

تقييم تحمل طرز من الفول السوداني *Arachis hypogaea* L. للإجهاد الحلولي المستحدث باستخدام بولي إيثيلين غليكول (PEG6000)

فادي عباس^{1*} و غرود العسود² و ثامر الحنيش² و منى جمعة²



¹ مركز بحوث حمص، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، سورية.

² إدارة بحوث المحاصيل، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية

(* للمراسلة: فادي عباس، البريد الإلكتروني: fadiab77@gmail.com ، [+963993163270](tel:+963993163270))

تاريخ الاستلام: 2025 / 12 / 3 تاريخ القبول: 2026 / 1 / 15

الملخص

نفذت هذه التجربة في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، مركز بحوث حمص، خلال العام 2025، حيث استخدم مركب بولي إيثيلين غليكول (PEG6000) بهدف إحداث عدة جهود حلولية (0، -0.2، -0.4، -0.6، -0.8 MPa) في وسط إنبات عشرة طرز وراثية من الفول السوداني لدراسة نسبة الإنبات وسرعته وطول الجذير والسويقة، وبالتالي تصنيف الطرز بناءً على المؤشرات السابقة ومؤشر تحمل الجفاف النسبي إلى متحملة وحساسية للإجهاد الحلولي خلال مرحلة الإنبات. صممت التجربة وفق التصميم كامل العشوائية (CRD)، وبثلاثة مكررات. أظهرت النتائج وجود تباين وراثي بين الطرز الوراثية المدروسة، في استجابتها لتغيرات تركيز PEG6000 في وسط النمو، حيث تراجمت نسبة الإنبات % مع تراجع الجهد الحلولي لوسط الإنبات (0، -0.2، -0.4، -0.6، -0.8 MPa) بمعدلات (60.37، 66.67، 91.11، 52.78، 15.93% على الترتيب)، كما تراجمت سرعة الإنبات بالقيم (1.95، 1.40، 1.26، 1.07، 0.31 على الترتيب)، كما تراجمت كل من طول الجذير والسويقة لجميع الطرز مع تراجع الجهد الحلولي للوسط، وكان معدل التراجع في طول السويقة أعلى، واعتبر الجهد -0.6 MPa الجهد الأنسب لغربة الطرز كون طول البادرة قد تناقص عنده بحدود 50%، ثم زاد التراجع بشكل حاد عند الجهد -0.8 MPa، كما تباينت استجابة الطرز المدروسة للإجهاد الحلولي وأمكن بناءً على مؤشري تحمل الجفاف النسبي وبالاعتماد على مخطط التوزيع Z.distribution اعتبار الطرز الوراثية Sori-2، Florispan، Batem 2025، NC-7، الأكثر تحملاً للإجهاد، وبالتالي يمكن اختيارها للزراعة في البيئات الأكثر عرضة لظروف نقص المياه مقارنةً مع الطرز الأخرى، في حين وجد أن الطرز Sahel، Sori-1، Gom-4، Gazipaza كانت الأكثر حساسية للإجهاد الحلولي.

الكلمات المفتاحية: الإجهاد الحلولي، بولي إيثيلين غليكول PEG6000، مرحلة الإنبات، البادرة، الفول السوداني.

المقدمة:

ينتمي الفول السوداني *Arachis hypogaea* L. إلى الفصيلة البقولية، ويعد إلى جانب فول الصويا واللفت الزيتي من أهم البذور الزيتية في العالم (Edde, 2022). ويزرع في أكثر من 120 دولة حول العالم، ويأتي 90% من إنتاجه في الدول النامية (NRCS-USDA, 2023). وفي سوريا زرع الفول السوداني في العام 2023 بمساحة 6106 هكتار أنتجت 19721 طناً بمرود

بلغ 3230 كغ/هـ (المجموعة الإحصائية الزراعية السورية، 2023). وتواجه زراعة الفول السوداني تحديات كبيرة نتيجةً للتغيرات المناخية، حيث تجعل هذه العوامل نباتات الفول السوداني أكثر عرضة لظروف بيئية معينة وخاصةً الجفاف، مما يؤثر على إنتاج المحصول. ويعد الجفاف وما يسببه من شح لمصادر الري أحد أكثر العوامل البيئية تقييداً لإنتاجية المحاصيل في أغلب دول العالم، وقد أظهر تواتر دورات الجفاف العالمي اليوم اتجاهاً نحو زيادة شدته وبفترات زمنية أطول، وامتداد تأثيره لمساحات أكبر (Negis و Kahraman، 2021). بالإضافة إلى ذلك، من المتوقع أن يستمر تواتر الجفاف العالمي وشدته في التقدم إلى مستويات أكثر حدة خلال الثلاثين إلى التسعين عاماً القادمة (Dai، 2013).

اعتبر Dawadi وآخرون (2019) أن الفول السوداني من أكثر المحاصيل الزيتية حساسية لنقص المياه، إذ يؤدي الجفاف إلى خسارة كبيرة في محصول الفول السوداني خاصةً خلال مرحلتي الإزهار وتشكل القرون، كما يقلل الجفاف من إنبات البذور وقوتها ويعيق امتصاص بعض العناصر المعدنية، ويقلل من تكوين العقد ونشاط اختزال النترات (Balota وآخرون، 2024). ويسبب الجفاف خسارة سنوية تقدر بـ 20% من المحصول، وفي السنوات الجافة في الولايات المتحدة سجلت خسارة حوالي 50 مليون دولار في محصول الفول السوداني، وبلغت الخسائر السنوية في إنتاج الفول السوداني العالمي الناجم عن الجفاف في السنوات الأخيرة حوالي ستة ملايين طن (Kumar وآخرون، 2024).

