Al-Mukhtar Journal of Agricultural, Veterinary and Environmental Sciences

Volume 4 Issue 1 JUN 2026

EISSN :3006 - 8649
PUBLISHED BY OMU

Al-Mukhtar Journal of Agricultural, Veterinary and Environmental Sciences

Peer-reviewed scientific journal, Volume four, Issue one, 2026
Published by Omar Al-Mukhtar University, Al-Bayda, Libya

Al-Mukhtar Journal of Agricultural, Veterinary and Environmental Sciences

The Author(s) 2026. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License [http://creativecommons.org/licenses/bync/4.0/], which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, for non-commercial purposes only, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

A peer-reviewed scientific journal published by Omar Al-Mukhtar University, Al Bayda, Libya
Volume Four, Issue One, 2026
Email: omu.j.ave@omu.edu.ly

Editor-in-Chief: Prof. Dr. Nwara Ali Mohammed Al-Obaidi

Editorial Board Members:

Prof. Nawara Muhammad Balqasim Omar Al-Mukhtar University, Libya.
Prof. Zahra Ibrahim Al-Jali Omar Al-Mukhtar University, Libya.
Prof. Dr. Magda Rizq Emraj Omar Al-Mukhtar University, Libya.
Prof. Dr. Fatima Faraj Mohammad Omar Al-Mukhtar University, Libya.
Prof. Dr. Sabah Alshatty Basra University, Iraq.
Prof. Dr. Waleed Fouad Abobatta. Cairo University, Egypt
Prof. Dr. Faraj Ali Jabel. Tripoli University, Libya.
Prof. Dr. Wasan Salih Hussain Mosul university,Iraq.
Prof. Nadeem Ahmed Ramadan Mosul university,Iraq.
Prof. Dr. Egbal Osman Ahmed Abdalla Al Neelain University, Sudan.
Prof. Dr. Azza Galal Farag Agricultural Research Center, Giza, Egypt.
Prof.Dr. Ali A. Bataw Omar Al-Mukhtar University, Libya.
Prof.Dr. Abdulsalam Al-Bukhari Omar Al-Mukhtar University, Libya.
Dr. Mohamed Abd-Elkarim Momen Omar Al-Mukhtar University, Libya.
Dr. Ahmed Ateeyah Rafia Al-Mansouri Omar Al-Mukhtar University, Libya.
Dr. Osama Abd-Elhamid Abd-Elatty El-Shaloui Omar Al-Mukhtar University, Libya.
Dr. Hamida Abdel Nabi Youssef Omar Al-Mukhtar University, Libya.
Dr. Abdel-Ghani Abdel-Fattah Hamad Al-Kaloush Omar Al-Mukhtar University, Libya.
Dr. Khadija Muhammad Othman Al-Haddad Omar Al-Mukhtar University, Libya.
Dr. Fayrouz A. B B,uojaylah Omar Al-Mukhtar University, Libya.
Dr. Salima Almahde Abdelkader Omar Al-Mukhtar University, Libya.

Advisory Committee

Prof.Dr. Ibrahim Saleh Milad, Omar Al-Mukhtar University, Libya.
Prof. Dr. Muhammad Ali Saeed, Omar Al-Mukhtar University Libya.
Prof. Dr.Ibrahim Ali Azaqa, Sebha University, Libya.
Prof. Dr.Abdul Hamid Salem Issa Al-Haddad, Misrata University, Libya.
Prof. Dr.Omar Musa Al-Senussi, Omar Al-Mukhtar University, Libya.
Prof. Dr.Muhammad Ali Musa Boubakra, Omar Al-Mukhtar University, Libya.
Prof. Dr.Abdel Hafeez Abdel Rahman Bouaida, Omar Al-Mukhtar University, Libya.
Prof. Dr.Nasser Abdel Razek Abdel Mawla, Omar Al Mukhtar University, Libya.
Prof. Dr.Abdul Hamid Hamad Charity, Omar Al-Mukhtar University, Libya.
Prof. Dr. Mohamed Ali adam Omar Al-Mukhtar University, Libya.
Prof. Dr.Nasir Mohammed Ali Omar Al-Mukhtar University, Libya.
Prof. Dr.Mahmoud Ali Hassanain Fayoum University, Egypt.
Prof. Dr. Adly Saadawy Tolba. Fayoum University, Egypt.
Dr. Nuri Salem Alnaass Azzaytuna University, Libya
Dr. Zeyneb Benzina Tifouri Djillali Liabes University, Algeria .

Dr. Mohamad Alnassar Damascus University, Syria
Dr. Khairia A. sahib Omar Al-Mukhtar University, Libya.

Support Team

Dr. Salah Muftah Abdullah
Dr. Suad Saeed Ahmeida

Peer Reviewers for This Issue

The editorial board of *Al-Mukhtar Journal of Agricultural, Veterinary and Environmental Sciences* expresses its appreciation to the reviewers who participated in the peer review of this issue.

Name	Affiliation
Prof. Dr. Ali A. Bataw	Omar Al-Mukhtar University, Libya
Prof. Dr. Youssef Zaied	Omar Al-Mukhtar University, Libya
Prof. Dr. Sabah Alshatty	Basrah university,Iraq.
Prof. Dr. Saher Sabih George	Basrah university,Iraq.
Prof. Dr. Atheer Engineer	Basrah university,Iraq.
Prof. Dr. Faraj Ali Jabel.	Tripoli University, Libya.
Prof. Dr. Mohammed Abdulwahab Qasim	Cairo University, Egypt
Prof. Dr. Ahmed Mahrous Hassan	Cairo University, Egypt
Prof. Dr. Ayda Muftah El-Sheilabi	Omar Al-Mukhtar University, Libya
Prof. Dr. Jalal Ahmed El-Sayed Mohamed	Mansoura University , Egypt
Prof. Dr. Wasan Salih Hussain	Mosul university,Iraq.
Prof. Dr. Mohammed Adel Al-Ghandour	Crop Research Institute, Egypt
Dr. Jibril Faraj Al-Zaqzouq	Omar Al-Mukhtar University, Libya
Dr. Zakia Fadel Mansour	Omar Al-Mukhtar University, Libya
Dr. Idris Hussein Abu Bakr	Omar Al-Mukhtar University, Libya

Al-Mukhtar Journal of Agricultural, Veterinary and Environmental Sciences 04:(1), 2026

Paper Title	Pages
Seasonal Dynamics and Age Distribution of the Black Scale *Saissetia oleae* (Olivier) (Hemiptera: Coccidae) on Olive and Oleander Trees in Al-Bayda City, Al-Jabal Al-Akhdar Region, Libya.	**1-14**
Evaluation of the Antibacterial Activity of Libyan Sidr Honey and Thyme Honey Against Some Pathogenic Bacterial Species Isolated from Patients at Benghazi Medical Center	**15-30**
Effect of three grafting dates on survival and early growth performance of seedling in eggplant (*Solanum melongena* L.), pepper (*Capsicum annuum*), and tomato (*Solanum lycopersicum*) crops.	**31-40**
Anatomical and histological study of the spleen of Barqi sheep in Libya	**41-49**
Effect of the aqueous extract of the germander plant (Teucrium polium) on the morphological and anatomical characteristics of the root nodules of faba bean varieties (Vicia faba L.)	**50-58**
Effect of Salinity (NaCl) Levels on Seed Germination and Seedling Vigor Traits of Mung bean (*Vigna radiata* L.)	**59-66**
Water Use Efficiency in Soilless Culture Systems: A Comparative Study of Water Requirements for Tomato and Pepper Crops Versus Traditional Agriculture Cultivation	**66-77**

Al-Mukhtar Journal of Agricultural, Veterinary and Environmental Science 04 (1): 01-14, 2026
Doi: https://doi.org/10.54172/03f0ar16

Research Article **Open Access**

الديناميكية والتوزيع العمري الموسمي للحشرة القشرية السوداء *Saissetia oleae* (Olivier) (Hemiptera: Coccidae) على أشجار الزيتون والدفلة *بمدينة* البيضاء في منطقة الجبل الأخضر، ليبيا

مريم عبدالعزيز حمد بولبيض[1]*، كاملة عبدالرحيم الحسين مصطفى[1]، مريم صالح محمد [2]

الباحث الاول[1]*: قسم الغابات، كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا
الباحث الثاني: قسم الحياة البرية، كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا
الباحث الثالث: قسم وقاية، كلية الزراعة، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا

المستخلص: أجريت هذه الدراسة في مدينة البيضاء بالجبل الأخضر على مدار 14 شهرًا (مايو 2018–يونيو 2019) بهدف توضيح الديناميكية الموسمية والتوزيع العمري للحشرة القشرية السوداء *Saissetia oleae* (Olivier) على الزيتون والدفلة، وقد تم إجراء تقييم شهري لـ 160 ورقة و32 غصنًا لكل عائل نباتي، وقد أشارت النتائج إلى أن الآفة تكمل جيلًا واحدًا سنويًا وتظهر ذروة نشاطها خلال أشهر الصيف في أغسطس على الزيتون ويونيو على الدفلة، وقد لوحظ وجود ارتباط إيجابي قوي بين كثافة مجتمع الحشرة ودرجة الحرارة المحيطة مع معاملات ارتباط على الزيتون r=0.65 و r=0.72 على الدفلة، وقد كانت الحوريات هي السائدة عدديًا حيث مثلت أكثر من 85–89٪ من مجتمع الحشرات الكلي مقارنة بالإناث. وتقضي الحشرة البيات الشتوي في الطور الحوري الثاني والثالث وتفضل الحوريات البقاء على الأوراق بنسبة (97٪) بينما (95٪) من الإناث على الأغصان، وكانت جميع النتائج ذات دلالة إحصائية عالية . (P<0.001)كما وثقت الدراسة وجود أعداء حيوية للحشرة تضمنت اثنان من الطفيليات، منها طفيل يسجل لأول مرة في المنطقة (*Metaphycus* sp) إلى جانب أربعة أنواع من المفترسات، وقد سجل وجود علاقة قوية وذات دلالة إحصائية بين حجم الأنثى وخصوبتها على كلا العائلين (معامل الارتباط على الزيتون r=0.71 والدفلة r = 0.70)

الكلمات المفتاحية: *Saissetia oleae*؛ ديناميكية موسمية؛ الزيتون؛ الدفلة؛ *Metaphycus* sp ؛ الخصوبة.

***Corresponding author:**
Mariam Boulabiad, Mariam.boulabad@omu.edu.ly
Department of Forestry and Rangeland, Faculty of Natural Resources and Environmental Sciences, Omar Al-Mukhtar University, Libya
[2] Kamla Mustfa, kamla.mustfa@omu.edu.ly
Department of Wildlife, Faculty of Natural Resources and Environmental Sciences, Omar Al-Mukhtar University, Libya
[3]Mariam Salh: Mariam.Salh@omu.edu.ly
Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Omer Al-Muhktar University, Al Bayada, Libya

Received:
17.02. 2026
Accepted:
30.04. 2026
Publish 30.04. 2026

Seasonal Dynamics and Age Distribution of the Black Scale *Saissetia oleae* (Olivier) (Hemiptera: Coccidae) on Olive and Oleander Trees in Al-Bayda City, Al-Jabal Al-Akhdar Region, Libya.

Abstract: This study was conducted in Al-Bayda ,Al-Jabal Al-Akhdar, over a period of 14 months (May 2018-June 2019) to elucidate the seasonal dynamics and age distribution of the black scale *Saissetia oleae* on both the olive and oleander hosts. A monthly assessment sampled 160 leaves and 32 twigs from each host plant. Results demonstrated a univoltine life cycle (one generation per year) for the black scale, peaking in August for olive and in June for oleander. Strong positive correlation results (r = 0.65 olive r = 0.72 oleander) were found for density of nymphs and ambient temperature. *S. oleae* over wintered mainly as second and third instars. The nymphs comprise the majority of the population (85–89%). The results showed statistically significant differences (P < 0.001). In total, 97% of nymphs were located on leaves, whereas 95% of females were located on twigs. The study confirmed the presence of the insect's natural enemies including two parasitoids, one of which was recorded for the first time in the region (*Metaphycus* sp) along with four species of predators. A significant correlation was found for fecundity to female body volume on both hosts (olive: r = 0.71; oleander: r = 0.70).
Keywords: *Saissetia oleae*; Seasonal Dynamic; Olive; Oleander; *Metaphycus* sp; FecundityKeywords: *Saissetia oleae*; Seasonal Dynamic; Olive; Oleander; *Metaphycus* sp; Fecundity

The Author (s) 2026. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License [http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/], which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, for non-commercial purposes only*, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

المقدمة

تُعدّ الحشرة القشرية السوداء *Saissetia oleae* (Olivier, 1791) (Hemiptera: Coccidae) آفة عالمية الانتشار موطنها الأصلي شمال و جنوب إفريقيا (Annecke and Mynhardt, 1972; De Lotto, 1976) سجلت في ليبيا لأول مرة بواسطة Zavattari (1934) وتُصنَّف كآفة متعددة العوائل حيث سُجِّلت على أكثر من 113 نوعًا نباتيًّا ينتمي إلى 49 فصيلة (Gill, 1988) وعلى الرغم من تفضيلها للزيتون (*Olea europaea* L) والحمضيات فإن قدرتها على الاستيطان على نباتات زينة مثل الدفلة (*Nerium oleander* L) وأشجار فاكهة كاللوزيات والرمان والتين تمنحها مرونة بيئية عالية تسهم في استمراريتها عبر العوائل البديلة (Ben-Dov and Hodgson, 1997).

لا يقتصر ضرر *S. oleae* على امتصاص العصارة النباتية بل تمتد إلى إفراز كميات كبيرة من الندوة العسلية التي تُشكّل بيئة مثالية لنمو العفن السخامي خاصةً أجناس *Capnodium* و*Cladosporium* و*Alternaria* التي يخضع توزيعها النسبي لتدرجات الرطوبة البيئية (Tena *et al.*, 2007) وقد تم مؤخرًا تسجيل *Alternaria alternate* المصاحب للحشرات القشرية في البيئات شبه الجافة في مدينة البيضاء(Abdul-Rauff *et al.*, 2019) تعكس هذه الفطريات قدرتها على التكيف مع مناخ الجبل الأخضر الجاف، لكنها عند انتشارها على الأوراق تعيق الضوء والتبادل الغازي، مما يضعف التمثيل الضوئي ويؤثر سلبًا على نمو و إنتاجية النبات (Santos *et al.*, 2013). في المناطق المتوسطية يُسجَّل عادةً جيل رئيسي واحد يبلغ ذروته في الصيف (يونيو–يوليو) مع احتمال ظهور جيل ثانٍ جزئي في الخريف والشتاء(Ilias and Hammadi, 2017; Tena *et al.*, 2007)، وتشير الدراسات إلى أن درجة الحرارة والافتراس والتطفل هي العوامل التي تسبب في تذبذب أعداد الحشرة (Kapatos and Stratopoulou, 1990; Mendel *et al.*, 1984). بالرغم من وفرة الدراسات العالمية حول *S. oleae* لا تزال المحددات البيئية التي تحكم مجتمعات *S. oleae* في الجبل الأخضر تفتقر إلى التوصيف الدقيق؛ ولذا تهدف هذه الدراسة إلى معرفة عدد أجيال الحشرة في السنة وتوثيق الهيكل العمري للمجتمع الحشري وتحديد الأطوار السائدة وتزامنها الموسمي ورصد التفضيل المكاني (الأوراق مقابل الأغصان) كمؤشر للاستجابة الفسيولوجية للعائل والمؤثرات المناخية ومعرفة مؤشرات الخصوبة للحشرة ومعرفة الأعداء الحيوية المحلية، إن فهم هذه الديناميكية ليس فقط ذا أهمية أكاديمية بل هو أيضًا ضروري لتصميم استراتيجية إدارة متكاملة تعتمد على التوقيت الأمثل للتدخل وتجنب الاستخدام العشوائي للمبيدات والحفاظ على الأعداء الحيوية.

المواد وطرق البحث:

أُجريت هذه الدراسة في مدينة البيضاء في الشمال الشرقي ليبيا أعلى قمة الجبل الأخضر عند التقاء خط العرض 21.44 شمالاً مع خط الطول 32.76 شرقًا على ارتفاع 609 مترًا فوق مستوى سطح البحر وتتميّز المنطقة بمناخ متوسطي يسوده شتاء معتدل ممطر وصيف دافئ جاف مع هطول سنوي يتراوح بين 400 و600 ملم ويتركز معظمها في الفترة من أكتوبر إلى مارس تتراوح درجات الحرارة الشهرية بين 8–15°م في الشتاء و22–28°م في الصيف وهي ظروف مناخية مثالية لزراعة الزيتون، وقد تم الحصول على البيانات المناخية الشهرية (درجات الحرارة الرطوبة النسبية وسرعة الرياح) من قاعدة بيانات TerraClimate (Abatzoglou *et al.*, 2018)

أُنجز الجمع الميداني على مدى 14 شهرًا متتاليًا (مايو 2018 – يونيو 2019) لرصد التقلبات الموسمية الشاملة في ديناميكية مجتمع *S. oleae* وقد تم اختيار مواقع العيّنات في محيط جامعة عمر المختار والمناطق المجاورة لها على أشجار الزيتون والدفلة بعد التأكد من وجود مستعمرات نشطة للحشرة القشرية وعدم استخدام أي مبيدات حشرية خلال فترة الدراسة كما لم تُطبَّق أنظمة ري منتظمة مما يعكس الظروف الزراعية التقليدية السائدة في المنطقة.

وقد جُمعت العيّنات شهريًا بمعدل ثماني أشجار عشوائيًا من كل نوع نباتي وأربعة أغصان من كل شجرة من جميع الاتجاهات وخمس أوراق من كل غصن (بإجمالي 20 ورقة لكل شجرة)، ثم وُضعت في أكياس بلاستيكية مُرقّمة ونُقلت فورًا إلى المختبر وقد

خضعت الأوراق (السطح السفلي والعلوي) والأغصان لعد جميع أطوار الحشرة وفحصها بدقة تحت المجهر الاستيريوميكروسكوبي (Stereo microscop) بحيث تم تسجيل جميع أفراد *S. oleae* وتصُنّيفها حسب الطور (الحوريات أو الإناث) ورصد موقع تركزها (الأوراق مقابل الأغصان) كما تم جمع وتعريف أنواع الطفيليات والمفترسات المرافقة لها بحسب المفاتيح التصنيفية (Alam، 1957; Bienkowski، 2018; Brooks، 1994; Brooks and Barnard، 1990; El-Saeady and Hafez، 2016; Graham، 1969).

لتقدير العلاقة بين حجم جسم الأنثى والخصوبة وقد تم جمع 18 أنثى من أشجار الزيتون و15 أنثى من أشجار الدفلة أثناء وضع البيض وقد وضعت الإناث بشكل فردي في أطباق بتري (قطر 20 مم) وقد سُجّل عدد البيوض المنتَج من كل أنثى تحت المجهر الاستيريوميكروسكوبي بالإضافة إلى ذلك تم قياس طول وعرض وارتفاع أجسام الإناث باستخدام شريحة ميكروميترية تحت المجهر وحسب حجم الجسم (بالملم^3) بافتراض أن شكل الجسم يشبه نصف إهليلج ثلاثي المحاور وفق المعادلة المستخدمة سابقًا في الدراسات المشابهة (Pereira, 2004).

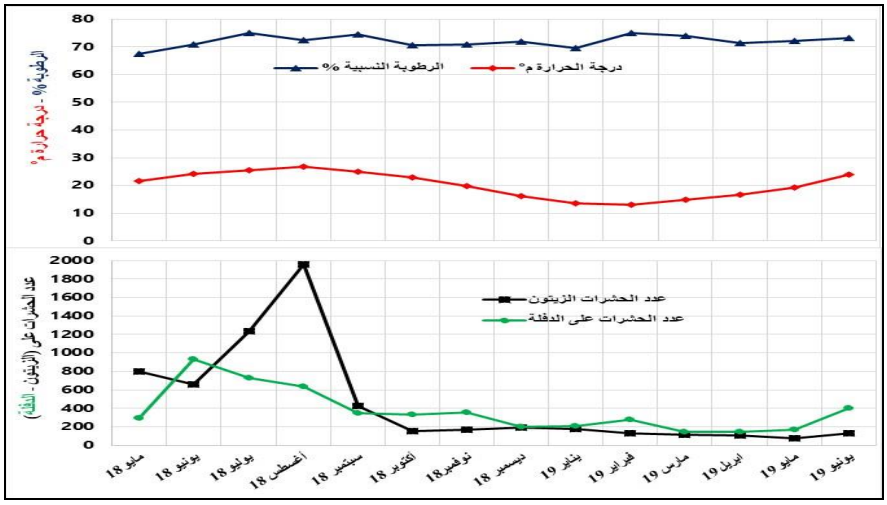
وقد خضعت بيانات كثافة الحشرة *S. oleae* لتحليل التباين متعدد العوامل باستخدام برنامج Genstat (الإصدار 19 2019) مع اعتبار العوامل الرئيسية الآتية: نوع العائل (الزيتون مقابل الدفلة) أطوار النمو (الحوريات مقابل الإناث البالغة) الموقع على العائل (الأوراق مقابل الأغصان) والزمن (14 شهراً). وقد قورنت المتوسطات باستخدام اختبار (Duncan's Multiple Range Test) كما تم تحليل العلاقة بين حجم الأنثى وعدد البيوض المنتَج باستخدام الانحدار الخطي البسيط حيث تم إعداد طول الجسم المتغير المستقل (المُتنبئ) وعدد البيوض المتغير التابع (الاستجابة)، وتقدير قوة العلاقة عبر معامل الارتباط الخطي (Pearson's **r**) ومعامل التحديد (R^2) واعتبار جميع النتائج ذات دلالة إحصائية عند مستوى (0.05).

النتائج والمناقشة:

ديناميكية مجتمع *S. oleae*

تُعدّ هذه الدراسة هي الأولى من حيث تقييم الديناميكية المجتمعية للحشرة القشرية السوداء *S. oleae* (Hemiptera: Coccidae) في مدينة البيضاء بمنطقة الجبل الأخضر، وقد أظهرت دراسة التطور الموسمي وديناميكية مجتمع القشرية السوداء *S. oleae* في مدينة البيضاء والتي امتدت 14 شهراً (مايو2018–يونيو2019) على الزيتون (*Olea europaea* L) والدفلة (*Nerium oleander* L) عن تقلبات زمنية في الكثافة العددية عبر الدورة السنوية؛ حيث سجلت المجتمعات الحشرية ذروة نشاطها السنوي خلال فصل الصيف وسبق هذا الارتفاع خروج مكثف للحوريات الزاحفة التي شوهدت في نهاية أبريل وبداية مايو 2018 يلي هذه الذروة انخفاض تدريجي ومستمر في أعداد الحشرة خلال الأشهر اللاحقة، وقد بينت النتائج أن للحشرة جيلاً واحداً في السنة تحت الظروف المناخية المحلية وتتفق نتائجنا مع الدراسات التي سجلت جيلاً واحداً في سيدي بالعباس في الجزائر وتركيا (Ilias and Hammadi, 2017; Kumral and Kovanci, 2004)، بينما سجلت دراسات أخرى في حوض المتوسط في المناطق الساحلية الرطبة مثل إسبانيا وقبرص وجود جيل واحد وجيل آخر جزئي (**Orphanides, 1990;** Tena *et al.*, 2007).

وتتأثر هذه الحشرة بمنظومة معقّدة من العوامل اللاأحيائية مثل درجة الحرارة سرعة الرياح والرطوبة النسبية إضافة إلى العوامل الأحيائية المتمثلة في الأعداء الحيوية ويوضح الشكل 1 تأثير درجات الحرارة والرطوبة على الوفرة الموسمية للحشرة على أشجار الزيتون والدفلة



شكل:(1). الوفرة الموسمية *S. oleae* على أشجار الزيتون والدفلة في ضوء تأثير درجات الحرارة والرطوبة النسبية خلال الفترة (مايو 2018–يونيو 2019).

حيث سُجّلت الذروة على نبات الدفلة في يونيو2018 في حين كانت الذروة على الزيتون في شهر أغسطس2018؛ ويُعزى هذا الاختلاف على الأرجح إلى تأثير البيئة الدقيقة وهيكل الشجرة إذ تتميز أشجار الزيتون بكثافة أوراقها ووفرة الظلال مقارنة بالدفلة التي تُعد أقل كثافة وأكثر تعرضاً لأشعة الشمس والرياح وضغط الأعداء الحيوية، وقد أظهرت النتائج أن *S. oleae* تُبدي نمطاً موسمياً واضحاً في كثافتها على كلٍّ من الزيتون والدفلة خلال فترة الدراسة، وظهرت ذروة نشاط الحشرة على الزيتون في أغسطس 2018 نحو 30% من إجمالي الأفراد المعدودة خلال الموسم، أي ما يقارب ثلث المجتمع الحشري في المقابل ظهرت الذروة على الدفلة في يونيو 2018 نحو 20% من الأفراد الموسمية أي ما يقارب خُمس المجتمع نتائج مقاربة سجلها Abou-Ghadir (2025) حيث مثلت ذروة الحشرة 23.49% و27.19% من المجتمع الكلي خلال موسمي 2022/2021 و2023/2022 على التوالي بينما وجد Mesbah *et al*. (2020) أن نسبة الذروة لم تتجاوز 10% من الأفراد المعدودة في الموسم، وعلى الرغم من وجود الحشرة على العائلين، إلا أن النمط المجتمعي اختلف نسبياً بينهما وكان الاختلاف بين العائلين والأشهر المختلفة ذا دلالة إحصائية عالية ($P<0.001$). وقد سُجّلت أعلى كثافة عددية على الزيتون في أغسطس 2018 حيث بلغ عدد الحشرات 1,960 حشرة متزامناً مع أعلى متوسط شهري لدرجة الحرارة (26.7°م) كما ساهمت الرطوبة النسبية المرتفعة نسبياً (72.4%) في التخفيف من تأثير الإجهاد الحراري مما أتاح تحقيق أعلى كثافة في مجتمع الحشرة تلا ذلك شهر يوليو 2018 (1,234) ثم يونيو 2018 (656) بعد ذلك شهدت الكثافة انخفاضاً حاداً بدءاً من سبتمبر 2018 (424) واستمر هذا الانخفاض حتى إبريل 2019 (109) قبل أن يُسجَّل ارتفاعا في يونيو 2019 (402). أما على الدفلة فقد ظهرت ذروة مبكرة في يونيو 2018 حيث بلغ عدد الحشرات 930 عند درجة حرارة معتدلة (24.3°م) ورطوبة نسبية مرتفعة (70.8%)؛ تلتها شهور يوليو (728) وأغسطس (639) ثم انخفضت الأعداد تدريجياً إلى 351 في سبتمبر لكنها بقيت مستقرة نسبياً خلال الخريف والشتاء، وتُعد العوامل اللاأحيائية ولا سيما درجة الحرارة والرطوبة المحدِّد الأساسي لمعدلات بقاء الحشرة فقد أظهرت دراسات عديدة أن الارتفاع او الانخفاض المفرط في درجات الحرارة يؤدي إلى نفوق مرتفع في الأعمار الحورية الأولى (El Aalaoui *et al.*, 2025; Pucci *et al.*, 1982).

بينت نتائج هذه الدراسة وجود علاقة ارتباط إيجابية قوية بين متوسط درجة الحرارة اليومية والكثافة المجتمعية المقدّرة للحشرة *S. oleae* على الزيتون والدفلة ($r = 0.65$ و $r = 0.72$)على التوالي، في المقابل كانت قيم الارتباط البسيط بين المتوسطات

الشهرية للرطوبة النسبية (%) والعدد الإجمالي للحشرة علاقة سلبية ضعيفة وغير معنوية على كلٍّ من الزيتون والدفلة **r** = -0.05 و **r** = -0.02على التوالي كما أوضح الارتباط بين العدد الكلي للأفراد وسرعة الرياح علاقة سلبية غير دالة إحصائياً على الزيتون (r =-0.22) والدفلة (r = -0.32) وتتفق نتائج هذه الدراسة مع ما توصل إليهBadary (2002) الذي أكد التأثير الكبير لدرجة الحرارة في الكثافة المجتمعية في حين لم تكن للرطوبة النسبية وسرعة الرياح تأثيرات ملحوظة. وقد ذكر Mesbah *et al*. (2020) أن معظم معدلات نفوق الحشرة تُعزى إلى الظروف المناخية وأن الرطوبة النسبية المرتفعة طوال العام لم تؤثر بشكل جوهري في التذبذب العددي مما يؤكد أن الحرارة والجفاف هما العاملان المحددان الرئيسيان في هذا النظام البيئي وذكر Tena *et al*. (2007) أن أعداد القشرية السوداء لا تزداد خلال بعض الفترات نتيجة تأثير انخفاض درجات الحرارة على بقاء الطور الأول وانخفاض خصوبة الإناث ؛ وأشار El Aalaoui *et al*. (2025) إلى أن خصوبة إناث *S. oleae* تزداد بشكل ملحوظ مع ارتفاع درجة الحرارة حيث سُجّلت أعلى معدلات وضع البيض عند 33°م مقارنة بأدنى معدل عند 18°م مما يشير إلى أن درجات الحرارة المرتفعة (30–33°م) تُعد مثالية لتكاثر الآفة ونمو كثافتها المجتمعية.

كما تلعب الأعداء الحيوية دوراً تنظيمياً مهماً فقد سُجّل في هذه الدراسة نوعان من الطفيليات من رتبة غشائية الأجنحة هما *Scutellista cyanea* (Hymenoptera: Pteromalidae) و *Metaphycus* sp. ويُعد تسجيل *Metaphycus* sp الأول في الجبل الأخضر بينما تم تسجيلهما في الساحل الشمال الغربي الليبي (Lal and Naji, 1979) (Hymenoptera: Encyrtidae) و سجل Amin (2004) *S. cyanea* في الجبل الأخضر، وقد سجّل الطفيل *S. cyanea* أعلى نسبة تطفل على الحشرة على الزيتون في شهر يوليو2018 (26.8%) وعلى الدفلة (19.5%) حيث يستهدف كتل البيض مباشرة أسفل قشرة الأنثى؛ وقد أشار Mendel *et al* . (1984) إلى أن هذا الطفيل خارجي ومفترس للبيض وعلى الرغم من انتشاره الواسع ووصول نسب تطفله أحياناً إلى 48% على الحمضيات و80% على الزيتون فإن كفاءته التنظيمية تُعد محدودة نظراً لاستهلاك يرقاته جزءاً فقط من البيض مما يسمح بخروج أعداد كبيرة من الحوريات الزاحفة، أما أعلى نسبة للطفيل *Metaphycus* sp بلغت 8.2% على الدفلة في شهر يوليو2018 وتهاجم هذه الطفيليات بشكل أساسي الإناث والحوريات بعمر ثالث؛ وعلل Mendel *et al.* (1984) ذلك أنه بالرغم من أن الطفيل لا يمنع وضع البيض كلياً إلا أنه خفض عدد البيض المنتج بنحو 25% . ذكر Tena *et al.* (2008) إلى أن الطفيليات تمارس ضغطاً مستمراً على عشيرة *S. oleae* إلا أنه غالباً لا يصل إلى مستوى الكبح الكامل الذي يُغني عن التدخلات الأخرى، ويشير التباين في معدلات التطفل بين المحاصيل إلى أن البيئة الدقيقة وهيكل الشجرة يؤثران في قدرة الطفيليات على الوصول إلى العائل، وقد أشارت دراسات عديدة إلى الدور المهم لطفيليات رتبة غشائية الأجنحة مثل *Metaphycus* sp و *S. cyanea* في كبح الكثافة العددية للآفة من خلال التزامن الموسمي مع أطوار نموها Lampson).

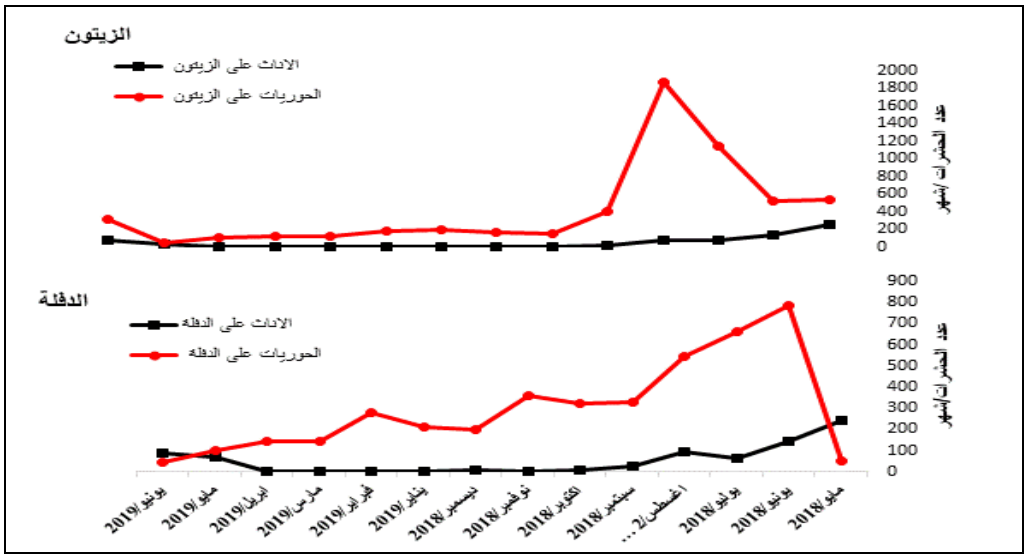
and Morse, 1992; Orphanides, 1993) كما سجلت الدراسة أربعة أنواع من المفترسات، ثلاث منها تتبع رتبة غمدية الأجنحة و فصيلة Coccinellidae (Coleoptera: Coccinellidae) والتي جمعت خلال موسم الصيف وبداية الخريف وهي دعسوقة الخلنج *Chilocorus bipustulatus* و أبو العيد السوري *Scymnus syriacus* و أبو العيد ذو السبع نقاط *Coccinella septempunctata* L. وقد أشارت دراسة إلى أن هذه المفترسات سجلت في الجبل الأخضر على عدد كبير من الآفات الحشرية من بينها القشرية السوداء (Amin and El-Mabrouk, 2002). كما سجلت الدراسة المفترس أسد المن *Chrysoperla carnea* (Steph.) من رتبة شبكية الأجنحة، وتتفق نتائجنا مع Bataw *et al*. (2002) الذي ذكر أن يرقات المفترس تتغذى على العديد من حشرات رتبة متشابهة الأجنحة.

وتلعب المفترسات دوراً مهما في تنظيم مجتمعات القشرية السوداء إذ تتميز ولا سيما فصيلة Coccinellidae بكفاءة عالية في افتراس البيض والحوريات والحشرات الكاملة (Santos *et al.*, 2008; Santos *et al.*, 2009). وبينت دراسة Santos

(2007)أن الافتراس يُعد عاملاً جوهرياً في خفض معدلات البقاء خلال الأطوار العمرية الأولى حيث لا يقتصر دور المفترسات مثل*C. bipustulatus* على استهلاك الأفراد بل يمتد إلى خفض كثافة الحشرة ومنع حدوث التزايد ويتعزز هذا الدور من خلال التزامن الزمني والمكاني إذ تبلغ وفرة المفترسات ذروتها بين أبريل ونوفمبر بما يتوافق مع مراحل تطور *S. oleae* مما يشكل ضغطاً حيوياً يحد من قدرة الآفة على التكاثر والانتشار(Santos *et al.*, 2008) وتجدر الإشارة إلى أن وجود النمل (والذي لوحظ بكثرة على الأشجار المصابة بموقع الدراسة) قد يعيق نشاط المفترسات والطفيليات إذ يقوم النمل بحماية الحشرات القشرية مقابل الحصول على الندوة العسلية مما يقلل من كفاءة الأعداء الحيوية (Marco and Kent, 2001)، إن فهم هذه التداخلات بين فسيولوجيا الآفة، والظروف المناخية ونشاط الأعداء الحيوية يُعد أساسياً لتطوير استراتيجيات إدارة متكاملة مستدامة وإن تحليل التذبذبات العددية للقشرية السوداء *S. oleae* ودراسة العوامل البيئية المؤثرة في استقرارها يدعم تقديم نموذج تنبؤي لاتخاذ القرار في حماية بساتين الزيتون والحفاظ على توازنها البيئي (Kumral and Kovanci, 2004; Tena and Garcia-Marí, 2006).

