LJEEST
ISSN 2710-7337
www.srcest.org.ly/jou

المجلة الليبية لعلوم وتكنولوجيا البيئة

Libyan Journal of Ecological & Environmental Sciences and Technology(LJEEST)

DOI: https://doi.org/10.63359/tc7qvq43

تأثير الرش الورقي بالمثيونين على الصفات الكيميائية الحيوية لنباتي اللفت (*Brassica rapa L.* subsp. *rapa*) والبنجر الأحمر (*Beta vulgaris* L.)

مروة مصباح الغراري[1] محمد مفتاح الجروشي[2]

ARTICLE INFO

Vol. 8 No. 1 , April 2026

Pages (A42- 48)

Article history:
Revised form 21 March 2026
Accepted 19 April 2026

Authors affiliation
1. Biology department, Faculty of Education, Misurata University, Misurata, Libya.
2. Biology department, Faculty of Sciences, Misurata University, Misurata , Libya.
biology56781@mail.com

Keywords:
Turnip (*Brassica rapa* L.), Red beet (*Beta vulgaris* L.), Biochemistry.

© 2026
Content on this article is an open access licensed under creative commons CC BY-NC 4.0.

الملخص

يهدف هذا البحث إلى تقييم تأثير الرش الورقي بالحمض الأميني المثيونين على الصفات البيوكيميائية لنباتي اللفت (*Brassica rapa* L. subsp. *rapa*) والبنجر الأحمر (*Beta vulgaris* L.) نُفذت تجربة حقلية باستخدام التصميم العشوائي الكامل بأربعة تراكيز من الميثيونين (الشاهد، 0.5%، 1%، و 1.5%) مع ثمانية مكررات. أوضحت النتائج أن تأثيرات الرش بالميثيونين على الصفات الكيميائية الحيوية كانت متباينة تبعاً لتركيزه، حيث سُجلت أعلى زيادة لمحتوى الكلوروفيل عند التركيز 1.5%. أدت التراكيز المنخفضة إلى زيادة محتوى السكريات الذائبة في الأوراق والجذور في حين أن التراكيز الأعلى تسببت في انخفاضه. أظهر المثيونين تأثيراً محفزاً على محتوى البروتينات الذائبة في الأوراق في حين كان تأثيره مثبطاً على محتواها في الجذور، مما يعكس اختلاف التأثير الفسيولوجي للمثيونين بين الأعضاء النباتية. محتوى الأحماض الأمينية الحرة الكلية أظهر استجابة مختلفة معتمدة على التركيز. أما محتوى البرولين فقد انخفض في نبات اللفت في جميع التراكيز مقارنة بالشاهد مما يدل على دور المثيونين في تحسين الحالة الفسيولوجية للنبات، بينما في نبات البنجر أعطت التراكيز المنخفضة نفس محتوى البرولين عند الشاهد لكنه ارتفع قليلاً عند التركيز المرتفع. نستنتج أن المثيونين ساهم في تحسين بعض الصفات الكيميائية الحيوية عند التراكيز المنخفضة بينما كانت تأثيراته سلبية عند معظم التراكيز المرتفعة.

Effect of Foliar Methionine Application on the Biochemical Characteristics of Turnip (*Brassica rapa* L. *subsp. rapa*) and Red Beet (*Beta vulgaris* L.)

Marwa Mohamed

This study aims to evaluate the effect of foliar application of the amino acid methionine on the biochemical traits of turnip (*Brassica rapa* L. subsp. *rapa*) and red beet (*Beta vulgaris* L.). A field experiment was conducted using a completely randomized design with four methionine concentrations (control, 0.5%, 1%, and 1.5%) and eight replicates. The results showed that the effects of methionine spraying on biochemical traits varied depending on its concentration, with the highest increase in chlorophyll content recorded at 1.5%. Lower concentrations enhanced the soluble sugar content in leaves and roots, whereas higher concentrations caused a reduction. Methionine had a stimulatory effect on soluble protein content in leaves but an inhibitory effect in roots, reflecting a differential physiological response between plant organs. The total free amino acid content exhibited concentration-dependent responses. Proline content decreased in turnip, indicating a role of methionine in improving the physiological status of the plant, while in beet, low concentrations maintained the same proline level as the control, but it slightly increased at higher concentrations. We conclude that methionine contributed to the improvement of certain biochemical traits at lower concentrations, while its effects were mostly negative at higher concentrations.

المقدمة:

