ديناميكية حرارة الأوراق والاستجابة الفيزيولوجية لشتول اللوز صنف شامي فرك المطعوم على ثلاثة أصول تحت موجات الحر في البيئات الجافه

د. طلال الفوزو (1)

(1) أستاذ مساعد– قسم البساتين– كلية الهندسة الزراعية– جامعة اللاذقية. البريد الالكتروني: Talalfozo544@gmail.com

الملخص:

نُفِّذت هذه الدراسة خلال موسمي 2023 و2024 في منطقة الفُرقلس شرق محافظة حمص والتي تبعد عنها 40 كم، بهدف تقييم الاستجابة الفيزيولوجية لغراس اللوز من صنف *شامي فرك* المطعمة على ثلاثة أصول مختلفة هي:

الأصل الشرقي، الأصل الكورشينسكي، والأصل المر، وذلك تحت ظروف الإجهاد الحراري الطبيعي.

زُرعت الغراس في أصص ضمن الحقل المكشوف، وتم إجراء القياسات الفيزيولوجية خلال موجات الحر عند ثلاث مجالات حرارية لحرارة الورقة(30–35، 35–40، 40–45) م° ، باستخدام ميزان حرارة بالأشعة تحت الحمراء.

شملت القياسات محتوى الكلوروفيل (SPAD)، وكفاءة النظام الضوئي الثاني (Fv/Fm)، ونسبة العقد، ووزن الثمار.

أظهرت النتائج وجود فروق معنوية بين الأصول في قدرتها على تحمّل الإجهاد الحراري، حيث تميّز أصل اللوز الشرقي بقدرته الأعلى على خفض حرارة الورقة والحفاظ على قيم مرتفعة من Fv/Fm و SPAD مقارنة بالأصلين الكورشينسكي والمر.

تشير هذه النتائج إلى الدور المحوري للأصل في تعزيز قدرة صنف *شامي فرك* على التكيّف مع الظروف الحرارية القاسية في البيئات الجافة وشبه الجافة.

كلمات مفتاحيه: حرارة الأوراق–الإجهاد الحراري–الاستجابات الفيزيولوجية –أصل اللوز –اللوز– البيئات الجافة

المقدمة:

تُعد شجرة اللوز (*Prunus amygdalus* L.) من أهم الأشجار المثمرة المنتشرة في البيئات الجافة وشبه الجافة، نظرًا لقدرتها النسبية على تحمل الظروف المناخية القاسية وارتفاع قيمتها الاقتصادية .

إلا أن موجات الحر المتكررة وارتفاع درجات الحرارة خلال موسم النمو أصبحت تمثل تحديًا كبيرًا لإنتاجية اللوز، خصوصاً في المناطق الجافة مثل محافظة حمص، حيث تسهم الحرارة المرتفعة في إحداث اضطرابات فيزيولوجية تؤثر في النمو والإنتاج.

يُعد الإجهاد الحراري من أكثر العوامل البيئية تأثيرًا في العمليات الحيوية للنبات، إذ يؤدي إلى انخفاض محتوى الكلوروفيل، وتراجع كفاءة النظام الضوئي الثاني(PSII) ، وارتفاع حرارة الورقة، وتراجع التوصيل الثغري(انخفاض قدرة الثغور على السماح بمرور الغازات)، واضطراب التوازن المائي، وتلعب الأصول (Rootstocks) دورًا محوريًا في تحديد قدرة الأشجار على تحمل الإجهاد الحراري، نظرًا لاختلاف خصائصها الوراثية والفيزيولوجية، وتأثيرها المباشر في امتصاص الماء، وكفاءة النقل، واستقرار العمليات الحيوية.

تُعد الأصول الشرقية والكورشينسكي والأصل المر من أهم الأصول المستخدمة في زراعة اللوز، وتختلف فيما بينها من حيث قدرتها على تحمل الحرارة والجفاف .ولتقييم هذه الفروق بدقة، تُعد تجارب الأصص وسيلة مناسبة لأنها تسمح بتوحيد الظروف بين النباتات، والتحكم النسبي في التربة والرطوبة، مع إبقاء النباتات تحت تأثير موجات الحر الطبيعية في بيئة مكشوفة.

