض 43º24'24.4"E. هدفت الدراسة الى اختيار التركيب/ التراكيب الوراثية المتفوقة في فعالية الأنزيمات المضادة للأكسدة وذات حاصل جيد. تضمنت التجربة 24 تركيب وراثي منها 21 تركيب وراثي مدخل حديثا الى العراق بالإضافة الى ثلاثة أصناف معتمدة محليا (العراق والمحمودية والديار)، علما ان التراكيب الوراثية أدخلت اساسا للزراعة في البيئات الجافة وشبة الجافة. نفذت التجربة بتصميم القطاعات العشوائية الكاملة (R.C.B.D) وبثلاث مكررات لكل تركيب وراثي. احتوت كل وحدة تجريبية (2*2 م) على ثمانية خطوط المسافة بين خط وأخر 25 سم. أضيف سماد DAP (Di-Ammonium Phosphate) قبل الزراعة بمقدار 188 كغم هـ$^{-1}$ الواحد (24) دفعة واحدة خلطاً مع التربة اي بمقدار 65 غم لكل وحده تجريبيه تقريبا، وبلغت كمية البذار 120 كغم هـ$^{-1}$. تم دراسة الصفات نسبة الخصب% (عدد الحبوب/عدد السنيبلات)، وزن 1000 حبة (غم) والحاصل الكلي (طن هـ$^{-1}$) بالإضافة الى تقدير فعالية الأنزيمات المضادة للأكسدة.

تقدير فعالية الأنزيمات المضادة للأكسدة: عند تزهير اغلب التراكيب الوراثية (بعد مرور 100 يوم من الزراعة تقريبا) اخذت عينات من اوراق العلم (Flag leaf) عشوائيا من جميع التراكيب الوراثية ومن الخطوط الوسطية. وضعت مباشرة بأكياس في صندوق محكم يحتوي على ثلج وبعدها نقلت مباشرة الى المختبر (-20) م° في دائرة بحوث المواد – وزارة العلوم والتكنولوجيا لتقدير فعالية الأنزيمات المضادة للأكسدة باستخدام جهاز المطياف الضوئي (EMC-11 UV spectrophotometer – Germany).

تقدير نسبة فعالية أنزيم الكاتاليز Catalase (CAT: EC 1.11.1.6): تم تقدير فعالية هذا الأنزيم (وحدة غم$^{-1}$ وزن رطب دقيقة$^{-1}$) وفق (1). أستخدم محلول الفوسفات المنظم (pH= 7) ومركب H_2O_2 بالإضافة الى 20 مايكرومل من مع 1000 مايكرومل من محلول H_2O_2 (10 mM) وحضن الخليط في حمام مائي على درجة حرارة 28 م° ومن ثم قرات النتائج على طول موجي 240 نانوميتر كل 60 ثانية ولمدة 3 دقائق.

تقدير نسبة فعالية أنزيم السوبر اوكساید دسميوتيز Superoxide dismutase (SOD: EC 1.15.1.1): قدرت فعالية أنزيم SOD (وحدة غم$^{-1}$ وزن رطب دقيقة$^{-1}$) باتباع لطريقة (10). تم خلط 183.5 مل من محلول الفوسفات المنظم (50 mM، pH=7.8) و15 مايكرليتر من L-Methionine (14 mM) و7.5 مايكروليتر من triton X-100 (1%) و10 مايكروليتر من NitroBlue tetrazolium (4 ملغم/10 مايكروليتر) بالإضافة الى الماء منزوع الايونات ومركب Riboflavin. واستخدم 40 مايكروليتر من العينة الى 1500 مايكروليتر من خليط التفاعل انف الذكر بالإضافة الى 500 مايكروليتر من الماء منزوع الايونات و40 مايكروليتر من مركب Riboflavin. عرضت الانابيب المحتوية على خليط التفاعل الى مصدر ضوء (18 واط) ومن ثم تم قراءة العينات على طول موجي 560 نانوميتر.

تقدير نسبة محتوى أنزيم البيروكسديز peroxidase (POD: EC 1.11.1.7): قدرت فعالية أنزيم POD (وحدة غم$^{-1}$ وزن رطب دقيقة$^{-1}$) وفق (23). استخدم محلول الفوسفات المنظم (pH=7) وGuiaicol (0.5%) وبيروكسيد الهيدروجين (0.3%). أضيف 100 مايكرومل من العينة الى 2500 مايكرومل من محلول الفوسفات المنظم و250 مايكرومل من كحول Guiaicol (0.5%) و250 مايكروليتر من بيروكسيد الهيدروجين (0.3%). ومن ثم حضنت في حمام مائي (37 م°) ومن ثم قرأت النتائج على طول موجي 470 نانوميتر بعد مرور 3 دقائق.

