مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية
مجلد 42 العدد 2(2026): 89-105

Damascus University Journal for Agricultural Sciences Vol 42-No.2 (2026): 89-105

تأثير الإجهاد المائي في بعض المؤشرات الفيزيولوجية والنوعية لطرز وراثية من السمسم

ريم عايد العيد[1*]، حسين المحاسنة[2]، ماجدة الرويلي[3]

1- طالبة دكتوراه، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق.
reem.aleed@damascusuniversity.edu.sy

2- أستاذ في قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق.
hussain1974.almahasneh@damascusuniversity.edu.sy

3-باحث في الهيئة العامة لبحوث العلمية الزراعية السورية.

الملخص:

نُفذ البحث خلال الموسم الزراعي 2021 م في محطة بحوث قرحتا التابعة للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، بهدف دراسة تأثير الإجهاد المائي المطبق خلال مرحلة الإزهار في بعض الصفات الفيزيولوجية والنوعية لثلاثة عشر طراز وراثي من السمسم. نفذت التجربة وفق تصميم القطاعات الكاملة العشوائية (RCBD)، بترتيب القطع المنشقة، في ثلاثة مكررات.

أظهرت النتائج وجود فروقاتٍ معنويةٍ ($P\leq0.05$) في صفة المحتوى المائي النسبي في الأوراق ومتوسط نسبة الذائبات المتسربة عبر الأغشية السيتوبلاسمية ونسبة البروتين بين المعاملات، والطرز الوراثية والتفاعل المتبادل بينهما. أما بالنسبة للزيت فأظهرت النتائج عدم وجود فروقاتٍ معنويةٍ بين الطرز الوراثية، والتفاعل المتبادل بين المعاملات والطرز الوراثية، في حين لوحظ وجود فروقاتٍ معنويةٍ ($P\leq0.05$) بين المعاملات.

تباينت استجابة الطرز الوراثية للإجهاد المطبق حيث كان متوسط محتوى الماء النسبي في الأوراق الأعلى معنوياً لدى الطرز الوراثية حوراني3، وحوراني1، وحوراني11، وكان متوسط نسبة الذائبات المتسربة الأعلى معنوياً لدى الطرازين الوراثيين الشاهد حوراني، وحوراني5، وكان متوسط نسبة البروتين في البذور الأعلى معنوياً لدى الطرازين الوراثيين حوراني6، وحوراني5 ولم تلاحظ أي فروق معنوية بنسبة الزيت في البذور. وحقق الطراز الوراثي زوري3 أقل معدلات الانخفاض في متوسط المحتوى المائي النسبي، في حين حقق الطراز الوراثي حوراني6 أعلى معدلات الزيادة في متوسط نسبة الذائبات المتسربة، وأعلى معدلات الزيادة في نسبة الزيت في البذور، والطرازين زوري1 وحوراني11 أعلى معدلات الزيادة في نسبة البروتين في البذور.

الكلمات المفتاحية: الإجهاد المائي، المؤشرات الفيزيولوجية، المؤشرات النوعية، السمسم.

تاريخ الإيداع:2023/11/04
تاريخ القبول:2023/12/17

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

Effect of water stress on some physiological and quality indicators for some sesame genotypes

Reem Ayed Al-Eed[1*], Hussein Al-Mahasna[2], Majeda Al-Ruwaili[3]
1-PhD. Student, Field Crops Department, Faculty of Agriculture, Damascus University. reem.aleed@damascusuniversity.edu.sy.
2-Assistant Professor Faculty of Agriculture, Damascus University (chairman).
hussain1974.almahasneh@damascusuniversity.edu.sy
3-Res., GCSAR, Ministry of Agric, Syria (co-chairman).

Abstract:
The research was carried out during the 2021 agricultural season at the Qarhata Research Station of the General Commission for Scientific Agricultural Research, with the aim of studying the response of 13 genotypes of sesame to water stress conditions applied during the flowering stage. The experiment was carried out according to a randomized complete block design (RCBD), in split-plot arrangement, in three replications.
The results showed significant differences (P≤0.05) in the relative water content in the leaves, the average percentage of solutes leaking through the cytoplasmic membranes, and the protein percentage between the treatments, the genotypes, and the interaction between them. As for oil, the results showed that there were no significant differences between the genotypes and the interaction. between treatments and genotypes, while significant differences (P≤0.05) were observed between treatments.
The response of the genotypes to the applied stress varied, as the average relative water content in the leaves was significantly higher for the genotypes Hourani 3, Hourani 1, and Hourani 11, and the average percentage of solutes leakage was significantly higher for the control genotypes Hourani and Hourani 5, and the average protein percentage in the seeds was significantly higher for the two genotypes. Hourani 6 and Hourani 5 genotypes, and no significant differences were observed in the percentage of oil in the seeds. The Zuri3 genotype achieved the lowest rates of decrease in the average relative water content, while the Hourani6 genotype achieved the highest rates of increase in the average percentage of leaked solutes, and the highest rates of increase in the oil percentage in seeds, and the two genotypes, Zuri1 and Hourani11, had the highest rates of increase in the protein percentage in seeds.

Received:04/11/2023
Accepted:17/12/2023

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

Keywords: Water Stress, Physiological Indicators, Qualitative Indicators, Sesame.

المقدمة Introduction:

تحتل الزيوت النباتية مكانةً هامةً في غذاء الإنسان، مباشرةً أو في الصناعات الغذائية وغير الغذائية، كما تُستعمل مخلفات البذور الزيتية علفاً للحيوانات. ويعد السمسم من المحاصيل الزيتية الهامة في العالم، إذ تُستخدم بذوره في تزيين بعض أنواع الخبز والمعجنات وصناعة الحلويات. وقد زُرع السمسم منذُ حوالي 5000 سنة بهدف الحصول على بذوره التي تعد من أغنى بذور المحاصيل بالمواد الدهنية، إذ تتراوح نسبة الزيت فيها بين 50و 65 %، والبروتين بين 22 و25% وكربوهيدرات بنسبة 15%، (Weiss, 2000). علاوةً على ذلك إن زيت السمسم غني بالدهون المتعددة غير المشبعة، مع انخفاض الدهون المشبعة، ومن المعروف أن الدهون الأحادية غير المشبعة المتعددة، دهون صحية للقلب وتساعد على إبقاء الكوليسترول تحت السيطرة (Yingxian et al., 1988).

تنتشر زراعة السمسم في المناطق الاستوائية والصحراوية في منطقة شرق آسيا. ويُعتقد أن أصناف السمسم المزروعة التي نعرفها الآن قد نشأت في الهند وانتشرت إلى أجزاء أخرى من آسيا، وأكبر منتجي السمسم هي بورما تنتج حوالي 720،000 طن من السمسم سنوياً، ثم الهند، تليها الصين وإثيوبيا والسودان وأوغندا ونيجيريا والنيجر والصومال (Bedigian, 2004).

بلغت المساحة المزروعة في الوطن العربي بمحصول السمسم في الوطن العربي عام 2020 نحو 4997.98 هكتار أنتجت 1326.18 طن بمردود وسطي بلغ 1061.36 كغ/هـ (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 2020). أما في سورية فقد بلغت المساحة المزروعة خلال السنوات 2009–2018 حوالي 3169 هكتار أنتجت 2533 طن بمتوسط إنتاجية قدر بحوالي 799 كغ/هـ (المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية، 2018)، وفي العام 2021 بلغت المساحة المزروعة بالسمسم 15936 هكتار أنتجت بحدود 11661 طن بمتوسط إنتاجية قدر بحوالي 732 كغ/هـ (المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية، 2021).

يعود تدني إنتاجية السمسم في سورية إلى عدم وجود أصناف ذات قدرة إنتاجية مرتفعة وعدم تطبيق الحزمة التكنولوجية المتكاملة من قبل الفلاح، بالإضافة إلى تراجع الموارد المائية المتاحة لري المحصول في بعض مناطق زراعته خلال مراحل النمو الأكثر طلباً لمياه الري. فقد أشارت العديد من الدراسات إلى الأثر السلبي الي يسببه الإجهاد المائي في مؤشرات النمو ويتجلى ذلك من خلال تراجع ارتفاع النبات والوزن الرطب والوزن الجاف ومساحة الأوراق (Hassan et al., 2015).