التركيب العمري لمجتمع *S. Oleae*

اوضحت النتائج سيادة استراتيجية واضحة لطور الحوريات حيث مثلت المكون الأساسي للهيكل العمري للعشيرة بتعداد بلغ 10075 حورية من إجمالي 11525 فردا وتم حصرهم على كلا النباتين بينما سجل وجود 1455 أنثى فقط، ويبين الشكل 2 التذبذبات الشهرية في التركيب العمري للمجتمع الحشري خلال الفترة من مايو 2018 الى يونيو 2019.



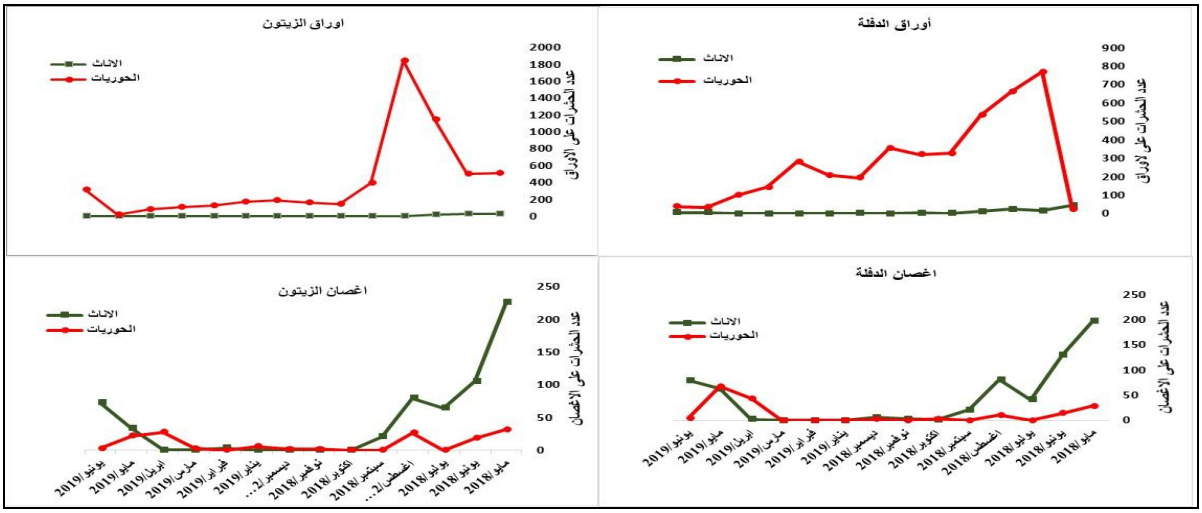
شكل:(2). التركيب العمري (إناث وحوريات) لـ*S. oleae* على الزيتون والدفلة خلال الفترة من مايو 2018 إلى يونيو 2019

حيث سُجِّل أعلى عدد للحوريات(1876) على أشجار الزيتون خلال أغسطس 2018 يلي العدد (1152) وذلك في شهر يوليو2018 وعلى نبات الدفلة لوحظت ذروة الكثافة في يونيو 2018 حيث بلغت (784) ثم في يوليو (662) وأظهر تحليل التباين وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين الشهور وبين العائلين النباتيين($P < 0.001$). فيما يتعلق بالإناث وسُجِّل أعلى عدد للإناث على كلا النباتين خلال مايو 2018 حيث بلغ على الزيتون 258 أنثى وعلى الدفلة 242 أنثى دون تسجيل فروق معنوية بين الزيتون والدفلة، أما من حيث التوزيع النسبي للأطوار الحياتية فقد سادت الحوريات على التركيب العمري خلال أشهر الدراسة حيث شكّلت الحوريات خلال أغسطس 2018 نسبة 95.7% من إجمالي تعداد الحشرة على الزيتون مقابل 4.3% للإناث بينما

بلغت نسبة الحوريات في يوليو 93.4% مقابل 6.6% للإناث وعلى الدفلة مثّلت الحوريات 84.3% من المجتمع الحشري في يونيو مقابل 15.7% للإناث وارتفعت نسبتها إلى 90.9% في يوليو مقابل 9.1% للإناث خلال مايو 2019 وقد لوحظ أن هناك توازنا نسبيا في التركيب العمري حيث شكّلت الإناث 46.2% من إجمالي الأفراد على الزيتون و40.5% على الدفلة في حين بلغت نسبة الحوريات 53.8% و59.5% على التوالي واختلفت أعداد الحشرات بين مايو ويونيو 2018 مقارنة بشهري مايو ويونيو 2019 حيث أشارت دراسة إلى أن هذا التباين يحدث من سنة إلى أخرى ومن منطقة إلى أخرى(Ilias and Hammadi, 2017) على امتداد فترة الدراسة هيمنت الحوريات على المجتمع الحشري على كلا العائلين إذ بلغت نسبتها 89.7% على الزيتون و84.9% على الدفلة مقابل 10.3% و15.1% للإناث على التوالي و يُشير الغياب شبه التام للإناث خلال الفترة من ديسمبر 2018 إلى مارس 2019 بالتزامن مع استمرار وجود أعداد ملحوظة من الحوريات على كلا العائلين إلى أن الحشرة تقضي فترة البيات الشتوي في الطورين الحوريين الثاني والثالث، ويُعزى ذلك على الأرجح إلى امتلاك هذين الطورين قدرة أعلى على تحمل الحرارة المنخفضة مقارنة بالبيض والحوريات الزاحفة وهو ما يتوافق مع ما ورد في الدراسات السابقة (Argyriou, 1963; Pucci *et al.*, 1982; Tena *et al.*, 2007) وقد اتفقت نتائج الدراسة مع العديد من الدراسات التي سجلت تفوقاً عددياً للحوريات مقارنة بالإناث طوال معظم فترات السنة حيث تشكل الحوريات (بأطوارها الأول والثاني والثالث) ما يقارب 95% فأكثر من إجمالي تعداد الحشرات الموجودة على الشجرة في أغلب المواسم بينما تمثل الإناث نسبة ضئيلة جداً لا تتعدى 5% في المتوسط من إجمالي المجتمع (Orphanides, 1990)، وتعود هذه السيادة إلى القدرة التكاثرية العالية للأنثى الواحدة حيث تضع الأنثى ما بين 1000 إلى 2000 بيضة (Jarraya, 1974) مما يؤدي إلى انفجار عددي في طور الحوريات الزاحفة فور عملية الفقس؛ وعلل Blumberg *et al* (1975) أن هذه الزيادة تنخفض تدريجياً بسبب عوامل النفوق الطبيعية (مثل الحرارة والجفاف) ولكن حتى مع فقدان جزء كبير منها تظل الحوريات هي المكون الرئيسي للهيكل العمري للعشيرة واشار Tena *et al*. (2007) إلى أن "السيادة العددية" تنتقل بين أطوار الحوريات نفسها (من الطور الأول إلى الثاني ثم الثالث) مع تقدم الموسم لكنها تظل دائماً سائدة عددياً على طور الإناث التي تظهر في فترات زمنية محددة وقصيرة نسبياً لوضع البيض، وقد أظهرت نتائج الدراسة وجود الحوريات بشكل كبير على السطح السفلي للورقة مقارنة بالسطح العلوي وعلى طول العرق الوسطي للورقة، وقد اتفقت ملاحظاتنا مع العديد من الدراسات التي أشارت إلى تفضيل الحوريات حديثة الفقس الاستقرار على الأوراق وعلى طول العرق الرئيسي الذي يعد المسار الرئيسي لتدفق العصارة(Jarraya, 1974; Quayle and Rust, 1911)، وقد أشار Jarraya (1974) أن هذا السلوك ليس عشوائيا بل إن هذه الأماكن توفر حماية للحوريات من التأثير المباشر لأشعة الشمس والجفاف مما يقلل من معدلات النفوق الناتجة.

التوزيع المكاني داخل الشجرة:

بينت الدراسة تمايزا مكانياً يعتمد على الطور العمري للحشرة، وهو ما يشير إلى استراتيجية بقاء توازن بين الاحتياجات الفسيولوجية والوقاية البيئية وبناء على البيانات الموضحة في الشكل 3 وسجلت الدراسة فروقاً معنوية بين توزيع الحوريات والإناث على الأغصان والأوراق على الزيتون والدفلة وأظهرت الحوريات تفضيلا للأوراق، بينما فضلت الإناث الأغصان ($P<0.001$).



شكل:(3). التوزيع الزمني والمكاني لأطوار حشرة الزيتون القشرية السوداء *S. oleae* (حوريات وإناث) على أوراق وأغصان الزيتون والدفلة خلال الفترة (مايو 2018 – يونيو 2019).

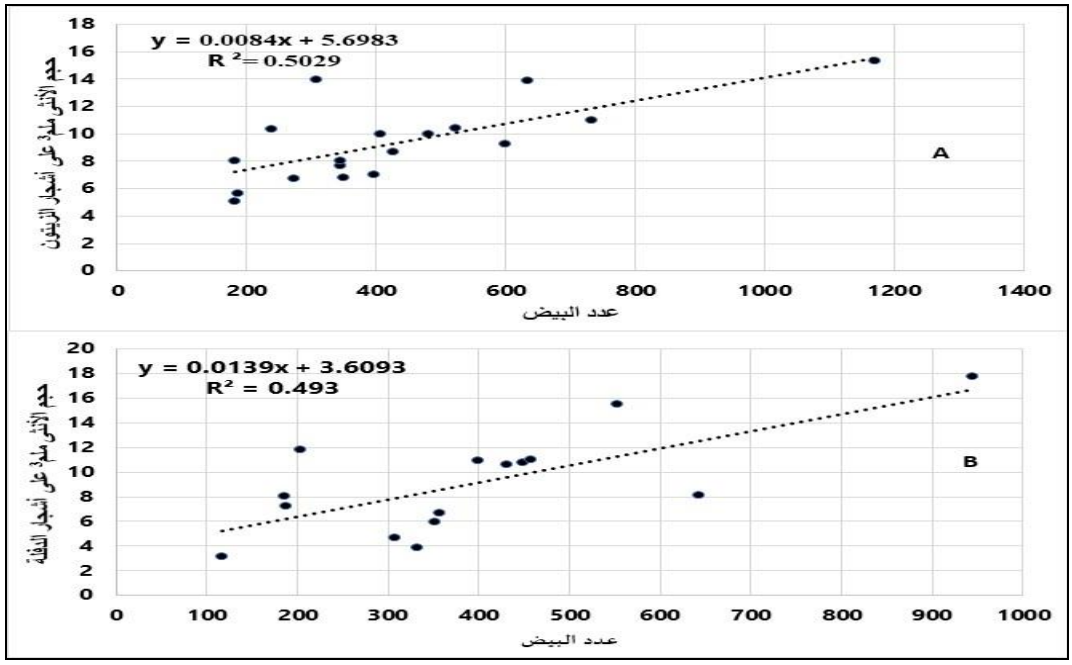
تواجدت الإناث على الأغصان طوال دورة النشاط حيث سُجّلت أعلى عدد 227 أنثى في مايو 2018 بينما كان عددها على الأوراق منخفضاً 31 أنثى على الزيتون وبلغت ذروة الحوريات على الأوراق 1849 في أغسطس 2018 و27 حورية فقط على الأغصان؛ في الدفلة أظهرت الإناث تفضيلًا مماثلًا للأغصان 197 أنثى في مايو 2018 على الأغصان و45 أنثى على الأوراق وكانت ذروة الحوريات على الأوراق 770 حورية في يونيو2018 و14 حورية على الأغصان، وخلال الخريف والشتاء تراجعت أعداد الإناث على كلا العائلين بينما استمرت الحوريات في الظهور على الأوراق وعدد ضئيل منها على الأغصان، كوصف تفصيلي لنسب الحوريات والإناث على الأغصان والأوراق وقد كانت نسبة الإناث على أوراق الزيتون 5.7% في شهر مايو 2018 في حين كانت نسبة الحوريات 94.3% أغلبها من الطور الأول، وفي شهر يوليو كانت نسبة الحوريات 98.5% والإناث 1.5% وبلغت أعلى نسبة في شهر أغسطس، فكانت نسبة الحوريات 99.8% ونسبة الإناث 0.2% وقد بلغت نسبة الإناث على أوراق الدفلة 66.2% ونسبة الحوريات على الأوراق 33.8% في شهر مايو 2018، وفي شهر يونيو بلغت نسبة الحوريات 98% والإناث 2% يليه شهر يوليو حيث بلغت نسبة الحوريات 94.6% والإناث 3.6%.

بشكل عام في جميع الأشهر كانت نسبة الحوريات على أوراق الزيتون98.3% ونسبة الإناث 1.7% ونسبة الحوريات على أوراق الدفلة 97.1 % بينما نسبة الإناث 2.9 % أما على أغصان الزيتون كانت نسبة الإناث 80.9 % بينما الحوريات على الأغصان 19.1% على أغصان الدفلة نسبة الإناث 78.5% ونسبة الحوريات 21.5%، ويظهر التوزيع المكاني للقشرية السوداء *S. oleae* بين الأوراق والأغصان على كلا العائلين وجود استراتيجية استيطان متطورة تتناغم مع البيولوجيا السلوكية والحالة الفسيولوجية للحشرة واحتياجاتها الغذائية والبيئية وخصائص العائل فتركيز الإناث على الأغصان كما لوحظ في الزيتون والدفلة يعكس سلوكًا تكيفيًّا معروفًا لدى القشريات اللينة، حيث توفر الأغصان سطحًا صلبًا يُسهّل التثبّت ويقلّل من التعرض للرياح والأعداء الحيوية وتوافقت نتائج الدراسة مع عدة دراسات التي ذكرت أن الغالبية العظمى من الحوريات (الأطوار الأول والثاني والثالث) تستقر على الأوراق بنسبة تتجاوز 95% من إجمالي مجتمع الحورية وعند وصول الحشرة إلى الطور المطاطي وبداية النضج الجنسي تبدأ هجرة جماعية من الأوراق نحو الأغصان الفتية، وتشير البيانات الإحصائية إلى أن 90% إلى 100% من الإناث الواضعة للبيض تستقر على الأغصان(Tena *et al.*, 2007)، ويُفسر هذا السلوك بعوامل بنيوية وغذائية؛ حيث توفر الأغصان دعماً

ميكانيكياً صلباً للأنثى التي يزداد حجمها ووزنها بشكل كبير عند امتلاء كيس البيض كما تضمن الأغصان استدامة تدفق العصارة النباتية لفترات طويلة مقارنة بالأوراق التي قد تتعرض للسقوط مما يهدد بقاء الجيل القادم (Neuenschwander and Paraskakis, 1980; Orphanides, 1990; Tena *et al.*, 2007).

خصوبة إناث *S. oleae*

تمثل القدرة التكاثرية للإناث المحرك الأساسي لديناميكية العشيرة حيث يرتبط إنتاج البيض ارتباطاً وثيقاً بالشكل الظاهري للأنثى، ويوضح شكل 4 ارتباطاً طردياً وثيقاً بين حجم إناث الحشرة القشرية السوداء وقدرتها الاستيعابية لإنتاج ووضع البيض والذي يضمن استدامة الأجيال المتعاقبة وقدرتها على الانتشار على العائل النباتي.



شكل:(4). العلاقة بين حجم (مم³) إناث *S. oleae* الواضعة للبيض وعدد البيض الموجود أسفل أجسامها على أشجار الزيتون والدفلة في البيضاء خلال العام 2018 : A على الزيتون B على الدفلة.

وضعت الإناث التي جُمعت خلال نهاية مايو ويونيو حدًّا أقصى بلغ 944 بيضة على أشجار الدفلة و1171 بيضة على أشجار الزيتون (الشكل 4) ففي الزيتون كان متوسط حجم الإناث (9.11 ± 0.59 مم³) أعلى بقليل من متوسط حجم الإناث في الدفلة (8.80 ± 0.93 مم³)، ولكن لم تسجل فروق معنوية بينهم Tena *et al*. (2007) لم يسجل فروقا معنوية بين الإناث النامية على الزيتون وتلك النامية على الحمضيات، وقد تم تسجيل علاقة ذات دلالة إحصائية بين حجم الأنثى وعدد البيض الموجود تحت أجسامها فقد بلغ معامل الارتباط بين حجم الأنثى وعدد البيض **r**=0.71 في الإناث النامية على الزيتون و**r**=0.70 النامية على الدفلة، وسجلPereira (2004) نفس العلاقة في بساتين الزيتون في البرتغال و Tena *et al*. (2007) في بساتين الحمضيات في اسبانيا و Ilias and Hammadi (2017) على الزيتون في الجزائر؛ ويشير Tena *et al*. (2007) إلى أن حجم الأنثى يُعد مؤشرًا أكثر دقة لخصوبتها المحتملة مقارنة بعدد البيض المُعدّ في لحظةٍ زمنية معيّنة نظرًا لأن وضع البيض لدى *S. oleae* يحدث تدريجيًّا، وقد يبدأ البيض بالفقس قبل اكتمال عملية الوضع، وأشار إلى أن إنتاج البيض يعتمد بشكل أساسي

على نوع المحصول وتغذية الشجرة والمناخ، وهي عوامل تؤثر مباشرة على حجم الأنثى النهائي قبل وضع البيض، ويعد حجم الأنثى في الحشرة القشرية السوداء هو المؤشر البيولوجي الأول للتنبؤ بمدى شدة الإصابة القادمة؛ فالحجم الأكبر يعني طاقة تخزينية وإنتاجية أعلى مما يؤدي إلى خروج أعداد هائلة من الحوريات الزاحفة التي تبدأ دورة إصابة جديدة.

استنتاج:

تسهم هذه الدراسة في إثراء المعرفة الأساسية حول الديناميكية المجتمعية للحشرة القشرية في مدينة البيضاء بالجبل الأخضر نظرا لافتقار المنطقة إلى دراسات معمقة حول هذه الحشرة ، وقد تبين من خلال الدراسة أن للحشرة جيلاً واحداً في السنة وأنها تقضي البيات الشتوي في الطور الحوري الثاني والثالث وتبلغ ذروة الكثافة العددية للحشرة في الصيف في شهر يونيو على الدفلة وفي شهر أغسطس على الزيتون وسجل ارتباط إيجابي بين كل من درجة الحرارة والكثافة المجتمعية؛ بلغت على الزيتون r=0.65 و r=0.72على الدفلة وتشكل الحوريات أكثر من 85% من حجم المجتمع على العائلين وتفضل الحوريات البقاء على الأوراق 97% بينما تفضل الإناث البقاء على الأغصان 95% وقد كشفت الدراسة في المنطقة عن وجود منظومة متنوعة من الأعداء الحيوية التي قد تشكل ركيزة في برامج المكافحة الحيوية ضمن برنامج المكافحة المتكاملة للحشرة؛ فقد تم تسجيل اثنين من الطفيليات التي تنتمي لرتبه غشائية الأجنحة، أحدهما يسجل لأول مرة في المنطقة وهو *Metaphycus* sp. والثاني هو *Scutellista cyanea* وأربعة أنواع من المفترسات، ثلاثة منها تتبع فصيلة Coccinellidae ورتبة غمدية الأجنحة وهي *Chilocorus bipustulatus* و *Scymnus syriacus* L. *Coccinella septempunctata* والمفترس أسد المن *Chrysoperla carnea* (Steph.) من حشرات رتبة شبكية الأجنحة، ويعد حجم الأنثى مؤشرا بيولوجيا لخصوبتها حيث سجل ارتباط قوي بين حجم الأنثى وعدد البيض بلغ قيمته r=0.7 ونظرا لأن الدراسة تمت في موسم واحد ومنطقة واحدة؛ لذا يجب تمديد فترة الدراسة لعدة مواسم لرصد الأنماط الدورية وتأثير العوامل المناخية وتوسيع المسح ليشمل عدة مناطق بالجبل الأخضر لتقييم مدى اختلاف الديناميكية المجتمعية تحت ظروف بيئية مختلفة وإجراء دراسات مكثفة حول كفاءة المفترسات والطفيليات والتوصية بإنشاء برامج لإكثار الأعداء الحيوية محليا وإطلاقها بشكل دوري لتعزيز المكافحة الحيوية وتقليل الاعتماد على المبيدات الكيميائية.

REFERENCES

Abatzoglou, J. T., Dobrowski, S. Z., Parks, S. A., and Hegewisch, K. C. (2018). TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958–2015. *Scientific data*, *5*(1), 170191 .

Abdul-Rauff, E. G., El-Gali, Z. I. A ،.and El-Wahsh, K. A.-R. (2019). Identification of Caused For Sooty Mold Disease on Trees in Omer Al-Mukhtar University Periphery – El-Beida- Libya. *Al-Mukhtar Journal of Sciences*, *34*(2), 141-149. https://doi.org/10.54172/mjsc.v34i2.87

Abou-Ghadir, N. M .(2025) .Population Fluctuation of the Black Olive Scale, *Saissetia oleae* (Olivier) Infesting the Ornamental Plant, Nerium oleander under Assiut Governorate Conditions. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, *56*(2), 148-160. https://doi.org/ 10.21608/ajas 2025.345914.1442.

Alam, S. M. (1957). The taxonomy of some British encyrtid parasites (Hymenoptera) of scale insects (Coccidoidea). *Transactions of the Royal Entomological Society of London*, *109*(15), 421-466. https://doi.org/DOI:10.1111/J.1365-2311.1957.TB00333.X

Amin, A. H. (2004, 5-7 April). Natural enemies of the Mediterranean black scale *Saissetia oleae (Bernard) (Homoptera: Coccidae) on olive trees in El-Beida, Libya. . The First Arab Conference on Applications of* Biological Pest Control, , Cairo ،Egyp.

Amin, A. H., and El-Mabrouk, A. H. (2002). A Survey of Predaceous coccinellid beetles (Coleoptera: Coccinellidae) and their insect and mite preys in El-Beida city and its surrounding area, Libya. *Al-Mukhtar Journal of Sciences, 9*(1), 35-41. https//:doi.org/10.54172/mjsc.v9i1.485

Annecke, D. P., and Mynhardt, M. J. (1972). The species of the insidiosus group of Metaphycus Mercet in South Africa with notes on some extralimital species (Hymenoptera Encyrtidae). *Rev. Zool. Bot. Afr*, *85*, 227-274 .

Argyriou, L. (1963). Studies on the morphology and biology of the black scale (*Saissetia oleae* (Bernard)) in Greece. *Ann. Inst. Phytopath. Benaki, N.S*(.5,), 353-377 .

Badary, H. A. M. (2002). *Integrated pest management of Mediterranean black scale insect, Saissetia oleae (Hemiptera, Coccidae) on olive tree.* Zagazig Univ.]. Moshtohor .،

Bataw, A. A., El-Ghariani , I. M., Amin, A. H., and Aburas, R. (2002). A Preliminary Survey of Predator and Parasitoid Insects in Al-Jabal Al-Akhdar (El-Beida). *Arab Journal of Plant Protection, 20*(2), 149-145 .

Ben-Dov, Y., and Hodgson, C. J. (1997). *Soft scale insects ,Their Biology, Natural Enemies and Control* (Vol. 7A). Elsevier .

Bienkowski, A. O. (2018). Key for identification of the ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae) of European Russia and Russian Caucasus (native and alien species). *Zootaxa*, *4472*(2), 233–260. https://doi.org/https://doi.org/10.11646/zootaxa.4472.2.2

Blumberg, D., Swirski, E., and Greenberg, S. (1975). Evidence for bivoltine populations of the Mediterranean black scale Saissetia oleae (Olivier) on citrus in Israel. *Israel J. Entomol, 10*, 19-24 .

Brooks, S. (1994). A taxonomic review of the common green lacewing genus Chrysoperla (Neuroptera: Chrysopidae). *Bulletin of the Natural History Museum. Entomology series* .210--137 ،(2)63

Brooks, S., and Barnard, P. (1990). The green lacewings of the world: a generic review (Neuroptera: Chrysopidae). *Bulletin of the British Museum (Natural History) Entomology* .286-117 ،(2)59

De Lotto, G. (1976). On the black scales of southern Europe (Homoptera: Coccoidea: Coccidae). *Journal of the Entomological Society of southern Africa*, *39*(1), 147-149 .

El-Saeady, A.-H. A., and Hafez, S. F. (2016). Taxonomy of the tribe Scymnini (Coleoptera: Coccinellidae: Scymninae) in Egypt. *Bull. Ent. Soc. Egypt*, *93*, 117-150 .

El Aalaoui, M., Mokrini, F., and Sbaghi, M. (2025). Impact of temperature on development and reproduction of the olive black scale *Saissetia oleae* (Olivier)(Hemiptera: Coccidae). *Bull Entomol Res*, *115*(3), 296-307. https://doi.org/10.1017/s0007485325000112

Gill, R. J. (1988). The scale insects of California. In. Sacramento, Calif. :: Analysis and Identification Branch, Division of Plant Industry, California Dept. of Food and Agriculture.

Graham, M. d. (1969). The Pteromalidae of notrh-western Europe (Hymenoptera: Chalcidoidea). *Bull. Br. Mus.(nat. Hist.) Ent., Suppl., 16*, 1-908. https://doi.org/ https://doi.org/10.5962/p.258046

Ilias, F., and Hammadi, F. (2017). Population dynamics of *Saissetia oleae* (Olivier)(Hemiptera: Coccidae) on olives. *Open Access Library Journal*, *4*(11), 1-8. https://doi.org/ 10.4236/oalib.1103805

Jarraya, A. (1974). Observations bioécologiques sur une cochenille citricole dans la region de Tunis, *Saissetia oleae* (Bernard)(Homoptera, Coccoidea, Coccidae). *Bulletin-Section Regionale Ouest Palaearctique, Organisation Internationale de Lutte Biologique, 3*, 135-157 .

Kapatos, E., and Stratopoulou, E. (1990). Population dynamics of *Saissetia oleae*. II. Life-tables and key-factor analysis. *ENTOMOLOGIA HELLENICA*, *8*, 59-64. https://doi.org/10.12681/eh.13983

Kumral, N. A., and Kovanci, B. (2004). Population dynamics of *Saissetia oleae* (Oliv.) and activity of its natural enemies in olive groves in Bursa (Turkey). Proceedings of the X International Symposium of Scale insect Studies, Adana, Turkey ،

Lal, O. P., and Naji, A. H. (1979). Observations on the indigenous parasites of the black olive scale, *Saissetia oleae* Bern.(Horn.: Coccidae) in the Socialist Peoples Libyan Arab Jamahiriya. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, *88*(1-5), 513-520. https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1979.tb02529.x

Lampson, L., and Morse, J. (1992). A survey of black scale, *Saissetia oleae* [Hom.: Coccidae] parasitoids [Hym.: Chalcidoidea] in southern California. *Entomophaga*, *37*(3), 373-390 . https://doi.org/10.1007/bf02373111

Marco, S. B., and Kent, M. D. (2001). Host-handling behaviours in parasitoids of the black scale: a case for antimediated evolution. *Journal of Animal Ecology*, *70*(2), 237-247. https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2001.00.483x

Mendel, Z., Podoler, H., and Rosen, D. (1984). Population dynamics of the mediterranean black scale, *Saissetia oleae* (Olivier), on citrus in Israel. 4. The natural enemies. *Journal of the Entomological Society of southern Africa*, *47*(1), 01-21 .

Mesbah, H. A. A., Moursi, K. S., EL-kady, M. B., Mahmoud Abdelmageed, A. A., and Gaith, A. (2020). Population Dynamic of Olive Black Scale, *Saissetia oleae* (Olivier)(Hemiptera: Coccidae) Infesting Olive Trees in Irrigated Farms in Matrouh Governorate, Egypt. *Journal of the Advances in Agricultural Researches*, *25*(1), 38-47. https://doi.org/10.21608/jalexu.2020.163765

Neuenschwander, P., and Paraskakis, M. (1980). Studies on distribution and population dynamics of *Saissetia oleae* (Oliv.)(Hom., Coccidae) within the canopy of the olive tree. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, *90*(1-5), 366-378. https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1980.tb03540.x

Orphanides, G. (1990). *Bioecology of the black scale, Saissetia oleae (Olivier)(Homoptera: coccidae) in Cyprus* .

Orphanides, G. (1993). Control of *Saissetia oleae* (Hom.: Coccidae) in Cyprus through establishment of Metaphycus barletti and M. helvolus (Hym.: Encyrtidae). *Entomophaga*, *38*(2), 235-239. https://doi.org/10.1007/bf02372558

Pereira, J. (2004). *Bioecologia da cochonilha negra Saissetia oleae (Olivier), na oliveira, em Trás-os-Montes* Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro]. Vila Real, Portugal .

Pucci, C., Salmistraro, D., Forcina, A., and Montanari, G. (1982). Incidence of abiotic factors on the mortality of *Saissetia oleae* (Oliv.). *Redia*, *65*, 355-366 .

Quayle, H. J., and Rust, E. W. (1911). *The Black Scale (Saissetia oleae Bern.). Bulletin No. 223, University of California, Agricultural Experiment Station, Berkeley, California* . .U. O. C. PUBLICATIONS .

Santos ،S. A., Gonçalves, F., Rei, F., Raimundo, A., and Torres, L. (2008, 20-21 November). Coccinelídeos associados ao olival português e sua importância na protecção contra a cochonilha-negra, *Saissetia oleae* (Olivier). Actas do I Congresso Nacional de Produção Integrada/VIII Encontro Nacional de Protecção Integrada ،

Santos, S. A., Pereira, J. A., da Conceição Rodrigues, M., Torres, L. M., Pereira, A. M. N., and Nogueira, A. J. (2009). Identification of predator–prey relationships between coccinellids and *Saissetia oleae* (Hemiptera: Coccidae), in olive groves, using an enzyme-linked immunosorbent assay. *Journal of Pest Science*, *82*(2), 101-108. https://doi.org/10.1007/s10340-008-0226-9

Santos, S. A., Santos, C., Silva, S., Pinto, G., Torres, L. M., and Nogueira ،A. J. (2013). The effect of sooty mold on fluorescence and gas exchange properties of olive tree. *Turkish Journal of Biology*, *37*(5), 620-628. https://doi.org/10.3906/biy-1301-81

Santos, S. A. P. (2007). *Action of predators against the black-scale, Saissetia oleae (Oliv.) in Trás-os-Montes olive groves* Universidade de Aveiro (Portugal) .[

Tena, A., and Garcia-Marí, F. (2006). Natural enemies of the black scale *Saissetia oleae* (Homoptera: Coccidae) in Valencia (Spain). *Bulletin. Section Regionale Ouest Palaearctique, Organisation Internationale de Lutte Biologique*, *29*, 47-54 .

Tena, A., Soto, A., and Garcia-Marí, F. (2008). Parasitoid complex of black scale *Saissetia oleae* on citrus and olives: parasitoid species composition and seasonal trend. *BioControl*, *53*-473 ،(3) .487https://doi.org/10.1007/s10526-007-9084-2

Tena, A., Soto, A., Vercher, R., and Garcia-Marí, F. (2007). Density and structure of *Saissetia oleae* (Hemiptera: Coccidae) populations on citrus and olives: relative importance of the two

annual generations. *Environmental entomology*, *36*(4), 700-706. https://doi.org/10.1093/ee/36.4.700

Zavattari, E. (1934). *Prodromo della fauna della Libia: pubblicato sotto gli auspici del Ministero delle colonie e della R. Universitá di Pavia*. Tipografia già cooperativa .

Al-Mukhtar Journal of Agricultural, Veterinary and Environmental Science 4 (1): 15-30, 2026
Doi: https://doi.org/10.54172/9k615074

Research Article **Open Access**

النشاط المضاد للبكتيريا لعسل السدر وعسل الزعتر الليبي ضد بعض البكتيريا الممرضة المعزولة من مركز بنغازي الطبي

مراد عبد الرازق رمضان السعيطي، عبدالمجيد نجيب مراجع الصوينعي*

مراد عبد الرازق رمضان السعيطي: قسم علـوم وتقنيـة الأغذيـة ، كليـة الزراعـة سلوق، جامعة بنغازي، بنغازي، ليبيا.
عبدالمجيد نجيب مراجع الصوينعي*: قسم علوم وتقنية الأغذية ، كلية الزراعة سلوق، جامعة بنغازي، بنغازي، ليبيا.

المستخلص: تهدف هذه الدراسة إلى تقييم النشاط المضاد للبكتيريا لنوعين من العسل الليبي، هما عسل السدر وعسل الزعتر المنتجين في منطقة بنغازي، ودراسة خصائصهما الفيزيوكيميائية وعلاقتهما بالفعالية المضادة للبكتيريا، وذلك في ظل تزايد مقاومة الميكروبات للمضادات الحيوية التقليدية، وقد شملت الدراسة أربع عزلات بكتيرية مرضية معزولة سريريًا من مرضى مركز بنغازي الطبي وهي: *Staphylococcus aureus*، *Escherichia coli*، *Pseudomonas aeruginosa*، و*Klebsiella pneumoniae*. أظهرت النتائج وجود علاقة طردية ذات دلالة إحصائية ($p \leq 0.05$) بين تركيز العسل وقطر منطقة التثبيط لجميع البكتيريا المختبرة، حيث لم يُسجَّل أي تأثير تثبيطي عند تركيز 25% لمعظم الأنواع، بينما بلغ أعلى نشاط تثبيطي عند تركيز 100%، وقد سجّل عسل السدر أعلى قطر تثبيط ضد *S. aureus* بلغ (28.0 ± 0.41 ملم) مقارنة بعسل الزعتر (22.75 ± 0.50 ملم)، كما تفوق عسل السدر ضد *E. coli* بقطر تثبيط (26.0 ± 0.82 ملم) مقابل (21.0 ± 0.82 ملم) لعسل الزعتر، وقد أظهرت البكتيريا سالبة الغرام حساسية أقل نسبيًا، حيث تراوحت قيم MIC لعسل السدر بين 6.5− 12.5% لمعظمها، بينما وصلت قيم MBC إلى 50% لكلا نوعي العسل.، وقد بيّنت التحاليل الفيزيوكيميائية تفوق عسل السدر بانخفاض قيمة الرقم الهيدروجيني (3.7 ± 0.2) ومحتوى الرطوبة (6.7%) مقارنة بعسل الزعتر، إضافة إلى ارتفاع السكريات الكلية (81.45%). خلصت الدراسة إلى أن العسل الليبي، ولا سيما عسل السدر يمتلك إمكانات واعدة كمصدر طبيعي مضاد للبكتيريا.

الكلمات المفتاحية: العسل الليبي، عسل السدر، عسل الزعتر، النشاط المضاد للبكتيريا، الخصائص الفيزيوكيميائية.

Murad Abdulrraziq Ramadhan Alsaeiti,
E-mail addresses:
murad.alsaeiti@uob.edu.ly
Department of Food Science and Technology, Agriculture Faculty, University of Benghazi, Benghazi, Libya.

***Corresponding author:**
Abdelmagid Hamed,
E-mail addresses:
abdelmagid.hamed@uob.edu.ly
Department of Food Science and Technology, Agriculture Faculty, University of Benghazi, Benghazi, Libya.

Received:
21. 02. 2026

Accepted:
30. 04.2026

Publish online:
30. 04.2026

Evaluation of the Antibacterial Activity of Libyan Sidr Honey and Thyme Honey Against Some Pathogenic Bacterial Species Isolated from Patients at Benghazi Medical Center

Abstract: This study evaluated the antibacterial activity of two types of Libyan honey, Sidr and thyme produced in the Benghazi region, and investigated their physicochemical properties and relationship to antibacterial efficacy in light of increasing microbial resistance to conventional antibiotics. Four clinically isolated pathogenic bacterial strains were obtained from patients at Benghazi Medical Center: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Klebsiella pneumoniae*. The results demonstrated a statistically significant positive correlation ($p \leq 0.05$) between honey concentration and inhibition zone diameter for all tested bacteria. No inhibitory effect was observed at 25% concentration for most of the tested species, whereas the highest antibacterial activity occurred at 100%. Sidr honey exhibited the largest inhibition zone against *S. aureus* (28.0 ± 0.41 mm) compared to thyme honey (22.75 ± 0.50 mm). Similarly, Sidr honey showed greater activity against *E. coli* (26.0 ± 0.82 mm) than thyme honey (21.0 ± 0.82 mm). Gram-negative bacteria showed lower susceptibility overall, with minimum inhibitory concentration (MIC) values of 12.5% for Sidr honey in most cases, while minimum bactericidal concentration (MBC) values reached 50% for both honey types. Physicochemical analysis revealed the superiority of Sidr honey, characterized by lower pH (3.7 ± 0.2), lower moisture content (6.7%), and higher total sugar content (81.45%) compared to thyme honey. The study concludes that Libyan honey, particularly Sidr honey, demonstrates promising potential as a natural antibacterial agent.