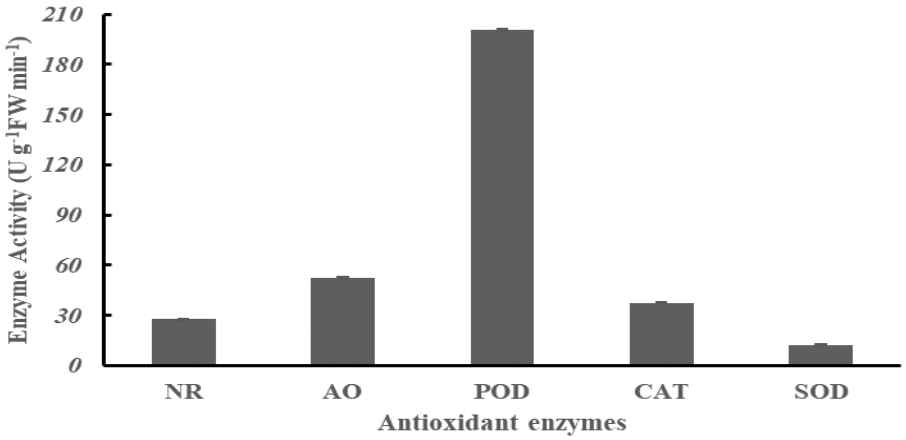
تقدير نسبة فعالية أنزيم الاليهايد اوكسديز Aldehyde oxidase (AO: EC 1.2.3.1): تم تقدير فعالية أنزيم AO (وحدة غم$^{-1}$ وزن رطب دقيقة$^{-1}$) وفقا لطريقة (28). تم استخدام 100 مليمول من محلول الفوسفات المنظم (pH= 7) و7.51 مليمول من Indole-3-Carboxyaldehyde. تكون محلول التفاعل من 0.1 مليمول من Phenazine methosulfate و0.4 مليمول من 5-2-yl-2-5- Dimethylthiazol-3-4-3 diphenyletrazoliumbromide. أضيف 100 مايكروليتر من العينة الى 1000 مايكروليتر من المحلول المنظم و200 مايكروليتر من 1 مليمول من Carboxyaldehyde و1500 مايكروليتر من محلول التفاعل انف الذكر. حضن خليط التفاعل بحمام مائي (37 م°) ومن ثم قرأت النتائج على طول موجي 540 نانوميتر.

تقدير نسبة فعالية أنزيم Nitrate Reductase (NR: EC 1.7.1.1): قدرت فعالية NR (وحدة غم$^{-1}$ وزن رطب دقيقة$^{-1}$) وفقا لطريقة (27). تكون خليط التفاعل من 0.75 N من HCl و0.5% (W/V) من Sulfanilamide و0.01% (W/V) منN-(1-Napthyl) ethylenediamine dihydrochloride. اضيف 200 مايكروليتر من العينة الى 1500 مايكورليتر من خليط التفاعل. وحضنت في حمام مائي (37 م°) ومن ثم قرأت النتائج على طول موجي 540 نانوميتر.

التحليل الاحصائي: بعد جمع وتبويب البيانات للصفات المدروسة، حللت احصائيا وفقا لطريقة تحليل التباين واعتمادا على تصميم القطاعات العشوائية الكاملة باستخدام برنامج MS Excel وتم تمييز الفروق المعنويه بين المتوسطات باستخدام اختبار اقل فرق معنوي (L.S.D) عند مستوى احتمالية 0.05 للصفات المدروسة (8).

النتائج والمناقشة

فعالية الأنزيمات المضادة للأكسدة: يقع مستوى الجذور الحرة (ROS) في الخلايا النباتية في الظروف الطبيعية للنمو تحت سيطرة مضادات الاكسدة الأنزيمية ومنها SOD وPOD وCAT وAO وNR وغيرها من الأنزيمات. وفقا الى العديد من الابحاث فان هذه الأنزيمات ذات اهمية بالغة للنبات لمقاومة الاجهاد التأكسدي المرافق للعديد من المؤثرات البيئية، اذ يزداد خطر ROS عندما يفوق محتواها محتوى الخلايا من مضادات الاكسدة (19). يختلف تعبير المركبات الحيوية المهمة فيما بينها في النبات الواحد، وبهذا الصدد وجد بان فعالية الأنزيمات المضادة للأكسدة والتي تضمنتها هذه الدراسة اختلفت معنويا في تعبيرها في تراكيب الحنطة الوراثية الداخلة في الدراسة ولكنها بمجموعها تشكل النظام الدفاعي في النبات. بلغت اعلى فعالية لأنزيم POD بفارق عالي المعنوية عن بقية الأنزيمات ومن ثم أنزيمي AO وCAT اللذين لم يختلفا معنويا فيما بينهما وعبر الأنزيمين NR وSOD بأقل فعالية (شكل 1).