لقد أدت الزيادة المتسارعة في عدد سكان العالم خاصة في السنوات الأخيرة والذي وصل الى حوالي 7 مليار نسمة، إلى تضاعف الحاجة في البحث عن طرائق لزيادة الإنتاجية في وحدة المساحة وتحسين نوعية البذور وبأقل التكاليف بما يؤمن قسم من المتطلبات الغذائية للناس وخاصةً في الدول النامية. وتركز الاهتمام في البحث عن المصادر الغذائية الغنية بالبروتين والزيت وغيرها من المركبات الضرورية لجسم الإنسان، وقد توصلت الأبحاث إلى أنه يمكن عد السمسم من المحاصيل الغذائية الزيتية البديلة عن القطن مثلاً، وبالإضافة لاستخداماته الغذائية تركز الدراسات الحديثة على عده مادة أولية جيدة لإنتاج الوقود الحيوي بسبب احتواء بذوره على كميات عالية من الزيت (Nakagawa and Rosolem, 2011).

يُعد الجفاف العامل الأهم المسبب لتراجع غلة المحاصيل على مستوى العالم، ويتضافر تأثيره مع العديد من العوامل البيئية الأخرى مثل الملوحة والصقيع والحرارة المرتفعة مما يسبب فقدان جزء كبير من الإنتاج الاقتصادي (بهي الدين وآخرون، 2007). والجفاف هو فترة من ندرة المياه تواجه المحصول خلال مراحل نموه وتؤدي إلى الحد من إنتاجية النبات في الطبيعة أو في النظام الزراعي، وعادةً ما تترافق ظروف الجفاف مع العديد من الإجهادات البيئية الأخرى مثل الإجهاد الحراري والضوئي وإجهاد التغذية والإجهاد الملحي (Patel et al., 2022; Alexander et al., 2020)، وتوصف هذه الظاهرة حسب اعتقاد الباحث Zhu, (2002) بأنها ظروف عدم توفر الرطوبة الأرضية الكافية والضرورية لنمو النبات وإكمال دورة حياته الطبيعية.

ومن الناحية الفيزيولوجية يُعتبر نبات ما مقاوماً للإجهاد المائي عند قدرته على العيش والتطور تحت ظروف الجفاف، أما من الناحية الزراعية فهو قدرة هذا النبات على إعطاء مردود أكبر مقارنة بالنباتات الحساسة ((Mohammadi, 2018. ويلجأ النبات أحياناً للهروب من الجفاف أو تفادي الجفاف، وتعرف هذه الظاهرة بأنها قدرة النبات على إنهاء دورة حياته خلال الفترة التي يكون فيها الماء متوفراً، فالنمو السريع والإزهار المبكر يسمحان بتفادي قترة الجفاف المتأخر (Shahinnia et al., 2016).

طورت النباتات العديد من الآليات الشكلية والفيزيولوجية لتحمل الإجهاد الجفافي، عن طريق تجنب الإجهاد الجفافي أو تحمله، تسمح مثل هذه التكيفات ببقاء النباتات على قيد الحياة أو حتى المحافظة على الحد الأدنى من النمو في ظل الظروف البيئية القاسية (Li et al., 2020).

يُعد الإجهاد الناتج عن نقص الماء أحد أهم العوامل البيئية التي تحد من إنتاج السمسم (Betram et al., 2003). درس (Hassanzadeh et al., 2009) تأثير الإجهاد المائي على محصول السمسم ومكوناته لـ 27 طراز وراثي فوجد أن أكثر الصفات تأثراً بالجفاف هو عدد الكبسولات في نبات وحاصل البذور، وتباين ذلك بين الطرز المدروسة بشكل كبير.

تتعلق آلية تحمل الإجهاد المائي ببعض الخصائص المورفولوجية والتطورية مثل ثخانة الجذور، وقدرتها على اختراق الطبقات المتراصة للتربة، وحصولها على رطوبة الطبقات الأعمق في التربة (Pathan et al., 2004).

يُؤثر نظام ري السمسم في نمو النبات وإنتاجيته ومحتوى البذور من الزيت فقد أشار (Hong et al., 1985) إلى أن إجهاد الجفاف أثناء النمو الخضري أدى إلى انخفاض محصول بذور السمسم من 8.5 إلى 4.3 طن هكتار. وكان العامل الرئيسي في خفض الغلة هو ارتفاع النبات. كما وجد (Hassanzadeh et al., 2009) أن الإجهاد المائي سبب تراجع ارتفاع النبات وعدد الكبسولات على النبات وتراجع كبير في غلة البذور. في حين وجد (Kassab et al., 2012) أن الإجهاد المائي يؤدي إلى تناقص حاد في الوزن الجاف للنبات.

درس المحاسنة (2014) استجابة أربعة أصناف من السمسم (محلي ادلب، وزوري، وحوراني محسن، وسوداني بني) لمعاملات الري خلال مراحل النمو (زراعة مطرية بدون ري، وربة تكميلية خلال مرحلة تشكل الأفرع، وريتين تكميليتين خلال مرحلة تشكل الأفرع ومرحلة تشكل العلب الثَّمرية، وثلاث ريَّات تكميلية خلال مرحلة تشكل الأفرع ومرحلة تشكل العلب الثَّمرية ومرحلة امتلاء البذور). وقد أظهرت النتائج وجود تباين وراثي في استجابة أصناف السمسم المدروسة لمعاملات الري المطبقة، إذ سجل الصنف محلي ادلب أعلى القيم في الصفات المدروسة كلها، وبالتالي أعطى أعلى غلَّة من البذور 3.45 طن/هكتار مقارنةً مع باقي الأصناف المدروسة وتفوقت معاملة الري بثلاث ريَّات تكميلية وفقاً للصفات المدروسة، إذ سجلت أعلى غلّة من البذور 3.79 طن/هكتار واستنتج بضرورة تزويد نباتات السمسم بثلاث ريَّات خلال المراحل الحرجة (تشكل الأفرع وتشكل العلب الثَّمرية وامتلاء البذور).

في محاصيل زيتية أخرى وجدت عرب (2022) التأثير المعنوي العالي للإجهاد المائي في محصول الفول السوداني في كل من عدد الأيام حتى الإزهار، عدد الأيام حتى النضج الفيزيولوجي، الصفات المورفولوجية (عدد الأفرع، ارتفاع النبات)، الصفات الفيزيولوجية (المحتوى المائي النسبي، مساحة الأوراق، دليل المساحة الورقية، الوزن الرطب، الوزن الجاف، معدل نمو المحصول وصافي إنتاجية التمثيل الضوئي) والصفات الإنتاجية (الغلة البيولوجية، الغلة الثَّمرية، الغلَّة البذرية، غلَّة القش، عدد القرون على النبات، وزن المئة بذرة ودليل الحصاد). وكان الإجهاد أشد تأثيراً خلال مرحلتي الإزهار وتشكل القرون مقارنةً بالإجهاد خلال مرحلتي التفرع وتشكل البذور.

مبررات وأهداف البحث Objectives and Research justifications:

تولي المؤسسات والمراكز البحثية في القطر العربي السوري، اهتماماً متزايداً في مسألة تحقيق الأمن الغذائي، وذلك بزيادة إنتاج المحاصيل المختلفة عبر زيادة رقعة المساحة المزروعة، أو بزيادة متوسط الإنتاجيّة، الأمر الذي يتطلب استنباط طرز وراثية ذات كفاءة إنتاجية مرتفعة، ومتكيّفة مع البيئات المختلفة بشكل واسع، ومتحمّلة للإجهادات اللاأحيائية (الجفاف، والحرارة المرتفعة، والملوحة)، والأحيائية (المسببات المرضية والآفات الحشرية). ويعتبر ذلك من الأساليب الناجحة التي تؤدي إلى زيادة الإنتاجيّة.

ولوحظ من خلال مناقشة واقع زراعة محصول السمسم في القطر العربي السوري، أنّ إنتاجية الهكتار الواحد لم تتجاوز 800كغ. هكتار$^{-1}$ خلال فترة عقدين ماضيين من الزمن بالمقارنة مع متوسط إنتاجية الوطن العربي، التي تجاوزت 2700 كغ. هكتار$^{-1}$ أي بفارق 2 طن في الهكتار الواحد تقريباً، ويُعزى ذلك الى غياب الأصناف المُحسنة ذات الكفاءة الإنتاجية المرتفعة، والمتحملة للإجهادات اللاأحيائية والأحيائية، وذات الكفاءة المرتفعة في استعمال مدخلات الإنتاج الزراعي (المياه، والأسمدة المعدنية). ما يُشير الى إمكانية استثمار التباين الوراثي Genetic variation بين طرز محصول السمسم لتقليص هذه الفجوة وتحسين مقدرته الإنتاجية، وصفاته النوعية. كما تعاني منطقة الدراسة من شح في المصادر المائية الكافية لري المحاصيل الزراعية، وتذبذب في كمية الهطولات المطرية بين موسم وآخر، مما يؤدي لتراجع إنتاجية المحاصيل الشتوية وندرة الكمات المتاحة من المياه اللازمة لري المحاصيل الصيفية، وكون السمسم من المحاصيل التي تتصف بأنها متوسطة التحمل للجفاف، فقد هدف هذا البحث إلى دراسة استجابة ثلاثة عشر طرازاً وراثياً السمسم للإجهاد المائي خلال مرحلة الإزهار من خلال دراسة بعض المؤشرات الفيزيولوجية والنوعية للنبات.