Keywords: Libyan honey, Sidr honey, Thyme honey, Antibacterial activity, Physicochemical properties.

The Author (s) 2026. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License [http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/], which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, for non-commercial purposes only*, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

المقدمة:

تعد مقاومة الميكروبات للمضادات الحيوية من أبرز التحديات التي تهدّد الصحة العامة في العالم في القرن الحادي والعشرين، فقد ساهم الاستعمال غير المنظم والمفرط للمضادات الحيوية إلى تطور مقاومة البكتيريا لهذه الأدوية، أضف إلى ذلك قلة اكتشاف مضادات حيوية جديدة خلال السنوات القليلة الماضية، مما يقلل فاعلية العلاجات التقليدية ويؤدي لزيادة معدلات الإصابة وتفاقم المضاعفات الصحية (Ventola، 2015)، وقد أدت هذه الأزمة الصحية العالمية إلى التوجه لدراسة المنتجات الطبيعية ذات الفعالية المضادة للميكروبات باعتبارها مصادر واعدة لمركبات فعّالة وآمنة قد تُسهم في الحد من مقاومة العدوى ودعم الجهاز المناعي، ومنها المنتجات المستخدمة في الطب التقليدي، بعد أن أثبتت العديد من الدراسات الحديثة كفاءتها كبدائل علاجية آمنة (Alvarez وآخرون، 2020).

وتُعد منتجات النحل من أهم المواد الطبيعية التي حظيت باهتمام واسع في المجال الطبي والبحثي، نظرًا لما تحتويه من مركبات حيوية فعّالة ذات خصائص علاجية متعددة، وقد استُخدمت هذه المنتجات منذ العصور القديمة في الطب التقليدي، ولا يزال الاهتمام بها مستمرًا حتى وقتنا الحاضر، خاصة في ظل تزايد مقاومة الميكروبات للمضادات الحيوية ، حيث يُعد العسل من أبرز منتجات النحل وأكثرها استخدامًا (Kumari وآخرون، 2023).

يمتلك العسل خصائص مضادة للبكتيريا ومضادة للأكسدة، إضافة إلى دوره في تعزيز المناعة والتئام الجروح، وقد أظهرت العديد من الدراسات الحديثة أن العسل يحتوي على مركبات فعّالة مثل بيروكسيد الهيدروجين الذي يعمل كمطهر طبيعي يثبط نمو البكتيريا والأحماض العضوية مثل حمض الغلوكونيك وحمض الفورميك، والتي تلعب دورًا مهماً في خفض الرقم الهيدروجيني للعسل إلى قيم تتراوح بين 3.2 و4.5، مما يخلق بيئة غير مناسبة لنمو معظم البكتيريا. بالإضافة إلى ذلك، يسهم الضغط الأسموزي الناتج عن السكريات عالية التركيز مثل الجلوكوز والفركتوز في سحب الماء من الخلايا البكتيرية، مما يمنع تكاثرها كما يحتوي العسل على المركبات الفينولية وهي مضادات أكسدة طبيعية تتميز بنشاط مضاد للبكتيريا والفطريات، وتساعد أيضًا في حماية خلايا الجسم من الضرر التأكسدي الذي تعزز نشاطه المضاد للميكروبات، ويدعم مكانته كعلاج طبيعي فعّال ويسهم في الحد من مقاومة الميكروبات، إلى جانب دوره في تعزيز المناعة (Al-Hasani، 2018؛ Almasaudi، 2021؛ Bava وآخرون، 2025).

يستخدم الليبيون العسل لأغراض علاجية تقليدية، وكغذاء مكمل. وتختلف أنواع العسل الليبي كبقية أنواع العسل في العالم حسب نوع الرحيق والمصدر النباتي الذي جمع منه، والظروف البيئية وطبيعة التربة التي تنمو عليها النباتات التي جمع منها الرحيق ويحدد بشكل كبير نوع العسل المنتج وطبيعة المواد الموجودة فيه (Azzouz وآخرون، 2023). فعسل السدر مثلا ينتجه النحل من رحيق نبات السدر، وهو نبات بري معروف قديمًا باسم الإكليل ذي الأشواك، وقد استُخدمت أوراقه وثمارها في الطب الشعبي التقليدي لعلاج مجموعة متنوعة من الأمراض، ويعد عسل السدر من أغلى أنواع العسل سعرا وأكثرها جودة، نظرًا لخواصه الغذائية والطبية المميزة (Almasaudi وآخرون، 2017). أما بالنسبة لعسل الزعتر فقد سمي بهذا الاسم لأنه يُنتج من رحيق نبات الزعتر، وهو نبات عشبي قصير ومعمر ينتمي إلى فصيلة الشفويات، ويتميز بوفرة الزيوت الطيارة ذات الفوائد الطبية. ويُعد الزعتر من النباتات العلاجية التقليدية، ويُعرف عسل الزعتر بفوائده الصحية المتنوعة، ويُعد هذا العسل من الأنواع ذات الجودة العالية، وقد استخدم تقليديًا في الطب الشعبي لمكافحة الالتهابات وتقوية الجهاز المناعي (Almasaudi وآخرون،2021).

في السياق نفسه، كشفت دراسة حديثة في ليبيا عن الفاعلية المضادة للبكتيريا لعينات من العسل الليبي عند تراكيز مختلفة ضد السلالات الممرضة مثل *Staphylococcus aureus* و*Escherichia coli* و*Pseudomonas aeruginosa*، حيث

لوحظ تأثير مثبّط لنمو هذه الميكروبات مع زيادة تركيز العسل (Altounsi وآخرون، 2024؛ Elfallah وآخرون، 2025)، وفي دراسة تجريبية أخرى، بيّنت النتائج أن بعض أنواع العسل الليبي تتمتع بنشاط مضاد للبكتيريا الموجبة والسالبة على حدٍ سواء باستخدام طريقة الانتشار في الآجار؟؟، وأكدت اختلاف فعالية العسل حسب نوعه وتركيزه، مع ظهور نشاط مثبط ملحوظ ضد *Staphylococcus aureus* و*Klebsiella pneumoniae* (Abushalla، 2019).

تُظهِر هذه النتائج أن العسل الليبي يمتلك إمكانات علاجية طبيعية يمكن أن تُوظَّف في مواجهة مقاومة الميكروبات الضارّة والعزلات السريرية، بما يتماشى مع ما أظهرته دراسات أخرى حول خصائص العسل المضاد للميكروبات، حيث أثبتت قدرته على تثبيط نمو البكتيريا السريرية عند تركيزات متفاوتة في المختبر (Elmarabet وآخرون، 2018). بالإضافة إلى ذلك، تشير الدراسات العلمية إلى أن تنوع المصادر النباتية للعسل وبيئته الجغرافية يؤثر بشكل كبير على تركيبته الكيميائية ونشاطه المضاد للبكتيريا، مما يعزز أهمية دراسة العسل الليبي وفق أصوله النباتية والجغرافية الخاصة (Hegazi وآخرون، 2023).

بناءً على ما سبق، لا توجد دراسات كافية تقارن بين عسل السدر والزعتر الليبي ضد عزلات سريرية من مركز بنغازي الطبي، يمثل هذا البحث محاولة لفهم آليات نشاط عسل السدر والزعتر الليبي المضاد للميكروبات الممرضة المقاومة للمضادات الحيوية ومقارنة وتقييم قدرتها على تثبيط نموها أو قتلها، وذلك في سياق الحاجة الماسة إلى بدائل طبيعية آمنة وفعّالة.

أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم النشاط المضاد للبكتيريا لنوعين من العسل الليبي (عسل السدر وعسل الزعتر) المنتجين في منطقة بنغازي، من خلال دراسة خصائصهما الفيزيوكيميائية وتحليل علاقتها بفاعليتهما التثبيطية ضد مجموعة من العزلات البكتيرية الممرِضة المعزولة سريريًا من مرضى مركز بنغازي الطبي. كما تسعى الدراسة إلى مقارنة كفاءتهما عند تراكيز مختلفة وتحديد كل من التركيز المثبط الأدنى (MIC) والتركيز القاتل الأدنى (MBC)، إضافة إلى مقارنة فعاليتهما ببعض المضادات الحيوية الشائعة، بهدف استكشاف إمكانية توظيف العسل الليبي كمضاد طبيعي داعم أو بديل في مواجهة البكتيريا المقاومة للمضادات الحيوية التقليدية.

أسئلة الدراسة:

انطلاقًا من مشكلة البحث وأهدافه، تسعى هذه الدراسة للإجابة عن الأسئلة البحثية الآتية: ما مدى فاعلية عسل السدر وعسل الزعتر المنتجين في منطقة بنغازي في إظهار نشاط مضاد للبكتيريا تجاه العزلات البكتيرية الممرِضة المعزولة سريريًا، وهل توجد فروق ذات دلالة إحصائية بينهما في مستوى التأثير التثبيطي باختلاف التراكيز ونوع البكتيريا (موجبة الغرام وسالبة الغرام)، وما طبيعة العلاقة بين تركيز العسل وقطر منطقة التثبيط، وإلى أي مدى يمكن اعتبار العسل الليبي خيارًا طبيعيًا داعمًا أو بديلًا لبعض المضادات الحيوية التقليدية في مواجهة البكتيريا المقاومة؟.

فرضيات الدراسة:

لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \geq 0.05$) في النشاط المضاد للبكتيريا بين عسل السدر وعسل الزعتر المنتجين في منطقة بنغازي تجاه العزلات البكتيرية الممرِضة المعزولة سريريًا، كما لا توجد فروق تعزى لاختلاف التراكيز أو نوع البكتيريا، ولا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين تركيز العسل وقطر منطقة التثبيط، وذلك مقابل الفرض البديل القائل بوجود فروق وعلاقات ذات دلالة إحصائية عند مستوى ($\alpha < 0.05$).

حدود الدراسة:

تقتصر هذه الدراسة مكانيًا على مدينة بنغازي شرق ليبيا، حيث جُمعت عينات عسل السدر والزعتر من مناحل محلية، كما تم جمع العزلات البكتيرية من مركز بنغازي الطبي، وزمنيًا على موسم انتاج عسل السدر والزعتر في عام 2025، وموضوعيًا على تقييم النشاط المضاد للبكتيريا باستخدام طريقة الانتشار في الحفر وتحديد كل من التركيز المثبط الأدنى (MIC) والتركيز القاتل الأدنى (MBC) ومقارنة الفاعلية مع بعض المضادات الحيوية الشائعة، وذلك على أربع سلالات بكتيرية ممرِضة، مع اقتصار الجانب البشري على العزلات البكتيرية دون بيانات سريرية شخصية، بما يجعل النتائج مرتبطة بالإطار الجغرافي والبيئي للدراسة دون تعميم مباشر على حالات علاجية فردية.

المواد وطرق البحث:

منهجية الدراسة:

تعتمد هذه الدراسة على المنهج التجريبي المعملي وذلك لتقييم النشاط المضاد للبكتيريا لنوعين من العسل الليبي (عسل السدر وعسل الزعتر) باستخدام اختبارات مخبرية قياسية على عزلات بكتيرية ممرضة معزولة سريريًا من مرضى مركز بنغازي الطبي.

مجتمع وعينة الدراسة:

- مجتمع الدراسة: البكتيريا الممرضة للإنسان.
- عينة الدراسة: مجموعة مختارة من العزلات البكتيرية المرضية الشائعة المعزولة سريريًا من مرضى مقيمين في مركز بنغازي الطبي، مثل: *Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa, Klebsiella pneumoniae.*

أنواع العسل المستخدمة في الدراسة:

تم توفير عينات العسل من منحل الشهد الصافي بمنطقة بنينا وجمعت من المنحل في شهر يونيو 2025 وهي كالآتي:

- عسل السدر إنتاج موسم 2025 (منتج محليًا في منطقة بنغازي بالتحديد منطقة وادي الباب "الإحداثيات: 31.5692° N, 20.5286° E").
- عسل الزعتر إنتاج موسم 2025 (منتج محليًا في منطقة بنغازي بالتحديد منطقة وادي الفج "الإحداثيات: 32.1061° N, 20.3492° E").

نُقلت العينات إلى المختبر، وحُفظت في عبوات زجاجية في مكان مظلم على درجة حرارة الغرفة حتى استخدامها في التحضير والتحليل.

تراكيز العسل المستخدمة:

تم تحضير تراكيز مختلفة من العسل باستخدام الماء المقطر المعقم، وهي كالآتي: 25%، 50%، 75%، 100%.

الأوساط الزرعية المستخدمة في التحاليل الميكروبية:

- Mueller–Hinton Agar.
- Nutrient Agar.
- MacConkey Agar.
- Mannitol salt agar Agar.
- Sabouraud Dextrose Agar.

المضادات الحيوية:

في هذه الدراسة تم استخدام مجموعة من المضادات الحيوية واسعة الطيف تمثل فئات مختلفة وفعالة ضد البكتيريا موجبة وسالبة الجرام، وقد تم تقييم فعاليتها ضد أنواع البكتيريا محل الدراسة باستخدام طريقة الانتشار بالأقراص (Kirby–Bauer disk diffusion method) وفق ارشادات معهد المعايير السريرية والمخبرية (Clinical and Laboratory Standards Institute "CLSI") الإصدار 34 (CLSI, 2024)، وهي كما في الجدول الآتي:

جدول (1): المضادات الحيوية المستخدمة في الدراسة

اسم المضاد الحيوي	الشركة المصنعة	التركيز	الرمز
Tetracyclin	Oxoid	25µg	TE
Amoxicillin	Oxoid	10µg	AX
Penicillin	Oxoid	10µg	P
Gentamycin	Oxoid	10µg	CN
Chloramphenicol	Oxoid	5µg	C

تقدير الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات العسل:

تم تحضير محاليل العسل مباشرة قبل الاختبارات، وتم تحريكها باستخدام محرك مغناطيسي، وتقدير الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات العسل محل الدراسة كالآتي:

1) تقدير النسبة المئوية للرطوبة (%) والكثافة النوعية في عينات العسل باتباع الطرق التي ذكرتها Boufa، (2022).
2) تقدير التوصيل الكهربي لعينات العسل معبرا عنها بالملي سيمنز لكل سنتيمتر (mS/cm) باتباع الطريقة التي ذكرها El–Meihy وآخرون، (2025).
3) تقدير النسبة المئوية للمواد الصلبة الذائبة في الماء بالجزء في المليون (ppm) في عينات العسل باتباع الطريقة التي ذكرتها Boufa، (2022).
4) تقدير الرقم الهيدروجيني والحموضة الكلية لعينات العسل معبرا عنها بالملي مكافئ حمض فورميك لكل ألف جرام عسل (meq/Kg) باتباع الطريقة التي ذكرتها Boufa، (2022).
5) تقدير النسبة المئوية للرماد (%) باتباع الطريقة التي ذكرها كلا من Bebhameda & Attiya، (2026).
6) تقدير السكريات: تقدير النسبة المئوية للسكريات المرجعة (المختزلة)، والنسبة المئوية للسكريات الكلية باتباع الطريقة التي ذكرها El–Meihy وآخرون، (2025).

تعريف وتشخيص البكتيريا:

تم تشخيص وتعريف العزلات البكتيرية باستخدام جهاز Phoenix (BD Phoenix™ Automated Microbiology System)، وذلك اعتمادًا على الخصائص البيوكيميائية ونمط الحساسية للمضادات الحيوية، وفقًا لإجراءات الشركة المصنعة.

اختبار فعالية العسل والمضادات الحيوية ضد أنواع البكتيريا المعزولة:

استخدمت طريقة الانتشار في الحفر Well diffusion methods المتبعة من قبل كلا من Bansode & Chavan، (2012) وذلك بصب 20 مل من الوسط الغذائي "MHA" (Mueller Hinton Agar) لكل طبق بترى، تم ترك الأطباق بعدها لمدة (15–30) دقيقة حتى تصل إلى مرحلة الجفاف، وثم بعد ذلك لقح الوسط بواسطة مسحة قطنية معقمة Sterile swab من معلق بكتيري تم ضبط عكارته لتتوافق مع 0.5 McFarland standard والذي يعادل تقريبا (1.5×10^8 ml/CFU)، كما تم عمل حفر بقطر 8 mm لكل حفرة باستخدام ثاقب فليني Cork borer معقم بواسطة اللهب، وتحضير تراكيز مختلفة من العسل باستخدام الماء المقطر Distilled water بنسبة 25 %, 50 %, 75 %, 100 %، حيثُ تم إضافة 100 مايكرو ليتر من التراكيز المختلفة لكل حفرة باستخدام ماصة دقيقة أوتوماتيكية ذات أغطية معقمة، وكذلك تم مقارنة أعلى تركيز مثبط للعسل مع مجموعة من المضادات الحيوية بطريقة (Disc diffusion method)، ووضعت الأطباق في الحاضنة عند درجة حرارة 37 مْ لمدة 24 ساعة في الحاضنة، ثم سحبت الأطباق وتم قياس قطر منطقة التثبيط بالملمتر علماً بأن منطقة التثبيط Inhibition zone هي المنطقة الخالية من النمو الجرثومي .

تحديد أقل تركيز مثبط (Minimum Inhibitory Concentration , MIC):

تم تحديد التركيز المثبط الأدنى (MIC) لكل من عسل السدر وعسل الزعتر ضد العزلات البكتيرية المختبرة باستخدام طريقة التخفيف (v/v) المتسلسل في المرق.(Mueller–Hinton Broth Dilution Method) ، حيث استُخدم العسل الخام بتركيز 100% في الأنبوبة الأولى دون تخفيف، ثم حُضِّرت تخفيفات متتالية بإضافة حجم متساوٍ من العسل إلى مرق Mueller–Hinton Broth للحصول على تراكيز 50%، 25%، 12.5% و6.25%، ثم أُضيف 0.1 مل من المعلق البكتيري القياسي 0.5 McFarland إلى كل أنبوبة ، ثم حُضنت الأنابيب عند درجة حرارة 37°م لمدة 24 ساعة، وسُجِّل التركيز المثبط الأدنى (MIC)على أنه أقل تركيز من العسل يمنع حدوث النمو البكتيري المرئي (Gambo وآخرون، 2018).

تحديد أقل تركيز قاتل (Minimum Bactericidal Concentration, MBC):

تم تحديد التركيز القاتل الأدنى (MBC) لكلٍ من عسل السدر وعسل الزعتر ضد العزلات البكتيرية المختبرة اعتمادًا على نتائج اختبار التركيز المثبط الأدنى (MIC)، وبعد انتهاء فترة التحضين الخاصة باختبار MIC، تم أخذ 0.1 مل من الأنابيب التي لم تُظهر نموًا بكتيريًا مرئيًا وزُرعت على أطباق (Mueller–Hinton Agar) الخالية من العسل، ثم حُضنت الأطباق عند درجة حرارة 37°م لمدة 24 ساعة، وسُجِّل التركيز القاتل الأدنى (MBC) على أنه أقل تركيز من العسل لا يُظهر أي نمو بكتيري (Gambo وآخرون، 2018).

اختبار الكشف عن التلوث الميكروبي لعسل السدر وعسل الزعتر:

للتأكد من خلو عينات عسل السدر وعسل الزعتر من التلوث البكتيري والفطري، يتم تعقيم عينات العسل بالترشيح باستخدام مرشح غشائي معقم بقطر مسام 0.2 ميكرومتر، وبعد ذلك يتم تلقيح عينات العسل على عدة أوساط زراعية مختلفة، وقد شملت الأوساط البكتيرية وسطNutrient Agar و MacConkey agar و Mannitol salt agar Agar ، في حين استُخدم وسط Sabouraud Dextrose Agar للكشف عن الفطريات والخمائر. وحُضنت الأوساط البكتيرية عند درجة حرارة 37°م لمدة 24–48 ساعة، بينما حُضنت أوساط الفطريات عند درجة حرارة 25–28°م لمدة 3–5 أيام، وتم فحص الأطباق للتأكد من عدم ظهور أي نمو ميكروبي (Chen وآخرون، 2012).

التحليل الإحصائي:

أجريت جميع التجارب بثلاث مكررات وتم تحليل البيانات باستخدام برنامج SPSS version 22 (SPSS, 2021)، وحساب المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لإجراء اختبار تحليل التباين الأحادي One–Way ANOVA واختبار Tukey test for multiple comparison عند مستوى دلالة إحصائية $\alpha = 0.05$ بين متوسطات أقطار منطقة التثبيط بالملمتر لأنواع مختلفة من البكتيريا وذلك باستخدام نوعين من العسل الليبي (عسل السدر وعسل الزعتر) عند تركيزات مختلفة من العسل (25%، 50%، 75%، 100%).

النتائج

جدول (2): أقطار منطقة التثبيط (mm) لتراكيزت عسل السدر وعسل الزعتر

نوع البكتيريا	نوع العسل	قطر منطقة تثبيط تركيزات مختلفة من العسل للبكتيريا بالملمتر			
		25%	**50%**	**75%**	**100%**
E. coli	عسل السدر	0.0**c**±0.0	14.87**a**±0.25	17**b**±0.82	26**b**±0.82
	عسل الزعتر	0.0**c**±0.0	10**c**±0.81	11.5**d**±1.31	21**d**±0.82
P. aeruginosa	عسل السدر	0.0**c**±0.0	12**b**±0.41	14.8**c**±0.64	20.5**de**±0.41
	عسل الزعتر	0.0**c**±0.0	0.0**d**±0.0	12**d**±0.82	18.5**f**±0.41
K. pneumoniae	عسل السدر	0.0**c**±0.0	11**bc**±0.41	14.13**c**±0.9	19.5**ef**±0.41
	عسل الزعتر	0.0**c**±0.0	0.0**d**±0.0	9.5**e**±0.41	18.8**f**±0.95
S. aureus	عسل السدر	11**a**±0.41	14**a**±0.82	20**a**±0.4	28**a**±0.41
	عسل الزعتر	9**b**±0.41	12**b**±0.85	19**a**±0.42	22.75**c**±0.5

تمثل القيم المذكورة في الجدول متوسط ثلاث مكررات ± الانحراف المعياري للمتوسط.

تشير الأحرف المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروقات معنوية عند مستوى معنوية ($p \leq 0.05$).

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي بين متوسطات أقطار منطقة التثبيط بالملمتر لأنواع مختلفة من البكتيريا وذلك باستخدام نوعين من العسل الليبي (عسل السدر وعسل الزعتر) عند تركيزات مختلفة من العسل (25%، 50%، 75%، 100%) وجود علاقة طردية واضحة بين تركيز العسل وقطر منطقة التثبيط لجميع الأنواع البكتيرية المختبرة، حيثُ تُظهر نتائج جدول (2) وجود تباين واضح في القدرة التثبيطية لكل من عسل السدر وعسل الزعتر تجاه الأنواع البكتيرية الأربعة المختبرة (*Escherichia coli* ، *Pseudomonas aeruginosa*، *Klebsiella pneumoniae* ، و*Staphylococcus aureus*) ، حيث ارتبطت زيادة تركيز العسل بزيادة قطر منطقة التثبيط في معظم الحالات، ولم يُظهر أي من نوعي العسل تأثيرًا تثبيطيًا عند تركيز 25%، في حين بدأ التأثير التثبيطي على بكتيريا *E. coli* بالظهور عند تركيز 50%، حيث سجل عسل السدر قطر تثبيط أعلى معنويًا مقارنة بعسل الزعتر، وازداد هذا الفارق عند تركيزي 75% و100%، إذ بلغ أقصى قطر لمنطقة التثبيط 26.0 ± 0.82 ملم لعسل السدر مقابل 21.0 ± 0.82 ملم لعسل الزعتر عند تركيز 100%.

بينما مع بكتيريا *Pseudomonas aeruginosa*، أظهر عسل السدر نشاطًا تثبيطيًا عند تركيز 50% وما فوق، بينما لم يسجل عسل الزعتر أي تأثير عند تركيز 50%، وبدأ تأثيره بالظهور عند تركيز 75%، وسجل عسل السدر أعلى قطر تثبيط عند تركيز 100% (20.5 ± 0.41 ملم) مقارنة بعسل الزعتر (18.5 ± 0.41 ملم) في حين لم يُلاحظ أي تأثير تثبيطي لبكتيريا *Klebsiella pneumoniae* عند تركيز 25% لكلا نوعي العسل، غير أن عسل السدر أظهر تأثيرًا تثبيطيًا معنويًا بدءًا من تركيز 50%، وبقيم أعلى من عسل الزعتر عند جميع التراكيز اللاحقة، حيث بلغ قطر التثبيط عند تركيز 100% نحو 19.5 ±

0.41 ملم لعسل السدر مقابل 18.8 ± 0.95 ملم لعسل الزعتر، أما بكتيريا *Staphylococcus aureus* فقد كانت الأكثر حساسية لكلا نوعي العسل، إذ أظهر عسل السدر وعسل الزعتر تأثيرًا تثبيطيًا حتى عند تركيز 25%. وسجل عسل السدر أعلى قطر تثبيط عند جميع التراكيز مقارنة بعسل الزعتر، حيث بلغ أقصى قطر تثبيط 28.0 ± 0.41 ملم عند تركيز 100%، مقابل 22.75 ± 0.50 ملم لعسل الزعتر، ويُفسَّر ذلك بأن بكتيريا *Staphylococcus aureus* بكتيريا موجبة الغرام تفتقر إلى الغشاء الخارجي المعقّد الموجود في البكتيريا سالبة الغرام، مما يجعلها أكثر عرضة لتأثير المركبات المضادة للبكتيريا الموجودة في العسل (Al-Waili وآخرون، 2011).

وقد أبدت في المقابل البكتيريا سالبة الغرام مثل *Escherichia coli* و*Pseudomonas aeruginosa* و *Klebsiella pneumoniae* مقاومة نسبية أعلى، ولم يظهر التأثير التثبيطي إلا عند التراكيز المرتفعة، وتتفق هذه النتائج مع ما ورد في دراسات Elmarabet وآخرون (2018) وAbushalla (2019)، التي أوضحت أن البنية المعقدة لجدار الخلية في البكتيريا سالبة الغرام تقلل من نفاذ المواد الفعالة، وفي سياق مواز، تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه Gambo وآخرون (2018) وAlmasaudi وآخرون (2017)، اللذين أكدا أن النشاط المضاد للبكتيريا للعسل يعتمد بدرجة كبيرة على تركيزه، وأن التراكيز المرتفعة تُظهر فعالية تثبيطية أكبر.

وبشكل عام أظهر عسل السدر فعالية تثبيطية أعلى معنويًا من عسل الزعتر ضد جميع أنواع البكتيريا المختبرة، خاصة عند التراكيز المرتفعة (75% و100%)، كما تميز عسل السدر بقدرته على إحداث تثبيط بكتيري عند تراكيز أقل مقارنة بعسل الزعتر، لا سيما ضد البكتيريا سالبة الجرام مثل *E. coli* ، وتشير القيم المتبوعة بحروف مختلفة في الجدول إلى وجود فروق معنوية إحصائيًا عند مستوى دلالة ($P \leq 0.05$) ، مما يؤكد أن نوع العسل وتركيزه يلعبان دورًا مهمًا في تحديد درجة النشاط المضاد للبكتيريا،، وتُظهر نتائج هذه الدراسة أن التفوق الملحوظ لعسل السدر في النشاط المضاد للبكتيريا يمكن تفسيره في ضوء خصائصه الفيزيوكيميائية، المتمثلة في انخفاض pH، وانخفاض محتوى الرطوبة، وارتفاع تركيز السكريات، وهي عوامل تعمل بشكل تكاملي على تثبيط نمو البكتيريا، وهو ما يتفق مع نتائج Almasaudi وآخرون (2017) وFarhana وآخرون (2023)، اللذين أشارا إلى أن عسل السدر يُعد من أكثر أنواع العسل فعالية ضد البكتيريا الممرضة عند التراكيز المرتفعة.

وتتفق هذه النتائج مع ما أشار إليه Maddocks & Jenkins (2013) وBava وآخرون (2025) بأن التأثير المضاد للبكتيريا للعسل ناتج عن تفاعل عدة آليات مجتمعة، وليس عاملًا واحدًا فقط، تشمل الضغط الأسموزي، الحموضة، وإنتاج بيروكسيد الهيدروجين، إضافة إلى المركبات الفينولية ذات النشاط الحيوي.

وبناءً على ذلك، يمكن القول إن الاختلاف في الموقع الجغرافي والمصدر النباتي بين وادي الباب ووادي الفج أسهم بصورة غير مباشرة في اختلاف التركيب الكيميائي لعسل السدر وعسل الزعتر، وهو ما انعكس بوضوح على فعاليتهما كمضادات طبيعية للبكتيريا.

جدول (3): الخواص الفيزيائية والكيميائية لعينات عسل السدر وعسل الزعتر

العينة	pH	التوصيل الكهربي (mS/cm)	الحموضة الكلية (meq/Kg)	المواد الصلبة الذائبة (ppm)	االرطوبة (%)	الكثافة النوعية	السكريات المختزلة%	السكريات الكلية%	الرماد (%)
عسل السدر	0.2±3.7**a**	5±440**a**	1.5±12**b**	5±284**a**	0.2±6.7**b**	0.002±1.39**a**	1.2±64.8**a**	2.5±81.45**a**	0.0±0.5**a**
عسل الزعتر	0.3±4.3**a**	7±412**b**	1.3±16**a**	9±243**b**	0.8±9.2**a**	0.005±1.37**a**	1.9±61.6**b**	1.9±73.1**b**	0.03±0.7**a**

تمثل القيم المذكورة في الجدول متوسط ثلاث مكررات ± الانحراف المعياري للمتوسط.
تشير الأحرف المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروقات معنوية عند مستوى معنوية ($p \leq 0.05$).

فقد أظهرت نتائج التحليل الفيزيوكيميائي كما هو مبين في جدول (3) وجود فروق واضحة بين عسل السدر وعسل الزعتر في عدد من المؤشرات محل الدراسة، شملت الرقم الهيدروجيني (pH)، محتوى الرطوبة، التوصيل الكهربي، السكريات، والرماد، وهي خصائص ترتبط ارتباطًا مباشرًا بالنشاط المضاد للبكتيريا، حيث تعكس تأثير المصدر النباتي والموقع الجغرافي في تحديد جودة العسل ونشاطه الحيوي. كما تشير دراسات حديثة إلى أن الموقع الجغرافي يؤثر بصورة مباشرة في التركيب الكيميائي للعسل من خلال اختلاف نوع التربة، والغطاء النباتي، والظروف المناخية السائدة، وهو ما ينعكس على محتوى العسل من الأحماض العضوية، الفينولات، المعادن، والسكريات (Hegazi وآخرون، 2023)، وقد بيّن Elfallah وآخرون (2025) في دراسة النشاط المضاد للميكروبات للعسل الليبي أن عينات عسل السدر أظهرت تركيبًا كيميائيًا أغنى بالمركبات الفعالة مقارنة بعسل الزعتر، وهو ما يدعم نتائج الدراسة الحالية.

جدول (4): قيم MIC و MBC لعسل السدر وعسل الزعتر ضد العزلات البكتيرية المختبرة

نوع البكتيريا	عسل السدر (%)MIC/ MBC	عسل الزعتر (%)MIC/ MBC
E. coli	12.5 / 50	25 / 50
P. aeruginosa	12.5 / 50	12.5 / 50
K. pneumoniae	12.5 / 50	25 / 50
S. aureus	6.5 / 50	12.5 / 50

توضّح النتائج في جدول (4) أن العسل يمتلك تأثيرًا مثبطًا للنمو البكتيري عند التراكيز المنخفضة، ويتحول إلى تأثير قاتل عند التراكيز الأعلى، وهو نمط متكرر في الدراسات التي تناولت النشاط المضاد للبكتيريا للعسل (Gambo وآخرون، 2018؛ Almasaudi، 2021)، فقد أظهرت النتائج أن البكتيريا موجبة الغرام *Staphylococcus aureus* كانت الأكثر حساسية لكلا نوعي العسل، حيث سُجلت أقل قيم MIC وMBC، إذ بلغت 6.5% و50% لعسل السدر، و12.5% و50% لعسل الزعتر، وهو ما يتفق مع نتائج Almasaudi، (2021) وAlmasaudi وآخرون (2017)، مما يشير إلى فعالية أعلى لعسل السدر في تثبيط نمو هذه البكتيريا، ويعكس هذا التفوق الدور التكاملي للحموضة، والضغط الأسموزي، والمركبات الفينولية في تثبيط وقتل البكتيريا (Maddocks & Jenkins، 2013)، حيث سجّل عسل السدر قيمة حموضة معبرا عنها بالرقم الهيدروجيني "pH" أقل (3.7 ± 0.2) مقارنة بعسل الزعتر (4.3 ± 0.3)، مما يشير إلى حموضة أعلى نسبيًا، وهي خاصية ترتبط ارتباطًا وثيقًا بالنشاط المضاد للبكتيريا، حيث إن معظم البكتيريا الممرضة لا تنمو بكفاءة في بيئات منخفضة الرقم الهيدروجيني. وتتوافق هذه النتيجة مع ما أشار إليه Mandal & Mandal، (2011) وAlmasaudi، (2021) بأن انخفاض pH في العسل يسهم في خلق بيئة غير ملائمة لنمو البكتيريا من خلال تعطيل الإنزيمات الخلوية والتأثير في نفاذية الغشاء الخلوي، كما تتوافق نتائج هذه الدراسة مع نتائج دراسة سابقة أظهرت أن عسل السدر الليبي يتميز بدرجة حموضة أقل مقارنة بعسل الزعتر، وهو ما دعم تفوقه في النشاط المضاد للبكتيريا (Elfallah، 2025).

في المقابل، تختلف هذه النتائج جزئيًا مع ما ورد في (Hegazi وآخرون، 2023)، حيث لم تُسجَّل فروق كبيرة في قيم pH بين بعض أنواع العسل ذات المصادر النباتية المختلفة، وهو اختلاف يمكن تفسيره بتباين الظروف المناخية وطبيعة التربة بين مناطق الدراسة، إضافة إلى اختلاف النباتات وهي مصدر الرحيق الذي يصنع منه العسل.

على النقيض من ذلك، أبدت البكتيريا سالبة الغرام حساسية أقل نسبيًا تجاه العسل، حيث سجلت *Escherichia coli* و *Klebsiella pneumoniae* قيم MIC متشابهة لعسل السدر 12.5%، بينما ارتفعت إلى 25% عند استخدام عسل الزعتر، في حين بقيت قيم MBC ثابتة عند 50% لكلا النوعين من العسل، مما يدل على أن التراكيز اللازمة لإحداث التأثير القاتل أعلى من تلك اللازمة للتأثير المثبط، كما أظهرت *Pseudomonas aeruginosa* استجابة مماثلة لكلا نوعي العسل، حيث بلغت قيمة MIC 12.5% وقيمة MBC 50% ، مما يعكس مقاومتها النسبية مقارنة ببقية الأنواع البكتيرية المختبرة. وتشير النتائج عمومًا إلى أن التأثير المضاد للبكتيريا للعسل يعتمد على التركيز، إذ يعمل كمثبط للنمو البكتيري عند التراكيز المنخفضة، ويتحول إلى تأثير قاتل عند التراكيز الأعلى، وقد يُعزى هذا الاختلاف في الفاعلية إلى التباين في التركيب الكيميائي بين نوعي العسل والمركبات الفعالة الموجودة فيهما وهو ما يتفق مع ما أشار إليه Mandal & Mandal، (2011).

