Contents lists available at https://digitalcommons.aaru.edu.jo/huj_nas/.

Hadhramout University Journal of Natural & Applied Science

Article

Digital Object Identifier:
Received 31 August 2025
Accepted 2 November 2025
Available online 25 January 2026

The Effect of Moringa (*Moringa oleifera* Lam) Leaf Extract on the Growth and Yield of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) under Water Stress Conditions

Mazen Saleh Saeed Bamutraf, Salem Mohammed bin Salman and Mahrous Abdullah Bahawireth*

Department of Biology, Faculty of Sciences, Hadhramout University, Mukalla-Yemen.

*Corresponding author: bmahroos@hu.edu.ye

This is an open-access article under production of Hadhramout University Journal of Natural & Applied Science with eISSN 2790-720

Abstract: A field experiment was conducted in farmland in Ghayl Bawazir District, Hadhramaut Governorate, Yemen, to study the effect of Moringa leaf extract (MLE) on the growth and yield of alfalfa (*Medicago sativa L.)* grown under water stress conditions during the 2024 growing season. A randomized complete block design with two parameters—irrigation intervals (5 and 10 days) and Moringa leaf extract concentrations (0, 5, and 10%) applied as a foliar spray—was used, with three replications. The results showed that irrigation every 10 days negatively and significantly affected chlorophyll synthesis, while foliar spraying of Moringa leaf extract had a positive effect in mitigating this stress. The 10% Moringa leaf extract concentration resulted in the highest readings for the number of leaves, percentage of shoot dry weight, plant height, and chlorophyll a, while the 5% concentration resulted in the highest readings for chlorophyll b, total chlorophyll, and yield of the experimental plot. Therefore, we recommend using Moringa leaf extract to mitigate the negative effects of drought stress and increase productivity. It serves as a natural alternative that can achieve similar effects to synthetic chemicals without the potentially harmful side effects on humans, the environment, and other living organisms associated with synthetic chemicals.

Keywords: Alfalfa; Chlorophyll; Drought stress; Moringa, Plant growth; Productivity.

تأثير مستخلص أوراق نبات المورينجا *Moringa oleifera* Lam. في نمو نبات البرسيم وإنتاجه *Medicago sativa* L. تحت ظروف الإجهاد المائي

مازن صالح سعيد بامطرف، سالم محمد بن سلمان ، محروس عبدالله باحويرث

قسم علوم الحياة، كلية العلوم، جامعة حضرموت، المكلا– الجمهورية اليمنية

الملخص: نفذت تجربة حقلية في أرض زراعية في مديرية غيل باوزير، محافظة حضرموت اليمن لدراسة تأثير مستخلص أوراق المورينجا (MLE) على نمو نبات البرسيم وإنتاجه *Medicago sativa* L المزروع تحت ظروف الإجهاد المائي خلال الموسم الزراعي 2024م. استخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بعاملين هما فترات الري (5، 10 أيام) وتراكيز مستخلص أوراق المورينجا (0، 5، 10%) بالرش الورقي وبثلاثة مكررات. أظهرت النتائج المتحصل عليها أن الري كل 10 أيام أثر سلبًا وبشكل معنوي على تخليق الكلوروفيل، كما كان للرش الورقي لمستخلص أوراق المورينجا تأثير إيجابي في التخفيف من هذا الإجهاد. إن تركيز مستخلص أوراق المورينجا 10% أعطى أعلى قراءات لعدد الأوراق والنسبة المئوية للوزن الجاف للمجموع الخضري وارتفاع النبات وكلوروفيل أ بينما أعطى التركيز 5% أعلى قراءات للكلوروفيل ب والكلي وحاصل إنتاجية القطعة التجريبية. وعليه فإننا نوصي باستخدام مستخلص أوراق المورينجا للتخفيف من الآثار السلبية لإجهاد الجفاف، وزيادة الإنتاجية. كأحد البدائل الطبيعية التي يمكن أن تؤدي تأثيرًا مشابها لما تؤديه المركبات الكيميائية الصناعية دون حدوث آثار جانبية قد تكون سلبية على الانسان والبيئة والكائنات الحية الأخرى عند استخدام المواد الكيميائية الصناعية.

الكلمات المفتاحية: إجهاد الجفاف، البرسيم الحجازي، المورينجا، نمو النبات، الإنتاجية، الكلوروفيل.

1. المقدمة

يُعدّ البرسيم الحجازي *Medicago sativa* L. أحد أهم المحاصيل البقولية العلفية الواسعة الانتشار [1]، ومن أهم محاصيل العلف نظرًا لأهميته للثروة الحيوانية. لما يتميز به من قيمة غذائية عالية، إذ يحتوى على نسب مرتفعة من البروتينات والفيتامينات والمعادن الضرورية لنمو الحيوانات وتحسين إنتاجينها. وهو من أكثر محاصيل الأعلاف المزروعة عالميا، واهمها وذو قيمة غذائية عالية حيث يحتوي على كافة المواد الغذائية لحيوانات اللبن والتسمين. بالإضافة أن له فوائد عديدة منها تثبيت الآزوت الجوي حيث يضيف حوالي من 80 – 100 كجم من الآزوت الجوي إلى التربة للفدان الواحد سنويًا. كما أنه يحسن صفات التربة وزيادة خصوبتها عن طريق ما يتم أضافته من مادة عضوية. [2، 3]. يعد البرسيم الحجازي من المحاصيل العلفية المهمة في الزراعات البينية في مزارع النخيل [4]، ووسط الأشجار الاقتصادية الأخرى التي تقلل من شدة الإشعاع الشمسي ودرجات الحرارة [5]. تعد محافظة حضرموت ثاني أكبر المحافظات اليمنية مساحة في زراعة البرسيم بعد الجوف وأعلى إنتاجية لقطعة المساحة. وبلغت المساحة المزروعة 3592 هكتارًا والإنتاج 61064 طنًا في العام 2022 م [6].