شكل 1 فعالية الأنزيمات المضادة للأكسدة في الحنطة (وحدة غم$^{-1}$ وزن رطب دقيقة$^{-1}$) (Mean±SE, n=3).

Figure 1 Antioxidant enzyme activity in wheat (units g^{-1} fresh weight $minute^{-1}$) (Mean±SE, n=3).

(The level of reactive oxygen species (ROS) in plant cells under normal growth conditions is controlled by antioxidant enzymes, including SOD, POD, CAT, AO, NR, and other enzymes. According to various studies, these enzymes are of significant importance to plants in combating oxidative stress caused by various environmental factors. The risk of ROS increases when their content exceeds the cell's content of antioxidants. The expression of vital compounds varies among different plant varieties. In this study, the antioxidant enzyme activity included in the analysis significantly differed in the genetic structures of wheat studied, but together, they form the plant's defense system. The highest activity was observed in the POD enzyme, significantly higher than the other enzymes, followed by AO and CAT, which did not show significant differences between them, and the enzymes NR and SOD exhibited the lowest activity (Figure 1).

من الجدير بالذكر ان ظروف النمو لهذه التراكيب كانت طبيعية حيث من المحتمل ان تعبير هذه الأنزيمات قد يختلف تماما إذا ما تعرض النبات الى اي من الاجهادات البيئية. كما الحال في الانواع النباتية المختلفة، فان التراكيب الوراثية التابعة لنفس النوع تختلف بمحتواها من مضادات الاكسدة وعليه فقد اشارت نتائج التحليل الاحصائي (جدول 1) الى تباين التراكيب الوراثية في فعالية الأنزيمات المضادة للأكسدة. يتبين من النتائج

(جدول 1 وشكل 2) ان التراكيب الوراثية الداخلة في الدراسة يمكن ان توضع في ثلاث مجاميع، تضم المجموعة الاولى التراكيب الوراثية التي تفوقت في أربع او خمس أنزيمات من الأنزيمات قيد الدراسة العراق، 10، 11، 25، 28، 29، 30، و39، بينما ضمت المجموعة الثانية التراكيب الوراثية التي تفوقت في فعالية أنزيمين او ثلاثة أنزيمات 4، 7، 9، 18، 24، 31، 41 اما المجموعة الاخيرة فقد ضمت بقية التراكيب والتي لم تبدي اي فعالية أنزيمية او أنزيم واحد على الاكثر (الديار، المحمودية، 3، 5، 6، 19، 20، 32، 36). بلغت اعلى فعالية لأنزيم NR في التركيب الوراثي 29 (30.25 وحدة غم$^{-1}$ وزن رطب دقيقة$^{-1}$) في حين ابدى التركيب 19 اقل فعالية لهذا الأنزيم. بينما ابدى الصنف العراق اعلى فعالية لأنزيمات AO، POD وCAT اذ بلغت 56.62، 205.03 و40.18 وحدة غم$^{-1}$ وزن رطب دقيقة$^{-1}$ مما يجعله الصنف المحلي الاكثر ثباتيه بالإنتاج وكذلك بمحتوى الأنزيمات المضادة للأكسدة.

جدول 1 فعالية الأنزيمات المضادة للأكسدة في التراكيب الوراثية من الحنطة (وحدة غم$^{-1}$ وزن رطب دقيقة$^{-1}$) (Mean±Lsd, n=3).

SOD	CAT	POD	AO	NR	التراكيب الوراثية
وحدة غم-1 وزن رطب دقيقة-1					
11.75	35.33	199.03	53.07	26.74	3
12.55	37.12	196.23	53.06	28.73	4
12.39	36.54	195.28	51.64	26.00	5
12.40	38.28	197.47	51.13	26.85	6
12.48	38.85	192.95	50.70	27.19	7
13.21	39.08	204.12	52.64	28.24	9
12.79	39.04	204.24	52.78	28.83	10
12.63	39.46	202.22	53.68	30.14	11
11.51	37.92	202.02	51.23	26.89	18
11.59	38.35	199.24	48.59	24.19	19
12.23	37.89	193.53	51.24	27.58	20
12.32	36.65	201.63	51.82	27.19	24
13.29	37.13	205.88	53.92	28.87	25
13.28	37.42	205.53	54.46	29.48	28
12.82	36.73	202.78	55.70	30.25	29
12.61	36.31	205.17	54.56	28.96	30
12.85	39.49	203.23	53.15	27.66	31
11.53	35.34	197.21	52.60	26.69	32
12.29	36.48	202.52	50.45	27.38	36
12.72	39.19	200.66	56.12	28.39	39
12.79	39.71	200.61	53.51	26.87	41
12.68	40.18	205.03	56.62	27.97	IRAQ
11.72	33.46	199.68	50.92	26.44	Al Mahmodia
11.74	36.05	199.22	51.07	26.12	Al Diyar
0.62	2.81	4.75	1.61	1.21	LSD0.05