وبناءً على ذلك بدأت برامج تربية لتحسين مقاومة الطرز المختلفة من الفول السوداني للجفاف، إذ أنه لتحقيق إنتاج مستدام للفول السوداني، من الضروري تحديد الطرز الوراثية المحتملة للجفاف، إلا أن تقييم الاستجابة السريع والدقيق للطرز المختلفة يتطلب مساحات كبيرة من الأراضي والموارد مختلفة والوقت والتكلفة العالية، لذا، فإن آلية الغرلة المخبرية السريعة ستكون مفيدة في اختيار طرز وراثية متحملة للجفاف مناسبة لبرامج التربية (Saibari وآخرون، 2025). يستخدم بولي إيثيلين غليكول (PEG) لإحداث ضغط أسموزي اصطناعي، وهو مركب خامل غير أيوني، وبسبب وزنه الجزيئي المرتفع لا ينفذ إلى الخلايا النباتية وبالتالي ليس له أي أثر سمي (Basal وآخرون، 2020)، وتحافظ جزيئاته على نفس الجهد المائي طوال فترة التجربة، ويستخدم بشكل شائع في ظروف المخبر لفحص وغرلة الأصناف المحتملة للجفاف في مرحلتي الإنبات والنمو المبكر للبادرة (Ghosh وآخرون، 2020). ويمكن استخدام دراسات الإنبات لتحديد مدى تكيف نوع معين مع إجهاد الجفاف، بالإضافة إلى تأثير الإجهاد على خصائص الإنبات، مما قد يكون مفيداً في اتخاذ القرارات المتعلقة بالزراعة في ظروف الإجهاد المائي. وقد استخدم إنبات البذور في محلول البولي إيثيلين غليكول (PEG) بنجاح كمؤشر على ظروف تحمل الجفاف (Guo وآخرون، 2022)، وقد ثبت إمكانية اعتماد هذه التقنية في العديد من المحاصيل، حيث وجد ارتباط إيجابي بين تحمل النبات الكامل للجفاف في الظروف الحقلية وبين إنبات البذور في الظروف المخبرية، بمعنى أن النبات المتحمل للإجهاد خلال مرحلة الإنبات يكون بالضرورة متحملاً خلال مراحل النمو اللاحقة (Wang وآخرون، 2022)، وقد أثبت ذلك في الشوندر السكري (عباس، 2011)، وفي دوار الشمس (Geetha وآخرون، 2012)، وفي الذرة البيضاء (Yohannes وآخرون، 2014)، وفي القمح (الرجو وآخرون، 2020)، وفي الحمص (حميد وآخرون، 2022).

درس Preethi وآخرون (2025) تأثير الجهد الأسموزي المحدث بالبولي إيثيلين غليكول (0، -0.3، -0.4، -0.5، -0.6 MPa) في وسط إنبات 15 طراز وراثي من الفول السوداني، ف لوحظ وجود فروق كبيرة في نسبة الإنبات وأطوال الجذيرات والسويقات وقوة البذور عند المستويات المختلفة من الإجهاد، كما كان هناك تفاعل معنوي بين الطرز الوراثية ومستويات PEG لجميع الصفات المدروسة، وأظهرت نسبة الإنبات وجميع صفات البادرات انخفاضاً أكبر مع زيادة تركيز PEG مقارنةً بوسط الماء العذب. واستنتج

أن الجهد الأمثل لـ PEG₆₀₀₀ هو -4 بار (0.4- MPa) لاختبار طرز الفول السوداني لتحملها للإجهاد المائي في الظروف المخبرية حيث أظهرت نتائج الإنبات وجميع صفات البادرات انخفاضاً بنسبة تزيد عن 50% مقارنةً بالشاهد (الماء العذب). وجد Lezcano وآخرون (2019) في نبات فول الصويا أن الجهد -0.6 MPa الناتج عن استخدام البولي إيثيلين غليكول يمنع إنبات البذور بشكل كبير ويعيق نمو البادرات، مع وجود تباين واضح بين الأصناف في ذلك.

كما درس Guna وآخرون (2025) استجابة عدة أصناف من الفول السوداني للجفاف المستحدث بالبولي إيثيلين غليكول (10، 15، 20، 25%)، ولاحظ وجود تباينات في طبيعة تحملها للجفاف خلال مرحلة الإنبات والبادرات بعمر 15 يوم، حيث تراوحت نسبة الإنبات بين 80.66 و 90.40%، كما تراجع نسبة الإنبات من 99.93% في الشاهد و 60.67% عند النمو في وسط من 25% PEG.

بناءً على ما سبق فقد هدف هذا البحث إلى غرلة 10 طرز وراثية من الفول السوداني للإجهاد الطولي المصطنع بمركب بولي إيثيلين غليكول (PEG₆₀₀₀) مخبرياً، من خلال دراسة تأثيره في بعض مؤشرات الإنبات والنمو المبكر للبادرة، وبالتالي إمكانية تصنيف الطرز إلى متحملة وحساسة خلال مرحلة الإنبات.

مواد البحث وطرائقه:

نفذ هذا البحث في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، مركز بحوث حمص خلال العام 2025، بهدف تقييم أداء عشرة طرز وراثية من الفول السوداني (صنفان محليان Sori-1 و Sahel، وصنف معتمد Sori-2، وسلالة مطفرة من صنف محلي Sori 9/25، وسلالة مصرية Giza-6 وخمس سلالات تركية: Florispan، NC-7، Batem 2025، Gom-4، Gazipzaz). تم تعقيم البذار سطحياً باستخدام محلول هيبو كلوريد الصوديوم بتركيز 2% لمدة دقيقة واحدة، ثم غسلت البذور بعد ذلك بالماء المقطر ثلاث مرات، ثم زرعت في أطباق بتري فوق أوراق الترشيح Whatman paper، بمعدل 18 بذرة في الطبق، وبثلاثة مكررات. ثم رطبنا أوراق الترشيح بمحاليل محضرة من بولي إيثيلين غليكول (PEG₆₀₀₀) لإحداث عدة جهود حلوية Osmotic potential في وسط النمو (-0.2، -0.4، -0.6، -0.8 MPa) بمعدل 12 مل لكل طبق، بالإضافة إلى أطباق احتوت على ماء مقطر فقط (0.0 MPa)، اعتبرت كشاهد طيلة فترة التجربة. غطيت أطباق بتري، منعاً لفقد الماء بالتبخر، ووضعت مدة عشرة أيام في الظلام على درجة حرارة الغرفة (ISTA, 1976).

اعتبرت البذرة نابتة عند اختراق الجذير لغلاف البذرة بمقدار 2 ملم (Manojkumar وآخرون، 2024). وأخذت القراءات التالية:

1. النسبة المئوية للإنبات: بتعداد البذور النابتة إنباتاً طبيعياً بعد 6، 8، 10 يوماً (ISTA, 1976).
2. سرعة الإنبات: تم تحديدها باستخدام مؤشر النشاط Vigor index (Pezzani and Montana, 2006).

$$VI = \sum \left(\frac{NX}{DX} \right)$$

حيث NX: عدد البذور المنبته حتى اليوم X، DX: عدد الأيام من بداية اختبار الإنبات وحتى اليوم X.

3. طول الجذير والسويقة الجنينية (ملم): في نهاية فترة الاختبار تم قياس طول كل من الجذير والسويقة الجنينية بمسطرة مدرجة، ثم حسبت نسبة الانخفاض في الطول مقارنةً بالشاهد كنسبة مئوية.

