

Estimation of Genotype x Environment Interactions and Yield Stability Analysis of Bread Wheat Genotypes Using AMMI Biplot Method under Syrian Coastal Conditions

Dr. Hiba Mohammad Mansour * 

(Received 5 / 2 / 2026. Accepted 19 / 4 / 2026)

□ ABSTRACT □

Additive main effects and multiplicative interactions (AMMI) model was performed to assess genotype x environment interactions and yield stability for 11 bread wheat genotypes in 3 various locations in Syria, the experiment was designed using randomized complete block design (R.C.B.D) with three replications in the three locations, the data were statistically analysis using AMMISOFTS program, the results of the pooled analysis showed that there were significant differences between genotypes (G), the tested locations (L), and the interaction between them (GxL), this indicates the necessity of evaluating and testing genotypes in many different locations.

The results of AMMI Biplot analysis illustrated the superiority genotypes were the promising line ACSAD1147 and Douma6 variety in terms of grain yield average and stability performance, and the variety Gollan2 showed specific adaptation and suitability to the Darmini location, and Douma4 to Al-Sinn location. The results also showed that the Darmini location was the best location. AMMI Stability Values and Genotype Selection Index showed that the best-studied genotypes are the promising line ACSAD1147 and Douma6 variety, consistent with the results of AMMI analysis, and they represent the ideal genotype desired by plant breeders.

This study showed the importance and effectiveness of the graphical stability analysis methods "AMMI Biplot" in achieving simultaneous selection for both superior performance and high stability, in addition to identify the ideal location.

Keywords: AMMI Biplot, Bread Wheat, Yield Stability, Ideal Genotype.

Copyright



:Latakia University journal (formerly Tishreen) -Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* Work Supervisor- Faculty of Agricultural Engineering, Latakia University(formerly Tishreen), Latakia, Syria. hiba.mohammad.mansour@latakia-univ.edu.sy
hibamuhammedmansour@gmail.com

تقدير التفاعلات الوراثية x البيئية وتحليل ثباتية الغلة لطرز وراثية من القمح الطري باستخدام طريقة AMMI Biplot في ظروف الساحل السوري

د. هبة محمد منصور*

(تاريخ الإيداع 5 / 2 / 2026. قبل للنشر في 19 / 4 / 2026)

□ ملخص □

أستخدم نموذج AMMI Biplot لتقدير التفاعلات الوراثية x البيئية وتحليل ثباتية الغلة لـ 11 طرازاً وراثياً من القمح الطري في 3 مواقع بيئية متباينة من الساحل السوري، نُفذت التجربة في المواقع الثلاثة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (R.C.B.D) بثلاثة مكررات، حُلَّت البيانات إحصائياً باستخدام برنامج AMMISOFT، وبيّنت نتائج التحليل التجميعي وجود فروق معنوية بين كل من: الطرز الوراثية المدروسة (G)، المواقع البيئية المختبرة (L)، والتفاعل بينهما (GxL)؛ مما يشير إلى ضرورة تقييم واختبار الطرز الوراثية المدروسة في مواقع عديدة. أشارت نتائج تحليل AMMI إلى تفوق السلالة المباشرة أكساد 1147 والصفة دوماً 6 بمتوسط الغلة الحبية وثباتية الأداء عبر المواقع البيئية المختبرة، وأبدى الصنف جولان 2 تكيفاً خاصاً مع موقع درميني، والصفة دوماً 4 في موقع السن، كما أوضحت النتائج أن موقع درميني هو أفضل المواقع البيئية المختبرة. بيّنت قيم ثباتية AMMI وقيم G.S.I أن أفضل الطرز الوراثية المدروسة هما السلالة المباشرة أكساد 1147 والصفة دوماً 6 بما يتوافق مع نتائج تحليل AMMI، ويمثلان الطراز الوراثي المثالي المرغوب من قبل مربّي النبات. أظهرت نتائج الدراسة أهمية وفعالية طريقة AMMI Biplot البيانية في تحقيق الانتخاب المتزامن لكل من الغلة المتفوقة والثباتية العالية، وتحديد الموقع البيئي المثالي.

الكلمات المفتاحية: AMMI Biplot، قمح طري، ثباتية الغلة، الطراز الوراثي المثالي.

حقوق النشر : مجلة جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً) - سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب
CC BY-NC-SA 04 الترخيص

* مشرف على الأعمال - كلية الهندسة الزراعية - جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً). اللاذقية، سوريا.

hiba.mohammad.mansour@latakia-univ.edu.sy

hibamammedmansour@gmail.com

مقدمة:

يعدُّ القمح المحصول الحبي الأول في العالم، ويقدر الإنتاج العالمي منه بحوالي 775.7 مليون طن سنوياً بما يفوق إنتاج كلِّ من الذرة الصفراء والأرز مجتمعين، ويلبي الاحتياجات الغذائية الأكثر أهمية للإنسان، حيث يوفر 55% من الكربوهيدرات، و20% من البروتينات، و20% من السعرات الحرارية التي يحتاجها الإنسان في اليوم [1]، إضافةً إلى تنوعه الوراثي الكبير وتكيفه مع نطاق واسع من الظروف الزراعية البيئية المتنوعة، حيث يمكن زراعته ليس فقط في المناطق المعتدلة وأيضاً في المناطق الباردة خارج خط عرض (60) شمالاً، وحتى خط عرض (40) جنوباً في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية [2].

من المتوقع أن تسبب التغيرات المناخية خسارة أكثر من 20% من الإنتاج الزراعي بحلول عام 2050، وسيكون هناك حاجة ماسة لزيادة إنتاج القمح العالمي بنسبة 60% [3]؛ لذا فإنَّ انتخاب الطراز الوراثي المثالي Ideal Genotype الذي يتميز بأداء جيد وثباتية عالية عبر البيئات المختلفة، ويضمن إنتاجاً مستداماً كل عام هو أمر بالغ الأهمية والهدف الأساسي لمربي النبات [4]، الأمر الذي يتطلب تحاليل وراثية إحصائية خاصة لتقدير التفاعلات الوراثية x البيئية، وتحليل ثباتية أداء الطرز الوراثية وتحديد أفضلها [5].

يشير مصطلح التفاعلات الوراثية x البيئية إلى اختلاف استجابة الطراز الوراثي عبر البيئات المختلفة، وتمثل الفرق بين الطراز المظهري (القيمة المظهرية الحقيقية للصفة) والقيمة المتوقعة للطراز الوراثي (القيمة الوراثية) [6]، ويقصد بالثباتية المظهرية Phenotypic Stability: التغير والتذبذب في التعبير المظهري للصفة بينما يكون التركيب المورثي للصفة أو العشيرة ما يزال ثابتاً دون أي تغيير [7].