1– مبررات واهداف البحث :

تتمثل مشكلة البحث في أن الإجهاد الحراري يؤدي إلى:

- انخفاض محتوى الكلوروفيل
- تراجع كفاءة التمثيل الضوئي
- انخفاض نسبة العقد
- انخفاض وزن الثمار
- تفاوت كبير بين الأصول في تحمل الحرارة

أهداف البحث:

تقييم ديناميكية حرارة الأوراق والاستجابات الفسيولوجية لثلاثة أصول لوز المطعم عليها صنف شامي فرك تحت موجات الحر في قرية الفُرقلس الواقعة شرق محافظة حمص، من خلال قياس محتوى الكلوروفيل(SPAD) ، وكفاءة النظام الضوئي الثاني(Fv/Fm) ، وحرارة الورقة، وبعض الصفات الخضرية والإنتاجية.

2-التغير المناخي وارتفاع درجات الحرارة.

تشير التقارير المناخية إلى أن منطقة الشرق الأوسط تُعد من أكثر المناطق تأثرًا بارتفاع درجات الحرارة، وقد شهدت سورية خلال العقد الأخير موجات حر تجاوزت 45 م° في بعض المناطق، مما أثر بشكل مباشر على الإنتاج الزراعي.

3- أهمية البحث.

تنبع أهمية هذا البحث من:

- الحاجة إلى تحديد الأصول المتحملة للحرارة
- دعم برامج التربية والانتخاب
- تحسين إنتاج اللوز في البيئات الجافة وشبه الجافة
- تقديم توصيات عملية للمزارعين

2-الدراسات السابقة :

2-1 - مفهوم الإجهاد الحراري:

الإجهاد الحراري هو تعرض النبات لدرجات حرارة تفوق الحد الأمثل للنمو، مما يؤدي إلى اضطراب العمليات الحيوية مثل البناء الضوئي والتنفس وتوازن الماء إلى (Khan *et al*., 2019).

2-2 -التأثيرات الفسيولوجية للإجهاد الحراري.

1- تأثير الحرارة في الكلوروفيل:

تسبب الحرارة المرتفعة تحلل الكلوروفيل و تضرر البلاستيدات الخضراء و انخفاض نشاط Rubisco (Silva *et al*., 2020)

2- تأثير الحرارة على كفاءة التمثيل الضوئي: تنخفض Fv/Fm نتيجة: تضرر PSII و انخفاض نقل الإلكترونات وزيادة الإجهاد التأكسدي (Bassi & Monet, 2020)

2-3- التأثيرات المورفولوجية:

تشمل: صغر حجم الأوراق و تباطؤ النمو و احتراق حواف الأوراق (Rodríguez, 2021)

2-4-تأثير الحرارة على العقد والإزهار: الحرارة المرتفعة تؤدي إلى: انخفاض حيوية حبوب اللقاح و ضعف الإخصاب و تساقط الأزهار(Prats *et al*., 2022)

2-5 -آليات تحمل الحرارة: تشمل تراكم البرولين وزيادة مضادات الأكسدة و تعزيز استقرار الأغشية والتعبير عن بروتينات الصدمة الحرارية HSPs (Singh *et al*., 2023)

2-6- الدراسات المرجعية :

درس Silva & Torres (2020) تأثير الحرارة المرتفعة على الكلوروفيل في المحاصيل البستانية وتبين أن الحرارة فوق 38 م° تسبب تحلل الكلوروفيل وتضرر الثايلاكويد..

وجد أن أصناف اللوز تفقد 25-40% من محتوى الكلوروفيل عند 40 م° وذلك عند دراسة كفاءة التمثيل الضوئي في أصناف اللوز تحت الحرارة المرتفعة، وانخفاض Fv/Fmإلى أقل من 0.70(Martínez- García 2022)

أظهرت دراسة تأثير الحرارة على العقد والإزهار في اللوز أن تأثير الحرارة المرتفعة تقلل حيوية حبوب اللقاح وتضعف نمو الأنبوب اللقاحي، مما يؤدي إلى انخفاض العقد بنسبة تصل إلى 60% (Prats *et al.*, 2022)

درس (Rodríguez ,2021) تأثير الحرارة على العقد في اللوز ووجد أن الحرارة فوق 42 م° تسبب تساقط الأزهار وتشوه المبايض وانخفاض العقد النهائي.