فتقدير تركيز السكريات في عينات العسل محل الدراسة كما يظهر في جدول (3) بيّن أن عسل السدر يحتوي نسبًا أعلى من السكريات المختزلة (64.8%) والسكريات الكلية (81.45%) مقارنة بعسل الزعتر (61.6% و73.1% على التوالي)، وهو ما يتفق مع نتائج Maddocks & Jenkins، (2013) وChen وآخرون، (2012)، اللذين أكدا أن ارتفاع محتوى السكريات يسهم في النشاط المضاد للبكتيريا، وتلعب نسبة السكريات المرتفعة دورًا محوريًا في هذا النشاط، إذ تسهم السكريات في زيادة الضغط الأسموزي، فضلًا عن دورها في دعم إنتاج بيروكسيد الهيدروجين عند تخفيف العسل، وهو أحد أهم العوامل المسؤولة عن التأثير المضاد للبكتيريا، وتؤكد بعض الدراسات أن ارتفاع تركيز السكريات في العسل يرتبط ارتباطًا وثيقًا بزيادة النشاط المضاد للبكتيريا (Gambo وآخرون، 2018؛ Al-Hasani، 2018).

جدول(5): مقارنة أقطار منطقة تثبيط عسل السدر وعسل الزعتر مع المضادات الحيوية

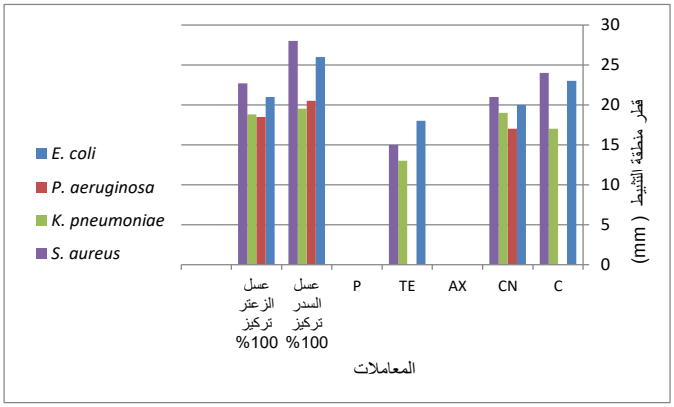
نوع البكتيريا	C	CN	AX	TE	P	عسل السدر تركيز 100%	عسل الزعتر تركيز 100%
E. coli	23	20	0	18	0	26±0.82	21±0.82
P. aeruginosa	0	17	0	0	0	20.5±0.41	18.5±0.41
K. pneumoniae	17	19	0	13	0	19.5±0.41	18.8±0.95
S. aureus	24	21	0	15	0	28±0.41	22.75±0.5

C: Chloramphenicol, CN: Gentamycin, AX: Amoxicillin, TE: Tetracycline, P: Penicillin

يبين جدول (5) نتائج مقارنة فعالية عسل الزعتر وعسل السدر بتركيز 100% مع عدد من المضادات الحيوية القياسية ضد العزلات البكتيرية المختبرة. أظهرت النتائج أن كلا نوعي العسل سجّلا نشاطًا مضادًا للبكتيريا، حيث تراوحت أقطار مناطق التثبيط بين (18.5–22.7) ملم لعسل الزعتر و(19.5– 28) ملم لعسل السدر، وقد تفوق عسل السدر بوضوح في فعاليته ضد *Staphylococcus aureus* و *E. coli* مقارنة بعسل الزعتر، بينما أظهرت نتائج اختبار الحساسية للمضادات الحيوية تباينًا واضحًا في استجابة العزلات البكتيرية المدروسة، حيث حقق عسل السدر بتركيز 100% أقطار تثبيط مساوية أو أعلى من بعض المضادات الحيوية التقليدية مثل Penicillin وAmoxicillin، التي أبدت العزلات البكتيرية مقاومة كاملة لها، وتُبرز هذه النتيجة الأهمية العلاجية المحتملة للعسل، وذلك لمحدودية فعالية بعض المضادات الحيوية التقليدية في ظل تصاعد مقاومة البكتيريا لها (Ventola، 2015؛ Alvarez وآخرون، 2020).

في المقابل، حافظت بعض المضادات مثل Gentamicin وChloramphenicol على فعاليتها، فقد أظهرت العزلات حساسية مرتفعة تجاه Gentamicin، إذ تراوحت أقطار مناطق التثبيط بين (17–21) ملم. كما سجّل Chloramphenicol

فعالية جيدة ضد معظم العزلات البكتيرية، باستثناء *Pseudomonas aeruginosa* التي أظهرت مقاومة عالية لمعظم المضادات الحيوية المختبرة، إن تقارب تأثير عدد من المضادات الحيوية القياسية ضد العزلات البكتيرية المختبرة مع عسل السدر يعزز فكرة استخدام العسل كعلاج بديل أو داعم، وليس بالضرورة بديلًا كاملًا، وهو ما يتفق مع ما أشار إليه Bava وآخرون، (2025).



شكل (1): يوضح مقارنة النشاط المضاد للبكتيريا بين نوعين من العسل وبعض المضادات الحيوية ضد السلالات البكتيرية المختبرة

يوضح شكل (1) مقارنة النشاط المضاد للبكتيريا لكلٍ من عسل السدر وعسل الزعتر بتركيز 100% مع عدد من المضادات الحيوية ضد السلالات البكتيرية المختبرة اعتمادًا على أقطار مناطق التثبيط. أظهرت النتائج تفوق عسل السدر من حيث فعالية التثبيط مقارنة مقارنة بعسل الزعتر والمضادات الحيوية المختبرة، خاصة ضد البكتيريا موجبة الغرام حيث بلغ التأثير الأكبر ضد *Staphylococcus aureus*، تليها *E. coli* ، في حين أبدت بعض المضادات الحيوية فعالية متباينة، فقد لوحظ أن بعض المضادات مثل Gentamycin و Chloramphenicol أظهرت فعالية مرتفعة، إلا أن فعالية عسل السدر اقتربت في بعض الحالات من فعالية هذه المضادات، بل وتفوّقت عليها، في حين لم يُظهر Amoxicillin و Penicillin تأثيرًا واضحًا على البكتيريا المختبرة، مما قد يدل على وجود مقاومة بكتيرية تجاهها.

ويُظهر الشكل نمطًا متسقًا مع الجداول الإحصائية، مما يعزز موثوقية النتائج ويؤكد أن الفعالية المضادة للبكتيريا للعسل تعتمد على نوعه وتركيزه وتركيبه الكيميائي، وتتفق هذه النتائج مع ما ورد في الدراسات الليبية الحديثة التي أكدت أن العسل المحلي، خصوصًا عسل السدر، يمتلك نشاطًا مضادًا للبكتيريا، ويعد خياراً واعداً في مواجهة البكتيريا الممرضة المقاومة للمضادات الحيوية، لذا يمكن توظيفه في التطبيقات الطبية (Elfallah وآخرون، 2025؛ Abushalla، 2019).

نتائج اختبار الكشف عن التلوث الميكروبي:

أظهرت نتائج اختبار الكشف عن التلوث الميكروبي لعينتي العسل (عسل السدر وعسل الزعتر) عدم وجود أي نمو ميكروبي لكل من البكتيريا الهوائية، والخمائر والفطريات على جميع الأوساط الزراعية المستخدمة، حيث لم تُسجَّل أي مستعمرات ميكروبية

قابلة للعد ضمن حدود الكشف القياسية المعتمدة في التحليل المخبري، وتشير هذه النتائج إلى النقاوة والسلامة الميكروبيولوجية لعينات العسل المستخدمة في هذه الدراسة، إذ يُعد العسل وسطًا غير ملائم لنمو الأحياء الدقيقة بسبب مجموعة من العوامل المتداخلة، أبرزها انخفاض النشاط المائي، وارتفاع الضغط الأسموزي، والحموضة الطبيعية، ووجود مركبات مثبطة للنمو الميكروبي، ويُعزى غياب التلوث الميكروبي في هذه الدراسة إلى توافر ظروف إنتاج وتخزين مناسبة، إضافة إلى الخصائص الطبيعية للعسل نفسه (Mandal & Mandal،2011؛ Almasaudi،2021).

فقد أظهرت دراسة Maddocks & Jenkins، (2013) أن العسل الخام عالي الجودة نادرًا ما يحتوي على كائنات دقيقة حية قادرة على التكاثر، حتى في حال احتوائه على أعداد ضئيلة من الأبواغ، كما أكد Chen وآخرون (2012) أن فعالية العسل المضادة للبكتيريا لا تتأثر فقط بتركيبه الكيميائي، بل أيضًا بسلامته الميكروبية.

ويمكن ربط هذه النتائج بانخفاض المحتوى الرطوبي لعينتي العسل، حيث يؤدي انخفاض الرطوبة إلى تقليل النشاط المائي، مما يمنع تكاثر البكتيريا والخمائر والفطريات، وقد أشار Boufa، (2022) و Bebhameda & Attiya، (2026) إلى أن العسل الليبي غالبًا ما يتميز بانخفاض رطوبته مقارنة بالحدود القصوى المسموح بها دوليًا، وهو ما يفسر استقراره الميكروبي.

فكما هو مبين في جدول (3) أظهر عسل السدر محتوى رطوبة أقل 6.7% مقارنة بعسل الزعتر 9.2%، وهو عامل يعزز الضغط الأسموزي العالي داخل العسل، ويؤدي ارتفاع الضغط الأسموزي إلى سحب الماء من الخلايا البكتيرية والتسبب في جفافها وتوقف نشاطها الحيوي وتثبيط نموها أو موتها، وتتفق هذه النتيجة مع ما ورد في دراسات Boufa، (2022) و Bebhameda & Attiya، (2026) التي أكدت أن انخفاض الرطوبة يُعد مؤشرًا مهمًا لجودة العسل وفعاليته المضادة للميكروبات، وأن العسل الليبي يتميز عمومًا بانخفاض محتواه الرطوبي مقارنة بالحدود القياسية الدولية، مما يمنحه استقرارًا ميكروبيًا عاليًا، بينما تختلف هذه النتائج مع بعض الدراسات الدولية التي سجلت مستويات رطوبة أعلى في عسل الزعتر، وهو اختلاف يُعزى غالبًا إلى طرق الجني والتخزين أو الظروف المناخية الرطبة (Kumari وآخرون، 2023).

أما فيما يخص التوصيل الكهربي والرماد، فقد أظهرت النتائج قيمًا أعلى نسبيًا في عسل الزعتر، وهو ما يعكس اختلاف المحتوى المعدني الناتج عن طبيعة التربة والنباتات السائدة في منطقة وادي الفج مقارنة بوادي الباب، ورغم أن المعادن تُعد من المكونات الحيوية للعسل، تشير دراسة Azzouz وآخرون (2023) إلى أن ارتفاع قيم التوصيل الكهربي والرماد يدل على غنى العسل بالعناصر المعدنية، إلا أن هذه النتائج تختلف مع ما ورد في دراسة El-Meihy وآخرين، (2025)، حيث سُجِّلت قيم أعلى للتوصيل الكهربي في عسل السدر، وهو ما يمكن تفسيره باختلاف المناطق الجغرافية والمصادر النباتية المدروسة، عموما لا يعني غنى العسل بالعناصر المعدنية بالضرورة زيادة النشاط المضاد للبكتيريا، إذ يعتمد التأثير على نوع العناصر وتركيزها وليس كميتها فقط (Azzouz وآخرون، 2023).

تتوافق نتائج هذه الدراسة مع نتائج دراسات ليبية وإقليمية سابقة، حيث أفاد Azzouz وآخرون، (2023) بعدم تسجيل أي تلوث ميكروبي ذي دلالة في عينات العسل الليبي، وربطوا ذلك بارتفاع جودة العسل والمحتوى المعدني المتوازن. كما أشار Elfallah وآخرون، (2025) إلى أن عينات العسل الليبي، ولا سيما عسل السدر وعسل الزعتر أظهر نقاءً ميكروبيًا ملحوظًا، ويتمتع بخصائص ميكروبيولوجية تجعله صالحًا للاستخدام الغذائي والعلاجي مما يدعم نتائج الدراسة الحالية.

وتتفق هذه النتائج مع ما أشار إليه Al-Waili وآخرون (2011) من أن العسل الطبيعي النقي يُعد منتجًا غذائيًا ذا خصائص حفظ ذاتية ، مما يجعله مقاومًا للتلوث الميكروبي في حال عدم تعرضه للغش أو التخزين غير السليم، ويؤكد ذلك على صلاحيته للاستخدام في الاختبارات الخاصة بتقييم النشاط المضاد للبكتيريا.

الاستنتاجات:

أظهرت نتائج الدراسة تمتع كلٍّ من عسل السدر وعسل الزعتر بدرجة عالية من السلامة الميكروبيولوجية، إذ لم يُسجل أي تلوث ميكروبي ضمن حدود الكشف المعتمدة، كما بيّنت امتلاكهما نشاطًا مضادًا للبكتيريا تجاه جميع العزلات الممرِضة المدروسة، مع تفوق ملحوظ لعسل السدر يُعزى إلى اختلاف المصدر النباتي والتركيب الكيميائي، واتضح أن الفاعلية المضادة للبكتيريا كانت معتمدة على التركيز، حيث أظهر العسل تأثيرًا مثبطًا عند التراكيز المنخفضة وتأثيرًا قاتلًا عند التراكيز المرتفعة، كما عكست الخصائص الفيزيوكيميائية لكلا العسلين، خصوصا انخفاض المحتوى الرطوبي، وارتفاع الضغط الأسموزي، وانخفاض قيمة الأس الهيدروجيني (pH) دورًا جوهريًا في تثبيط البكتيريا وقتلها عبر التأثير في مكونات الخلية البكتيرية ومنع تكاثرها، وأكدت النتائج أن نوع العسل وتركيزه يُعدّان عاملين حاسمين في تحديد مستوى النشاط المضاد للبكتيريا، وعند المقارنة بالمضادات الحيوية، حقق عسل السدر بتركيز 100% أقطار تثبيط كبيرة، مساوية أو متفوقة على بعض المضادات الحيوية قيد الدراسة مثل Penicillin وAmoxicillin، والتي أظهرت العزلات البكتيرية مقاومة واضحة تجاهها، وبناءً على ذلك، تؤكد النتائج إمكانية توظيف العسل الليبي، وبوجه خاص عسل السدر، كمضاد طبيعي واعد وداعم في مواجهة البكتيريا الممرِضة، لا سيما في ظل التزايد المستمر لمشكلة مقاومة المضادات الحيوية.

التوصيات:

في ضوء النتائج المتحصل عليها، تُوصي الدراسة بإمكانية الاستفادة من عسل السدر وعسل الزعتر كمكمّلين طبيعيين ذوي خصائص مضادة للبكتيريا، نظرًا لما أظهراه من فاعلية ملحوظة في تثبيط نمو بعض الأنواع البكتيرية، بما يدعم توظيفهما كبدائل محتملة أو عوامل مساعدة للمضادات الحيوية التقليدية، كما تؤكد أهمية إجراء دراسات إضافية لتحديد المركبات الفعالة في العسل، وضبط الجرعات والتراكيز المثلى للاستخدامات الطبية والسريرية، إلى جانب التعمق في دراسة الآليات الجزيئية والخلويّة المسؤولة عن نشاطه المضاد للبكتيريا لتوضيح تأثير مكوناته الفعالة بدقة علمية أكبر، وتوصي كذلك بتوسيع نطاق البحث ليشمل مناطق جغرافية أخرى داخل ليبيا بهدف المقارنة بين أنواع العسل المختلفة، فضلًا عن إدراج عدد أكبر من البكتيريا الممرِضة المعزولة سريريًا، بما في ذلك السلالات متعددة المقاومة للأدوية، كما تُشجّع على دراسة وتطوير مستحضرات صيدلانية قائمة على العسل أو مستخلصاته الطبيعية، للاستفادة من التأثير التآزري المحتمل بينه وبين المضادات الحيوية التقليدية بما يسهم في خفض الجرعات المستخدمة والحد من تطور المقاومة البكتيرية، وأخيرًا، توصي الدراسة بضرورة وضع معايير وطنية موحّدة لضبط جودة العسل الليبي تشمل الجوانب الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية، بما يعزز الثقة بمنتجه ويدعم إمكاناته التطبيقية في المجالات الصحية والدوائية.

الشكر والتقدير: يتقدم المؤلفون بكل الشكر والتقدير لمركز الرقابة على الأغذية والأدوية بنغازي على توفير المساعدة الفنية لإنجاز هذه الدراسة.

الأخلاقيات البحثية: أُجريت هذه الدراسة وفقًا للمبادئ الأخلاقية المعتمدة في البحث العلمي في المؤسسات الصحية والبحثية المحلية، وقد تم الحصول على الموافقات الرسمية من الجهات المختصة لجمع عينات العزلات البكتيرية من المرضى المقيمين في مركز بنغازي الطبي على شكل عينات سريرية روتينية مستخدمة لأغراض التشخيص الطبي، ولم يتم جمع أي معلومات شخصية أو بيانات تعريفية عن المرضى، حيث جرى التعامل مع العينات البكتيرية برموز مخبرية فقط، بما يضمن الحفاظ التام على سرية وخصوصية المرضى، ولإجراء التحاليل المخبرية على عزلات بكتيرية مجهولة المصدر، فقد تم إعفاؤها من الحصول على موافقة خطية من المرضى.

ازدواجية الاهتمام: يعلن المؤلفون أنه ليس لديهم ازدواجية في الاهتمام مرتبطة بهذه المخطوطة.

مساهمات المؤلف: طور المؤلف الأول النظرية وأجرى التحاليل الميكروبيولوجية، وأجرى المؤلف الثاني التحاليل الفيزيوكيميائية والحسابات التحليلية وتمثيلها، وساهم كل من المؤلفين الأول والثاني في النسخة النهائية من المخطوطة.

المراجع:

1. Abushalla, Y. F. (2019). Antibacterial activity of Sidr honey of Libyan against multidrug resistant bacteria (MDR). Journal of Science, 9, 74–80.
2. Al-Hasani, H. M. H. (2018). Study of antibacterial activity of honey against some common species of pathogenic bacteria. *Iraqi Journal of Science, 59*(1A), 30–37.
3. Almasaudi, S. (2021). The antibacterial activities of honey. *Saudi Journal of Biological Sciences, 28*(4), 2188–2196.
4. Almasaudi, S. B., Al-Nahari, A. A. M., Abd El-Ghany, E. S. M., Barbour, E., Al Muhayawi, S. M., Al-Jaouni, S. K., Azhar, E. I., Qari, M. H., Qari, Y. A., & Harakeh, S. (2017). Antimicrobial effect of different types of honey on *Staphylococcus aureus*. *Saudi Journal of Biological Sciences, 24*(6), 1255–1261.
5. Altounsi, R. M., Ali, H. M., & Sharaf, A. K. 2024. Evaluation of the Inhibitory Effectiveness of Some Common Honeys in
   Libya against the Growth of Pathogenic Bacteria. The Second Scientific Conference for Undergraduate and Postgraduate Students, Al-Asmarya Islamic University, 21-22 December 2024. pp: 72-86.
6. Alvarez, F. J., Barrajón-Catalan, E., & Micol, V. (2020). Tackling antibiotic resistance with compounds of natural origin: A comprehensive review. *Biomedicines, 8*(10), 405.
7. Al-Waili, N. S., Al-Ghamdi, A. A., Ansari, M. J., Al-Akika, S. A., & Al-Meeri, A. A. (2011). Honey for wound healing, ulcers, and burns. The Scientific World Journal, 11, 766–787.
8. Azzouz, A. H., Elgool, A., & Anwar, A. (2023). Study and estimation of some elements content in Libyan honey. *Libyan Journal of Ecological & Environmental Sciences and Technology, 5*(2),1–7.
9. Bansode, D. S., & Chavan, M. D. (2012). Studies on antimicrobial activity and phytochemical analysis of citrus fruit juices against selected enteric pathogens. *International Research Journal of Pharmacy, 3,* 122–126.
10. Bava, R., Puteo, C., Lombardi, R., Garcea, G., Lupia, C., Spano, A., Liguori, G., Palma, E., Britti, D., & Castagna, F. (2025). Antimicrobial properties of hive products and their potential applications in human and veterinary medicine. *Antibiotics, 14*(2), 44-56.
11. Bebhameda, N. N., & Attiya, R. M. (2026). Study of some physicochemical properties and quality of honey in local markets of Misrata. *Bani Waleed University Journal of Humanities and Applied Sciences, 11*(1), 26–38.
12. Boufa, N. K. (2022). Measurement of some physical properties of Libyan honey. *International Science and Technology Journal, 29*, 1–16.
13. Chen, C., Campbell, L. T., Blair, S. E., & Carter, D. A. (2012). The effect of standard heat and filtration processing procedures on antimicrobial activity and hydrogen peroxide levels in honey. *Frontiers in Microbiology, 3,* 265.
14. CLSI: Clinical and Laboratory Standards Institute. (2024). Performance Standards for antimicrobial Susceptibility testing. (34th ed., CLSI supplement M100). Clinical and Laboratory Standards Institute.

15. Elfallah, F., Abdalla, F., Gashgash, K., & Shakmak, F. (2025). Chemical analysis of Sidr and thyme honey using GC-MS and assessment of their antibacterial effects against some diabetic foot infections in Ajdabiya, Libya. *Alq Journal of Medical Applied Sciences, 8*(3), 1776–1584.
16. Elmarabet, N., Ben Shaban, M., Doro, B., Lwaleed, B. A., Fouch, S., & Elemam, M. (2018). The antibacterial activity of Libyan honey against Gram-negative bacilli: Potential treatment agent for infectious diseases. *Journal of Advances in Medicine and Medical Research, 25*(7), 1–10.
17. El-Meihy, R. M., Morsy, M. K., Kasem, S. I., Aljuweer, S. A. M., Abdelaziz, M., Saddeek, S., & Nowar, E. E. (2025). Physicochemical properties, antibacterial activity, and antioxidant capacity of mixed Sidr honey from Saudi Arabia. *Frontiers in Sustainable Food Systems, 9(3)*, 163-177.
18. Farhana, Kalsoom, Khan, S. S., Sultan, A., Gul, H., Rahim, A., Hadi, F., Yahya, A. Z. G., Jaseem, M., Azam, H., Aziz, M., & Din, S. U. (2023). The antibacterial efficacy of raw and Sidr honey against antibiotic resistant pathogenic bacterial strains. *Pure and Applied Biology, 12*(3), 1463–1472.
19. Gambo, S. B., Ali, M., Diso, S. U., & Abubakar, N. S. (2018). Antibacterial activity of honey against *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* isolated from infected wound. *Archives of Pharmacy & Pharmacology Research, 1*(2), Article 506. pp:1-6.
20. Hegazi, A. G., Guthami, F. M. A., Ramadan, M. F. A., Gethami, A. F. M. A., Craig, A. M., El-Seedi, H. R., Rodríguez, I., & Serrano, S. (2023). The bioactive value of *Tamarix gallica* honey from different geographical origins. *Insects, 14*, 319. pp:1-12.
21. Kumari, I., Hajam, Y. A., Thiyagarajan, K., Giri, A., & Kumar, R. (2023). Evaluation of antioxidant and antibacterial potential of honey produced from bee colonies. *Discover Sustainability, 4*, 21. pp:1-9.
22. Maddocks, S. E., & Jenkins, R. E. (2013). Honey: A sweet solution to the growing problem of antimicrobial resistance? *Future Microbiology, 8*(11), 1419–1429.
23. Mandal, M. D., & Mandal, S. (2011). Honey: Its medicinal property and antibacterial activity. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 1*(2), 154–160.
24. SPSS: Statistical Package for the Social Sciences. (2022. SPSS users guide. Statistics, Version 22. IBM SPSS Statistics, SPSS Institute, Inc., Chicago, IL, USA.
25. Ventola, C. L. (2015). The antibiotic resistance crisis: Part 1: Causes and threats. *Pharmacy and Therapeutics, 40*(4), 277–283.

Al-Mukhtar Journal of Agricultural, Veterinary and Environmental Science 01 (4): 31-40, 2026
Doi: https://doi.org/10.54172/19crpt41

Research Article **Open Access**

Effect of three grafting dates on survival and early growth performance of seedling in eggplant (*Solanum melongena* L.), pepper (*Capsicum annuum*), and tomato (*Solanum lycopersicum*) crops.

Fayrouz Buojaylah[1*], Alsunousi Masoud[2] and Fatma Mohamed[3]

[1,2,3] Horticulture Department, Agriculture Faculty, Omar Al-Mukhtar University, El-Beida, Libya
***Corresponding author:**
farouz.buojaylah@omu.edu.ly
Horticulture Department, Agriculture Faculty, Omar Al-Mukhtar University, El-Beida, Libya
Received: 27.03.2026
Accepted: 30. 04. 2026
Publish online: 30.06.2026

Abstract: A study was carried out in 2025 at the Horticulture Department of Omar Al Mukhtar University, Al Jabal Al-Khader, Libya to evaluate the impact of three different grafting dates on the survival and early growth performance of grafted seedlings of eggplant cv. Deep Purple F1 hybrid, sweet pepper cv. Bayonet, and tomato cv. Angelle. The experiment was arranged in a randomized complete block split-plot design with 4 replication, encompassing nine treatment combinations representing all possible grafting date and crop interactions. The present study clearly demonstrates that grafting success and early seedling performance of eggplant, pepper, and tomato are strongly governed by both crop species and grafting date, with the intermediate grafting stage consistently providing the most favorable outcomes. in addition, tomato and eggplant exhibited better performance than pepper across all evaluated traits.
Keywords: Self-grafting; Healing chamber; Dry weight; Fresh weight; Splice grafting

فيروزعلي أبوبكر بوعجيلة، قسم البستنة، كلية الزراعة، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا
السنوسي سليمان عمر مسعود، قسم البستنة، كلية الزراعة، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا
فاطمة عقوب حسين محمد، قسم البستنة، كلية الزراعة، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا

تأثير ثلاثة مواعيد للتطعيم على بقاء وأداء النمو المبكر للشتلات في محاصيل الباذنجان (*Solanum melongena L.*) والفلفل (*Capsicum annuum*) والطماطم (*Solanum lycopersicum*).

المستخلص : أُجريت هذه الدراسة سنة 2025 في قسم البستنة بجامعة عمر المختار، الجبل الأخضر، ليبيا، لتقييم تأثير ثلاثة مواعيد مختلفة للتطعيم على بقاء ونمو شتلات مطعمة من الباذنجان صنف "ديب بيربل" الهجين F1، والفلفل الحلو صنف "بايونيت"، والطماطم صنف "أنجيل". وقد صُممت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة مع أربع مكررات، وشملت تسع مجموعات من المعاملات تمثل جميع التفاعلات الممكنة بين موعد التطعيم والمحصول، وتُظهر هذه الدراسة بوضوح أن نجاح التطعيم وأداء الشتلات المبكرة للباذنجان والفلفل والطماطم يتأثران بشكل كبير بنوع المحصول وتاريخ التطعيم، حيث تُحقق مرحلة التطعيم المتوسطة باستمرار أفضل النتائج، بالإضافة إلى ذلك، أظهرت الطماطم والباذنجان أداءً أفضل من الفلفل في جميع الصفات التي تم تقييمها.
الكلمات المفتاحية: التطعيم الذاتي؛ حجرة الشفاء؛ الوزن الجاف؛ الوزن الطازج؛ تطعيم الوصلة.

INTRODUCTION

Vegetable grafting is widely recognized for its capacity to enhance plant growth and development, improve nutrient acquisition, and increase tolerance to salinity and temperature stress. In addition, grafting can reduce the incidence of viral, fungal, and bacterial diseases, thereby contributing to higher productivity in solanaceous and cucurbit crops across many regions, particularly under the

The Author (s) 2026. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License [http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/], which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, for non-commercial purposes only*, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

pressures associated with intensive cultivation systems (Bie *et al*., 2017; Buojaylah *et al*, 2024; Coskun, 2023). In *Solanaceous* crops like *Solanum lycopersicum* (tomato), *Capsicum annuum* (pepper), and *Solanum melongena* (eggplant), where grafted plants show better adaptation to stress, vigor, and consistency of yield compared to non-grafted equivalents, vegetable grafting has become an essential horticultural technique for improving crop performance. In intensive agricultural systems, grafting makes it possible to combine desirable scion and rootstock features, allowing for the manipulation of plant design, resilience to biotic and abiotic challenges, and potential yield. Because of these advantages and its ability to maintain output under a variety of growing situations, vegetable grafting has been extensively used in the production of cucurbits and solanaceous crops (Kyriacou *et al.*, 2020).

Graft union development and subsequent performance of plants are significantly influenced by the changing dynamics time of grafting, particularly the seedling stage at which grafting is carried out. In order to guarantee ideal tissue contact and vascular reconnection at the union connection, grafting demands not only physiological compatibility between the scion and rootstock but additionally exact coordination of seedling development. The effectiveness of vascular integration and the survival percentage of grafted plants are strongly influenced by the developmental stage of seedlings at grafting, including true number of leaves and stem diameter, according to studies conducted in tomato and other agricultural crops (Martínez-Ballesta *et al*., 2010).

Vegetable seedlings of the Solanaceae family should be grafted when their stem diameter is between 1.5 and 2 millimeters, which is typically when they have two or three true leaves. Depending on the growth conditions and circumstances, tomatoes and eggplant are often ready two to three weeks after seeding. Compared to tomatoes, peppers often develop more slowly and may require longer time to achieve the required stem diameter (Guan and Hallett, 2016; Kubota *et al*., 2008). This carefully selected timing also reduces transplant handling and dealing stress and streamlines nursery operations, thereby enhancing seedling survival throughout the healing period (Johnson *et al.*, 2011).

The developmental stage of the plant and stem thickness at the time of grafting play critical roles in the anatomical and physiological mechanisms involved in graft union formation. Grafting too early, when tissues are still immature, can hinder proper xylem development and limit the establishment of effective water transport. In contrast, grafting at a later stage may decrease the natural flexibility and regenerative capacity of young tissues, ultimately lowering the likelihood of successful graft union formation (Hartmann *et al*., 2011; Lee, 1994).

Although grafting time is widely acknowledged as a key determinant of graft success, systematic comparative studies among solanaceous crops are still scarce, especially those that control for genetic background through self-grafting. The use of self-grafting—where both scion and rootstock belong to the same species or cultivar—allows researchers to isolate the effect of timing by minimizing variability arising from interspecific incompatibility or rootstock influences. Evidence from pepper indicates that postponing grafting can lead to inadequate xylem differentiation at the graft junction, highlighting the close relationship between developmental stage and effective vascular reconnection. Therefore, investigating the effects of grafting time under controlled self-grafting conditions is critical for delineating the ontogenetic window that maximizes union success and subsequent growth outcomes across these solanaceous crops. Such knowledge is essential not only for refining nursery protocols but also for enhancing the reproducibility of experimental grafting studies that seek to attribute performance differences specifically to timing effects rather than to rootstock genetics or incompatibility phenomena. The objective of this study was to evaluate the influence of three grafting dates on self-graft survival and subsequent seedling growth in eggplant, pepper, and tomato.

MATERIALS AND METHODS

Study Design and Treatment Arrangement: A study was carried out in 2025 at the Horticulture Department of Omar Al Mukhtar University, Al Jabal Al-Khader, Libya (Latitude: 32.7627° N, Longitude: 21.7551° E), to evaluate the impact of three different grafting dates on the survival and early growth performance of grafted seedlings of eggplant cv. Deep Purple F1 hybrid, sweet pepper cv. Bayonet, and tomato cv. Angelle (Syngenta, Cairo, Egypt). The main plot factor consisted of three grafting dates, with grafting performed on vegetable seedlings at 17 (19 October), 23 (25 October), and 32 (3 November) days after sowing. The sub-plot factor comprised the *Solanaceous* vegetable crops: eggplant, sweet pepper, and tomato. Seedlings were sown on 2 October in trays containing peat moss. Details about peat moss analysis are presented in Table 1. The experiment was arranged in a randomized complete block design with a split-plot layout, encompassing nine treatment combinations representing all possible grafting date and crop interactions, and each treatment was replicated four times to enhance the reliability of the results.

Table: (1). Peat moss characteristics and properties.

Measurements	Values
Organic Matter (%)	85–98
E.C (Mmhos/ cm)	0.2–1.0
Moisture (%)	40–60
pH	5.5–6.5
(%)Organic carbon	40–50
(%) Total nitrogen	0.5–1.0
C:N ratio	50:3

Seedlings were self-grafted using the splice method and subsequently maintained in a healing chamber for nine days. Self-grafting was performed to reduce the risk of genetic incompatibility and to ensure precise alignment between the scion and rootstock, thereby minimizing potential negative effects on graft survival. Grafting operations were carried out between 8:30 AM and 11:30 AM, a period associated with lower transpiration rates and reduced water stress, following the recommendations of Rivard and Louws (2006).

Grafting Method Conducted in the Study: In the present study, self-grafting was adopted to achieve uniform stem diameters, thereby isolating the assessment to the influence of the three predetermined grafting times. Successful graft union development depends on precise cambial alignment and intimate contact between the vascular tissues of both the scion and the rootstock. Consequently, comparable stem thickness between the two components at the grafting stage is required. Seedlings were grafted using the splice grafting approach described by Johnson *et al*. (2011). Rootstock and scion plants received irrigation 12–24 h prior to the operation, while watering was intentionally withheld immediately before grafting. Because grafting clips were reused, they were carefully washed and sterilized before application. To enhance humidity conditions, the interior walls of the healing chamber were misted several hours ahead of grafting. Cutting was performed with sanitized, sharp razor blades, and frequent hand disinfection was maintained using antibacterial soap or alcohol-based sanitizer.

At the first grafting time, seedlings had reached the two- to four-true-leaf developmental stage, which is considered optimal for grafting success. All grafting operations were conducted during the early morning hours to minimize transpiration rates and limit water stress in freshly grafted plants. During the procedure, each stem was cut at an angle of approximately 45° just beneath the cotyledons using a sharp razor blade. The exposed surfaces of the scion and rootstock were subsequently matched and fastened with a silicone grafting clip to maintain firm and accurate tissue contact.

Post-Grafting Healing and Acclimation of Seedlings: The healing phase for grafted seedlings began immediately after grafting, with the grafting day defined as the first day. After the operation, the healing chamber was kept completely closed, and the seedlings were left untouched for the rest of the first day as well as the entire second day. To facilitate a progressive adjustment to laboratory conditions, the chamber was opened for gradually longer intervals: 5 min on the third day, 30 min on the fourth day, 1 h on the fifth day, 3 h on the sixth day, between 4 and 6 h on the seventh day, and between 6 and 8 h on the eighth day. On the ninth day, seedlings were taken out of the healing chamber at 1:00 PM and relocated to a laboratory bench, where they remained until the conclusion of the experiment. Throughout the nine-day recovery period, air temperature and relative humidity inside the chamber were continuously recorded to maintain conditions conducive to successful graft union development.

Data Analysis: All data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) in JMP software (version 11.0 for Windows; SAS Institute, Cary, NC). Homogeneity of variances was evaluated using Levene's test, while normality was assessed with the Shapiro–Wilk test ($W > 0.80$). Treatment means were separated using the LS Means Student's test at a significance level of $\alpha = 0.05$.

RESULTS

The analysis of variance revealed that crop species, grafting date, and their interaction significantly influenced most of the measured seedling traits (Table 2). Crop species had a highly significant effect on survival percentage ($P = 0.004$), seedling height ($P = 0.003$), stem diameter ($P = 0.004$), number of leaves per plant ($P = 0.028$), seedling fresh weight ($P = 0.001$), and seedling dry weight ($P = 0.002$), indicating substantial interspecific variability in grafting response.

Grafting date also exerted a significant effect on all evaluated parameters. Survival percentage, seedling height, stem diameter, leaves per plant, fresh weight, and dry weight were all significantly influenced by grafting timing ($P \leq 0.002$), highlighting the critical role of grafting date in determining graft success and subsequent seedling growth.

