https://jsras.rcc.edu.ly/
Vol.3 No.0 (2026), 193-206
Article history:
Received:
Accepted:
Published: 18Nov.2026

Journal of Sustainable Research in Applied Sciences

Genotypic Variation and Environmental Stability of Maize under Water Stress: Implications for Drought-Resilient Breeding.

Dr. Eman Habib Massoud [1] , Dr. Hayat Suliman Yasin[2]
[1]Department of Plant Production, Faculty of Agricultural Engineering, Hama University, Hama, Syria.
[2]Department of Plant Production, Faculty of Agricultural Engineering, Hama University, Hama, Syria.
Dr.eman.massoud@gmail.com , Dr.hayat.yaseen@gmail.com
* Corresponding author: Dr. Eman Habib Massoud

keywords
maize, deficit irrigation, environmental stability, genotype × environment interaction

Abstract

Climate change and the scarcity of water resources pose increasing threats to food security, particularly in arid and semi-arid regions. Identifying maize genotypes capable of maintaining productivity under water- limited condition is essential for sustainable agriculture production. This study aimed to evaluate the response of two maize genotypes, "Baladi Hama" and "Ghouta1" to different levels of water stress and assess their performance under contrasting environmental conditions. A field experiment was conducted during the 2025 growing season at two contrasting sites in central Syria, Al-Ghab plain and Al-Salamiyah, Hama Governorate. Three irrigation levels (100%, 80%, and 60% of field capacity) were applied to represent optimal irrigation, moderate water stress, and severe water stress.

The experiment was arranged as a split-polt design within a randomized complete block design (RCBD), with three replicates. Significant differences ($P< 0.05$) were observed in 100-grain weight, ear diameter, ear length, number of grains per row, number of rows per ear, and grain yield, owing to the effects of location, genotype, irrigation level, and their interactions. The Al-Ghab site significantly outperformed Al-Salamiyah for most triats." Ghout1" recorded the highest means for 100-grain weight (26.220 g), ear diameter (4.016 cm), ear length (23.080 cm), and grain yield (6.345 t/ha^{-1}); however, it exhibited greater sensitivity to water stress and environmental variation. In contrast, "Baladi Hama" demonstrated greater stability and adaptation, maintaining good performance across irrigation regimes and environments.

These findings highlight the importance of considering environments stability alongside yield potential when selecting maize genotypes for water –stressed environmentsing.

التباين الوراثي والاستقرار البيئي للذرة الصفراء تحت الإجهاد المائي: آفاق لتربية أصنافٍ متحملةٍ للجفاف

ايمان حبيب مسعود[1]* ، حياة سليمان ياسين[2]
[1]كلية الهندسة الزراعية/جامعة حماة, قسم الإنتاج النباتي، حماة، سورية، Dr.eman.massoud@gmail.com
[2]كلية الهندسة الزراعية/ جامعة حماة، قسم الإنتاج النباتي، حماة، سورية، Dr.hayat.yaseen@gmail.com
* المؤلف المراسل: د. ايمان حبيب مسعود

الكلمات المفتاحية
الذرة الصفراء, الري الناقص, الاستقرار البيئي, التفاعل بين التركيب الوراثي والبيئة.

الملخص

يمثل التغير المناخي وما يرافقه من ندرة الموارد المائية تهديداً متزايداً للأمن الغذائي, ولا سيما في المناطق الجافة وشبه الجافة. ويُعد تحديد التراكيب الوراثية المتحملة للجفاف والقادرة على الحفاظ على إنتاجيتها تحت ظروف نقص المياه من الاستراتيجيات المهمة لتحقيق إنتاج زراعي مستدام.

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم استجابة تركيبين وراثيين من الذرة الصفراء, "بلدي حماة" و "غوطة1" لمستويات مختلفة من الإجهاد المائي, وتحديد مدى تباين أدائهما تحت ظروف بيئية متباينة. نُفذت تجربة حقلية خلال الموسم الزراعي2025 في موقعين متباينين بيئياً في المنطقة الوسطى من سورية, هما سهل الغاب والسلمية بمحافظة حماة. طُبق ثلاث مستويات للري (100%, 80%, 60% من السعة الحقلية) باستخدام تصميم القطع المنشقة ضمن القطاعات العشوائية الكاملة RCBD وبثلاثة مكررات. أظهرت النتائج فروقاً معنوية ($P<0.05$) في وزن الـ100 حبة, وقطر العرنوس, وطول العرنوس, وعدد الحبوب في الصف, و`عدد الصفوف في العرنوس, والغلة الحبية نتيجة تأثير الموقع البيئي والتركيب الوراثي ومستويات الري وتداخلاتها. تفوق موقع الغاب معنوياً في معظم الصفات المدروسة, في حين سجل "غوطة1" أعلى متوسطات لوزن الـ100حبة (26.220 غ), وقطر العرنوس (4.016 سم), وطول العرنوس (23.080 سم), والغلة الحبية (6.345 طن/هـ$^{-1}$), إلا أنه أظهر حساسية أكبر للإجهاد المائي والتباين البيئي. في المقابل أظهر "بلدي حماة" استقراراً وتكيفاً أفضل محافظاً على أداء نسبي مرتفع تحت مستويات الري المختلفة. تؤكد النتائج أهمية اعتماد الاستقرار البيئي إلى جانب الإنتاجية عند اختيار التراكيب الوراثية الملائمة للمناطق المعرضة للإجهاد المائي, مما يسهم بشكل مباشر في تعزيز الأمن الغذائي وزيادة الإنتاجية الزراعية المستدامة في ظل التحديات المناخية الراهنة والمستقبلية.

1. المقدمة

محصول الذرة الصفراء (Zea mays L.) من المحاصيل الهامة على مستوى العالم، إذ يُعد ثالث أهم محاصيل الحبوب عالمياً بعد القمح والأرز, نظراً لاستعمالاته المتعددة، الغذائية والعلفية والصناعية, فهو من المحاصيل ذات التكيف البيئي العالي والانتاجية الجيدة, وتنتشر زراعته في مناطق واسعة من العالم لقابليته الكبيرة على التأقلم والنمو في ظروف مناخية متباينة وبيئات زراعية مختلفة, حيث تؤثر العوامل البيئية والتركيب الوراثي في تباين الأصناف بالنمو والغلة (Sheoran et al., 2022; Wang et al., 2023), ويُعد الجفاف أحد أهم العوامل البيئية غير المناسبة المهددة لإنتاج المحاصيل في المنظومة الزراعية بالمناطق الجافة وشبه الجافة (Mollasadeghi et al., 2011), وفي مثل هذه المناطق كـالقطر العربي السوري, تواجه إنتاجية الذرة تحديات كبيرة ناتجة عن التغيرات المناخية وتناقص الموارد المائية المتاحة للزراعة كونه من المحاصيل الحساسة لشح المياه وذو معدل تبخر مرتفع (المجموعة الإحصائية الزراعية, 2023). ويعتبر الإجهاد المائي من أكثر العوامل البيئية تأثيراً على نمو وإنتاجية الذرة خاصة عندما يتزامن مع المراحل الفسيولوجية الحرجة مثل مرحلة التزهير (Flowering stage) وبداية تكوين العرانيس, حيث يؤدي نقص المياه في هذه الفترات إلى زيادة الفترة الفاصلة بين التزهر المذكر والمؤنث, مما يقلل من كفاءة التلقيح وبالتالي انخفاض عدد الحبوب في العرنوس (Sah et al., 2020 ; Sinamsetti et al., 2021).

يعتمد ضمان استدامة الإنتاج الزراعي في ظل شح المياه وندرتها على رفع كفاءة استخدام المياه (Water Use Efficiency-WUE), عبر استراتيجيات مثل تقنية الري الناقص (Deficit Irrigation) لتقليل المياه دون الإضرار بالمحصول, ويرتبط نجاح هذه التقنية بـ التركيب الوراثي للنبات وتفاعله مع البيئة (Genotype by Environment Interaction-GEI), مما يحتم على مربي النبات فهم هذا التفاعل لاختيار تراكيب وراثية عالية الإنتاج والاستقرار Stability عبر البيئات المختلفة. (Yue et al., 2025; Zhang et al., 2025).

أشارت الدراسات الحديثة إلى أن الإجهاد المائي يؤثر سلباً على كافة العمليات الفسيولوجية والمورفولوجية في نبات الذرة, حيث أكد Sheoran et al. (2022) أن نقص المياه يؤدي إلى انخفاض محتوى الكلوروفيل وتراجع كفاءة التمثيل الضوئي, مما ينعكس مباشرة على تراكم المادة الجافة. وفي دراسة أجراها Gao et al. (2025), وجُد أن الإجهاد المائي المطبق خلال المراحل الخضرية المتأخرة والتزهير يقلل من طول وقطر العرنوس وهي من المكونات الأساسية المحددة للغلة النهائية. كما أوضح Zhang et al. (2019) أن وزن الـ100حبة هو أكثر مكونات الغلة تأثراً بنقص المياه خلال مرحلة امتلاء الحبوب, حيث ينخفض الوزن نتيجة قصر فترة الامتلاء وتراجع انتقال النواتج التمثيلية إلى الحبوب. وبين Zarabi (2011) أن نسبة الانخفاض في الغلة الحبية لهذا المحصول نتيجة الجفاف تتراوح بين 1 - 76% وفقاً لشدة الاجهاد وزمن حدوثه ومرحلة نمو النبات وبالتالي فإن الطريقة الأفضل لمواجهة الجفاف هي زراعة التراكيب الوراثية المتحملة للجفاف واتباع الممارسات الزراعية المناسبة. كما أفاد Mollasadeghi et al. (2011) أن الإجهاد المائي حتى ولو حدث لفترة زمنية قصيرة خلال المراحل الحرجة من حياة النبات يسبب انخفاضاً ملحوظاً في الغلة الحبية ومكوناتها وقد يؤدي إذا طالت مدته إلى فشل المحصول بشكل كامل.