حظيت التفاعلات الوراثية x البيئية باهتمام بالغ عالمياً من قبل مربي النبات وعلماء الوراثة؛ كونها تأتي في مقدمة المشاكل والصعوبات التي تواجه برامج التربية في العالم، كما نشرت مقالات وأوراق علمية عديدة عنها إدراكاً لأهميتها، وتوصلت هذه الدراسات إلى أن الأسلوب الأفضل للتعامل مع التفاعلات الوراثية x البيئية هو فهم طبيعتها ومحاولة تقليل آثارها السلبية واستغلال تأثيراتها المفيدة من خلال اتباع إحدى الاستراتيجيات البحثية [8]:

1. استغلال التفاعلات الوراثية x البيئية (Exploiting): والمقصود به تقسيم البيئة المستهدفة Target Environment إلى عدة بيئات كبرى Mega-Environment، ومن ثمَّ التوصية بطرز وراثية محددة لكل منها (استراتيجية التكيف الخاص Specific Adaptation).

2. تجنب التفاعلات الوراثية x البيئية (Avoiding): يعني إجراء اختبارات على نطاق واسع، ومن ثم يتم الانتخاب بناءً على كل من متوسط الأداء Mean Performance والثباتية عبر بيئات مختلفة (تكيف عام Wide Adaptation).

3. تجاهل التفاعلات الوراثية x البيئية (Ignoring): يتم الاختبار في عدد قليل من البيئات، والانتخاب اعتماداً على متوسط الأداء فقط.

أدى الاهتمام بدراسة وتفسير التفاعلات الوراثية x البيئية إلى تطوير سلسلة من الطرق والنماذج التي تسمى "تحليل الثباتية Stability Analysis"، من أهمها طريقة AMMI Biplot استخدمت بنجاح لتقدير الثباتية وتفسير التفاعلات الوراثية x البيئية بيانياً، كان العالم Zobel وآخرون (1988) أول من اقترح اسم AMMI [9]، لكن الطريقة الإحصائية الفعلية تعود لعمل كل من Williams (1952) [10] و Pike and Silverberg (1952) [11].

الغرض الرئيس من تحليل AMMI هو فهم التفاعلات المعقدة بين الطرز الوراثية x البيئات بما في ذلك تحديد البيئات الكبرى، اختيار الطرز الوراثية الملائمة لكل بيئة واستغلال التكييفات الخاصة، بالإضافة إلى زيادة دقة التجارب وتحسين كفاءة وجدوى عمليات الانتخاب في برامج التربية، وبالتالي اتخاذ القرارات الصائبة قبل التوصية أو اعتماد أي صنف جديد لأي بيئة، وأخيراً تحقيق تقدّم وراثي ملموس [12].

أهمية البحث وأهدافه:

وصل انعدام الأمن الغذائي في سورية إلى مستويات غير مسبوقة، حيث يُقدَّر أن 60% من السوريين يعانون من انعدام الأمن الغذائي تبعاً لبرنامج الغذاء العالمي [13]، لاسيّما بعد العجز الذي أصاب القطاع الزراعي، وتزامن ذلك مع التغيّر المناخي وتزايد موجات الجفاف حدةً وتواتراً [14].

ولم تعد تقي الأصناف المحسّنة منذ عقود باحتياجات المزارعين الذين يكافحون في ظل ظروف ارتفاع أسعار مدخلات العملية الإنتاجية وانخفاض معدلات الأمطار [15]؛ مما يتطلب ضرورة العمل على تطوير طرز وراثية تتميز بإنتاجية عالية وتكيف مع مدى واسع من التغيرات البيئية. لذلك يساهم هذا البحث من خلال تحليل الثباتية باستخدام طريقة AMMI Biplot في:

1. تقييم الطرز الوراثية المدروسة، وتحديد المتفوق منها الذي يجمع بين الغلة والثباتية العالية عبر المواقع البيئية المتباينة.
2. اقتراح الطرز الوراثية الملائمة لكل موقع بيئي مختبر، وتحديد الموقع البيئي الأمثل لانتخاب الطرز الوراثية المتفوقة.

طرائق البحث ومواده:

1- مواقع تنفيذ البحث Experimental Sites:

نفذ البحث في ثلاثة مواقع بيئية متباينة من الساحل السوري وهي:

- الموقع الأول: محطة بحوث السن (بانياس) التابعة للمركز العربي لأبحاث المناطق الجافة والأراضي القاحلة (ACSAD)، الواقعة على الحدود الإدارية بين محافظتي طرطوس واللاذقية، احداثياتها ($35^{\circ} N, 35^{\circ} E$)، وترتفع حوالي 10م فوق سطح البحر.
- الموقع الثاني: في قرية درميني التابعة لمحافظة اللاذقية ناحية القطيلبية، وتبعد حوالي 20 كم عن مدينة جبلة، احداثياتها ($35^{\circ} N, 36^{\circ} E$)، وترتفع 750م فوق سطح البحر.
- الموقع الثالث: في قرية حمين التابعة لمحافظة طرطوس ناحية الدريكيش، وتبعد عنها 25 كم، احداثياتها ($34^{\circ} N, 36^{\circ} E$)، وترتفع 400 م فوق سطح البحر.

2- الخصائص البيئية لمواقع البحث The Environmental Characteristics:

يوضح الجدول (1) متوسط درجات الحرارة ومعدلات الهطول المطري في المواقع الثلاثة:

جدول(1). متوسطات درجات الحرارة (م) ومعدلات الهطول المطري (مم) في المواقع الثلاثة خلال موسم 2015 _ 2016.

الموقع	السن			حمين			درميبي	
	متوسط درجة الحرارة الصغرى (م)	متوسط درجة الحرارة العظمى (م)	كمية الهطول المطري (مم)	متوسط درجة الحرارة الصغرى (م)	متوسط درجة الحرارة العظمى (م)	كمية الهطول المطري (مم)	متوسط درجة الحرارة الصغرى (م)	متوسط درجة الحرارة العظمى (م)
ت2	14.88	23.36	15	10.64	19.20	18	8.76	18.72
ك1	9.50	18.34	42	7.45	15.32	50.4	7.01	13.67
ك2	8.70	15.47	180	6.35	12.68	201	6.20	11.89
شباط	11.61	20.52	60	6.80	11.90	83.2	4.13	10.61
آذار	13.42	20.54	100	8.11	16.12	145	6.76	13.84
نيسان	13.66	21.73	12	10.58	18.22	16	8.15	17.60
أيار	17.58	24.19	31.3	14.91	20.50	61	11.54	18.21
المجموع	89.35	144.15	440.30	64.84	113.94	574.50	52.55	104.54

المصدر. النشرة المطرية لوزارة الزراعة والإصلاح الزراعي.

إنّ التباين في كمية الهطول المطري ومتوسط درجات الحرارة اليومية خلال فترة النمو الخضري والنضج بين المواقع البيئية المختبرة كان له الأثر الأكبر في اختلاف أداء الطرز الوراثية في البيئات المزروعة، حيث أن لتوزع الهطول المطري ودرجات الحرارة تأثير على غلة المحاصيل المزروعة في البيئات المتوسطة يتراوح بين (62-68%) [16]، ويلاحظ من الجدول (1) أن مختلف الاحتياجات البيئية للنباتات كانت متوفرة في موقع درميبي؛ مما انعكس إيجاباً على غلتها الحبية بمختلف مكوناتها في هذا الموقع وخاصةً خلال المرحلة الحرجة (إسبال_ إزهار).

