Journal homepage
www.ajas.uoanbar.edu.iq
Anbar Journal of Agricultural Sciences
(University of Anbar – College of Agriculture)

تأثير حامض Glycine Betaine في الصفات البيو كيميائية لمحصول الماش تحت ظروف الاجهاد المائي

أيمن حميد فرحان الفهداوي وليد عبدالستار طه الفهداوي*

جامعة الانبار ـ كلية الزراعة

***المراسلة الى:** وليد عبد الستار طه الفهداوي، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة الانبار، الرمادي. العراق.
البريد الالكتروني: ag.waleed.abdal@uoanbar.edu.iq

Article info
Received: 2022-09-12
Accepted: 2022-10-13
Published: 2024-06-30

DOI-Crossref:
10.32649/ajas.2024.183757

Cite as:
Al-Fahdawi, A. H. F., and Al-Fahdawi, W. A. T. (2024). Effect of glycine betaine on some biochemical traits of mung bean under water stress conditions. Anbar Journal of Agricultural Sciences, 22(1): 572-583.

©Authors, 2024, College of Agriculture, University of Anbar. This is an open-access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

الخلاصة

نفذت تجربة حقلية خلال الموسم الربيعي 2022 في المحطة البحثية رقم 2 التابعة لكلية الزراعة– جامعة الانبار وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة RCBD وبترتيب الألواح المنشقة split plot وبثلاث مكررات، لدراسة تأثير أربع تراكيز من حامض Glycine Betaine 0، 50، 100 و150 ملغم لتر$^{-1}$ ورمز لها GB_1، GB_2، GB_3 وGB_4 بالتتابع في بعض الصفات البيوكيميائية لمحصول الماش تحت ظروف الإجهاد المائي بأربع مستويات هي: S_1 ري 100% من الماء الجاهز (معاملة القياس)، S_2، S_3 وS_4 تمثل نسب استنفاد 25، 50 و75% من الماء الجاهز، أظهرت النتائج تفوق التركيز GB_4 في كل من محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي, محتوى الماء النسبي للأوراق (%)، محتوى البرولين في الأوراق (ملغم غم$^{-1}$), فعالية إنزيم CAT وفعالية إنزيم POD وبلغت القيم 1.677 ملغم غم$^{-1}$، 55.7%، 124.74 مايكروغرام غم$^{-1}$، 22.84 وحدة مل$^{-1}$، 28.42 وحدة مل$^{-1}$ بالتتابع، بينما تفوقت معاملة الإجهاد المائي S_1 في إعطاء أعلى القيم لكل من محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي (ملغم غم$^{-1}$)، محتوى الماء النسبي للأوراق (%)، محتوى البرولين في الأوراق (ملغم غم$^{-1}$)، تقدير فعالية إنزيم CAT وتقدير فعالية إنزيم POD بلغت 1.842 ملغم غم$^{-1}$، 60.9%، 144.38 مايكروغرام غم$^{-1}$، 29.69 وحدة مل$^{-1}$ و34.07 وحدة مل$^{-1}$ بالتتابع، وسجل التداخل بين معاملة الإجهاد المائي S_1 وتركيز الحامض GB_4 أعلى المتوسطات لكل من محتوى الأوراق من

الكلوروفيل الكلي (ملغم غم$^{-1}$)، محتوى الماء النسبي للأوراق (%)، محتوى البرولين في الأوراق (ملغم غم$^{-1}$)، تقدير فعالية إنزيم CAT وتقدير فعالية إنزيم POD بلغت 1.930 ملغم غم$^{-1}$، 67.2%، 186.30 مايكروغرام غم$^{-1}$، 35.13 وحدة مل$^{-1}$ و35.19 وحدة مل$^{-1}$ بالتتابع.

كلمات مفتاحية: Glycine Betaine، الاجهاد المائي، الماش، CAT، POD، البرولين.

EFFECT OF GLYCINE BETAINE ON SOME BIOCHEMICAL TRAITS OF MUNG BEAN UNDER WATER STRESS CONDITIONS

A. H. F. Al-Fahdawi **Waleed A. T. El-Fahdawi***

College of Agriculture - University of Anbar

***Correspondence to:** Waleed A. T. El-Fahdawi, Department of field crops, College of Agriculture, University of Anbar, Ramadi, Iraq.
Email: ag.waleed.abdal@uoanbar.edu.iq