تُعتبر المحاصيل الجذرية (اللفت والبنجر) ذات أهمية كبيرة في الزراعة والتغذية، ويرجع ذلك إلى قيمتها الغذائية واحتوائها على العديد من المعادن والفيتامينات والألياف. يعد اللفت من الخضروات التي تستهلك على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم، وتحظى باهتمام كبير؛ نظراً لاحتوائها على مكونات كيميائية نباتية مهمة في تغذية الإنسان، حيث تعتبر الجذور والأوراق والسيقان وبراعم الأزهار أجزاء صالحة للأكل فهي غنية بعدة أنواع من الأملاح المعدنية، بالإضافة إلى السكريات والبروتينات والقليل من الدهون، كما أن أوراقه تحتوي على مركبات الأيض الثانوي مثل الفلافونويد وقلويدات إندول جلوكوسيدات ستيرول (صالحي وآخرون، 2023). كما يُعتبر البنجر الأحمر من المحاصيل الزراعية المهمة إذ يعد أحد الخضروات الغنية بالمواد الغذائية والمركبات ذات الفوائد الطبية التي ينفرد بها عن باقي النباتات، تحتوي أوراقه على الحديد يفوق مافي السبانخ، بالإضافة إلى احتوائه على البروتينات والكربوهيدرات والفيتامينات والفوسفور والزنك والألياف وحامض الفوليك والأحماض الأمينية والعضوية والأملاح المعدنية، كما أنه يعتبر علاج فعال لحالات الأنيميا حيث أنه يعمل على رفع نسبة الهيموجلوبين المنخفض، يستخدم عصيره في علاج سرطان القولون والكبد ويوسع الأوعية الدموية وبالتالي يخفض من مستوى ضغط الدم، ويخفف من علامات الشيخوخة المبكرة لما فيه من مضادات الأكسدة، بالإضافة إلى احتوائه على مادة البيتالين التي تعطيه اللون الأحمر وهي مادة عضوية، وأكدت الأبحاث الحديثة أن هذه المادة تعرقل نمو الأورام الخبيثة (قاضي وبن سعيدة، 2017) .ونظرًا لأن المنتجات النباتية تشكل جزءً كبيراً من النظام الغذائي البشري، فإن مضادات الأكسدة الطبيعية وخاصة الأصباغ النباتية تصبح ذات أهمية كبيرة، ومن أبرز فئات الأصباغ النباتية التي تمتاز بخصائصها المضادة للأكسدة الكاروتينات والبيتالينات والفلافونويدات. الفلافونويدات والبيتالينات هي صبغات قابلة للذوبان في الماء، وتوجد البيتالينات بشكل رئيسي في نبات البنجر، ويرتبط النشاط المضاد للأكسدة المتزايد للبيتالينات بقدرتها العالية على منح الإلكترونات (Sokolova, 2024).

تُعد الصفات الكيميائية الحيوية مؤشرات مهمة لصحة النبات وقدرته وكفاءته في التكيف مع التحديات البيئية المختلفة، بما في ذلك الاجهادات الحيوية واللاحيوية (Agbemafle *et al*, 2025) . تسهم هذه الصفات في تحديد الآليات الداخلية التي تمكن النبات من البقاء والإنتاج في الظروف البيئية القاسية (Bekmurzaeva *et al*, 2025). ونظراً لزيادة معدل النمو السكاني المستمر والتغيرات البيئية، يزداد الطلب العالمي على الغذاء وتبرز الحاجة الماسة لزيادة الإنتاج الزراعي، وأصبح من الضروري البحث عن بدائل، منها اتجه البحاث إلى استخدام المحفزات البيولوجية مثل الأحماض ومستخلصات خلايا الطحالب ومنظمات النمو النباتية وغيرها، حيث تسهم بشكل فعال في تعزيز نمو النباتات وزيادة إنتاجيتها (Almas *et al*, 2021). تُشكل الأحماض الأمينية مصدراً مهماً داخل النبات نظراً لدورها كمنظمات نمو طبيعية آمنة، مما يقلل من مصادر التلوث في الزراعة. برز استخدام الرش الورقي بالأحماض الأمينية منها الميثيونين كاستراتيجية واعدة لتحسين هذه الصفات الكيميائية الحيوية وزيادة مقاومة النبات للإجهادات البيئية ويُستخدم الرش الورقي بالمثيونين لتحسين هذه الصفات وزيادة مقاومة النبات للإجهادات(Thang & Linh, 2023) . بالإضافة إلى ذلك يمثل اللبنة الأساسية في تركيب البروتينات ومقدمة لتخليق مركبات هامة أخرى مثل الإيثيلين وهو هرمون نباتي ينظم النمو والتطور والاستجابة للإجهاد البيئي (Makinen & Swarnalok, 2019)ونظرًا لأهمية المثيونين فإن المستويات المنخفضة منه في النباتات يمك ن أن تقلل من قيمتها الغذائية، مما يجعل تعزيز محتواه هدفًا بحثيًا مهمًا لتحسين الجودة الغذائية للمحاصيل (Amir *et al*, 2019). تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير تركيزات مختلفة من المثيونين على محتوى الكلوروفيل، السكريات الذائبة، البروتينات، الأحماض الأمينية الحرة، ومستوى البرولين في أوراق وجذور نباتي اللفت والبنجر الأحمر.

المواد والطرق:

أُجريت الدراسة على نباتي اللفت (*Brassica rapa* L. subsp *rapa*) والبنجر الأحمر(*Beta vulgaris* L.)، والتي تم الحصول على بذورها من السوق المحلي (المجمع الزراعي لتوزيع المعدات والمستلزمات الزراعية مصراتة- ليبيا). نُفذت التجربة الحقلية في منطقة الدافنية خلال الموسم الزراعي (خريف 2024)، استخدم التصميم العشوائي الكامل (Completely Randomized Design - CRD) بمعدل أربعة معاملات (تركيز المثيونين: 0% الشاهد، 0.5%، 1%، 1.5%) مع ثمانية مكررات لكل معاملة. جُهزت التربة وزرعت البذور مع الحفاظ على مسافة 25 سم بين المعاملات و10 سم بين المكررات داخل المعاملة الواحدة. غُطيت البذور بطبقة رقيقة من التربة ورويت بالماء بشكل منتظم. بعد شهر من الزراعة، رُشت النباتات بالمثيونين وفق التراكيز المحددة ثلاث مرات بفاصل زمني 10 أيام بين كل رشة وأخرى. بعد 100 يوم من الزراعة جُمعت النباتات وفُصِل المجموع الخضري عن المجموع الجذري وجُفِفت في الفرن ثم استخدمت في إجراء التحاليل:

أولاً: محتوى الكلوروفيل:

أُخِذت أربع قراءات خلال موسم النمو (قبل كل رشة للمثيونين وقبل الحصاد النهائي) باستخدام جهاز قياس الكلوروفيل SPAD-502. ثم حُولت قراءات SPAD إلى تركيز الكلوروفيل الفعلي (ميكروجرام/سم^2) باستخدام المعادلة التي ذكرها (Cerovica *et al*, 2012):

$$\mathbf{Chl = (99 \times SPAD) / (144 - SPAD)}$$

ثانياً: تقدير تراكيز بعض المواد الأيضية

تحضير المستخلص النباتي Plant Extraction:

حُضِر المستخلص حسب ما أشار إليه (Tamboli *et al*, 2020) من خلال وزن 5 جم من مسحوق العينة الجافة ثم وضع في زجاجات معتمة اللون وأضيف له 100 مل من الماء المقطر، ثم وُضعت هذه الزجاجات على جهاز الهزاز للسوائل Shaker لمدة 24 ساعة ثم رُشح المستخلص باستخدام ورق ترشيح Filter-lab واستخدم فيما بعد في إجراء التحاليل. قُدرت تراكيز بعض المواد الأيضية في مستخلصات المجموع الخضري والجذري (ملجم/ جم وزن جاف) وفق الطرق القياسية التالية:

- السكريات الذائبة: بطريقة (Dubois *et al.*, 1956).
- البروتينات الذائبة: بطريقة فولين (Folin) حسب (Lowry *et al.*, 1951).
- الأحماض الأمينية الحرة الكلية: بطريقة النينهيدرين (Lee and Takahashi., 1966).
- حمض البرولين: بطريقة النينهيدرين الحامضي (Bates *et al.*, 1973).

حُللت البيانات إحصائياً باستخدام تحليل التباين الأحادي (One-Way ANOVA) بمساعدة برنامج (SPSS) الإصدار 24. قُورنت متوسطات المعاملات باستخدام اختبار أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى دلالة (0.05) لتحديد الفروق المعنوية بين تأثيرات تراكيز المثيونين المختلفة.

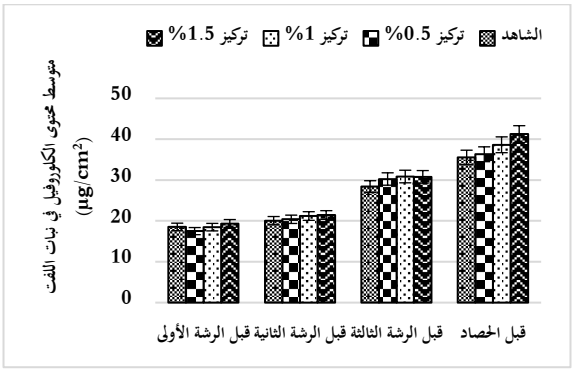
النتائج:والمناقشة

1. محتوى الكلوروفيل:

أظهرت النتائج بالشكلين (1، 2) وجود تأثيرات إيجابية للرش بالمثيونين على محتوى الكلوروفيل في نباتي اللفت والبنجر في جميع التراكيز مقارنة بالشاهد بعد الرش بالمثيونين، أعطت النباتات المعاملة بتركيز 1.5% أعلى متوسط لمحتوى الكلوروفيل.

أ. في نبات اللفت

- قبل الرش بالمثيونين بلغ متوسط محتوى الكلوروفيل عند التركيز 1.5% (19.37 $\mu g/cm^2$) مقارنة بـ (18.53 $\mu g/cm^2$) عند الشاهد.
- بعد الرشة الأولى بلغ متوسط محتوى الكلوروفيل عند التركيز 1.5% (21.44 $\mu g/cm^2$) مقارنة بـ (20.07 $\mu g/cm^2$) عند الشاهد.
- بعد الرشة الثانية بلغ متوسط محتوى الكلوروفيل عند التركيز 1.5% (30.79 $\mu g/cm^2$) مقارنة بـ (28.42 $\mu g/cm^2$) عند الشاهد.
- قبل الحصاد بلغ متوسط محتوى الكلوروفيل عند التركيز 1.5% (41.25 $\mu g/cm^2$) مقارنة بـ (35.54 $\mu g/cm^2$) عند الشاهد.



الشكل (1) محتوى الكلوروفيل في نبات اللفت

ب. في نبات البنجر

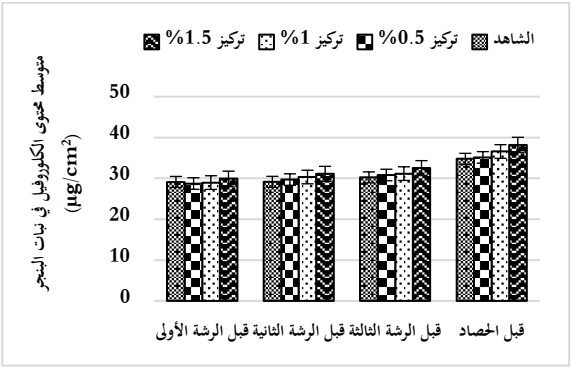
- بلغ متوسط محتوى الكلوروفيل عند التركيز 1.5% قبل الرش بالمثيونين (29.94 $\mu g/cm^2$) مقارنة بـ (29.13 $\mu g/cm^2$) عند الشاهد.
- بلغ متوسط محتوى الكلوروفيل عند التركيز 1.5% بعد الرشة الأولى (31.11 $\mu g/cm^2$) مقارنة بـ (29.16 $\mu g/cm^2$) عند الشاهد.
- بلغ متوسط محتوى الكلوروفيل عند التركيز 1.5% بعد الرشة الثانية (32.51 $\mu g/cm^2$) مقارنة بـ (30.24 $\mu g/cm^2$) عند الشاهد.
- بلغ متوسط محتوى الكلوروفيل عند التركيز 1.5% قبل الحصاد (38.22 $\mu g/cm^2$) مقارنة بـ (34.79 $\mu g/cm^2$) عند الشاهد.