The interaction between crop species and grafting date was significant for survival percentage ($P = 0.019$), seedling height ($P = 0.036$), stem diameter ($P = 0.032$), and seedling fresh weight ($P = 0.017$), suggesting that the effect of grafting date varied among crop species for these traits. In contrast, the interaction effect was not significant for the number of leaves per plant ($P = 0.433$) and seedling dry weight ($P = 0.11$), indicating a more consistent response across crops and grafting dates for these parameters.

Results in Table 2 demonstrates that crop species and grafting date are major determinants of grafting success and early seedling performance, with significant main and interaction effects observed for most evaluated traits. The significant effect of crop species on survival percentage and growth parameters reflects inherent physiological and anatomical differences among species that influence graft compatibility, vascular reconnection, and post-grafting recovery. Variability in stem diameter, seedling height, and biomass accumulation among crops has been widely attributed to differences in cambial activity, wound-healing capacity, and translocation efficiency following graft union formation.

The strong influence of grafting date on all measured parameters underscores the importance of optimal environmental and developmental conditions at the time of grafting. Grafting performed at appropriate seedling stages likely coincided with favorable stem diameters, active cambial growth, and balanced source–sink relationships, thereby enhancing callus formation and vascular differentiation. Suboptimal grafting dates may have exposed seedlings to physiological stress or developmental asynchrony between scion and rootstock, resulting in reduced survival and suppressed growth. These findings are consistent with previous reports indicating that grafting timing plays a

critical role in determining graft union success and subsequent seedling vigor (Hartmann et al., 2011; Han et al., 2025; Wang et al., 2024).

The significant interaction between crop species and grafting date for survival percentage, seedling height, stem diameter, and fresh weight indicates that crop responses to grafting timing are species-dependent. This suggests that optimal grafting windows vary among crops, likely due to differences in growth rate, stem lignification, and sensitivity to environmental conditions. For some crops, delayed or early grafting may disrupt vascular continuity or prolong healing, whereas others may exhibit greater plasticity and tol erance across grafting dates. The absence of a significant interaction effect for leaf number and dry weight suggests that these traits are less sensitive to crop-specific responses to grafting timing and may be more strongly regulated by inherent growth patterns and biomass partitioning mechanisms.

The significant effects observed for fresh weight, but not dry weight, in the crop × grafting date interaction imply that water relations and tissue hydration were more responsive to grafting conditions than structural biomass accumulation. Fresh weight is often influenced by short-term physiological status, including water uptake and transpirational balance, which can be directly affected by graft union functionality during early establishment. In contrast, dry weight accumulation reflects longer-term carbon assimilation and structural growth, which may require extended time beyond the early seedling stage to exhibit pronounced interaction effects.

Overall, the results highlight the necessity of optimizing grafting date according to crop-specific growth dynamics to maximize graft survival and seedling quality. The observed differences emphasize that standardized grafting schedules may not be universally applicable across crops and should be adjusted based on species characteristics and developmental stage. These findings have practical implications for commercial grafted seedling production, as fine-tuning grafting timing can improve uniformity, reduce seedling losses, and enhance early plant vigor.

Table: (2). Overall probability values for crop, grafting date and interaction between them[z].

Treatment	Survival %[y]	Seedling ht (cm)	Steam Diamm (mm)	Leaves/ Plant	Seedling Fresh Wt. (g)	Seedling Dry Wt. (g)
Crop	0.004	0.003	0.004	0.028	0.001	0.002
Grafting Date	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001
Crop × Grafting Date	0.019	0.036	0.032	0.433	0.017	0.11

[z]All data were subjected to analysis of variance using ANOVA in JMP (version 11.0 for Windows; SAS Institute, Cary, NC).[y]Survival was assessed through visual evaluation of scion leaf and stem turgidity using a 0–3 rating scale, where 0 indicated fully turgid leaves and stems, 1 represented more than 50% flaccidity, 2 indicated more than 70% flaccidity, and 3 denoted complete wilting. Only plants assigned a rating of 0 were classified as having survived.

The grafting date significantly influenced the survival rate of eggplant, pepper, and tomato seedlings ($P = 0.002$, 0.005, $P < 0.0001$, respectively) (Table 3). For eggplant, the intermediate grafting date resulted in the highest survival rate of 94%, which was significantly higher than both early (82%) and late (80%) grafting dates. Similarly, pepper seedlings exhibited the highest survival rate at the intermediate grafting date (83%), significantly surpassing early (65%) and late (60%) grafting. Tomato plants also showed a superior survival rate of 91% when grafted at the intermediate stage, compared to 78% for early grafting and 73% for late grafting. Moreover, significant differences in seedling height were observed across different grafting dates for all three crops ($P = 0.001$,

0.003, $P < 0.0001$, respectively). Eggplant seedlings achieved their maximum height of 16.8 cm with intermediate grafting, which was significantly greater than early (14.5 cm) and late (14.1 cm) grafting. Pepper seedlings followed a similar trend, with intermediate grafting yielding the tallest plants at 15.6 cm, compared to 12.8 cm for early grafting and 12.1 cm for late grafting. Tomato seedlings also demonstrated optimal growth in height (18.5 cm) when grafted at the intermediate date, significantly outperforming early (16.2 cm) and late (15.4 cm) grafting.

The stem diameter of eggplant, pepper, and tomato seedlings was significantly affected by the grafting date ($P = 0.003$, 0.017, $P < 0.0001$, respectively). Eggplant exhibited the largest stem diameter of 3.9 mm at the intermediate grafting date, which was significantly thicker than early (3.3 mm) and late (3.1 mm) grafting. Pepper seedlings showed a stem diameter of 2.7 mm with intermediate grafting, which was significantly larger than late grafting (2.3 mm) but not significantly different from early grafting (2.6 mm). Tomato seedlings displayed the thickest stems (3.7 mm) when grafted at the intermediate date, significantly exceeding early (3.1 mm) and late (2.8 mm) grafting. In contrast to the other parameter, the number of leaves per plant for eggplant ($P = 0.224$), pepper ($P = 0.077$), and tomato ($P = 0.119$) did not show statistically significant differences across the different grafting dates. The number of leaves remained relatively consistent regardless of whether grafting occurred early, intermediately, or late.

Overall, tomato and eggplant exhibited better performance than pepper across the evaluated traits. Both crops showed higher survival rates and greater vegetative vigor, as indicated by increased seedling height and stem diameter. In contrast, pepper consistently displayed lower survival and weaker growth characteristics. Differences among crops were less pronounced for the number of leaves per plant, which showed similar values across all three species.

The findings consistently demonstrate that the intermediate grafting date significantly optimizes several key growth parameters across eggplant, pepper, and tomato seedlings, including survival rate, seedling height, and stem diameter. This suggests a critical window for grafting that maximizes plant vigor and establishment. The superior performance observed at the intermediate grafting stage can be attributed to several physiological and environmental factors. At this stage, the rootstock and scion are likely at an optimal developmental phase, characterized by active cambial activity and sufficient carbohydrate reserves, which are crucial for successful graft union formation and subsequent growth (Lee, 2006, Lee *et al*., 2010). Early grafting may expose young, less developed seedlings to stress, which leading to decrease survival rates and reduced growth. Conversely, late grafting could involve more lignified tissues, which are less amenable to successful union formation, or expose the plants to less favorable environmental conditions for establishment, thereby hindering growth and survival (Davis *et al*., 2008).

The significant improvements in survival rate with intermediate grafting highlight its importance for successful crop production. A higher survival rate directly translates to better stand establishment and potentially higher yields. The consistent positive effect across all three Solanaceous crops (eggplant, pepper, and tomato) suggests a general principle that could be applied to other grafted vegetable crops, emphasizing the importance of timing in horticultural practices. Similarly, the enhanced seedling height and stem diameter observed with intermediate grafting indicate a more robust and vigorous plant development. Taller seedlings with thicker stems are generally more resilient to transplant shock and adverse environmental conditions, and they tend to establish faster in the field, leading to earlier and potentially higher yields. This improved vegetative growth is likely a direct consequence of a well-formed graft union that facilitates efficient water and nutrient uptake from the rootstock to the scion, promoting overall plant development. Interestingly, the number of leaves per plant did not show significant variation across different grafting dates for any of the tested crops. This suggests that while grafting date profoundly impacts survival and overall plant architecture (height and stem diameter), the initiation and development of leaves might be less sensitive to the timing of the grafting process within the tested range. It is possible that leaf development is

more genetically predetermined or influenced by factors other than the immediate success of the graft union, such as overall photosynthetic capacity or nutrient availability that might not be differentially affected by grafting date in terms of leaf count. In conclusion, the results underscore the critical role of grafting date in optimizing the early growth and establishment of grafted eggplant, pepper, and tomato seedlings. The intermediate grafting date consistently provided the most favorable conditions for survival, height, and stem diameter, indicating a balance between seedling maturity and environmental suitability. Future research could explore the specific physiological mechanisms underlying these observations, such as hormone signaling and gene expression patterns during graft union formation at different developmental stages.

The grafting date significantly influenced the seedling fresh weight of eggplant, pepper, and tomato (P = 0.009, 0.016, 0.037, respectively) (Table 4). For eggplant, the intermediate grafting date yielded the highest fresh weight of 9.6 g, which was significantly greater than both early (7.4 g) and late (7.0 g) grafting dates. Similarly, pepper seedlings exhibited the highest fresh weight at the intermediate grafting date (6.5 g), significantly surpassing early (4.9 g) and late (4.6 g) grafting. Tomato plants also showed a superior fresh weight of 8.9 g when grafted at the intermediate stage, compared to 6.6 g for early grafting and 6.3 g for late grafting. In addition, significant differences in seedling dry weight were observed across different grafting dates for all three crops (P = 0.007, 0.004, 0.002, respectively). Eggplant seedlings achieved their maximum dry weight of 1.22 g with intermediate grafting, which was significantly greater than early (0.94 g) and late (0.69 g) grafting. Pepper seedlings followed a similar trend, with intermediate grafting yielding the highest dry weight at 0.77 g, compared to 0.52 g for both early and late grafting. Tomato seedlings also demonstrated optimal dry weight (1.14 g) when grafted at the intermediate date, significantly outperforming early (0.83 g) and late (0.69 g) grafting.

Table: (3). Effect of grafting date on survival rate, seedling height, stem diameter, and Leaves/ Plant of eggplant, pepper, and tomato.

Crop[z]	Grafting Date			
	Survival Rate			
	Early Grafting Date	Intermediate Grafting Date	Late grafting Date	*P*- values
Eggplant	82 b[y]	94 a	80 b	0.002
Pepper	65 b	83 a	60 c	0.005
Tomato	78 b	91 a	73 c	<0.0001
	Seedling Height (cm)			
Eggplant	14.5 b	16.8 a	14.1 b	0.001
Pepper	12.8 b	15.6 a	12.1 b	0.003
Tomato	16. 2 b	18.5 a	15.4 c	<0.0001
	Steam Diameter (mm)			
Eggplant	3.3 b	3.9 b	3.1 b	0.003
Pepper	2.6 a	2.7 a	2.3 b	0.017
Tomato	3.1 b	3.7 a	2.8 c	<0.0001
	Leaves/ Plant			
Eggplant	3.1	3.3	3.2	0.224
Pepper	2.9	3.0	2.9	0.077
Tomato	3.2	3.3	3.3	0.119

[z]All data were subjected to analysis of variance using ANOVA in JMP (version 11.0 for Windows; SAS Institute, Cary, NC).[y]Means followed by a different letter within sampling date are significantly different at P < 0.05.

Eggplant exhibited the highest seedling biomass, recording greater fresh and dry weights compared with tomato and pepper. Tomato showed intermediate biomass accumulation, whereas pepper consistently had the lowest fresh and dry weights among the three crops. These results indicate that eggplant had the strongest biomass development during the seedling stage, followed by tomato, while pepper showed comparatively weaker growth performance.

The consistent observation that the intermediate grafting date significantly enhanced both seedling fresh and dry weights across eggplant, pepper, and tomato aligns with the findings for survival rate, seedling height, and stem diameter from previous analyses. This robust pattern underscores the critical importance of optimal timing in the grafting process for promoting vigorous early plant growth. The increased fresh and dry biomass at the intermediate grafting stage suggests a more efficient physiological integration between the rootstock and scion, leading to superior resource acquisition and utilization.

Fresh weight is a direct indicator of water content and overall plant size, while dry weight reflects the accumulation of organic matter through photosynthesis and nutrient uptake. The simultaneous increase in both parameters at the intermediate grafting date implies that these seedlings are not only larger but also possess a greater accumulation of structural and metabolic compounds. This enhanced biomass production is crucial for successful transplanting and rapid establishment in the field, as seedlings with higher fresh and dry weights typically have better reserves to cope with environmental stresses and initiate faster growth post-transplant.

The reduced fresh and dry weights observed in early and late grafting dates, particularly in late grafting, could be attributed to several factors. Early grafting might occur when the seedlings are too immature, lacking sufficient physiological development or carbohydrate reserves to support the stress of grafting and subsequent growth. Conversely, late grafting might involve more mature, lignified tissues that are less conducive to forming a strong and efficient graft union, thereby impeding the transport of water and nutrients essential for biomass accumulation. Furthermore, environmental conditions at very early or very late grafting dates might be less favorable for rapid growth and establishment compared to the intermediate period.

These results collectively reinforce the concept of a critical developmental window for grafting, where the physiological state of both the rootstock and scion, coupled with conducive environmental conditions, maximizes the benefits of grafting. The enhanced fresh and dry weights are indicative of a healthier, more robust seedling, which is a prerequisite for improved yield and quality in grafted vegetable production systems. Future research could delve into the biochemical and molecular mechanisms underlying the superior biomass accumulation at the intermediate grafting stage, such as gene expression related to photosynthesis, nutrient transport, and stress response.

Table: (4). Effect of Grafting Date on Seedling Fresh and Dry Weight of Eggplant, Pepper, and Tomato.

	Grafting Date[z]			
	Seedling Fresh Wt. (g)			
Crop	Early Grafting Date	Intermediate Grafting Date	Late grafting Date	*P*- values
Eggplant	7.4 b[y]	9.6 a	7.0 b	0.009
Pepper	4.9 b	6.5 a	4.6 b	0.016
Tomato	6.6 b	8.9 a	6.3 c	0.037
	Seedling Dry Wt. (g)			
Eggplant	0.94 b	1.22 a	0.69 c	0.007
Pepper	0.52 b	0.77 a	0.52 b	0.004
Tomato	0.83 b	1.14 a	0.69 c	0.002

[z]All data were subjected to analysis of variance using ANOVA in JMP (version 11.0 for Windows; SAS Institute, Cary, NC).[y]Means followed by a different letter within sampling date are significantly different at $P < 0.05$.

CONCLUSION

The present study clearly demonstrates that grafting success and early seedling performance of eggplant, pepper, and tomato are strongly governed by both crop species and grafting date, with the intermediate grafting stage consistently providing the most favorable outcomes. Significant main and interaction effects indicate that grafting responses are species-dependent and highly sensitive to timing, reflecting underlying physiological and anatomical differences among crops. Across all

evaluated traits, including survival percentage, seedling height, stem diameter, and biomass accumulation, the intermediate grafting date resulted in superior seedling vigor, indicating the existence of an optimal developmental window in which cambial activity, carbohydrate availability, and vascular reconnection are maximized. In contrast, early grafting likely exposed physiologically immature seedlings to stress, while late grafting involved more lignified tissues with reduced graft union efficiency. The consistent enhancement of both fresh and dry weights at the intermediate stage further underscores improved water relations, nutrient transport, and assimilate partitioning following successful graft union formation. Collectively, these findings highlight the necessity of tailoring grafting schedules to crop-specific growth dynamics rather than adopting uniform practices. Optimizing grafting date is therefore a critical management strategy for improving survival, uniformity, and quality of grafted seedlings, with direct implications for efficient commercial seedling production and improved field establishment in solanaceous vegetable crops.

ACKNOWLEDGEMENT

We sincerely acknowledge the contributions of all individuals who supported this study, with particular appreciation to the faculty members of the Department of Horticulture at Omar Al-Mukhtar University, Al-Bayda, Libya, for their valuable assistance and professional guidance.

Duality of interest: The authors declare that there are no conflicts of interest associated with this manuscript.

Author contributions: Fayrouz Buojaylah conceived and designed the study, analyzed the data, and drafted the manuscript. Alsunousi Masoud contributed to the study design and data collection. Fatma Mohamed participated in data collection. All authors approved the final manuscript.

REFERENCES

Bie, Z. L., Nawaz, M. A., Huang, Y., Lee, J. M., & Colla, G. (2017). Introduction to vegetable grafting. In G. Colla, F. Pérez-Alfocea, & D. Schwarz (Eds.), Vegetable grafting: Principles and practices (pp. 1–21). CABI. https://doi.org/10.1079/9781780648972.0001.

Buojaylah, F., Castrejon, Y., & Wang, Z. (2024). Evaluating Trichoderma-containing biofungicide and grafting for productivity and plant health of triploid seedless watermelon in California's commercial production. HortScience, 59(12), 1709–1717. https://doi.org/10. 21273/HORTSCI18048-24.

Coskun, O. F. (2023). The effect of grafting on morphological, physiological, and molecular changes induced by drought stress in cucumber. Sustainability, 15(1), 875. https://doi.org/10.3390/su15010875.

Davis, A. R., Perkins-Veazie, P., Hassell, R., Levi, A., King, S. R., & Zhang, X. (2008). Grafting effects on vegetable quality. HortScience, 43(6), 1670–1672. https://doi. org/10. 21273/HORTSCI.43.6.1670.

Guan, W., & Hallett, S. (2016). Techniques for tomato grafting. Purdue Extension HO-260-W. https://extension.purdue.edu/extmedia/ho/ho-260-w.pdf.

Han, R., Lin, R., Zhou, Y., & Thomas, H. R. (2025). Here comes the sun: Integration of light, temperature, and auxin during herbaceous plant grafting. Planta, 261, 124. https://doi.org/10.1007/s00425-025-04694-1.

Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., Jr., & Geneve, R. L. (2011). Plant propagation: Principles and practices (8th ed.). Prentice Hall. , New Jersey, 915 p. https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781292034133_A24589361/preview-781292034133_A24589361.pdf.

Johnson, S., Kreider, P., & Miles, C. (2011). Vegetable grafting: Eggplants and tomatoes (Extension Publication FS052E). Washington State University Extension. http://extension.wsu.edu/publications/wp-ontent/uploads/sites/54/publications/fs052e.pdf.

Kubota, C., McClure, M. A., Kokalis-Burelle, N., Bausher, M. G., & Rosskopf, E. N. (2008). Vegetable grafting: History, use, and current technology status in North America. HortScience, 43(6), 1664–1669. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.6.1664.

Kyriacou, M. C., Colla, G., & Rouphael, Y. (2020). Grafting as a sustainable means for securing yield stability and quality in vegetable crops. Agronomy, 10(12), 1945. https://doi.org/10.3390/agronomy10121945.

Lee, J. M. (1994). Cultivation of grafted vegetables I. Current status, grafting methods, and benefits. HortScience, 29(4), 235–239. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.29.4.235.

Lee, S. G. (2006). Production of high-quality vegetable seedling grafts. Acta Horticulturae, 759, 169–174. https://www.actahort.org/members/showpdf?booknrarnr=759_12.

Lee, J. M., Kubota, C., Tsao, S. J., Bie, Z., Hoyos Echevarria, P., Morra, L., & Oda, M. (2010). Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation. Scientia Horticulturae, 127(2), 93–105. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.08.003.

Martínez-Ballesta, M. C., Alcaraz-López, C., Muries, B., Mota-Cadenas, C., & Carvajal, M. (2010). Physiological aspects of rootstock–scion interactions. Scientia Horticulturae, 127(2), 112–118. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.08.002.

Rivard, C. L., & Louws, F. J. (2006). Grafting for disease resistance in heirloom tomatoes. North Carolina State University Cooperative Extension Service, AG (Series), 675. https://digital.ncdcr.gov/Documents/Detail/grafting-for-disease-resistance-in-heirloom-tomatoes/3374192?item=3376712.

Wang, L., Liao, Y., Liu, J., Zhao, T., Jia, L., & Chen, Z. (2024). Advances in understanding the graft healing mechanism: A review of factors and regulatory pathways. Horticulture Research, 11(8), uhae175. https://doi.org/10.1093/hr/uhae175.

Al-Mukhtar Journal of Agricultural, Veterinary and Environmental Science 01 (4): 41-49, 2026
Doi: https://doi.org/10.54172/4x7cet07

Research Article **Open Access**

Anatomical and histological study of the spleen of Barqi sheep in Libya

Ejlal A. Alzergy[1]; Alia Al-Mabrouk slaiman [1] and Asma A. Ismael [1]

Department of Anatomy Histology and Embryology , Faculty of Veterinary Medicine, Omar Al Mukhtar University Bayda- Libya.
Corresponding author : aglal .alzergy @omu.edu.ly
Received: 27.03.2026
Accepted: 30. 04. 2026
Publish online:30.06.2026

Abstract
The anatomical and histological characteristics of the spleen were investigated in ten apparently and clinically healthy adult rams Barqi sheep in Libya. Anatomical examination revealed that the spleen in this breed exhibited a triangular shape with rounded corners, obtuse margins and a distinct reddish-brown color. Also, biometric analysis revealed that the mean values of length, width, and weight were13.3±1.0 cm, 8.2±0.9cm, and 113.2±30.9gm respectively. Histological examination demonstrated that the spleen of the Barqi sheep is enveloped by a delicate fibrous capsule composed of collagen fibers and smooth muscle fibers. Trabeculae of varying thickness extend from the capsule into the splenic parenchyma which composed of red and white pulp , these trabeculae were composed of smooth muscle fibers with sparse distribution of collagen and each trabecula was surrounded by peritrabecular sinus. The white pulp composed of splenic follicales most of them had light germinal center. The splenic follicle was surrounded by marginal zone and there was no distinct demarcation between red and white pulp. The red pulp consisted of splenic cords and sinusoids.

Keywords: Gross anatomy, morphometric measurements, Histological, Spleen, rams Barqi sheep

قسم التشريح والأنسجة وعلم الأجنة، كلية الطب البيطري، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.

دراسة تشريحية ونسيجية لطحال الأغنام البرقية في ليبيا

المستخلص:
تم دراسة الخصائص المورفومترية و النسيجية للطحال في عشرة كباش بالغة سليمة ظاهريًا وطبيًا من الخراف البرقية في ليبيا، وقد أظهر الفحص التشريحي أن الطحال في هذه السلالة مثلث الشكل ذو زوايا مستديرة وحواف غير حادة، ولون بني محمر مميز، كما كشف التحليل البيومتري أن متوسط قيم الطول والعرض والوزن كانت 13.3±1.0 سم و8.2±0.9 سم و113.2±30.9 جم على التوالي، وقد أظهر الفحص النسيجي أن طحال الخروف البرقي محاط بمحفظة ليفية رقيقة تتكون من ألياف كولاجينية وألياف عضلية ملساء، ويمتد من المحفظة ترابيق (حويجزات) ذات سماكة متفاوتة إلى لحمة الطحال التي تتكون من لب أحمر وأبيض، وقد تكونت هذه الحويجزات من ألياف عضلية ملساء مع توزيع متناثر للألياف الكولاجينية ،وكل حُويجِز كان محاطاً بجيب حول حويجزي، وقد ، ولم تكوّن اللب الأبيض من جريبات طحالية معظمها ذات مركز جرثومي فاتح ، وكانت محاطة بمنطقة هامشية يكن هناك حد فاصل واضح بين اللب الأحمر واللب الأبيض، وقد تكون اللب الأحمر من حبال وجيوب طحالية.

الكلمات المفتاحية: التشريح العياني، القياسات البيومترية، علم الأنسجة ، الطحال، كباش أغنام برقية

Introduction:

Sheep (*Ovis aries*) represent a cornerstone of livestock production, serving as a primary source of meat, milk, and wool (Holocomb, 1994). It is well-established that lymphoid tissues play a pivotal role in systemic defense mechanisms against pathogenic microorganisms (Khalel, 2010). While the immunohistochemical properties of splenic compartments have been characterized in bovine (Keresztes et al., 1996) and certain ovine species (Gupta et al., 1998), precise data regarding cellular composition remains essential for understanding the organ's immunological function and diagnosing various animal pathologies (Ngeranwa et al., 1993).

The Author (s) 2026. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License [http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/], which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, for non-commercial purposes only*, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

As the largest secondary lymphatic organ, the spleen is specialized to mount immune responses against blood-borne antigens (Elhussieny et al., 2022; Madhu et al., 2023). Its structural organization, particularly the spatial relationship between the red and white pulp, is governed by vascular distribution and varies significantly across species (Bhagyalakshmi, 2025). Although lymphoid organs persist throughout a mammal's lifespan, they undergo age-related transitions; for instance, the spleen transitions from an embryonic hematopoietic site to a lifelong producer of lymphoid cells (Krause and Cutts, 1994).

Despite previous studies on caprine splenic morphology (Waghaye et al., 2017; Gupta et al., 2017). Historically, the splenic surface is described as being covered by a mesothelium of simple squamous cells, although some reports suggest a discontinuous layer overlying the parenchyma (Gupta et al., 2017). Histologically, the red pulp serves as a reservoir for erythrocytes, reticular cells, and macrophages (Yogesh, 2007). The scarcity of information and published research on the anatomical and histological structure of the spleen in Barki sheep in Libya encouraged us to conduct this research to provide information on the morphological and histological structure of the spleen and to encourage scientific research on these animals in Libya.

Material and methods:

This study was conducted on ten spleen samples (5 for morphological and morphometric study and 5 for histological study) obtained from apparently and clinically healthy adult rams Barqi sheep (*Ovis aries*) weighted about 15 Kg and aged 6-8 month freshly slaughtered for human consumption at the municipal slaughterhouse at El Bayda city, Eastern Libya for anatomical and histological studies. Immediately after animals slaughter the splenic specimens were excised and transported to the laboratory in a icebox to maintain tissue integrity for subsequent anatomical and histological evaluation.

Gross anatomy evaluation and morphometric measurements including splenic length, width, thickness, and absolute weight were performed on 5 samples. Additionally, the total body weight of each animal was recorded to establish the relative organ-to-body weight ratio. This index was calculated according with the formula established by Federova (1987):

$$\text{Relative spleen weight} = \frac{\text{weight of spleen}}{\text{body weight}} \times 100$$

Data analysis:

The excel programs were used to analysis and draw the figure, and the data were presented as mean ± standard error values.

Histological study was conducted on 5 samples of spleen. After animals slaughter the splenic specimens were harvested and small pieces (3mm) from each sample were fixed in fresh prepared Bouin's fixative for 24hr ,then the samples were washed with 70% alcohol to remove excess of picric acid from the tissues and dehydrated in graded series of ethanol cleared in xylol, embedding in paraffin wax , sectioned by rotary microtome (Leica RM 2125) at 5 µm thick then the histological sections stained with Harri's Hematoxylin and Eosin (H&E) and Crossman's trichrome stain according to Bancroft and Gamble (2008). Stained sections were examined under light microscope with digital camera (Nikon Eclipse E400, Japan).

Results:

Gross anatomical observation revealed that the spleen of Barqi sheep had triangular shape with rounded corners, obtuse margins, reddish-brown color in fresh state and granular appearance which appeared as white spots in the splenic parenchyma. The spleen was found to consisted of two surfaces include parietal convex surface and visceral concave surface containing the hilus. There were also two ends in the spleen include abroad, thick basal dorsal extremity (edge) and narrow, thin ventral extremity. It was also found that the spleen covered by thick transparent fibrous capsule. The average length width and the weight of the spleen were 13.3±1.0 cm, 8.2±0.9 and 113.2±30.9 gm respectively (Figs.1-3).

Histological examination of the spleen sections stained with H&E and Crossman's trichrome stains revealed that the spleen was surrounded with a thick fibrous capsule formed of outer collagen fibers interspersed with fibroblasts and inner smooth muscle fibers from which extended trabeculae with different length and thickness to the splenic parenchyma. The trabeculae consisted mainly of smooth muscle fibers with very few sporadic collagen fibers. Each trabecula was surrounded by peritrabecular sinus which appeared with subcapsular sinus engorged with blood cells. The splenic parenchyma was clearly found to consist of splenic white pulp and splenic red pulp. The white pulp consisted of splenic follicles that showed varying size and round to oval shape had prominent eccentrically placed arteriole branched from the central artery and surrounded by periarterial lymphatic sheath. These follicles consisted of densely packed small and medium sized lymphocytes with different type of cells as few plasma cells, macrophages and granulocytes also, most of the splenic follicales had light germinal centers. The splenic white pulp was surrounded by the slightly darker marginal zone and there was less clear distinct demarcation between red and white pulp. Splenic red pulp occupied the interstitial spaces between the white pulp and consisted of splenic cords which consisted of diffusely distributed cells mainly of lymphocytes, erythrocytes, granulocytes, macrophages and occasional scattered large megakaryocytes which characterized by acidophilic cytoplasm and lobated nuclei and irregular splenic sinusoids which lined by endothelial cells with large nuclei protruding into the sinusoidal lumen (Figs.4A-L).

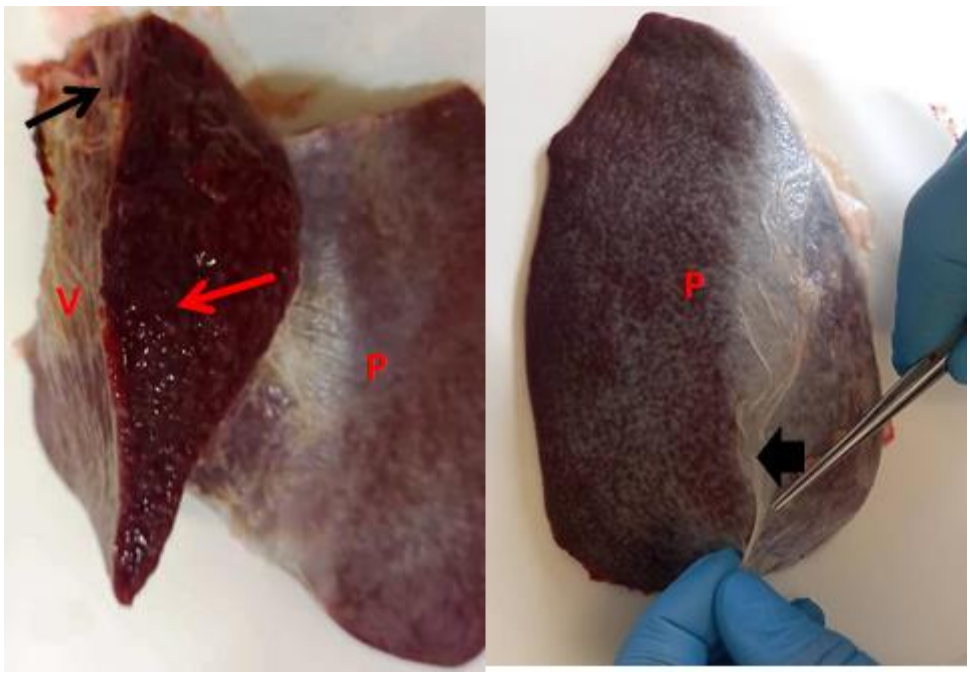


Fig. (1): A photograph of the spleen of Barqi sheep showing triangular shape of spleen with rounded corners and reddish-brown color, parietal surface (P),visceral surface (V) containing the hilus (Arrow), thick transparent fibrous capsule (Arrowhead), granular appearance which appeared as white spots in the splenic parenchyma represent the splenic follicles in the cut surface of spleen (Red arrow).

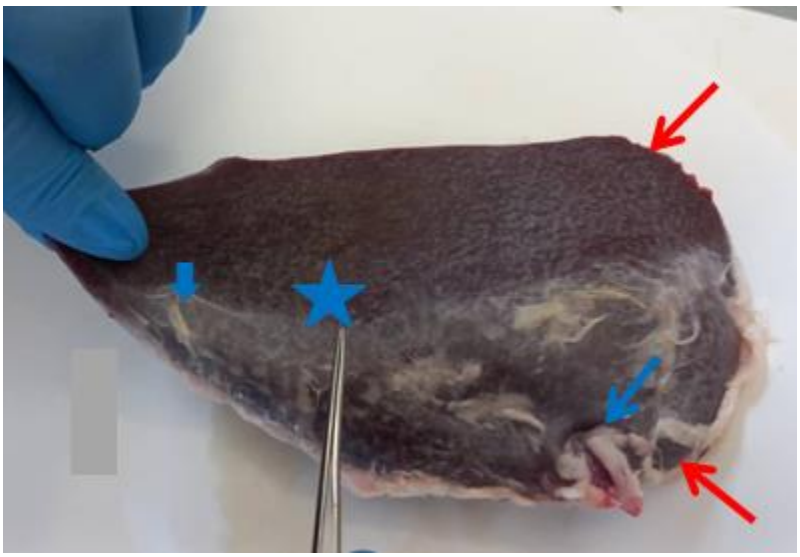


Fig. (2): A photograph of the spleen of Barqi sheep showing reddish-brown color ,triangular shape of spleen with rounded corners (Red Arrows) and granular appearance of visceral surface (Star) containing the hilus (Blue Arrow), thick transparent fibrous capsule (Arrowhead).

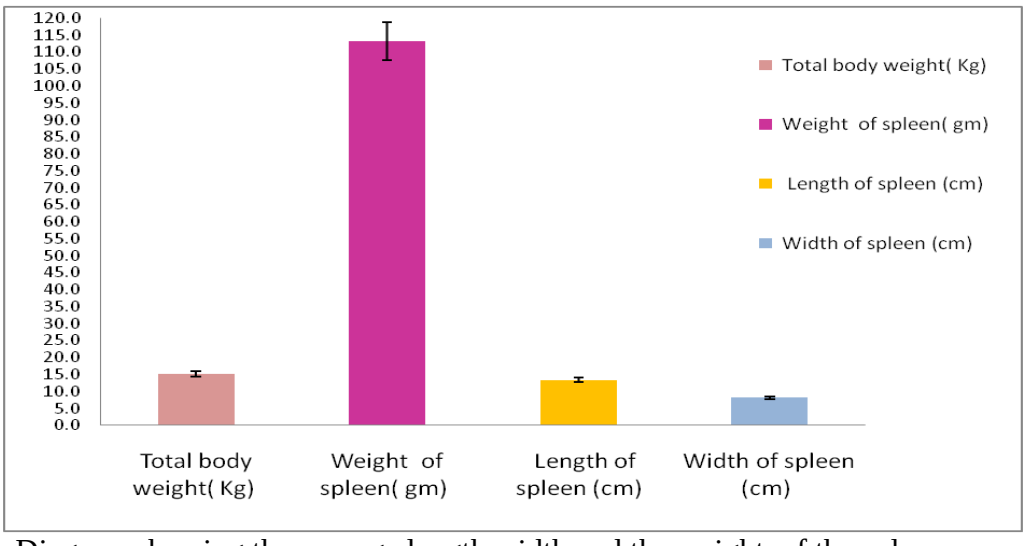


Fig. (3): Diagram showing the average length width and the weight of the spleen

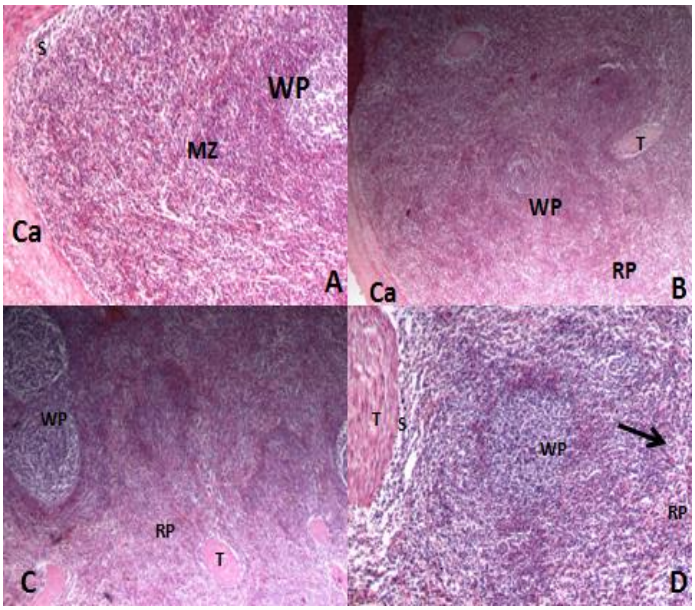


Fig. (4A-D): Photomicrographs of a transverse histological sections of spleen of Barqi sheep ram showing capsule (Ca), trabeculae with different thickness (T), peritrabecular sinus (S), white pulp splenic follicles (WP), red pulp(RP), marginal zone (MZ), megakaryocyte (Arrow) (H and E stain , X 200).