3- المادة النباتية Plant Material:

اختبر 11 طرازاً وراثياً تضمنت 5 سلالات مبشرة و 6 أصناف محلية معتمدة من القمح الطري، تم الحصول عليها من المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (ACSAD)، ومن الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية (GCSAR)، الواردة في الجدول (2).

جدول(2). الطرز الوراثية المدروسة، نسبها وبعض مواصفاتها.

الطرز الوراثي	النسب وبعض المواصفات
السلالة المباشرة أكساد 899	ACSAD 529 /4/ C182-24 / C168.3 /3/ Con*2/ 7C // Cc/ Tob ACS - W -8024 -14IZ - 1IZ - 2IZ -OIZ
السلالة المباشرة أكساد 981	CHAM 6 / ACSAD 791 ACS - W -8705- 32IZ -1IZ - 1IZ- 0IZ
السلالة المباشرة أكساد 1115	W3918A/ JUP// NS732/ Her /3/ Florkwa -3 ACS - W -9523- 6IZ -1IZ- 0IZ
السلالة المباشرة أكساد 1147	Chat's' // KVZ/ cgn /3/ BAU's' /4/ Karawan2 ACS - W -9669- 15IZ -1IZ - 1IZ- 0IZ
السلالة المباشرة أكساد 1149	Snb's' // shi # 4414/ crow's' / 3/ Karawan2 ACS - W -9677 -14IZ - 1IZ - 2IZ -OIZ
الصنف دوما 4	ACSAD 529 /4/ C182-24 / C168.3 /3/ Con*2/ 7C // Cc/ Tob ACS - W -8024 -14IZ - 1IZ - 3IZ -OIZ اعتمد عام 2007، غلته 2.375 طن/هـ في منطقة الاستقرار الثانية.
الصنف دوما 6	Snb's' // shi # 4414/ crow's' / crow's' ACS - W -9678- 23IZ -2IZ -0IZ اعتمد عام 2014، غلته 4.2 طن/هـ.
شام 6	صنف معتمد من ICARDA، اعتمد عام 1991، غلته 3.320 طن/هـ.
شام 4	صنف معتمد من ICARDA، اعتمد عام 1986، غلته 4.335 طن/هـ.
جولان 2	صنف معتمد من GCSAR، اعتمد عام 2007، غلته 4.575 طن/هـ.
بحوث 6	صنف معتمد من GCSAR، اعتمد عام 1991، غلته 3.785 طن/هـ.

4. موعد وطريقة الزراعة :Date and Method of Planting

زرعت التجارب في المواقع الثلاثة خلال موسم 2015-2016 م في النصف الثاني من شهر تشرين الثاني، بثلاثة مكررات، إذ تمت فلاحه الأرض عميقاً من أجل التخلص من الأعشاب الضارة وبقايا المحصول السابق. عند الزراعة قسمت الأرض إلى قطع تجريبية، تضمنت كل قطعة 4 سطور، طول السطر 1 متر، والمسافة بين سطر وآخر 25 سم، وبين نبات وآخر 3 سم. أجريت عمليات الخدمة اللازمة من فلاحه وتعشيب وتسميد حسب توصيات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. تم تقدير متوسط الغلة الحبية (غ/نبات) لكل طراز وراثي ثم حولت إلى طن/هـ.

5 التحليل الإحصائي Statistical Analysis

نفذت التجربة في المواقع الثلاثة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (R.C.B.D)، لحساب قيمة أقل فرق معنوي (L.S.D) عند مستوى 5% بين الطرز الوراثية والمواقع البيئية المختبرة والتفاعل بينهما، كما فُدرت قيم المكافئ البيئي Jj لتحديد البيئة المواتية التي تسمح بالكشف عن كامل المكون الوراثي للطرز الوراثية المدروسة.

1.5 تحليل الثباتية وفق أنموذج AMMI Biplot

تعد طريقة تحليل التأثيرات الرئيسية التراكمية والتفاعل المتعدد **Additive Main Effects and Multiplicative Interaction (AMMI)** من أهم الطرق وأكثرها استخداماً، وهي وسيلة وأداة تحليلية فعالة لتحديد نمط وحجم التفاعلات الوراثية x البيئية، وتُظهر النتائج بشكل مخططات بيانية ثنائية الأبعاد تسمى Biplot [17]. يعتمد تحليل AMMI Biplot على إجراء تحليل التباين التجميعي Pooled Analysis of Variance متبوعاً بتحليل المكونات الرئيسية Principal Components Analysis [18, 19]، يقسم تحليل AMMI التباينات الكلية إلى ثلاثة مصادر: تباينات وراثية (G)، تباينات بيئية (E)، وتباين التفاعل بينهما (G.E)، ويدرس تأثير كل منها بشكل منفرد [20, 21].

استُخدم في هذا البحث لتحليل الثباتية وفق أنموذج AMMI Biplot برنامج **AMMISOFT** المصمّم من قبل [22]، الذي يوفر نوعين من المخططات البيانية ($AMMI_1$ و $AMMI_2$)، تفيد في تحديد الطرز الوراثية المتكيفة سواءً ذات التكيف الخاص (Specific Adaptation) مع بيئة محددة، أو ذات التكيف الواسع مع البيئات المختلفة (Wide Adaptation)، بالإضافة إلى تحديد أفضل البيئات.

انطلاقاً من أن أنموذج AMMI غير مزوّد بمقياس كمي Quantitative Measure اقترح Purshase (1997) [23] مقياساً مشتقاً من نموذج AMMI هو قيمة أو دليل ثباتية AMMI (AMMI Stability Value) (A.S.V)، تقدّر هذه القيمة لكل طراز وراثي، وتفيد في ترتيب الطرز الوراثية تبعاً لثباتيتها.

تمثّل قيمة ثباتية AMMI (AMMI Stability Value) المسافة بين مركز مخطط $AMMI_2$ وموقع الطراز الوراثي على المخطط، وتحسب تبعاً لنظرية فيثاغورث وفق المعادلة:

$$A.S.V = \sqrt{\left[\frac{SSPCA1}{SSPCA2} * (PCA1)^2 \right] + (PCA2)^2}$$

حيث PCA_1 تمثّل قيمة المكون الرئيس الأول للطرز الوراثي المدروس، PCA_2 قيمة المكون الرئيس الثاني للطرز الوراثي المدروس، وبما أن المكون الرئيس الأول PCA_1 يساهم في تفسير نسبة أكبر من التباينات الناتجة عن التفاعلات الوراثية x البيئية مقارنةً مع PCA_2 ، لذلك تُرجّح قيمته من خلال الجداء مع النسبة ($SSPCA_1/SSPCA_2$) التي تمثّل مجموع مربعات قيم PCA_1 مقسومة على مجموع مربعات قيم PCA_2 .