تنتمي شجرة المورينجا أوليفيرا (*Moringa oleifera* Lam) إلى فصيلة Moringaceae وتعد شجرة غنية بالمواد المغذية في أوراقها وقرناتها وبذورها حيث يستعمل كل أجزائها، فهي تعد مثالا للشجرة المتعددة الأغراض التي تستخدم غذاء ودواء لإنتاج الزيت كما أعطى لها درجة كبيرة من الأهمية كونها غذاء طبيعيًا في المناطق الاستوائية. وتحتوي على أكثر من 98 مركبًا كيميائيًا غذائيًا بما في ذلك الكربوهيدرات والدهون والبروتينات والألياف الغذائية. [7–10]. تحتوي أوراق نبات المورينجا على فيتامين C و A والكالسيوم والبروتين والبوتاسيوم والحديد [11] . تمتاز أوراق نبات المورينجا باعتبارها مصدرًا جيدًا للعناصر K و Mg و Ca و P و Zn و Fe و Cu و Mn والفيتامينات A و B و C و D و E و بيتا كاروتين [12]. وقد خضع مستخلص أوراق المورينجا لدراسات مكثفة كسماد عضوي لمكافحة تحمل إجهاد الجفاف، وزيادة النمو مما يُظهر إمكاناته كحل عضوي واعد للتخفيف من مشاكل ندرة المياه [13؛ 14]. وجد أن مستخلص

أوراق المورينجا ضروري للسيطرة على إجهاد الجفاف ويساعد في تحسين نمو النبات وإنتاجيته وفعالية استخدام المياه وتوافر العناصر الغذائية [15].

يمثل الجفاف الخطر الأكبر على القطاع الزراعي حول العالم ومن كبرى المشاكل البيئية الدولية التي تحد من إنتاج المحاصيل المتنوعة فضلاً عن تهديد الأمن الغذائي العالمي [16، 2]. تتجلى أهمية الماء، في تأثيره المهم في زيادة جاهزيته للعناصر الغذائية وتنظيم العمليات الحيوية التي يقوم بها النبات عن طريق انقسام الخلايا ونموها واستطالتها، وتنظيم عملية التمثيل الكربوني التي تعد من أهم العمليات [17]. ويعد الإجهاد المائي أحد أهم العوامل الفسيولوجية المسببة للإجهاد، والتي تؤثر سلبًا في النباتات في العديد من المجالات الحيوية لنموها واستقلابها [18]. ويؤثر الجفاف في التفاعلات المعتمدة على الضوء وغير المعتمدة عليه، مما يؤدي إلى أضرار جسيمة في الأنظمة الضوئية ويعيق سلسلة نقل الإلكترونات. تواجه النباتات نقصًا في ثاني أكسيد الكربون ناتجًا عن إغلاق الثغور، مما يُحفز عملية التنفس الضوئي؛ فهو لا يقلل من كفاية تثبيت الكربون فحسب، بل يُسبب أيضًا انخفاضًا في إجمالي ناتج التمثيل الضوئي [19]. والجدير بالذكر أن الإجهاد الناتج عن الجفاف يمثل تحديًا بيئيًا كبيرًا يعيق نمو وإنتاجية البرسيم الحجازي عالميًا [20]، وعلى مدار العقدين الماضيين، أصبحت آثار الإجهاد الناتج عن الجفاف على غلة المحاصيل ونموها وجودتها قضية بيئية رئيسية [21]. وعاملًا رئيسيًا يحد من إنتاج البرسيم [22].

هناك العديد من المستخلصات العضوية المُستخلصة من أوراق المورينجا تُحفّز مناعة النباتات المعرضة لإجهاد التغذية والجفاف [23]، مما يزيد من بقائها. كما تعتبر المستخلصات النباتية آمنة بيئيا ومنخفضة السمية على الإنسان [24]. تم تقدير تأثير إجهاد الجفاف لتجربة أصص على محصول الشعير، واستُخدم المستخلص المائي لكل من زنبق كتان تاسمان *Dianella ensata*، وعشب دمسيسة دغلية؛ و *Ambrosia dumosa*، وشجرة المورينجا؛ و *Moringa oleifera*، إلى جانب الشاهد. وكانت معاملات إجهاد الجفاف 40%، و60%، و100% من السعة الحقلية. حيث حقق استخدام المورينجا أوليفيرا زيادة في مساحة الورقة ومحتوى الكلوروفيل [25]. رشت ثلاث تراكيز متفاوتة من مستخلص أوراق المورينجا (0، 3، 6%) على نبات الطماطم (*Solanum lycopercium*)، وأظهرت النتائج أن الجفاف قلل من جميع مقاييس النمو بينما تحسنت صفات النمو والصفات الكيميائية والفيزيائية والكلوروفيل في النباتات التي عولجت بمستخلص المورينجا. مما يشير إلى تحسين الاحتفاظ بالمياه وتحمل الإجهاد المائي. وكان لمستخلص ورقة المورينجا 6% تأثير أكبر في جميع المتغيرات المقاسة [26]. وذُكر أن مستخلص أوراق المورينجا يمكن استخدامه منتج تنمية لأنه يحسن السمات المورفولوجية والفسيولوجية وكذلك السمات الكيميائية والحيوية للطماطم عن طريق تقليل الآثار المدمرة للجفاف. نفذت تجربة لمعرفة تأثير مستخلص أوراق المورينجا المائي في الصفات الفينولوجيا والنمو لثلاثة أصناف من الطماطم تحت أنظمة المياه المختلفة ولاحظ استجابة أصناف الطماطم بشكل مختلف لمستخلص المورينجا. وأن مستخلص أوراق المورينجا المائي MLE بنسبة 100% هو التركيز الأمثل لتقليل الآثار السلبية لضغط الماء وزيادة النمو. واستنتج أن مستخلص أوراق المورينجا يمكن أن يكون محفزًا حيويًا محتملاً لتحسين النمو وعائد نبات الطماطم تحت إجهاد الماء [27]. وجد ان التسميد الورقي بتراكيز مختلفة من مستخلص أوراق المورينجا (الشاهد 0، 2 و4%) تحت مستويات ري مختلفة (60، 80، و100%). أعطت نتائج ايجابية لجميع المعايير المقيّمة لنبات حبة البركة السوداء *Nigella sativa* L، لجميع الصفات المدروسة بشكل ملحوظ مع زيادة تركيز مستخلص المورينجا [28].