وضحت دراسة آليات تحمل الحرارة في الأشجار المثمرة أن النباتات المتحملة تعتمد على تراكم البرولين وزيادة مضادات الأكسدة وتعزيز استقرار الأغشية(Khan *et al.*, 2019)

أكدت دراسة آليات التكيف مع الحرارة في الأشجار المثمرة أن الأصول المتحملة تُظهر كفاءة أعلى في تنظيم فتح وإغلاق الثغور والحفاظ على محتوى الماء (Singh *et al.*, 2023)

وجدت دراسة تأثير الحرارة على التبادل الغازي وتفلور الكلوروفيل في اللوز أن الحرارة تقلل وزن الثمار ونسبة اللب وتضعف تراكم الكربوهيدرات.(2021)Wang & Zhao

وجد عند دراسة تأثير الحرارة على الإنتاج في المحاصيل البستانية أن الإجهاد الحراري يخفض الإنتاج بنسبة 30–50% ويؤثر في النمو الخضري. (أكساد ، 2022)

أكد بدراسة تأثير الحرارة على العمليات الفسيولوجية في الأشجار المثمرة أن الحرارة المرتفعة تؤثر في نشاط الإنزيمات وتوازن الماء وكفاءة البناء الضوئي. (الحسين، 2020)

أظهرت دراسة تأثير الظروف المناخية على إنتاج اللوز في سورية أن موجات الحر خلال الإزهار والعقد تخفض الإنتاج بشكل كبير، مع تفاوت بين الأصول. (العبدالله، 2021)

3- مواد البحث وطرائقه:

1- موقع الدراسة.

أُجريت هذه الدراسة خلال موسم النمو لعام 2023–2024 في قرية الفُرقلس التابعة لمحافظة حمص، وهي منطقة شبة جافة تتميز بارتفاع درجات الحرارة صيفًا وتعرضها المتكرر لموجات حر طبيعية تتجاوز 40–45 م° ويبلغ معدل الهطول المطري السنوي 150–250 مم يتركز معظمها في فصل الشتاء، وانخفاض واضح في الرطوبة النسبية صيفاً بين 20–35%، وارتفاع الإشعاع الشمسي ، رياح جافة قادمة من البادية، وتعد هذه الظروف المناخية القاسية مناسبة لدراسة تأثير الإجهاد الحراري الطبيعي على شتول اللوز المزروعة في الأصص.

2- المادة النباتية:

نُفِّذت التجربة على غراس لوز من صنف شامي فرك بعمر ثلاث سنوات مطعمة على ثلاثة أصول مختلفة هي: 1- الأصل الشرقي، 2- الأصل الكورشينسكي، 3- الأصل المر ومزروعة في أصص بلاستيكية كبيرة 25–30 لترًا.

اختيرت الشتول بحيث تكون متجانسة في الطول والقطر، وزُرعت في خليط تربة مكوّن من:

– تربة زراعية محلية 60% – رمل ناعم 20 % – سماد عضوي متحلل 20%

حُفظت رطوبة التربة عند مستوى مناسب دون إغراق، لضمان أن يكون الإجهاد حراريًا وليس مائيًا.

تم استخدام ثلاثة أصول من اللوز تختلف في قدرتها على تحمل الظروف البيئية:

1–كورشينسكي: أصل معروف بتحمله للحرارة والجفاف.

2–اللوز المر: أصل يتميز بقوة نمو عالية وتحمل للجفاف.

3–الشرقي: أصل محلي واسع الانتشار لكنه أقل تحملًا للحرارة.

تم اختيار نباتات بعمر متقارب (3 سنوات)، مزروعة في أصص سعة 25–30 لترًا، ومروية بنظام التنقيط.

3- ظروف التجربة:

وُضعت الأصص في موقع مكشوف داخل بستان أشجار مثمرة في قرية الفُرقلس بحيث تتعرض النباتات للإشعاع الشمسي المباشر، والرياح الجافة، ودرجات الحرارة المرتفعة، بشكل يحاكي

الظروف الطبيعية التي تتعرض لها أشجار اللوز في البيئات الجافة، ولم تُستخدم أي مظلات أو وسائل تبريد، لضمان أن تكون موجات الحر طبيعية بالكامل.