تشير القيم المرتفعة لـ A.S.V إلى تكيف خاص مع موقع بيئي محدد، والقيم المنخفضة تدلُّ على ثباتية عالية وتكيف مع مدى واسع من التغيرات البيئية [24].

على الرغم من أن الثباتية صفة مساوية في الأهمية لصفة الغلة، لكن لا ينبغي أن تكون المعيار الانتخابي الوحيد؛ لأن أكثر الطرز الوراثية ثباتيةً لن يعطي بالضرورة أفضل أداء؛ لذلك لا بد من دمج كلٍّ من متوسط الأداء وثباتيته في معيار واحد يسمى "دليل انتخاب الطراز الوراثي (G.S.I) Genotype Selection Index" يحقق انتخاباً متزامناً لكلٍّ من متوسط أداء مرتفع مع ثباتية عالية عبر البيئات، ويُحسب تبعاً لـ [25] من خلال جمع ترتيب متوسط الصفة المدروسة للطراز الوراثي عبر البيئات مع ترتيب قيمة ثباتية AMMI (A.S.V)، وبالتالي القيم المنخفضة من مؤشر G.S.I هي القيم المرغوبة، وتدل على الأداء المتفوق والثبات عبر البيئات.

النتائج والمناقشة:

تعد الغلة الحبية صفة مركبة ومعقدة ويتحكم بها عدد كبير من المورثات، كما أنها محصلة للعديد من العمليات الفسيولوجية التي تحدث أثناء نمو النبات وتطوره فضلاً عن شدة تأثيرها بالعوامل البيئية؛ لذلك فإن وجود نسب عالية من التفاعلات الوراثية x البيئية يؤثر في عمل المورثات المسؤولة عن التكيف والتأقلم مع البيئات المختلفة والمتحكمة بالعمليات الفيزيولوجية في النبات؛ لذلك فإن تقدير هذه التفاعلات التي تعيق عمليات انتخاب الطرز الوراثية المتوقعة في أدائها وثباتيتها هو أحد أهم أهداف برامج التربية [26, 27].

يبين الجدول (3) متوسط الغلة الحبية للطرز الوراثية المدروسة في كل موقع بيئي، ومتوسط أدائها عبر البيئات. كان المتوسط العام للغلة الحبية عبر البيئات ($X^{-} = 3.967$) طن/هـ، وتميزت الطرز الوراثية الآتية: (السلالة المباشرة 1147 (G4)، السلالة المباشرة 1115 (G2)، دوما 6 (G1)، السلالة 899 (G3)، سلالة 981 (G5)، دوما 4 (G9)) بمتوسط أداء عبر البيئات أعلى من المتوسط العام ($X^{-} > X^{-i}$)، بينما كان متوسط أداء الطرز (شام 6، شام 4، السلالة المباشرة 1149، جولان 2) أدنى من المتوسط العام.

احتلت السلالة المباشرة 1147 المرتبة الأولى بمتوسط الغلة الحبية عبر البيئات (4.591 طن/هـ)، ويتفوق معنوي على جميع الطرز الوراثية المدروسة، تلتها مباشرة السلالة 1115 بفرق ظاهري عن الصنف دوما 6 والسلالة 899، بينما كان متوسط الغلة الحبية الأدنى لدى الصنف جولان 2 (G10) بمتوسط أداء (3.054 طن/هـ)، لكنه تميز بمتوسط غلة حبية أعلى نسبياً في الموقع البيئي الثاني (درميني)؛ مما قد يشير إلى توافر شروط نمو وظروف بيئية في هذا الموقع مشابهة للظروف البيئية التي نشأ فيها هذا الصنف. أما الصنف بحوث 6 فقد كان متوسط أدائه عبر البيئات مقارباً للمتوسط العام بفرق ظاهرية ($X^{-i} = 3.929$)، تعود هذه الفروق المعنوية بين الطرز الوراثية المدروسة إلى اختلاف تراكيبها الوراثية واختلاف أصولها ونسبها، بالإضافة إلى أن الغلة الحبية هي محصلة للعديد من المكونات والعناصر المتباينة أساساً بين الطرز الوراثية المدروسة [28].

كما تشير نتائج الجدول (3) إلى وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 5% بين متوسطات المواقع البيئية الثلاثة بالنسبة لصفة الغلة الحبية (طن/هـ)، وتفوق الموقع البيئي الثاني (درميني) معنوياً على الموقعين الآخرين بمتوسط غلة حبية ($X^{-j_2} = 4.214$)، واعتماداً على قيم المكافئ البيئي في المواقع المختبرة يصنّف هذا الموقع (درميني) على أنه الموقع البيئي الأفضل للطرز المدروسة، وذلك لتوافر الظروف البيئية الملائمة لزراعة القمح - من حيث تدرج معدلات الهطول المطري ودرجات الحرارة بما يتناسب مع مراحل نمو النباتات، فضلاً عن عدم تعرض المحصول لأي إجهاد

(حراري أو رطوبي) خلال فترة الإزهار وامتلاء الحبوب- يليه الموقع الثالث (حمين) بفروق معنوية عن الموقع الأول (السن)، تعزى هذه الفروق المعنوية لاختلاف المواقع البيئية المدروسة في العوامل المناخية (معدل الهطولات المطرية، درجات الحرارة، الارتفاع عن سطح البحر...)، تركيب التربة ومدى توفر المتطلبات الغذائية للنباتات [29, 30].

جدول (3). متوسط الغلة الحبية (طن/هـ) للطرز الوراثية المدروسة في المواقع البيئية الثلاثة ومتوسط أدائها عبر البيئات.

الرمز	الطرز الوراثية	السن	الترتيب	درميني	الترتيب	حمين	الترتيب	X ⁻ 7
G1	دوما 6	4.094	4	4.558	4	4.314	2	4.322 ^{bc}
G2	سلالة 1115	4.054	5	4.837	1	4.196	4	4.363 ^b
G3	سلالة 899	4.033	6	4.712	3	4.102	6	4.282 ^{bc}
G4	سلالة 1147	4.298	1	4.807	2	4.667	1	4.591 ^a
G5	سلالة 981	4.099	3	4.354	5	4.266	3	4.239 ^c
G6	سلالة 1149	3.196	10	3.697	10	3.242	10	3.378 ^d
G7	شام 6	3.674	8	3.700	9	3.716	8	3.697 ^f
G8	شام 4	3.640	9	3.677	11	3.659	9	3.659 ^f
G9	دوما 4	4.120	2	4.110	6	4.150	5	4.127 ^d
G10	جولان 2	2.432	11	3.906	8	2.824	11	3.054 ^h
G11	بحوث 6	3.799	7	4.000	7	3.987	7	3.929 ^e
\bar{X}_j		3.767 ^c		4.214 ^a		3.920 ^b		X ⁻ = 3.967
I _j		-0.200		0.247		-0.047		$\sum I_j = 0$
L.S.D _{5%}		0.138		0.087		0.244		L.S.D _{GxL 5%} = 0.156

X⁻i: متوسط الغلة الحبية (طن/هـ) للطرز الوراثي i عبر المواقع البيئية الثلاثة.