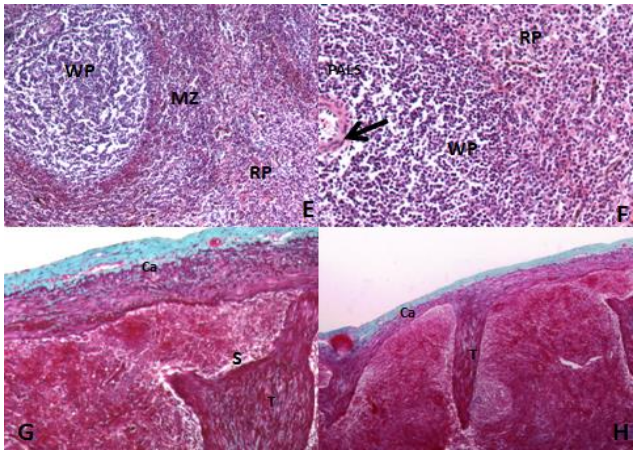


Fig. 4 (E-F): Photomicrographs of a transverse histological sections of spleen of Barqi sheep ram illustrating the microanatomical architecture. Panels E-F (H&E stain, X 200) showing organization of the white pulp (WP)with central artery (Arrow) surrounded by periarterial lymphatic sheath (PALS), marginal zone (MZ) and red pulp (RP) consist of splenic cords and sinusoids. Panels G-H (Crossman's Trichrome, X 200) showing capsule (Ca), trabeculae with different thickness (T) consists mainly of smooth muscle fibers with red color and a few sporadic collagen fibers with green color, peritrabecular sinus (S) engorged with blood cells.

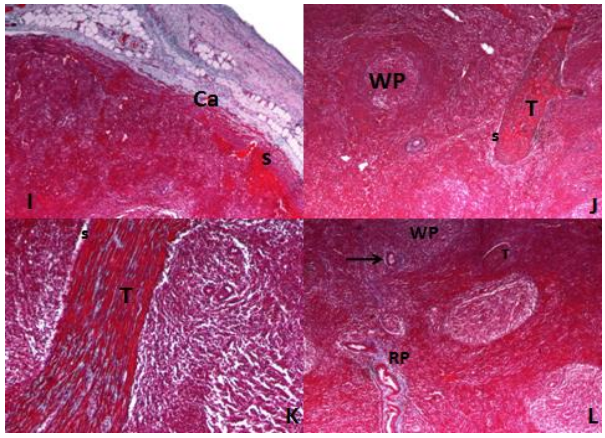


Fig. (4I-L): Photomicrographs of a transverse histological sections of spleen of Barqi sheep ram showing capsule (Ca), trabeculae with different thickness (T) consists mainly of smooth muscle fibers with red color and a few sporadic collagen fibers with green color, pericapsular and peritrabecular sinuses (S), white pulp splenic follicle (WP), central artery (Arrow), red pulp(RP) (Crossman's Trichrome, X200).

Discussion:

Our findings regarding the triangular shape, color, borders, parietal convex surface and visceral concave surface with hilus of the spleen in Barqi sheep were consistent with Suri *et al*., 2017) in sheep of Jammu region in India, Khalel (2010) in adult Awasi sheep and Elhussieny *et al*., 2022) in Barki Sheep. Thanvi *et al*., 2021) reported that the shape of the spleen in sheep (*Ovis aries*) was somewhat triangular with round corners, two surfaces, three borders and had bluish red to dark purple color. Spleen of sheep had three borders was in accordance with the findings of Thanvi et al.(2021) . On the contrary the different shape and color of the spleen in other animals were documented Elhussieny *et al*., 2022) reported that the color of the bovine spleen varies according to the age and sex of the animal. Our findings regarding the length width and the weight (13.3±1.0 cm, 8.2±0.9 and 113.2±30.9 gm respectively) of the Barqi sheep ram spleen were slightly larger than those documented by Khalel (2010) who reported that the average measurements of length, width and weight of 10 spleen of adult Awasi sheep were 9.93±0.342, 6.48±0.233 and 69±6.663 gm respectively and relatively similar observation was documented by Thanvi *et al*., 2021) who reported that the average length, width and weight of the spleen in 30 apparently healthy adult sheep (*Ovis aries*) of either sex was 10.03 ± 0.10 cm, 4.29 ± 0.35 and 39.576 ± 2.034 gm respectively. The dimensions of the spleen vary by sex and age and the splenic dimensions were higher in males than females (Demissie *et al*.,2021). Lee et al.(2021) add that the spleen length is influenced by age, sex, and body mass .

Our results revealed that the Barqi sheep spleen was surrounded by a thick fibrous capsule of collagen and smooth muscle fibers send trabeculae consist mainly of smooth muscle fibers with very few sporadic collagen fibers. Our findings were in agreement with Eurell and Frappier (2013) who reported that the spleen surrounded by a thick capsule of connective tissue composed of two layers of outer dense irregular connective tissue and inner smooth muscle fibers and the thickness and amount of smooth muscle vary with the species and the same author also confirmed extend trabeculae from the capsule and the hilus into the parenchyma of the spleen. Similar finding was also noticed in the spleen of adult Awasi sheep by Khalel (2010), and also (Suri *et al*., 2017) showed that the sheep had a thick fibro-muscular capsule and from the innermost zone of capsule, connective tissue trabeculae extended into the splenic parenchyma in form of bands. Similar findings in domestic animals were reported Dellmann and Brown (1987). (Zidan *et al*.,2002) also reported that the camel spleen was composed of a thick capsule surrounding the splenic parenchyma. The cap-

sule is divided into outer layer consists mainly of connective tissue including collagen and inner layers is composed predominantly of smooth muscle cells. The presence collagen and muscle fibers in parallel orientation in the capsule and trabeculae help in changing the volume of spleen and pumping out the excess blood in circulation (Shringi *et al*.,2018). Also,(Gnanadevi *et al*.,2019) reported that the spleen in both sheep and goat was surrounded by a thick fibro-elastic capsule predominantly composed of collagen fibres with elastic and smooth muscle fibres. Cesta (2006) and Suri *et al*., 2017) reported that the presence of smooth muscle fibers in the capsule and trabeculae indicated the capacity of spleen to expand and store large number of erythrocytes and also the ability for rapid contraction.

Our findings regarding splenic parenchyma are consistent with other mammalians in previous study by Khalel (2010) and (Gnanadevi *et al*., 2019) in sheep. Also, similar architecture of the splenic parenchyma was documented by (Waghaye *et al*., 2017) and Devi et al. (2016) in goats and by Mirhish (2018) in gazelle. Similar histological architecture of the spleen of sheep and goat was also reported by (Suri *et al*., 2017) but the same author add that there was clear demarcation between white and red pulp. The demarcation was more distinct in goat as compared to sheep. (Nicander et al., 1993) reported that lymphocytes, macrophages, other accessory cells and all cellular elements of blood were present in white pulp in domestic animals. (Copenhaver *et al*., 1975) stated that the plasma cells and macrophages were present on the germinal centers, which were developed due to antigenic stimulation necessary for increasing phagocytic activity. (Zidan *et al*., 2002)reported that the red pulp in one humped camel *(Camelus dromedarius*) is characteristically divided into cords by secondary trabeculae and contains venous sinusoids of different sizes.

Conclusion: Barqi sheep spleen characterized by fibrous capsule composed of collagenous and smooth muscle fibers and the splenic parenchyma composed of white pulp and red pulp as another mammalian with slight different in morphological and histological architecture specialized for Barqi sheep. Future research utilizing immunohistochemical markers, electron microscopy study and Polymerase chain reaction (PCR) technology are recommended.

Acknowledgements:
Authors of this work would like to provide special thanks and appreciation to the department of anatomy, histology and embryology at the faculty of veterinary medicine, Omar Al-Mukhtar University, for their significant support and cooperation for providing access use the lab of histology to complete this study.

References:

Bancroft, J. D., & Gamble, M. (2008). *Theory and practice of histological techniques* (6th ed.). Churchill Livingstone, Elsevier.

Bhagyalakshmi, J. (2025). *Histomorphological studies on the spleen of domestic animals*. Department of Veterinary Anatomy, NTR College of Veterinary Science.

Cesta, M. F. (2006). Normal structure, function, and histology of the spleen. *Toxicologic Pathology*, 34(5), 455-465. https://doi.org/10.1080/01926230600867743

Copenhaver, W. M., Kelly, D. E., & Wood, R. L. (1975). *Bailey's textbook of histology* (17th ed.). Williams & Wilkins.

Dellmann HD, Brown EM. *Text Book of Veterinary Histology*. 3th, Ed. 1987, 176-182. Lea and Febiger Philadelphia. London.

Demissie,A., & Gebremedhin, B. (2021). Morphological and histological study on the spleen of indigeno breeds. *Journal of Veterinary Anatomy and Histology*, 5(2), 88-95.

Devi, P. S., Geetha, R., & Lucy, K. M. (2016). Histology of the white pulp of spleen in goats (Capra hircus).*Journal of Livestock Science*, 7, 248–251.

Elhussieny-Abumandour, M. M., & Karkoura, A. A. (2022). Anatomical, histological, and histochemical study of the spleen of the Barqi sheep (Ovis aries). *Journal of Advanced Veterinary Research*, 12(2), 145–152 DOI: 10.21608/MJVM.2022.111483.1008

Eurell, J. A., & Frappier, B. L. (2013). *Dellmann's textbook of veterinary histology* (6th ed.). Blackwell Publishing.

Federova, E. G. (1987). Method for determining the relative weight of internal organs in animals. *Veterinariya (Moscow)*, 12, 56-58.

Gnanadevi, R., Geetha, R., & Lucy, K. M. (2019). Comparative histology of the splenic capsule and trabeculae in sheep and goat. *Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 50(1), 34-38. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.805.158

Gupta, V., Farooqui, M. M., Prakash, A., Pathak, A., & Kumar, P. (2017). Morphological and cytological differentiation of goat spleen. *Indian Journal of Animal Research*, 51(6), 1027-1032.https://doi.org/10.18805/IJAR.V0IOF.7820

Gupta, V. K., Singh, B. P., & Kurade, N. P. (1998). Histological and histochemical study on the spleen of sheep. *Indian Journal of Animal Sciences*, 68(11), 1152-1154.

Holocomb, J. B. (1994). *Sheep production and management*. Prentice Hall.

Keresztes, M., Bodo, K., & Baka, S. (1996). Immunohistochemical characterization of the splenic compartments in bovine. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 52(1-2), 101–109.

Khalel, E. M. (2010). *Anatomical and histological study of the spleen in Awassi sheep* [Master's thesis, University of Baghdad].

Krause, W. J., & Cutts, J. H. (1994). *Concise text of histology* (2nd ed.). Williams & Wilkins.

Lee, S. H., & Park, K. (2021). Comparative histological and immunocytochemical study of the spleen in ruminants. *Journal of Veterinary Medical Science*, 83(4), 512-519.

Madhu, N., Rao, T. S., & Kumar, P. S. (2023). Gross and microscopic anatomy of the spleen in small ruminants. *International Journal of Veterinary Science*, 12(1), 88–94.

Mirhish, S. M., & Ibrahim, F. A. (2018). Histomorphological study of the spleen in gazelle (Gazella subgutturosa). *Mirror of Research in Veterinary Sciences and Animals*, 7(1), 24-32.

Ngeranwa, J. J., Gathumbi, P. K., & Mutiga, E. R. (1993). Cellular composition of the spleen in healthy and diseased indigenous goats. *Small Ruminant Research*, 10(2), 153–161.

Nicander, L., Brown, E. M., Dellmann, H. D., & Landsverk, T. (1993). In *Textbook of veterinary histology* (4th ed., pp. 129-133). Lea and Febiger.

Shringi,N.,Mathur,R.,Kumar,V.,Rohlan,K.,&Ganguly,S.(2018).Histological studies on the spleen of large white Yorkshire pig (Sus scrofa). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(1), 1142-1144.https://doi.org/10.22271/j.ento.6.1.257.1

Suri, S., Sarma, K., & Devi, J. (2017). Comparative histomorphological and histochemical studies on the spleen of sheep and goat. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(4), 1148–1152.

Tanvi, A., El-Bakary, R. M., & El-Hussieny, O. (2021). Morphological and morphometrical studies on the spleen of Barki sheep. *Journal of Veterinary Medical Research*, 28(1), 44-51.https://doi.org/10.21608/mjvm.2022.231072

Thanvi, S., Joshi, S., Mathur, R., & Pant, D. (2021). Histomorphological and histochemical studies on the spleen of sheep (Ovis aries). *Indian Journal of Veterinary Anatomy*, 33(1), 45-48.

Waghaye, J. Y., Patankar, R. B., & Deshmukh, S. S. (2017). Histomorphological and histochemical studies on the spleen of goat (Capra hircus). *Journal of Livestock Science*, 8, 144-149.

Yogesh, W. J. (2007). Histomorphological, histochemical and immunohistological studies on some lymphoid organs in goat (Capra hircus) (Doctoral dissertation, Ph. D. Thesis submitted to the Nag-pur Maharashtra Animal and Fisheries Sciences University, Nagpur, India).

Zidan, M., Kassem, A., Dougbag, A., EL Ghazzawi, E., Abdel Aziz, M., & Pabst,R. (2002)The spleen of the one humped camel *(Camelus dromedarius)* has a unique histological structure. *Jour-nal of Anatomy,*196: 425-432. https://doi.org/10.1046/j.1469-7580.2000.19630425.x

Al-Mukhtar Journal of Agricultural, Veterinary and Environmental Science 01 (4): 50-58, 2026
Doi: https://doi.org/10.54172/qbr8j347

Research Article **Open Access**

تأثير المستخلص المائي لنبات الجعدة (*Teucrium polium*) في الصفات المظهرية والتشريحية للعقد الجذرية لأصناف من الباقلاء *Vicia faba* L.

احمد حيدر عطية[1] ، وسن صالح حسين[2]

احمد حيدر عطية: قسم علوم الحياة، كلية العلوم، جامعة الموصل
وسن صالح حسين*: قسم علوم الحياة، كلية العلوم، جامعة الموصل

المستخلص: هدفت هذه الدراسة إلى تقييم تأثير المستخلص المائي لنبات الجعدة (*Teucrium polium*) في الصفات المظهرية والتشريحية للعقد الجذرية لثلاثة أصناف من نبات لباقلاء (*Vicia faba* L.) وذلك في إطار التوجه نحو استخدام بدائل طبيعية صديقة للبيئة بدلاً من الأسمدة الكيميائية. أُجريت التجربة في البيت البلاستيكي باستخدام ثلاثة تراكيز من المستخلص (0.5%، 1.5%، 3%)، وتم تطبيقها على النباتات خلال مراحل النمو المختلفة. أظهرت النتائج أن المستخلص المائي للجعدة أدى إلى تحسين معنوي في صفات العقد الجذرية لجميع الأصناف المدروسة، بما في ذلك عدد العقد وعدد العقد الفعالة ووزنها دون حدوث تغيرات واضحة في شكلها الخارجي. وقد كان التركيز 1.5% هو الأكثر كفاءة إذ سجل أعلى القيم في معظم الصفات. كما تفوق الصنف Luz على بقية الأصناف، مما يشير إلى دور العوامل الوراثية في كفاءة التعايش مع بكتريا العقد الجذرية. أما على المستوى التشريحي فقد أدى التركيز المتوسط إلى زيادة قطر العقدة وطولها واتساع منطقة الإصابة وهي مؤشرات ترتبط بزيادة كفاءة تثبيت النيتروجين. في المقابل أظهرت التراكيز العالية (3%) تأثيرًا تثبيطيًا نسبيًا في بعض الصفات، تُشير هذه النتائج إلى إمكانية استخدام مستخلص نبات الجعدة خاصة بتركيز معتدل كمحفز حيوي طبيعي لتحسين تكوين العقد الجذرية وزيادة كفاءة التثبيت الحيوي للنيتروجين في نبات الباقلاء مما يسهم في تحسين خصوبة التربة وتقليل الاعتماد على الأسمدة الكيميائية، ودعم ممارسات الزراعة المستدامة

كلمات مفتاحية: الجعدة، الباقلاء، العقد الجذرية، الصفات التشريحية و المظهرية، المحفزات الحيوية

*Corresponding author:
Wasan Salih Hussain
E-mail addresses:
wassbio54@uomosul.edu.iq
Department of Biology, Mosul University , Mosul, Iraq
Ahmed Hider Atiyah
E-mail
aboaliahmed105@yahoo.com
Department of Biology, Mosul University , Mosul, Iraq
Received: 01.04.2026
Accepted: 30.04.2026
Publish online: 30/6/2026

Effect of the aqueous extract of the germander plant (Teucrium polium) on the morphological and anatomical characteristics of the root nodules of faba bean varieties (Vicia faba L.)

Abstract: This study aimed to evaluate the effect of the aqueous extract of Teucrium polium on the morphological and anatomical characteristics of root nodules in three cultivars of faba bean (Vicia faba L.), in the context of sustainable agriculture and the development of natural alternatives to chemical fertilizers. A greenhouse experiment was conducted using three concentrations of the plant extract (0.5%, 1.5%, and 3%), applied during different growth stages. The results revealed that the aqueous extract significantly improved root nodule traits in all studied cultivars, including nodule number, number of effective nodules, and nodule weight, without altering their general shape. The 1.5% concentration showed the greatest effectiveness, achieving superior values for most measured parameters. Among the cultivars, Luz exhibited the best performance, indicating the influence of genetic variation on the symbiotic efficiency with Rhizobium bacteria. Anatomical analysis showed that the moderate concentration (1.5%) enhanced nodule diameter, length, and the size of the infected zone, which is closely associated with nitrogen fixation efficiency. In contrast, the higher concentration (3%) showed a slight inhibitory effect on some traits. These findings suggest that Teucrium polium extract, particularly at moderate concentrations, can serve as an effective natural biostimulant to enhance nodulation and biological nitrogen fixation in faba bean. This approach may contribute to improving soil fertility, reducing dependence on chemical fertilizers, and supporting environmentally sustainable agricultural practices.
Keywords: Teucrium polium ,Vicia faba L.,Root nodules ,Morphological and anatomical traits, Bio stimulants .

The Author (s) 2026. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License [http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/], which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, for non-commercial purposes only*, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

المقدمة

إن سوء استخدام الأسمدة الكيمائية يؤدي إلى انخفاض إنتاجية المحاصيل الزراعية ويسبب أضراراً للبيئة وصحة الإنسان ولضمان استدامة النظم الإيكولوجية الزراعية الطبيعية للأجيال القادمة دون زيادة استخدام الأسمدة والمبيدات مع تحسين سلامة المحاصيل وإنتاجيتها نحتاج إلى تحسين كفاءة امتصاص العناصر الغذائية وتعزيز آليات الدفاع الطبيعية للنباتات ضد الضغوط الحيوية وغير الحيوية وانطلاقاً من هذه الأهداف، يجري البحث في الموارد الطبيعية مثل المستخلصات النباتية كبدائل للمواد الكيميائية التقليدية (Han وآخرون، 2024). تعُرفَّ المحفزات البايولوجية بأنها مواد تحتوي على مادة أو مواد أو كائنات دقيقة، ووظيفتها عند تطبيقها على النباتات أو منطقة الجذور تحفيز العمليات الطبيعية مثل تحسين امتصاص العناصر الغذائية وكفاءة استخدام العناصر الغذائية وتحمل الإجهاد اللاحيائي، وجودة المحاصيل (Mrid وآخرون، 2021).

يعُتبر تطبيق التقنيات البايولوجية في الممارسات الزراعية استراتيجية صديقة للبيئة ومنخفضة التكلفة للتخفيف من الضغوط اللاحيائية والأحيائية، مع تقليل الاعتماد على الأسمدة الكيميائية بشكل فعال (Han وآخرون، 2024)، وإن عملية استخلاص المستخلصات النباتية بسيطة نسبيا، وفعالة من حيث التكلفة وصديقة للبيئة إذ يمكن استخلاص هذه المستخلصات من مواد خام وفيرة، مثل الأعشاب الضارة والنباتات الأخرى غير الاقتصادية والنباتات الطبية، فقد أظهرت الدراسات أن مستخلصات بعض النباتات، غنية بمضادات الأكسدة، كالمركبات الفينولية والفلافونويدات وتظُهر تأثيرات إيجابية، اذ تعمل المواد النشطة بيولوجياً في المستخلصات النباتية مثل الهرمونات على بدء التكافل مع الكائنات الحية الدقيقة المفيدة وحماية النباتات من الضغوط البيئية، وتعزيز نمو النبات، وتحسين أنظمة الدفاع الذاتية للنباتات ضد الأمراض (Poveda وآخرون، 2020). من هذه النباتات هو نبات الجعدة الذي ينتمي الى العائلة الشفوية Lamiaceae وهي تضم 200 جنس و 3300 نوع من الاعشاب العطرية او الحولية او المعمرة او تحت الشجيرات . وتكون غنية بالزيوت العطرية والصابونينات والستيرويدات والفينولات والفلافونويدات والقلويدات والاحماض الدهنية ، فقد تم عزل اكثر من 300 مركب من نبات الجعدة بما في ذلك التربينات والستيرويدات والفلافونويدات وكلايكوسيدات الفينيل ايثانويد إلخ . وتم جمع وعزل حوالي 290 مركبا من نبات الجعدة *Teucrium* خلال الفترة 2000-2020 ورتبت في المجموعات التالية : المجموعة الاولى التربينويدات والمجموعة الثانية المركبات الفينولية والمجموعة الثالثة مركبات اخرى (Sadeghi وآخرون، 2022). تعد النبات الباقلاء *Vicia faba* L. من اهم المحاصيل الزراعية سواء من الناحية الغذائية أو الاقتصادية أو البيئية وتأتي أهميتها من حيث توفير المادة الغذائية مباشرة بعد محاصيل نباتات العائلة النجيلية وذلك لما تمتاز به بذورها من محتوى عالي من البروتينات و الكربوهيدرات، حيث تستخدم البذور الكبيرة عادة كغذاء للإنسان، بينما تستخدم البذور الصغيرة في الغالب علفا للماشية ؛ كما أن زراعة محاصيل النباتات البقولية يساعد في عملية تثبيت غاز النيتروجين الموجود في الغلاف الجوي والذي يترتب عليه زيادة خصوبة التربة ونقص الحاجة لاستخدام المخصبات بالإضافة إلى ذلك، فإنها مصدر مهم للعديد من الأحماض الأمينية مثل الليوسين والارجينين واللايسين ، كما أنها تعتبر مصدر مهم لكل من بدائل evodopa او dopamine والتي يتم إنتاجها صناعيا لعلاج مرض الشلل الرعاشي (التريكي والصل ، 2023).

ان الهدف من اختيار هذا الموضوع لما يتمتع به محصول الباقلاء من أهمية غذائية وزراعية إضافة إلى ما يمتلكه نبات الجعدة (*Teucrium polium*)من مركبات فعالة ذات تأثيرات حيوية محتملة خاصة في مجال التداخل الأليلوپاثي. كما ينسجم هذا البحث مع التوجهات الحديثة نحو استخدام المستخلصات النباتية كبدائل طبيعية صديقة للبيئة لتحسين نمو النباتات وتقليل الاعتماد على المدخلات الكيميائية، فضلاً عن قلة الدراسات المحلية التي تناولت هذا النوع من التأثير

المواد وطرق البحث

تضمنت الدراسة إجراء تجارب في البيت البلاستيكي في قسم البستة التابعة لكلية الزراعة والغابات / جامعة الموصل وشملت الدراسة استخدام مستخلصات نبات الجعدة *Teucrium polium* بثلاث تراكيز (0.5، 1.5، 3%) ودراسة تأثيرها على الصفات المظهرية والتشريحية للعقد الجذرية لثلاثة اصناف من نبات الباقلاء *Vicia faba* L. .

جمع العينات نبات الجعدة : جُمعت نبات الجعدة في شهر اب 2025 من منطقة جبل الصفرة (باصخرة) بالقرب من قرية بازكرتان في سهل نينوى ، تم تجفيفها هوائيا وسُحقت يدويا الى قطع صغيرة ، وحُفظت في علب زجاجية محكمة الغلق في درجة حرارة الغرفة لحين الاستعمال .

الاختبار الاحيائي للمستخلصات المائية لنبات الجعدة: تم تحضير المستخلصات المائية لمتبقيات نبات الجعدة (المجموع الخضري) بتراكيز % 3 , 1.5 , 0.5 بالاعتماد على طريقة (Hussain ، 2020). وبعد زراعة البذور في اصص بلاستيكية سعة (25كغم) حاوية على تربة خالية من اي اضافة تم السقي بالمستخلصات المائية لنبات الجعدة المحضرة بتراكيز (0.5% و 1.5% و 3%) ، وكان السقي الاول عند الزراعة والسقي الثاني بعد مرور 30 يوما والسقي الثالث بعد مرور 60 يوما ، حيث سُقيت في كل مرة بـ 25 مللتر من المستخلصات المائية لكل اصيص .وبعد الحصاد تم فصل المجموع الخضري عن الجذري وغسل المجموع الجذري بالماء عدة مرات / وثم تم دراسة صفات العقد الجذرية والتي شملت:

- **الصفات المظهرية** : تم حساب عدد العقد الجذرية، عدد العقد الجذرية الفعالة ، وزن العقد الجذرية، شكل العقد.
- **الصفات التشريحية للعقد الجذرية**: لتحضير مقاطع مستعرضة للعقد الجذرية للأصناف المدروسة تم استخدام طريقة القطع اليدوي الحر Free-hand sectioning method، وذلك باستخدام شفرة حادة لتحضير شرائح رقيقة للعقد الجذرية، وتم دراسة قطر العقدة، طول العقدة ، طول منطقة الاصابة ببكتريا العقد(Nakhforoosh وآخرون، 2024) وتم صبغ العينات بصبغة السفرانين بتركيز 2.5%.

التحليل الإحصائي: نفذت التجربة العاملية باستخدام التصميم العشوائي الكامل(CRD) لدراسة تأثير المعاملات المختلفة في الصفات المدروسة، وقورنت الفروق المعنوية بين المتوسطات باختبار (Duncan، 1955) متعدد المدى .

النتائج والمناقشة

أظهرت نتائج جدول (1) أن المستخلص المائي لأوراق الجعدة (*Teucrium polium* L.) أدى إلى تحسين صفات العقد الجذرية في أصناف الباقلاء الثلاثة، إذ اختلفت الاستجابة تبعًا للصنف والتركيز المستخدم. لوحظ أن جميع المعاملات احتفظت بالشكل المفصص/الفراشي للعقد الجذرية الشكل (1) مما يشير إلى أن تأثير المستخلص انصبّ بصورة أساسية على زيادة عدد العقد وفعاليتها ووزنها دون إحداث تغيرات مظهرية واضحة في شكل العقد.وتفوق الصنف Luz في معظم الصفات المدروسة إذ سجل أعلى متوسط لعدد العقد والعقد الفعالة ووزن العقد مقارنة بالصنفين الآخرين بينما أعطى الصنف Histal أقل القيم، وقد يعزى ذلك إلى الاختلافات الوراثية بين الأصناف في كفاءة التعايش مع بكتريا Rhizobium وقدرة الجذور على تكوين العقد الجذرية. وتتفق هذه النتائج مع ما أشار إليه Hungria و Vargas (2000) من أن كفاءة التثبيت الحيوي للنيتروجين في البقوليات تتأثر بصورة مباشرة بالتركيب الوراثي للصنف ومدى توافقه مع الأحياء المجهرية العقدية الموجودة في منطقة الجذور.

كما أظهرت النتائج أن التركيز 1.5% من مستخلص الجعدة كان الأكثر كفاءة في تحسين صفات العقد الجذرية إذ سجل أعلى عدد للعقد والعقد الفعالة وأعلى وزن للعقد مقارنة ببقية التراكيز. وقد يعزى ذلك إلى احتواء نبات الجعدة على مركبات ايض ثانوي مثل الفلافونويدات و الفينولات والتربينات والتي تؤدي دورًا مهمًا في تنشيط النمو الجذري وتحفيز التفاعلات التكافلية مع بكتريا

العقد الجذرية. وقد بينت دراسة لـ Sharifi-Rad وآخرون (2020) أن نبات الجعدة غني بالمركبات المضادة للأكسدة والمحفزة للنشاط الحيوي، الأمر الذي قد يسهم في تحسين العمليات الفسيولوجية للنبات وزيادة كفاءة امتصاص العناصر الغذائية، إن زيادة عدد العقد الفعالة عند التركيز المتوسط ربما تعود إلى تأثير المستخلص في تحفيز نمو الشعيرات الجذرية مما يوفر مواقع أكثر لارتباط بكتريا الـ *Rhizobium* وتكوين العقد. كما أن المركبات الايض الثانوي الموجودة في المستخلص قد تكون أسهمت في تحسين بيئة الاحياء المجهرية المحيطة بالجذور. وقد أشار Dakora و Phillips (2002) إلى أن الإفرازات الجذرية والمركبات الفينولية تلعب دورًا رئيسيًا في تنظيم الإشارات الكيميائية بين النباتات البقولية والبكتريا المثبتة للنيتروجين.أما الانخفاض النسبي في بعض الصفات عند التركيز 3% مقارنة بتركيز 1.5%، فقد يدل على أن زيادة تركيز المستخلص قد تسبب تأثيرًا تثبيطيًا لبعض العمليات الحيوية، نتيجة ارتفاع تركيز المركبات الفينولية أو التربينية، والتي يمكن أن تؤثر سلبًا في نشاط الأحياء المجهرية عند التراكيز العالية. وهذا يتفق مع ما ذكره Hussain (2021) حول التأثير الأليلوباثي لبعض المستخلصات النباتية، إذ يمكن أن تكون محفزة للنمو عند التراكيز المنخفضة أو المتوسطة، لكنها تتحول إلى مثبطة عند زيادة التركيز.

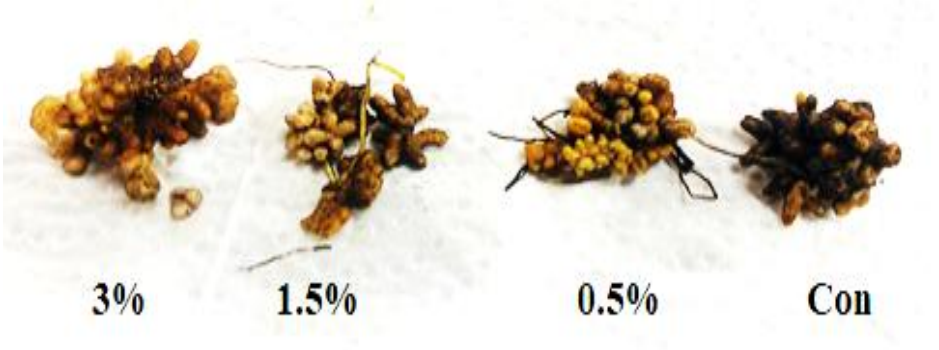
وعند دراسة التداخل بين الصنف والتركيز، تبين أن الصنف Luz عند التركيز 1.5% أعطى أعلى عدد للعقد والعقد الفعالة، في حين حقق الصنف Holland أعلى وزن للعقد عند التركيز نفسه، مما يدل على أن استجابة الأصناف للمستخلص تختلف تبعًا لخصائصها الوراثية والفسيولوجية. وتشير هذه النتائج إلى أن استخدام التراكيز المناسبة من المستخلصات النباتية الطبيعية يمكن أن يسهم في تعزيز التثبيت الحيوي للنيتروجين وتحسين نمو نباتات البقوليات، الأمر الذي ينعكس إيجابياً على خصوبة التربة وتقليل الاعتماد على الأسمدة الكيميائية.أظهرت النتائج وجود تأثير واضح لكل من الصنف والتركيز في صفات العقد الجذرية لنبات الباقلاء، إذ تباينت الأصناف في استجابتها للمستخلص المائي لأوراق الجعدة من حيث عدد العقد والعقد الفعالة ووزن العقد.النسبة لتأثير الصنف، لوحظ تفوق الصنف Luz على الصنفين Histal و Holland في جميع الصفات المدروسة، إذ سجل أعلى متوسط لعدد العقد بلغ 94.5 عقدة، وأعلى عدد للعقد الفعالة بلغ 81.75 عقدة، فضلاً عن أعلى وزن للعقد بلغ 20.02 غم، وقد يعزى هذا التفوق إلى الاختلافات الوراثية بين الأصناف في قدرتها على تكوين العقد الجذرية وكفاءة العلاقة التكافلية مع بكتريا الـ *Rhizobium*، إضافة إلى اختلاف كفاءة بالمجموع الجذري في امتصاص العناصر الغذائية واستجابته للمركبات الفعالة الموجودة في المستخلص النباتي. اذ أن كفاءة التفاعل بين النبات والبكتريا قد تعتمد على التوافق الوراثي بينهما، والذي ينعكس على تطور العقد الجذرية وفعاليتها الفسيولوجية.أما بالنسبة لتأثير التركيز، فقد أظهرت النتائج أن التركيز 1.5% من المستخلص المائي للجعدة حقق أفضل النتائج في جميع الصفات المدروسة، ويمكن تفسير ذلك بأن هذا التركيز وفر مستوى مناسبًا من مركبات الايض الثانوي مثل الفلافونويدات والمركبات الفينولية والتربينات، والتي تعمل على تنشيط نمو الجذور وتحفيز تكوين الشعيرات الجذرية، مما يزيد من فرص استعمار بكتريا الـ *Rhizobium* للجذور وتكوين العقد. كما أن الفلافونويدات الموجودة في المستخلص تؤدي دورًا مهمًا في تحفيز الجينات المسؤولة عن بدء عملية التعايش البكتيري وتكوين العقد الجذرية، إذ تعمل بوصفها جزيئات إشارية بين النبات والبكتريا.

يبين جدول (2) تأثير المستخلص المائي لأوراق الجعدة في الصفات التشريحية للعقد الجذرية لأصناف الباقلاء الثلاثة، إذ أظهرت النتائج وجود اختلافات واضحة بين الأصناف والتراكيز المستخدمة في قطر مقطع العقدة وطول المقطع ومنطقة الإصابة ، مما يدل على تأثر الصفات التشريحيةة للعقد الجذرية بالمركبات الحيوية الموجودة في المستخلص النباتي.

أظهرت نتائج تأثير الصنف وجود تباين واضح بين الأصناف في الصفات التشريحية المدروسة، إذ سجل الصنف Luz أعلى متوسط لقطر المقطع بلغ 4.201 ملم، في حين تفوق الصنف Holland في طول المقطع ومنطقة الإصابة بمتوسط ، بينما أعطى الصنف Histal قيماً متوسطة في أغلب الصفات.

جدول:(1). تأثير المستخلص المائي لأوراق الجعدة في صفات العقد الجذرية لثلاثة اصناف من الباقلاء

الصنف	المعاملة	عدد العقد	العقد الفعالة	وزن العقد (غم)
Histal	0.0	d 35	d28	b 11.56
	0.5	c 54	c44	c 9.30
	1.5	b71	b59	a 12.70
	3	a74	a62	a 12.91
تأثير الصنف		a58.5	b48.25	c 11.61
Luz	0.0	c87	79c	ab21.43
	0.5	d69	58d	c 12.92
	1.5	a124	104a	a 23.34
	3	b98	86b	a22.41
تأثير الصنف		94.5a	81.75b	c 20.02
Holland	0.0	c 52	d 41	d 14.62
	0.5	a114	a 101	b 20.44
	1.5	c 88	76c	24.49a
	3	b 91	82b	18.25c
تأثير الصنف		86.25a	75b	19.45c
تأثير التركيز	0.0	d 58	d 49.33	15.87c
	0.5	c 79	67.66c	14.22c
	1.5	a 94.33	79.66a	20.17a
	3	b 87.66	ab 76.66	b 17.85



شكل:(1). تأثير المستخلص المائي لأوراق الجعدة في صفات المظهرية العقد الجذرية لأصناف الباقلاء الثلاثة

.