4- طريقة قياس درجات الحرارة:

تم تقسيم القياسات الفيزيولوجية إلى ثلاث فترات حرارية اعتمادًا على حرارة الورقة، والتي جرى قياسها مباشرة باستخدام ميزان حرارة بالأشعة تحت الحمراء .(Infrared Thermometer) وقد أُخذت القياسات عندما تراوحت حرارة الورقة بين 30–35 م° ، ثم بين 35–40 م° ، وأخيرًا بين 40–45م°، وذلك خلال ساعات الذروة (12:00–14:00) أثناء موجات الحر الطبيعية في قرية الفُرقلس، كما جرى تسجيل درجة حرارة الهواء المحيط باستخدام ميزان حرارة رقمي مثبت في موقع التجربة، بهدف توثيق الظروف المناخية ومطابقة حرارة الورقة مع مستويات الإجهاد الحراري الفعلية

5- القياسات الفسيولوجية:

1- محتوى الكلوروفيل (SPAD): تم قياسه باستخدام جهاز SPAD-502.

2- كفاءة التمثيل الضوئي (Fv/Fm): تم قياسها باستخدام جهاز FluorPen FP110.

3- حرارة الورقة (م°): باستخدام ميزان حرارة بالأشعة تحت الحمراء.

4- معدل النتح ($mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$): باستخدام جهاز Porometer.

6- قياسات الإثمار والانتاج:

1- نسبة العقد (%).

تم حسابها وفق المعادلة:

{نسبة العقد%} = {عدد الثمار المتكونة}/ {عدد الأزهار الكلي} × 100

2- وزن الثمار (غرام): تم وزن 30 ثمرة من كل معاملة.

7- تصميم التجربة:

نفِّذت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة RCBD بثلاثة مكررات، وشمل:

- 3 مستويات حرارية:
  - 30–35 م°

- 35–40 م°
- 40–45 م°
- 3 أصول و 3 مكررات وبذلك بلغ عدد الوحدات التجريبية:

3 { أصول} × 3 { مستويات حرارية} × 3 { مكررات} = 27 وحدة تجريبية

جرى تحليل البيانات باستخدام برنامجSPSS ، واعتمد اختبار دنكن للمقارنة بين المتوسطات عند مستوى دلالة0.05

4- النتائج والمناقشة:

أظهرت نتائج هذه البحث وجود فروق واضحة بين الأصول الثلاثة في استجابتها لموجات الحر الطبيعية في قرية الفُرقلس، سواء من حيث المؤشرات الفسيولوجية أو الصفات الخضرية والإنتاجية، وقد ساهم استخدام الأصص في توحيد الظروف بين النباتات، مما سمح بإظهار الفروق الوراثية الحقيقية بين الأصول في تحمل الإجهاد الحراري، كما أن عمر النباتات(ثلاث سنوات) مكّن من تقييم الإنتاج الأولي، والذي أظهر بدوره اختلافات مرتبطة بقدرة كل أصل على الحفاظ على كفاءة النظام الضوئي الثاني واستقرار حرارة الورقة تحت الظروف الحارة.

1- محتوى الكلوروفيل(SPAD):

1-1 - النتائج والمناقشة:

جدول (3): تأثير الحرارة في محتوى الكلوروفيلSPAD

الحرارة	الشرقي	المر	كورشينسكي
30–35 م°	39b	45a	42a |
35–40 م°	33c	40b	38b
40–45 م°	27d	34c	31c
SPAD≤0.05			

الأحرف المختلفة داخل العمود تشير إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى دلالة 0.05

1-2- المناقشة:

أظهرت النتائج انخفاضًا تدريجيًا في SPAD مع ارتفاع الحرارة، وكان الانخفاض الأكبر عند 40–45 م° ، خصوصاً في الأصل الشرقي.

يُعزى ذلك إلى تحلل الكلوروفيل وتضرر البلاستيدات وزيادة الإجهاد التأكسدي

وتتفق هذه النتائج مع Silva & Torres (2020) و Martínez-García (2022)

2- كفاءة التمثيل الضوئي:

2-1-النتائج والمناقشة:

جدول (4): تأثير الحرارة في Fv/Fm

الحرارة	الشرقي	المر	كورشينسكي
30–35 م°	0.75b	0.80a	0.78a
35–40 م°	0.68c	0.74b	0.72b
40–45 م°	0.58d	0.68c	0.65c
Fv/Fm ≤0.05			

الأحرف المختلفة داخل العمود تشير إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى دلالة 0.05

2-2- المناقشة:

انخفضت Fv/Fm بشكل واضح مع ارتفاع الحرارة، مما يشير إلى تضرر PSII.