تُعد تقنية الري الناقص استراتيجية حيوية في المناطق التي تعاني من محدودية الموارد المائية. وبينت نتائج Zhang et al. (2025) أن تطبيق ري ناقص خفيف خلال المراحل الخضرية الأولى يمكن أن يحسن من نمو الجذور ويزيد من كفاءة استخدام المياه (WUE) بنسبة تتراوح بين 13.5% إلى 14.6% دون حدوث نقص معنوي في الغلة الحبية, وفي المقابل بيّن Ashine (2024) من أن الإجهاد المائي الشديد (بمستوى 60% من الاحتياجات المائية) يؤدي إلى تدهور كبير في الإنتاجية, مما يستوجب تحديد التوازن الدقيق بين توفير المياه والحفاظ على الغلة. وفي سياق التحسين الوراثي, تُمثل الغلة الحبية (الإنتاجية) في هذا المحصول صفة كمية معقدة محكومة بنظام وراثي متعدد الجينات، وتخضع هذه الصفة لتأثيرات متداخلة تشمل النمط الوراثي (G)، والبيئة (E)، بالإضافة إلى التفاعل المعقد بينهما (GEI), إلى جانب محددات أخرى (Singamsetti et al., 2021). ومن هذا المنطلق، يُعد فهم آليات وتأثير هذا التفاعل بين النمط الوراثي والبيئة (GEI) ذا أهمية بالغة في تقييم واستقرار الإنتاجية، وضمان ثبات أداء التراكيب الوراثية المختلفة للذرة عبر البيئات المتباينة (Owusu et al., 2018). إذ يُصنف نبات الذرة ضمن المحاصيل شديدة التأثر بالإجهاد المائي؛ ويُعزى ذلك إلى ضحالة نظامه الجذري، وارتفاع معدلات استهلاكه المائي، فضلاً عن شدة حساسيته تجاه نقص المياه خلال الفترات الحرجة من دورة حياته، لا سيما مرحلتي الإزهار وامتلاء الحبوب (Hussain et al., 2019). وفي هذا السياق، يُحدث الجفاف اضطرابات فسيولوجية جذرية تؤدي إلى تثبيط كفاءة البناء الضوئي، وإعاقة عمليات امتصاص العناصر الغذائية، مما ينعكس سلباً وبصورة حادة على الإنتاجية النهائية للمحصول (Chukwudi et al., 2022). يُعد تحليل التفاعل بين التركيب الوراثي والبيئة حجر الأساس في تقييم الأصناف واستخدم Singamsetti et al. (2021) نماذج AMMI و GGE biplot لتحليل استقرار هجن الذرة تحت ظروف مائية متباينة, وخلصوا إلى أن GEI المعنوي يشير إلى تباين استجابة التراكيب الوراثية من بيئة إلى أخرى, مما يستدعي انتخاب أصناف متخصصة لبيئات معينة أو أصناف ذات توافق واسع. وفي دراسة حديثة لـ Yue et al. (2025) تم التأكيد أن العوامل المناخية وخصائص التربة تلعب دوراً حاسماً في تشكيل هذا التفاعل, مما يعزز أهمية إجراء التجارب في بيئات متعددة (Multi-Environment Trials - MET) كما هو الحال في هذه الدراسة التي شملت منطقتي سهل الغاب والسلمية. تتميز الأصناف المحلية (Landraces) على الهجن الحديثة عالية الإنتاجية بقدرتها الفائقة على التكيف مع الإجهاد البيئي، حيث أشار كل من Mohamed and Al-Sayed (2021) و Yehia (2026) في تقييمهم لبعض التراكيب للذرة في بلاد الشام إلى أن الأصناف السورية تمتلك تبايناً وراثياً واعداً لصفات تحمل الجفاف

2. مشكلة الدراسة RESEARCH PROBLEM

تُعد ندرة الموارد المائية وتفاقم الإجهاد المائي تحدياً عالمياً, وتبرز بشكل خاص في المناطق الجافة وشبه الجافة مثل سورية, حيث تتأثر إنتاجية المحاصيل الاستراتيجية كالذرة الصفراء سلباً بالتغيرات المناخية وتذبذب الهطول المطري. يمثل الإجهاد المائي عاملاً حاسماً يحد من الإنتاجية الكمية والنوعية للذرة, لا سيما خلال مرحلة التزهير الحرجة, لذا تبرز الحاجة الملحة لتطوير استراتيجيات مبتكرة لترشيد استهلاك المياه وزيادة كفاءة استخدامها, بما في ذلك انتخاب تراكيب وراثية من الذرة الصفراء قادرة على تحمل نقص المياه والحفاظ على إنتاجيتها تحت ظروف الإجهاد المائي

3. أهمية البحث RESEARCH IMPORTANCE

تكتسب هذه الدراسة أهميتها من التحديات المتزايدة التي تواجه القطاع الزراعي في سورية, حيث تُعد الذرة الصفراء محصولاً استراتيجياً يسهم في الأمن الغذائي, وتوفير المواد الأولية للصناعات. في ظل التوزيع الملحوظ في زراعة الذرة المروية وتراجع إنتاجية الزراعة البعلية تصبح كفاءة استخدام المياه أمراً حيوياً. تتوافق هذه الدراسة مع التوجهات الوطنية والعالمية نحو استدامة الموارد المائية وتعظيم كفاءة استخدامها, وتهدف إلى تقديم حلول علمية من خلال تحديد التراكيب الوراثية المتحملة للإجهاد المائي والمقننات المائية المثلى, مما يدعم استقرار الإنتاج الزراعي واستدامته ويعزز الأمن الغذائي في المناطق المتأثرة بندرة المياه.

4. حدود الدراسة

تماشياً مع استراتيجيات ترشيد استهلاك الموارد المائية العذبة المحدودة وتحسين كفاءة استخدامها. هدفت هذه الدراسة إلى:

أ. **تقييم استجابة الإنتاجية ومكوناتها**: تحديد أداء واستقرار تركيبين وراثيين من الذرة الصفراء تحت ظروف الإجهاد المائي خلال مرحلة التزهير الحرجة, وذلك عبر موقعين بيئيين متباينين بالمنطقة الوسطى من سورية (سهل الغاب والسلمية).

ب. **تحديد المقننات المائية (الريات) المثلى**: تحديد الحد الأدنى من المقننات المائية اللازمة لتحقيق القدرة الإنتاجية القصوى للمحصول باستخدام تقنية الري الناقص (Deficit Irrigation) بهدف تعزيز كفاءة استخدام المياه وتحقيق متطلبات الأمن الغذائي والمائي.

5. مواد البحث وطرائقه

5. 1. المادة النباتية: Plant material :

استخدم اثنان من التراكيب الوراثية للذرة الصفراء تم الحصول عليها من مركز البحوث العلمية الزراعية في الغاب, وهي: الصنف بلدي حماة وهو صنف محلي متأقلم, والصنف غوطة1 وهو من الأصناف الهجينة المستنبطة يشتمل على أصول وراثية متعددة فرنسية ورومانية.

5. 2 . مكان تنفيذ البحث: Research site

أُجري البحث خلال الموسم الزراعي 2025 في منطقتين جغرافيتين وبيئيتين متباينتين ضمن المنطقة الوسطى من سورية وهما: سهل الغاب والسلمية, التابعتين لمحافظة حماة. يتميز موقع الغاب (بأنه يقع عند خط عرض35.36° شمالاً, وخط طول 36.40° شرقاً, وارتفاع 174م عن مستوى سطح البحر) ومتوسط هطول مطري 674 ملم (منطقة استقرار أولى), بينما يتميز موقع السلمية (بأنه يقع عند خط عرض 35.01° شمالاً, وخط طول 37.06° شرقاً وارتفاع 475 م) في منطقة شبه جافة إلى جافة بمتوسط هطول مطري 350 ملم (منطقة استقرار ثالثة), مما يوفر ضمن البحث بيئات متباينة لتقييم استجابة التراكيب الوراثية المدروسة.

- تمت الزراعة بتاريخ 15 حزيران عام 2025، حُضّرت الأرض المعدة للزراعة بإجراء فلاحتين متعامدتين (بعمق 30سم), ثمّ تمّت عملية تنعيم التربة وتسويتها وتخطيطها. زُرعت البذور في جور على خطوط بالثلث العلوي من الخط وبعمق 3-5 سم. ثم سُكبت الأرض وفُتحت أقنية الري. وتمت عمليات الخدمة الزراعية المعروفة من ترقيع, عزيق ومكافحة حسب الطرق العلمية الشائعة والمتبعة. وروعي أن تظهر التراكيب الوراثية المدروسة في كل قطعة تجريبية، حيث زرع كل تركيب وراثي بمعدل أربعة خطوط، بطول 2م للخط الواحد وتركت مسافة 70سم بين الخط والآخر، ومسافة 25سم بين النبات والآخر ضمن الخط نفسه. ووزعت التراكيب في كل قطعة تجريبية بشكلٍ عشوائي. وتُركت فواصل بنحو 2 م بين القطع التجريبية، وبينها وبين قنوات الري، للحد من رشح الماء الأرضي إلى القطع التجريبية خلال فترة تطبيق الإجهاد المائي.

- أضيفت قبل الزراعة الأسمدة العضوية Manure بمعدل 4 م3 دونم-1، وسُمدت التجربة بسماد اليوريا (46% N) بمعدل 14 كغ/ للدونم الواحد على ثلاث دفعات متساوية الأولى بعد الزراعة مباشرة، والثانية عند وصول النبات لمرحلة 4-6 أوراق والثالثة قبل تزهير النباتات. كما سُمدت التجربة بسماد السوبر فوسفات الثلاثي (P2O5 46%) بمعدل 17.5 كغ/ للدونم قبل الزراعة عند تحضير التربة وتجهيز خطوط الزراعة. كما أضيف للتجربة سماد سلفات البوتاسيوم (K2O 50%) بمعدل 10كغ/ للدونم بثلاث دفعات متساوية كانت الجرعة الاولى مع رية المحاياة والجرعة الثانية في مرحلة النمو الخضري وقبل ظهور النورات الذكرية وظهور خيوط الحريرة، والجرعة الثالثة مع بداية تكوين العرانيس لتعزيز كفاءة امتصاص الماء وذلك بحفر شق تحت خط الزراعة بعمق 1سم وعلى بعد 1سم عن خط الزراعة مع إجراء الري مباشرة. تم إجراء بعض الاختبارات لتربة الموقعين قبل الزراعة, لمعرفة خصوبة التربة ومحتواها من بعض العناصر الغذائية، مع أخذ معدلات الهطول المطري ودرجات الحرارة في موقعي إجراء البحث

الجدول (1): خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية في موقعي تنفيذ البحث قبل الزراعة

خصائص التربة / موقع تنفيذ البحث	العمق (سم)	درجة الحموضة pH)	المادة العضوية (%)	الكلس الفعال (%)	Ece (dS.m-1)	الآزوت الكلي (مغ .كغ-1 تربة)	الفوسفور (مغ .كغ-1 تربة)	البوتاسيوم (مغ .كغ-1 تربة)	الرمل (%)	السلت (%)	الطين (%)
الغاب	30-0	7.1	2.2	29.51	0.3	1.5	17	250	12	20	66
السلمية	30-0	7.9	1.3	15.84	1.11	4.18	11	132	28	25	50

يتضح من الجدول أن التربة بموقع سهل الغاب طينية، غنية بالمادة العضوية، جيدة الصرف، متعادلة درجة الحموضة، وتحتوي على نسبة مرتفعة من الكلس الفعّال. بينما كانت تربة موقع السلمية ذات قوام طيني - طمي, بنية شديدة الكلسية, ثقيلة نسبياً, ذات قدرة عالية على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية والمياه, قلوية مرتفعة درجة الحموضة, المادة العضوية متوسطة

الجدول (2) المعطيات المناخية لموقعي البحث خلال موسم الزراعة 2025

	الهطول ملم		الحرارة الصغرى م°		الحرارة العظمى م°	
	السلمية	الغاب	السلمية	الغاب	السلمية	الغاب
حزيران	0	0	21	18.2	38.1	31.9
تموز	0	0	22.5	20.3	39.4	35.8
آب	0	0	24	21	40	36
أيلول	1	5	20.2	19.2	37.1	33.7
تشرين أول	15	25.7	17.4	15.4	30.7	28.7
تشرين ثاني	50	63.6	13.7	11.1	23.9	22

يتضح من الجدول أن درجتي
الذرة الصفراء محصول ونمو لزراعة كانت مناسبة الحرارة ، الحرارة لمرحلة درجات تصل ولم أطواره الفينولوجية في ودخوله موسم خلال مرتفعة الحرارة درجات كانت النبات. حيث نمو تثبيط خلال معتدلة الحرارة درجة وكانت للنبات تكن مجهدة لم النمو لكنها فترة النضج

3.5. المعاملات المدروسة Investigated Factors

تضمنت المعاملات المدروسة عاملين رئيسيين:

أ. المادة الوراثية: التراكيب الوراثية المذكورة أعلاه.