X⁻j: متوسط الغلة الحبية في كل موقع بيئي مختبر.

I_j: دليل المكافئ البيئي.

L.S.D_{GxL 5%}: أقل فرق معنوي للتفاعل بين الطرز الوراثية المدروسة والمواقع البيئية المختبرة.

- تحليل الثباتية وفق طريقة AMMI Biplot:

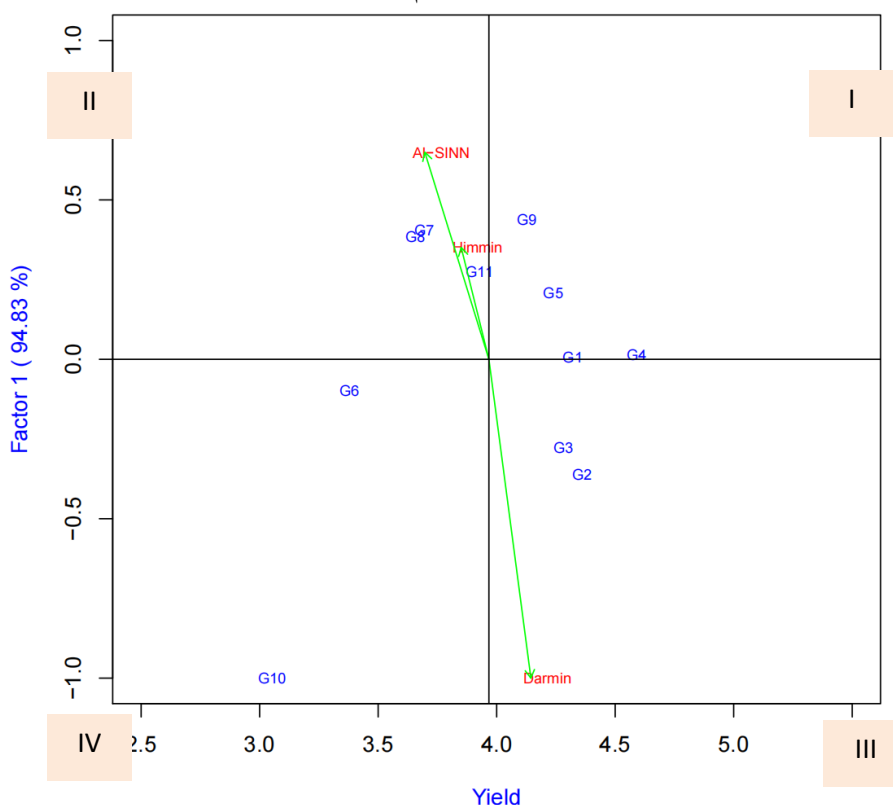
يوضح الجدول (4) نتائج تحليل التباين التجمعي لصفة الغلة الحبية وفقاً لنموذج AMMI، بيّن التحليل أن 75% من التباينات الكلية عائدة للتباين بين الطرز الوراثية المدروسة، و13% للتأثيرات البيئية، و12.5% للتفاعلات الوراثية x البيئية وكانت جميعها معنوية؛ مما يشير إلى أن الطرز الوراثية المدروسة قد استجابت بصورة مختلفة للبيئات المتباينة، وبالتالي ضرورة دراسة الاستجابات المختلفة للطرز الوراثية باختلاف البيئات والتأكد من ثباتيتها؛ لأن التفاعلات الوراثية x البيئية المعنوية تقلل الارتباط بين القيمة الوراثية والقيمة المظهرية للصفة المدروسة وتخفّض كفاءة الانتخاب وتعيق تحقيق التقدّم الوراثي المنشود [31, 32]، كما يُظهر تحليل التباين أن المكونين الرئيسيين الأول والثاني (PCA₁, PCA₂) كانا معنويين وفَسَّرَا معاً 100% من التباينات الكلية الموجودة؛ مما يشير إلى فعالية وكفاءة تحليل نموذج AMMI وتفسيره للتفاعلات الحاصلة [29, 3, 33].

جدول (4). تحليل التباين وفق نموذج AMMI لصفة الغلة الحبية (طن/هـ).

النسبة التراكمية Accumulated	النسبة المعنوية للتباين المفسّر	M.S	S.S	D.F	مصادر التباين S.O.V
12.752	12.752	1.705*	3.411	2	Loc.
87.469	74.717	1.998*	19.984	10	Gen.
100.000	12.531	0.168*	3.352	20	Loc. x Gen.
94.825	94.825	0.289	3.178	11	PCA ₁
100.000	5.175	0.019	0.173	9	PCA ₂
100.000	0.000	0.000	0.000	7	PCA ₃
0.000	0.000	0.009	0.605	66	Residuals

يُتيح تحليل AMMI تفسير التفاعلات الوراثية x البيئية من خلال نوعين من المخططات البيانية: **مخطط AMMI₁** (الشكل 1): يمثّل فيه محور السينات X-abcissa متوسطات الغلة الحبية للطرز الوراثية المدروسة والمواقع البيئية المختبرة، مقابل قيم المكون الرئيس الأول PCA₁ للطرز الوراثية والبيئات على محور العينة Y-ordinate، بحيث تكون الطرز الوراثية والبيئات الواقعة في النصف الأيمن من المخطط ذات متوسط غلة حبية أعلى من المتوسط العام، والواقعة في النصف الأيسر تكون أقل من المتوسط العام، بينما تعكس قيم PCA₁ حجم المساهمة في التفاعلات الوراثية x البيئية، حيث تعتبر القيم المرتفعة (بالقيمة المطلقة) دليلاً على عدم الاستقرار وحساسية أعلى تجاه التغيرات البيئية، وبالعكس تكون الطرز الوراثية والبيئات التي تملك قيم PCA₁ صفرية أو قريبة من الصفر قليلة التأثير بالتفاعلات الوراثية x البيئية [19].