مواد البحث وطرائقه Materials and methods:

نُفذ البحث خلال الموسم الزراعي 2021 م في محطة بحوث قرحتا التابعة للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، حيث تقع إلى الجنوب الشرقي من مدينة دمشق وتبعد عنها نحو 30 كم، وتشغل مساحة 20.8 هكتاراً في منطقة شبه جافة لا تتعدى أمطارها السنوية 159 ملم. ويبلغ ارتفاعها عن سطح البحر قرابة 633 م، ويبين الجدول (1) بعض المعطيات المناخية لمنطقة الدراسة.

الجدول (1): الظروف المناخية السائدة في موقع الدراسة

الشهر	درجة الحرارة الصغرى مْ	درجة الحرارة العظمى مْ	معدل الهطول المطري ملم
أيار	12.4	31.9	3.4
حزيران	15.7	34.7	0
تموز	19.9	39.6	0
آب	17.9	37.9	0
أيلول	12.9	39.5	0

المصدر: إحصائيات عناصر الطقس، مديرية الأرصاد الجوية.

بدراسة الجدول (1) نجد أن موقع الدراسة كان حاراً وجافاً خلال فترة تنفيذ البحث حيث تراوحت درجة الحرارة العظمى بين 31.9 مْ في شهر نيسان و39.6 مْ في شهر تموز، والصغرى بين 12.4 مْ في شهر نيسان و19.9 مْ في شهر تموز.

ضمت المادة النباتية 13 طراز وراثي من السمسم تمَّ الحصول على بذارها من قسم بحوث المحاصيل الزيتية في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية بدمشق، وروعي عند اختيارها التباعد الجغرافي والبيئي (الجدول، 2).

الجدول (2): نسب وصفات السلالات المدروسة من السمسم.

رقم السلالة	الإسم الشائع	النسب	ارتفاع الساق (سم)	عدد الكبسولات في النبات(كبسولة. نبات$^{-1}$)	عدد الأفرع في النبات(فرع. نبات$^{-1}$)	عدد الأيام حتى بداية الازهار(يوم)	الغلة البذرية (كغ. هكتار$^{-1}$)
1	حوراني3	H4-2-13-30	90	125	4	44	2600
2	حوراني8	H2-1-5-20	128	93	3	42	1522
3	زوري1	H2-5-6-40	140	111	4	45	2250
4	زوري3	Z3-3-1-10	125	100	5	43	1900
5	حوراني11	H1-5-30s	147	85	2	47	2430
6	زوري2	Z3-1-1-10	130	130	5	40	1780
7	حوراني6	H1-1-2-20	122	110	4	43	2025
8	حوراني1	H3-10-15-30	130	90	5	49	1855
9	حوراني9	H2-2-4-30	145	80	2	48	1080
10	زوري4	Z2-2-2-10	140	125	5	44	1422
11	حوراني5	H2-1-1-10	145	98	4	41	1750
12	شاهد حوراني	الحوراني	140	120	3	47	1210
13	شاهد زوري	الزوري	145	94	5	45	978

المصدر: قسم أبحاث المحاصيل الزيتية (تجارب حقول إكثار البذار، 2019)، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية.

تم أخذت عينات عشوائية من التربة على عمق 30 سم، خلطت هذه العينات بحيث مثلت أرض التجربة وتم تحليلها مخبرياً لمعرفة بعض خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية، (الجدول، 3).

الجدول رقم (3): بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة موقع الزراعة.

التحليل الكيميائي								التحليل الميكانيكي (%)		
ECe ($dS.m^{-1}$)	pH	المادة العضوية (%)	كربونات الكالسيوم (%)	N الكلي (%)	K المتاح ($mg.kg^{-1}$)	P المتاح ($mg.kg^{-1}$)	رمل	سلت	طين
1.5	8.3	1.27	31.15	0.01	313.7	19.92	42	20	38

المصدر: إدارة بحوث الموارد الطبيعية، التابعة للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية.

تضمنت معاملة الإجهاد المائي قطع مياه الري على كامل القطع التجريبية الخاصة بالمعاملة من بداية الإزهار حتى اكتمال الإزهار على النصف السفلي من النبات وبدء تشكُّل الكبسولات على النبات، ثمَّ رويت النباتات بشكل طبيعي إلى حين اكتمال مرحلة النضج الفيزيولوجي، وتمَّ فطام النباتات (إيقاف عملية الري) قبل أسبوعين من موعد الحصاد (علامات النضج للبدء بعملية الحصاد المتعارف عليها لتجنب النضج التام وانفراط الكبسولات). وتُركت بالمقابل قطع تجريبية رويت بكمياتٍ كافية من المياه خلال جميع المراحل التطورية، وعدت كشاهدٍ مروي حُسبت على أساسه نسبة الانخفاض أو الزيادة (نسبة التباين) في الصفات المدروسة.

تمَّ زراعة السلالات بعد تحضير الأرض بشكلٍ جيد، في تربةٍ خالية من الأعشاب الضّارة، مستوية، جيدة الصرف، خلال منتصف شهر نيسان، على خطوط، بمساحة قدرت بنحو (8.4 م^2)، لكل قطعة تجريبية، بواقع أربعة خطوط لكل سلالة طول الخط 3 م، وتترك مسافة 70 سم بين الخط والآخر، و10 سم بين النبات والآخر ضمن الخط نفسه، وبمعدّل 3 بذور في الجورة، وبعمق 3 سم. وفردت النباتات في مرحلة 4 أوراق حقيقية مكتملة الاستطالة. مع مراعاة توزيع السلالات بشكلٍ عشوائي على القطع التجريبية. حيث نُفذت التجربة وفق تصميم القطاعات الكاملة العشوائية design (RCB)، بترتيب القطع المنشقة، في ثلاثة مكررات. ونُفذت جميع العمليات الزراعية والإجراءات الوقائية اللازمة حسب توصيات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، حيث تم التسميد بإضافة سماد سوبر فوسفات ثلاثي، بمعدّل 70 كغ في الهكتار P_2O_5، و120 كغ في الهكتار من السماد الآزوتي (اليوريا) بواقع 40 كغ Nعند الزراعة، و80 كغ قبل الإزهار.

تصميم التجربة والتحليل الإحصائيExperimental design and statistical analysis:

نُفذت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) بترتيب القطع المنشقة المنشقة، حيث شغلت مواعيد الزراعة القطع الرئيسة والكثافة النباتية القطع المنشقة، بثلاثة مكررات، ووزعت هذه المعاملات بشكلٍ عشوائي. وتمّ تحليل البيانات إحصائياً بعد تبويبها باستخدام برنامج التحليل الإحصائي GENSTAT.12 لحساب قيمة أقل فرق معنوي ($L.S.D_{0.05}$) لمقارنة الفروقات بين المعاملات والتفاعل المتبادل بينهما لجميع الصفات المدروسة. كما تمّ حساب معامل التباين (C.V %).