ب. معاملة الري: ثلاث مستويات من الري:

- معاملة الشاهد (100% من الاحتياجات المائية): ري كامل وفق احتياجات المحصول (6-8 ريات) بناءً على توصيات وزارة الزراعة السورية.
- معاملة الري الناقص (80% من الاحتياجات المائية): تطبيق ري بنسبة 80% من الاحتياجات المائية.
- معاملة الري الناقص (60% من الاحتياجات المائية): تطبيق ري بنسبة 60% من الاحتياجات المائية.

تم تطبيق الإجهاد المائي بقطع مياه الري لمدة 20 يوماً خلال مرحلة الإزهار المذكر (عند ظهور آخر طوق ورقي وبدء ظهور النورة المذكرة Tassel) لجميع معاملات الري الناقص. تم حساب كميات المياه المضافة بناءً على (Allen et al., 1998) مع الأخذ بالاعتبار السعة الحقلية للتربة.

4.5 تصميم التجربة والتحليل الإحصائي

Experimental design and statistical Analysis.

صُممت التجربة باستخدام القطاعات العشوائية الكاملة RCBD بترتيب القطع المنشقة Split Plot Design وبثلاثة مكررات، لكلٍ من معاملات الاجهاد والشاهد. حيث شغلت القطع الرئيسة Main Plots موقعي الزراعة ومعاملات الري (الري الناقص)، بينما شغلت التراكيب الوراثية للذرة القطع الثانوية (المنشقة) Sub - Plots, حيث تم توزيع هذه التراكيب الوراثية بشكل عشوائي داخل كل قطعة رئيسية. تم تبويب البيانات إحصائياً باستخدام تطبيق Excel, ثم حُللت البيانات بعد تبويبها باستخدام برنامج التحليل الإحصائي Genstst,V.12 لتحليل مصادر التباين المشترك Combined ANOVA لتقييم التأثيرات الرئيسية (الموقع البيئي, معاملات الري, التركيب الوراثي) وتداخلاتها، وذلك لحساب معامل التباين CV% وتم تقدير قيم أقل فرق معنوي L.S.D عند مستوى معنوية 5% لتحديد معنوية القيم المدروسة

5.5 الصفات المدروسة Investigated traits

أُخذت القراءات لخمسة نباتات محاطة (من الخطين الوسطيين) منتخبة عشوائياً من كل تركيب وراثي في كل قطعة تجريبية, وفقاً لمعايير التوصيف المعتمدة من قبل (CIMMYT and IBGRI, 1991) و (AOAC, 1990). شملت الصفات الإنتاجية ومكونات الغلة الحبية ما يلي:

1- قطر العرنوس (سم): Ear diameter: حُسب باستخدام جهاز الأدمة في منتصف الثلث السفلي من العرنوس (من ناحية قاعدته).

2- طول العرنوس (سم): Ear Length: تم قياسه بالمسطرة من قاعدة العرنوس إلى قمته.

3- عدد الحبوب في الصف (حبة/صف) Number of Kernels per Row: قُدرت بعدّ الحبوب في الصف الواحد.

4- عدد الصفوف في العرنوس (صف/عرنوس) Number of Rows per Ear: تم أخذ عدد الصفوف في العرنوس للعينات الممثّلة للنباتات.

5- وزن الـ 100 حبة (غرام) Kernel Weight-100: حُسب بوزن 100 حبة مختارة عشوائياً بعد تجفيفها إلى رطوبة 10%.

6- إنتاجيّة وحدة المساحة (طن/ هكتار) على رطوبة (15%) Grain Yield: حُسبت من حصاد العرانيس من الخطين الوسطيين, مع الأخذ بالاعتبار وزن العرانيس الرطب, الرطوبة الحقلية, ونسبة التصافي والتي تعبر عن النسبة المئوية لوزن الحبوب مقسوماً على الوزن الكلي للعرنوس وحسبت الغلة الحبية Grain yield وفق المعادلة:.

الغلة الحبية = عدد العرانيس المحصودة × وزن العرانيس الرطب (كغ) × (100- الرطوبة المقاسة) × نسبة التصافي × 2.38
عدد النباتات المحصودة (100 - 15)

حيث: 2.38: معامل تحويل الإنتاجية من كغ/ م2 إلى طن/ هكتار. 15: نسبة الرطوبة التخزينية لحبوب الذرة الصفراء.

6. النتائج والمناقشة:Results and Discussion

1.6. قطر العرنوس(:Ear diameter سم)

بينت نتائج التحليل الإحصائي المبينة في الجدول (3) لصفة قطر العرنوس/سم وجود فروق معنوية ($P<0.05$) تعزى لتأثير الموقع البيئي, التراكيب الوراثية, مستويات الري, والتداخلات الثنائية والثلاثية بينها.

1.1.6. تأثير الموقع البيئي Location Effect

أشارت نتائج التحليل الإحصائي إلى تفوق معنوي لموقع الغاب بمتوسط وقدره (3.5944)سم مقارنة بموقع السلمية الذي سجل (3.1966)سم, يعزى هذا التباين إلى ملاءمة الظروف البيئية في موقع الغاب من حيث الرطوبة النسبية واعتدال درجة الحرارة مقارنة بموقع السلمية الأكثر جفافاً, مما يسمح بنمو خضري وتطوري أفضل انعكس على حجم العرنوس. تتفق هذه النتيجة مع ما وجده الباحثون في أن البيئات ذات الموارد المائية والمناخية الأفضل تعزز من نمو وتطور نبات الذرة الصفراء بشكل أكبر (Mousavi et al., 2019).

2.1.6. تأثير التراكيب الوراثية: Genotype Effect

تباين التركيبين الوراثيين بشكل معنوي في صفة قطر العرنوس/سم, حيث تفوق التركيب غوطة1 مسجلاً أعلى متوسط عام (3.7266)سم, في حين سجل التركيب بلدي حماة أقل قطر عرنوس بمتوسط عام (3.3394)سم. يعكس هذا التباين الاختلافات الوراثية الكامنة بين التراكيب في قدرتها على تخصيص الموارد لنمو العرنوس, وهو ما أكدته العديد من الدراسات التي تشير إلى أن قطر العرنوس صفة تخضع لسيطرة وراثية قوية وتتأثر بالانتخاب (Oyekunle and Apraku, 2018).

3.1.6. تأثير مستويات الري وإجهاد الجفاف

Irrigation Levels Effect

أدى انخفاض مستويات الري من 100% إلى 60% من السعة الحقلية إلى انخفاض معنوي في قطر العرنوس في كلا الموقعين: - في موقع الغاب انخفض المتوسط من (3.8267)سم عند ري 100% إلى (3.3533)سم عند ري 60%, أما في موقع السلمية انخفض المتوسط من (3.735)سم عند ري 100% إلى (3.1966)سم عند ري 60%. يفسر هذا أن نقص المياه خلال مرحلة نمو العرنوس يؤدي إلى تقليل ضغط الامتلاء الخلوي وتثبيط انقسام الخلايا واستطالتها في أنسجة العرنوس, مما يقلل من قطره النهائي. وتتفق هذه النتائج مع دراسات سابقة أكدت أن إجهاد الجفاف يقلل بشكل كبير من قطر العرنوس نتيجة لنقص الكربوهيدرات المتاحة خلال مرحلة التزهير وما بعدها (Abdul Mohsin and Farhood, 2023). ويُلاحظ مما تقدم، أنّ متوسط قطر العرنوس يتحدد بكمية المياه المتاحة خلال مرحلة النمو الخضري، أو بمدى كفاية نواتج التمثيل الضوئي المصنّعة خلال مرحلة النمو الخضري (Cakir, 2004).

4.1.6. التداخلات: Interactions

كشف التداخل الثلاثي (الموقع البيئي× التركيب الوراثي× الري) عن استجابات متباينة:

- تفوق التركيب غوطة1 معنوياً تحت جميع مستويات الري في كلا الموقعين, مسجلاً أعلى قيمة عند الري الكامل (100%) في الغاب (4.016)سم.
- أظهر التركيب غوطة1 حساسية واضحة للجفاف في موقع الغاب, حيث انخفض قطره من (4.016)سم إلى (3.510)سم عند ري 60%, بينما كان أكثر استقراراً نسبياً في موقع السلمية.
- أظهر التركيب المحلي بلدي حماة استقراراً أكبر في قطر العرنوس عبر مستويات الري والمواقع المختلفة, مما يشير إلى امتلاكه لآليات تكيف مع الظروف القاسية, وإن كانت قيمته المطلقة أقل من التركيب غوطة1. يفسر هذا بأن الجفاف يقلل كمية الكربوهيدرات الموجهة نحو العرنوس خاصة إذا حدث الإجهاد في مرحلة مبكرة من تطور العرنوس. وأن التفاعل بين التركيب الوراثي والبيئة (G×E) يوضح أن التراكيب ذات الإنتاجية العالية مثل غوطة1 قد تفقد جزءاً كبيراً من ميزاتها التنافسية عند التعرض للإجهاد الشديد, بينما تحافظ التراكيب المتكيفة محلياً على أداء مستقر. هذا يتفق مع التوجهات العلمية الحديثة التي تدعو إلى الانتخاب للتراكيب التي تجمع بين القدرة الإنتاجية العالية والاستقرار تحت ظروف الإجهاد (Wang et al., 2019

الجدول (3): متوسط قطر العرنوس (سم) لتراكيب الذرة الصفراء تحت تأثير الموقع, مستويات الري, والتداخل بينهما