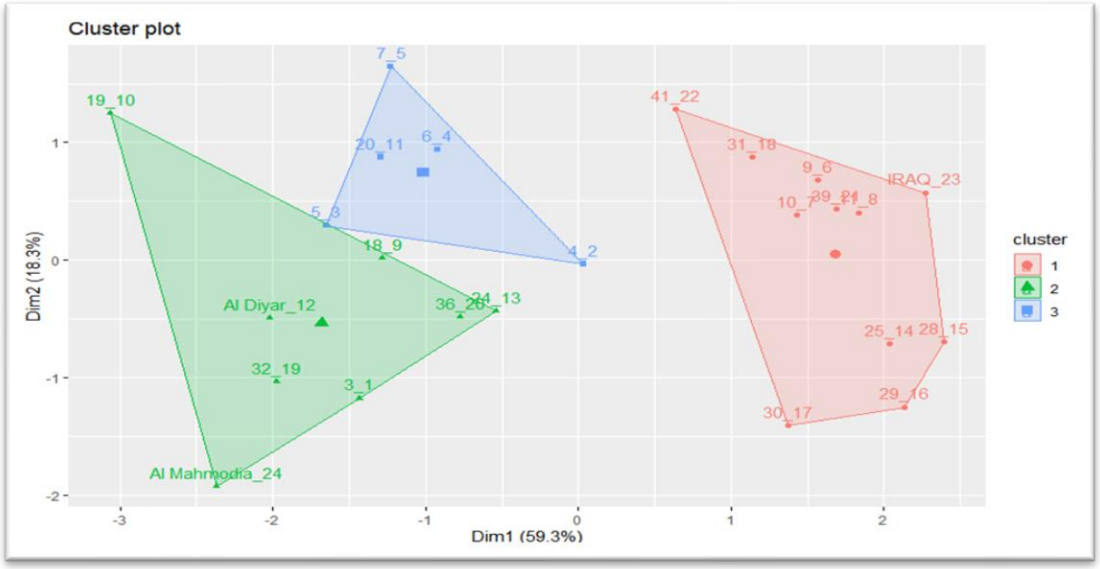
Table 1 Antioxidant enzyme activity in different genotypes of wheat (units g^{-1} fresh weight minute^{-1}) (Mean±LSD, n=3).

The study's results reveal significant genetic variation in the activity of antioxidant enzymes among different wheat genetic structures. These structures can be categorized into three groups based on their enzyme activity profiles. The first group demonstrates high activity in several enzymes, including SOD, POD, CAT, AO, NR, and others, which may enhance their resistance to oxidative stress. The second group excels in the activity of two or three enzymes, suggesting a moderate level of antioxidant defense. The third group shows minimal or no enzyme activity, which may make them more susceptible to oxidative stress.

Notably, the local Iraqi variety exhibits high enzyme activity, particularly for AO, POD, and CAT, making it a robust and stable producer with a strong antioxidant defense system. This diversity in antioxidant enzyme activity among genetic structures underscores the importance of genetic variability in breeding programs and adaptation to environmental stress.

The fertility rate, 1000-grain weight, and yield components significantly difference among genetic structures. Some genetic structures excel in these components, demonstrating their potential for higher grain yield. The antioxidant enzyme activities may play a role in enhancing these components, and the results are consistent with previous research.

antioxidant enzyme activity is an important adaptive trait that contributes to plant resilience in response to oxidative stress. Understanding the genetic diversity of antioxidant enzyme activity can assistance in selecting wheat varieties with enhanced stress tolerance and higher productivity. These comprehensions are valuable for breeding programs aimed at developing wheat varieties with improved yield and resistance to environmental stress.



شكل 2 التحليل العنقودي لفعالية الأنزيمات المضادة للأكسدة في التراكيب الوراثية من الحنطة باستخدام برنامج R.

Figure 2 Cluster analysis of antioxidant enzyme activity in in different genotypes of wheat using R software.