الصفات المدروسة Investigated traits:

الصفات الفيزيولوجية Physiological traits:

– **محتوى الماء النسبي في الأوراق (RWC%):** تم تنفيذ الدراسة المخبرية في مخبر الموارد الطبيعية التابع للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، حيثُ أخذت عينات بشكل أقراص (بقطر 1 سم) من الورقتين العلويتين الثانية والثالثة المكتملة الاستطالة بوزن (1غ تقريباً) من كل طراز وراثي، من كل مكرر ومعاملة. وقدر الوزن الرطب لها مباشرةً، ثمّ وضعت الأقراص الورقية مباشرةً بعد أخذ وزنها الرطب في أطباقٍ بترية بلاستيكية تحتوي على الماء المقطر، وتركت مغمورةً في الماء مدّة 15 ساعة، ثمّ تم إخراج الأقراص الورقية وإزالة جزيئات الماء العالقة على سطوحها بلطف بواسطة ورق الترشيح، ووزنت للحصول على الوزن الرطب المشبع، ثمّ وضعت في أكياسٍ من الورق في المجفف على درجة حرارة 105مْ مدّة نصف ساعة لقتل الأنسجة النباتية وإيقاف عملية فقد المادة الجافة بالتنفس Respiration، ثمّ ضبطت درجة حرارة المجفف على 80ْ م وتركت العينات النباتية مدّة 48 ساعة إلى حين الحصول على الوزن الجاف الثابت وحسب محتوى الماء النسبي في الأوراق حسب المعادلة الآتية:(schonfeld et al, 1988).

$$\text{المحتوى المائي النسبي (\%)} = \frac{\text{الوزن الرطب – الوزن الجاف}}{\text{الوزن الرطب المشبع – الوزن الجاف}}$$

– **سلامة الأغشية الخلوية**: تُعبّر نسبة الذائبات المتسربة عن حجم الضرر في الأغشية السيتوبلاسمية بتأثير الإجهاد المائي، وكلما كانت نسبة الذائبات المتسربة أقل كان حجم الضرر أقل، والطراز الوراثي أقدر على المحافظة على سلامة الأغشية السيتوبلاسمية. تم أخذ عينات أقراص ورقية من الورقتين الثانية والثالثة كاملتي الاستطالة من كل طراز وراثي، ومعاملة، ومكرر على حدة وذلك في نهاية فترة تطبيق الإجهاد المائي لكل مرحلة من المراحل المدروسة (إجهاد مائي، وشاهد مروي)، وتمَّ وضع خمس أقراص ورقية من كل طراز وراثي، من كل مكرر ومعاملة. في عبوةٍ بلاستيكية تحتوي على 10 مل من الماء المقطر، ثمّ تركت العبوات على هزاز مدّة 3 ساعات، ثمّ تم قياس الامتصاص الأولي للمحلول عند طول موجة 273 نانومتر باستعمال جهاز قياس الطيف الضوئي Spectrophotometer، ثمّ نقلت المحاليل من كل عبوة على حدة إلى أنابيب اختبار مزودة بسدادة، وتم

وضعها في حمامٍ مائي (درجة الغليان) مدّة 30 دقيقة، ثمّ تم قياس الامتصاص النهائي للمطول عند طول الموجة السابقة نفسها. وحُسب استناداً إلى ما سبق نسبة تسرب الذائبات وفق المعادلة الرياضية الآتية (Leoplod, 1981):

$$\text{نسبة الذائبات المتسربة (\%)} = \frac{\text{الامتصاص الأولي}}{\text{الامتصاص النهائي}} \times 100$$

الصفات النوعيّة Quality traits:

– **نسبة الزيت في البذور (%):** تمّ تحديد محتوى البذور من الزيت بواسطة جهاز Infratec 1241 Grain Analyzer في مخابر قسم تكنولوجيا الحبوب، قسم المحاصيل الحقلية، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، حيثُ يعتمد مبدأ هذا الجهاز على أطوال موجات معينة متخصصة لكل نوع محصولي، وتمّ قياس محتوى الزيت في بذور السمسم، من خلال وضع من 300 إلى 500غ من بذور السمسم في الجهاز، وبعدها حصلنا على النتائج المطلوبة.

– **نسبة البروتين في البذور (%) Percentage of protein in dry seeds:** تم تحديد محتوى البذور من البروتين بواسطة جهاز Infratec 1241 Grain Analyzer في مخابر قسم تكنولوجيا الحبوب، قسم المحاصيل الحقلية، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، حيثُ يعتمد مبدأ هذا الجهاز على أطوال موجات معينة متخصصة لكل نوع محصولي، وتم قياس محتوى البروتين في بذور السمسم، من خلال وضع من 300 إلى 500غ من بذور السمسم في الجهاز، وبعدها حصلنا على النتائج المطلوبة.

النتائج والمناقشة Results and discussion:

أولا: الصفات الفيزيولوجية Physiological traits:

1.1. محتوى الماء النسبي في الأوراق:

بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنويةٍ ($P\leq0.05$) في صفة متوسط محتوى المائي النسبي بين المعاملات (إجهاد مائي بدءاً من منتصف مرحلة الإزهار وحتى نهايتها، والشاهد: بدون إجهاد مائي)، والطرز الوراثية، والتفاعل المتبادل بينهما. يُلاحظ أنّ متوسط محتوى الماء النسبي في الأوراق كان الأعلى معنوياً عند معاملة الشاهد (81.52%)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الإجهاد المائي (67.47%)، حيثُ سبّب الإجهاد المائي انخفاضاً في متوسط محتوى الماء النسبي في الأوراق مقدارهُ 17.23% بالمقارنة مع الشاهد (الجدول، 4). يُعزى التراجع في محتوى الماء النسبي في الأوراق تحت ظروف الإجهاد المائي إلى تراجع محتوى التربة المائي في منطقة انتشار الجذور، الأمر الذي أدّى إلى تراجع فرق التدرج في الجهد المائي (WPG) بين التربة وخلايا المجموعة الجذرية لنباتات السمسم، فيتراجع تبعاً لذلك معدّل امتصاص المياه، وتصبح كمية المياه المفقودة بالنتح عن طريق المسامات أثناء عملية التبادل الغازي أكبر من كمية المياه الممتصة، ما يؤدي إلى تعرّض خلايا الأوراق إلى ظروف العجز المائي، المتمثلة بتراجع جهد الامتلاء أو محتوى الماء النسبي في الأوراق. ويُلاحظ أنّ متوسط محتوى الماء النسبي في الأوراق كان الأعلى معنوياً لدى الطرز الوراثية حوراني3، وحوراني1، وحوراني11 (88.16، 86.85، 86.04 %على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينها، تلاها الطراز الوراثي زوري2 (81.67 %)، ثُمَّ وبفروقاتٍ معنويةٍ الطراز الوراثي زوري4 (80.04 %)، فالطرز الوراثية زوري1، وزوري3، والشاهد زوري (75.16، 74.57، 73.41 %على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينها، في حين كان متوسط محتوى الماء النسبي في الأوراق الأدنى معنوياً لدى الطرز الوراثية الشاهد حوراني، وحوراني6، وحوراني9، وحوراني5 (60.36، 64.30، 64.63، 64.92 %على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينها (الجدول، 4). حقق الطراز الوراثي زوري 3زيادة طفيفة في محتوى الماء النسبي بلغت 0.90% وكانت معنوية مقارنةً بمعدلات التناقص في جميع الطرز الباقية والتي تراوحت بين 12.11% في الطراز حوراني1 و26.22% في الطراز حوراني8. ويمكن أن يُعزى التباين في مقدرة

الطرز الوراثية المدروسة في المحافظة على محتوى الماء النسبي داخل الأوراق إما إلى التباين في حجم المجموعة الجذرية ودرجة تشعبها، حيث تتناسب كمية المياه الممتصة طرداً مع عدد الشعيرات الجذرية الفعّالة في امتصاص المياه، ويؤدي بالمقابل تشعب المجموعة الجذرية إلى زيادة نقاط تماسها مع حبيبات التربة، مما يزيد من كمية المياه الممتصة. أو يمكن أن يُعزى إلى التباين في كفاءة الطرز الوراثية على تصنيع الذائبات العضوية التوافقية (البرولين) وتجميعها ضمن سيتوبلازم الخلايا النباتية، أو نتيجة التباين في حساسية المسامات بالانغلاق استجابةً لظروف الإجهاد المائي، ويتوقف ذلك على كفاءة الطراز الوراثي في تصنيع حمض الأبسيسيك (ABA) (الإشارة الكيميائية) في الجذور وكفاءة نقله إلى الأوراق ليحث المسامات على الانغلاق (Aasamaa, 2001). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين المعاملات والطرز الوراثية، أنّ متوسط محتوى الماء النسبي في الأوراق كان الأعلى معنوياً عند معاملة الشاهد لدى الطرز الوراثية حوراني3، وحوراني11، وحوراني1 (98.34، 92.44، 92.44 % على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينها، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الإجهاد المائي لدى الطرز الوراثية الشاهد حوراني، وحوراني5، وحوراني9، وحوراني8، وحوراني6 (52.45، 56.54، 57.56، 58.03، 59.42 % على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينها (الجدول، 4). يُسبب الجفاف أو تراجع محتوى الخلايا النباتية المائي أذىً شديداً، وعدم انتظام مكونات الأغشية الخلوية والمكونات الخلوية، وتخريب البروتوبلازم، وتدهور أغشية الخلية السيتوبلاسمية وتخريب البروتين وحدوث طفرات في المورثات (الشحاذه العوده وآخرون، 2015). ويؤدي انخفاض محتوى الماء النسبي في الأوراق إلى انخفاض كبير في كفاءة الأوراق التمثيلية Photosynthetic efficiency، فيتراجع معدّل تثبيت الكربون في خلقة تمثيل الكربون، ويقل تبعاً لذلك معدّل استهلاك المركبات الغنية بالطاقة (ATP, NADPH)، ما يؤدي غلى تراجع معدّل تشكيل المستقبل النهائي للإلكترونات المركب $NADP^+$، فيقوم الأوكسجين الجزيئي بتلقف هذه الإلكترونات وتشكيل جذر السزبر أوكسيد الحر (O_2^-) الذي ما إن يتفاعل مع جذر الماء الأوكسيجيني الحر H_2O_2 حتى يُشكل جذر الماءات الحر (OH^-)، الذي يتميز بمقدرة تفاعلية كبيرة ([Frick et al, 2004)، إذْ يُهاجم المواد الدهنية المُفسفرة الداخلة في تركيب الأغشية السيتوبلاسمية ويعمل على تخريبها (Soliman and Sadek, 1998؛ الشحاذه العوده وآخرون، 2015)، فينشأ غشاء مليء بالفجوات Porous membrane، فتفقد بذلك الأغشية الحيوية خاصيتها الاصطفائية، وتموت جرّاء ذلك الخلايا النباتية (Soliman and Sadek, 1998). توافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه Hassanzadeh وآخرون (2009)، ومع نتائج Desoky وآخرون (2023) على محصول السمسم.