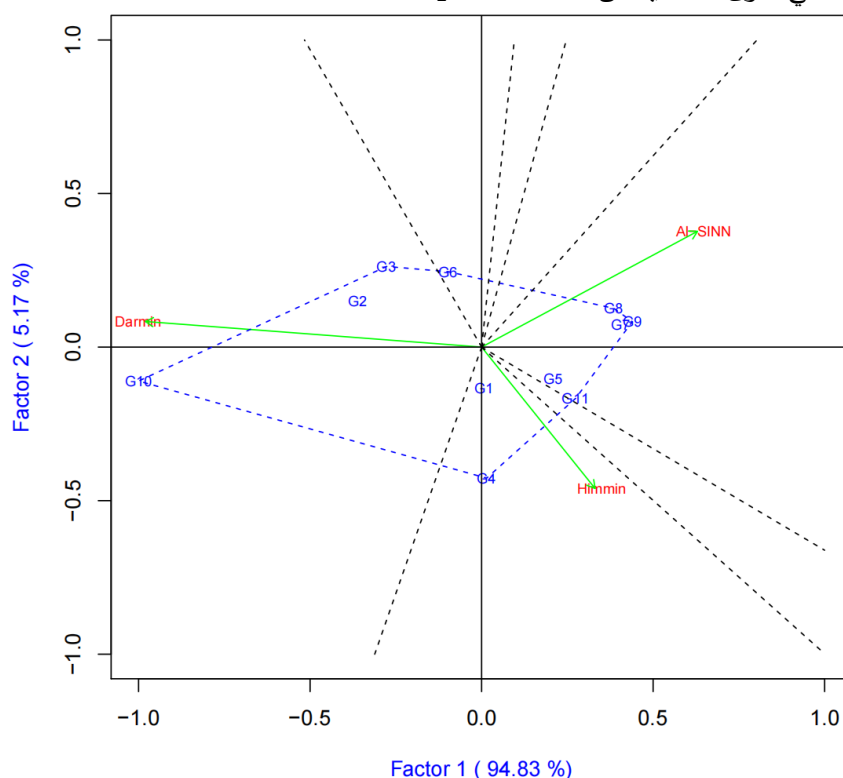
بناءً على التوصيف السابق تقسم استجابات الطرز الوراثية إلى 4 أنماط: طرز وراثية ذات متوسط غلة حبية مرتفع منخفضة الثباتية تتلاءم بشكل خاص مع البيئات الفضلى (G9)، طرز وراثية ذات متوسط غلة حبية منخفضة وثباتية منخفضة لا تناسب أي بيئة (G10, G7, G8)، طرز وراثية ذات متوسط غلة حبية منخفضة عالية الثباتية تتلاءم مع البيئات المجهدة (G11, G6)، وطرز وراثية ذات متوسط غلة حبية مرتفع وثباتية عالية (G4, G1, G5, G3, G2)، وهي بذلك أفضل الطرز الوراثية المدروسة لأنها تجمع بين قيمة متفوقة للصفة وثباتية عالية في جميع البيئات المختبرة تبعاً لتحليل AMMI Biplot، تتوافق هذه النتائج مع [34-36] الذين تمكنوا من إجراء انتخاب متزامن Simultaneous Selection لكل من الغلة والثباتية باستخدام مخطط AMMI₁.



الشكل (1). مخطط AMMI₁ توزع الطرز الوراثية والمواقع البيئية المختبرة تبعاً لمتوسط الغلة الحبية وقيم المكون الأول PCA₁.

المخطط الثاني: AMMI₂: تُمثّل قيم PCA₁ للطرز الوراثية والبيئات على محور السينات X-abscissa مقابل قيم PCA₂ للطرز الوراثية والبيئات على محور العيّنات Y-ordinate، انطلاقاً من أن المكون الرئيس الثاني PCA₂ يساهم أيضاً في تفسير جزء من التفاعلات الوراثية x البيئية (الشكل 2).

أوضح Purchase (2000) [23] أن الطرز الوراثية الواقعة في منتصف المخطط وأقرب للمركز (0,0) تكون أقل حساسيةً وتأثراً بالتغيرات البيئية، بناءً على ذلك فإن الطرز الوراثية المدروسة الأكثر ثباتية هي: {G1,G4,G5,G6,G11}، بالمقابل أقلها ثباتيةً الطرز الوراثية {G10,G3,G2,G9,G8}. أما بالنسبة للمواقع البيئية المختبرة فإن طول الشعاع الواصل بين مركز المخطط وموقع البيئة على المخطط يعكس مساهمتها بالتفاعلات الوراثية x البيئية، وبذلك البيئات ذات الأشعة الأقصر لا تمارس قوى تفاعلية شديدة على الطرز الوراثية النامية فيها والعكس صحيح [12]؛ أي أن التفاعلات الوراثية x البيئية الأقل كانت في موقع حمين (الشعاع الأقصر)، وكان أداء جميع الطرز الوراثية فيها جيداً وانحرفها عن متوسط البيئة منخفض، وتعتبر البيئة الأكثر تمثيلاً للمواقع البيئية المختبرة، يليها موقع السن، بينما كانت التفاعلات الوراثية x البيئية عالية في درميني (الشعاع الأطول)، وانعكس ذلك على تباين أداء الطرز الوراثية فيها بشكل كبير، وبالتالي تمثّل الموقع البيئي الأكثر تصنيفاً وتمييزاً للطرز الوراثية المدروسة، تتوافق هذه النتائج مع [36-38] الذين تمكّنوا من تحديد أقل الطرز الوراثية تأثراً بالتفاعلات الوراثية x البيئية، بالإضافة إلى أقل البيئات مساهمةً في القوى التفاعلية من خلال مخطط AMMI₂.



الشكل (2). مخطط AMMI₂ قيم المكون الرئيس الأول PCA₁ للطرز الوراثية والمواقع البيئية المختبرة مقابل قيم المكون الثاني PCA₂ بالنسبة لصفة الغلة الحبية.

عموماً تتفاعل الطرز الوراثية والمواقع المختبرة التي تملك نفس الإشارة الجبرية من قيم PCA₁ ايجاباً، أي تبدي الطرز الوراثية أداءً أعلى ضمن هذه البيئات، وهذا ما يلاحظ بالنسبة للطرز الوراثي G10 الذي يُظهر تفاعلاً ايجابياً عالياً في موقع درميني، وكان لديه قدرة عالية على استغلال الظروف البيئية فيها وبذلك كانت البيئة الأنسب له كما يظهر في

الشكل (2)، والأمر نفسه بالنسبة لـ G9 في السن، بينما تتفاعل سلباً الطرز الوراثية والبيئات التي تكون من إشارات جبرية متعاكسة بالنسبة لقيم PCA₁ (G9 في درميني، G10 في حمين والسن).

- قيمة ثباتية AMMI (A.S.V) ودليل انتخاب الطراز الوراثي (G.S.I):

يوضّح الجدول (5) متوسط الغلة الحبية وقيم A.S.V و G.S.I لكل طراز وراثي عبر المواقع البيئية المختبرة، يلاحظ أن أفضل قيم لـ A.S.V كانت لدى الطرز الوراثية G1، G4، G6، مما يدل على تمثّلها بثباتية عالية عبر البيئات المختلفة، أما بالنسبة لمؤشر G.S.I فإن أفضل الطرز الوراثية: G1، G4، وG2، وبالتالي تمثّل الطرز الوراثية المثالية بالنسبة لصفة الغلة الحبية بما ينسجم مع نتائج تحليل AMMI [39].

جدول (5). قيم A.S.V و G.S.I لكل طراز وراثي بالنسبة لصفة متوسط الغلة الحبية (طن/ه).