4. تقييم التحمل النسبي للإجهاد: تم تقييم تحمل الطرز الوراثية للإجهاد الطولي باستخدام مؤشرين يستخدمان لتقييم تحمل الجفاف بشكل كمي (Maiti وآخرون، 1996): الأول (RDTI1) يعتمد على عدد البذور المنبته ويعرف بأنه نسبة عدد البذور النابتة

تحت جهد حلولي معطى إلى عدد البذور النابتة في الماء المقطر. والثاني (RDTI2) يعتمد على سرعة الإنبات ويعرف على أنه النسبة بين سرعة الإنبات تحت إجهاد حلولي معطى إلى سرعة الإنبات في ماء مقطر. ثم تم توزيع الطرز إلى متحملة وحساسة باستخدام التوزيع الإحصائي Z-distribution.

صممت التجربة المخبرية وفق التصميم العشوائي الكامل CRD، وبثلاثة مكررات. وتم تحليل التباين لجميع الصفات المدروسة وحساب قيمة أقل فرق معنوي ومقارنة المتوسطات عند مستوى احتمالية 0.01.

النتائج والمناقشة:

1. تأثير الجهد الحلولي المصطنع باستخدام بولي إيثيلين غليكول في نسبة الإنبات (%):

تأثرت نسبة إنبات الطرز الوراثية للقول السوداني سلباً مع انخفاض الجهد الحلولي لوسط النمو، حيث تناقصت معنوياً ($P \leq 0.01$) مع زيادة تركيز (PEG₆₀₀₀) في وسط النمو، فتراوحت قيمتها في الشاهد (0 MPa) بين 87.04 و 96.30 % دون وجود فروق معنوية بينها، وبلغت بالمتوسط 91.11 %، وتراجعت عند الجهود الحلولية (0.2، -0.4، -0.6، -0.8) MPa فبلغت على التوالي القيم التالية (66.67، 60.37، 52.78، 15.93 %)، (الجدول، 1). كما تباينت استجابة الطرز للجهود الحلولية المختلفة فقد تفوق الصنف Sori-2 في نسبة إنباته النهائية (بعد 10 أيام) في متوسط جميع مستويات الجهد الحلولي لوسط النمو بفروق معنوية على بقية الطرز (67.41 %)، ماعدا الطرازين Florispan و NC-7 واللذين بلغت نسبة إنباتهما (66.30، 62.96 %) على التوالي، وكانت الفروق بين الطرازين الأخيرين والطرز Batem2025 غير معنوية أيضاً. وبالمقابل تدنت نسبة الإنبات بالمتوسط عند الطرز Sahel و Gom-4 و Gazipaza فبلغت (52.96، 50.74، 48.89 %) على التوالي. ويلاحظ انخفاض كبير في نسبة إنبات الطرازين Gom-4 و Gazipaza عند الجهد 0.8 MPa فبلغت 1.85 % فقط، وبالتالي يمكن اعتباره مستوى مثبط لإنبات هذه الطرز، بينما حققت الطرز Florispan و Sori-2 و NC-7 أعلى نسبة إنبات عند الجهد 0.8 MPa وبلغت (29.63، 27.78، 24.07 %) على التوالي.

الجدول (1): تأثير الجهد المحدث بالبولي إيثيلين غليكول في نسبة الإنبات % لبذور الفول السوداني نهاية فترة الاختبار بعد 10 أيام

متوسط (G)	الجهد الحلولي (OP) MPa					الطرز الوراثي (G)
	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0	
54.07cd	11.11	46.30	59.26	61.11	92.59	Sori-1
67.41a	27.78	61.11	74.07	81.48	92.59	Sori-2
55.56c	14.81	57.41	57.41	61.11	87.04	Sori9/25
66.30ab	29.63	62.96	68.52	74.07	96.30	Florispan
62.96ab	24.07	61.11	62.96	72.22	94.44	NC-7
53.70cd	14.81	50.00	55.56	61.11	87.04	Giza-6
61.11b	22.22	61.11	62.96	68.52	90.74	Batem2025
52.96cde	11.11	48.15	55.56	61.11	88.89	Sahel
50.74de	1.85	42.59	53.70	62.96	92.59	Gom-4
48.89e	1.85	37.04	53.70	62.96	88.89	Gazipaza
-	15.93e	52.78d	60.37c	66.67b	91.11a	متوسط (OP)

LSD_{0.01} (G)=4.499 LSD_{0.01} (OP)=3.181 LSD_{0.01}(G*OP)=10.059 CV=8.2%

2. تأثير الجهد الحلولي المصطنع بالبولي إيثيلين غليكول في سرعة الإنبات:

أثر الجهد الحلولي المنخفض لوسط الانبات سلباً في سرعة الانبات (الجدول، 2) حيث بلغت قيمتها في الشاهد 1.95، وتناقصت معنوياً بالقيم (1.40، 1.26، 1.07، 0.31) مع تراجع الجهد الحلولي للوسط (-0.2، -0.4، -0.6، -0.8) MPa على التوالي. وكانت الفروق بين الطرز الوراثية معنوية، حيث حقق Sori-2 و Florispan أعلى متوسط سرعة انبات (1.43، 1.40) دون وجود فروق معنوية بينهما، تلاهما NC-7 (1.32)، في حين كانت أقل سرعة إنبات عند الطرز Sahel، Gome-4، Gazipaza بالقيم (1.10، 1.04، 1.01) على التوالي.

لوحظ أن الفروق في سرعة إنبات الطرز جميعها عند الشاهد (0 MPa) كانت غير معنوية وتراوحت بين (1.83، 2.01)، ومع تراجع الجهد الحلولي لوسط النمو بدأت تظهر الفروق بين الطرز، وكانت أكثر وضوحاً عند الجهد (-8 MPa)، حيث حافظت بعض الطرز على سرعة إنبات مقبولة فيما كان هذا المستوى مثبطاً لإنبات الطرازين Gome-4 و Gazipaza حيث لم تتجاوز سرعة الإنبات 0.3.