Abstract

A field experiment was carried out during the spring season of 2022 at Research Station No.2, College of Agriculture, University of Anbar. The experiment followed a randomized complete block design (RCBD) in a split-plot arrangement with three replications to study the effect of four concentrations of Glycine Betaine acid (0, 50, 100, 150 mg L^{-1}), denoted as GB2, GB3, and GB4 respectively, on some biochemical traits of mung bean under water stress conditions. The water stress levels were S1 (irrigated with 100% of available water, serving as the control treatment), and S2, S3, and S4, representing depletion rates of 25%, 50%, and 75% of available water, respectively. The results showed that the GB4 concentration was superior in total chlorophyll content in leaves (1.677 mg g^{-1}), relative water content (55.7%), proline content (124.74 µg g^{-1}), catalase enzyme activity (22.84 units ml^{-1}), and peroxidase enzyme activity (28.42 units ml^{-1}). The water stress treatment S1 excelled in giving the highest values for total chlorophyll content in leaves (1.842 mg g^{-1}), relative water content (60.9%), proline content (144.38 µg g^{-1}), catalase enzyme activity (29.69 units ml^{-1}), and peroxidase enzyme activity (34.07 units ml^{-1}). The interaction between water stress level S1 and GB4 concentration resulted in the highest rates for total chlorophyll content in leaves (1.930 mg g^{-1}), relative water content (67.2%), proline content (186.30 µg g^{-1}), catalase enzyme activity (35.13 units ml^{-1}), and peroxidase enzyme activity (35.19 units ml^{-1}).

Keywords: Glycine betaine, Water stress, Mung bean, CAT, POD, Proline.

المقدمة

يعد محصول الماش .*Vigna radiata* L مصدراً مهماً في تغذية الانسان لاحتوائها على نسبة عالية من البروتين تصل 29% وهو غني بالحامض الاميني Lysine حيث تفتقر اليه العديد من المحاصيل الحبوب، وهو ذو قدرة العالية على النمو في مدى بيئي واسع وكذلك يزرع لاستعماله كعلف اخضر للحيوانات وكسماد اخضر لتحسين خصوبة التربة وخواصها (5). تعد المياه أهم الموارد الطبيعية وإن إدارتها واستعمالها من الأولويات الرئيسة في المناطق الجافة وشبه الجافة وكذلك في المناطق ذات التساقط المطري المحدود، فالماء هو العامل المحدد للإنتاج الزراعي في عدة مناطق من العالم التي تعاني من ندرة المياه، ويستهلك القطاع الزراعي ما نسبته 65% من الاستهلاك المائي في العالم، أما في العراق فيستهلك بحدود 92% من المياه المتوفرة، وتعد كفاءة استعمال الماء المعيار الرئيس لتقييم حاصل نظم الإنتاج الزراعي في المناطق التي تكون محدودة المياه والتي تشكل العائق الأكبر الذي يواجه الحاصل (13). يعاني العراق من مشكلة الجفاف وشحة المياه مما أثر سلبا على الكثير من المحاصيل ومنها محصول الماش ومن المتوقع أن يتعرض العراق لموجات جفافٍ متكررة في المستقبل مما سيؤثر على القطاع الزراعي بشكل خاص وعليه لابد من اتخاذ الإجراءات والأساليب الزراعية المناسبة للحد من تفاقم هذه المشكلة ومن هذه الأساليب هي إضافة حامض Glycine Betaine وهو حامض أميني سريع الذوبان في الماء يساهم في حماية النبات ضد الإجهادات البيئية غير الملائمة، ويعد هذا الحامض غير سمي في تراكيزه العالية (10)، وان الوظيفة الرئيسية له يحفظ الخلايا أزموزياً في النباتات المتعرضة للجفاف والملوحة العالية أذ يزيد من قابلية الخلايا بالاحتفاظ بالماء، ويعد مصدر مهم لمجموعة المثيل ($CH3^{-}$) في عمليات الهدم والتي تستعمل في الكثير من مسالك الأيض الحيوي (11). وبناءً لما تقدم ولقلة البحوث المنجزة بهذا المجال في العراق نفذت هذه الدراسة لمعرفة تأثير حامض Glycine Betaine في بعض الصفات البيوكيميائية لمحصول الماش تحت ظروف الإجهاد المائي.