ونظرا لما تمثله استخدام المواد الكيميائية لمقاومة الإجهاد المائي ومالها من الاثار الجانبية السلبية في البيئة والإنسان والكائنات الحية التي تعيش فيها، فقد تم الاتجاه نحو إيجاد البدائل

من المركبات الطبيعية الموجودة في النباتات والتي لها أثر مشابه لأثر المركبات الكيميائية الصناعية من حيث تشجيع النمو الخضري والزهري ومن ثم زيادة الحاصل للعديد من المحاصيل المهمة. ولمحدودية الدراسات التي تتناول تأثير المستخلصات النباتية بوجه عام ومستخلص نبات المورينجا بوجه خاص في النمو الخضري والحاصل للنباتات المزروعة عامة ومحصول البرسيم خاصة تحت ظروف الإجهاد المائي. استهدفت هذه التجربة الحقلية لدراسة فعالية الرش بمستخلص أوراق المورينجا في نمو وإنتاج نبات البرسيم تحت ظروف الإجهاد المائي وتحديد أفضل التراكيز المستخدمة للمستخلص.

2. مواد وطرائق العمل

نفذت تجربة عاملية في أرض زراعية في مديرية غيل باوزير، محافظة حضرموت اليمن خلال المدة من يوليو إلى اكتوبر 2024م وقد تضمنت التجربة عاملين هما العامل الأول مدة الري وهي مدتان (5، 10 أيام) والعامل الثاني هو مستخلص أوراق نبات المورينجا بثلاثة تراكيز هي (0، 5، 10%). وكررت كل معاملة بثلاثة مكررات. وذلك لمعرفة تأثير مستخلص نبات المورينجا في نمو وإنتاج نبات البرسيم تحت ظرف الإجهاد المائي. تم تحليل أرض التجربة وذلك بأخذ ثلاث عينات من تربة الأرض الزراعية ابتداءً من سطح التربة ولعمق 30 سم، ومزجت العينات لتكوين عينة مركبة وممثلة [29] وحللت كيميائيا وفيزيائيا في مختبرات كلية البيئة والأحياء البحرية – جامعة حضرموت. وكانت النتائج بحسب الجدول (1).

جدول 1. الصفات الكيميائية والفزيائية للتربة المزروعة

الصفة	EC مليسيمانز / سم	PH	% Total N	P ملغم / كجم	K ملغم / كجم
القيمة	4.1	7.4	1.0	480	2800
الخواص الفيزيائية	الصفة	Sand	Silt	Clay	القوام
	القيمة	%68.6	%23.2	%8.2	Sandy loam

تم حرث أرض التجربة وتقسيمها على أحواض 2x2 م، جلبت بذور البرسيم من السوق المحلية، وتم تنظيفها من الشوائب وتعقيمها تعقيما سطحيا بمحلول هيبوكلورايت الصوديوم بتركيز 5% لمدة 5 دقائق بعد ذلك غسلت بالماء المقطر عدة مرات وجففت على ورق ترشيح وذلك لتعقيم سطح البذرة من الفطريات [29] وزرعت بصورة مباشرة في الأحواض على خطوط المسافة بين الخط والآخر 25 سم والمسافة بين البذرة والأخرى 10 سم. وجرى عمليات الخدمة للمحصول من تعشيب وتسميد ومكافحة للحشرات والحشائش حسب المتبع في حقول المزارعين.

سجلت معدلات درجات الحرارة العظمى والصغرى والرطوبة النسبية وكمية سقوط الأمطار خلال مدة الدراسة من محطة إرصاد غيل باوزير كما هو مبين في جدول (2).

جدول 2. المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة العظمى والصغرى والرطوبة النسبية وكمية الأمطار الساقطة بمدينة غيل باوزير لعام (2024).

العناصر المناخية / الأشهر	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر
معدل درجة الحرارة إلعظمى (م)	38	35	34
معدل درجة الحرارة الصغرى (م)	27	25	24
معدل أعلى نسبة رطوبة (%)	78	85	82
معدل أقل نسبة رطوبة (%)	44	46	40
كمية الأمطار الساقطة(ملم)	0.75	---	119.4

2.1 تحضير مستخلص أوراق نبات المورينجا

تم الحصول على أوراق نبات المورينجا من النباتات الموجودة في منطقة غيل باوزير منطقة الدراسة حيث قطفت الأوراق ونظفت وجففت وقطعت إلى أجزاء صغيرة وطحنت في الخلاطة الكهربائية ووضع المسحوق في علب زجاجية ملونة وأغلقت بإحكام تم وضعت في الثلاجة لحين الاستعمال [30]. ولتحضير المستخلص المائي لأوراق نبات المورينجا، أخذ 100 جم من مسحوق أوراق نبات المورينجا وأضيف لتر من الماء المقطر إليه [32,31]، ورشح المستخلص بطبقتين من قماش الململ، ثم حضر التراكيز (0، 5، 10%).

استخدمت مرشة ظهرية سعة 10 لتر لإجراء عمليات الرش، وتم الرش بعد ظهور الأوراق الحقيقية للنبات وتكرر الرش 4 مرات بحدود 7 أيام بين كل رشة وأخرى [33]. اضيفت مادة ناشرة Tween-20 بتركيز 0.1% مع محلول الرش لتقليل الشد السطحي لجزيئات محلول الرش. رشت النباتات حتى البلل التام للأجزاء

الخضرية لرفع مقدرة النبات على الاستفادة من المحلول مع مراعاة أوقات الرش عند الصباح الباكر لتلافي ارتفاع درجات الحرارة [29]. بعد أسبوعين من انتهاء عملية الرش الرابعة أخذت القياسات لثلاثة نباتات اختيرت عشوائيا من كل قطعة تجريبية، وقيمت الاستجابات للمعاملات السابقة من خلال القراءات الآتية:

1. عدد الأوراق (ورقة. نبات−1) Number of leaves:

حسبت عدد الأوراق لثلاثة نباتات من كل قطعة تجريبية وأخذ المتوسط.

2. المساحة الورقية للنبات (سم2. نبات−1) Total leaf area:

فصلت أوراق ثلاث نباتات من كل قطعة تجريبية ثم وزنت جميع الأوراق بميزان كهربائي ثم أخذنا أقراصًا بمساحة 1 سم^2 / قرص من عشرين وريقة وثبت أوزانها ثم احتسب المساحة الورقية لكل نبات بطريقة النسبة والتناسب [34].