الجدول (2): تأثير الجهد الحلولي المحدث بالبولي إيثيلين غليكول في سرعة الإنبات

متوسط (G)	الجهد الحلولي (OP) MPa					الطرز الوراثي (G)
	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0	
1.12d	0.20	0.93	1.22	1.27	1.99	Sori-1
1.43a	0.57	1.29	1.58	1.73	2.01	Sori-2
1.14d	0.28	1.15	1.18	1.27	1.83	Sori9/25
1.40ab	0.60	1.31	1.46	1.58	2.04	Florispan
1.32bc	0.48	1.26	1.33	1.53	2.01	NC-7
1.12d	0.28	0.99	1.13	1.26	1.92	Giza-6
1.27c	0.42	1.29	1.31	1.44	1.92	Batem2025
1.10de	0.20	0.94	1.14	1.27	1.94	Sahel
1.04de	0.03	0.81	1.11	1.31	1.93	Gom-4
1.01e	0.03	0.69	1.11	1.31	1.93	Gazipaza
-	0.31e	1.07d	1.26c	1.40b	1.95a	متوسط (OP)
LSD _{0.01} (G)=0.103 LSD _{0.01} (OP)=0.073 LSD _{0.01} (G*OP)=0.231 CV=9.0%						

نستنتج مما سبق أن تراجع الجهد الحلولي لوسط النمو (زيادة شدة الإجهاد) أدى إلى تراجع كلاً من نسبة وسرعة الإنبات، ويعود ذلك إلى قلة قدرة البذور على امتصاص الماء بسبب شد جزئيات بولي إيثيلين غليكول وبالتالي إطالة الزمن اللازم لاكتمال مرحلة التشرب وبدء خروج الجذير مما يؤدي إلى تراجع سرعة الإنبات (Nikale وآخرون، 2022). أكثر من ذلك يؤثر تراجع كمية المياه الممتصة سلباً في نشاط الأنزيمات المحللة للمدخرات الغذائية المعقدة والمخزنة في البذور، وتحويلها إلى مركباتها الأبسط والتي لها دور مهم في نمو المحور الجنيني، مما يؤدي إلى تراجع معدل انقسام واستطالة وتمايز خلايا المحور الجنيني إلى جذير وسويقة جنينية، مما يمنع من اكتمال عملية الإنبات وبالتالي انخفاض نسبتها. وانققت النتائج مع Guo وآخرون (2024) الذي وجد تراجعاً حاداً في نسبة الإنبات في الجهود الحلولية المنخفضة أقل من -0.6 ميغا باسكال، كذلك وجد Xu وآخرون (2015) أن الجهد - 0.8 MPa يؤدي إلى تراجع كبير في نسبة الإنبات، في حين وجد Kokkanti و Rayalacheruvu (2019) أن تراجع الجهد الحلولي من 0 إلى مستويات معتدلة (-0.2 و -0.4 MPa) يؤدي إلى تراجع محدود في نسبة الإنبات، وتحتمل بعض الأصناف مستويات بين -0.8 و -1 MPa، ولا تثبت أي بذرة عند جهود أخفض من ذلك (مستويات إجهاد مرتفعة > -1.4 MPa). ويعكس

هذا التباين في النتائج تباين استجابة الطرز المختلفة من الفول السوداني للإجهاد وهو ما تم الوصول له في الدراسة الحالية. وبشكل عام نستنتج أن الطرز التي تحملت الجهود الحولية المنخفضة وكانت نسبة إنباتها أعلى فإنه بالضرورة تكون سرعة إنباتها أعلى، وهذا يشير إلى قوة الطراز الوراثي ونشاطه حتى تحت تأثير مستوى إجهاد عالي بالمقارنة مع بقية الطرز المختبرة، وتتوافق هذه النتائج مع نتائج Nikale وآخرون، (2022) حيث وجد انخفاض سرعة الإنبات عند انخفاض الجهد الحولي لوسط النمو، ويعود ذلك إلى تأخير إنبات البذور نتيجة تباطؤ حركة المياه من وسط النمو إلى البذور.

3. تأثير الجهد الحولي المحدث باستخدام بولي إيثيلين غليكول في طول الجذير والسويقة الجذرية:

تراجع طول الجذير لبادرات الفول السوداني مع تناقص الجهد الحولي لوسط النمو حيث بلغ طول الجذير بالمتوسط لجميع الطرز عند الشاهد 40.87 ملم، ثم انخفضت إلى 38.18، 35.26، 25.37، 10.43 ملم عند الجهود الحولية (0.2-)، (-0.4-)، (0.6، -0.8 MPa). كما أظهرت الطرز المدروسة فروقاً معنوية فيما بينها في مؤشر طول الجذير حيث تفوق الطرز Sori-2 و Florispan بالمتوسط (35.00، 35.35 ملم) على التوالي، في حين كان أقل طول للجذير عند الطرز Gome-4، Sori-1، Sahel، Gazipaza، وبلغ بالمتوسط (27.40، 26.95، 26.66، 24.44 ملم) على التوالي (الجدول، 3).

الجدول (3): تأثير الجهد الحولي المحدث باستخدام PEG لوسط النمو في طول الجذير (ملم) في طرز الفول السوداني

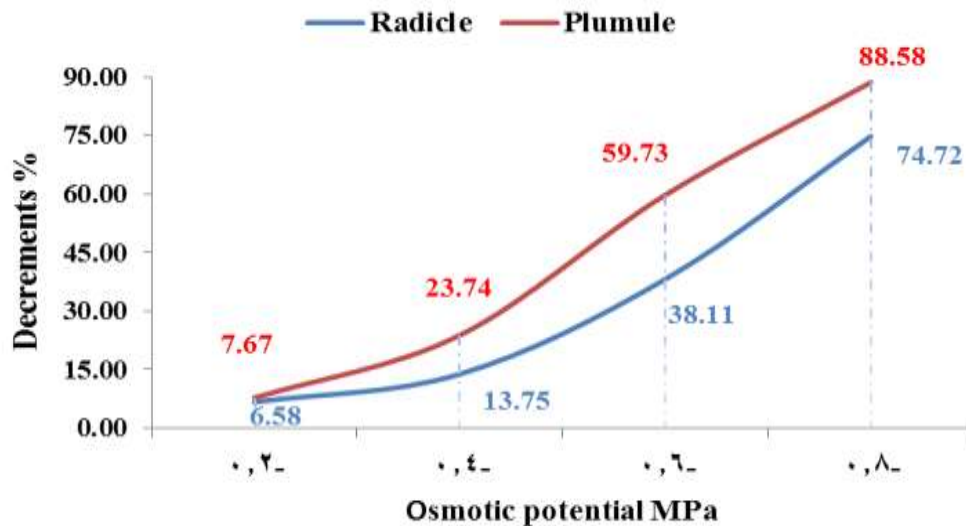
متوسط (G)	الجهد الحولي (OP) MPa					الطرز الوراثي (G)
	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0	
26.95ef	4.06	21.45	33.28	36.64	39.33	Sori-1
35.00a	23.01	33.59	37.88	39.17	41.33	Sori-2
30.92bc	10.84	27.00	35.35	39.43	42.00	Sori9/25
35.35a	22.46	33.93	38.55	39.50	42.33	Florispan
33.08ab	18.31	30.79	36.96	38.34	41.00	NC-7
29.99cd	8.68	23.59	35.42	39.93	42.33	Giza-6
30.40c	12.22	27.21	35.01	37.55	40.00	Batem2025
26.66ef	3.31	20.76	33.24	36.65	39.33	Sahel
27.40de	1.07	19.23	35.58	38.80	42.33	Gom-4
24.44f	0.32	16.13	31.31	35.80	38.67	Gazipaza
-	10.43e	25.37d	35.26c	38.18b	40.87a	متوسط (OP)
LSD _{0.01} (G)=2.594, LSD _{0.01} (OP)=1.834 LSD _{0.01} (G*OP)=5.799, CV=9.0%						LSD _{0.01}