2. محتوى السكريات الذائبة (mg/g):

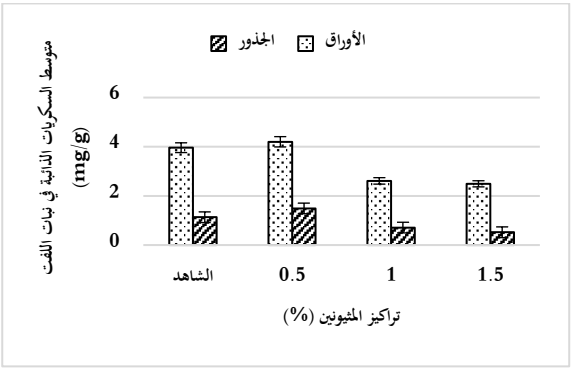
أظهرت النتائج بالشكلين (3، 4) وجود تأثيرات مختلفة للرش بالمثيونين على محتوى السكريات الذائبة في أوراق وجذور نباتي اللفت والبنجر.

أ. في نبات اللفت:

- في الأوراق: ازداد متوسط محتوى السكريات الذائبة من 1.13 mg/g عند الشاهد إلى 1.49 mg/g عند التركيز 0.5%، بينما أدت بقية التراكيز إلى انخفاض معنوي في المتوسط
- في الجذور: أيضاً ازداد متوسط محتوى السكريات إلى 4.2 mg/g عند التركيز 0.5% مقارنة بـ 3.96 mg/g عند الشاهد، بينما انخفض المتوسط عند بقية التراكيز.



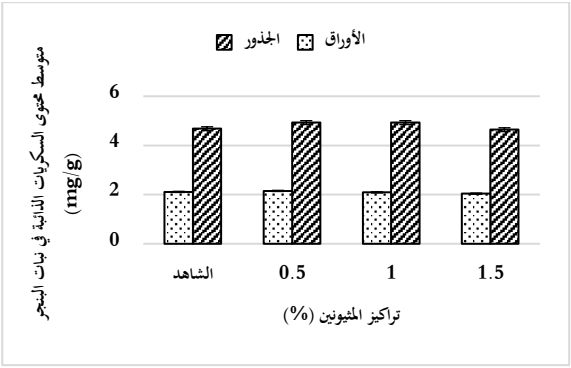
الشكل (2) محتوى الكلوروفيل في نبات البنجر



الشكل (3) محتوى السكريات الذائبة في أوراق اللفت

ب. في نبات البنجر

- في الأوراق: ارتفع متوسط محتوى السكريات عند التركيز 0.5% إلى 2.15 mg/g مقارنة بـ 2.11 mg/g عند الشاهد.
- في الجذور: أعطى التركيزين (0.5%، 1%) نفس المتوسط الذي بلغ 4.93 mg/g مقارنة بـ 4.68 mg/g عند الشاهد.



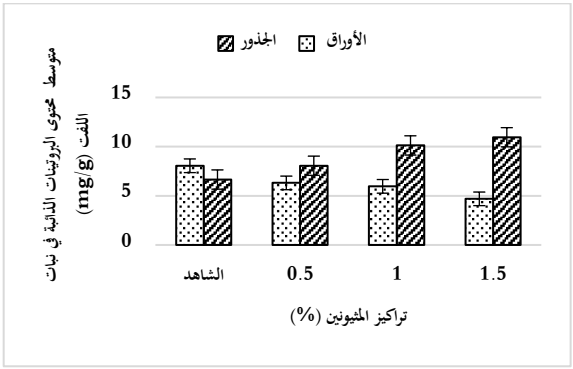
الشكل (4) محتوى السكريات الذائبة في نبات البنجر

3. محتوى البروتينات الذائبة (mg/g):

أظهرت النتائج بالشكلين (5، 6) ارتفاع ملحوظ في متوسط محتوى البروتينات الذائبة في الأوراق وانخفاض في المتوسط في الجذور مقارنة بالشاهد.

أ. في نبات اللفت

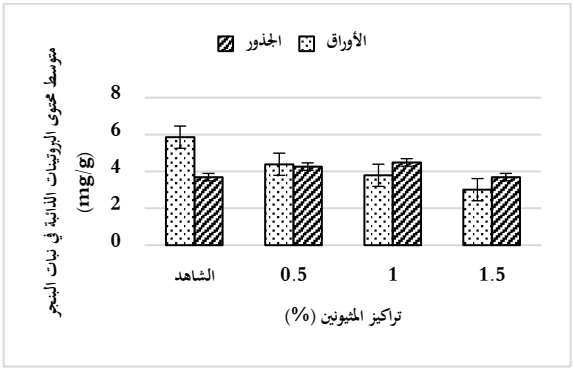
- في الأوراق: ارتفع المتوسط عند التركيز 1.5% إلى 10.95 mg/g مقارنة بـ 6.65 mg/g عند الشاهد.
- في الجذور: انخفض المتوسط من 8.05 mg/g عند الشاهد إلى 4.69 mg/g.



الشكل (5) محتوى البروتينات الذائبة في نبات اللفت

ب. في نبات البنجر

- **في الأوراق:** ارتفع المتوسط إلى 4.49 mg/g عند التركيز 1% مقارنة بـ 3.69 mg/g بينما أعطى التركيز 1.5% نفس المتوسط عند الشاهد.
- **في الجذور:** انخفض المتوسط إلى 3.01 mg/g عند التركيز 1.5% مقارنة بـ 5.86 mg/g عند الشاهد.