المواد وطرائق العمل

نفذت التجربة الحقلية لزراعة محصول الماش (*Vigna radiata L.*) في المحطة البحثية رقم 2 لكلية الزراعة جامعة الانبار في منطقة الجزيرة التابعة لقضاء الرمادي محافظة الانبار خلال الموسم الربيعي لعام 2022 بهدف معرفه تأثير حامض Glycine Betaine في نمو وحاصل الماش تحت ظروف الإجهاد. استخدم في تنفيذ التجربة ترتيب الالواح المنشقة Split plot وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة R.C.B.D. وبثلاثة مكررات، احتلت معاملات الإجهاد المائي الألواح الرئيسة، بينما تضمنت الألواح الثانوية تراكيز حامض Glycine Betaine. تم حراثة ارض التجربة وبعدها نعمت وسويت ثم قسمت إلى وحدات تجريبية مساحة الوحدة التجريبية 4 م^2 احتوت على 7 خطوط وكانت المسافة بين خط وأخرى 30 سم، وبلغ عدد الوحدات التجريبية في كل مكرر 16 وحدة تجريبية. تم توزيع مستويات الإجهاد المائي على الألواح الرئيسة بصوره عشوائية ضمن كل مكرر أما تراكيز حامض Glycine Betaine. تم توزيعها بصوره عشوائية على الألواح الثانوية.

تم إضافة سماد السوبر فوسفات الثلاثي 46% P_2O_5 وبمتوسط 137 كغم P هـ$^{-1}$ دفعة واحدة مع التربة قبل الزراعة (3). وتم إضافة سماد اليوريا 46% N بمقدار 40 كغم N هـ$^{-1}$ على دفعتين الأولى بعد اكتمال البزوغ الحقلي مباشرة والثانية بعد 15 يوما من الدفعة الأولى (5).

وزرعت ارض التجربة في 2022/4/24 وتم زراعة البذور يدوياً في جور بعمق 2 سم وتم ري الحقل بعد الزراعة مباشرة ثم كررت بعد ذلك بالاعتماد على حاجة النبات ورطوبة التربة لحين بدأ تطبيق معاملات الإجهاد المائي واضافة حامض Glycine Betaine عند 4 ورقات، وإضافة الدفعة الثانية من حامضGlycine Betaine عند بداية التزهير وتم اضافة عن طريق رش الحامض باستخدام مرشة ظهرية، وتم اخذ الصفات المدروسة بالاعتماد على 10 نباتات تم تحديدها مسبقا وبصورة عشوائية لكل وحده تجريبية.

الصفات المدروسة:

محتوى النبات من الكلوروفيل الكلي: تم تقدير تركيز كلوروفيل حسب طريقة (15 و17). الكلوروفيل الكلي حسب طريقة (12). أخذ 1 غم من الأوراق الطرية وقطعت إلى قطع صغيرة، ثم طحنت في هاون خزفي باستعمال 20 مل أسيتون 80% لغرض استخلاص الصبغة وتركت إلى اليوم التالي في الثلاجة، أكمل الحجم إلى 50 مل ماء مقطر ووضعت في جهاز الطرد المركزي لمدة 5 دقائق على سرعة 1000 دورة في الدقيقة، أخذ الرائق وتمت القراءة في جهاز المطياف الضوئي على الأطوال الموجية 645 و663 نانوميترا وتم تقدير صبغات البناء الضوئي باستعمال المعادلات الآتية:

كلوروفيل الكلي (ملغم غم$^{-1}$) = (20.2 × D645 − 8.02 × D663) × V / 1000 × W

D = الكثافة الضوئية

D663 =الكثافة الضوئية للطول الموجي 663 نانومتراً

D645 = الكثافة الضوئية للطول الموجي 645 نانومتراً

V = الحجم النهائي للمستخلص (50 مل)

W = وزن النسيج الورقي (1 غم)

محتوى الماء النسبي للأوراق (%): تم قياسه حسب طريقة (21) ولعشرة اوراق لكل معاملة بتطبيق المعادلة الاتية:

$$RWC = \frac{FW-DW}{TW-DW} \times 100$$

RWC = محتوى الماء النسبي للأوراق (%).

FW = الوزن الطري للأوراق (غم) بعد الحصاد الاوراق مباشرة.

TW = الوزن الأوراق ممتلئة (غم) حيث توضع للأوراق بعد تحديد الوزن الطري مباشرة في ماء مقطر لمدة ساعتين وعند درجة حرارة 25م° بعدها يتم وزنها مباشرة للحصول على (TW).

DW = الوزن الجاف للأوراق (غم) بعد الحصول على وزن الأوراق الممتلئة تجفف النماذج في فرن كهربائي عند درجه 65 م° ولمدة 48 ساعة للحصول على الوزن الجاف للأوراق.