بشكل مماثل تراجع طول السويقة في بادرات الفول السوداني مع تناقص الجهد الحولي لوسط النمو حيث بلغ طولها بالمتوسط لجميع الطرز عند الشاهد 31.39 ملم، ثم انخفضت إلى 29.00، 23.98، 12.81، 3.73 ملم عند الجهود الحولية (-0.2، -0.4، -0.6، -0.8 MPa) على التوالي. كذلك أظهرت الطرز فروقاً معنوية فيما بينها في مؤشر طول السويقة حيث تفوقت الطرز Sori-2، NC-7، Florispan بالمتوسط (24.94، 23.67، 23.32 ملم) على التوالي، في حين كان أقل طول للسويقة عند الطرز Sori-1، Sahel، Gazipaza، Gome-4، وبلغ بالمتوسط (18.34، 17.62، 17.61، 16.69 ملم) على التوالي (الجدول، 4).

الجدول (4): تأثير الجهد الحلوي المحدث باستخدام PEG لوسط النمو في طول السويقة (ملم) في طرز الفول السوداني

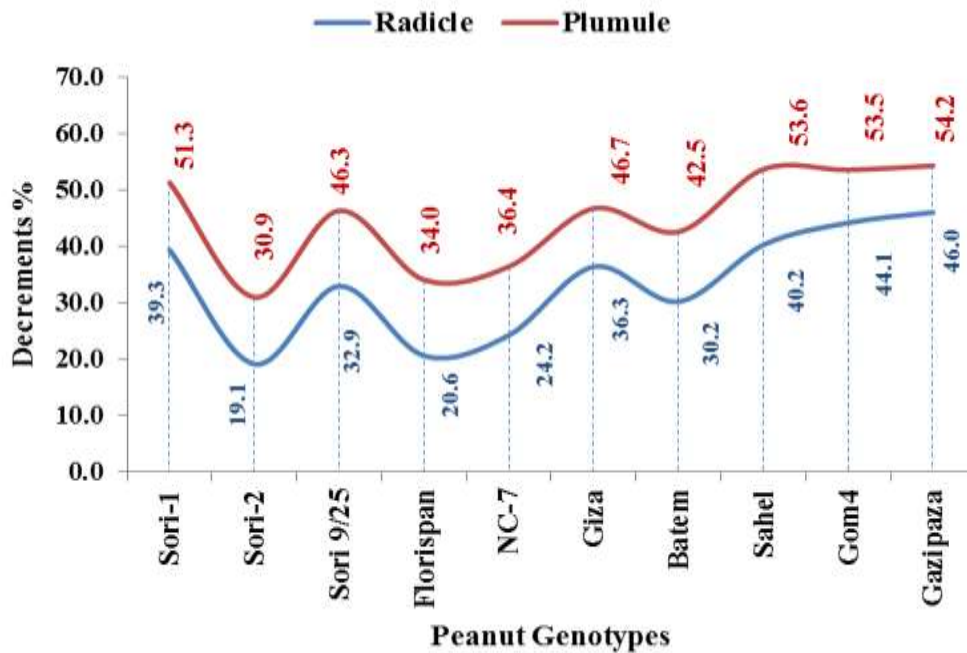
متوسط (G)	الجهد الحلوي (OP) MPa					الطرز الوراثي (G)
	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0	
18.34cd	1.61	6.95	23.44	28.61	31.08	Sori-1
24.94a	11.32	21.95	27.37	31.00	33.08	Sori-2
19.48bc	2.78	12.84	22.16	28.72	30.91	Sori9/25
23.32a	8.06	20.66	26.30	29.57	32.03	Florispán
23.67a	7.48	19.70	27.01	30.82	33.33	NC-7
19.23bc	1.83	12.27	22.69	28.67	30.69	Giza-6
20.95b	3.08	16.25	24.32	29.37	31.71	Batem2025
17.61cd	1.01	4.66	23.14	28.40	30.82	Sahel
16.69d	0.17	6.01	21.69	26.37	29.19	Gom-4
17.62cd	0.00	6.82	21.72	28.45	31.12	Gazipaza
-	3.73e	12.81d	23.98c	29.00b	31.39a	متوسط (OP)
LSD _{0.01} (G)=2.200, LSD _{0.01} (OP)=1.556 LSD _{0.01} (G*OP)=4.919, CV=11.4%						LSD _{0.01}

تباينت معدلات التناقص في أطوال البادرات للطرز الوراثية مع تراجع الجهد الحلوي لوسط النمو، حيث يوضح الشكل (1) أن طول الجذير تناقص بالنسبة (6.58، 13.75، 38.11، 74.72، 88.58%)، وطول السويقة تناقص بالنسبة (7.67، 23.74، 59.73، 88.58%) على التوالي عند الجهود (-0.2، -0.4، -0.6، -0.8 MPa) على التوالي. وبالتالي يمكن اعتبار المستوى -0.6 MPa الجهد الأمثل لاختبار تأثير الإجهاد على طرز الفول السوداني، إذ تناقص طول البادرة (جذير وسويقة) بحدود 50%، ثم تراجع طولها بشكل حاد عند الجهد -0.8 Mpa وبلغ أكثر من 80%.



الشكل (1): معدلات التناقص في أطوال الجذير والسويقة الجينية عند الجهود الحلوية (-0.2، -0.4، -0.6، -0.8 MPa)

كما يوضح الشكل (2) معدلات التناقص في طول البادرة للطرز المدروسة حيث وجد أن أقل معدلات التناقص كانت في الطرز Sori-2، Florispán، NC-7 فبلغت للجذور (19.1، 20.6، 24.2%) وللسويقات (30.9، 34.0، 36.4%) على التوالي. في حين كانت معدلات التناقص الأعلى للطرز Sori-1، Sahel، Gome-4، Gazipaza فتراوحت بين 39.3-46.0% للجذور و 51.3-54.2% للسويقات.