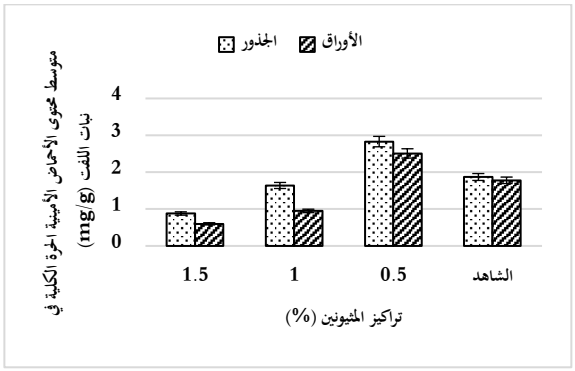
الشكل (6) محتوى البروتينات الذائبة في نبات البنجر

4. محتوى الأحماض الأمينية الحرة الكلية (mg/g):

أوضحت النتائج الشكلين (7،8) تأثيرات مختلفة للرش بالمثيونين على محتوى الأحماض الأمينية الحرة الكلية في الأوراق والجذور لنباتي اللفت والبنجر.

أ.: في نبات اللفت:

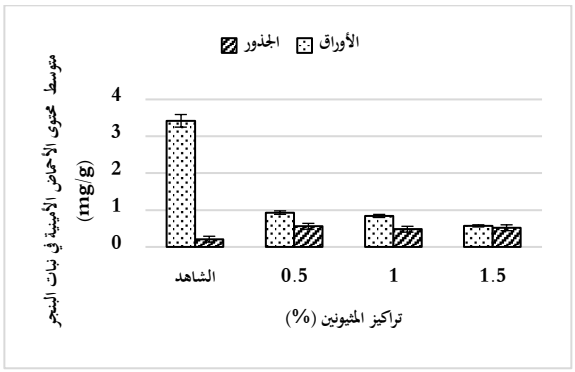
- **في الأوراق:** ارتفع متوسط الأحماض الأمينية الحرة الكلية من 1.87 mg/g عند الشاهد إلى 2.83 mg/g عند التركيز 0.5%.
- **في الجذور:** أيضاً ارتفع المتوسط من 1.78 mg/g عند الشاهد إلى 2.51 mg/g عند التركيز 0.5%.



الشكل (7) محتوى الأحماض الأمينية الحرة الكلية في نبات اللفت

ب.: في نبات البنجر

- **في الأوراق:** أدت جميع التراكيز إلى زيادة معنوية في المتوسط، وبلغ أعلاها 0.56 mg/g عند التركيز 0.5% مقارنة بـ 0.21 mg/g عند الشاهد.
- **في الجذور:** أدت جميع التراكيز إلى نقص معنوي في المتوسط، وبلغ أقل متوسط 0.57 mg/g عند التركيز 1.5% مقارنة بـ 3.42 mg/g عند الشاهد.

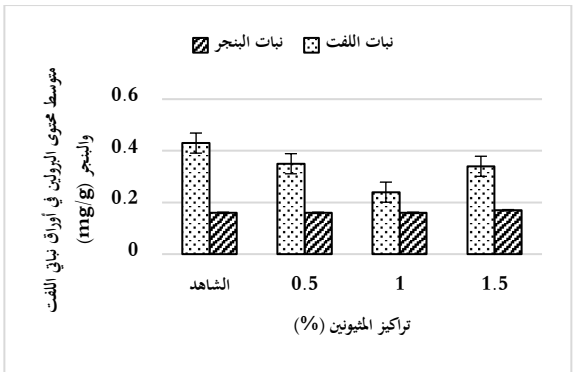


الشكل (8) محتوى الأحماض الأمينية الحرة الكلية في نبات البنجر

5. محتوى البرولين (mg/g):

أظهر محتوى البرولين في أوراق نباتي اللفت والبنجر بالشكل (9) استجابة مختلفة نتيجة الرش بالمثيونين حيث أدى إلى نقص معنوي في متوسط محتوى البرولين في نبات اللفت وبلغ أقل متوسط 0.24 mg/g عند التركيز 1% مقارنة بـ 0.43 mg/g عند الشاهد.

في نبات البنجر أعطى التركيزين 0.5%، 1% متوسطاً مساوٍ لنفس المتوسط عند الشاهد والذي بلغ 0.16 mg/g بينما ارتفع المتوسط إلى 0.17 mg/g عند التركيز 1.5%.



الشكل (9) محتوى البرولين في أوراق نباتي اللفت والبنجر

– المناقشة:

هدفت الدراسة الحالية إلى تقييم الاستجابات البيوكيميائية لنباتي اللفت (*Brassica rapa* subsp *rapa* L.) والبنجر الأحمر (*Beta vulgaris* L.) للمعاملة الورقية بالحمض الأميني المثيونين بتراكيز مختلفة (0.5%، 1%، و1.5%). أشارت النتائج أن المثيونين أظهر تأثيرات متباينة على الصفات الكيميائية الحيوية كالاتى:

1. محتوى الكلوروفيل:

أوضحت النتائج أن الرش بالمثيونين أدى إلى تأثيرات إيجابية على محتوى الكلوروفيل في أوراق نباتي اللفت والبنجر الأحمر وبلغ أعلى محتوى للكلوروفيل عند التركيز 1.5% ؛ يعود السبب في ذلك أن المثيونين يدخل في تركيب البروتينات والإنزيمات التي تشارك في تكوين الكلوروفيل مما يحفز من زيادة إنتاجه في الأوراق، كما أن المثيونين يشجع من امتصاص العناصر الغذائية مثل النيتروجين والحديد والماغنسيوم وهذه العناصر ضرورية لتكوين الكلوروفيل، بالإضافة إلى أن المثيونين يعمل كمضاد للأكسدة مما يقلل من تأثير الظروف البيئية القاسية مثل الجفاف والحرارة وبالتالي يحافظ على نشاط الخلايا النباتية المسؤولة عن تكوين الكلوروفيل. اتفقت هذه النتائج مع دراسات كل من (Sarropoulou *et al*, 2013؛ Akram *et al*, 2020؛ Mekawy, 2019؛ Zulqadar *et al*, 2015؛ El- Bauome *et al*, 2022؛ Mehak *al*, 2021؛ Arshad *et al*, 2023؛ Akram *et al*, 2024؛ بينما تعارضت مع دراسة Aminifard *et al*, (2024).