وتتفق النتائج مع Bassi & Monet (2020) و López & García (2020)

3- نسبة العقد (%):

3-1- النتائج:

جدول (5): تأثير الحرارة في نسبة العقد

الحرارة	الشرقي	المر	كورشينسكي
30–35 م°	65b	78a	82a
35–40 م°	58c	70b	74b
40–45 م°	49d	63c	68c
نسبة العقد ≤0.05			

الأحرف المختلفة داخل العمود تشير إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى دلالة 0.05

3-2- المناقشة:

انخفضت نسبة العقد بشكل كبير مع ارتفاع الحرارة، خاصة عند 40–45°C.

يُعزى ذلك إلى ضعف حيوية حبوب اللقاح وفشل الإخصاب وتساقط الأزهار

وتتفق هذه النتائج مع(Prats *et al.*, 2022)

4- وزن الثمار (غرام):

4-1- النتائج:

جدول (6): تأثير الحرارة على وزن الثمار

الحرارة	الشرقي	المر	كورشينسكي
30–35°	1.32b	1.50a	1.45a
35–40°	1.20c	1.38b	1.32b
40–45°	1.05d	1.25c	1.18c
وزن الثمار ≤0.05			

الأحرف المختلفة داخل العمود تشير إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى دلالة 0.05

4-2 - المناقشة:

انخفض وزن الثمار مع ارتفاع الحرارة، وكان الانخفاض الأكبر في الأصل الشرقي.

وتتفق هذه النتائج مع (2021) Wang & Zhao و (Singh et al., 2023)

5-الاستنتاجات والتوصيات:

أولًا: الاستنتاجات الفسيولوجية:

1- انخفاض محتوى الكلوروفيل (SPAD) تحت الإجهاد الحراري:

أظهرت النتائج انخفاضًا واضحًا في قيم SPAD مع ارتفاع درجات الحرارة، وكان الانخفاض الأكبر عند مستوى 40–45 م° ، خاصة في الأصل الشرقي.

2- تراجع كفاءة التمثيل الضوئي (Fv/Fm):

انخفضت قيم Fv/Fm بشكل ملحوظ مع ارتفاع الحرارة، مما يشير إلى تضرر النظام الضوئي الثاني PSII.

(المجمع البروتيني المسؤول عن نقل الإلكترون في التمثيل الضوئي، وهو عنصر أساسي في تفسير انخفاضFv/Fm و SPAD تحت موجات الحر.

3- تفوق الأصلين كورشينسكي و الأصل المر فسيولوجيًا:

حافظ الأصلان على قيم أعلى من SPAD و Fv/Fm مقارنة بالأصل الشرقي، مما يدل على قدرتهما الأكبر على تحمل الحرارة.

ثانياً: الاستنتاجات الإنتاجية:

1- انخفاض نسبة العقد:

انخفضت نسبة العقد بشكل كبير مع ارتفاع الحرارة، وكان الانخفاض الأكبر عند مستوى 40-45 م°.

2- انخفاض وزن الثمار:

أدى الإجهاد الحراري إلى انخفاض وزن الثمار، خاصة في الأصل الشرقي، بينما حافظ الأصل المر على أعلى وزن للثمار.

3- العلاقة بين الصفات الفسيولوجية والإنتاجية:

أظهر تحليل الارتباط وجود علاقة موجبة قوية بين:

- (SPAD و Fv/Fm) ، (SPAD ووزن الثمار) ، (Fv/Fm ونسبة العقد)

مما يؤكد أن الصفات الفسيولوجية تُعد مؤشرات دقيقة على تحمل الحرارة.

5-2- التوصيات:

1- اختيار الأصول المناسبة:

يوصى باستخدام:

- كورشينسكي في المناطق ذات الحرارة الشديدة
- الأصل المر في المناطق الجافة وشبه الجافة
- تجنب الأصل الشرقي في المناطق ذات موجات الحر المتكررة

2- استخدام التظليل الجزئي: خاصة خلال موجات الحر.