الجدول رقم (4): متوسط نسبة محتوى الماء النسبي في الأوراق (%) لدى طرز السمسم ونسبة التباين ±% بالمقارنة مع الشاهد.

الطراز الوراثي	الشاهد المروي	إجهاد مائي	متوسط الطرز	نسبة التباين ±%
حوراني3	98.34^{a}	77.98^{defg}	88.16a	-20.70^{b}
حوراني8	78.67^{defg}	58.03^{j}	68.35e	-26.22^{b}
زوري1	82.40^{cd}	67.92^{hi}	75.16d	-17.57^{b}
زوري3	74.35^{fegh}	74.78^{efgh}	74.57d	$+0.90^{a}$
حوراني11	92.81^{ab}	79.26^{def}	86.04ab	-14.59^{b}
زوري2	89.54^{b}	73.81^{efghi}	81.67bc	-17.58^{b}
حوراني6	69.19^{hi}	59.42^{j}	64.30ef	-14.13^{b}
حوراني1	92.44^{ab}	81.25^{de}	86.85a	-12.11^{b}
حوراني9	71.63^{ghi}	57.64^{j}	64.63ef	-19.52^{b}
زوري4	88.55^{bc}	71.53^{ghi}	80.04c	-19.22^{b}

حوراني5	73.31^{fghi}	56.54^{j}	64.92ef	-22.87^{b}
شاهد حوراني	68.27^{hi}	52.45^{j}	60.36f	-23.21^{b}
شاهد زوري	80.30^{def}	66.52^{i}	73.41d	-17.15^{b}
متوسط المعاملة	81.52^{a}	67.47^{b}	–	-17.20
المتغير	الطرز	معاملة الإجهاد	التفاعل	التباين
L.S.D(0.05)	6.457	1.791	4.565	12.91
C.V(%)	5.3			24.5

*تُشير الأحرف المتباينة على مستوى الأعمدة والسطور إلى وجود فروقاتٍ معنوية عند مستوى معنوية 2.20.05. متوسط نسبة الذائبات المتسربة Solutes leakage (%):

بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنويةٍ ($P\leq0.05$) في صفة متوسط نسبة الذائبات المتسربة عبر الأغشية السيتوبلاسمية بين المعاملات، والطرز الوراثية والتفاعل المتبادل بينهما. يُلاحظ أنّ متوسط نسبة الذائبات المتسربة كان الأعلى معنوياً عند معاملة الإجهاد المائي (75.19%)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (68.45%) (الجدول، 5). يُعزى التباين في نسبة الذائبات المتسربة عبر الأغشية الحيوية إلى التباين في محتوى الماء النسبي في الأوراق، حيث كان متوسط محتوى الماء النسبي في الأوراق الأعلى معنوياً عند معاملة الشاهد (81.52%)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الإجهاد المائي (67.46%) (الجدول، 15)، حيث تؤدي المحافظة على درجة امتلاء الخلايا النباتية إلى المحافظة على ثباتية واستقرار وسلامة الأغشية الحيوية. ويُلاحظ أنّ متوسط نسبة الذائب وحوراني5 (87.73، 87.17%على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينهما، تلاهما الطراز الوراثي زوري3 (84.08%)، ثُمَّ وبفروقاتٍ معنويةٍ فيما بينهما الطراز الوراثي حوراني9 (80.29%)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطراز الوراثي حوراني11 (52.94 %) (الجدول،5). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين المعاملات والطرز الوراثية أنّ متوسط نسبة الذائبات المتسربة كان الأعلى معنوياً عند معاملة الإجهاد المائي لدى الطرز الوراثية الشاهد حوراني، وحوراني5، وزوري3 (94.41، 94.33، 91.33 % على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينهما، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد لدى الطرازين الوراثيين حوراني11، وزوري1 (47.73، 49.21%على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينهما (الجدول، 5). يُعزى التباين في نسبة الذائبات المتسربة عبر الأغشية السيتوبلاسمية بين الطرز الوراثية المدروسة بشكلٍ رئيس إلى التباين في محتوى الماء النسبي في الأوراق، حيث كان متوسط محتوى الماء النسبي في الأوراق الأعلى معنوياً لدى الطرز الوراثية حوراني3، وحوراني1، وحوراني11 وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينها (88.16، 86.85، 86.04 %على التوالي)، تلّاها الطراز الوراثي زوري2 (81.67 %)، ثُمَّ وبفروقاتٍ معنويةٍ الطراز الوراثي زوري4 (80.04%)، فالطرز الوراثية زوري1، وزوري3، والشاهد زوري (75.16، 74.57، 73.41 %على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينها، في حين كان متوسط محتوى الماء النسبي في الأوراق الأدنى معنوياً لدى الطرز الوراثية الشاهد حوراني، وحوراني6، وحوراني9، وحوراني5 (60.36، 64.30، 64.63، 64.92 %على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينها (الجدول، 5). تُشير النتائج إلى أهمية المحافظة على محتوى الخلايا النباتية المائي لضمان استقرار Stability الأغشية السيتوبلاسمية وسلامتها، وترتبط حياة الخلية النباتية بكفاءة الصنف في المحافظة على سلامة الأغشية السيتوبلاسمية ضمن ظروف الإجهاد المائي. ويؤدي الإجهاد المائي (تراجع محتوى الماء النسبي في الأوراق) إلى تخريب الأغشية السيتوبلاسمية بشكلٍ غير مباشر من خلال تقليل معدّل التمثيل الضوئي، أو معدّل تثبيت الكربون خلال تفاعلات الظلام في حلقة إرجاع الكربون الثلاثية (C_3PCR)، ما يؤدي إلى تراجع معدّل استهلاك المركبات الغنية بالطاقة المُصنَّعة (ATP، NADP)، الأمر الذي يؤدي إلى تعطيل إعادة توليد المستقبل النهائي للإلكترونات، المركب $NADP^+$ الذي يُعد بمنزلة المستقبل النهائي للإلكترونات في سلسلة انتقال الإلكترونات Electron Transport Chain (ETC) خلال تفاعلات الضوء، عندئذٍ يعمد