Genotype	Al-Ghab site				Al-Salamiyah site				Overall average of genotype
	Irrigation Treatments			Average Location	Irrigation Treatments			Average Location	
	100%	80%	60%		100%	80%	60%		
Baladi Hama	3.636 c	3.406 e	3.196 f	3.4133	3.500 d	3.273 f	3.023 g	3.2655	3.3394
Ghouta1	4.016 a	3.800 b	3.510 d	3.7755	3.970 a	3.693 c	3.370 e	3.6777	3.7266
Average Stress at Site	3.8267	3.6033	3.3533	3.5944	3.735	3.4833	3.1966	3.47165	3.53305
LSD5%	Location = 0.03216		Genotype = 0.03489		Irrigation = 0.05105		Location × Genotype × Irrigation = 0.07998		
% C.V	1.4								

:الصنف غوطة1, Ghouta1:الصنف بلدي حماة, Baladi Hamaحيث:
: LocationL.S.D5%: للتراكيب الوراثية، GenotypeL.S.D5%
:للري، IrrigationL.S.D5%للموقع،
:للتفاعل بين (Location×Genotype×Irrigation)L.S.D5%
Al-Ghab:معامل الاختلاف. C.V%(الموقع×التركيب الوراثي×الري)،
Overall: موقع السلمية, Al-Salamiyah site: موقع الغاب, site
:المتوسط العام للتركيب وراثي, average of genotypeof genotype
: Average Stress at Site: متوسط الموقع, Average Location
Irrigationمتوسط الإجهاد في الموقع,
: معاملات الري (100%,80%,6%) Treatments
.(%60,%80,%100)

2.6. صفة طول العرنوس (سم) Ear Length :

تعد صفة طول العرنوس من المعايير المورفولوجية والكمية الأساسية المحددة للحاصل في الذرة الصفراء, حيث يرتبط بشكل وثيق بعدد الحبوب في الصف الواحد, وبالتالي المساهمة المباشرة في الإنتاجية النهائية

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي في الجدول (4) وجود فروق معنوية تعزى لتأثير الموقع البيئي, التراكيب الوراثية, مستويات الري $P<0.05$ والتداخلات الثنائية والثلاثية بينها.

1.2.6. تأثير الموقع البيئي

Location Effect

أشارت نتائج التحليل الإحصائي إلى تفوق معنوي لموقع الغاب بمتوسط وقدره (18.825)سم مقارنة بموقع السلمية الذي سجل (17.615)سم, يعزى هذا التباين إلى الاختلاف في الظروف المناخية في الموقعين, حيث يوفر موقع الغاب بيئة أكثر اعتدالاً من حيث الحرارة والرطوبة النسبية خلال مرحلة تطور العرنوس, مما يعزز من استطالة الخلايا في محور العرنوس, تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه Oyekunle and Apraku(2018) من أن التباين البيئي يلعب دوراً حاسماً في التعبير عن الصفات المورفولوجية للعرنوس, حيث تؤدي البيئات الملائمة إلى زيادة فترة النمو النشط للعرنوس.

2.2.6. تأثير التراكيب الوراثية

Genotype Effect

تباينت التراكيب الوراثية بشكل معنوي في صفة طول العرنوس, حيث تفوق التركيب غوطة1 مسجلاً أعلى متوسط عام (19.086)سم, في حين سجل التركيب بلدي حماة طول عرنوس أقل وبمتوسط عام (17.353)سم، مما يشير إلى تفوق التركيب الوراثي للصنف "غوطة 1" يعكس هذا .في التعبير عن صفة طول العرنوس وتحمله النسبي للإجهاد التباين القدرة الوراثية الكامنة لكل تركيب وراثي على استغلال الموارد البيئية وتحويلها إلى نمو طولي للعرنوس, وهذا ما أكده بأن طول العرنوس صفة تخضع لسيطرة وراثية Romay et al 2010 وتتأثر بالانتخاب لتحسين الحاصل.

3.2.6. تأثير مستويات الري وإجهاد الجفاف

Irrigation Levels Effect:

يتضح من البيانات وجود تأثير سلبي طردي للإجهاد المائي على طول العرنوس في كلا الموقعين ولكلا التركيبين الوراثيين حيث أدى انخفاض مستويات الري من 100% إلى 60% من السعة الحقلية إلى انخفاض معنوي في طول العرنوس: فـ في موقع الغاب انخفض المتوسط من (21.673)سم عند ري 100% إلى (15.615)سم عند ري 60%, أما في موقع السلمية انخفض المتوسط من (20.067)سم عند ري 100% إلى (14.6015)سم عند ري 60%. يفسر هذا الانخفاض الحاد إلى أن نقص المياه خلال المراحل الحرجة لنمو الذرة (مرحلة التزهير وما قبلها وخاصة مرحلتي الاستطالة والتشكل) يؤدي إلى تقليل ضغط الامتلاء الخلوي اللازم لانقسام واستطالة الخلايا في العرنوس النامي, كما يقلل من النواتج التمثيلية للنبات الموجهة نحو العرنوس, مما ينعكس سلباً على الأبعاد البنائية للعرنوس. تتفق هذه النتائج مع دراسة Abdul Mohsin and Farhood (2023) التي أشارت إلى أن إجهاد الجفاف يقلل بشكل كبير من أبعاد العرنوس نتيجة لاضطراب العمليات الفسيولوجية وتقليل كفاءة التمثيل الضوئي. كما تتفق نتائجنا مع نتائج Moosavi (2012) الذي استنتج أن الاجهاد المائي سبب تباطؤ في معدل نمو النبات نتيجة انخفاض معدل التمثيل الضوئي خلال فترة النمو ما أدى إلى تراجع كمية المادة الجافة المتراكمة والتي انعكست سلباً على كل من طول وقطر العرنوس، وعدد الحبوب بالعرنوس، ووزن الألف حبة، والغلة الحبية. وكان الفاقد في الغلة الحبية أعظمياً عندما تزامن حدوث الجفاف أثناء الإزهار المذكر.

4.2.6. التداخلات Interactions

أظهر التداخل الثلاثي (الموقع البيئي× التركيب الوراثي× الري) عن استجابات متباينة: - سجل التركيب الوراثي غوطة1 أعلى قيمة مطلقة لطول العرنوس عند الري الكامل 100% في موقع الغاب (23.080)سم, بينما انخفضت هذه القيمة بشكل كبير في موقع السلمية لتصل إلى (15.023)سم تحت إجهاد 60%. تؤكد البيانات أن صفة طول العرنوس تتأثر سلباً وبشكل حاد بالإجهاد المائي، مع تفوق واضح لموقع الغاب بيئياً وللتركيب الوراثي "غوطة1" وراثياً في إمكانية الحد من هذا التراجع مقارنة بالصنف المحلي (بلدي حماة) في البيئات الجافة. يوضح التفاعل بين التركيب الوراثي والبيئة (G×E) أن قدرة بعض التراكيب الوراثية على الحفاظ على طول عرنوس جيد تحت ظروف الإجهاد المائي مقارنة بغيرها تعود إلى امتلاكها لآليات فسيولوجية تمكنها من الحفاظ على توازن مائي أفضل, هذا يؤكد ضرورة الانتخاب للتراكيب التي تجمع بين الطول الجيد للعرنوس واستقرار الإنتاج تحت ظروف الإجهاد المائي لضمان الأمن الغذائي في المناطق الجافة (Comparison of Maize Genotypes, 2022).

الجدول (4): متوسط طول العرنوس (سم) لتراكيب الذرة الصفراء تحت تأثير الموقع, مستويات الري, والتداخل بينهما.

Genotype	Al-Ghab site				Al-Salamiyah site				Overall average of genotype
	Irrigation Treatments			Average Location	Irrigation Treatments			Average Location	
	100%	80%	60%		100%	80%	60%		
Baladi Hama	20.260 c	18.253 g	15.220 j	17.911	19.047 f	17.160 h	14.180 l	16.795	17.353
Ghouta1	23.080 a	20.127 d	16.010 i	19.739	21.087 b	19.193 e	15.023 k	18.434	19.086
Average Stress at Site	21.67	19.19	15.615	18.825	20.067	18.1765	14.6015	17.615	18.22
LSD5%	Location= 0.0231		Genotype = 0.0568		Irrigation= 0.0570		Location × Genotype × Irrigation = 0.1123		
% C.V	0.4								

3.6. عدد الحبوب في الصف (حبة/صف)

Number of kernels per row

تعد صفة عدد الحبوب في الصف الواحد من أهم مكونات الحاصل في الذرة الصفراء, حيث تعكس كفاءة عمليتي التلقيح والإخصاب ومدى قدرة النبات على دعم نمو الأجنة تحت الظروف البيئية المختلفة. بينت نتائج التحليل الإحصائي المبينة في الجدول (5) وجود فروق معنوية (P<0.05) تعزى لتأثير الموقع البيئي, التراكيب الوراثية, مستويات الري, والتداخلات الثنائية والثلاثية بينها.

1.3.6. تأثير الموقع البيئي Location Effect :

أشارت النتائج إلى تفوق معنوي لموقع الغاب بمتوسط قدره (22.7827)حبة/صف مقارنة بموقع السلمية الذي سجل (21.9127)حبة/صف, يعزى هذا التباين إلى الاختلاف في الظروف الجوية السائدة خلال مرحلة التزهير, حيث يؤدي اعتدال درجات الحرارة في موقع الغاب إلى تحسين حيوية حبوب اللقاح واستقبال المياسم, مما يزيد من نجاح عملية الإخصاب وتكوين الحبوب. تتفق هذه النتيجة مع ما وجده Oyekunle and Apraku (2018) من أن المواقع البيئية تتباين في تأثيرها على مكونات المحصول بناءً على ملائمة الظروف خلال المراحل الحرجة من نمو النبات.

2.3.6. تأثير التراكيب الوراثية Genotype Effect

تباينت التراكيب الوراثية بشكل واضح في قدرتها على تكوين الحبوب في الصف الواحد, حيث تصدّر التركيب الوراثي بلدي حماة أعلى متوسط عام بـ(22.6188)حبة/صف, في حين سجل التركيب الوراثي غوطة1, متوسط عام أقل وبلغ (22.0766)حبة/صف. يعكس هذا التباين الوراثي في صفة عدد الحبوب في الصف قدرة كل تركيب وراثي على تخصيص النواتج التمثيلية لدعم أكبر قدر ممكن من الحبوب, وهذا ما أكدته دراسات Pour et al. (2013) التي أشارت إلى أن عدد الحبوب في الصف صفة وراثية تتأثر بشدة بالتركيب الوراثي.