الشكل (2): معدلات التناقص في أطوال الجذير والسويقة الجينية لطرز الفول السوداني العشرة عند متوسط الجهود الحلوية

إن عملية تطاول الجذير والسويقة بعد إنبات البذور تنتج بالأساس عن الانقسام الخلوي واستطالة الخلايا، ويفسر التناقص في تطاولها بسبب تأثير الخلايا الميرستيمية للجذير والسويقة بتراجع ضغط الامتلاء تحت ظروف الاجهاد، ما يؤثر سلباً في عملية الانقسام الخلوي وتوقفها عند مستويات معينة (Hellal *et al.*, 2018). ونستنتج من الشكلين (1 و 2) أن معدل التراجع في طول السويقة كان أعلى من معدل التراجع في طول الجذير، ويتوافق ذلك مع دراسة Manojkumar وآخرون (2024). وبالتالي يمكن لطول السويقة أن يكون مؤشراً هاماً لغربلة الطرز الوراثية الحساسة، كما اتفقت هذه النتائج مع العديد من الدراسات السابقة وفي محاصيل مختلفة مثل الحمص (Awari and Mate, 2015)، والباذلاء (Okcu *et al.*, 2005)، والكنبوا (AlJbawi *et al.*, 2020). في جميع الدراسات السابقة تراجع نمو البادرة مع تراجع الجهد الحلوي لوسط النمو. كذلك لوحظ أن زيادة مستويات الإجهاد المائي تسبب تأخير بزوغ بادرات النبات كنتيجة لتناقص انقسام الخلايا والعمليات الاستقلابية داخل النبات.

4. تقييم تحمل الطرز الوراثية النسبي للجفاف:

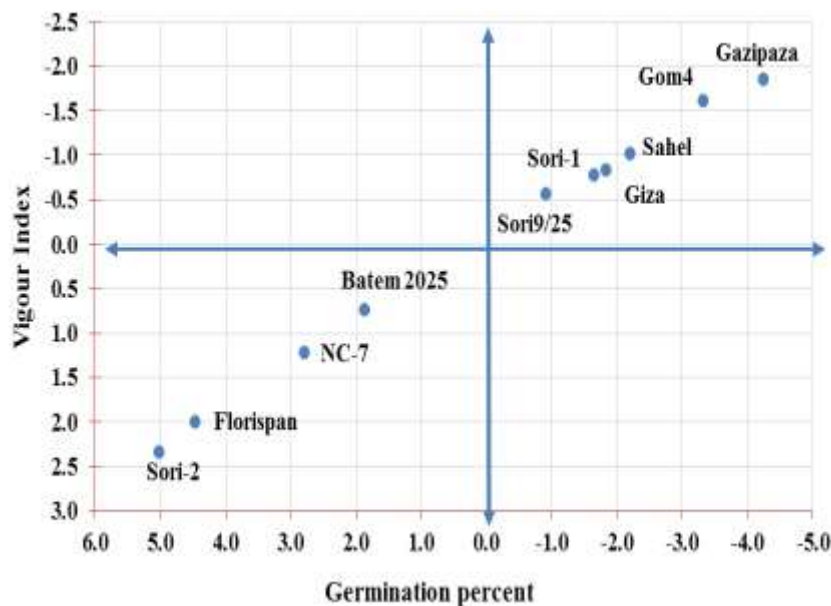
أظهرت نتائج تحليل مؤشر تحمل الجفاف الأول (RDTI1) وجود فروق معنوية ($P \geq 0.01$) بين مستويات الجهد الحلوي لجميع الطرز، حيث انخفضت قيم هذا المؤشر مع زيادة الجهد من -0.2، -0.4، -0.6، -0.8 MPa على الترتيب كما يلي: 0.73، 0.66، 0.58، 0.17، كما تم الحصول على فروق معنوية بين الطرز تحت مختلف مستويات الجهد الحلوي، وامتلكت الطرز Sori-2، NC-7، Batem 2025، Florispan، أعلى القيم (0.66، 0.61، 0.59، 0.58) مقارنةً ببقية الطرز، أما أقل الطرز بالنسبة لهذا المؤشر فكانت Sori-1، Gom-4، Gazipaza (0.48، 0.44، 0.44)، (الجدول، 5). كذلك تظهر نتائج تحليل مؤشر تحمل الجفاف الثاني RDTI2 اتجاه الاستجابة نفسه حيث انخفضت قيم هذا المؤشر مع زيادة الجهد من -0.2، -0.4، -0.6، -0.8 MPa على الترتيب كما يلي: 0.72، 0.64، 0.55، 0.16، كما تم الحصول على فروق معنوية بين الطرز تحت

مختلف مستويات الجهد الحلوي، فامتلكت الطرز Sori-2، Florispan، Batem 2025، NC-7 أعلى القيم (0.64، 0.61، 0.58، 0.57) مقارنةً ببقية الطرز، أما أقل الطرز بالنسبة لهذا المؤشر فكانت Sori-1، Gom-4، Gazipaza (0.45، 0.42، 0.41)، (الجدول، 5). ويؤكد هذه النتائج توزيع الطرز حسب تحملها بناءً على مؤشري نسبة الإنبات وسرعته (الشكل، 3) الذي يوضح أن أكثر الطرز تحملاً على الترتيب هي: Sori-2، Florispan، Batem 2025، NC-7 (حيث وقعت في الجزء الموجب من مخطط التوزيع)، فيما كانت الطرز الأكثر حساسية Gazipaza، Gom-4، Sahel (والتي وقعت في أقصى الجزء السالب من مخطط التوزيع).

الجدول (5): معدل سرعة الإنبات (RDTI 1) ومعدل عدد البذور النابتة (RDTI 2) لطرز الفول السوداني تحت مستويات مختلفة من

جهد الوسط الحلوي المحدث باستخدام PEG

الجهد الحلوي (MPa) (OP)												الطرز الوراثي (G)
RDTI2						RDTI1						
الترتيب	متوسط (G)	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	الترتيب	متوسط (G)	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	
8	0.45de	0.10	0.47	0.61	0.64	8	0.48de	0.12	0.50	0.64	0.66	Sori-1
1	0.64a	0.28	0.64	0.79	0.86	1	0.66a	0.30	0.66	0.80	0.88	Sori-2
5	0.54bc	0.15	0.65	0.66	0.70	5	0.56bc	0.17	0.68	0.67	0.71	Sori9/25
2	0.61ab	0.30	0.64	0.72	0.77	2	0.61ab	0.31	0.65	0.71	0.77	Florispan
4	0.57b	0.24	0.63	0.66	0.76	4	0.58b	0.26	0.65	0.67	0.77	NC-7
6	0.48cd	0.14	0.52	0.59	0.66	6	0.52cd	0.17	0.58	0.64	0.70	Giza-6
3	0.58ab	0.22	0.67	0.68	0.75	3	0.59b	0.25	0.67	0.69	0.76	Batem2025
7	0.46de	0.10	0.48	0.59	0.66	7	0.49de	0.13	0.54	0.63	0.69	Sahel
9	0.42de	0.02	0.42	0.58	0.68	9	0.44e	0.02	0.46	0.58	0.68	Gom-4
10	0.41e	0.02	0.36	0.57	0.68	10	0.44e	0.02	0.42	0.61	0.71	Gazipaza
	-	0.16d	0.55c	0.64b	0.72a	-	-	0.17e	0.58c	0.66b	0.73a	متوسط (OP)
LSD _{0.01} (G)=0.065, LSD _{0.01} (OP)=0.041 LSD _{0.01} (G*OP)=0.129, CV=11.6%						LSD _{0.01} (G)=0.059, LSD _{0.01} (OP)=0.038 LSD _{0.01} (G*OP)=0.119, CV=10.2%						LSD _{0.01}