الأوكسجين الجزيئي إلى تلقف هذه الإلكترونات ويتفاعل معها ليشكل جذر السوبر أوكسيد الحر (O_2^-)، المتسربة كان الأعلى معنوياً لدى الطرازين الوراثيين الشاهد حوراني، الذي ما إن يتفاعل مع جذر الماء الأوكسجيني (H_2O_2) حتى يُشكّل جذر الماءات الحر (OH^-)، الذي يُعد ذو مقدرة تفاعلية كبيرة جداً (Fricke et al, 2004)، إذْ يُهاجم المواد الدهنية المُفسفرة الداخلة في تركيب الأغشية السيتوبلاسمية ويعمل على تخريبها (Soliman and Sadek, 1998، 1998؛ الشحاذه العوده وآخرون، 2015)، فينشأ غشاء مليء بالفجوات Porous membrane، فتفقد بذلك الأغشية الحيوية خاصيتها الاصطفائية، وتموت جرّاء ذلك الخلايا النباتية (Soliman and Sadek, 1998). وغالباً ما تؤدي الإجهادات البيئية المختلفة، بما في ذلك الجفاف، إلى تشكيل أنواع جذور الأكسجين الحرّة الفعّالة(Reactive Oxygen Species (ROS في الخلايا النباتية، التي تُخرب المواد الدهنية المفسفرة الداخلة في تركيب الأغشية السيتوبلاسمية، وتثبط اصطناع البروتينات، وتتلف الأحماض النووية (DNA، RNA)، ما يؤدي في النهاية إلى موت الخلايا النباتية، عموماً، يؤدي تعرّض النباتات للإجهاد المائي إلى حدوث العديد من الاستجابات التي تؤدي إلى تجفاف الخلايا النباتية Cellular dehydration المترافق مع حدوث تبدلات طولية Osmotic changes تتمثل بإزالة المياه من السيتوبلاسم إلى الفراغات بين الخلوية، ما يؤدي إلى تراجع حجم البروتوبلاسم والفجوات Vacuoles، ويمكن أن يؤدي ذلك في نهاية المطاف إلى تراجع ماء الترطيب Hydration water ومن ثمّ تخريب البروتوبلاسم وموت الخلايا النباتية، إضافةً إلى تشكيل جذور الأوكسجين الحرة، التي عادةً ما يكون لها تأثير تأكسدي ضار في تركيب الخلايا النباتية والعمليات الاستقلابية المختلفة (Wang et al, 2008). توافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه Fazeli وآخرون (2006)، ومع نتائج Madhusudhan وSudhaker (2023) على محصول الفول السوداني.

الجدول رقم (5): متوسط نسبة الذائبات المتسربة (%) لدى طرز السمسم ونسبة التباين ±% بالمقارنة مع الشاهد.

الطراز الوراثي	الشاهد المروي	إجهاد مائي	متوسط الطرز	نسبة التباين ±%
حوراني3	56.33^{op}	65.03^{jk}	66.68^{f}	$+15.51^{bcd}$
حوراني8	69.30^{h}	85.46^{s}	77.38^{d}	$+23.46^{de}$
زوري1	49.21^{rs}	68.26^{hi}	58.74^{g}	$+38.79^{f}$
زوري3	76.41^{f}	91.75^{ab}	84.08^{b}	$+20.09^{cde}$
حوراني11	47.73^{s}	58.16^{no}	52.94^{i}	$+21.96^{de}$
زوري2	55.00^{p}	60.15^{mn}	57.58^{gh}	$+9.37^{b}$
حوراني6	63.11^{kl}	78.32^{ef}	70.72^{e}	$+24.16^{e}$
حوراني1	51.43^{qr}	61.45^{lm}	56.44^{h}	$+19.57^{cde}$
حوراني9	75.72^{f}	84.86^{c}	80.29^{c}	$+12.13^{bc}$
زوري4	52.33^{q}	62.78^{klm}	$57.55g^{h}$	$+16.53^{c}$
حوراني5	80.00^{de}	94.33^{a}	87.17^{a}	$+17.95^{cde}$
شاهد حوراني	81.06^{d}	94.41^{a}	87.73^{a}	$+16.54^{bcde}$
شاهد زوري	66.08^{ij}	72.57^{g}	69.33^{e}	$+9.83^{b}$
متوسط المعاملة	68.45^{b}	75.19^{a}	-	+16.37
المتغير	الطرز	معاملة الإجهاد	التفاعل	التباين
L.S.D(0.05)	1.817	0.713	2.570	7.26
C.V(%)	2.3			20.3

*تُشير الأحرف المتباينة على مستوى الأعمدة والسطور إلى وجود فروقاتٍ معنوية عند مستوى معنوية 0.05.

ثانياً: الصّفات النوعيّة Quality traits:

1.2. نسبة الزيت في البذور Seed oil content %:

بيّنت نتائج التحليل الإحصائي عدم وجود فروقاتٍ معنويةٍ في متوسط نسبة الزيت في البذور بين الطرز الوراثية، والتفاعل المتبادل بين المعاملات والطرز الوراثية، في حين لوحظ وجود فروقاتٍ معنويةٍ ($P\leq0.05$) بين المعاملات، حيثُ كان متوسط نسبة الزيت في البذور الأعلى معنوياً عند معاملة الشاهد (36.18 %)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الإجهاد المائي (32.87 %) (الجدول، 6)، حيثُ سبّب الإجهاد المائي انخفاضاً في متوسط نسبة الزيت في البذور مقدارهُ 9.15% بالمقارنة مع الشاهد. (الجدول، 6). ويُعزى ذلك إلى التباين في كمية المادة الجافة الكلية المُصنّعة والواصلة إلى البذور خلال فترة امتلاء البذور، بالإضافة إلى التباين في محتوى البذور من البروتينات، حيث تؤدي ظروف الجفاف إلى زيادة معدّل نقل المركبات الآزوتية من الأجزاء الهوائية (المصدر) إلى البذور (المصب)، فتزداد نسبة البروتينات على حساب نسبة الزيت في البذور، وما يؤكد ذلك أنّ متوسط نسبة البروتين في البذور كان الأعلى معنوياً عند معاملة الإجهاد المائي (23.70 %)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (22.79 %) (الجدول، 6). توافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه المحاسنة (2014) وQureshi وآخرون (2023).

الجدول رقم (6): متوسط نسبة الزيت في البذور (%) لدى طرز السمسم ونسبة التباين ±% بالمقارنة مع الشاهد.

الطراز الوراثي	الشاهد المروي	إجهاد مائي	متوسط الطرز	نسبة التباين ±%
حوراني3	33.83^{a}	35.04^{a}	34.44^{a}	+5.01^{ab}
حوراني8	36.76^{a}	33.85^{a}	35.30^{a}	-7.57^{ab}
زوري1	36.24^{a}	32.37^{a}	34.31^{a}	-10.54^{ab}
زوري3	38.15^{a}	33.59^{a}	35.87^{a}	-11.41^{ab}
حوراني11	33.00^{a}	33.25^{a}	33.12^{a}	+0.54^{ab}
زوري2	36.31^{a}	30.53^{a}	33.42^{a}	-16.44^{ab}
حوراني6	32.40^{a}	35.23^{a}	33.81^{a}	+9.21^{b}
حوراني1	39.26^{a}	30.97^{a}	35.11^{a}	-21.20^{a}
حوراني9	37.73^{a}	34.42^{a}	36.07^{a}	-8.52^{ab}
زوري4	35.37^{a}	34.93^{a}	35.15^{a}	-0.57^{ab}
حوراني5	37.89^{a}	30.16^{a}	34.03^{a}	-20.74^{a}
شاهد حوراني	37.89^{a}	31.41^{a}	34.65^{a}	-16.84^{ab}
شاهد زوري	35.56^{a}	31.57^{a}	33.57^{a}	-11.53^{ab}
متوسط المعاملة	36.18^{a}	32.87^{b}	-	-8.45
المتغير	الطرز	معاملة الإجهاد	التفاعل	التباين
L.S.D(0.05)	5.431	2.130	7.681	20.33
C.V(%)	13.6			17.6

*تُشير الأحرف المتباينة على مستوى الأعمدة والسطور إلى وجود فروقاتٍ معنوية عند مستوى معنوية 0.05.

2.2. نسبة البروتين في البذور Seed protein content %:

بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنويةٍ ($P\leq0.05$) في صفة متوسط نسبة البروتين في البذور بين المعاملات، والطرز الوراثية والتفاعل المتبادل بينهما. يُلاحظ أنّ متوسط نسبة البروتين في البذور كان الأعلى معنوياً عند معاملة الإجهاد المائي (23.70 %)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (22.79 %) (الجدول، 7). عموماً، يؤدي تعرض النباتات

لظروف الإجهاد المائي إلى تسريع معدّل انتقال المركبات الآزوتية من الأوراق إلى البذور، ما يؤدي عادةً إلى اصفرار الأوراق، وزيادة محتوى البذور من البروتينات. ويؤدي ارتفاع نسبة البروتينات في البذور إلى ارتفاع الوزن النوعي لها.