3.3.6. تأثير مستويات الري وإجهاد الجفاف

Irrigation Levels Effect:

أدى انخفاض مستويات الري من 100% إلى 60% من السعة الحقلية إلى انخفاض معنوي في عدد الحبوب بالصف في كلا الموقعين: - في موقع الغاب انخفض المتوسط من (24.2516)حبة/صف عند ري 100% إلى (21.1717)حبة/صف عند ري 60%, أما في موقع السلمية انخفض المتوسط من (23.6616)حبة/صف عند ري 100% إلى (20.1583)حبة/صف عند ري 60%. هذا يوضح أن نقص المياه خلال مرحلة التزهير يؤدي إلى زيادة الفترة الفاصلة بين ظهور النورات المذكرة والمؤنثة مما يقلل من فرص التلقيح الناجح, بالإضافة إلى تسبب الجفاف في إجهاض الأجنة الحديثة التكوين نتيجة نقص الكربوهيدرات المتاحة. تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Wang et al., 2019) اللذين أكدوا أن إجهاد الجفاف يقلل من عدد الحبوب في العرنوس من خلال التأثير السلبي على مرحلتي التلقيح وامتلاء الحبوب المبكر.

3.6. عدد الحبوب في الصف (حبة/صف)

Number of kernels per row

تعد صفة عدد الحبوب في الصف الواحد من أهم مكونات الحاصل في الذرة الصفراء, حيث تعكس كفاءة عمليتي التلقيح والإخصاب ومدى قدرة النبات على دعم نمو الأجنة تحت الظروف البيئية المختلفة. بينت نتائج التحليل الإحصائي المبينة في الجدول (5) وجود فروق معنوية (P<0.05) تعزى لتأثير الموقع البيئي, التراكيب الوراثية, مستويات الري, والتداخلات الثنائية والثلاثية بينها.

1.3.6. تأثير الموقع البيئي Location Effect

أشارت النتائج إلى تفوق معنوي لموقع الغاب بمتوسط قدره (22.7827)حبة/صف مقارنة بموقع السلمية الذي سجل (21.9127)حبة/صف, يعزى هذا التباين إلى الاختلاف في الظروف الجوية السائدة خلال مرحلة التزهير, حيث يؤدي اعتدال درجات الحرارة في موقع الغاب إلى تحسين حيوية حبوب اللقاح واستقبال المياسم, مما يزيد من نجاح عملية الإخصاب وتكوين الحبوب. تتفق هذه النتيجة مع ما وجده Oyekunle and Apraku (2018) من أن المواقع البيئية تتباين في تأثيرها على مكونات المحصول بناءً على ملائمة الظروف خلال المراحل الحرجة من نمو النبات.

2.3.6. تأثير التراكيب الوراثية Genotype Effect

تباينت التراكيب الوراثية بشكل واضح في قدرتها على تكوين الحبوب في الصف الواحد, حيث تصدّر التركيب الوراثي بلدي حماة أعلى متوسط عام بـ(22.6188)حبة/صف, في حين سجل التركيب الوراثي غوطة1, متوسط عام أقل وبلغ (22.0766)حبة/صف. يعكس هذا التباين الوراثي في صفة عدد الحبوب في الصف قدرة كل تركيب وراثي على تخصيص النواتج التمثيلية لدعم أكبر قدر ممكن من الحبوب, وهذا ما أكدته دراسات Pour et al. (2013) التي أشارت إلى أن عدد الحبوب في الصف صفة وراثية تتأثر بشدة بالتركيب الوراثي

3.3.6. تأثير مستويات الري وإجهاد الجفاف

Irrigation Levels Effect:

أدى انخفاض مستويات الري من 100% إلى 60% من السعة الحقلية إلى انخفاض معنوي في عدد الحبوب بالصف في كلا الموقعين: - في موقع الغاب انخفض المتوسط من (24.2516)حبة/صف عند ري 100% إلى (21.1717)حبة/صف عند ري 60%, أما في موقع السلمية انخفض المتوسط من (23.6616)حبة/صف عند ري 100% إلى (20.1583)حبة/صف عند ري 60%. هذا يوضح أن نقص المياه خلال مرحلة التزهير يؤدي إلى زيادة الفترة الفاصلة بين ظهور النورات المذكرة والمؤنثة مما يقلل من فرص التلقيح الناجح, بالإضافة إلى تسبب الجفاف في إجهاض الأجنة الحديثة التكوين نتيجة نقص الكربوهيدرات المتاحة. تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Wang et al., 2019) اللذين أكدوا أن إجهاد الجفاف يقلل من عدد الحبوب في العرنوس من خلال التأثير السلبي على مرحلتي التلقيح وامتلاء الحبوب المبكر.

4-3-6- التداخلات *Interactions*

بين التداخل الثلاثي (الموقع البيئي× التركيب الوراثي× الري) عن استجابات متباينة:

-أظهر التركيب الوراثي بلدي حماة تحملاً نسبياً وقدرة أفضل محافظاً على أعلى عدد من الحبوب في الصف تحت مستويات الاجهاد المائي80% و60%, وفي كلا الموقعين, حيث سجل عند الري الكامل (23.470)حبة/صف في موقع الغاب بينما سجل في موقع سلمية (23.050)حبة/صف وانخفض بشكل طفيف جداً إلى (21.043)حبة/صف تحت إجهاد 60% في السلمية, مما يدل على استقرار وراثي عالٍ لهذه الصفة.

- سجل التركيب الوراثي غوطة1 أعلى قيمة مطلقة عند الري الكامل 100% في موقع الغاب (25.033)سم, بينما انخفضت هذه القيمة بشكل كبير في موقع السلمية لتصل إلى (19.273)سم تحت إجهاد 60% مبدياً تأثراً كبيراً مع زيادة الاجهاد. يُلاحظ أنّ متوسط عدد الحبوب في الصف الواحد كان الأعلى معنوياً لدى النباتات المروية بكمياتٍ كافية من المياه خلال مجمل مراحل النمو بالمقارنة مع النباتات المجهدة مائياً تشير هذه النتائج إلى أهمية توافر الماء خلال مراحل النمو المختلفة، وخاصةً مرحلة الإزهار لزيادة عدد الحبوب المتشكلة في النبات الواحد. وبالتالي, يتحدد متوسط عدد الحبوب في الصف الواحد، والعرنوس بدرجةٍ أكبر بكمية المياه المتاحة، وخاصةً خلال مرحلتي النمو الخضري والإزهار، وكمية المادة الجافة المتاحة خلال فترة الإزهار وتشكل الحبوب، وبدرجة أقل بالتركيب الوراثي، والتباينات المناخية من موقع بيئي لآخر، وخاصةً إذا كانت طفيفة جداً. يوضح هذا التفاعل بين التركيب الوراثي والبيئة أن الصنف بلدي حماة امتلك قدرة على الحفاظ على عدد ثابت من الحبوب تحت ظروف الإجهاد وهو ما قد يعزى إلى تزامن أفضل في عملية التزهير أو كفاءة أعلى في استخدام المياه. هذا يتوافق مع ما ذكره Yue et al. (2025) حول أهمية اختيار التراكيب التي تظهر استقراراً في مكونات المحصول عبر البيئات المتباينة لضمان استدامة الإنتاج في ظل التغيرات المناخية.

الجدول (5 الجدول (5): متوسط عدد الحبوب بالصف (حبة/صف) لتراكيب الذرة الصفراء تحت تأثير الموقع, مستويات الري, والتداخل بينهما.

Genotype	Al-Ghab site				Al-Salamiyah site					Overall average of genotype
	Irrigation Treatments			Average Location	Irrigation Treatments				Average Location	
	100%	80%	60%		100%	80%	60%			
Baladi Hama	23.470 c	23.390 d	22.326 g	23.062	23.050 e	22.433 f	21.043 i	22.1755		22.6188
Ghouta1	25.033 a	22.460 f	20.016 j	22.503	24.273 b	21.403 h	19.273 k	21.6499		22.0766
Average Stress at Site	24.2516	22.925	21.1717	22.7827	23.6616	21.9183	20.1583	21.9127		22.3477
LSD5%		Location= 0.02586			Genotype = 0.03057		Irrigation= 0.05207		Location × Genotype × Irrigation = 0.07553	
% C.V		0.2								

4.6 عدد الصفوف بالعرنوس (صف / عرنوس)

Number of rows per ear

تُعد هذه الصفة من الصفات التي تتأثر بالإجهادات البيئية لاسيما شد الجفاف وهو أول جزء يتحدد بالعرنوس ويسهم في اختلاف عدد الحبوب في العرنوس، وتكتسب هذه الصفة أهميتها كونها ترتبط بعدد الحبوب الكلي في العرنوس وجميع هذه الصفات ترتبط ارتباط وثيق وطردي بالناتج الكلي لنبات الذرة الصفراء, والإنتاجية هي الهدف الرئيسي الذي يسعى إليه كلاً من مربي النبات والمنتج حيث يعتبر أهم مقياس حقلي لأنه يعطي النتيجة النهائية للفعاليات الحيوية. أظهرت نتائج التحليل الاحصائي المبينة في الجدول (6) وجود فروق معنوية بين المواقع البيئية والتراكيب الوراثية ومستويات الري في صفة عدد الصفوف/العرنوس, كذلك وجود تداخل معنوي بين هذه العوامل وفق قيم أقل فرق معنوي (LSD5%)

مما يشير إلى اختلاف استجابة التراكيب الوراثية تبعاً للطروف البيئية ومستوى توفر المياه.

1.4.6Location Effect: تأثير الموقع البيئي

سجل موقع الغاب متوسطاً عاماً بلغ (15.2711)صفاً/عرنوس متفوقاً بشكل بسيط على موقع السلمية الذي بلغ متوسطه (14.129)صفاً/عرنوس, مما يدل على أن الظروف البيئية السائدة في موقع الغاب كانت أكثر ملائمة لتكوين الصفوف, ويعزى ذلك إلى توافر ظروف نمو أفضل من حيث خصوبة التربة واعتدال الحرارة والرطوبة وهي عوامل تؤثر في تكوين البراعم الزهرية أثناء المراحل المبكرة من نمو النبات, إلا أن التعبير عنها يتأثر بالظروف البيئية السائدة خلال فترة التمايز الزهري (Borras et al., 2009 ; Sangoi et al., 2019).

2.4.6. تأثير التراكيب الوراثية Genotype Effect :

أظهرت التراكيب الوراثية تبايناً واضحاً في عدد الصفوف/العرنوس, إذ حقق التركيب الوراثي غوطة1 أعلى متوسط عام بلغ (16.2288)صفاً/عرنوس متفوقاً على التركيب بلدي حماة حيث بلغ المتوسط (13.1716) صفاً/عرنوس. يعكس هذا التباين الاختلافات الوراثية بين التراكيب في قدرتها على تكوين الصفوف, وهي صفة تتميز بدرجة توريث مرتفعة نسبياً, إلا أن التعبير عنها يتأثر بالظروف البيئية والتداخل /الوراثي× البيئي/ (Hallauer et al., 2010). يتبين مما سبق، أنّ متوسط عدد الصفوف يتحدد بقطر العرنوس، حيث كان متوسط قطر العرنوس الأعلى معنوياً لدى الصنف غوطة1, وشكّل تبعاً لذلك عدداً أكبر معنوياً من الصفوف بالمقارنة مع الصنف بلدي حماة. وتعد تبعاً لذلك صفة قطر العرنوس من الصفات المهمة المحددة لعدد الحبوب في العرنوس الواحد. وكان متوسط عدد الصفوف في العرنوس الأعلى معنوياً في النباتات غير المجهدة مائياً بالمقارنة مع النباتات المجهدة، ما يشير إلى أهمية توافر الماء في تحديد العدد النهائي من الصفوف.