الترتيب	G.S.I	الترتيب	A.S.V	الترتيب	متوسط الغلة الحبية	الطرز الوراثي
2	4	1	0.184	3	4.322	G1
3	9	7	6.609	2	4.363	G2
5	10	6	5.087	4	4.282	G3
1	3	2	0.505	1	4.591	G4
3	9	4	3.829	5	4.239	G5
7	13	3	1.801	10	3.378	G6
9	17	9	7.441	8	3.697	G7
9	17	8	7.060	9	3.659	G8
8	16	10	8.051	6	4.127	G9
10	22	11	18.325	11	3.054	G10
6	12	5	5.026	7	3.929	G11

تتفق نتائج تحليل AMMI في هذا البحث مع ما توصل إليه كل من [3, 32-34, 40-44] الذين أشاروا إلى إمكانية تحقيق الانتخاب المتزامن لكل من الغلة المتفوقة والثباتية العالية وتحديد الموقع البيئي المثالي في القمح الطري باستخدام طريقة AMMI Biplot.

الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- أفاد تحليل الثباتية وفق طريقة AMMI في تفسير تأثيرات التفاعلات الوراثية x البيئية بيانياً وتحليل ثباتية الطرز الوراثية المدروسة، وتحديد الطرز الوراثية المتفوقة في الغلة وثباتية الأداء.
- 2- وجود فروق معنوية بين الطرز الوراثية المدروسة، والمواقع البيئية المختبرة، والتفاعل بينهما؛ مما يشير إلى ضرورة تحليل ثباتية الطرز الوراثية المدروسة.
- 3- وفقاً لتحليل AMMI تفوقت الطرز الوراثية: أكساد 1147 (G4)، دوما 6 (G1)، أكساد 1115 (G2) بمتوسط الغلة الحبية وثباتية الأداء عبر جميع المواقع البيئية المختبرة، بينما تكيف الصنف جولان 2 (G10) بشكل خاص مع موقع درميني، ودوما 4 (G9) في موقع السن.
- 4- انسجمت نتائج تحليل AMMI مع قيمة ثباتية AMMI (A.S.V) ودليل انتخاب الطراز الوراثي (G.S.I) في تحديد الطرز الوراثية المفضلة التي تجمع بين الغلة المتفوقة والثباتية العالية.
- 5- كان موقع درميني أفضل المواقع البيئية المختبرة غلةً وتصنيفاً للطرز الوراثية المدروسة، بينما كان موقع حمين الأكثر تمثيلاً للبيئة المستهدفة.

التوصيات:

1. إجراء تحليل الثباتية للطرز الوراثية واعتمادها كطريقة علمية مكملة لخبرة وجهود مربى النبات في برامج التربية الوطنية، باستخدام طرق ومؤشرات وراثية إحصائية متعددة تكشف جوانب ومفاهيم مختلفة من الثباتية.
2. متابعة دراسة وتقييم الطرز الوراثية المدروسة في عدة مواسم ومواقع متباينة بيئياً؛ للتأكد من مواصفاتها، ثباتها، وملاءمتها للبيئات المختلفة.
3. ضرورة الأخذ بعين الاعتبار كل من متوسط الأداء والثباتية بشكل متزامن عند انتخاب الطرز الوراثية المتفوقة؛ لتخفيض تأثير التفاعلات الوراثية x البيئية، وإعطاء توصيات دقيقة قبل اعتماد الأصناف الجديدة.

References:

- [1] B. Singh, B. Snehideep, and C. Arya, "Statistical Assessment of Rainfall Trend and Distribution on Wheat Yield in Western Uttar Pradesh," in *Proceedings of the Virtual National Conference on Strategic Reorientation for Climate Smart Agriculture (V-AGMET 2021)*, Ludhiana, India, Vol. 2, p. 163, 2021.
- [2] J. Bocianowski, and R. Prazak, "Genotype by Year Interaction for Selected Quantitative Traits in Hybrid Lines of (*Triticum aestivum* L.) with *Aegilops kotschy* Boiss. and *Ae. variabilis* Eig. using the additive main effects and multiplicative interaction model," *Euphytica*, 2022.
- [3] A. Omrani, S. Omrani, M. Khodarahmi, S.H. Shojaei, A. Illés, C. Bojtor, S.M.N. Mousavi, and J. Nagy, "Evaluation of Grain Yield Stability in Some Selected Wheat Genotypes Using AMMI and GGE Biplot Methods," *Agronomy Journal*, Vol. 12, No. 5, 1130, 2022.
- [4] A. Singamsetti, J.P. Shahi, Ph. Zaidi, K. Seetharam, M.T. Vinayan, M. Kumar, S. Singla, K. Shikha, and K. Madankar, "Genotype \times environment interaction and selection of maize (*Zea mays* L.) hybrids across moisture regimes," *Field Crops Res*, 270:108224, 2021.
- [5] B. Vaezi, A. Pour-Aboughadareh, R. Mohammadi, A. Mehraban, T. Hossein-Pour, E. Koochkan, S. Ghasemi, H. Moradkhani, and K.H. Siddique, "Integrating different stability models to investigate genotype \times environment interactions and identify stable and high-yielding barley genotypes," *Euphytica*, Vol. 215, No.63, 2019.
- [6] M. Akcura, Y. Kaya, and S. Taner, "Genotype-Environment Interaction and Phenotypic Stability Analysis for Grain Yield of Durum Wheat in the Central Anatolian Region," *Turk. J. for Agric*, vol. 29, 369- 375, 2005.
- [7] H.C. Becker, and J. Leon, "Stability Analysis in Plant Breeding," *Plant Breeding*, vol.101, 1- 23, 1988.
- [8] W. Yan, and M.S. Kang, "GGE Biplot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists, and Agronomists," *CRC Press*, Boca Raton, 2003.
- [9] R.W. Zobel, M.J. Wright, H.G. Gauch, "Statistical Analysis of a Yield Trial," *Agron. J*, Vol.80, 388–393, 1988.
- [10] E. J. Williams, "The Interpretation of Interactions in Factorial Experiments," *Biometrika*, 39, 65–81, 1952.
- [11] E. W. Pike, and T.R. Silverberg, "Designing Mechanical Computers," *Machine Design*, vol. 24, 131–137, 159–163, 1952.
- [12] H.G. Gauch, "A Simple Protocol for AMMI Analysis Of Yield Trials," *Crop Science* 2013.