اما بالنسبة الى فعالية الأنزيم SOD، تشير نتائج جدول 1 الى تفوق التركيب 25 بأعلى متوسط للأنزيم بلغ 13.29 وحدة غم$^{-1}$وزن رطب دقيقة$^{-1}$ والذي لم يختلف معنويا عن التراكيب 28، 9، 31، 29، 41، 39 التي حققت متوسطات بلغت 13.27، 13.21، 12.85، 12.82، 12.79، 12.72 وحدة غم$^{-1}$ وزن رطب دقيقة$^{-1}$ للتراكيب اعلاه على التوالي، في حين سجل التراكيب 18 اقل متوسط للأنزيم بلغ 11.5 وحدة غم$^{-1}$ وزن رطب دقيقة$^{-1}$، يعتبر SOD خط الدفاع الاول ضد تكون الجذور الحرة حيث يتفاعل مع الجذر الحر محولا اياه إلى بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 والذي بدوره يعتبر اكثر استقرار من الجذور الحرة الاخرى (9)، يتبين من الشكل 1 وجدول 1 ان فعالية أنزيم SOD منخفضة مقارنة ببقية الأنزيمات الامر الذي قد يفسر ان فعالية هذا الأنزيم يزداد بشكل كبير عند تعرض النباتات الى الاجهادات البيئية لكن عند نمو النبات تحت ظروف طبيعية فان هذا الأنزيم يعمل بالتراكيز الواطئة بالتأزر مع بقية الأنزيمات. يحتل أنزيم POD مكانة مهمه بين بقية الأنزيمات المضادة للأكسدة، لأنه يعمل جذور حرة متنوعة وله عدة صور ويتواجد في اماكن عديدة بالخلية النباتية ويعمل

بالنهاية على حفظ نمو وانتاج النبات ضد الاجهاد التأكسدي المرافق للإجهادات البيئية (19) وهذا يفسر كون فعالية هذا الأنزيم تفوقت على بقية الأنزيمات الداخلة بالدراسة. كما شارت نتائج جدول 1 الى وجود اختلافات معنوية بين التراكيب الوراثية في محتواها من أنزيم POD، اذ تفوق التركيب 25 في نسبة محتواه من الأنزيم على باقي التراكيب بأعلى متوسط بلغ 205.88 وحدة غم$^{-1}$ وزن رطب دقيقة ويليه في التفوق التراكيب 28، 30، 43 التي حققت متوسطات بلغت 205.53، 205.17، 205.03 وحدة غم$^{-1}$وزن رطب دقيقة$^{-1}$ للتراكيب اعلاه على التوالي، بينما اعطى التركيب 7 اقل فعالية للأنزيم اذ بلغ محتواها 192.95 وحدة غم$^{-1}$وزن رطب دقيقة$^{-1}$.

لأنزيم AO فائدة في انتاج حامض الابسيسك ABA المهم اثناء تعرض النباتات للإجهادات البيئية لذا تعد فعاليته مهمه جدا لزيادة مقاومة النبات الى الظروف البيئيه غير الملائمة (17 و33). تشير نتائج جدول 1 الى تفوق الصنف العراق بأعلى متوسط لفعالية الأنزيم AO أذ بلغ 56.62 وحدة غم$^{-1}$وزن رطب دقيقة$^{-1}$ والذي لم يختلف معنويا عن التراكيب 39، 29 اللذان حققا متوسط للفعالية بلغ 56.11 و55.70 وحدة غم$^{-1}$ وزن رطب دقيقة$^{-1}$ للتراكيبين على التوالي، في حين سجل التركيب 19 اقل متوسط لفعالية الأنزيم اذ بلغ 48.59 وحدة وغم$^{-1}$ وزن رطب دقيقة$^{-1}$. أن تباين التراكيب الوراثية بمستوى فعالية الأنزيمات المضادة للأكسدة مما يجعلها مادة وراثية مهمة في برامج التربية والتحسين وقد يعزى ذلك الى التنوع و الاختلاف في الطبيعه الوراثيه لكل تركيب. اذ تعد زيادة انشطة مضادات الاكسدة صفة تكيفية للتغلب على المستويات السامة من انواع الأوكسجين التفاعليه ROS ويوفر الحماية ضد الإجهاد التأكسدي وان الاختلافات المعنوية بين التراكيب الوراثيه بنشاط مضادات الأكسدة الأنزيميه يعني تأهله للمقدره على تحمل الاجهاد اذا ارتبط بإنتاج اقتصادي عالي وهذه النتائج جاءت مشابهه لما توصل اليه (11، 12، 13، 15، 16، 18، 20، 30 و34).