3.4.6. تأثير مستويات الري وإجهاد الجفاف

Irrigation Levels Effect:

أظهرت النتائج انخفاضاً تدريجياً في متوسط عدد الصفوف بالعرنوس مع زيادة شدة الإجهاد المائي في كلا الموقعين: - في موقع الغاب انخفض المتوسط من (15.4367)صفاً/عرنوس عند ري 100% إلى (15.125) صفاً/عرنوس عند ري 60%, أما في موقع السلمية انخفض المتوسط من (14.248)صفاً/عرنوس عند ري 100% إلى (14.025)صفاً/عرنوس عند ري 60%. وتشير هذه النتائج إلى أن الإجهاد المائي حتى وإن كان تأثيره محدوداً نسبياً على هذه الصفة مقارنةً بصفات الحاصل الأخرى إلا أنه يؤدي إلى تقليل النشاط الانقسامي في القمة النامية وإضعاف تكوين البراعم الزهرية, الأمر الذي ينعكس على عدد الصفوف المتكونة في العرنوس. وتتفق هذه النتائج مع ما ذكره (Cakir, 2004; Farooq et al., 2009) اللذين أوضحوا أن نقص الماء خلال المراحل الحرجة من النمو يؤدي إلى انخفاض بعض مكونات الحاصل نتيجة اضطراب العمليات الفسيولوجية.

4.4.6. التداخلات Interactions:

أظهر التداخل الثلاثي (الموقع البيئي× التركيب الوراثي× الري) عن استجابات متباينة:

- فقد تبين أن أعلى قيمة لعدد الصفوف بلغت (16.446)صفاً/عرنوس سجلها تركيب وراثي غوطة1 في موقع الغاب عند الري الكامل 100%, بينما انخفضت القيمة انخفاضاً أكبر في عدد الصفوف تحت ظروف الإجهاد المائي, حيث بلغت (12.003)صفاً/عرنوس عند مستوى الري 60% في موقع السلمية, عند التركيب الوراثي المحلي بلدي حماة مما يدل على محدودية قدرته على التكيف مع نقص المياه. وهذا ما أشار إليه Abdul Mohsin and Taweel (2023) إلى أن عدد الحبوب في الصف ووزن الحبة هما الأكثر تأثراً بالجفاف مقارنة بعدد الصفوف الذي يظهر استقراراً أكبر, كما أن غياب التداخلات المعنوية يشير إلى أن التراكيب الوراثية سلكت سلوكاً متسقاً في كلا الموقعين وتحت مستويات مختلفة من الري. يتضح من النتائج تفوق الصنف غوطة1, في عدد الصفوف بالعرنوس على الصنف بلدي حماة ويعد الصنف غوطة1, أكثر كفاءة في المحافظة على عدد أكبر من الصفوف عند تعرض نباتاته لظروف شح المياه عند مختلف مراحل النمو بالمقارنة مع الصنف بلدي حماة. عموماً، لا تتحدد الغلة الحبية في النبات بطول العرنوس وعدد الصفوف فيه فقط، وإنما بمتوسط عدد الحبوب في الصف الواحد ومتوسط وزن المائة حبة. تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Cakir (2004).

الجدول (6): متوسط عدد الصفوف/العرنوس لتراكيب الذرة الصفراء تحت تأثير الموقع, مستويات الري, والتداخل بينهما.

Genotype	Al-Ghab site				Al-Salamiyah site				Overall average of genotype	
	Irrigation Treatments			Average Location	Irrigation Treatments			Average Location		
	100%	80%	60%		100%	80%	60%			
Baladi Hama	14.426 f	14.183 g	14.036 h	14.036	12.273 i	12.106 j	12.003 k	12.1277	13.1716	
Ghouta1	16.446 a	16.320 b	16.213 c	16.326	16.223 c	16.123 d	16.046 e	16.1311	16.2288	
Average Stress at Site	15.4367	15.2516	15.125	15.2711	14.2483	14.115	14.025	14.1294	14.7002	
LSD5%	Location= 0.05020 Genotype = 0.02366 Irrigation= 0.03893 Location × Genotype × Irrigation = 0.06151									
C.V%	0.2									

5.6. صفة وزن الـ 100 حبة Kernel weight-100(غ)

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي المبينة في الجدول (7) لصفة وزن الـ100 حبة وجود فروق معنوية واضحة ($P<0.05$) تعزى لتأثير الموقع البيئي, التراكيب الوراثية, مستويات الري, والتداخلات بينها, مما يشير إلى استجابة متباينة للمادة الوراثية تحت ظروف الإجهاد المائي في بيئات مختلفة.

1.5.6. تأثير الموقع البيئي *Location Effect*

أشارت نتائج التحليل الإحصائي إلى تفوق موقع الغاب بمتوسط وقدره (23.993)غ مقارنة بموقع السلمية الذي سجل (23.147)غ, يعزى هذا التباين إلى الاختلاف في الظروف المناخية والبيئية بين الموقعين, حيث يتميز موقع الغاب بظروف رطوبة وحرارة أكثر ملاءمة خلال فترة امتلاء الحبوب, مما يطيل هذه الفترة ويزيد من تراكم المادة الجافة في الحبوب, وهو ما يتوافق مع نتائج (Yousaf et al., 2023), اللذين أشاروا إلى أن العوامل البيئية تؤثر بشكل كبير على مكونات محصول الذرة الصفراء.

2.5.6. تأثير التراكيب الوراثية *Genotype Effect*

تباينت التراكيب الوراثية في أدائها لصفة وزن الـ100 حبة, حيث سجل التركيب غوطة1 متوسط عام أعلى قليلاً (23.835)غ, مقارنة بصنف بلدي حماة (23.305)غ. يعكس هذا التباين القدرة الوراثية الكامنة لكل تركيب وراثي على استغلال الموارد المتاحة وتحويلها إلى مادة جافة مختزنة في الحبوب. وقد أظهر الصنف بلدي حماة استقراراً نسبياً أو انخفاضاً أقل حدة مقارنة بغوطة 1 تحت ظروف الإجهاد المائي، حيث بلغ وزنه في سلمية عند 60% نحو (22.13)غ. مما يدل على تحمله الأفضل وحساسيته الأقل لتغيرات المياه مقارنة بغوطة1 الذي تأثر بشدة وانخفض بشكل كبير تحت ظروف الإجهاد الشديد 60% في سلمية (20.27)غ.

3.5.6. تأثير مستويات الري وإجهاد الجفاف *Irrigation Levels Effect* :

أدى انخفاض مستويات الري من 100% إلى 60% من السعة الحقلية إلى انخفاض معنوي في وزن الـ100حبة في كلا الموقعين. في موقع الغاب انخفض الوزن من (26.22)غ عند ري 100% إلى (22.210)غ عند ري 60%, أما في موقع السلمية انخفض الوزن من (25.443)غ عند ري 100% إلى (20.276)غ عند ري 60%. يؤكد هذا التراجع الأثر السلبي لنقص المياه على العمليات الفسيولوجية, حيث يؤدي الإجهاد المائي إلى غلق الثغور, انخفاض معدل النتح, وتناقص كفاء التركيب الضوئي, بالإضافة إلى تقليل فترة امتلاء الحبوب مما ينتج عنه حبوب أقل وزناً وحجماً (Sehgal et al., 2018).

4.5.6. التداخلات *Interactions*:

كشف التداخل الثلاثي (الموقع البيئي× التركيب الوراثي× الري) عن استجابة نوعية مميزة:

- أظهر التركيب غوطة1 حساسية عالية جداً لتغير الموقع, فبينما كان المتفوق في الغاب بمتوسط قدره (24.533)غ لكنه تراجع بشكل حاد في السلمية ليصل إلى (23.136)غ هذا يشير إلى حساسيته الوراثية العالية للإجهاد وأنه تركيب وراثي ممتاز إنتاجياً ولكن غير مستقر بيئياً. في المقابل, أظهر التركيب الوراثي بلدي حماة استقراراً بيئياً بين الموقعين (23.453 غ في الغاب و 23.157 غ في السلمية) دون فروق معنوية, مما يثبت مرونته الفسيولوجية العالية وقدرته على التكيف مع ظروف الجفاف في المنطقة الوسطى. كما سجل التركيب غوطة1 أعلى وزن مطلق تحت ظروف الري الكامل في الغاب (26.22)غ, بينما سجل نفس الصنف أقل وزن في السلمية تحت إجهاد 60% (20.276)غ, يشير هذا التفاعل القوي بين التركيب الوراثي والبيئة (G×E) إلى الأهمية الكبيرة لبرامج التربية والتحسين التي تهدف استنباط أصناف ذات تلائم بيئي خاص أو واسع النطاق (Messmer et al., 2009).

الجدول(7): متوسط وزن الـ100حبة (غ) لتراكيب الذرة الصفراء تحت تأثير الموقع, مستويات الري, والتداخل بينهما

Genotype	Al-Ghab site			Average Location	Al-Salamiyah site			Average Location	Overall average of genotype
	Irrigation Treatments				Irrigation Treatments				
	100%	80%	60%		100%	80%	60%		
Baladi Hama	24.446 d	23.503 g	22.410 i	23.453	24.076 e	23.260 h	22.136 k	23.157	23.305
Ghouta1	26.22 a	25.170 c	22.210 j	24.533	25.443 b	23.690 f	20.276 l	23.136	23.835
Average Stress at Site	25.333	24.336	22.31	23.993	24.76	23.475	21.2067	23.1472	23.5702
LSD5%	Location = 0.11713 Genotype = 0.04214 Irrigation = 0.05307 Location × Genotype × Irrigation = 0.10808								
C.V%	0.2								

6.6. الغلة الحبية (طن/هـ-¹) Grain yield

من الأمور الهامة عند مربو النبات لاسيما عند ادخال التراكيب الوراثية الجديدة هو تقويم الأداء تحت ظروف بيئية متباينة ولمختلف الصفات. وتعد الغلة من الصفات الكمية المعقدة التي تسيطر عليها عدة عوامل وراثية وتتأثر كثيرا بالظروف البيئية. بينت نتائج التحليل الاحصائي الموضحة في الجدول (8) وجود فروق معنوية عالية (P <0.005) لتأثير كل من الموقع البيئي والتراكيب الوراثية ومستويات الري, وكذلك للتداخلات الثنائية والثلاثية فيما بينها, وذلك عند مستوى الدلالة 5% باستخدام أقل فرق معنوي (LSD).