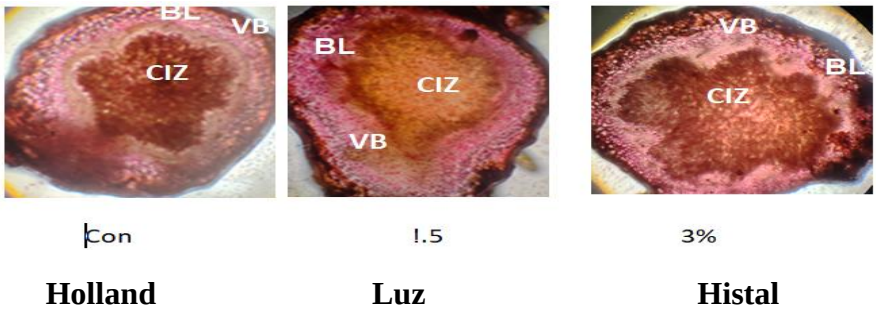
ويعزى هذا التباين إلى الاختلافات الوراثية بين الأصناف في سرعة انقسام الخلايا القشرية وكفاءة تكوين الأنسجة العقدية، فضلاً عن اختلاف قدرتها على تكوين العلاقة التكافلية مع بكتريا *Rhizobium.* ، وتشير الدراسات الحديثة إلى أن التركيب الوراثي للنبات يؤثر بصورة مباشرة في تطور البنية التشريحية للعقد الجذرية، ولاسيما حجم منطقة الإصابة التي تعد مؤشراً على نشاط البكتريا المثبتة للنيتروجين(Roy وآخرون، 2020).

أما بالنسبة لتأثير التركيز فقد أظهرت النتائج أن التركيز 1.5%كان الأكثر فاعلية في تحسين الصفات التشريحية إذ سجل أعلى المتوسطات مقارنة بمعاملة المقارنة فقد سجل هذا التركيز زيادة في قطر المقطع بلغت نحو 9% في الصنف Histal و 34.6% في الصنفLuz في حين انخفض في الصنف Holland بنسبة تقارب 17.6%، كما سجل طول المقطع زيادة كبيرة في الصنف Histal بلغت حوالي 56.7% مقابل انخفاضه في الصنف Luz بنسبة 28.3%. كذلك ارتفعت منطقة الإصابة بشكل ملحوظ في Histalبنسبة 92.8 % وفي Luz بنسبة 30.3 % في حين انخفضت في Holland بنسبة 11.8% قارنة بالمقارنة، ويمكن

تفسير تفوق التركيز 1.5% بأنه وفر مستوى مناسباً من المركبات الفعالة مثل الفلافونويدات والتربينات والمركبات الفينولية، والتي تسهم في تحفيز الانقسامات الخلوية وزيادة نمو الأنسجة الوعائية وخلايا منطقة القشرة داخل العقد الجذرية مما أدى إلى زيادة حجم العقد واتساع منطقة الإصابة الفعالة.إن اتساع منطقة الإصابة يمثل مؤشراً مهماً على زيادة نشاط بكتريا *Rhizobium* وارتفاع كفاءة تثبيت النتروجين إذ تمثل هذه المنطقة الجزء المحتوي على الخلايا المصابة بالبكتريا التكافلية

جدول:(2). تأثير المستخلص المائي لأوراق الجعدة في الصفات التشريحية للعقد الجذرية لثلاثة اصناف من الباقلاء

الصنف	المعاملة	قطر المقطع للعقد	طول المقطع للعقد	منطقة الاصابة
Histal	0.0	2.454	3.078	1.747
	0.5	2.329	2.953	1.872
	1.5	2.620	4.825	3.369
	3	2.912	3.286	2.454
تأثير الصنف		2.578	3.528	3.147
Luz	0.0	3.120	3.827	2.745
	0.5	2.412	2.329	2.579
	1.5	4.201	2.745	3.577
	3	1.580	1.580	1.081
تأثير الصنف		2.828	2.620	2.496
Holland	0.0	2.828	4.352	3.161
	0.5	1.872	2.870	1.996
	1.5	2.329	3.452	2.787
	3	2.745	4.284	3.244
تأثير الصنف		2.441	3.739	2.797
تأثير التركيز	0.0	2.800	3.752	2.551
	0.5	2.204	2.717	2.149
	1.5	3.05	3.674	3.244
	3	2.412	3.05	2.259



شكل:(2). تأثير المستخلص المائي لأوراق الجعدة في صفات التشريحية للعقد الجذرية

BL: boundary layer (cells surrounding the infected zone) , CIV: central infected zone, VB: vascular bundles

وقد أوضح Ferguson وآخرون (2019) أن تطور هذه المنطقة يرتبط بزيادة نشاط إنزيم النيتروجينيز وتحسن عملية التثبيت الحيوي للنيتروجين في النباتات البقولية، كما لوحظ أن بعض التراكيز المرتفعة أو المنخفضة أدت إلى انخفاض بعض الصفات التشريحية، كما في الصنف Luz عند التركيز 3%، إذ انخفض قطر وطول المقطع ومنطقة الإصابة بصورة واضحة، حيث بلغت نسبة الانخفاض في طول المقطع حوالي 58.7%وفي القطر حوالي مقارنة بالمقارنة. ويعود ذلك إلى التأثير التثبيطي للتراكيز العالية من المركبات الفينولية والأليلوباثية الموجودة في المستخلص، والتي قد تؤثر في انقسام الخلايا أو نشاط البكتريا العقدية داخل الأنسجة النباتية. وتنسجم هذه النتائج مع ما أشار إليه Hussain وآخرون (2026) من أن المستخلصات النباتية قد تحفز

النمو عند التراكيز المعتدلة، بينما تؤدي التراكيز العالية إلى اضطرابات خلوية وتراجع في نمو الأنسجة. وعند دراسة التداخل بين الصنف والتركيز تبين أن الصنف Histal عند التركيز 1.5 %سجل أعلى طول للمقطع بلغ 4.825 ملم مع زيادة كبيرة في منطقة الإصابة شكل (2) في حين حقق الصنف Luzعند التركيز نفسه أعلى قطر للمقطع ومنطقة الإصابة مما يدل على أن هذا التركيز كان الأكثر ملاءمة لتحفيز التطور التشريحي للعقد الجذرية. أما الصنف Holland فقد أظهر استجابة أكثر توازناً مع تفوق نسبي عند بعض الصفات في التراكيز العالية مما يشير إلى اختلاف حساسية الأصناف تجاه المركبات الفعالة في مستخلص الجعدة. وتشير هذه النتائج بصورة عامة إلى أن المستخلص المائي لأوراق الجعدة يمكن أن يسهم في تحسين الصفات التشريحية للعقد الجذرية وزيادة كفاءة التثبيت الحيوي للنيتروجين عند استخدامه بتراكيز مناسبة، الأمر الذي قد ينعكس إيجابياً على نمو نبات الباقلاء وإنتاجيته.

أظهرت نتائج الدراسة أن المستخلص المائي لنبات الجعدة (*Teucrium polium*) يمتلك تأثيرًا إيجابيًا في تحسين الصفات المظهرية والتشريحية للعقد الجذرية لأصناف الباقلاء المدروسة، مع اختلاف الاستجابة تبعًا للصنف والتركيز المستخدم. وقد حقق التركيز 1.5% أفضل النتائج من خلال زيادة عدد العقد الجذرية والعقد الفعالة ووزنها، فضلاً عن تحسين الصفات التشريحية المتمثلة بزيادة قطر العقدة وطولها واتساع منطقة الإصابة، مما يدل على تعزيز كفاءة التثبيت الحيوي للنيتروجين. كما أظهر الصنف Luz تفوقًا واضحًا في أغلب الصفات المدروسة مقارنة بالصنفين Histal وHolland، الأمر الذي يعكس دور العوامل الوراثية في كفاءة التعايش مع بكتريا العقد الجذرية. في المقابل، أدى التركيز العالي 3% إلى انخفاض بعض الصفات نتيجة التأثير التثبيطي للمركبات الأليلوباثية عند التراكيز المرتفعة. وتشير هذه النتائج إلى إمكانية استخدام مستخلص الجعدة كمحفز حيوي طبيعي وصديق للبيئة لتحسين نمو الباقلاء وزيادة خصوبة التربة وتقليل الاعتماد على الأسمدة الكيميائية ضمن برامج الزراعة المستدامة.

يوصى باستخدام المستخلص المائي لنبات الجعدة بتركيز 1.5% لما أظهره من تأثير إيجابي واضح في تحسين صفات العقد الجذرية وزيادة كفاءتها في نبات الباقلاء. كما يمكن اعتماد المستخلصات النباتية الطبيعية كبدائل مساعدة للأسمدة الكيميائية بهدف تقليل الأضرار البيئية وتحسين خصوبة التربة. ومن المهم إجراء تجارب حقلية أوسع للتأكد من كفاءة مستخلص الجعدة تحت الظروف الزراعية المختلفة ودراسة تأثيره في نمو النبات والحاصل النهائي. كذلك يُفضل دراسة تأثير المستخلص في نشاط بكتريا العقد الجذرية ومدى انعكاس ذلك على كفاءة تثبيت النتروجين حيوياً.

الشكر والتقدير:نتقدم بالشكر لرئاسة جامعة الموصل ولعمادة كلية العلوم لدعمها المتواصل لنا ولتسهيل كل العقبات التي واجهتنا لإنجاز هذا البحث.

المراجع

التريكي، فوزية الفيتوري و الصل، محمد محمد. (2023). التقدير الكمي للكربوهيدرات والبروتينات في بذور نباتي الفول *Vicia faba* والبازلاء *Pisum sativum*. المجلة الليبية لعلوم وتكنولوجيا البيئة (م ل ع ت ب)، 5(2)، A1-5.

Dakora, F. D., & Phillips, D. A. (2002). Root exudates as mediators of mineral acquisition in low-nutrient environments. *Plant and Soil*, 245, 35–47. DOI: 10.1023/A:1020809400075

Ferguson, B. J., Mens, C., Hastwell, A. H., Zhang, M., Su, H., & Jones, C. H. (2019). Legume nodulation: The host controls the party. *Plant, Cell & Environment*, 42(1), 41–51. https:// doi.org/10.1111/pce.13348.

Hungria, M., & Vargas, M. A. T. (2000). Environmental factors affecting N- fixation in grain legumes in the tropics. *Field Crops Research*, 65(2–3), 151–164. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(99)00084-2

Hussain, W. S. (2020). Effects of spraying aqueous extracts of some crop plants on growth of four types of weeds. *Plant Archives*, *20*(1), 1460-1464.

Hussain, W. S. (2021). Allelopathic Effects of Chickpea on Anatomical Traits of Wheat Varieties *Triticum aestivum* L. Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology, 22(17-18), 19-24. https://doi.org/10.54172/mjsc.v36i4.574

Hussain, W. S., Taher, N. A. H. A., & Mohammed, A. A. (2026). Allelopathic effects of aqueous extracts of *Cyperus papyrus* L on bacteria in root nodules of *Pisum sativum* L. Allelopathy Journal, 67(2), 137. allelo.j/2026-67-2-1571/10.26651

Han, M., Kasim, S., Yang, Z., Deng, X., Saidi, N., Uddin, M., & Shuib, E .(2024). Plant extracts as biostimulant agents: a promising strategy for managing environmental stress in sustainable agriculture. Phyton, 93(9): 2149.

Mrid, R. B., Benmrid, B., Hafsa, J., Boukcim, H., Sobeh, M., & Yasri, A .(2021).Secondary metabolites as biostimulant and bioprotectant agents:A review. Science of the Total Environment, 777, 146204.https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146204

Nakhforoosh, A., Hallin, E., Karunakaran, C., Korbas, M., Stobbs, J., & Kochian, L. (2024). Visualization and quantitative evaluation of functional structures of soybean root nodules via synchrotron x-ray imaging. Plant Phenomics, 6, 0203. https://doi. org/10.34133/plant phenomics.0203

Poveda, J., Eugui, D., & Velasco, P. (2020). Natural control of plant pathogens through glucosinolates: an effective strategy against fungi and oomycetes. Phytochemistry Reviews, 19(4), 1045-1059.

Roy, S., Liu, W., Nandety, R. S., Crook, A., Mysore, K. S., & Pislariu, C. I. (2020). Celebrating 20 years of genetic discoveries in legume nodulation and symbiotic nitrogen fixation. *The Plant Cell*, 32(1), 15–41. https://doi.org/10.1105/tpc.19.00279

Sadeghi, Z., Yang, J. L., Venditti, A., & Moridi Farimani, M. (2022). A review of the phytochemistry, ethnopharmacology and biological activities of Teucrium genus (Germander). Natural Product Research, 36(21), 5647-5664. .14786419.2021/10.1080/doi.org//5664https:-47 2022669

Stefanovic, O. . (2020). Teucrium species: Biology and applications. Journal of Cellular Physiology, 235(1), 70–88. doi: 10.3390/plants11010106

Al-Mukhtar Journal of Agricultural, Veterinary and Environmental Science 01 (4): 59-66, 2026
Doi: https://doi.org/10.54172/xsp11f28

Research Article **Open Access**

Effect of Salinity (NaCl) Levels on Seed Germination and Seedling Vigor Traits of Mung bean (*Vigna radiata* L.)

Fathiyah, A. Arhoumah [1*],Hebe,f.al-ikhwani[2]
[1, 2]Department of Plant Production Technology, Higher Institute of Agricultural Technologies, Derna, Libya

***Corresponding author:**, Fathiyah, A. Arhoumah E-mail addresses: efefe12@gmail.com Department of Plant Production Technology, Higher Institute of Agricultural Technologies, Derna, Libya
Hebe,f.al-ikhwani, E-mail addresses: hebafraj89@gmail.com Department of Plant Production Technology, Higher Institute of Agricultural Technologies, Derna, Libya
Received: 02.04.2026
Accepted: 30.04.2026
Publish online: 30.06.2026

Abstract: This study evaluated the effects of four salinity treatments (T1–T4) on mung bean (*Vigna radiata* L.) seed germination and seedling vigor under controlled laboratory conditions. A completely randomized design (CRD) with three replicates per treatment was used; 50 seeds were placed in each Petri dish and incubated on filter paper moistened with: T1 distilled water (control), T2 5 g L^{-1} NaCl, T3 10 g L^{-1} NaCl, and T4 15 g L^{-1} NaCl. Germination percentage, germination energy (72 h), germination ability (168 h), shoot and root lengths, total seedling length, and Seedling Vigor Index (SVI = seedling length × germination %) were assessed, with mean separation by LSD at 5% and 1%. Results showed a consistent decline with increasing salinity (T1 > T2 > T3 > T4). Final germination remained very high in T1–T3 (100–98%) with no significant differences, but dropped sharply in T4 (63.33%), indicating a threshold effect at high salinity. Seedling growth traits were the most sensitive indicators, showing drastic reductions even when germination stayed high (notably in T3). SVI provided the clearest overall discrimination among treatments, highlighting that germination percentage alone may overestimate establishment potential under salinity stress.
Keywords: Mung bean, seed germination, seedling vigor, SVI, salinity, sodium chloride, seedling growth.

تأثير مستويات الملوحة (NaCl) على إنبات البذور وصفات قوة البادرات في فول الماش(*Vigna radiata* L.)

فتحية عبدربه أرحومة ، قسم تقنيات الإنتاج النباتي،
المعهد العالي للتقنيات الزراعية، درنة، ليبيا.
هبة فرج الإخواني ، قسم تقنيات الإنتاج النباتي،
المعهد العالي للتقنيات الزراعية، درنة، ليبيا.

المستخلص: هدفت هذه الدراسة إلى تقييم تأثير أربع معاملات ملوحة (T1–T4) باستخدام كلوريد الصوديوم NaCl على إنبات بذور فول الماش (*Vigna radiata* L.) وقوة البادرات تحت ظروف معملية. نُفذت التجربة بتصميم عشوائي كامل (CRD) بثلاث مكررات لكل معاملة، حيث وُضعت 50 بذرة في أطباق بتري ورُطّبت أوراق الترشيح بمحاليل T1 :ماء مقطر (شاهد)، T2 5جم /لتر، T3 10 جم /لتر، T4 15 جم /لتر. قيست نسبة الإنبات، طاقة الإنبات بعد 72 ساعة، قابلية الإنبات بعد 168 ساعة، أطوال الجذير والرويشة والطول الكلي، ثم حساب دليل قوة البادرة (SVI) .
أظهرت النتائج نمطًا واضحًا تنازليًا مع زيادة الملوحة (T1 > T2 > T3 > T4) حافظت T1–T3 على إنبات مرتفع (100–98%) دون فروق معنوية كبيرة، بينما انخفض الإنبات بشدة في T4 (63.33%) بفروق معنوية عالية. كانت صفات نمو البادرات الأكثر حساسية للملوحة إذ تراجع الطول الكلي ودليل القوة بشكل كبير حتى عندما بقي الإنبات مرتفعًا خصوصًا في T3 تؤكد النتائج أن الاعتماد على نسبة الإنبات وحدها قد يبالغ في تقدير القدرة على التأسيس تحت الإجهاد الملحي.
كلمات مفتاحية : فول الماش، إنبات البذور، قوة البادرة، دليل القوة SVI ، الملوحة، كلوريد الصوديوم، نمو البادرات.

INTRODUCTION

Mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek), also known as Mung bean / Green gram / Golden gram, is a short-duration grain legume of increasing nutritional and economic importance, widely culti-

The Author (s) 2026. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License [http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/], which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, for non-commercial purposes only*, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

vated in tropical and subtropical regions. Legumes in general represent a key component of sustainable agricultural production systems because of their high nutritional value and their role in improving soil fertility through symbiotic biological nitrogen fixation with rhizobia, which contributes to reducing the relative dependence on nitrogen fertilizers and improving the physical and chemical properties of the soil. In this context, Mung bean has further agronomic importance because its short field duration makes it suitable for inclusion in crop rotations and crop intensification programs, allowing farmers to exploit "seasonal windows" between seasons or between two main crops, thereby achieving more efficient use of land, water, and inputs (Nair *et al* **.,** 2019).

Despite these agronomic advantages, the successful cultivation and stable integration of mung bean within farming systems depend greatly on the efficiency of germination and field establishment. Germination and seedling emergence constitute a critical stage that determines plant population and uniformity of growth in the field, which directly affects crop competitiveness and later yield potential. Accordingly, any disturbance in germination speed, uniformity, or early seedling vigor may lead to variability in plant age and physiological status, reduced stand density, and potential yield losses. Mung bean, like many legume crops, faces challenges related to its sensitivity to environmental stresses during early growth stages. These include unfavorable sowing conditions such as moisture deficit, temperature extremes, poor seedbed preparation, and particularly soil salinity, which is among the most widespread and influential abiotic stresses in arid and semi-arid environments. Salinity disrupts water uptake and ionic balance in plant tissues, which may rapidly result in reduced germination percentage, delayed germination, and greater variation in germination time, in addition to weakened root and shoot growth at the seedling stage. In severe cases, these effects can cause substantial yield losses. Recent literature emphasizes that sustainable mung bean production requires prioritizing improved adaptation to stresses especially salinity within research and development agendas to support food security and provide high-value plant protein sources (Rahat *et al.,* 2023). The importance of this approach is reinforced by studies indicating that a rapid and practical screening for salinity response can be conducted during germination and early seedling growth stages to distinguish among genotypes/treatments in terms of tolerance or sensitivity (Podder *et al*., 2020). Accordingly, the research problem centers on the need to evaluate the effects of treatments (T1–T4) on mung bean establishment using an integrated set of germination, early growth, and vigor indicators, in order to identify the most effective treatment physiologically and statistically.Accordingly, the research aims to evaluate the effects of (T1-T4) treatments on mung bean germination using an integrated set of germination, early growth and viability indicators, in order to identify the most physiologically effective treatment, in line with calls to develop more salt-tolerant strategies and practices in arid and semi-arid regions.

MATERIALS AND METHODS

Seed material and laboratory supplies: Mungbean (*Vigna radiata* L.) seeds were used for all tests. The experiment was carried out under controlled laboratory conditions using standard germination supplies including Petri dishes, filter paper, a ruler (or measuring tape) for seedling-length measurements, a sensitive balance for dry-weight determination, distilled water, sodium chloride (NaCl) for preparing salinity treatments, and a 5% sodium hypochlorite (NaOCl) solution for surface sterilization.

Seed pre-treatment and surface sterilization: Prior to sowing, seeds were soaked in distilled water for 24 h to ensure uniform hydration. After soaking, seeds were surface-sterilized by immersion in 5% sodium hypochlorite for 2 min, then thoroughly rinsed several times with distilled water to

remove residual disinfectant. Sterilized seeds were then transferred aseptically to Petri dishes lined with filter paper for germination assessment.

Preparation of salinity treatments: Four irrigation (moistening) treatments representing different salinity levels were prepared using NaCl solutions:T1: distilled water (control) / T2: 5 g L^{-1} / T3: 10 g L^{-1} /T4: 15 g L^{-1} Filter papers in each Petri dish were moistened with the corresponding solution for each treatment. During incubation, moisture was maintained by adding the assigned solution whenever necessary to prevent desiccation and to ensure consistent exposure of seeds to the intended salinity level.

Experimental setup and design: For each replicate, 50 seeds were placed evenly in a Petri dish (100mm x15mm). The experiment was arranged in a completely randomized design (CRD) with three replicates per treatment. Petri dishes were monitored throughout the test period, and germination and seedling growth were evaluated according to the defined observation times and traits described below.

Measured traits and calculations: Germination percentage (%) was determined using the formula: **Germination (%) =** (number of germinated seeds / total number of seeds) × 100 (Copeland& McDonald 2001). Germination energy was assessed as the percentage of seeds germinated after 72 h, while germination capacity (ability) was determined as the percentage of seeds germinated after 168 h (Bam *et al.,* 2006). Seedling growth parameters were measured at the final observation (14 days), including Shoot length/cm , Root length /cm, and total seedling length/cm, where total seedling length was calculated as Shoot length + Root length. For dry-weight determination, after recording shoot and root lengths at 14 days, seedlings from each Petri dish were oven-dried at 60°C until a constant weight was achieved, and then weighed using a sensitive balance. Seedling Vigor Index (SVI) was calculated according to:
SVI = (mean shoot length + mean root length) × germination (%) (Abdul-Baki & Anderson, 1973; Sagar *et al.,* 2019).

Statistical analysis: Data were subjected to analysis of variance (ANOVA) appropriate for a completely randomized design. Treatment means were compared using the least significant difference (LSD) test at 5% and 1% probability levels, based on the same error degrees of freedom and residual mean square obtained from the ANOVA.

Results and Discussion

The treatment means (Table 1) demonstrate a strong and coherent treatment effect on germination, early seedling growth, and integrated vigor. Across almost all traits, a consistent ranking is observed (T1 > T2 > T3 > T4), indicating a progressive reduction in the physiological capacity of seeds to germinate efficiently and establish vigorous seedlings as treatment severity increased. This general interpretation is consistent with the seed-science view that seed vigor is a complex trait governing rapid, uniform, and robust seedling establishment, particularly under suboptimal environments (Finch-Savage, & Bassel, 2016). A key feature of the dataset is that treatment effects were expressed more strongly in post-germination growth traits (shoot/root elongation and vigor index) than in final germination percentage under mild to moderate conditions. Such a pattern is frequently emphasized in the literature: seeds may retain high “maximum” germination under near-ideal conditions, while vigor-related outcomes (rate, uniformity, and seedling robustness) decline substantially, thereby lowering establishment potential (Finch-Savage, & Bassel, 2016).

Final germination percentage: stability under T1–T3 and a significant collapse under T4 Final germination remained (Table 1) very high in the first three treatments (T1 = 100%, T2 = 100%, T3 = 98%). Statistically, T1/T2 and T3 do not differ significantly because the largest difference (2%) is below LSD (5%) = 6.611. In contrast, T4 (63.33%) was sharply reduced, and the difference between T4 and the other treatments (e.g., 36.67 percentage points relative to 100%) far exceeds LSD (1%) = 9.62, confirming a highly significant reduction in germination success. Biologically, this indicates that while most seeds could still complete germination in T1–T3, T4 impaired completion of germination for a substantial fraction of seeds. This type of response is commonly reported for mungbean exposed to increasing NaCl levels: moderate salinity may reduce performance slightly or inconsistently, whereas higher levels typically cause a marked decline in germination percentage (Gothwal & Kumawat, 2020; Podder *et al.*, 2020). Mechanistically, severe salinity can reduce germination through (i) osmotic effects that limit water uptake and delay imbibition and (ii) ionic toxicity that disrupts metabolism and membrane integrity, often accompanied by oxidative stress. These processes are widely discussed in salt-stress studies on mung bean during germination and early seedling stages (Islam *et al.*, 2025).

Early germination dynamics: Germination Energy (GE) and Germination Ability (GA): Although final germination did not significantly separate T1–T3, the early germination indices help clarify whether treatments altered the speed/early completion of germination.GE values were clustered among T1 (50.00), T2 (48.67), and T3 (48.00). The largest difference among these (2.00) is below LSD (5%) = 2.431, indicating no significant differences in GE among T1–T3. However, T4 (21.33) was dramatically reduced; differences between T4 and T1–T3 (e.g., 28.67 compared with T1) exceed LSD (1%) = 3.537, confirming a highly significant decline in early germination vigor.
GA showed a similar structure: T1 (50.00), T2 (50.00), and T3 (49.00) are statistically comparable (differences far below LSD (5%) = 3.306), while T4 (31.67) is significantly lower than the others (e.g., 18.33 compared with T1 > LSD (1%) = 4.81). Together, GE and GA show that mild–moderate conditions did not measurably reduce early germination performance relative to LSD thresholds, but the most severe condition strongly reduced both early vigor and final capacity. Using fixed-time measures for early germination (e.g., 72 h and 168 h) is consistent with published approaches for describing early germination dynamics in seed quality/vigor studies (Podder *et al.*, 2020). From an applied perspective, this separation is important: even when final germination remains high (as in T3), early germination dynamics can still be compromised under stress, affecting uniformity and establishment. The literature on seed vigor and establishment emphasizes that vigor-related traits better reflect performance across a wider range of environments than germination percentage alone (Finch-Savage, & Bassel, 2016).

Seedling growth traits: the strongest and most sensitive treatment discriminato seedling growth traits showed very strong treatment sensitivity, strongly differentiating treatments even when germination remained high. Total seedling length (Table 1) fell sharply from 27.650 cm (T1) to 6.917 cm (T2) to 1.248 cm (T3) to 0.350 cm (T4). Differences between T1 and the remaining treatments are far larger than LSD (1%) = 1.882, confirming highly significant reductions in elongation as treatment severity increased. Differences between T2 and T3/T4 also exceed LSD (1%), demonstrating that growth impairment is substantial even when germination is still high. Notably, T3 vs T4 for total seedling length (difference = 0.898) was not significant because it is below LSD (5%) = 1.294, meaning that both treatments produced similarly restricted total elongation despite different germination percentages. This is consistent with the broader conclusion that post-germination growth can be more strongly constrained than germination completion, particularly under salt stress. Mung bean salinity studies commonly report reductions in seedling length and vigor index with increasing NaCl concentration (Gothwal & Kumawat, 2020; Podder *et al.*, 2020). Root length

decreased from 6.450 cm (T1) to 4.300 cm (T2) and then collapsed to 0.317 cm (T3) and 0.283 cm (T4). T1 significantly exceeded T2 (difference = 2.150 > LSD(1%) = 1.441) and greatly exceeded T3/T4. Meanwhile, T3 and T4 were statistically indistinguishable (difference = 0.034 < LSD(5%) = 0.99), implying near-complete inhibition of root elongation in both treatments. Roots are often reported to be highly sensitive to salinity because they directly contact the saline medium, and reductions in root length under increasing NaCl are repeatedly documented in mungbean screening studies (Kamrul *et al.,* 2018;Benlioğlu & Özkan 2020;Gothwal & Kumawat, 2020). Shoot length (Table 1) showed extremely large contrasts: 20.100 cm (T1), 2.617 cm (T2), 0.955 cm (T3), and 0.067 cm (T4). T1 exceeded all other treatments by differences far beyond LSD (1%) = 1.775, indicating a highly significant treatment effect on shoot growth. The T2 vs T3 contrast (difference = 1.662) exceeded LSD(5%) = 1.22 but not LSD(1%), indicating significance at 5% but not at 1%.This pattern aligns with published evidence that salinity suppresses shoot elongation and biomass accumulation in mungbean seedlings, often in a dose-dependent manner (Gothwal & Kumawat, 2020; Podder *et al.,* 2020).

Seedling vigor index (SVI / seedling index): the most integrative indicator: The seedling index (vigor index) provided the clearest overall separation among treatments because it integrates germination with seedling growth into a single measure. The use of vigor indices has a strong basis in seed science, with vigor evaluation and the use of multiple criteria highlighted in classical work **(Bam *et al.*, 2006).** Moreover, seed-testing guidance explicitly states that SVI is calculated by multiplying germination (%) by seedling length and cites Abdul-Baki & Anderson (1973) as a foundational reference (Government of India 2008)Mungbean salinity studies also commonly compute SVI as (mean shoot length + mean root length) × germination percentage, as cited in published work (Podder *et al.,* 2020). In the present results, seedling index declined from 2655.00 (T1) to 691.67 (T2) to 124.59 (T3) to 22.27 (T4). Most contrasts exceeded LSD(1%) = 108.554, confirming highly significant treatment effects on integrated vigor. The T3 vs T4 contrast (102.32) was significant at 5% (> 74.604) but not at 1% (< 108.554). The key applied interpretation is that T3 maintained very high germination (98%) yet had a very low vigor index, because seedling growth was severely inhibited. This supports a central seed biology principle: final germination percentage can overestimate establishment potential, whereas vigor metrics better capture the ability to produce robust seedlings across stressful or variable environments (Finch-Savage, & Bassel, 2016).

Linking the statistical pattern to salt-stress biology: The combined statistical outcomes indicate two distinct "impact layers" of treatment severity: Mild–moderate conditions (T1–T3): final germination remained high, and GE/GA did not separate strongly, but seedling growth declined drastically, especially in T3. This suggests that post-germination processes (cell expansion, tissue differentiation, and sustained growth) were more sensitive than the initial completion of germination under those conditions. Severe condition (T4): both germination completion and seedling growth collapsed, indicating that salinity reached a threshold where seeds could neither germinate efficiently nor sustain early growth.Mungbean salt-stress papers describe similar trends and discuss the role of osmotic restriction, ion toxicity, and associated physiological disturbances during germination and early seedling development (Promila & Kumar 2000; Islam *et al.,* 2025 ;Viswanathan & Narayanan 2025).

Table:(1). Treatment Means and LSD-Based Interpretation of Germination and Seedling Vigor Traits

Treatment	Germination (%)	Germination Energy	Germination Ability	Seedling Length (cm)	Root Length (cm)	Shoot Length (cm)	Seedling Index

T1	100.00	50.00	50.00	27.650	6.450	20.100	2655.00
T2	100.00	48.67	50.00	6.917	4.300	2.617	691.67
T3	98.00	48.00	49.00	1.248	0.317	0.955	124.59
T4	63.33	21.33	31.67	0.350	0.283	0.067	22.27
LSD (5%)	6.611	2.431	3.306	1.294	0.99	1.22	74.604
LSD (1%)	9.62	3.537	4.81	1.882	1.441	1.775	108.554

Note: LSD (1%) was calculated using the same error d. f. (= 8), number of replicates (= 3), and residual mean square from the ANOVA output.

Conclusions: From a germination perspective, the results indicate that treatment 1 (T1) was the most suitable, achieving the highest growth rates and viability index. Treatment 2 (T2) maintained complete germination but exhibited a significant decrease in growth and viability compared to treatment 1 (T1), suggesting that even mild stress can impair germination potential. Treatment 3 (T3) maintained near-complete germination but produced very weak seedlings, indicating a high risk of poor germination despite a high germination rate. Treatment 4 (T4) caused the most damage, significantly reducing germination and leading to a collapse in seedling viability.This arrangement is consistent with studies examining the effects salinity of mung beans, which indicate progressive decreases in germination, particularly in seedling growth and viability index, with increasing sodium chloride levels (Gothwal & Kumawat, 2020; Podder *et al*., 2020).

Recommendations for future work: Because this study was conducted under controlled laboratory conditions, extrapolation to field performance should be made cautiously; field environments introduce additional factors (soil structure, fluctuating temperature, microbial activity, and heterogeneous salinity). Several mungbean salinity studies explicitly recommend field validation to confirm laboratory findings (Podder *et al.*, 2020). Future work could (i) quantify emergence and early biomass in soil-based assays, (ii) include physiological/biochemical markers (e.g., ion balance, membrane stability, oxidative stress markers), and (iii) test genotypic variation in response to the same salinity treatments, as done in recent mungbean salt-tolerance studies(Islam *et al.*, 2025).

ACKNOWLEDGEMENT: We thank our colleagues for their assistance in the laboratory. Thanks to all the technicians for preparing the samples.

REFERENCES

Abdul-Baki, A. A., & Anderson, J. D. (1973). Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. Crop Science, 13 (6), 630–633. https://doi.org/10.2135/cropsci1973_0011183X001300060013X

Bam, R. K., Kumaga, F. K., Ofori, K., & Asiedu, E. A. (2006). Germination, vigour and dehydrogenase activity of naturally aged rice (Oryza sativa L.) seeds soaked in potassium and phosphorus salts. Asian Journal of Plant Sciences, 5(6), 948–955. https://doi.org/10.3923/ajps.2006.948.955

Benlioğlu, B., & Özkan, U. (2020). Germination and early growth performances of mung bean (Vigna radiata (L.) Wilczek) genotypes under salinity stress. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 17 (3), 318–328. https://doi.org/10.33462/jotaf.677216

Copeland, L. O., & McDonald, M. B. (2001). Principles of Seed Science and Technology (4th ed.). Springer, New York.

Finch-Savage, W. E., & Bassel, G. W. (2016). Seed vigour and crop establishment: Extending performance beyond adaptation. Journal of Experimental Botany, 67(3), 567–591.https://doi.org/10.1093/jxb/erv490

Gothwal, D. K., & Kumawat, C. K. (2020). Effect of salinity on germination and seedling growth in mungbean (Vigna radiata L. Wilczek) genotypes. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 9 (4), 1737–1741. https://doi.org/10.3329/baj.v26i2.76333

Government of India, Ministry of Agriculture & Farmers Welfare. (2008). Seed vigour testing (Chapter 15) [PDF]. SeedNet India Portal.

International Seed Testing Association. (2025). International rules for seed testing (Official standards and methods). International Seed Testing Association.

Islam, M. H., Murmu, M., Mondal, M. S. A., Samai, I., Roy, S., Das, A., & Pal, A. K. (2025). Morpho-physiological and biochemical insights of salt tolerance during germination and early seedling growth in mungbean. Vegetos. https://doi.org/10.1007/s42535-025-01383-y

Kamrul, H. M., Islam, M. S., Islam, M. R., Ismaan, H. N., & El Sabagh, A. (2018). Germination and early seedling growth of mungbean (Vigna radiata L.) as influenced by salinity. Azarian Journal of Agriculture, 5 (2), 49–59.