ويُلاحظ أنّ متوسط نسبة البروتين في البذور كان الأعلى معنوياً لدى الطرازين الوراثيين حوراني6، وحوراني5 وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينهما (23.89، 23.88 %على التوالي)، تلاهما الطرز الوراثية الشاهد زوري، وزوري2، وحوراني3، وحوراني، وحوراني8، وحوراني11، وزوري4، وحوراني9، وزوري1، وحوراني1 (23.49، 23.47، 23.40، 23.35، 23.35، 23.25، 23.22، 23.17، 23.01، 22.91، 22.76 % على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينها، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطراز الوراثي زوري3 (22.36 %) (الجدول، 7). يمكن أن يُعزى التباين بين الطرز الوراثية إلى التباين في كمية المادة الجافة الكلية الواصلة إلى البذور، والتباين في كفاءة تحويل المادة الجافة إلى بروتينات ومواد دهنية. ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل المتبادل بين المعاملات والطرز الوراثية أن متوسط نسبة البروتين كان الأعلى معنوياً عند معاملة الإجهاد المائي لدى الطرز الوراثية حوراني6، وحوراني5، وحوراني11، وحوراني3، وزوري2 (24.53، 24.13، 24.11، 24.11، 24.06 % على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينها، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد لدى الطرازين الوراثيين زوري3، (21.60) (الجدول، 7). توافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه Qureshi وآخرون (2023)، ومع ما توصل له Mansourifar وآخرون (2011) لاحظ أنه مع تزايد مستويات الاجهاد زادت نسبة البروتين في البذور معنوياً بنسبة 14 % مقارنةً بالشاهد. ولكنها تختلف مع نتائج Nayyar وآخرون (2006) الذي وجد تراجع في المحتوى من المواد البروتينية في ظروف الإجهاد. وبشكل عام يعتمد المحتوى البروتيني في البذور على التركيب الوراثي والظروف البيئية، بخاصة تأثير الإجهاد الجفافي والإجهاد الحراري خلال فترة امتلاء البذور ومدى توفر الآزوت (Tea et al., 2004). فقد يسبب الجفاف تراجعاً في نسبة البروتينات بسبب تراجع نمو وغلة النبات الذي ينعكس سلباً على التركيب الكيميائي للبذور، كما أن تراجع متاحية الماء تحت ظروف الجفاف عادةً يؤدي إلى تراجع امتصاص العناصر الغذائية الكلية، وبالنتيجة تناقص تركيز هذه العناصر في البذور (Painawadee et al., 2009).

الجدول رقم (7): متوسط نسبة البروتين في البذور (%) لدى طرز السمسم ونسبة التباين ±% بالمقارنة مع الشاهد.

الطراز الوراثي	الشاهد المروي	إجهاد مائي	متوسط الطرز	نسبة التباين ±%
حوراني3	22.69^{abcde}	24.11^{ab}	23.40^{ab}	$+6.50^{ab}$
حوراني8	23.86^{abc}	22.64^{bcde}	23.25^{ab}	-5.10^{a}
زوري1	21.93^{de}	23.88^{abc}	22.91^{ab}	$+9.01^{a}$
زوري3	21.60^{e}	23.11^{abcde}	22.36^{b}	$+7.08^{ab}$
حوراني11	22.33^{bcde}	24.11^{ab}	23.22^{ab}	$+8.00^{b}$
زوري2	22.88^{abcde}	24.06^{ab}	23.47^{ab}	$+5.13^{ab}$
حوراني6	23.26^{abcde}	24.53^{a}	23.89^{a}	$+5.62^{ab}$
حوراني1	22.05^{cde}	23.48^{abcd}	22.76^{ab}	$+6.50^{ab}$
حوراني9	22.50^{bcde}	23.53^{abcd}	23.01^{ab}	$+4.72^{ab}$
زوري4	23.21^{bcde}	23.14^{abcde}	23.17^{ab}	-0.30^{ab}
حوراني5	23.63^{abcd}	24.13^{ab}	23.88^{a}	$+2.08^{ab}$
شاهد حوراني	22.99^{abcde}	23.71^{abcd}	23.35^{ab}	$+3.56^{ab}$
شاهد زوري	23.31^{abcde}	23.68^{abcd}	23.49^{ab}	$+1.62^{ab}$
متوسط المعاملة	22.79^{b}	23.70^{a}	-	+4.22

المتغير	الطرز	معاملة الإجهاد	التفاعل	التباين
L.S.D(0.05)	1.086	0.426	1.536	10.82
C.V(%)	4.0			15.3

*تُشير الأحرف المتباينة على مستوى الأعمدة والسطور إلى وجود فروقاتٍ معنوية عند مستوى معنوية 0.05.

الاستنتاجات والمقترحات Conclusions and Recommendations:

– أظهرت النتائج وجود فروقاتٍ معنويةٍ ($P\leq0.05$) في صفة المحتوى المائي النسبي في الأوراق ومتوسط نسبة الذائبات المتسربة عبر الأغشية السيتوبلاسمية ونسبة البروتين بين المعاملات، والطرز الوراثية والتفاعل المتبادل بينهما. أما بالنسبة للزيت فأظهرت النتائج عدم وجود فروقاتٍ معنويةٍ بين الطرز الوراثية، والتفاعل المتبادل بين المعاملات والطرز الوراثية، في حين لوحظ وجود فروقاتٍ معنويةٍ ($P\leq0.05$) بين المعاملات.

– سبب الإجهاد المائي المطبق على الطرز الوراثية للسمسم في مرحلة الإزهار تراجعاً معنوياً في المحتوى المائي النسبي في الأوراق ونسبة الزيت في البذور وزيادة معنوية في متوسط نسبة الذائبات المتسربة ونسبة البروتين في البذور.

– تباينت استجابة الطرز الوراثية للإجهاد المطبق حيث كان متوسط محتوى الماء النسبي في الأوراق الأعلى معنوياً لدى الطرز الوراثية حوراني3، وحوراني1، وحوراني11 وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينها (88.16، 86.85، 86.04 %على التوالي)، في حين كان متوسط محتوى الماء النسبي في الأوراق الأدنى معنوياً لدى الطرز الوراثية الشاهد حوراني، وحوراني6، وحوراني9، وحوراني5 وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينها (60.36، 64.30، 64.63، 64.92 %على التوالي)، وكان متوسط نسبة الذائبات المتسربة الأعلى معنوياً لدى الطرازين الوراثيين الشاهد حوراني، وحوراني5 وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينهما (87.73، 87.17 %على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطراز الوراثي حوراني11 (52.94 %)، وكان متوسط نسبة البروتين في البذور الأعلى معنوياً لدى الطرازين الوراثيين حوراني6، وحوراني5 وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينهما (23.89، 23.88 %على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطراز الوراثي زوري3 (22.36 %).

–حقق الطراز الوراثي زوري3 أقل معدلات الانخفاض في متوسط المحتوى المائي النسبي، في حين حقق الطراز الوراثي حوراني6 أعلى معدلات الزيادة في متوسط نسبة الذائبات المتسربة، وأعلى معدلات الزيادة في نسبة الزيت في البذور، والطرازين زوري1 وحوراني11 أعلى معدلات الزيادة في نسبة البروتين في البذور.

–بناءً على ما سبق يقترح استثمار التباينات الوراثية التي تم الوصول إليها بين الطرز المدروسة في تحسين صفة التحمل للإجهاد المائي.

التمويل:

هذا البحث ممول من قبل جامعة دمشق وفق رقم الممول:(501100020595).

المراجع:

المراجع العربية:

1. بهي الدين، أحمد؛ عيسى، هالة؛ رمضان، أحمد؛ عبد السلام، علي (2007). تطبيقات الهندسة الوراثية لمواجهة الظروف البيئية غير الملائمة للإنتاج الزراعي. مجلة الاستثمار الزراعي. العدد الخامس. ص:50-58.
2. عرب، مرح (2022). تأثير الإجهاد الجفافي والرش الورقي بالبوتاسيوم في الصفات المورفوفيزيولوجية والإنتاجية لمحصول الفول السوداني (Arachis hypogaea L.). رسالة ماجستير، كلية الزراعة بجامعة البعث. 140 ص.
3. العودة، أيمن الشحاذة؛ خيتي، مأمون؛ رباح، ريما. (2015). فزيولوجيا المحاصيل الحقلية، الجزء النظري، منشورات مديرية الكتب الجامعية، جامعة دمشق، كلية الهندسة الزراعية. 45-67.
4. المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية (2018). مكتب الإحصاء المركزي، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. سورية.
5. المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية (2021). مكتب الإحصاء المركزي، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. سورية.
6. المحاسنة، حسين (2014). استجابة أصناف من السمسم (Sesamum indicumL.) لمعاملات الري خلال مراحل النمو. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية. المجلد (30)، العدد (2)، الصفحات79-93.
7. المنظمة العربية للتنمية الزراعية، الكتاب السنوي للإحصاءات الزراعية العربية لعام2020. جامعة الدول العربية. الخرطوم. السودان. المجلد41، ص. 51، 2020.