1.6.6. تأثير الموقع البيئي : *Location Effect*

أشارت النتائج المبينة بالجدول (8) أن للموقع تأثيراً معنوياً على غلة الذرة الصفراء, حيث سجل موقع الغاب أعلى متوسط غلة (4.8142)طن/هـ-¹, مقارنة بموقع السلمية الذي سجل متوسط قدره (4.1076) طن/هـ-¹, يُعزى هذا الاختلاف إلى التباين في الظروف البيئية والمناخية بين الموقعين مثل: (خصوبة التربة, درجة الحرارة والرطوبة النسبية) التي تدعم النمو والتطور للنباتات وبالتالي زيادة الغلة, وهذا يتماشى مع ما توصل إليه (Yousaf et al., 2023) اللذين أكدوا أن التباين البيئي بين المواقع يؤثر بشكل كبير على أداء المحاصيل.

2.6.6. تأثير التراكيب الوراثية *Genotype Effect*

تباينت التراكيب الوراثية للذرة الصفراء بشكل معنوي في استجابتها للغلة, حيث سجل التركيب الوراثي غوطة1 أعلى متوسط غلة (4.9121)طن/هـ-¹, في حين سجل التركيب بلدي حماة أقل غلة بمتوسط (4.0096) طن/هـ-¹, هذا التباين المعنوي بين التراكيب الوراثية يدل على وجود فروقات جينية كبيرة بين التراكيب المدروسة, مما يوفر فرصة لاختيار التراكيب الوراثية ذات الكفاءة الإنتاجية العالية تحت الظروف المختلفة والذي يجعلها تراكيب واعدة لبرامج التربية الهادفة إلى تحسين الغلة (Hugar et al., 2023). يُلاحظ مما تقدم، تفوق التركيب الوراثي غوطة1 معنوياً في متوسط الغلة الحبية. ويعزى ذلك إلى زيادة متوسط عدد الصفوف المتشكلة في العرنوس/وحدة المساحة، وزيادة متوسط وزن المائة حبة . حيث كان متوسط عدد الصفوف في العرنوس الواحد ومتوسط وزن المائة حبة الأعلى معنوياً لدى هذا الصنف إذ تتحدد الغلة الحبية بالعديد من المكونات العددية. وتعد صفتي متوسط عدد الصفوف في وحدة المساحة، ومتوسط وزن المائة حبة من أهم هذه المكونات. ما يشير إلى أنّ الغلة الحبية في محصول الذرة الصفراء عامةً، والتراكيب الوراثية المدروسة خاصةً، تتحد بدرجة أكبر بصفة متوسط وزن المائة حبة وصفة عدد الصفوف في النبات/وحدة المساحة. يشير هذا الأمر إلى أهمية الانتخاب لهاتين الصفتين لتحسين الغلة الحبية في محصول الذرة الصفراء وأهمية إيجاد آباء من الذرة الصفراء تمتاز بكفاءتها في تشكيل عدد أكبر من الصفوف ووزن الحبوب لتحقيق زيادة تراكمية في الغلة الحبية.

3.6.6. تأثير مستويات الري وإجهاد الجفاف *Irrigation Levels Effect*

كان لمستويات الري تأثير معنوي كبير على غلة الذرة الصفراء في كلا الموقعين. لوحظ انخفاض تدريجي في الغلة مع تناقص كمية مياه الري, حيث انخفض متوسط الغلة في موقع الغاب من (5.4905) طن/هـ-¹, عند مستوى الري 100% إلى (4.9035) طن/هـ-¹, عند ري 80% وصولاً إلى (4.0485) طن/هـ-¹, عند ري 60%. وكان الانخفاض الأكبر ملحوظاً في موقع السلمية, حيث بلغت الغلة (4.618) طن/هـ-¹, عند ري 100% و(4.205)طن/هـ-¹, عند ري 80% و (3.500) طن/هـ-¹, عند ري 60%. هذا يؤكد أن إجهاد الجفاف يمثل قيداً رئيسياً على إنتاجية الذرة الصفراء, حيث يؤثر سلباً على العمليات الفسيولوجية التي تساهم في تكوين الحبوب وامتلاءها (Sah et al., 2020), وهذا ما أشار إليه (Abdul Mohsin and Taweel, 2023) إلى أن الإجهاد المائي يقلل من الغلة عن طريق التأثير على مكونات الغلة مثل عدد الحبوب ووزنها. كما اتفقت النتائج مع ما أشار إليه Jin et al. (2018) إلى ان انخفاض انتاج الذرة تحت تأثير الاجهاد المائي يعزى إلى انخفاض جاهزية مواد التمثيل الضوئي مما يسبب خفض في مكونات انتاج الحبوب نتيجة إجهاض الحبوب الناشئة فيتأثر حجمها ووزنها وعددها. تعزز هذه النتائج اهمية الماء في اداء محصول الذرة لفعالياته الحيوية حيث تؤدي كفاية الماء الى قيام النبات بأداء فعالياته الحيوية على افضل وجه خاصةً عملية التمثيل الكربوني وبهذا تزداد كفاءتها عند توفر الظروف المثالية وبالتالي تزداد المواد المصنعة في المصدر وانتقالها الى اجزاء النبات التي يحتاجها في عملية النمو. وهذا يتفق مع دراسة خيرو والقيسي، (2017) حيث وضحت نتائجهما انخفاض الانتاج بقلة مستوى الري وفسروا ذلك بانخفاض حجم الاندوسبرم في الحبوب مما سبب قلة الحيز المتاح لاستقبال المواد المنقولة وهذا نجم عنه صغر حجم الحبوب ونقص بوزنها، وانخفاض عدد الحبوب بالعرنوس.

4.6.6. التداخلات *Interactions*

كان التداخل الثلاثي (الموقع البيئي× التركيب الوراثي× الري) معنوياً (LSD5%= 0.729), مما يؤكد أن استجابة التراكيب الوراثية لمستويات الري تختلف باختلاف الموقع, إذ سجل التركيب الوراثي غوطة1 أعلى غلة في موقع الغاب عند الري الكامل 100% (6.345) طن/هـ-¹, بينما تراجع أداؤه بشكل كبير في موقع السلمية تحت نفس ظروف الري الكامل 100% بمتوسط قدره (5.336) طن/هـ-¹, وتراجع أداؤه أكثر عند مستوى الإجهاد الشديد (60)% بمتوسط (3.632)طن/هـ-¹, بينما أظهر التركيب الوراثي المحلي (بلدي حماة) استقراراً أكبر في الغلة عبر مستويات الري والمواقع المختلفة, مما يشير إلى امتلاكه لآليات تكيف مع الظروف القاسية, وإن كانت قيمته المطلقة أقل من التركيب الوراثي غوطة1. هذا يشير إلى أهمية دراسة التفاعل بين التركيب الوراثي والبيئة والإجهاد المائي واختيار التراكيب الوراثية المناسبة لكل موقع بيئي وظروف ري محددة لتحقيق أقصى إنتاجية Ndhlela et al., 2014

الجدول (8): متوسط الغلة (طن/هـ-¹) لتراكيب الذرة الصفراء تحت تأثير الموقع, مستويات الري, والتداخل بينهما.

Genotype	Al-Ghab site			Average Location	Al-Salamiyah site			Average Location	Overall average of genotype
	Irrigation Treatments				Irrigation Treatments				
	100%	80%	60%		100%	80%	60%		
Baladi Hama	4.636 d	4.446 e	4.065 f	4.3823	3.900 g	3.643 h	3.368 i	3.637	4.0096
Ghouta1	6.345 a	5.361 b	4.032 f	5.246	5.336 b	4.767 c	3.632 h	4.5783	4.9121
Average Stress at Site	5.4905	4.9035	4.0485	4.8142	4.618	4.205	3.500	4.1076	4.4609
LSD5%	Location = 0.0733 Genotype = 0.0445 Irrigation = 0.0291 Location × Genotype × Irrigation = 0.0883								
C.V%	1.4								

الأثر الفسيولوجي للإجهاد المائي: يُثبت هذا البحث أن الإجهاد المائي حتى عند المستويات المعتدلة (80% من السعة الحقلية) يفرض ضغوطاً فسيولوجية حادة على نبات الذرة الصفراء, مما يؤدي إلى اضطرابات في العمليات الحيوية الأساسية مثل إغلاق الثغور, تدهور كفاءة التمثيل الضوئي, وتقصير فترة امتلاء الحبوب. هذه التغيرات الفسيولوجية السلبية تتجلى مباشرةً في انخفاض معنوي بوزن الـ100حبة, وقطر العرنوس, وطول العرنوس, وعدد الحبوب بالصف مما يؤكد حساسية الذرة الصفراء الشديدة لنقص المياه.

التباين الجيني أساس الاستقرار الانتاجي: يؤكد التحليل الاحصائي وجود تباين وراثي جوهري بين التراكيب المدروسة في استجابتها للإجهاد المائي والظروف البيئية المتباينة. هذا التباين ليس فقط فروق كمية وإنما مؤشر على آليات تكيف فسيولوجية ووراثية مختلفة تمكن بعض التراكيب الوراثية من الحفاظ على استقرار إنتاجي نسبي تحت ظروف الإجهاد, بينما تفقد تراكيب أخرى قدرتها الإنتاجية العالية. إذ أثبت البحث أن التركيب الوراثي المحلي "بلدي حماة" يتمتع بأعلى درجة من الاستقرار البيئي والمرونة الفسيولوجية تحت ظروف الإجهاد المائي, مما يجعله التركيب الأكثر تحملاً, وقدرة على التكيف. في المقابل يُصنف التركيب الوراثي "غوطة1" كتركيب عالي الإنتاجية ولكنه شديد الحساسية للإجهاد المائي والتباين البيئي, مما يجعله الأقل استقراراً وتحملاً.

التفاعل الثلاثي (G×E×W) في برامج التربية: يؤكد هذا البحث أن التفاعل المشترك Interaction للتفاعل الثلاثي المعنوي (G×E×W) بين الموقع البيئي Location والتراكيب الوراثية Genotype ومستويات الري Irrigation هو العامل الحاسم في تحديد الأداء النهائي للذرة الصفراء, هذا التفاعل يفرض ضرورة لتبني استراتيجيات تربية تستهدف استنباط تراكيب وراثية ذات تكيف بيئي خاص للمناطق المعرضة للإجهاد, أو تراكيب ذات استقرار بيئي واسع Broad Adaptation يمكنها من الأداء الجيد عبر مجموعة واسعة من الظروف البيئية المتباينة.