3.النسبة المئوية للمادة الجافة للمجموع الخضري (%):

قلعت ثلاثة نباتات عشوائيا من كل قطعة تجريبية ووزنت بالميزان وسجل الوزن الطري للمجموع الخضري لها، ثم تم تجفيفها هوائيا ووضعت في فرن كهربائي على درجة حرارة 65 – 70 م لحين ثبات الوزن، واحتسب الوزن الجاف للمجموع الخضري. وأخذ المتوسط

$$\text{النسبة المئوية للمادة الجافة} = \frac{\text{الوزن الجاف للمجموع الخضري (جرام)}}{\text{الوزن الرطب للمجموع الخضري (جرام)}} \times 100$$

4. ارتفاع النبات (سم) Plant height:

قيس ارتفاع النبات بالمسطرة من محل اتصال النبات بسطح التربة وحتى القمة النامية لثلاثة نباتات من كل قطعة تجريبية وأخذ المتوسط.

5. حاصل القطعة التجريبية (كجم):

حسب حاصل القطعة التجريبية من خلال حش جميع النباتات مساحة القطعة التجريبية (2م^2) ووزنها وأخذ المتوسط.

6. محتوى الكلوروفيل (ملغم.غم−1 وزن طري) Chlorophyll content:

حسب المحتوى الكلوروفيلي أ و ب والكلي بجهاز spectrophotometer وبحسب طريقة المسجلة [35].

صممت التجربة بطريقة القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) وحللت نتائج الدراسة إحصائيا بوساطة برنامج جينستات GNSTAT 5 وتمت مقارنة المتوسطات باختيار أقل فرق معنوي (L.S.D) على مستوى معنوية 5%.

3.النتائج

1- عدد الأوراق:

تشير النتائج في الجدول 3 إلى عدم وجود فروق معنوية في عدد الاوراق بين مدتي الري وأعطى الري كل 10 أيام أكثر عدد للأوراق بمتوسط بلغ 65.35 ورقة / نبات مقابل 62.93 ورقة / نبات عند الري كل 5 أيام. وتوضح نتائج الجدول نفسه أن التركيز 10% من مستخلص أوراق المورينجا أعطى أكثر عدد للأوراق بلغت 65.32 ورقة / نبات وبدون فروق معنوية عن بقية التراكيز في حين أن الشاهد أعطى أقل عدد للأوراق بلغت 62.47 ورقة/ نبات. ويلاحظ أن التداخل بين فترات الري 10 أيام والتركيز 5% من مستخلص أوراق المورينجا أعطى أكثر عدد للأوراق بلغت 66.48 ورقة / نبات وبدون فروق معنوية عن بقية التداخلات عدا التداخل بين مدد الري 5 أيام واالشاهد الذي أعطى أقل عدد الأوراق بلغ 61.52 ورقة / نبات.

2-المساحة الورقية م^2. نبات$^{-1}$

تبين نتائج الجدول 3 عدم وجود فروق معنوية في صفة المساحة الورقية بين مدتي الري حيث أعطت مدد الري كل 5 أيام أعلى مساحة ورقية بلغت 9.27 م^2. نبات$^{-1}$ فيما بلغت المساحة الورقة 9.08 م^2. نبات−1 عند فترات الري كل 10 أيام. ويلاحظ أن معاملة الشاهد أعطت أكبر مساحة ورقية بلغت 9.29 م^2.نبات$^{-1}$ وبدون فروق معنوية عن بقية التراكيز. ويلاحظ أن أكبر مساحة ورقية كانت في التداخل بين فترات الري كل 5 أيام والشاهد والتي بلغت 9.45 م^2. نبات$^{-1}$ وبدون فروق معنوية عن جميع التداخلات، في حين أعطى التداخل بين الري كل 10 أيام والتركيز 5% أصغر مساحة ورقية بلغت 9.03 م^2. نبات$^{-1}$.

3- النسبة المئوية للمادة الجافة للمجموع الخضري

توضح نتائج الجدول 3 عدم وجود فروق معنوية في النسبة المئوية للمادة الجافة للمجموع الخضري بين مدتي الري. وكانت أعلى نسبة للمادة الجافة للمجموع الخضري عند الري كل 10 أيام وأقلها عند الري كل 5 أيام بلغت (3.20، 3.19 جم) على التوالي. ويلاحظ أن المستخلص بتركيز 10 % أعطى أعلى

نسبة مئوية للمادة الجافة للمجموع الخضري بلغ 3.39 جم وبفروق معنوية عن معاملة الشاهد التي أعطت أقل نسبة للمادة الجافة بلغت 2.94 جم. ويبين الجدول نفسه أن التداخل بين مدد الري كل 10 أيام والتركيز 10% أعطى أفضل نسبة مئوية للمادة الجافة للمجموع الخضري بلغ 3.54 جم وبفروق معنوية عن بقية التداخلات عدا التداخل بين مدد الري كل 5 أيام والتركيز 5 و10 %. كما أعطى التداخل بين فترات الري كل 10 أيام والشاهد أقل نسبة مئوية للمادة الجافة للمجموع الخضري بلغت 2.88 جم.