تقدير محتوى البرولين في الاوراق (ملغم غم$^{-1}$): استعملت الطريقة المتبعة من قبل (9) في تقدير محتوى البرولين في اوراق الماش. حيث تم أخذ 5غم من الاوراق النبات وهرست بإضافة 10 مل من محلول حامض السالفوسالسيليك المائي (3%). وتم وضعها في سنترفيوج بسرعة 2000 دوره في الدقيقة لمدة عشرة دقائق وأخذ 2 مل من راشح واضافة 2 مل من Ninhydrin acid و2 مل من حامض الخليك الثلجي. تم وضع الخليط في حمام مائي 100 درجة مئوية لمدة 60 دقيقة لتسريع وتيرة التفاعل. ووضع الخليط في حمام جليدي. تم اضافة 4 مل من مادة Toluene للحصول على اللون الاحمر، ثم اخذ 3مل من اللون الاحمر ورجت الانبوبة لمدة 20 ثانية وتركت على درجة حرارة الغرفة لفصل مادة Toluene وبرولين عن بقية مكونات الخليط. وأخيرا يتم قراءة الامتصاصية باستخدام جهاز الطيف الضوئي على طول موجي 520 نانوميتر، ثم يقدر محتوى البرولين في الاوراق باستخدام المعادلة التالية:

$$\text{البرولين (ملغم غم}^{-1}) = \frac{\text{قراءة الجهاز} \times 20}{\text{وزن العينة}} \times 1.47$$

تقدير فعالية انزيم Catalase (CAT) (وحدة مل$^{-1}$): استعملت الطريقة المتبعة من قبل (1) في تقدير نشاط إنزيم Cat إذ يعتمد في التغير معدل امتصاص الضوء عند طول موجي 240 نانوميتر. يحضر محلول الفوسفات المنظم (50 ملمول، PH = 7) ومحلول بيروكسيد الهيدروجين (30 ملمول). واخذ حجم 0.34 مل من 30% H_2O_2 وأكمل الحجم 100 مل من محلول الفوسفات المنظم. ثم هرست العينة بإضافة 10 مل من محلول فوسفات البوتاسيوم (0.1 مولاري، HP = 7.8) البارد تم رشيح عينة حيث وضعت في جهاز الطرد المركزي المبرد (4 مº) على سرعة 4000 دورة دقيقة$^{-1}$ ولمدة 30 دقيقة (20). خلط 0.1 مل من راشح العينة الى 1.9 مل من محلول المنظم واضافة 1 مل من محلول H_2O_2 ثم رج الانبوبة جيداً ليبدأ تفاعل ويتم قراه عند طول موجي 240 نانوميتر بواسطة جهاز الطيف الضوئي ويتم متابعة التغيرات كل 30 ثانية لمدة 3 دقائق، واخيرا تم حساب فعالية الانزيم حسب المعادلة:

$$\text{فعالية CAT (وحدة مل}^{-1}) = \frac{\Delta \text{قراءة الجهاز} / \Delta \text{الزمن}}{0.1 \times 0.01}$$

تقدير نشاط انزيم Peroxidase (POD) (وحدة مل$^{-1}$): هرست عينة من اوراق نبات نفسه طريقه هرس عينة انزيم Cat. حسب طريقة (19). في تقدير نشاط انزيم POD. استخدم محلول Guaicaol الذي يم تحضيره من خلط 1.36 مل مع ماء مقطر (250 مل)، وتم استخدام H_2O_2 الذي تم تحضيره بأخذ حجم 0.4 مل من 30% H_2O_2 واكمل الحجمة الى 120 مل باستخدام ماء مقطر. خلط 1 مل من محلول Guaicaol و1 مل من محلول (0.1% H_2O_2). قدر الانزيم اعلاه بإضافة 2 مل من خليط تفاعل الى 0.1 مل من العينة ومتابعة التغيرات في امتصاص الضوئي بواسطة جهاز الطيف الضوئي كل 3 دقائق وعند الطول الموجي 420 نانوميتر وتم تطبيق المعادلة التالية:

$$\text{فعالية POD (وحده مل}^{-1}) = \frac{\Delta \text{قراءة الجهاز} / \Delta \text{الزمن}}{0.1 \times 0.01}$$