2. محتوى السكريات الذائبة:

أدى التركيز 0.5% إلى زيادة في متوسط محتوى السكريات الذائبة في الأوراق والجذور(علماً بأن التركيز 1% في جذور البنجر أدى إلى زيادة محتوى السكريات وأعطى نفس المتوسط مع التركيز 0.5%)، وهذا يرجع للدور الحيوي للمثيونين في تنشيط عمليات الأيض والتمثيل الضوئي مما يعزز من إنتاج السكريات الذائبة وتحسين نقل وتوزيع نواتج البناء الضوئي داخل النبات عبر اللحاء، كما أن المثيونين يعمل على تنشيط الإنزيمات المحللة للنشا والسكروز إلى سكريات بسيطة وأكثر ذوباناً مما يزيد من تراكمها في الأنسجة، بالإضافة إلى دور المثيونين في توازن الهرمونات وزيادة مقاومة النباتات للإجهادات البيئية. أما التراكيز المرتفعة فقد أظهرت تأثيرات سلبية على محتوى السكريات الذائبة في الأوراق والجذور؛ وربما يرجع السبب في ذلك أن المثيونين ينشط العمليات الحيوية ومن ضمنها عملية التنفس مما يؤدي إلى استهلاك السكريات لإنتاج الطاقة، كما أن المثيونين يدخل في تصنيع الإيثيلين والإنتاج المفرط للإيثيلين يسرع من الشيخوخة في النبات مما يؤثر على العمليات الفسيولوجية للنبات، بالإضافة إلى أن المثيونين الزائد قد يتحول إلى مركبات أخرى مثل الأمونيا الذي يؤثر سلباً على الخلايا النباتية وتقلل من كفاءة إنتاج السكريات. اتفقت نتائج نبات اللفت عند التركيز 0.5% والبنجر عند نفس التركيز بالنسبة للأوراق (أما الجذور تركيز 0.5%، 1%) مع دراسة (Sarropoulou *et al*, 2013؛ Bakhoum *et al*, 2018؛ Almas *et al*, 2021؛ El- Bauome *et al*, 2022؛ Khater *et al*, 2024)، بينما تعارضت النتائج في نباتي اللفت والبنجر عند التركيزين 1%،1.5% بالنسبة للأوراق في البنجر (أما في الجذور تركيز 1.5%) مع هذه الدراسات.

3. محتوى البروتينات الذائبة:

أظهر الرش بالمثيونين تأثيرات متباينة في متوسط محتوى البروتينات الذائبة في نباتي اللفت والبنجر الأحمر، كانت هذه التأثيرات إيجابية على الأوراق وسلبية على الجذور؛ إذ يؤدي إلى زيادتها في الأوراق بفضل تحفيز عملية البناء الضوئي ورفع إنتاج الأحماض الأمينية وتنشيط الإنزيمات المسؤولة عن تركيب البروتينات، إضافة إلى دوره في تكوين الإيثيلين والسيتوكينينات التي تدعم النمو والتمايز في الأوراق، بينما في الجذور يظهر أثره السلبي بسبب نتيجة اختلاف طبيعة الأنسجة ووظائفها، حيث يعاد توجيه الموارد الأيضية نحو الأوراق، كما أن نشاط الإنزيمات المسؤولة عن تخليق البروتينات في الجذور يكون أقل اعتماداً على النقل من الأوراق، أو بسبب أن هذه التراكيز سببت خللاً في نسيج اللحاء مما أثر على عملية نقل البروتينات الذائبة من الأوراق إلى الجذور. اتفقت النتائج في الأوراق في نبات اللفت في جميع التراكيز والبنجر عند التركيزين 0.5%، 1% مع دراسات كل من (El-Awadi *et al*, 2011؛ Bakhoum *et al*, 2018؛ Perveen & Hussain, 2021؛ Othman *et al*, 2023؛ Khater *et al*, 2024) بينما تعارضت النتائج في نبات البنجر عند التركيز 1.5% مع هذه الدراسات). أما في الجذور فقد تعارضت النتائج في نباتي اللفت والبنجر في جميع التراكيز مع دراسات كل من (El-Awadi *et al*, 2011؛ Bakhoum *et al*, 2018؛ Perveen & Hussain, 2021؛ Othman *et al*, 2023؛ Khater *et al*, 2024).

4. محتوى الأحماض الأمينية الحرة الكلية:

أظهرت الأحماض الأمينية الحرة الكلية استجابة مختلفة معتمدة على التركيز في نباتي اللفت والبنجر وكانت هذه الإستجابة إيجابية في نبات اللفت على الأوراق والجذور عند التركيز 0.5% وفي الأوراق البنجر عند جميع التراكيز مقارنة بالشاهد، وسلبية عند التراكيز المتوسطة والعالية في اللفت وعلى جذور البنجر في جميع التراكيز. وذلك لأن التراكيز المنخفضة من المثيونين المنخفضة تحفز امتصاص النيتروجين من التربة الذي يدخل في تركيب مجموعة الأمين مما يؤدي إلى زيادة نسبة الأحماض الأمينية في النبات، بينما التراكيز المتوسطة والمرتفعة تسبب في حدوث اختلال في التوازن الأيضي وتثبيط عمل الإنزيمات مما يقلل من كفاءة تصنيع الأحماض الأمينية. اتفقت النتائج في أوراق وجذور نبات اللفت عند التركيز 0.5% وفي أوراق البنجر عند جميع التراكيز مع دراسات (El-Awadi *et al*, 2011 ؛ Bakhoum *et al*, 2018؛ Mekawy , 2019؛ Almas *et al*, 2021؛ Khater *et al*, 2024) بينما تعارضت مع نتائج اللفت عند التركيزين 1%، 1.5% في الأوراق والجذور وفي جذور البنجر في جميع التراكيز.