جدول 3. تأثير الرش بمستخلص أوراق المورينجا في عدد الأوراق والمساحة الورقية والنسبة المئوية للمادة الجافة للمجموع الخضري لنبات البرسيم تحت الإجهاد المائي

الصفة	عدد الأوراق (ورقة/نبات)			المساحة الورقية (م^2. نبات$^{-1}$)			% للمادة الجافة للمجموع الخضري جم		
مدد الري / المستخلص	5 أيام	10 أيام	المتوسط	5 أيام	10 أيام	المتوسط	5 أيام	10 أيام	المتوسط
الشاهد	61.52	63.41	62.47	9.45	9.14	9.29	3.00	2.88	2.94
% 5	62.78	66.48	64.63	9.17	9.03	9.10	3.33	3.20	3.26
%10	64.48	66.15	65.32	9.20	9.07	9.14	3.25	3.54	3.39
المتوسط	62.93	65.35		9.27	9.08		3.19	3.20	
L.S.D 0.05	ر= غ. م م= غ. م ت= 4.58			ر= غ. م م= غ. م ت= غ. م			ر= غ. م م= 0.22 ت= 0.32		

ر= مدد الري م= المستخلص ت= التداخل غ. م= غير معنوي

4-ارتفاع النبات

يوضح الجدول 4 أن أعلى ارتفاع للنبات في الري كل 10 أيام وبدون فروق معنوية عن الري كل 5 أيام و بلغ الارتفاع 61.1 و60.7 سم على التوالي. إن مستخلص أوراق المورينجا بتركيز 10% أعطى أعلى ارتفاع للنبات بلغ 61.7 سم وبفروق معنوية عن الشاهد الذي أعطى أقل ارتفاع للنبات بلغ 59.8 سم. ووجد أن التداخل بين مدد الري كل 10 أيام وتركيز المستخلص 10% أعطى أفضل التفاعل لارتفاع النبات بلغ 62.5 سم وبدون فروق معنوية عن بقية التداخلات، عدا التفاعل الذي كان بين مدد الري كل 5 و10 أيام والشاهد الذي أعطى أقل ارتفاع للنبات بلغا 60.1 و59.4 سم على التوالي.

5- حاصل القطعة التجريبية(كجم)

يشاهد من الجدول 4 أن أعلى حاصل إنتاجية للقطعة التجريبية كان عند الري كل 10 أيام وبدون فروق معنوية عن الري كل 5 أيام حيث بلغ الإنتاج 11901.33 و11839.00 كجم / قطعة تجريبية على التوالي. وأن المستخلص بتركيز 5 أعطى أعلى حاصل للقطعة التجريبية بلغ 12492.00 كجم / قطعة تجريبية وبفروق معنوية عن بقية التراكيز في حين أعطى الشاهد أقل حاصل القطعة التجريبية بلغ 11469.00 كجم / قطعة تجريبية. نجد أن التداخل بين مدد الري كل 10 أيام والتركيز 5% أعطى أفضل التفاعلات لإنتاج أعلى حاصل للقطعة التجريبية بلغ 12733.00 كجم/ قطعة تجريبية. وبفروق معنوية عن العديد من التداخلات. بينما كان أقل حاصل للقطعة التجريبية عند مدد الري كل 5 أيام والشاهد الذي بلغ 11222.00 كجم / قطعة تجريبية.

جدول 4. تأثير الرش بالمستخلص المائي لأوراق المورينجا في ارتفاع النبات والحاصل لنبات البرسيم تحت الإجهاد المائي

الصفة	ارتفاع النبات (سم)			حاصل القطعة التجريبية (كجم / قطعة تجريبية)		
مدد الري / المستخلص	5 ايام	10 ايام	المتوسط	5 ايام	10 ايام	المتوسط
الشاهد	60.1	59.4	59.8	11222.00	11716.00	11469.00
% 5	60.9	61.3	61.1	12251.00	12733.00	12492.00
%10	60.9	62.5	61.7	12044.00	11255.00	11649.50
المتوسط	60.7	61.1		11839.00	11901.33	
L.S.D 0.05	ر=غ. م م= 1.58 ت= 2.23			ر= غ. م م= 651.5 ت= 921.4		

ر= مدد الري م= المستخلص ت= التداخل غ. م= غير معنوي

6- محتوى كلوروفيل أ

يبين الجدول 5 عدم وجود فروق معنوية في محتوى الكلوروفيل أ بين مدتي الري، واعطت مدد الري كل 5 أيام أعلى محتوى من الكلوروفيل أ مقارنة بالري كل 10 أيام الذي بلغ محتوى الكلوروفيل أ 33.55 و33.21 ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري لمدتي الري كل 5 و10 أيام على التوالي. وكان لمعاملة الرش بمستخلص أوراق المورينجا بتركيز 10% أعلى محتوى من كلوروفيل بلغ 34.74 ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري وبفرق معنوي عن االشاهد فقط الذي أعطى أقل محتوى من كلوروفيل أ. كما تفوق التركيز 5% معنويا أيضا على الشاهد.

ويلاحظ أن التداخل بين مدد الري كل 5 أيام وتركيز مستخلص أوراق المورينجا 10% أعطى أعلى تفاعل لمحتوى أوراق البرسيم من كلوروفيل أ بلغ 35.54 ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري وبفروق معنوية عن بقية التداخلات عد التداخل بين مدد الري كل 10 أيام وتركيز مستخلص أوراق المورينجا 5%. وأقل قيمة للكلوروفيل ا عند التداخل بين الري كل 5 و10 ايام والشاهد.

7- محتوى كلوروفيل ب

يبين الجدول 5 محتوى الكلوروفيل ب موضحا عدم وجود فروق معنوية بين مدتي الري حيث كان أعلى محتوى للكلوروفيل عند مدد الري كل 5 أيام بلغ 52.55 ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري وأن معاملة الرش بتركيز 5% من مستخلص أوراق المورينجا أعطى أعلى محتوى من كلوروفيل ب بلغ 53.76 ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري وبدون فروق معنوية عن بقية التراكيز. إن التركيز 10% أعطى أقل محتوى من كلوروفيل ب بلغ 51.38 ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري. ويلاحظ أن التداخل بين مدد الري كل 5 أيام والتركيز 5% من مستخلص أوراق المورينجا أعطى أعلى محتوى من الكلوروفيل ب بلغ 54.22 ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري وبدون فروق معنوية عن بقية التداخلات عدا التداخل بين مدد الري كل 5 أيام والتركيز 10% الذي أعطى أقل محتوى من كلوروفيل ب بلغ 49.45 ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري.