النتائج والمناقشة

محتوى الاوراق من الكلوروفيل (ملغم غم$^{-1}$): بينت نتائج الجدول 1 وجود اختلافات معنوية بين الاجهاد المائي و(GB) ولم يسجل فروق معنوية للتداخل بينهما لصفة محتوى الاوراق من الكلوروفيل. تفوقت معاملة الاجهاد المائي (S_4) معنوياً حيث اعطت أعلى متوسط لصفة محتوى الاوراق من الكلوروفيل إذ بلغ 1.842 ملغم غم$^{-1}$ بذلك اختلف مع بقية معاملات الجهاد الاخرى، في حين سجلت معاملة الاجهاد المائي (S_1) أقل متوسط لمحتوى الاوراق من الكلوروفيل 1.415 ملغم غم$^{-1}$، وقد يعزى سبب انخفاض محتوى الكلوروفيل في الاوراق الى نقصان محتوى الماء النسبي (جدول 3) تحت ظروف الاجهاد المائي مما سبب انخفاض محتوى الكلوروفيل في الاوراق نتيجة لتراجع عمليات التمثيل الضوئي للأوراق التي تغلق ثغورها بسبب نقص المحتوى الماء وعدم توفر كميات المياه التي تحتاجها النبات مما ادى الى تثبيط نمو البلاستيدات الخضراء بتالي سبب اختزال الصبغات البناء الضوئي ومنها صبغة الكلوروفيل (16). كما توضح نتائج الجدول نفسه تفوق تركيز (GB_4) حيث اعطى اعلى متوسط 1.677 ملغم غم$^{-1}$، لمحتوى الاوراق من الكلوروفيل في حين سجل تركيز (GB_1) أقل متوسط لمحتوى الكلوروفيل 1.495 ملغم غم$^{-1}$، ويعزى سبب ذلك الى ان (GB) هو مركب رباعي من الأمونيوم يتم تصنيعه داخليًا في البلاستيدات الخضراء استجابة للضغوط الاحيائية مثل الجفاف والملوحة مما يؤدي الى زيادة محتوى الاوراق من الكلوروفيل.

جدول 1: تأثير الاجهاد المائي وحامض (Glycine Betaine) وتداخلهما في محتوى الاوراق من الكلوروفيل (ملغم غم$^{-1}$) للموسم الربيعي 2022.

معاملات الاجهاد (S)	تراكيز Glycine Betaine (ملغم.لتر)				المتوسط الاجهاد (S)
	GB1	GB2	GB3	GB4	
S1	1.310	1.400	1.450	1.500	**1.415**
S2	1.370	1.460	1.530	1.550	**1.477**
S3	1.530	1.580	1.600	1.730	**1.610**
S4	1.770	1.820	1.850	1.930	**1.842**
متوسط GB	**1.495**	**1.565**	**1.607**	**1.677**	
LSD 0.05	الاجهاد		Glycine Betaine		التداخل
	0.049		**0.029**		**N.S**

Table 1. Effect of water stress and glycine betaine (GB) and their interaction on chlorophyll content (milligrams per gram) during spring season 2022.
The results in Table 1 indicate significant differences between water stress and glycine betaine (GB), while no significant differences were recorded for the interaction between them for leaf chlorophyll content. Water stress treatment (4S) showed significant superiority, gave highest average for leaf chlorophyll content 1.842 milligrams per gram, differing from the other water stress treatments. Meanwhile, treatment (S1) recorded the lowest chlorophyll content 1.415 milligrams per gram. the results of the same table indicate the superiority of concentration (4GB), recorded highest average of leaf chlorophyll content 1.677 milligrams per gram, while concentration (GB1) recorded the lowest average 1.495 milligrams per gram.

محتوى الماء النسبي في الاوراق (%): بينت نتائج الجدول 2 وجود اختلافات معنوية بين متوسطات الاجهاد المائي و(GB) ولم يسجل فروق معنوية للتداخل بينهما لصفة محتوى الماء النسبي في الاوراق. وأظهرت نتائج الجدول نفسه تفوقت معاملة الاجهاد المائي(S_1) في إعطاء أعلى متوسط لمحتوى الاوراق من الماء النسبي إذ بلغ

60.9%، واختلفت معنوياً مع بقية المعاملات اذ سجلت معاملة الاجهاد (S_4) اقل متوسط لمحتوى الاوراق من الماء النسبي 39.1%، ويعزى سبب فقدان الماء من الأوراق نتيجة عملية التبخر والنتح من درجات الحرارة المرتفعة والتي رافقت موسم الزراعة وتعرض المعاملة للإجهاد المائي، مما ادى ذلك الى تقليل المحتوى الماء النسبي في الأوراق، ان الأجهاد الرطوبي قد سبب انخفاضا معنويا في المحتوى المائي النسبي لأوراق النبات نتيجة زياده تركيز البرولين في النبات وهذا يتفق مع ما جاء به كل من الباحثين (14). كما توضح نتائج الجدول نفسه إلى تفوق تركيز (GB_4) حيث اعطى اعلى متوسط لمحتوى الاوراق من الماء النسبي بلغ 55.4%، ولم يختلف معنويا عن تركيز (GB_2) وتركيز (GB_4) حيث أعطوا المتوسط نفسه 50.7%، في حين سجل تركيز (GB_1) اقل متوسط لمحتوى الاوراق من الماء النسبي 43.4%.