الشكل (3): توزيع طرز الفول السوداني إلى متحملة، وحساسية للإجهاد الحلوي حسب نتائج التحليل الإحصائي Z-distribution

الاستنتاجات والمقترحات:

أظهرت النتائج السابقة تراجع نسبة الإنبات وسرعته، وكذلك تراجع طول البادرة مع انخفاض الجهد الحلولي لوسط النمو، كما أظهر تحليل مؤشري الجفاف المدروسين وتوزيع الطرز Z-distribution تباين الطرز الوراثية للفول السوداني في تحملها للإجهاد خلال مرحلة الإنبات. وأمكنا تصنيف الطرز تبعاً لتحملها للإجهاد الجفافي في مرحلة الإنبات على النحو الآتي:

- الطرز الأكثر تحملاً للإجهاد: Sori-2، Florispan، Batem 2025، NC-7. وهي الطرز التي حققت الترتيب 1 إلى 4 بالنسبة لمؤشري تحمل الجفاف، وتوضعت في القطاع الموجب لمحوري مخطط التوزيع z-distribution
- الطرز الوراثية الأكثر حساسية: Gazipaza، Gom-4، Sori-1، Sahel، وهي الطرز التي أخذت الترتيب 7 إلى 10 بالنسبة لمؤشري تحمل الجفاف، وتوضعت في أقصى القطاع السالب لمحوري مخطط التوزيع Z-distribution.
- الطرز الوراثية متوسطة التحمل: وتمثل بقية الطرز (Sori 9/25، Giza-6).

بناءً على ما سبق نقترح إجراء المزيد من الدراسات لمعرفة استجابة هذه الطرز للإجهاد الجفافي تحت الظروف الحقلية، عند مراحل أخرى من النمو الخضري وحتى مرحلة النبات الكامل، لتأكيد النتائج التي تم التوصل إليها، بحيث تلائم ما يتعرض له المحصول عند زراعته في القطر العربي السوري، وإمكانية الاستفادة من الطرز المتحملة كسلالات أبوية في برامج التربية التي تتم بغرض تحسين التحمل للجفاف.

المراجع:

حميد، ريم وفيصل بكور وفادي عباس (2022). غريلة 15 طرازاً وراثياً من الحمص *Cicer arietinum* L. للإجهاد الحلولي المصطنع بمركب بولي ايتيلين غليكول (PEG6000) مخبرياً. المجلة السورية للبحوث الزراعية. 9 (2): 250-263.

الرجو، سامي وأحمد مهنا وفادي عباس (2020). غريلة أصناف من القمح القاسي والطرز لتحمل الإجهاد المائي في طور البادرة بتقنية التحريض. مجلة جامعة حمص للعلوم الهندسية. 42 (15): 135-160.

عباس، فادي (2011). استجابة طرز من الشوندر السكري للإجهاد الجفافي والملحي وتقدير التفاعل الوراثي البيئي لبعض الصفات الإنتاجية والنوعية. رسالة دكتوراه. جامعة حمص. 211 ص.

المجموعة الإحصائية الزراعية السورية (2023). وزارة الزراعة، سوريا. قسم الإحصاء والتخطيط.

Al-Jbawi, E; Fadi Abbas, and Thamer Al-Huniesh (2020). Effect of Water Stress on Germination Process and Initial Seedling Growth of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Research Journal of Science – RJS 1(1): 1-9.

Awari VR and S.N Mate (2015). Effect of drought stress on early seedling growth of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Life Sciences International Research Journal. 2(2):356-361.

Balota, M.; Sarkar, S., Bennett, R.S.; Burow, M.D. (2024). Phenotyping Peanut Drought Stress with Aerial Remote-Sensing and Crop Index Data. Agriculture 2024, 14, 565. <https://doi.org/10.3390/agriculture14040565>

Basal, O., Szabó, A and S. Veres (2020): PEG-induced drought stress effects on soybean germination parameters, Journal of Plant Nutrition, DOI: 10.1080/01904167.2020.1750638

- Dai A (2013).** Increasing drought under global warming in observations and models. *Nature Climate Change* 3(1):52-58.
- Dawadi, D., Seepaul, R., George, S., Groot, J and D. Wright (2019).** Drought tolerance classification of common oilseed species using seed germination assay. *Journal of Oilseed Brassica*, 10 (2) : 97-105.
- Edde PA (2022).** 13 - Arthropod pests of groundnut *Arachis hypogaea*. *Field Crop Arthropod Pests of Economic Importance*. Academic Press 812-860.
- Geetha A, Sivasankar A, Lakshmi Prayaga, Suresh J and Saidaiah P, (2012).** Screening of sunflower genotypes for drought tolerance under laboratory conditions using PEG. *SABRAO Journal of Breeding Genetics*, 44 (1): 28-41.
- Ghosh, S., Abu Shahed, M.D., and A.H.K Robin (2020).** Polyethylene Glycol Induced Osmotic Stress Affects Germination and Seedling Establishment of Wheat Genotypes. *Plant Breed. Biotech.* 8 (2):174-185.
- Guna, G.D., Hirpara, D.G., Savaliya, D.D and H. P. Gajera (2025).** Evaluation of drought tolerance in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) varieties under PEG-induced Stress using physiological and biochemical markers. *Plant Archives.* 25 (2): 2513-2525.
- Guo, M., Zong, J., Zhang, J., Wei, L., Wei, W., Fan, R., Zhang, T., Tang, Z. and Zhang, G. (2024).** Effects of temperature and drought stress on the seed germination of a peatland lily (*Lilium concolor* var. *megalanthum*). *Frontiers in Plant Science*, 15:1462655.
- Guo, Y., Li, D., Liu, L., Sun, H., Zhu, L, and K. Zhang (2022).** Seed Priming With Melatonin Promotes Seed Germination and Seedling Growth of Triticale hexaploide L. Under PEG-6000 Induced Drought Stress. *Frontiers in Plant Science.* 13: 932912. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.932912> PMID: 35845711
- Hellal, F.A.; H.M. El-Shabrawi; H.M. Abd El-Hady; I.A. Khatab; S.A.A. El-Sayed; and C. Abdelly (2018).** Influence Of PEG induced drought Stress On molecular and biochemical constituents and seedling growth of Egyptian barley cultivars. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology* 16: 203-212.
- I.S.T.A. (1976).** International rules for seed testing. *Seed Science and technology*, Indian Council of Agricultural Research, New Delhi.p.378.
- Kahraman A, Negis IS (2021).** From climate change and biodiversity towards sustainable agriculture. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences.* 35(1):65-70.
- Kokkanti, R. R. and Rayalacheruvu, U. (2019).** Assessment of genetic diversity and effect of PEG induced drought stress on groundnut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes. *International Journal of Current Advance Research*, 8:19200-19205
- Kumar, N.; Haak, D.C., Dunne, J.C.; Balota, M. (2024).** Phenotypic Dissection of Drought Tolerance in Virginia and Carolinas within a Recombinant Inbred Line Population Involving a Spanish and a Virginia Type Peanut Lines. *Agriculture* . 908, 14 <https://doi.org/10.3390/agriculture14060908>
- Lezcano, M.I.D., Almada Vera, V.R., González Segnana, L.R., and U.R. Insfrán (2019).** Effect of different osmotic potentials using polyethylene glycol on the germination and growth of seedlings of three varieties of soybean. *Investig. Agrar.* 21 (1):73-80.