8- محتوى الكلوروفيل الكلي

يبين الجدول 5 عدم وجود فروق معنوية في محتوى الكلوروفيل الكلي بين مدتي الري 5 و10 أيام ولوحظ أن أعلى محتوى من الكلوروفيل الكلي عند الري كل 5 أيام بلغ 86.10 ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري. بينما بلغ المحتوى الكلي للكلوروفيل 85.43 ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري عند الري كل 10 أيام. نجد أن معاملة الرش بتركيز 5% أعطى أعلى محتوى من كلوروفيل الكلي بلغ 87.75 ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري وبفروق معنوية عن الشاهد. الذي أعطى أقل محتوى من كلوروفيل الكلي بلغ 83.44. ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري ويبين التداخل بين مدد الري كل 5 أيام والتركيز 5% أعطى أعلى محتوى من الكلوروفيل الكلي بلغ 88.10 ملغم.غم$^{-1}$ وزن طري وبدون فروق معنوية عن بقية التداخلات عد التداخل بين فترات الري كل 10 أيام والشاهد الذي أعطى أقل كلوروفيل كلي بلغ 81.66 ملغم. غم$^{-1}$ وزن طري.

جدول 5. تأثير الرش بمستخلص أوراق المورينجا في محتوى أوراق نبات البرسيم من الكلوروفيل أ وب والكلي (ملغم.غم$^{-1}$) تحت الإجهاد المائي

الصفة	قيمة كلوروفيل أ			قيمة كلوروفيل ب			قيمة الكلوروفيل الكلي		
مدد الري / المستخلص	5 أيام	10 أيام	المتوسط	5 أيام	10 أيام	المتوسط	5 أيام	10 أيام	المتوسط
الشاهد	31.23	31.61	31.42	53.99	50.05	52.02	85.21	81.66	83.44
% 5	33.89	34.10	34.00	54.22	53.30	53.76	88.10	87.40	87.75
%10	35.54	33.93	34.74	49.45	53.30	51.38	84.99	87.23	86.11
المتوسط	33.55	33.21		52.55	52.22		86.10	85.43	
L.S.D 0.05	ر= غ. م م= 1.09 ت= 1.54			ر= غ. م م= غ. م ت= 4.41			ر= غ. م م= 3.29 ت=4.66		

ر= مدد الري م= المستخلص ت= التداخل غ. م= غير معنوي

4.المناقشة

يُعد الإجهاد المائي (الجفاف) من أقسى الضغوط غير الحيوية التي تواجه المحاصيل الحقلية، وهو من أبرز العوامل التي تحد من الإنتاجية الزراعية. وقد أكدت نتائج الدراسة الحالية هذا المفهوم، حيث سجلت المعاملات المجهدة مائيًا انخفاضًا معنويًا في جميع الصفات المدروسة، بما في ذلك المؤشرات المورفولوجية كطول النبات، عدد الأوراق، المساحة الورقية، والمحصول الكلي والمادة الجافة، وكذلك المؤشرات الفسيولوجية كـ محتوى الكلوروفيل. ويُعزى ذلك إلى أن الإجهاد المائي يُخلّ بتوازن الماء داخل أنسجة النبات، ويُقلّل من عملية التمثيل الضوئي وامتصاص العناصر الغذائية، مما يؤدي إلى انخفاض النمو والإنتاجية [36]. أنه في ظل إجهاد الجفاف، ينخفض نمو النبات ويمكن الاستنتاج أن الإجهاد الناتج عن الجفاف كان له تأثير سلبي في معايير نمو النبات ومحتوياته الأيضية. كما لوحظت هذه التأثيرات السلبية أيضًا في نبات البرسيم [37] ومحاصيل أخرى مثل دوّار الشمس [18]، والفاصوليا [38]، والطماطم [39]، والباميا والباذنجان [40]. لقد أثبتت العديد من التجارب أن ظروف الجفاف تُقلل من الكلوروفيل أ و ب والكلي، وكذلك الكفاية الكيميائية الضوئية [41] في دوار الشمس. كما يتسبب الجفاف في إغلاق الثغور مما يحد من النتح، و يعيق امتصاص ثاني أكسيد الكربون ويُقلل من كفاية التمثيل الضوئي، وهو ما يؤدي في النهاية إلى تدهور أصباغ الكلوروفيل بسبب الإجهاد التأكسدي [42–46]. والذي بتأثيرة يقلل من قدرة النبات على التمثيل الضوئي [18]. ويُفسَّر هذا الانخفاض باضطراب التوازن الأسموزي للخلايا، مما يقلل من الضغط الامتلائي الضروري لانقسام واستطالة الخلايا.

على النقيض من تأثير الجفاف، أظهر تطبيق الرش الورقي لمستخلص أوراق المورينجا (MLE) تأثيرًا تعويضيًا وإيجابيًا واضحًا، حيث سجلت جميع الصفات المورفولوجية والفسيولوجية تحسنًا معنويًا، متجاوزة قيم نباتات الشاهد المجهدة وغير المعالجة. هذا التحسن الشامل، الذي عكس زيادة في المساحة الورقية، والمحصول الكلي، والمحتوى الكلوروفيلي، وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه [47–50؛ 39]، والتي أكدت أن مستخلص المورينجا يعزز النمو الفسيولوجي تحت ظروف الجفاف ويزيد من كفاية التمثيل الضوئي ومضادات الأكسدة وما تؤكده هذه النتائج من فاعلية المستخلص كاستراتيجية لتخفيف الضغط اللاحيوي واستخدامه كمُحفز حيوي (Biostimulant) فعال[51] .

ويُعزى هذا التحسن الإيجابي والتعويضي في صفات البرسيم إلى التركيبة البيوكيميائية الفريدة لمستخلص نبات المورينجا، والتي تمكنه من العمل كمنظم حيوي متعدد الوظائف. لما يحتويه من السيتوكينينات الطبيعية، وخاصة هرمون الزياتين (Zeatin)، الذي يحفز الانقسام الخلوي ويؤدي إلى تأخير شيخوخة الأوراق (Senescence)، مما يُطيل فترة النشاط التمثيل الضوئي ويضمن تراكمًا أكبر للمادة الجافة [52]. ويعمل المستخلص على حماية الجهاز الفسيولوجي من الأضرار الجزيئية الناتجة عن الجفاف، من خلال تزويد النبات بمضادات أكسدة غير إنزيمية تلتقط الأنواع الأكسجينية التفاعلية (ROS)، مما يحافظ على سلامة أغشية الكلوروبلاست واستقرار أصباغ التمثيل الضوئي ويُفسر بشكل مباشر الزيادة في محتوى الكلوروفيل [53؛ 54]. كما يُعتقد أن مستخلص أوراق المورينجا MLE ساعد في تحسين التكيف الأسموزي للنبات من خلال تنظيم امتصاص العناصر الحيوية وتعديل استجابة النباتات على المستوى الأيضي. [50؛ 39]. وبذلك فإن الآليات الهرمونية والحماية التأكسدية مكّنت نبات البرسيم من الحفاظ على كفايته الإنتاجية تحت الإجهاد المائي، مما يبرز أهمية استخدام مستخلص أوراق المورينجا MLE كمنظم حيوي واعد.