جدول 2: تأثير الاجهاد المائي وحامض Glycine Betaine وتداخلهما في محتوى الماء النسبي% للموسم الربيعي 2022.

معاملات الاجهاد (S)	تراكيز Glycine Betaine (ملغم.لتر)				متوسط الاجهاد (S)
	GB1	GB2	GB3	GB4	
S1	59.5	53.6	63.2	67.2	**60.9**
S2	44.9	54.3	57.5	54.0	**52.7**
S3	44.4	53.1	48.2	44.9	**47.6**
S4	25.0	41.9	34.00	55.4	**39.1**
متوسط GB	**43.4**	**50.7**	**50.7**	**55.4**	
LSD 0.05	الاجهاد		Glycine Betaine		التداخل
	11.56		**7.75**		**N.S**

Table 2. Effect of water stress and glycine betaine (GB) and their interaction on leaf relative water content (%) during spring season 2022.

The results in Table 2 indicate significant differences between the means of water stress and glycine betaine (GB), while no significant differences were recorded for the interaction between them for leaf relative water content. The water stress treatment (1S) showed significant superiority, 60.9%, differing significantly from the other treatments. treatment (S4) recorded the lowest average for leaf relative water content 39.1%. Similarly, the results of the same table indicate the superiority of concentration (GB4), which recorded highest average for leaf relative water content at 55.4%, while concentration (GB1) recorded the lowest average at 43.4%. Concentrations (GB2) and (GB3) did not differ significantly, both gave the same average 50.7%.

محتوى البرولين في الاوراق (مايكروغرام غم$^{-1}$) بينت نتائج الجدول 3 وجود اختلافات معنوية بين متوسطات الاجهاد المائي (S) و(GB) وتداخل بينهما لصفة محتوى البرولين في الاوراق. تفوق معاملة الاجهاد المائي (S_4) حيث سجلت اعلى متوسط لصفة البرولين بلغ 144.38 مايكروغرام غم$^{-1}$ واختلف معنوياً مع بقية المعاملات، اذ سجل مستوى الاجهاد المائي الاول اقل متوسط لمحتوى البرولين بلغ 89.85 مايكروغرام غم$^{-1}$، ويعزى سبب زيادة البرولين في الاوراق النباتات المعرضة للإجهاد المائي الى زياده نشاط الإنزيمات المحللة للبروتينات مثل إنزيم (Proteinase) مما ادى ذلك الى أنخفاض قيمة درجة حموضة العصير الخلوي لأنسجة الورقة بتالي زياده تراكم البرولين (8). وترتفع قيمه الجهد الازموزي في نباتات المعرضة للشد المائي نتيجة تحلل البرولين الى احماض امينية (18). كما توضح نتائج الجدول نفسه تفوق تركيز (GB_4) حيث اعطى اعلى متوسط للبرولين 124.74 مايكروغرام غم$^{-1}$، وبذلك تفوق معنوياً على بقية المعاملات، في حين سجل تركيز (GB_1) اقل متوسط إذ بلغ 103.04 مايكروغرام غم$^{-1}$، ويعزى سبب ذلك الى الدور المهم الذي يقوم به من خلال زياده تراكم المذيبات

العضوية مثل الأحماض الأمينية (البرولين) وبالإضافة الى تراكم السكريات داخل الخلايا النباتية نتيجة الاستجابة للإجهاد المائي الذي تتعرض له النباتات وبتالي يحافظ على عمل الوظائف الفسيولوجية بصورة طبيعية تحت ظروف الاجهاد المائي (7). كذلك لوحظ عند الإضافة الخارجية (GB) على المجموع الخضري فان ذألك يزيد من مقدرة النبات لتحمل الشد المائي، لأنه يتميز بقدرة الذوبان العالية في الماء بالإضافة الى سهولة اختراقه للأغشية الخلوية ومن ثم قيامة بعملية التنظيم الازموزي في السايتوبلازم، مما ينعكس ذلك على مؤشرات النمو في النبات (6). اختلفت نتائج متوسطات التداخل بين الاجهاد المائي (S) وتراكيز (GB) معنوياً، حيت اعطى التداخل بين مستوى الاجهاد المائي (S_4) وتركيز (GB_4) اعلى متوسط للبرولين بلغ 186.30 مايكروغرام غم$^{-1}$، في حين اعطى التداخل بين مستوى الاجهاد المائي (S_1) وتركيز (GB_1) اقل متوسط للبرولين بلغ 86.74 مايكروغرام غم$^{-1}$.