8. التوصيات:Recommendations

يُنصح المزارعون في المناطق المعرضة للإجهاد المائي أو ذات الموارد المائية المحدودة بزراعة التركيب الوراثي "بلدي حماة" نظراً لتحمله واستقراره العالي وقدرته على التكيف. أما في المناطق ذات الظروف البيئية المثلى وبتوفر مياه الري يمكن زراعة التركيب الوراثي " غوطة1 " لتحقيق أقصى إنتاجية.

يجب على المزارعين تبني ممارسات ري دقيقة تعتمد على الاحتياجات الفعلية للمحصول ومرحلة نموه, وتجنب الإجهاد المائي خاصة خلال مرحلتي: تلقيح الذرة -(فالإجهاد المائي يؤدي إلى تلقيح عدد قليل من البويضات، أو عدم تلقيح أي منها، مما ينتج عنه عرانيس ذرة خالية من البذور)- ومرحلة امتلاء الحبوب وتطور العرنوس لضمان الحفاظ على وزن وقطر وطول العرنوس.

يُوصى بإجراء دراسات متعمقة لتحديد الآليات الفسيولوجية والجزيئية الكامنة وراء تحمل التركيب "بلدي حماة" للإجهاد المائي بهدف تحديد المؤشرات الفسيولوجية الحيوية التي يمكن استخدامها في برامج الانتخاب المبكر. كما يمكن تطوير نماذج رياضية وتنبؤية تستند إلى بيانات التفاعل بين التركيب الوراثي والبيئة والإجهاد المائي للمساعدة في التنبؤ بأداء التراكيب الوراثية المختلفة تحت ظروف التغير المناخي المستقبلي.

9. المراجع: References

وغلة وإنتاج - المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية (2023). مساحة القطر. مستوى على وتطورها المحافظات الذرة الصفراء حسب محصول دمشق الزراعي، والإصلاح وزارة الزراعة الإحصاء المركزي، مكتب

- خيرو، أوس ممدوح، عبد الوهاب، عبد الرزاق القيسي. (2017). دور الصفراء في الترب الجبسية. الري المنتظم والناقص في نمو وحاصل الذرة :166-173. 1)(مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية. المجلد 17 العدد

Abdul Mohsin, A. M., and Farhood, A. N. (2023). Drought-stress effects on growth, and yield traits of maize (Zea mays. L.). SABRAO Journal of Breeding and Genetics, 55(6), 2064-2076.

Abdul Mohsin, A. M., and Al-Taweel, A. A. (2023). DROUGHT-STRESS EFFECTS ON RESISTANT GENE EXPRESSION AND YIELD COMPONENTS OF MAIZE (Zea mays L.) GENOTYPES. SABRAO Journal of Breeding and Genetics, 55(6), 2064-2076.

Allen, R.G.; L.S. Pereira; D. Raes; and M.Smith. (1998). Crop Evapotranspiration. FAO Irrigation and Drainage. Paper 65, Rome.

AOAC [Association of Official Analytical Chemistry]. 1990. Methods of analysis.15Ed. AOAC. Washington D.C., USA.

Ashine, E. T. (2024). Effect of deficit irrigation on maize (Zea mays L.) crop under conventional, fixed, and alternate furrow irrigation. Air, Soil and Water Research, 17, 1-10.

Borras, L., Zinselmeier, C., Senior, M. L., Westgate, M. E., & Muszynski, M. G. (2009). Characterization of grain-filling patterns in diverse maize germplasm. Crop Science, 49, 999–1009

Cakir, R. (2004). Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research, 89, 1–16.

Chukwudi, UP., Mavengahama, S., Kutu, FR. (2022). Variation in maize grain yield indices when exposed to combined heat and water stress conditions under diferent soil amendments. Sustainability 14:5150. https://doi.org/10.3390/su14095150.

CIMMYT and IBGRI. (1991). Descriptors for Maize., 41 - 68. CIMMYT: [International Maize and Wheat Improvement Center]. IBGRI: [International Board for Plant Genetic Resources., Genetic Resources of the genus Maize (Zea mays L.). IBPGR., Secretariat Rome].

Comparison of Maize Genotypes Using Drought-Tolerance Indices and Graphical Analysis. (2022). Plants /(Basel), 11(7), 942.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, S. M. A. (2009). Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development, 29, 185–212.

Gao, J., et al. (2025). Grain yield and water productivity of maize under deficit irrigation and salt stress. Agricultural Water Management, 301, 108954.

Hallauer, A. R., Carena, M. J., & Miranda Filho, J. B. (2010). Quantitative Genetics in Maize Breeding (3rd ed.). Springer

Hugar, R., Gopalakrishna, K. N., Rajashekar, M. K., Jayant, S. B., Talekar, S. C., & Virupaxi, P. C. (2023). Simulated drought stress unravels differential response and different mechanisms of drought tolerance in newly developed tropical field corn inbreds. PLoS ONE, 18(3), e0283528.

Hussain, M., Latif, A., Hassan, W., Farooq, S., Hussain, S., Ahmad, S., Nawaz, A. (2019). Maize hybrids with well-developed root system perform better under deficit supplemental irrigation. Soil Environ 38(2).

Jin, Z., Q. W. Xue, E. J. Kirk, X. B. Hou, B. Z. Hao, H. M. Thomas and W. Xu .2018. Shoot and root traits in drought tolerant maize Zea mays L. hybrids. J. of

Drought or/and Heat-Stress Effects on Seed Filling in Food Crops: Impacts on Functional Components and Quality. Frontiers in Plant Science, 9, 1705.

Shaw, R.H. and Newman, J.E. 2004. Weather Stress in Corn Crop. National Corn Handbook, Climate and Weather, Purdue University Cooperative Extension Service, West Lafayette, in 47907.

Sheoran, S., et al. (2022). Recent advances for drought stress tolerance in maize (Zea mays L.): Present status and future prospects. Frontiers in Plant Science, 13, 872566.

Singamsetti A, Shahi JP, Zaidi PH, Seetharam K, Vinayan MT, Kumar M, Singla S, Shikha K, Madankar K. (2021). Genotype × environment interaction and selection of maize (Zea mays L.) hybrids across moisture regimes. Field Crop Res.;270:108224.

Wang H, Ren H, Han K, Li G, Zhang L, Zhao Y, Liu Y, He Q, Zhang J, Zhao B, Ren B, Liu P. (2023). mproving the net energy and energy utilization efciency of maize production systems in the North China Plain. Energy.;274:127340

Wang, B., Liu, C., Zhang, D., He, C., Zhang, J., & Li, Z. (2019). Effects of maize organspecific drought stress response on yields from transcriptome analysis. BMC Plant Biology, 19(1), 1-15.

Yehia, W. M. B. (2026). Genotype by environment interaction analysis for yield and stability in maize. Scientific Reports, 16, 33327.

Yousaf, M. I., Riaz, M. W., Shehzad, A., Jamil, S., Shahzad, R., Kanwal, S., & Hussain, Q. (2023). Responses of maize hybrids to water stress conditions at different developmental stages: accumulation of reactive oxygen species, activity of enzymatic antioxidants and degradation in kernel quality traits. PeerJ, 11, e14983.

Yue, H., Olivoto, T., Bu, J., Wei, J., Liu, P., Wu, W., Nardino, M., & Jiang, X. (2025). Assessing the role of genotype by environment interaction as determinants of maize grain yield and lodging resistance. BMC Plant Biology, 25(120).

Zarabi, M.; I. Alahdadi; and G. A. Akbari. (2011). Study on the effects of different biofertilizer combinations on yield, its components and growth indices of Corn (Zea mays L.) under drought stress condition. Afr. Agri. Res., 6(3): 681-685.

Zhang, H., et al. (2019). Response of maize yield components to growth stage-specific deficit irrigation. Agronomy Journal, 111(6), 3064-3072.

Zhang, Y., et al. (2025). Regulated multi-growth stage deficit drip irrigation improves growth, yield, and seed quality of maize in an arid region. BMC Plant Biology, 25, 7407

Int. Agri., 17(5): 1093-1105.

Messmer, R., Fracheboud, Y., Bänziger, M., & Stamp, P. (2009). Drought stress and tropical maize: QTL-by-environment interactions and stability of QTLs across environments for yield components and secondary traits. Theoretical and Applied Genetics, 119(5), 927–942.

Mohamed, K. G. K., and Al-Sayed, M. I. (2021). Assessment of some genetic structures of Levantine corn under drought conditions. Journal of Genetic and Environment Conservation, 9(1), 115-124

Mollasadeghi, V; M. Valizadeh; R. A. Shahryariand; and A. Imani. (2011). Evaluation of end drought tolerance of 12 wheat genotypes by stress indices. M. E. J. S. R. 7(2): 241-247.

Moosavi, S.G. (2012). The effect of water deficit stress and nitrogen fertilizer levels on morphology traits, yield and leaf area index in maize. Pakistan Journal of Botany,4(4). Pp:1351-1355

Mousavi, S. M. N., et al. (2019). Effect of drought stress on yield and yield components of maize hybrids. Scientific Research and Essays, 14(3), 43-50.

Ndhlela, T., Herselman, L., Magorokosho, C., & Tongoona, P. (2014). Genotype × environment interaction of maize grain yield using AMMI biplots. Crop Science, 54(6), 2541-2551

- Otegui, M.E.; Andrade, F.H. and Suero, E.E. 1995. Growth, water use, and kernel abortion of maize subjected to drought at silking. Field Crops Res. 40, 87–94.

Owusu GA, Nyadanu D, Owusu-Mensah P, Amoah RA, Amissah S, Danso FC. (2018). Determining the efect of genotype× environment interactions on grain yield and stability of hybrid maize cultivars under multiple environments in Ghana. Ecol Genet Genomics.;9:7–15.

Oyekunle, M., and Apraku, B. B. (2018). Assessment of interrelationships among grain yield and secondary traits of early-maturing maize inbred lines under drought and well-watered conditions. CGIAR.

Pour-Aboughadareh, A., Khalili, M., Naghavi, M. R., and Naseri Rad, H. (2013). Effects of drought stress on yield and **yield** components in maize cultivars (Zea mays L.). International Journal of Agronomy and Plant Production, 4(4), 809-812.

Romay, M. C., Malvar, R. A., Campo, L., Alvarez, A., Moreno-Gonzalez, J., Ordas, A., and Revilla, P. (2010). Climatic and genotypic effects for grain yield in maize under stress conditions. Crop Science, 50(1), 51- 58.

Sah, R. P., Singh, S., and Singh, R. (2020). Impact of water deficit stress in maize: Phenology and yield attributes. Scientific Reports, 10(1), 59689-7.

Sangoi, L., Schmitt, A., Vieira, J., Picoli Junior, G. J., & de Souza, C. A. (2019). Maize morphology and yield components as affected by genotype and environment. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 23, 817–823.

- Sehgal, A., Sita, K., Kumar, J., Thukral, S. K., Singh, S., Kumar, A., ... & Prasad, P. V. V. (2018).