5. الاستنتاجات

1- تأثر النبات بالجفاف المائي كلما تباعدت مدد الري حيث انخفضت جميع الصفات المورفولوجية والفسيولوجية.

2- قلل الرش الورقي بمستخلص أوراق المورينجا من الأثار السلبية للإجهاد المائي.

3- أدى استخدام التركيز 5% من تحقيق فروق معنوية لحاصل القطعة التجريبية ومحتوى الكلوروفيل الكلي.

4- استطاع التركيز 10% أن يوجد فروقًا معنوية في نسبة المادة الجافة للمجموع الخضري وطول النبات والكلوروفيل أ.

5- أسهم الرش بمستخلص المورينجا في تحسين كفاية التمثيل الضوئي تحت ظروف الإجهاد المائي من خلال زيادة صبغات الكلوروفيل، مما انعكس إيجابًا على النمو والإنتاج.

التوصيات

1- ان يتبنى المزارعون استخدام المستخلص المائي لأوراق المورينجا باعتباره منشطًا حيويًا طبيعيا (Biostimulant) في برامج الإدارة الزراعية لمحاصيل العلف، وخاصة في المناطق المعرضة للجفاف، نظرًا لأثره في تحسين النمو والإنتاجية.

2- استخدام مدد رش متقاربة أو متباعدة لمعرفة المدد المناسبة للرش.

3- تشجيع إجراء مزيد من الدراسات الحقلية على محاصيل علفية مختلفة وفي بيئات متنوعة، لتحديد أفضل تراكيز للرش الورقي تحت ظروف إجهاد أخرى.

4- تشجيع تصنيع مستخلصات نباتية طبيعية محليًا لتكون في متناول المزارعين وبأسعار منخفضة، مع ضمان استقرار مكوناتها النشطة، بما يُسهم في تقليل الاعتماد على المنشطات الكيميائية مرتفعة التكلفة.

5- إدماج مستخلصات النباتات الطبيعية، مثل المورينجا، في برامج الزراعة المستدامة كبديل آمن وصديق للبيئة عن بعض المنشطات الكيميائية.

6- استخدام طرائق استخلاص أخرى ومقارنتها بطريقة الاستخلاص المستخدمة.

المراجع:

[1] H. El-Ramady, N. Abdalla, S. Kovacs, É. Domokos-Szabolcsy, N. Bákonyi, M. Fari, and C. M. Geilfus, “Sustainable biorefinery and production of alfalfa (Medicago sativa L.),” Egyptian Journal of Botany, vol. 60, no. 3, pp. 621–639, Dec. 2020.

[2] S. Khan et al., “Moringa leaf extract mitigates the adverse impacts of drought and improves the yield and grain quality of rice,” Plants, vol. 12, no. 13, p. 2511, 2023, doi: 10.3390/plants12132511.

[3] D. Tedesco et al., “Remote sensing on alfalfa as an approach to optimize production outcomes,” Remote Sensing, vol. 14, p. 4940, 2022, doi: 10.3390/rs14194940.

[4] A. M. Al-Mashileh, S. M. Qawas, and S. Al-Dabib, “The effect of palm tree shading on the growth, productivity, and nutritional value of alfalfa,” Damascus University Journal of Agricultural Sciences, vol. 21, no. 1, pp. 67–84, 2005.

[5] M. N. Sankari and A. H. Mashantat, Crop Environment. Aleppo, Syria: Aleppo University Publications, 1986.

[6] الإدارة العامة للإحصاء والمعلومات الزراعية، كتاب الإحصاء الزراعي السنوي. وزارة الزراعة والثروة السمكية والموارد المائية، الجمهورية اليمنية، 2024.

[7] M. C. Palada and L. C. Chang, Suggested Cultural Practices for Moringa. AVRDC, 2003.

[8] P. Siddhuraju and K. Becker, “Antioxidant properties of Moringa oleifera leaves,” Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 51, no. 8, pp. 2144–2155, 2003.

[9] L. Gopalakrishnan, K. Doriya, and D. S. Kumar, “Moringa oleifera: A review,” Food Science and Human Wellness, vol. 5, no. 2, pp. 49–56, 2016.

[10] J. W. Fahey, “Moringa oleifera: A review of the medical evidence,” Trees for Life Journal, vol. 1, no. 5, pp. 1–15, 2005.