- [13] "Syrian Arab Republic External Situation Report. Report #3," *WFP*, 2023. [Online]. Available at: <https://www.wfp.org/publications/Syria>. (Accessed on 12/12/2024).
- [14] "Counting the Coast: Agriculture in Syria after 6 Years of Crisis", *FAO*, 2017.
- [15] "Crop and Food Supply Assessment Mission to the Syrian Arab Republic – December," *FAO*, Rome, 2021. <https://doi.org/10.4060/cb8039en>. (Accessed on 26/5/2024).
- [16] S. Ceccaerlli, S. Grando, M. Baum, and S.M. Udupa, "Breeding for Drought Resistance in a Changing Climate," In *Challenges and Strategies for Dry Land Agriculture*, S.C. Rao and J. Ryan. Eds. CSSA special publication, 23 Madison, ASA and CSSA. Pp. 167- 190, 2004.
- [17] K.R. Gabriel, "The Biplot Graphic Display of Matrices with Application to Principal Component Analysis," *Biometrika*, vol.58, no. 3, 453–467, 1971.
- [18] Gauch, H.G. (1988) Model selection and validation for yield trials with interaction. *Biometrics*, 44, 705-715.
- [19] Gauch, H.G; and R. W. Zobel. (1996). AMMI Analysis of Yield Trials. In Kang, M.S. and H. G. Gauch. (eds): *Genotype by Environment Interaction*. Boca Raton: CRC Press, pp. 85–122.
- [20] H. G. Gauch, "Statistical Analysis of Yield Trials by AMMI and GGE", Maio 18, 2006.
- [21] W.Yan, M.S. Kang, S. Woods, and P.L. Cornelius, "GGE Biplot vs. AMMI Analysis of Genotype-By-Environment Data," *Crop Science*, Vol.47, No.2, 643–653, 2007.
- [22] H.G. Gauch, and D. R. Moran, "AMMISOFT: Software for AMMI Analysis Using Best Practices", bioRxiv preprint. 2019. <http://dx.doi.org/10.1101/538454>.
- [23] J.L. Purchase, "Parametric Analysis to Describe Genotype By Environment Interaction and Stability in Winter Wheat," PhD Thesis. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of the Orange Free State, Bloemfonten, South Africa.
- [24] J.L.Purchase, H. Hatting. and C.S. Deventer, "Genotype × Environment Interaction of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) in South Africa, II. Stability analysis of yield performance," *South African Journal of Plant and Soil*, vol.17, No.3, 101-107, 2000.
- [25] E. Farshadfar, (2008) "Incorporation of AMMI stability Value and Grain Yield in A Single Non-Parametric Index (GSI) in Bread Wheat," *Pakistan J. Biol. Sci*, vol.11, no.14, 1791–1796, 2008. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2008.1791.1796>
- [26] S. Aydogan, M. Sahin, A. Gocmen, B. Akcacik, B. Demir, T. Yildirim and S. Hamzaoglu, "Assesment of Yield and Quality Traits of Some Bread Wheat Varieties (*Triticum aestivum* L.) under Rainfed Conditions," *KSU J. Agric Nat* 23: 713-721, 2020.
- [27] V. Takač, A. Kondić-Špika, D. Trkulja, L. Brbaklić, V. Župunski, V. Aćin and S. Mikić, "Phenotypic and Molecular Diversity of Wheat Species (*Triticum* Spp.) in Relation to Plant Height and Heading Time," *Genetika* vol. 53, 181- 194, 2021.
- [28] H.Gungor, and Z. Dumlupinar, "Evaluation of some bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars for yield, yield components and quality traits in Bolu conditions," *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, vol. 6, 44-51, 2019.
- [29] E. Oral, E. Kendal and Y. Dogan, "Some Bread Varieties Yield Stability Evaluation With Biplot and AMMI Analaysis Methods," *Journal of Adnana Menderes University Agricultural Faculty*, Vol. 15, 55-64, 2018.
- [30] H.Gungor, M.F. Cakir, Z. Dumlupinar, "Evaluation of Wheat Genotypes: Genotype × Environment Interaction and GGE Biplot Analysis," *Turkish Journal of Field Crops*, vol. 27, no. 1, 149-157, 2022.

- [31] M. Singh , S. Grando, and S. Ceccarelli, " Measures of Repeatability of Genotype by Location Interactions Using Data from Barley Traits in Northern Syria," *Expl Agric, Cambridge University Press*, vol. 42, 189-198, 2006.
- [32] E. Farshadfar, N. Mahmodi, and A. Yaghotipoor, "AMMI Stability Value and Simultaneous Estimation of Yield and Yield Stability in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.)," *Aust. Jour. Crop Sci*, vol. 13, 1837-1844, 2011.
- [33] M. Karaman, S. Bayram, and E. Şatana, "Assessment of Bread Wheat Genotypes (*Triticum aestivum* L.) with GGE Biplot and AMMI Model in Multiple Environments," *Romanian Agricultural Research*, no. 40, 2023.
- [34] T. Olivoto, A.D.C. Lúcio, J.A.G. Da Silva, V.S. Marchioro, V.Q. Souza, E. Jost, "Mean performance and stability in multi-environment trials In: Combining features of AMMI and BLUP techniques," *Agronomy Journal*, vol. 111, 1–12, 2019.
- [35] A. Dabi, A. Gadisa, S. Berhanu, G.Negash, D. Abebe, S.Tafesse, Z. Habtemariam, A. Dawit, A. Bayisa, D. Ruth , Sh.Yewubdar, G. Abebe, Z. Demeke, G. Bedada, B. Ayele, and A. Bekele Abeyo, "Genotype×Environment Interaction and Stability Analysis Using GGE Biplot for Grain Yield of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes under Low Moisture Stress Areas of Ethiopia," *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, vol.14, no. 7,1089-1098, 2023.
- [36] V. Gupta, M. Kumar, V. Singh, L. Chaudhary, S. Yashveer, R. Sheoran, M.S. Dalal, A. Nain, K. Lamba, N. Gangadharaiyah, R. Sharma, Sh. Nagpal, "Genotype by Environment Interaction Analysis for Grain Yield of Wheat (*Triticum aestivum* (L.)) Genotypes," *Agriculture*, vol.12, 1002, 2022.
- [37] A.Verma, and G.P.Singh, "GxE Interactions Analysis of Wheat Genotypes Evaluated Under Peninsular Zone of the Country by AMMI Model," *Am. J. Agric. For.*, vol. 9, 29–36, 2021.
- [38] A. Attia, F. El-Ghany, A. El-Sadek, A. Nawar, A. Dessouky, A. Shaalan, " Genotype by Environment Interaction and Yield Stability in Bread Wheat Cultivars under Rainfed Conditions," *Sci. J. Agric. Sci*, vol. 3, 56–65, 2021.
- [39] D. Mullualem, A. Tsega, T. Mengie, D. Fentie, Z. Kassa, A. Fassil, and T. Astatkie, "Genotype-by-environment interaction and stability analysis of grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes using AMMI and GGE biplot analyses," *Heliyon*, vol. 10, no.12, 2024.
- [40] E. Ilker, H. Geren, R. Ünsal, I. Sevim, F.A. Tonk, and M. Tosun, AMMI-biplot analysis of yield performances of bread wheat cultivars grown at different locations," *Turkish Journal of Field Crops*, vol. 16, no.1, 64-68, 2011.
- [41] F.A. Kadhem, and F. Y. Baktash, "AMMI analysis of adaptability and yield stability of promising lines of bread wheat (*Triticum aestivum* L.)," *The Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, vol. 47(special issue), 35-43, 2016.
- [42] T. Bayisa, M. Abera, T. Letta, and B. Mulugeta, "Stability Analysis of Bread Wheat Genotypes Using The AMMI Stability Model," In *Regional Review Workshop on Completed Research Activities*, vol. 61, 2020.
- [43] F. Bavandpori, J. Ahmadi, and S.M. Hossaini, "Yield Stability Analysis of Bread Wheat Lines Using AMMI Model," *Agricultural Communications*, vol. 3, no. 1, 8-15, 2024.