الحاصل ومكوناته: تعد نسبة الخصب المكون المحدد لعدد البذور في السنابل مقارنة بعدد السنيبلات الموجودة فيها وهي من مكونات الحاصل الرئيسة التي يمكن ان تكون معايير انتخابية فعالة. اختلفت التراكيب الوراثية في نسبة الخصب، اذ تبين نتائج الجدول 2 تفوق التركيب الوراثي 4 بأعلى متوسط نسبة خصب بلغت 3.09% تلتها التراكيب 10، 20، 3، محمودية، 7، 19 التي لم تختلف معنويا مع التركيب 4 المتفوق وسجلت متوسطات نسبة خصب بلغت 2.93، 2.80، 2.71، 2.70، 2.69، 2,68% للتراكيب اعلاه على التوالي، بينما ظهرت اقل نسبة خصب في التركيب 11 بلغت 1.89%، تتوافق هذه النتائج مع ما توصل اليه (7).

يعد وزن الحبة من الصفات التي ترتبط معنويا بحاصل الحبوب في الحنطة وهي من المكونات الرئيسة للحاصل ايضا. يتبين من نتائج الجدول 2 تفوق التركيب الوراثي 18 في صفة وزن 1000 حبة على باقي التراكيب الوراثية بأعلى متوسط بلغ 59.47 غم ويليه تفوق التراكيب الوراثية ديار، 41، 11، 19، 10، محمودية بمتوسطات بلغت 55.93، 55.6، 54.93، 53.87، 53.27، 52.8 غم على التوالي، بينما اعطى التركيب الوراثي 36 اقل متوسط بلغ 44.93 غم، ربما يرجع سبب تفوق بعض التراكيب الوراثية في صفة وزن الحبوب الى تفوقها في ارتفاع محتواها من بعض الأنزيمات المضادة للأكسدة، وجاءت هذه النتائج متفقة إلى حد ما مع ما توصل اليه (5، 6، 22 و31). يشكل الحاصل المحصلة النهائية لجميع عوامل النمو ويتأثر كثيرا بالبيئة

والوراثة لذا فان التراكيب الوراثية تفاوتت في صفة الحاصل، اذ تبين نتائج الجدول 2 تفوق التركيب الوراثي 31 على باقي التراكيب الوراثية بأعلى متوسط بلغ 11.52 طن هـ$^{-1}$، ويليه تفوق التراكيب الوراثية العراق، 29، 20، 4، 25، 30، 3، 9، 41، 39، 5، 24، المحمودية و ديار، بينما اعطى التركيب الوراثي 6 اقل متوسط بلغ 7.76 طن هـ$^{-1}$. ويعزى تفوق التركيب الوراثي 31 الى تفوقها في اعلى محتوى من الأنزيم CAT والأنزيم SOD مما انعكس ايجابا في زيادة مقدرة هذا التركيب على تحمل الاجهادات التي ساهمت في زيادة الحاصل.

جدول 2 نسبة الخصب (%) ووزن 1000 حبة (غم) والحاصل (طن هـ$^{-1}$) في التراكيب الوراثية من الحنطة (Mean±Lsd, n=3).

التراكيب الوراثية	نسبة الخصب (%)	وزن 1000 حبة (غم)	الحاصل الكلي (طن هـ$^{-1}$)
3	**2.71**	**51.8**	10.21
4	**3.09**	**49.07**	10.77
5	**2.33**	**49.47**	9.7
6	**2.54**	**46.87**	7.76
7	**2.69**	**47.6**	9.27
9	**2.51**	**50.07**	10.11
10	**2.93**	**53.27**	9.26
11	**1.89**	**54.93**	8.15
18	**2.24**	**59.47**	9.32
19	**2.68**	**53.87**	8.44
20	**2.8**	**49.1**	11.07
24	**2.33**	**48.33**	9.56
25	**2.11**	**50.4**	10.57
28	**2.42**	**46.67**	8.43
29	**2.63**	**49.6**	11.08
30	**2.5**	**51.53**	10.54
31	**2.53**	**49.47**	11.52
32	**2.16**	**49.2**	9.2
36	**2.4**	**44.93**	8.99
39	**2.35**	**48.93**	9.78
41	**2.13**	**55.6**	10.11
IRAQ	**2.59**	**50.6**	11.16
Al Mahmodia	**2.7**	**52.8**	9.54
Al Diyar	**2.41**	**55.93**	9.38
LSD0.05	**0.457**	**5.029**	1.602

Table 2 Fertility rate (%) and 1000-grain weight (g) and yield (t ha^{-1}) in different genotypes of wheat (Mean±LSD, n=3).