5. محتوى البرولين:

أظهرت المعاملة الورقية بالمثيونين تأثيرات إيجابية على محتوى البرولين في أوراق نبات اللفت عند الجميع التراكيز مقارنة بالشاهد، مما يدل على عدم تعرض النبات للإجهاد عند هذه التراكيز حيث عملت على تحسين الحالة الفسيولوجية للنبات من خلال خفض مستوى البرولين مقارنةً بالشاهد، كما أن المثيونين يعمل على تحفيز النمو الخضري في النبات مما يقلل من الحاجة إلى تراكم البرولين كمادة واقية.

في نبات البنجر أوضحت النتائج عند تقدير محتوى البرولين في أوراق البنجر وجود فروق معنوية، فقد أعطى التركيزين 0.5%، 1% متوسط لمحتوى البرولين مساوٍ لمتوسط محتوى البرولين عند الشاهد والذي بلغ 0.16 mg/g مما يدل على أن هذه التراكيز لم تسبب في تعريض النبات إلى إجهاد، بينما في التركيز 1.5% ارتفع متوسط محتوى البرولين والذي بلغ 0.17 mg/g ، مما يدل على تعرض النبات عند هذا التركيز إلى إجهاد وحدوث اضطراب في التوازن الأيضي مما دفع النبات إلى إنتاج البرولين كمادة واقية وحماية الخلية من التلف. اتفقت النتائج في نبات البنجر عند التركيز 1.5% مع دراسات (Bakhoum *et al*, 2018؛ Simón *et al*, 2020؛ Almas *et al*, 2021؛ Mehak *et al*, 2021؛ El- Bauome *et al*, 2022؛ Arshad *et al*, 2023؛ Shi, 2025)، بينما تعارضت النتائج في نبات اللفت في جميع التراكيز ونتائج البنجر عند التركيزين 0.5%، 1% مع هذه الدراسات.

الخلاصة:

استناداً إلى النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة اتضح أن المعاملة الورقية بالمثيونين أدت إلى:

1. زيادة مستويات الكلوروفيل وتحسين كفاءته الحيوية.
2. علاقة عكسية بين تركيز المثيونين ومحتوى السكريات الذائبة، إذ ارتفعت عند التراكيز المنخفضة وانخفضت عند التراكيز المرتفعة.
3. التأثير المزدوج على محتوى البروتينات الذائبة، إذ ساهم في رفع مستوياتها في الأوراق وانخفاضها في الجذور.
4. استجابة متباينة في محتوى الأحماض الأمينية الحرة الكلية تبعاً لاختلاف مستويات التركيز.
5. تراجع محتوى البرولين في نبات اللفت عند جميع التراكيز، نتيجة لانخفاض الحاجة لتراكمه كعامل حماية تحت ظروف الإجهاد. في نبات البنجر أعطت التراكيز المنخفضة متوسطاً مساوٍ للمتوسط عند الشاهد بينما ارتفع قليلاً عند التركيز العالي، ويعزى ذلك إلى أن المستويات المرتفعة من المثيونين أحدثت اجهاد أيضي دفع النبات إلى تعزيز تراكم البرولين كآلية دفاعية للتكيف مع الإجهاد الناتج عن التركيز العالي.
6. المثيونين بتراكيز منخفضة يعمل كمضاد للأكسدة بالتالي له دور مهم في تقليل الظروف البيئية القاسية مثل الجفاف والحرارة.

المراجع:

صالحي، نجاة وعناد، امال وفريحات، داود (2023). تأثير الإجهاد الملحي على بعض المحاصيل الجذرية اللفت والفجل والشمندر السكري في مرحلة مبكرة من النمو. رسالة ماجستير، كلية علوم الطبيعة والحياة، جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي، الجزائر.

قاضي، راضية وسعيدة، بن موسى (2017). دراسة تأثير الزراعة المختلطة على البنجر الأحمر *Beta vulgaris* L في ولاية الوادي. رسالة ماجستير، كلية علوم الطبيعة والحياة، جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي، الجزائر.

Agbemafle, W., Jayasinghe, V. and Bassham D. (2025). Can autophagy enhance crop resilience to environmental stress? Phil. Trans. R. Soc, 1-16. doi.org/10.1098/rstb.2024.0245

Akram, N., Hani, U., Ashraf, M., Ashraf, M. Sadiq, M. (2020). Exogenous application of L-methionine mitigates the drought-induced oddities in biochemical and anatomical responses of bitter gourd (*Momordica charantia* L.). Scientia Horticulturae, 267 (1).

Akram, N., Fatima, K., Kong, H., Zafar, N., Mahmood, S., Ashraf, M., Latef, A. (2024). Interactive effect of drought stress and l-Methionine on the growth and physio-biochemical changes in Broccoli (*Brassica oleracea* L. *var. italica*): Leaf and head. Journal of Plant Growth Regulation, 43, 1954-1966.

Almas, H., Nisa, Z., Anwar, S., Kausar, A., Farhat, F., Munawar, M., Khalizadieh, R. (2021). Exogenous application of methionine and phenylalanine confers salinity tolerance in Tomato by concerted regulation of metabolites and antioxidants. Journal of Soil Science and Plant Nutrition.doi: 10.1007/s42729-021-00588- 9.

Aminifard, M., Jorkesh, A., Fatemi, H., Mohammadi, S. (2024). *I*nfluence of an exogenous application of glycine betaine and methionine on biochemical and morphological traits of basils (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Horticulture and Postharvest Research, 7(3): 263-276.