Podder, S., Ray, J., Das, D., & Sarker, B. C. (2020). Effect of salinity (NaCl) on germination and seedling growth of mungbean (Vigna radiata L.). Journal of Bioscience and Agriculture Research, 24(2), 2012–2019. https://doi.org/10.18801/jbar.240220.246

Promila, K., & Kumar, S. (2000). Vigna radiata seed germination under salinity. Biologia Plantarum, 43, 423–426. https://doi.org/10.1023/A:1026719100256

Rahat, Q. U. A., Hameed, M., Fatima, S., Ahmad, M. S. A., Ashraf, M., Ahmad, F., Khalil, S., Munir, M., Shah, S. M. R., Ahmad, I., & Younis, A. (2023). Structural determinants of phytoremediation capacity in saltmarsh halophyte *Diplachne fusca* (L.) P. Beauv. ex Roem. & Schult. subsp. *fusca*. *International Journal of Phytoremediation, 25*(5), 630–645. https://doi.org/10.1080/15226514.2022.2134381.

Nair ,N. ,Ramakrishnan,M , Schafleitner, R., Philipyan, J. D., Mabaya, E. I., Mvuna, J. M., Karunaratne, V. J., & Easdown, W. L. (2019). Biofortification of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek): Retrospect and prospects. Frontiers in Plant Science, 10, 1263. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01263

Sagar, A., Tajkia, J. E., Haque, M. E., Fakir, M. S. A., & Hossain, A. K. M. Z. (2019). Screening of sorghum genotypes for salt-tolerance based on seed germination and seedling stage. Fundamental and Applied Agriculture, 4(1), 735–743. https://doi.org/10.5455/faa.18483

Viswanathan, V., & Narayanan, J. M. (2025). Calcium chloride seed priming alleviates NaCl toxicity in Vigna radiata by modulating sucrose metabolism and altering nutrient levels. Journal of Crop Science and Biotechnology. Advance online publication. https://doi.org/10.1007/s12892-025-00324-0

Al-Mukhtar Journal of Agricultural, Veterinary and Environmental Science 04 (1): 67-77, 2026
Doi: https://doi.org/10.54172/dgp0sx44

Research Article **Open Access**

كفاءة استخدام المياه في انظمة الزراعة بدون تربة (دراسة مقارنة للاحتياجات المائية لمحاصيل الطماطم والفلفل مقابل الزراعة التقليدية).

هبه الناجي علي ثابت1*،اسماء اربح سعيد ادم2

الباحث الاول[1]*: قسم الهندسة الزراعية، ا كلية الزراعة، البيضاء، ليبيا
الباحث الثاني2*: قسم النبات ، كلية العلوم، القبة، ليبيا

المستخلص: هدفت هذه الدراسة إلى إجراء مقارنة تحليلية بين نظام الزراعة المائية **(Hydroponics)** والزراعة التقليدية في التربة من حيث كفاءة استهلاك المياه ومؤشرات النمو الخضري لمحصولي الطماطم والفلفل. تم حساب الاحتياجات المائية في التربة بإستخدام معادلة مونتيث اعتماداً علي نموذج**(Omu-ET)**، بينما اعتمدت حسابات النظام المائي علي السحب الفعلي للمحلول المغذي. أظهر النتائج تفوقاً معنوياً**(P=0.005)**لنظام الزراعة المائية في خفض الإستهلاك المائي بنسبة تجاوزت 75%،مع تحسن ملحوظ في تراكم الكتلة الحيوية للمحاصيل.

الكلمات المفتاحية :الزراعة المائية، التنمية المستدامة،العناصرالغذائية،الماء الموارد الطبيعية، الاحتياجات المائية، بنمان–مونتيث.

***Corresponding author:**
Heba Al-Naji Ali
heba.thabet@omu.edu.ly

Department of Agricultural engineering, Faculty of Agriculture, Omer Al-Muhktar University, Al Bayada, Libya
Asma R.S. Adam
asmaarabeh1982@gmail.com
Department of Botany, Faculty of Science, Al Qubbah, Libya

Received: 4.05.2026
Accepted: 11.05.2026
Publish online: 30.06.2026

Water Use Efficiency in Soilless Culture Systems: A Comparative Study of Water Requirements for Tomato and Pepper Crops Versus Traditional Agriculture Cultivation

Abstract: This study aimed to conduct a comparative analysis between hydroponic systems and traditional soil cultivation in terms of water-use efficiency and vegetative growth parameters for tomato and pepper crops. Water requirements under soil cultivation were estimated using the Penman–Monteith (FAO-56) equation based on the Omu-ET model, whereas water requirements in hydroponic system were calculated based on the actual uptake of the nutrient solution. The results demonstrated a statistically significant superiority (P = 0.005) of the hydroponic system in reducing water consumption by more than 75%, along with a marked improvement in biomass accumulation of the crops.

Keywords: Hydroponics, Sustainable Development, Nutrients, Natural Resources, Water Requirements, Penman–Monteith

المقدمة

تواجه النظم الزراعية التقليدية تحديات جوهرية تعيق قدرته علي تحقيق الأمن الغذائي المستدام ،وتتجلي هذه العقبات في حدة التغيرات المناخية ،وتدهور الخصائص الحيوية للتربة و ارتفاع معدلات تلوثه ،فضل عن تفاقم ازمة شح الموارد المائية. و

The Author(s) 2026. This article is distributed under the terms of the *Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License* (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, *for non-commercial purposes only*, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

تتزامن هذه الظروف مع تصاعد مستمر في الطلب علي الغذاء نتيجة للنمو السكاني المتسارع (Mittal *et al*., 2020) وفي ظل اعتبار الأمن الغذائي احد ابرز الرهانات الأستراتيجية في الألفية الجديدة ،تبرز حاجة ماسة لتبني تقنيات زراعية ابتكارية وحلول تقنية متطورة قادرة علي سد الفجوة الغذائية وتلبية الأحتياجات المتزايدة للبشرية (Sambo *et al*., 2019). تعد قضية الأمن الغذائي من الأولويات الرئيسة المدرجة علي جدول اعمال السياسات العلمية ، في ظل التزايد السكاني المتسارع والمستمر وما يترتب علية من ارتفاع في الطلب علي الغذاء.وتشير التقديرت الي ان عدد سكان العالم قد يقترب من تسعة مليارات نسمة بحلول عام2050، الأمر الذي يستلزم زيادة انتاج الغذاء باكثر من 50%لتلبية الأحتياجات المتنامية(Mittal et al., 2020). كما تقدر الحاجة الي اضافة نحو 120 مليون هكتار من الأراضي الزراعية بحلول عام 2030 لرفع انتاجية المحاصيل و مواكبة الطلب المتزيد (Ilango, 2017)، غير ان التحدي الرئيسي يتمثل في محدودية الأراضي الصالحة للزراعة ، ممايفرض ضغوطا متزايدة علي الموارد الطبيعية ويستدعي البحث عن حلول مستدامة لتعزيز الإنتاجية الزراعية دون التوسع الأفقي في المساحات المزروعة.

وفي ظل هذه الضغوط وما يرا فقها من تغيرات مناخية وتدهور في خصائص التربة ونقص حاد في الموارد المائية، تبرز تكنولوجيا الزراعة بدون تربة(Soilless Culture) كمدخل استراتيجي لتحقيق الكفاءة الإنتاجية العالية والإستخدام الأمثل للموارد . تكتسب هذه التقنية ميزة تنافسية وتفضيلية ،لاسيما في المناطق التي تعاني من تدهور بيئي حاد،حيث تمثل استجابة نموذجية نحو تبني ممارسات زراعية صديقة للبيئة (Benke & Tomkins, 2017) ، وبذلك تعد الزراعة بدون تربة اداة واعدة ومحورية لسد الفجوة الغذائية ومواجهة التحديات التي تحيط بالأمن الغذائي العالمي في الألفية الجديدة(Sambo *et al*., 2019).

وقد أظهرت نتائج الدراسات والتجارب العلمية تفوقاً ملحوظاً للزراعة المائية من حيث كفاءة استخدام المياه وسرعة النمو وجودة المحصول ،خاصة في البيئة التي تعاني من شح الموارد الطبيعية(AlShrouf, 2017; Putra & Yuliando, 2015; Treftz & Omaye, 2016). كما تُسهم هذه التقنية في استغلال الأراضي الغير الصالحه للزراعة ،مثل المناطق الصحراوية ، إلي مساحات منتجة ،مما يعزز مفهوم الزراعة العمودية والزراعة الحضرية المستدامة(Sardare & Admane, 2013; Sharma et al., 2018).

بلإضافة إلي نتائج هذه التجارب والدراسات التي أظهرت تفوق هذه الطريقة في كثير من النواحي فهي تعطي إنتاجاً وفيراً وتساعد على توفير كمية كبيرة من مياه الري مابين70- 90%من المياه المستهلكة في الزراعة العادية بالإضافة إلى الاستغناء عن العمليات المختلفة التي تطلبها الزراعة العادية مثل عمليات تحضير التربة وإضافة الأسمدة العضوية والدورة الزراعية كما أنها تساعد على استغلال الأراضي غير الصالحة للزراعة وتوفير الكلفة في الأيدي العاملة بالإضافة إلى إنتاج المحاصيل في غير مواسمها .

المواد وطرق البحث

موقع التجربة

أجريت التجربة في بيئة مخبرية بكلية الزراعة جامعة عمر المختار/البيضاء، بإستخدام نظام مغلق لتقنية التدفق العميق، (DFT) قيس استهلاك الماء في نظام (Deep Flow Technique - DFT) مباشرة علي مستوي النبات (لتر /نبات/موسم) .قُدرت احتياجات التربة من الماء بإستخدام معادلة(بنمان-مونتيث56-FAO) مع قيم معامل المحصول(Kc) .

$$ET0 = [0.408 * \Delta * (Rn - G) + \gamma * (900 / (T + 273)) * u2 * (es - ea)] / [\Delta + \gamma * (1 + 0.34 * u2)]$$

حيث أن:-

- ET_0 التبخر–نتح المرجعي مم/يوم
- Δ ميل منحنى ضغط البخار المشبع كيلوباسكال/درجة مئوية
- R_n الإشعاع الصافي السطحي ميجاجول/م²/يوم
- G كثافة تدفق حرارة التربة ميجاجول/م²/يوم
- γ الثابت السيكرومتري كيلوباسكال/درجة مئوية

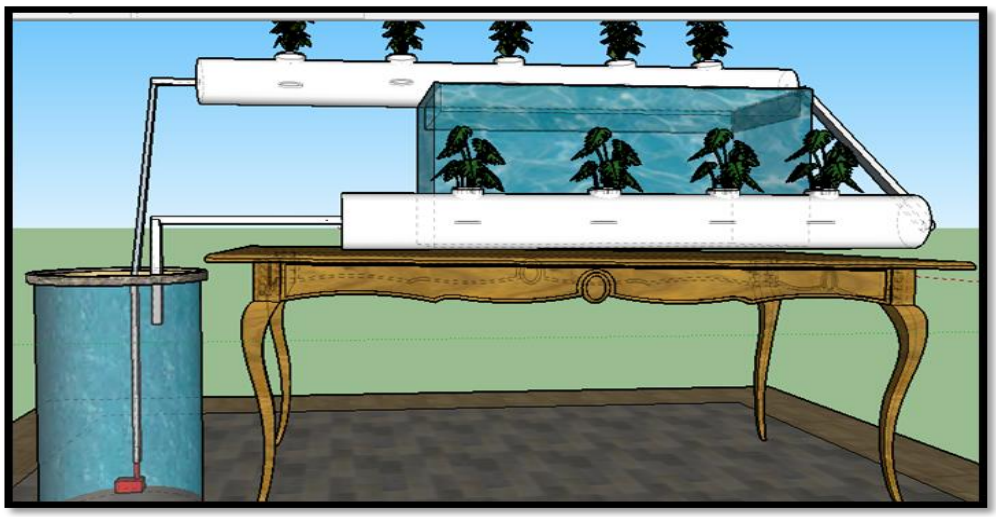
- **T** متوسط درجة حرارة الهواء درجة مئوية
- **u_2** سرعة الرياح على ارتفاع 2 مترم/ث
- **e_s** ضغط بخار التشبع كيلوباسكال
- **e_a** ضغط البخار الفعلي كيلوباسكال
- **Kc** معامل المحصول (حسب مراحل النمو)

التصميم التجريبي

اتبعت التجربة تصميماً عشوائياً كاملاً (Completely Randomized Design-CRD) بعاملين هما:

1. نظام الزراعة :مستويان نظام مائي(DFT)، ونظم تربة تقليدي.
2. نوع لمحصول:مستوين(طماطم،فلفل).

تم توزيع المعاملات بـ ثلاث مكررات (Replicates) لكل منها،ليصبح إجمالي الوحدات التجريبية 12 وحده(2نظام،2محصول،3مكررات). احتوت كل وحدة تجريبية علي 5نباتات،ليصبح إجمالي لنباتات 60نباتاً.



شكل (1) يوضح منظومة التغذية للمحاصيل.

المحلول المغذي والرقابة التقنية

تم تحضير المحلول المغذي المستخدم في التجربة وفقاً لصيغة هوغلاند و أرنون (Hoagland and Arnon,1950)المعدلة، وهي التركيبة المعيارية لضمان الإمداد المتوازن بالعناصر الغذائية الكبري و الصغري في الأنظمة المائية. جرت مراقبه تركيز الأملاح (EC)ودرجة الحموضة (PH)دورياً لضمان بقاء العناصر في صورة أيونية ميسرة للإمتصاص الجذري،مع ضبط المحلول عند المستويات المثلي لنبات الطماطم و الفلفل.

جدول(1) كيفية تحضير المحلول المغذي في هذه التجربة.

المحلول الأم	سعة الماء/لتر	العناصر	الكمية
A	3.424	نترات الكالسيوم	1250g
		الحديد	3.42g
B	6	سلفات الماغنسيوم	240g
	6	NPK	1995g
		نيتروجين	
		فسفور	
		بوتاسيوم	
C	10	حامض النيتريك	1L

خصائص الماء المستخدم فالري

جدول (2) يوضح بعض الخواص الكيميائية والفزيائية لمياه الري.

الاختبار	مياه الري(مغذية)	خواص التربة الكيميائية
P^H	6	7.04
EC	0.74ds/m	8.18ds/m
Temp	$27C^0$	$26C^0$
Turbidtty	0.80mg/l	4.33mg/l
T.D.S	626mg/l	407mg/l
Na	2.72mg/l	5.4mg/l
Ca	1.6mg/l	2.4mg/l
Mg	0.4mg/l	1.5mg/l
K	0.7mg/l	0.3mg/l
Cl	2 mg/l	3.5mg/l
So4	2.4 mg/l	2.8mg/l
Co3	0mg/l	2.2mg/l

حساب الاستهلاك المائي للنباتات

تقدير الاحتياجات المائية

- **في التربة:** حُسبت الاحتياجات بإستخدام معادلة بنمان-مونتيث ومنهجية معامل المحصول المنفرد (K-c)عبر نموذج(Omu-ETmodel.1.0.0) وبناءً علي بيانات وكالة ناسا المناخية (POWER). https://power.larc.nasa.gov/.
- **في الزراعة المائية:** في نظام الزراعة المائية(DFT) تم قياس الاستهلاك المائي بطريقة الموازنة الحجمية، حيث تم:
  - تسجيل كمية المياه المبدئية في الخزان عند بداية التجربة.
  - تعويض الماء المفقود يومياً نتيجة لإمتصاص النباتات و التبخر السطحي ،حتي الوصول الي العلامة الثابتة في الخزن.
  - تسجيل كمية الماء المعوضة يومياً بإستخدام عداد المياه الحجمي.
  - حساب الإستهلاك الكلي للموسم (لتر/نبات/موسم) بقسمة إجمالي الماء المعوض علي عدد النباتات.
  - تم افتراض كثافة نباتية مقدارها 100000 نبات/هكتار للطماطم ،و 15000نبات/هكتار للفلفل لتحويل الإستهلاك الي م3/هكتار

قياس النمو الخضري

تم أخذ العينات عشوائيا من النباتات لقياس:

الوزن الرطب:بوزن المجموع الخضري بإستخدام ميزان حساس بدقة(0.01)جم.

الوزن الجاف:بعد تجفيف العينات في فرن هوائي ساخن علي درجة حرارة 70م^0 لمدة 48 ساعة ،تم اخذ قياس الوزن الجاف للنباتات.

نسبة لرطوبة :حسبت بالمعادلة (الوزن الرطب - الوزن الجاف)/ الوزن الرطب *100.

طول الجذور:قيس طول الجذوربإستخدام مسطرة مدرجة.

حساب الإنتاجية المائية (Water Productivity)

حسبت الإنتاجية المائية (WP)وفقاً للمعادلة:

$$WP=DW/WU$$

WP=الإنتاجية المائية(جم/لتر)

DW= الوزن الجاف(جم)

WU= كمية المياه المستهلكة(لتر/نبات)

التحليل الإحصائي

تـم تحليـل البيانـات الإحصـائي بإسـتخدام برنـامج (SPSS)الإصـدار 26 .تـم إسـتخدام اختبـار (T-Test)لعينتـين مستقلتين (Independent Samples T-Test) لمقارنة متوسطات النظامين عند مستوي دلالة إحصائية (α = 0.05).

يوضح جدول (3) البيانات المناخية اللازمة لحساب البخر نتح المرجعي.

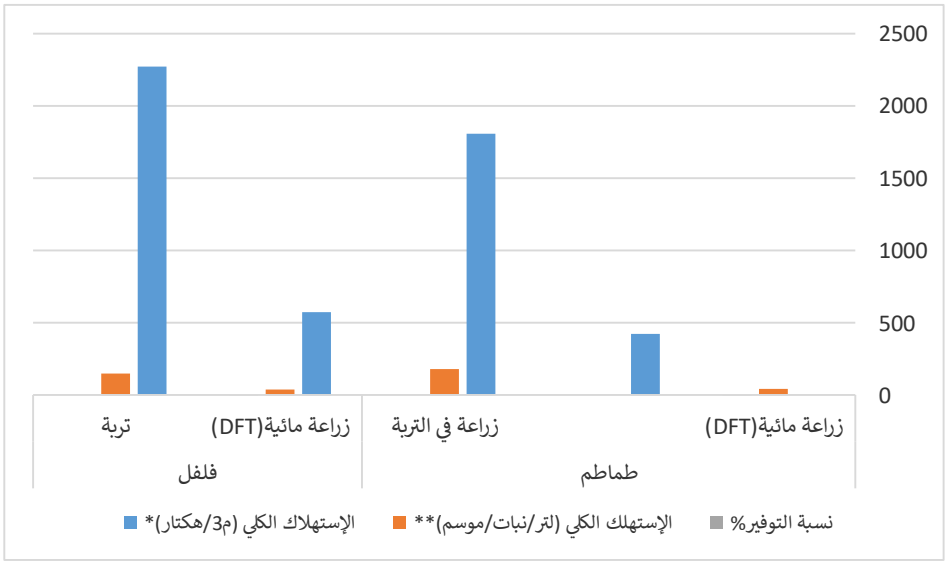
الشهر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
متوسط درجة الحرارة الصغرى (م0)	3.51	5.98	5.9	5.9	12	15	19.03	20	17	14	12	5.2
متوسط درجة الحرارة العظمى (م0)	21.4	18.75	25	33	36	38	39.2	40	36	31	29	18
متوسط الرطوبة النسبية (%)	81.1	80.62	75	63	55	56	61.06	60	62	66	68	79
متوسط سرعة الرياح على ارتفاع 2 م	4.09	3.32	3.5	3.9	3	3.3	3.94	3.9	3.5	3	3.2	4.4
متوسط الاشعاع قصير الموجة	11.7	16.05	20	25	29	29	28.87	27	23	17	13	9.9
البخر نتح المرجعي (مم/يوم)	2.36	2.3	3.8	6.8	7.5	8.3	8.6	8.5	6.8	4.6	3.7	2

النتائج والمناقشة

أظهرت نتائج المقارنة في جدول (4)عن قدرة النظام المائي (DFT) علي توفير المياه، مقارنة بالإحتياجات النظريه المقدرة لنظام الزراعة في التربة بإستخدام نموذج FAO-56. ويُعزي هذا الفرق إلي غياب فقد إنتاجي مثل: الرشح العميق، البخر السطحي، والفواقد المرتبطة بعدم تجانس التربة. وأكد اختبار T-Testوجود فروق عالية المعنوية(α = 0.05)بين النظامين.

جدول (4) تحليل مقارنة للاستهلاك المائي وكفاءة التوفير

المحصول	نظام الزراعة	الإستهلاك الكلي (م³/هكتار)*	الإستهلاك الكلي (لتر/نبات/موسم)**	نسبة التوفير%
طماطم	زراعة مائية(DFT)	425	42.5	%76.5
	زراعة في التربة	1810	181	
فلفل	زراعة مائية(DFT)	573	38.2	%74.8
	تربة	2274	151.6	



شكل (2) يوضح مقارنة للاستهلاك المائي(لتر/نبات) وكفاءة التوفير.

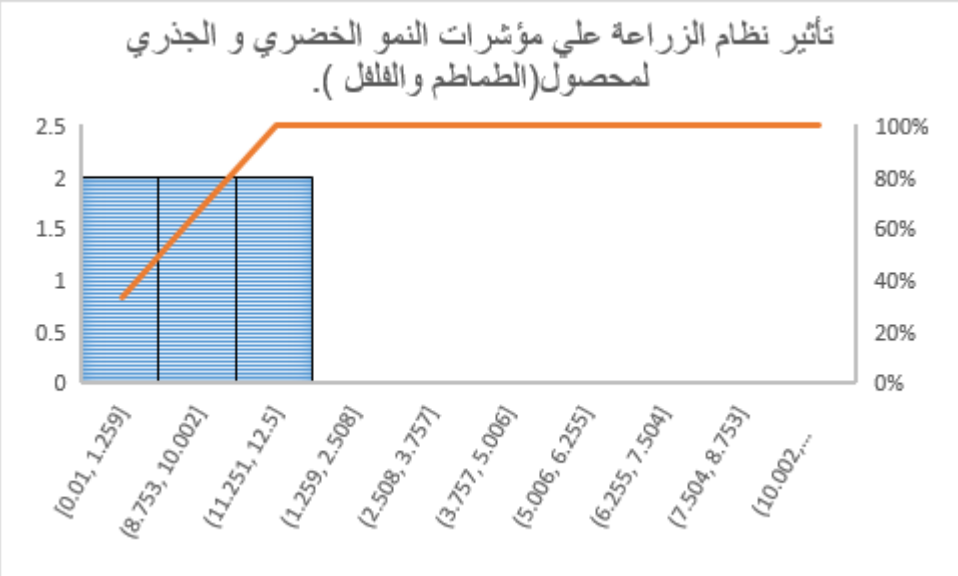
القيم تمثل متوسط ثلاث مكررات تم لتحويل بإفترض كثافة نباتية مقدارها 100000** نبات/هكتار للطماطم ،و 15000نبات/هكتار للفلفل، لتحويل قيم الإستهلاك الي م3/هكتار تختلف بإختلاف الكثافة النباتية***.

- **تحليل مؤشرات النمو الخضري و الجذري**

أظهرت النتائج تباين واضحاً لنظام الزراعة المائية في تحفيز الكتلة الحيوية. يعزي هذا التباين الي توفر العناصر الغذائية في صورة أيونية ميسرة مباشرة في المحلول، ممايقلل الجهد الطاقة المبذول في امتصاص المغذيات ويحوله نحو البناء الخضري.

جدول(5) تأثير نظام الزراعة علي مؤشرات النمو الخضري و الجذري لمحصول(الطماطم والفلفل)

المحصول	نظام الزراعة	الوزن الرطب (جم)	الوزن الجاف(جم)	نسبة الرطوبة	طول لجذور(سم)
طماطم	زراعة مائية(DFT)	4.51	0.375	91.8	12.5
	زراعة في التربة	2.49	0.197	92.08	12.00
	نسبة الزيادة	%81.1	%90.3	-	%4.2
فلفل	زراعة مائية(DFT)	8.53	1.073	87.42	9.93
	تربة	3.51	0.515	85.32	9.83
	نسبة الزيادة	%143	%108.3	-	%1.0



شكل (3) يوضح تأثير نظام الزراعة علي مؤشرات النمو الخضري و الجذري لمحصول(الطماطم والفلفل).

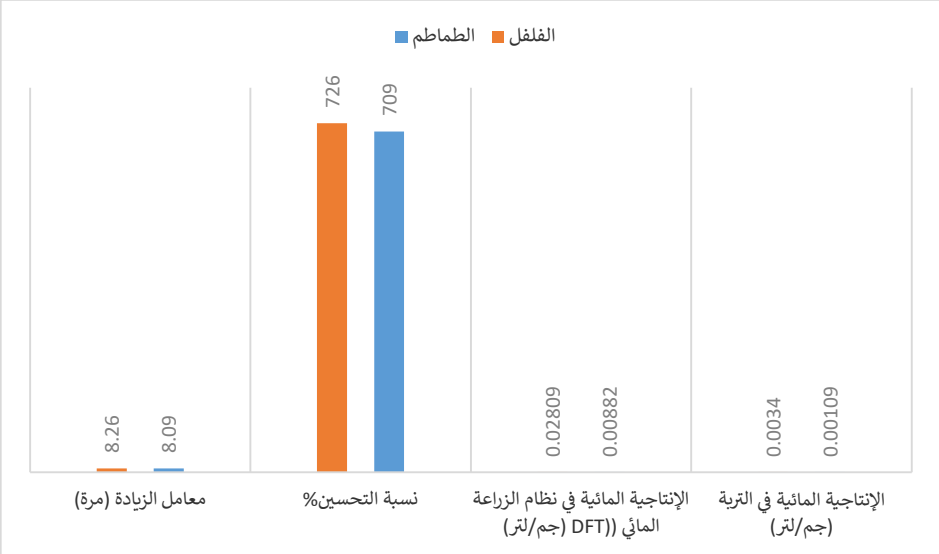
يُمكن إرجاع التباين الملحوظ في الأداء المورفولوجي للجذور بين النظامين الي الخصائص الفيزيائية لوسط النمو؛ فبينما تواجه الجذور في التربة مقاومة ميكانيكية تحد من انتشارها،يوفر وسط الحصي الخامل في تقنية (DFT)مساميةعالية سمحت بإستطالة الجذور بنسبة أكبر(وصلت الي 12.5سم في الطماطم).ومن الناحيه الفسيولوجية، فإن توافر العناصر الغذائية في صورة أيونية ميسرة داخل المحلول المغذي أدي الي تحسين الإمتصاص النوعي(Specific Uptake Rate) حيث استثمر النبات طاقته التمثيلية في بناء الكتلة الحيوية.وهذا ما يفسر الزيادة المعنوية في الوزن الجاف للمحاصيل المائية مقارنة بالمحاصيل المزروعة في التربة.

- **الإنتاجية المائية (WP)**

تبين عند احتساب الإنتاجية المائية علي مستوي النبات، أن نظام (DFT) حقق كفاءة أعلي في تحويل وحدة الماء المستهلكة إلي كتلة حيوية جافة، مما يعكس تحسنا في الكفاءة الفسيولوجية والهيدرولوجية للنظام المغلق.

جدول(6). الإنتاجية المائية WP للنظامين.

المحصول	الإنتاجية المائية في التربة (جم/لتر)	الإنتاجية المائية في نظام الزراعة المائي (DFT) (جم/لتر)	نسبة التحسين%	معامل الزيادة (مرة)
الطماطم	0.00109	0.00882	709	8.09
الفلفل	0.00340	0.02809	726	8.26



شكل (4) يوضح الإنتاجية المائية WP للنظامين.

تشير النتائج الي تحسين كبير في الإنتاجية المائية WP في النظام المائي مقارنة بالزراعة التقليدية في التربة،حيث بلغت نسبة الزيادة اكثر من 700%لكلا المحصولين(الطماطم،الفلفل). ويعكس هذا الارتفاع الكبير في الكفاءة قدرة النظام علي تحسين استخدام وحدة الماء بشكل ملحوظ. وترجع هذه الزيادة الي عدة عوامل ،من أبرزها أن الأنظمة المائية المغلقة تقلل من الفواقد المائية الناتجة عن التبخر والتسرب العميق، والتي تعد من أهمها اسباب انخفاض كفاءة استخدام المياه في الزراعة التقليدية.

- **التحليل الإحصائي**

اظهرت نتائج اختبار للعينات المستقلة وجود فروق عالية المعنوية بين النظامين في جميع المؤشرات المدروسة (الإستهلاك المائي ،الوزن الجاف) عند مستوي معنوية عالية ($p<0.05$) .

جدول(7). نتائج اختبار T-test للمقارنة بين النظامين في إستهلاك المياه

المتغير	نظام الزراعة	المتوسط(لتر/نبات)	الإنحراف المعياري	قيمةT	درجات الحرية(df)	مستوي المعنوية(Sig)
إستهلاك المياه(لتر/نبات)	تربة	166.3	20.8	14.85	10	0.000
	مائي	40.35	3.1			

- **الاستنتاج والتوصيات.**

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي بإستخدام اختبار T-Test وجود فروق ذات دلالة معنويه عالية ($p <0.05$)بين نظم الزراعة المائية و الزراعة التقليدية فيما يتعلق بكفاءة استخدام المياه و مؤشرات النمو الخضري.

- كفاءة استهلاك المياه: أظهرت نتائج التحليل الإحصائي بإستخدام اختبار T-Test وجود فروق ذات دلالة معنويه عالية ($p<0.05$) .بين نظم الزراعة المائية و الزراعة التقليدية فيما يتعلق بكفاءة استخدام المياه حيث سجلت تقنية التدفق العميق DFT انخفاضاً حاداً في الإحتياجات المائية الموسمية بنسبة توفير 76.5% للطماطم و74.8% للفلفل مقارنة بالزراعة في التربة. يرجع هذا التباين الملحوظ اساساً الي طبيعية الفواقد الميكانيكية المرتبطة بالتربة كالبخر من السطح والرشح العميق، ويقتصر الفقد في نظام الزراعة المائية علي النتح الفسيولوجي المرتبط بالبناء الحيوي، وهو ما

يتماشى مع ما ذكره (Serge & Britz, 2009) بأن الإستهلاك في هذه النظم يقتصر فعلياًعلي عمليات النتح والاحتياج الفسيولوجي للنبات.

- تحليل مؤشرات النمو:ارتبط الانخفاض في استهلاك المياه بزياده معنويه في الكتله الحيوية، حيث حقق محصول الفلفل في بيئة الزراعة المائية وزنا جافاً بلغ 1.073جم مقارنة ب0.515جم في الزراعة التقليدية. هذا التفوق يعكس الكفاءة العالية للإمتصاص الجذري للعناصر المغذيه في وسط الحصي الخامل، مما يقلل من الضغط الفسيولوجي علي النبات ويوجه الطاقه نحو بناء المجموع الخضري.
- العلاقة بين الرطوبة والنمو: بالرغم تقارب نسب الرطوبة في أنسجة المحاصيل بين النظامين(تتراوح بين 85%و 92%)، إلا أن التفوق الإحصائي في الأوزان الكلية للنباتات المزروعة مائياً يؤكد أن توفير المياه لم يكن علي حساب جودة الأنسجة النباتية ،بل ساهم في تحسين مؤشرات النمو الكلية. أثبتت الدراسة أن الانتقال نحو نظم الزراعة بدون تربة (DFT) لم يعد مجرد خيار تقني، بل ضرورة استراتيجية لمواجهة ندرة المياه وتدهور التربة.

التوصيات:

1. **تبني تقنيات الزراعة المائية:** توصي الدراسه بالتوسع في استخدام أنظمة الزراعة المائية،وخاصة تقنية DFT، للمحاصيل الثمرية عالية القيمة مثل الطماطم والفلفل في المناطق التي تعاني من شح المياه أو تدهور التربة،حيث اثبتت قدرتها علي توفير المياه بنسبة تتجاوز 75% وتحسين الإنتاجية.
2. **دراسة الجدوي الإقتصادية:**قبل التوسع في هذه الأنظمة علي نطاق تجاري واسع ،يوصي بإجراء دراسة جدوى اقتصادية شامله تأخذ في الإعتبار التكاليف الأولية(الإنشاء،المعدات)وتكاليف التشغيل(الطاقه،المحاليل المغذيه،الصيانة)مقابل العائد من زيادة الإنتاجية وتوفير المياه.
3. **تطوير برامج تدريبية:** ضرورة تأهيل وتدريب الكوادر الفنيه والمزارعين علي تشغيل وصيانه أنظمة الزراعة المائية، والتعامل مع المحاليل المغذيه ومراقبة ال Ph وال Ec،نظرا لإختلافها الجذري عن التقنيات التقليدية.
4. **البحوث المستقبلية:** يقترح إجراء المزيد من الدراسات لتقييم أداء أنواع أخري من المحاصيل(خضروات ورقية،نباتات طبية وعطرية)في هذه الأنظمة،وكذلك دراسة تأثير استخدام مصادر مياة مختلفة(مالحة،رمادية)بعد معالجتها علي إنتاجية النباتات وسلامتها الغذائية.
5. **قيود الدراسة:**ينبغي لاأخذ في الإعتبار أن هذه الدراسة أجريت في بيئة محمية(صوبة) وعلي نطق تجريبي صغير.قد تختلف النتائج عند التطبيق في الحقول المفتوحة وعلي مساحات واسعة بسبب اختلاف الظروف المناخية وإمكانية تطبيق مستويات مختلفة من الإدارة الفنية.

المراجع

خنيفر، ع.، وبوبريق، ن. (2018). نموذج Omu-ET لحساب البخر نتح المرجعي والاحتياجات المائية للمحاصيل. جامعة عمر المختار.

AlShrouf, A. (2017). Hydroponics, aeroponic and aquaponic as compared with conventional farming. American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences, *27*(1), 247–255.

Benke, K., & Tomkins, B. (2017). Future food-production systems: Vertical farming and controlled-environment agriculture. Sustainability: Science, Practice and Policy, 13(1), 13–26. https://doi.org/10.1080/15487733.2017.1394054

Bernier, P. (2015). Vers la construction d'un discours critique de l'agriculture urbaine commerciale en serres sur les toits [Master's thesis, Université du Québec à Montréal]. Archipel.

Hoagland, D. R., & Arnon, D. I. (1950). The water-culture method for growing plants without soil. Circular (California Agricultural Experiment Station), 347. University of California, Berkeley.

Ilango, S. (2017). Global trends in vertical farming and soilless agriculture. Academic Press.
Mittal, D., Kaur, G., Singh, P., Yadav, K., & Ali, S. A. (2020). Nanoparticle-based sustainable agriculture and food science: Recent advances and future outlook. Frontiers in Nanotechnology, 2, Article 579954. https://doi.org/10.3389/fnano.2020.579954

Putra, P. A., & Yuliando, H. (2015). Soilless culture system to support water use efficiency and product quality: A review. Agriculture and Agricultural Science Procedia, *3*, 283–288. https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.01.054

Sambo, P., Nicoletto, C., Giro, A., Pii, Y., Valentinuzzi, F., Mimmo, T., Lugli, P., Orzes, G., Mazzetto, F., Astolfi, S., Terzano, R., & Cesco, S. (2019). Hydroponic solutions for soilless production systems: Issues and opportunities in a smart agriculture perspective. Frontiers in Plant Science, 10, Article 923. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00923

Sharma, N., Acharya, S., Kumar, K., Singh, N., & Chaurasia, O. P. (2018). Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview. Journal of Soil and Water Conservation, *17*(4), 364–371. https://doi.org/10.5958/2455-7145.2018.00056.5

Sardare, M. D., & Admane, S. V. (2013). A review on plant without soil-hydroponics. International Journal of Research in Engineering and Technology, *2*(3), 299–304.

Serge, P., & Britz, W. (2009). Environmental impacts of hydroponic systems: A comparative analysis. Journal of Cleaner Production, 17(12), 110-118.

Treftz, C., & Omaye, S. T. (2016). Comparison between hydroponic and soil-grown strawberries: Sensory attributes and correlations with nutrient composition. Food and Nutrition Sciences, *7*(14), 1371–1379. https://doi.org/10.4236/fns.2016.714123

الاختصارات

الاسم الكيميائي	الرمز
كلوريد	Cl
كبريتات	So4
صوديوم	Na
كالسيوم	Ca
بوتاسيوم	K
مغنيسيوم	Mg
كربونات	Co3
اجمالي المواد الذائبة	T.D.S
التوصيلية الكهربائية للماء	EC
الاس الهيدروجيني	PH