تفرض التغيرات البيئية والتنبؤات بزيادة الاجهادات البيئية على مربي النبات لانتاج محاصيل متكيفة لتلك التغيرات. كما إن تطور زراعة المحاصيل يجب ان يتضمن الوصول الى حاصل عالي تحت ظروف النمو غير الملائمة. بناءا على ما تقدم فان الحاجة تتطلب القيام بالعديد من الابحاث لدراسة نشاط الأنزيمات المضادة للاكسدة في التراكيب الوراثية من الحنطة اصبحت ملحة وان نتائج هكذا دراسات ضرورية لتشخيص التراكيب ذات النظام الدفاعي الكفؤ. تعد فعالية الأنزيمات المضادة للاكسدة في هذه التراكيب تعد مؤشراً مهماً لتقييم حالة الاكسدة في النبات. بما ان هذه الأنزيمات محكومة بعدد كبير من الجينات لذا فمن المتوقع ان تختلف باختلاف التركيب الوراثي. وفقا لتباين فعالية الأنزيمات المضادة للاكسدة المشخصة في هذه الدراسة، يمكن ان يستنتج ان التراكيب الوراثية الداخلة في الدراسة أظهرت أختلافا واضحا في محتواها من الأنزيمات المضادة للاكسدة الامر

الذي يسهل أختيار الافضل من بينها. من التراكيب الوراثية التي من الممكن استخدامها كآباء في برامج التربية والتحسين هي التراكيب الوراثية التي اعطت حاصل عالي واظهرت فعالية عالية لأغلب الأنزيمات الداخلة بالدراسة وعليه فان التراكيب الوراثية 4 ، 9 ، 25 ، 29 ، 40 ، 39 بالاضافة الى الصنف المعتمد العراق مرشحة لان تدخل في برامج التربية والتحسين. تعد بالاضافة الى امكانية زراعة هذه التراكيب لمواسم اخرى لاختيار التراكيب الاكثر استقرارا.

المصادر

1- Aebi, H. (1984). [13] Catalase in vitro. In Methods in enzymology, 105: 121-126. Academic press.
2- Agricultural Statistics Administration- The Central statistics organization/IRAQ (2020). Report of crops and vegetable production. Ministry of Agriculture-IRAQ.
3- Agricultural Statistics Administration. The Central statistics organization/IRAQ (2019). Report of crops and vegetable production. Ministry of Agriculture-IRAQ.
4- Agricultural Statistics Administration. The Central statistics organization/IRAQ (2017). Report of crops and vegetable production. Ministry of Agriculture-IRAQ.
5- Al-Fahdawi, H. M. M., and Almehemdi, A. F. A. (2017). Effect of DAP application on growth and yield characteristics of bread and durum wheat genotypes grown under desert environment. Iraqi Journal of Desert Studies, 7(1): 43-49.
6- ALFahdawi, H. M., and Muslih, M. H. (2018). Testing The ability of Soft Wheat Genotypes in The Formation of Tillers. Iraqi Journal of Desert Studies, 8(1): 36-40.
7- Al-Jana, M. H. N., Al hamdawi, E. R. S., and Alkifaei, M. H. (2017). Evaluation of new wheat Triticum aestivum L. genotypes under al Muthanna environment. Jornal of Al-Muthanna for Agricultural Sciences, 6(1): 85-92.
8- Al-Rawey, K. M., and Khalaf Allah, A. A. M. (2000). Design and analysis the Agricultural tests. Dar Al-kutub for printing and copyrighting, the second print, University of Mosel.
9- Banjac, B., Dimitrijević, M., Petrović, S., Mladenov, V., Banjac, D., and Kiprovski, B. (2020). Antioxidant variability of Wheat genotypes under salinity stress in situ. Genetika-Belgrade, 52(3): 1145-1160.
10- Calatayud, A., Ramirez, J. W., Iglesias, D. J., and Barreno, E. (2002). Effects of ozone on photosynthetic CO2 exchange, chlorophyll a fluorescence and antioxidant systems in lettuce leaves. Physiologia plantarum, 116(3): 308-316.
11- Chakraborty, K., Bishi, S. K., Goswami, N., Singh, A. L., and Zala, P. V. (2016). Differential fine-regulation of enzyme driven ROS detoxification network imparts salt tolerance in contrasting peanut genotypes. Environmental and Experimental Botany, 128: 79-90.
12- Chawla, S., Jain, S., and Jain, V. (2013). Salinity induced oxidative stress and antioxidant system in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of rice (O ryza sativa L.). Journal of plant biochemistry and biotechnology, 22: 27-34.