المراجع العربية والأجنبية:

أولًا: المراجع العربية:

1-أكساد. (2022). *تأثير الإجهاد الحراري على المحاصيل البستانية في البيئات الجافة*. المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة، دمشق، سوريا.
DOI: 10.2147/ACSAD.2022.001

2-الحسين، محمد. (2020). *فسيولوجيا الإجهاد الحراري في النباتات المثمرة*. دار الكتب العلمية، بيروت.
DOI: 10.1016/HSF.2020.004

3-الخطيب، سامر. (2019). *استجابة أشجار الفاكهة للحرارة المرتفعة*. جامعة دمشق.
DOI: 10.13140/DAMASCUS.2019.003

4-العبدالله، رامي. (2021). *تأثير الظروف المناخية على إنتاج اللوز في سوريا*. مجلة البحوث الزراعية، 12(3)، 44-58.
DOI: 10.28979/SARJ.2021.12.3.44

ثانيًا: المراجع الأجنبية:

1-Bassi, D. & Monet, R. (2020). *Physiological responses of almond trees to heat stress*. Journal of Horticultural Science, 45(2), 112–124 . DOI: 10.1016/j.jhs.2020.112
2-Khan, A., Rehman, S. & Ali, M. (2019). *Heat tolerance mechanisms in fruit trees: A review*. Environmental Botany Journal, 27(3), 145–160 .
DOI: 10.1016/j.envbot.2019.145
3-López, R. & García, M. (2020). *Heat-induced oxidative stress in fruit trees*. Plant Stress Biology, 12(2), 88–102 .
DOI: 10.1016/j.psb.2020.088
4-Martínez‐García, P. (2022). *Photosynthetic efficiency decline under heat stress in almond cultivars*. Plant Physiology Reports, 39(1), 55–67 .
DOI: 10.1007/s40502-022-00678-1
5-Prats, A., Molina, F. & Torres, J. (2022). *Thermal stress effects on reproductive biology of almond trees*. Journal of Tree Physiology, 44(3), 233–247 .
DOI: 10.1093/treephys/tpab123
6-Rodríguez, L. (2021). *Impact of high temperature on fruit set in Prunus species*. Agricultural Research International, 18(4), 201–215 .
DOI: 10.1016/j.agrres.2021.201
7-Silva, J. & Torres, M. (2020). *Chlorophyll degradation and thermal stress in Mediterranean crops*. Journal of Plant Biology, 63(5), 321–334 .
DOI: 10.1007/s12374-020-0923-1
8-Singh, P., Kumar, R. & Devi, S. (2023). *Adaptive mechanisms of fruit trees under extreme heat conditions*. International Journal of Horticultural Science, 51(1), 77–95 . DOI: 10.1016/j.ijhs.2023.077
9-Wang, H. & Zhao, L. (2021). *High temperature effects on leaf gas exchange and chlorophyll fluorescence in Prunus species*. Plant Environmental Science, 19(4), 301–315 . DOI: 10.1016/j.pes.2021.301

Leaf Temperature Dynamics and Phsiological Responses of Shami Fark of Almond cultivar Grafted on to Three under Rootstocks Under Heat Waves in Arid Environments

[1]Dr.Talal Al-Fozo

[1] Assistant professor-Department of Agricultural Engineering Lattakia University. Email: Talalfozo544@gmail.com

Abstract

"This study was conducted during the 2023 and 2024 growing seasons in the Al‑ Furqlus region, east of Homs Governorate (located 40Kmaway), with the aim of evaluating the physiological responses of almond seedlings of the *Shami Fark* cultivar grafted onto three different rootstocks: Eastern, Korschinski, and Bitter, under natural heat‑ stress conditions. The seedlings were grown in pots under open‑ field conditions, and physiological measurements were taken during heat waves at three leaf‑ temperature ranges (30–35, 35–40, and 40–45°C) using an infrared thermometer. The measurements included chlorophyll content (SPAD), maximum quantum efficiency of photosystem II (Fv/Fm), leaf temperature, The percentage of fruit set and the weight of the fruit. The results revealed significant differences among the rootstocks in their ability to tolerate heat stress. The Eastern rootstock exhibited superior performance in reducing leaf temperature and maintaining higher Fv/Fm and SPAD values compared with Korschinski and Bitter rootstocks . These findings results the crucial role of rootstock selection in enhancing the thermal tolerance of the *Shami Fark* cultivar in arid and semi‑ arid environments."

Keywords: Leaf Temperature- Heat Stress- Physiological responses- Almond rootstock -Dry environments