[11] J. L. Rockwood, B. G. Anderson, and D. A. Casamatta, "Potential uses of Moringa oleifera," International Journal of Phytotherapy Research, vol. 3, no. 2, pp. 61–71, 2013.
[12] A. Leone et al., "Cultivation, genetic, ethnopharmacology and pharmacology of Moringa oleifera leaves," International Journal of Molecular Sciences, vol. 16, no. 6, pp. 12791–12835, 2015, doi: 10.3390/ijms160612791.
[13] S. Uddin et al., "Effect of seed priming on Vigna radiata under drought stress," Journal of Agriculture and Food Research, vol. 4, p. 100140, 2021.
[14] A. A. Abed, M. A. Bahwirth, and Y. M. Ali, "Comparison of spraying with Moringa oleifera leaf extract," Al-Academia Journal for Basic and Applied Sciences, vol. 3, no. 3, 2021.
[15] M. Haris et al., "Impact of Moringa oleifera leaf extract on mung bean," Journal of Agriculture and Veterinary Science, vol. 3, no. 2, pp. 255–267, 2024.
[16] K. A. Mshawer, "Role of potassium in maize under drought stress," Ph.D. dissertation, University of Baghdad, 2013.
[17] M. M. Elsahookie, A. O. Alfalahi, and A. F. Almehemdi, "Crop and soil management for drought tolerance," Iraqi Journal of Agricultural Sciences, vol. 40, no. 2, pp. 1–28, 2009.
[18] M. Al-Abboud, "Drought stress impact on chlorophyll pigments of sunflower," Journal of Plant Stress Physiology, vol. 12, no. 1, pp. 34–42, 2024.
[19] M. Qiao et al., "Impacts of drought on photosynthesis," Plants, vol. 13, p. 1808, 2024.
[20] A. A. Diatta, D. Min, and S. V. K. Jagadish, "Drought stress responses in alfalfa," Advances in Agronomy, vol. 170, pp. 35–100, 2021.
[21] X. Wu et al., "Metabolite profiling of barley under water stress," Frontiers in Plant Science, vol. 8, 2017.
[22] H. Ezura et al., "Transgenic alfalfa plants exhibit enhanced stress tolerance," PLOS ONE, vol. 10, 2015.
[23] L. I. Lalarukh et al., "Rhizobacteria and moringa extract mitigate drought in wheat," Frontiers in Microbiology, vol. 13, 2022.
[24] A. Shivpuri, O. P. Sharma, and S. Thamaria, "Fungitoxic properties of plant extracts," Journal of Mycology and Plant Pathology, vol. 27, no. 1, pp. 29–31, 1997.
[25] F. Alghabari, "Foliar application of plant extracts on barley under drought," Applied Ecology and Environmental Research, vol. 18, no. 5, pp. 6041–6052, 2020.
[26] R. Batool et al., "Moringa leaf extract on tomato under drought," Indus Journal of Bioscience Research, vol. 3, no. 6, pp. 256–268, 2025.
[27] A. Lawal et al., "Aqueous moringa leaf extract on tomato," Dutse Journal of Pure and Applied Sciences, vol. 10, no. 4B, 2024.
[28] D. M. G. Hendi et al., "Productivity of Nigella sativa influenced by moringa extract," Plant Archives, vol. 21, no. 1, pp. 559–568, 2021.
[29] ن. م. السقاف وآخرون، "تأثير مستخلص عرق السوس في نمو البصل،" مجلة جامعة عدن، مج. 22، ع. 2، ص. 249–258، 2018.
[30] ح. الورع وآخرون، النباتات الطبية والعطرية. حلب: منشورات جامعة حلب، 1993.
[31] و. ع. حسين، "تأثير مستخلصات نباتية في الخيار،" رسالة ماجستير، جامعة بغداد، 2002.
[32] م. م. حمزة وآخرون، "مستخلص عرق السوس في الإكثار الدقيق للبطاطا،" مجلة التقني، مج. 24، ع. 5، ص. 52–64، 2011.
[33] ح. ب. عبدالرحمن، "تأثير مستخلص الأعشاب البحرية في الفجل،" مجلة ديالى للعلوم الزراعية، مج. 6، ع. 1، ص. 172–178، 2014.
[34] س. م. بن سلمان، "تأثير الرطوبة والملوحة في الطماطة،" رسالة ماجستير، جامعة الموصل، 1996.
[35] G. Mackinney, "Absorption of light by chlorophyll solutions," Journal of Biological Chemistry, vol. 140, no. 2, pp. 315–322, 1941.
[36] X. Wang, Y. Li, and Y. Zhang, "Drought stress disrupts water balance," Environmental and Experimental Botany, vol. 209, p. 105887, 2023.
[37] L. Fan et al., "CO_2 and drought effects on Medicago sativa," Acta Agrestia Sinica, vol. 22, pp. 85–93, 2014.
[38] A. Mukamuhirwa et al., "Intermittent drought effects on rice," Journal of Agronomy and Crop Science, vol. 206, no. 2, pp. 252–262, 2020.
[39]S. Ahmed, M. Khalid, and M. Riaz, "Moringa extract on tomato growth," International Journal of Biological Research, vol. 12, no. 1, pp. 88–97, 2025.
[40] M. A. M. Bahawireth, Ph.D. dissertation, Assiut University, 2011.
[41] R. El-Mantawy and D. El-Hag, "Skipping irrigation and zinc on sunflower," Journal of Plant Production, vol. 9, no. 3, pp. 273–279, 2018.
[42] B. Srivalli et al., "Antioxidant defense in wheat under drought," Plant Growth Regulation, vol. 39, no. 2, pp. 135–142, 2003.
[43] Y. Allahverdiyeva et al., "Mechanisms of drought stress," Plant Physiology Reports, vol. 67, no. 4, pp. 289–301, 2011.
[44] M. M. Chaves, J. Flexas, and C. Pinheiro, "Photosynthesis under drought," Annals of Botany, vol. 103, no. 4, pp. 551–560, 2009.
[45] J. J. Irigoyen et al., "Alfalfa leaf senescence under drought," Physiologia Plantarum, vol. 84, pp. 67–72, 1992.
[46] H. A. Hussein et al., "Irrigation intervals and eggplant yield," Assiut Journal of Agricultural Sciences, vol. 41, no. 3, pp. 13–28, 2010.
[47] A. Yasmeen et al., "Moringa extract improves wheat under salinity," Plant Growth Regulation, vol. 69, no. 3, pp. 225–233, 2013.
[48] F. Zulfiqar, N. A. Akram, and M. Ashraf, "Osmoprotection in plants," Planta, vol. 251, no. 1, 2019.
[49] H. A. Hussein et al., "Water stress effects on okra," Australian Journal of Basic and Applied Sciences, vol. 5, no. 12, pp. 3024–3032, 2011.
[50] A. Rashid et al., "Silicon and moringa mitigate drought in mung bean," Notulae Botanicae Horti Agrobotanici, vol. 51, no. 2, 2023.
[51] M. Arif et al., "Moringa leaf extract as biostimulant," Plant Stress, vol. 7, p. 100156, 2023.
[52] F. Zulfiqar et al., "Moringa improves abiotic stress tolerance," Plant Physiology and Biochemistry, vol. 149, pp. 98–105, 2020.
[53] N. Buthelezi et al., "Antioxidant role of moringa under drought," Plant Physiology and Biochemistry, vol. 223, p. 107656, 2025.
[54] A. Abdelkhalik et al., "Synergistic effects of ZnO nanoparticles and moringa extract," Plants, vol. 14, p. 544, 2025.