13- Dhyani, K., Ansari, M. W., Rao, Y. R., Verma, R. S., Shukla, A., and Tuteja, N. (2013). Comparative physiological response of wheat genotypes under terminal heat stress. Plant signaling and behavior, 8(6): 24564.
14- Directorate of Agricultural statistics. (2019). Estimation production of Wheat and Barley. Ministry of Planning. Central Organization for Statistics.
15- Dwivedi, S. K., Basu, S., Kumar, S., Kumar, G., Prakash, V., Kumar, S., ... and Arora, A. (2017). Heat stress induced impairment of starch mobilisation regulates pollen viability and grain yield in wheat: Study in Eastern Indo-Gangetic Plains. Field Crops Research, 206: 106-114.
16- Farooq, M., Basra, S. M. A., Rehman, H., and Saleem, B. A. (2008). Seed priming enhances the performance of late sown wheat (Triticum aestivum L.) by improving chilling tolerance. Journal of Agronomy and Crop Science, 194(1): 55-60.
17- Gayatri, G., Agurla, S., and Raghavendra, A. S. (2013). Nitric oxide in guard cells as an important secondary messenger during stomatal closure. Frontiers in Plant Science, 4: 425.
18- Hameed, A., Bibi, N., Akhter, J., and Iqbal, N. (2011). Differential changes in antioxidants, proteases, and lipid peroxidation in flag leaves of wheat genotypes under different levels of water deficit conditions. Plant Physiology and Biochemistry, 49: 178-185.
19- Ighodaro, O. M., and O. A. Akinloye, (2017) First line defense antioxidants - superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and glutathione peroxidase (GPX): Their fundamental role in the entire antioxidant defense grid, Alexandria Journal of Medicine, 54: 287-293.
20- Kaur, M., Gupta, A. K., & Zhawar, V. K. (2014). Antioxidant response and lea gene expression under exogenous ABA and water deficit stress in wheat cultivars contrasting in drought tolerance. Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology, 23(1), 18–30.
21- Mansoor, M. L., Al-Issawi, M. H., and Mhmood, J. N. (2021). Estimation of DREB Gene Expression in Wheat Genotypes (Triticum aestivum L.) Introduced to Anbar Governorate Under Water Stress. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 761(1): 012072.
22- Mohammed, A. K., Neama, A. S., Swaid, A. H., Abd Majeed, M. M., and Jaber, T. N. (2020). Effect of Irrigation Period on the Growth and Yield of Cultivars of Bread Wheat. Journal of Education and Scientific Studies, 3: 199-212.
23- Pitotti, A., Elizalde, B. E., and Anese, M. (1994). Effect of caramelization and maillard reaction products on peroxidase activity. Journal of Food Biochemistry, 18(6): 445-457.
24- Planning and Follow-up in the Ministry of Agriculture. (2019).
25- Poudel, M. R., Ghimire, S., Dhakal, K. H., Thapa, D. B., and Poudel, H. K. (2020). Evaluation of wheat genotypes under irrigated, heat stress and drought conditions. Journal of Biology and Today's World, 9(1): 1-12.

26- Scott, W. R., and Langer, R. H. M. (1977). A comparison of the pattern of grain set in'Aotea'and 'Karamu'wheat. New Zealand Journal of Agricultural Research, 20(3): 357-361.

27- Schrader, L. E., Ritenour, G. L., Eilrich, G. L., and Hageman, R. H. (1968). Some characteristics of nitrate reductase from higher plants. Plant physiology, 43(6): 930-940.

28- Seo, M., Akaba, S., Oritani, T., Delarue, M., Bellini, C., Caboche, M., and Koshiba, T. (1998). Higher activity of an aldehyde oxidase in the auxin-overproducing superroot1 mutant of Arabidopsis thaliana. Plant Physiology, 116(2): 687-693.

29- Shahbazi, H., Taeb, M., Bihamta, M. R., and Darvish, F. (2009). Inheritance of antioxidant activity of bread wheat under terminal drought stress. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 6(3): 298-302.

30- Sun, X. C., Hu, C. X., and Tan, Q. L. (2006). Effects of molybdenum on antioxidative defense system and membrane lipid peroxidation in winter wheat under low temperature stress. Journal of plant physiology and molecular biology, 32(2): 175-182.

31- Wahid, S. A., and Al-Hilfy, I. H. H. (2018). Growth and yield components of some bread wheat cultivars as affected by different sowing dates. The Iraqi Journal of Agricultural Science, 49(2): 171-178.

32- Wali, A. M. (2010). Growth and yield responsibility of five wheat varieties for different method's application with nitrogen fertilizer. Journal of Kirkuk University for Agricultural Sciences, 1(2): 96-105.

33- Wang, P., Du, Y., Hou, Y. J., Zhao, Y., Hsu, C. C., Yuan, F., ... and Zhu, J. K. (2015). Nitric oxide negatively regulates abscisic acid signaling in guard cells by S-nitrosylation of OST1. Proceedings of the National Academy of Sciences, 112(2): 613-618.

34- Zhang, M., Hu, C., Zhao, X., Tan, Q., Sun, X., Cao, A., ... and Zhang, Y. (2012). Molybdenum improves antioxidant and osmotic-adjustment ability against salt stress in Chinese cabbage (Brassica campestris L. ssp. Pekinensis). Plant and soil, 355: 375-383.