Amir, R., Cohen, H., Hacham, Y. (2019). Revisiting the attempts to fortify methionine content in plant seeds. Journal of Experimental Botany, 70 (16):4105-4114. doi:10.1093/jxb/erz134

Arshad, R.; Arfen, M.; Ahmad, F.; Munir. H. (2023). L-Methionine a viable exogenous intervention for enhanced growth, yield, antioxidant and ionic activities in hybrid maize. Journal of Xi'an Shiyou University, Natural Sciences Edition, 66 (7):300-317.

Bakhoum, G., Badr, E., Sadak, M., Kabesh, M., Amin, G. (2018). Improving growth, some biochemical aspects and yield of three cultivars of soybean plant by methionine treatment under sandy soil condition. International Journal of Environmental Research. doi.org/10.1007/s41742-018-0148-1.

Bates, L. S., Waldren, R. P. Teare, I. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and soil, 39 (1):205-207.

Bekmurzaeva, I., Sobralieva, E., Bekmurzaeva, R., Alimurzaev, S. (2025). Optimizing nutrient dynamics for crop resilience to abiotic stress: An endogenous phytohormone perspective. Plants, 1-17. https://doi.org/10.3390/ plants1421330.

Cerovica, Z., Masdoumierd, G., Ben Ghozlena, N., Latouchea, G. (2012). A new optical leaf-clip meter for simultaneous non-destructive assessment of leaf chlorophyll and epidermal flavonoids. Physiologia Plantarum, 251–260.

Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J .K., Rebers, P. A. T. Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical chemistry, 28(3):350-653.

El-Awadi, E., El-Bassiony, A., Fawzy, Z., El-Nemr, M. (2011). Response of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants to nitrogen fertilizer and foliar application with methionine and tryptophan. Nature and Science, 9(5):87-94.

El-Bauom. H., Abdeldaym, E., AbdEl-Hady, M., Darwish. D., Alsubeie, M., El-Mogy, M., Basahi, M., Al-qahtan, S., Al-Harbi, N., Alzuaibr, F., Alasmari, A.,

soluble proteins and antohcyanine contents of two *Zea mays* L. The Journal of Animal & Plant Sciences, 31(1):131-142.

Sarropoulou, V. Theriou, K. Therios, I. (2013). L-methionine influences in vitro root regeneration, total chlorophyll, total carbohydrate and endogenous proline content in the sweet cherry rootstock MxM 14 (*Prunus avium* × *Prunus mahaleb*). Scientia Horticulturae, 161:88-94.

Simón, M. Grao, S. Gonzalez, E. Zapata, J. Simón, I. Nicolás, J. Lidón, V. Ortega, W. and Sánchez, F. (2020). Application of biostimulants containing amino acids to Tomatoes could favor sustainable cultivation: Implications for tyrosine, lysine, and methionine. Sustainability, 1-19.

Shi, B. Li, K. Xu, R. Zhang, F. Yu, Z. Ding, Z. Tian, H. (2025). Methionine-mediated trade-off between plant growth and salt tolerance. Plant Physiology, 1-15.

Sokolova, D. Shvachko, N. Mikhailova, A. Solovyeva, V. Khlestkina, E. (2024). Characterization of betalain content and antioxidant activity variation dynamics in table beets (*Beta vulgaris* L.) with differently colored roots. Agronomy, 14:2-18.

Tamboli, F., More, H., Bhandugare, S., Patil, A., Jadhav, N., Killedar, S. (2020). Estimation of total carbohydrate content by phenol sulphuric acid method from Eichhornia crassipes (Mart.) Solms. Asian J. Research Chem,13(5):357-359.

Thang, T., Linh, N. (2023). Improving yield and polyphenol content of Perilla frutescens (L.) by foliar methionine application. Research Journal of Biotechnology,18(8):113-118. doi.org/10.25303/1808rjbt1130118.

Zulqadar, S., Arshad, M., Naveed, M., Hussain, A., Nazir, Q., Rizwan, M. (2015). Response of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) to soil and foliar application of L-methionine. Soil Environ. 34(2):180-186.

Ismail, I., Dessoky, E., Doklega, S. (2022). Exogenous proline, methionine, and melatonin stimulate growth, quality, and drought tolerance in cauliflower plants. Agriculture, 2-19.

Khater, A. Zaki, F. Dawood, M. El-Awadi, M. Elsayed, A. (2024). Comparing physiological role of L-methionine and its encapsulated nano Form on growth and crop Productivity of Onion (*Allium Cepa* L.). Egyptian Journal of Chemistry, 67(4):291-307.

Lawry, O. H., Rosebrough, N.J., Farr, A. L. Randall, R. J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. J boil Chem, 193(1):265-572.

Lee, Y.P. Takahashi, T. (1966). An improved colorimetric determination of amino acid with the use of ninhydrin. Analytical biochemistry, 14(1):71-77.

Makinen, K., Swarnalok, D. (2019). The significance of methionine cycle enzymes in plant virus infections. Plant Biology, 67-75.

Mehak, G., Akram, N., Ashra, M., Kaushik, P.; El-Sheikh, P., Ahmad, P. (2021). Methionine-induced regulation of growth, secondary metabolites and oxidative defense system in sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants subjected to water deficit stress. PloS One, 16(12):1-16.

Mekawy, Y. (2019). Response of superior seedless grapevines to foliar application with selenium, tryptophan and methionine. Journal of Plant Production, Mansoura Univ, 10 (12):967-972.

Othman, E.; El-Ziat, R.; Farag, H.; El-Sayed, I. (2023). Influence of Gibberellic acid and Methionine on growth, flowering quality, leaf anatomical structure and genetic diversity of Chrysanthemum morifolium Ramat plant. Emirates Journal of Food and Agriculture. 35(9):813-825. doi: 10.9755/ejfa.2023.v35.i9.3144.

Perveen, S.; Hussain, A. (2021). Methionine –induced changed in growth, glycine, ascorbic acid, total