- Maiti, R.K., Maiti L.E., Maiti S., Maiti A.M., Maiti M. and Maiti H. (1996).** Genotypic variability in maize Cultivars (*Zea mays* L.) for resistance to drought and salinity at the seedling stage. *Journal of Plant Physiology*, 148(6): 741-744.
- Manojkumar, K., Vincent, S., Nadaradjan, S., Hemalatha, G. and A. Prem Kumar (2024).** Individual effect of drought and high temperature on seed Germination and seedling growth of groundnut (*Arachis Hypogaea* L.). *Plant Archives*. 24 (2): 2537-2543.
- Nikale, R., Bharud R. and More S. (2022).** Groundnut mother plant exposure to moisture stress and effect of their interaction on germination and seedling growth traits. *Pharmacology journal*, 22(6), 211-224.
- NRCS-USDA (2023).** Soil Health Card. Natural Resources Conservation Service. Retrieved 2025 March 25 from <https://www.nrcs.usda.gov/conservation-basics/natural-resource-concerns/soil/soil-health>
- Okcu, G.; M.D. Kaya; and M. Atak. (2005).** Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). *Turkish journal of agriculture and forestry*. 29(4): 237-242,
- Pezzani, F.; and C. Montana (2006).** Inter-and intra-specific variation in the germination response to light quality and scarification in grasses growing in two-phase mosaics of the chihuahuan desert. *Ann. Bot.*, 97: 1063-1071.
- Preethi, B., Kavera B., Motagi B. N. And Ramesh S. Bhat (2025).** Standardization of optimum Polyethylene Glycol 6000 dose in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) for in vitro screening against induced moisture stress. *J. Farm Sci.*, 38(1): (1-5).
- Saibari, I., Barrija, S., Taoussi, M., Belkadi, N., Lahlali, R and A. Hamim (2025).** Assessment of groundnut mutants for drought tolerance during germination and early seedling development. *Not Sci Biol* 17(2):12498.
- Wang, W., Zhang, C., Zheng, W., Lv, H., Li, J, and B. Liang (2022).** Seed priming with protein hydrolysate promotes seed germination via reserve mobilization, osmolyte accumulation and antioxidant systems under PEGinduced drought stress. *Plant Cell Reports*. 41(11): 2173–2186.
- Xu, Z. P., Wan T., Cai P., Zhang Y. R., Yu J. and Meng C (2015).** Effects of PEG simulated drought stress on germination and physiological properties of *Apocynum venetum* seeds. *Chinese Journal of Grassland*, 37:75-80.
- Yohannes T, Mebeasclassic A and Abuha T, (2014).** In vitro selection of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Monech) for polyethylene glycol (PEG) induced drought stress. *Plant Science Today*, 1(2): 62-68.

Assessment of osmotic stress tolerance in peanut genotypes (*Arachis hypogaea* L.) using polyethylene glycol (PEG6000)

Fadi Abbas^{1*}, Ghroud Al-Asoud², Thamer Al-Henish² and Mona Jumaa²

¹ Homs Research Center, General Commission for Agricultural Scientific Research, Syria.

² Field Crops Research Administration, General Commission for Agricultural Scientific Research, Damascus, Syria.



(*Corresponding author: Fadi Abbas, Email: fadiab77@gmail.com)

Received: 3/ 12/ 2025 Accepted: 15/ 1/ 2026

Abstract

This experiment was conducted at the General Commission for Scientific Agricultural Research, Homs Research Center, during 2025. Polyethylene glycol (PEG6000) was used to induce several osmotic potentials (0, -0.2, -0.4, -0.6, -0.8 MPa) in the germination medium of ten peanut genotypes to study the germination rate, germination speed, root and shoot length, then to classified the genotypes based on the previous indicators and the relative drought tolerance index into tolerant and sensitive to osmotic potential stress during the germination stage. The experiment was designed according to a completely randomized design (CRD), with three replicates. The results showed genetic variation among the studied genotypes in their response to changes in PEG6000 concentration in the growth medium. Germination percentage decreased with the decrease in the solubility potential of the germination medium (0, -0.2, -0.4, -0.6, -0.8 MPa) at rates of (91.11, 66.67, 60.37, 52.78, 15.93%, respectively). Germination speed also decreased with values (1.95, 1.40, 1.26, 1.07, 0.31, respectively). Both the radicle and plumule lengths of all genotypes decreased with the decrease in the solubility potential of the medium, and the rate of decline in plumule length was higher. The OP -0.6 MPa was considered the most suitable for screening genotypes, as the seedling length decreased by about 50%, the decline then increased sharply at -0.8 MPa. The responses of the studied genotypes to osmotic potential varied, based on relative drought tolerance indices and the Z-distribution plot, the genotypes Sori-2, Florispan, Batem 2025, and NC-7 were considered the most stress-tolerant, and therefore preferable for cultivation in environments more prone to water shortages compared to the other genotypes. Meanwhile, the genotypes Gazipaza, Gom-4, Sori-1, and Sahel were found to be the most sensitive.

Keywords: Osmotic potential, Polyethylene glycol (PEG6000), germination stage, seedling, peanut.