جدول 3: تأثير الاجهاد المائي وحامض Glycine Betaine وتداخلهما في محتوى البرولين للموسم الربيعي 2022.

معاملات الإجهاد (S)	تراكيز Glycine Betaine (ملغم.لتر$^{-1}$)				متوسط الإجهاد (S)
	GB1	GB2	GB3	GB4	
S1	86.74	88.79	89.66	94.23	**89.85**
S2	99.22	100.61	102.34	102.94	**101.28**
S3	106.05	112.33	113.64	115.49	**111.88**
S4	120.16	130.34	140.71	186.30	**144.38**
متوسط GB	**103.04**	**108.02**	**111.59**	**124.74**	
LSD 0.05	الاجهاد		Glycine Betaine		التداخل
	2.441		**1.274**		**1.034**

Table 3. Effect of water stress and glycine betaine (GB) and their interaction on proline content during spring season 2022.

Treatment with water stress (4S) showed the highest average proline content, reaching 144.38 micrograms per gram, and differed significantly from the other treatments. The first level of water stress recorded the lowest average proline content at 89.85 micrograms per gram. Similarly, the results of the table demonstrated the superiority of concentration (GB4), which gave the highest average proline content (124.74 micrograms per gram) and was significantly higher than the other treatments. Meanwhile, concentration (GB1) recorded the lowest average proline content at 103.04 micrograms per gram. The results of the interaction between water stress (S) levels and (GB) concentrations differed significantly, as the interaction between water stress level (S4) and (GB4) concentration gave the highest average proline content, reaching 186.30 micrograms per gram, while the interaction between water stress level (S1) and (GB1) concentration gave the lowest average proline content at 86.74 micrograms per gram.

تقدير فعالية انزيم (Catalase (CAT: بينت نتائج الجدول 4 وجود اختلافات معنوية بين متوسطات الاجهاد المائي و(GB) والتداخل بينهما لصفة محتوى انزيم CAT في الاوراق، تفوقت معاملة الاجهاد المائي (S_4) في اعطاء اعلى متوسط لصفة محتوى انزيمCAT بلغ 29.69 وحدة مل$^{-1}$، واختلفت معنوياً مع بقية المعاملات وسجلت معاملة الاجهاد المائي (S_1) اقل متوسط لهذه الصفة بلغ 14.46 وحدة مل$^{-1}$، ولم تكن هناك فروق معنوية بين المستويات الاجهاد المائي (S_2) و(S_3)، ويعزى سبب زياده فعالية انزيم CAT في الخلايا النباتية المعرضة للجهاد المائي كرد فعل ضد تكون الجذور الحرة (ROS) لأنه يعمل على حماية الخلايا النباتية ومكوناتها لأنه احد الانزيمات المسؤولة عن كنس الجذور الحرة التي تسبب تلف اغشية الخلية تفقت النتيجة مع

(4). اشارت نتائج الجدول نفسه إلى تفوق تركيز (GB_4) لصفة محتوى انزيمCAT حيث اعطى اعلى متوسط بلغ 22.84 وحدة مل$^{-1}$، في حين سجل تركيز الاول (GB_1) اقل متوسط CAT بلغ 17.12 وحدة مل$^{-1}$، بينما لم يختلف معنوياً التركيزين (GB_2) و(GB_3) حيث بلغا 19.92 و19.52 وحدة مل$^{-1}$ بالتتابع. كما اوضحت نتائج متوسطات التداخل الى وجود اختلافا معنوياً بين عاملي الدراسة، حيث اعطى التداخل بين مستوى الاجهاد المائي (S_4) وتركيز (GB_4) اعلى متوسط CAT بلغ 35.13 وحدة مل$^{-1}$، وسجل التداخل بين مستوى الاجهاد المائي (S_2) وتركيز (GB_1) اقل متوسط للصفة بلغ (12.74) وحدة مل$^{-1}$.

جدول 4: تأثير الاجهاد المائي وحامض Glycine Betaine وتداخلهما في محتوى CAT (وحدة مل$^{-1}$) للموسم الربيعي 2022.