المراجع الأجنبية:

1. Aasamaa, K. (2001). Leaf anatomical characteristics associated with shoot hydraulic conductance, stomatal conductance and stomatal sensitivity to changes of leaf water status in temperate deciduous trees. Aust. J. Plant Physiol.28,765-774.
2. Alexander, A; Singh, V.K; Mishra, A. (2020). Halotolerant PGPR Stenotrophomonas maltophilia BJ01 Induces Salt Tolerance by Modulating Physiology and Biochemical Activities of Arachis hypogaea. Front. Microbiol., 11, 568289.
3. Bedigian, D, (2004). History and lore of sesame in Southwest Asia. Econ. Bot. 58, 329–353.
4. Betram, K, M.J.J. Janssens and A. Abdalwahab, (2003). Breeding for drought tolerance in sesame (Sesamum indicum L.). Conference on Technological and Institutional Innovations for Sustainable Rural Development, 8–10 October, Deutscher Tropentag, Gottingen, pp: 135.
5. Desoky, E.S.M; Alharbi, K; Rady, M.M; Elnahal, A.S.M; Selem, E; Arnaout, S.M.A.I; Mansour, E. Physiological, Biochemical, Anatomical, and Agronomic (2023). Responses of Sesame to Exogenously Applied Polyamines under Different Irrigation Regimes. Agronomy.13, 875. https://doi.org/10.3390/agronomy13030875.
6. Fazeli, F, Ghorbanli, M. and Niknam V. (2006) Effect of drought on water relations, growth and solute accumualation in two sesame cultivars Pak. J. Bio.Sci.,9, 1829-1835.
7. Frick, W; G. Akhiyarova; D. Veselov and G. Kudoyarova.(2004). Rapid and tissue-specific changes in ABA and in growth rate in maize by molecular markers. I. Yield. Components Theo. Appl. Genet. 99:280-288.
8. Hassan, M. S. and F. SH. Sedeck. (2015). Combining Ability and Heterosis Estimates in Sesame. World Applied Scie. J. 33 (5): 690-698.
9. Hassanzadeh, M., A. Ebadi, M. Panahyan-e-Kivi, A.G. Eshghi, Sh. Jamaati-e-Somarin, M. Saeidi and R. Zubihi (2009). Evaluation of Drought Stress on Relative Water Content and Chlorophyll Content of Sesame (Sesamum indicum L.) Genotypes at Early Flowering Stage. Research Journal of Environmental Sciences. 3 (3): 345-350.
10. Hassanzadeh, M., A. Ebadi, M. Panahyan-e-Kivi, Sh. Jamaati-e-Somarin, M. Saeidi and A. Gholipouri, (2009). Investigation of water stress on yield and yield components of sesame (Sesamum indicum L.) in Moghan. Reg. Res. J. Environ. Sci., 3(2): 239-244.
11. Hong, Y., J. M. Yu and K. C. Chai. (1985). Effect of drought stress on major upland crops, Research report of the rural development administration in Korea Republic, Intl. Agric. Cent. Inform. Serv. 27: 148-155.

12.Kassab, O.M, 1H.M. Mehanna and 1A. Aboelill (2012). Drought Impact on Growth and Yield of Some Sesame Varieties. Journal of Applied Sciences Research, 8(8): 4544-4551.
13.Leopold, A. C. (1990). Coping with desiccation in stress response in plant adaptation and acclimation mechanisms. Pp.37-56. Alscher, R. G. and J. R. Cumming (eds). New York: Wiley-Liss.
14.Li, F, Zhang L, Ji H (2020) The specific W-boxes of GAPC5 promoter bound by TaWRKY are involved in drought stress response in wheat. Plant Sci 26:110460.
15.Madhusudhan K.V and Sudhakar .C (2023). Differential responses of growth, antioxidant enzymes and osmolytes in the leaves of two groundnut (Arachis hypogaea L.) cultivars subjected to water stress. Journal of Stress Physiology & Biochemistry, Vol. 19, No. 3, 2023, pp. 110-124.
16.Mansourifar,C., M.Shaban., M.Ghobadi., A.R.Ajirlu. (2011). Effect of drought stress and N fertilizer on yield, yield components and grain storage proteins in chickpea (Cicer arietinum L.) cultivars. African Journal of Plant Science Vol. 5(11), pp. 634-642, 6 October, 2011.
17.Mohammadi, R (2018). Breeding for increased drought tolerance in wheat: A review. Crop Pasture Sci. 69, 223–241. doi: 10.1071/CP17387.
18.Nakagawa, J and Rosolem.C.A (2011). amendoim technologia de produ Cao Bauru. Fepa f 2011.
19.Nayyar H., Kaur S, Singh S, Upadhyaya H.D. (2006). Differential sensitivity of Desi (small-seeded) and Kabuli (large-seeded) chickpea genotypes to water stress during seed filling: effects on accumulation of seed reserves and yield, J. Sci. Food Agr. 86, 2076–2082.
20.Painawadee, M., S.Jogloy, T. Kesmala., C.Akkasaeng and A. patanothai (2009). Identification of traits related to drought resistance in Peanut (Arachis hypogaea L.). Asian journal of Plant sciences. 8(2): 120-128.
21.Painawadee, M., S.Jogloy, T. Kesmala., C.Akkasaeng and A. patanothai (2009). Identification of traits related to drought resistance in Peanut (Arachis hypogaea L.). Asian journal of Plant sciences. 8(2): 120-128.
22.Patel, J; Khandwal, D; Choudhary, B; Ardeshana, D; Jha, R.K; Tanna, B; Yadav, S; Mishra, A; Varshney, R.K.; Siddique, K.H.M. (2022). Differential Physio-Biochemical and Metabolic Responses of Peanut (Arachis hypogaea L.) under Multiple Abiotic Stress Conditions. Int. J. Mol. Sci. 23, 660. https://doi.org/10.3390/ijms23020660
23.Patel, J; Mishra, A. (2021). Plant aquaporins alleviate drought tolerance in plants by modulating cellular biochemistry, root-architecture, and photosynthesis. Physiol. Plant. 172, 1030–1044.
24.Qureshi. M., Mehmet. A., Muharrem. G., Sandip K. B., Bulent U, and Engin Yol (2023). Assessment of drought tolerance of sesame germplasm with agronomic and quality traits. Crop Science. 63:2763–2777.
25.Schonfeld, M. A; Johanson, R. C; Carver, B. F. and Mornhinweg, D. W. (1988). Water relations in winter wheat as drought resistance indicator. Crop Sci.28:526-531.
26.Shahinnia, F, Le Roy, J, Laborde, B., Sznajder, B, Kalambettu, P, Mahjourimajd, S, Tilbrook, J, Fleury, D (2016). Genetic association of stomatal traits and yield in wheat grown in low rainfall environments. BMC Plant Biol. 16 (1), 150.
27.Soliman, F. H. S; S. E. Sadek (1998). Combining ability of new maize inbred lines and its utilization in the Egyptian hybrid program. Bull. Fac. Agric. Cario. Univ.50:1-20.
28.Tea, I., T.Genter, N. Naulet,V.Boyer, M. Lummerzheim, D. Kleiber. (2004). Effect of foliar sulfur and nitrogen fertilization on wheat storage protein composition and dough mixing properties. Cereal Chem., 81: 759-766.
29.Wang, C; A. Yang, H. Yin; and J. Zhang. (2008). Influence of water stress on endogenous hormon contents and cell damage of maize seedlings. Integr. Plant. Bio.50:427-437.
30.Weiss, E. A. 2000. Oilseed crops. 2nd edition, Blackwell Science Ltd. Oxford.
31.Yingxian, Z, C.Ming and Aizhong W. (1988). Studies of giema banding patterns of chromosome in sesame (Sesamum indicum L.). Proceedings of The Fourth Oil Crops. Network Workshop held at Njovokenya. 25-29, January. P: 242-244.
32.Zhu, J. K. (2002). Salt and drought stress signal transduction in plants. Annu. Rev. Plant Biol. 53:247–273.