معاملات الإجهاد (S)	تراكيز Glycine Betaine (ملغم.لتر$^{-1}$)				معاملات الإجهاد (S)
	GB4	GB1	GB2	GB1	
14.46	15.09	13.87	14.57	14.30	**S1**
17.98	25.55	16.42	17.21	12.74	**S2**
17.28	15.60	17.40	19.32	16.82	**S3**
29.69	35.13	30.38	28.60	24.64	**S4**
	22.84	**19.52**	**19.92**	**17.12**	**المتوسط GB**
التداخل	**Glycine Betaine**		**الاجهاد**		**LSD 0.05**
1.576	**0.833**		**0.800**		

Table 4. Effect of water stress and glycine betaine (GB) and their interaction on CAT content during spring season 2022.

Treatment with water stress (4S) exhibited the highest average CAT content, reaching 29.69 units per milliliter, and differed significantly from the other treatments. Treatment with water stress (S1) recorded the lowest average CAT content for this trait at 14.46 units per milliliter. There were no significant differences between the levels of water stress (S2) and (S3). The results also indicated the superiority of concentration (GB4) for the trait of CAT content, where it gave the highest average of 22.84 units per milliliter, while the first concentration (GB1) recorded the lowest average CAT content at 17.12 units per milliliter. There was no significant difference between concentrations (GB2) and (GB3), which recorded averages of 19.92 and 19.52 units per milliliter, respectively. Furthermore, the results of the interaction averages showed a significant difference between the study factors, as the interaction between the level of water stress (S4) and concentration (GB4) yielded the highest average CAT content at 35.13 units per milliliter, while the interaction between the level of water stress (S2) and concentration (GB1) recorded the lowest average for the trait at 12.74 units per milliliter.

تقدير فعالية انزيم Peroxidase (POD): بينت نتائج الجدول 5 وجود اختلافات معنوية بين متوسطات الاجهاد المائي (S) وتراكيز (GB) ولم يسجل فروق معنوية للتداخل بينهما لمحتوى انزيم POD في الاوراق، تفوق مستوى الاجهاد المائي (S_4) على بقية المعاملات حيث اعطى اعلى متوسط لمحتوى انزيم POD بلغ 34.07 وحدة مل$^{-1}$، واعطى مستوى الاجهاد المائي (S_1) اقل متوسط POD بلغ 19.88 وحدة مل$^{-1}$، ويعزى ذلك الى زيادة تكوين مضادات الاكسدة ومنها انزيم POD نتيجة تعرض نباتات المحصول الى الاجهاد المائي مما سبب تكوين الجذور الحرة التي تسبب تلف الاغشية الخلوية مما جعل النبات يلجئ الى زياده نشاط أنزيماته المضادة للجذور الحرة والتخلص منها. اشارت نتائج الجدول نفسه الى تفوق تركيز (GB_4) لصفة محتوى انزيم POD واعطى اعلى متوسط بلغ 28.42 وحدة مل$^{-1}$، وهذا لم يختلف عن تركيز (GB_3) 28.19 وحدة مل$^{-1}$ معنوياً. في حين سجلت تركيز (GB_1) اقل متوسط لـ POD بلغ 24.81 وحدة مل$^{-1}$. ويعزى ذلك الى دور (GB)

في تفعيل وتنشيط وسائل الدفاع في النباتات المعرضة للشد المائي ومن هذه الوسائل انزيم (POD) التي تعمل على تقليل الاثار التي تسببها ROS.

جدول 5: تأثير الاجهاد المائي وحامض (Glycine Betaine) وتداخلهما في POD للموسم الربيعي 2022.

معاملات الإجهاد (S)	تراكيز Glycine Betaine (ملغم.لتر$^{-1}$)				المتوسط الإجهاد (S)
	GB1	GB2	GB3	GB4	
S1	17.59	19.87	20.96	21.10	**19.88**
S2	23.11	24.01	24.14	25.92	**24.30**
S3	28.01	30.61	31.76	31.90	**30.57**
S4	30.52	35.11	35.91	34.75	**34.07**
المتوسط GB	**24.81**	**27.40**	**28.19**	**28.42**	
LSD 0.05	الاجهاد		Glycine Betaine		التداخل
	0.994		1.289		N.S

Table 5. Effect of water stress and glycine betaine (GB) and their interaction on (POD) enzyme content during spring season 2022.

The results of Table 5 revealed significant differences between the averages of water stress (S) and concentrations (GB), while no significant differences were recorded for the interaction between them for the peroxidase (POD) enzyme content in the leaves. The water stress level (4S) outperformed the other treatments by giving the highest average POD content of 34.07 units per milliliter, while the water stress level (S1) yielded the lowest average POD content at 19.88 units per milliliter. The results of the table also indicated the superiority of concentration (GB4) for the trait of POD enzyme content, giving the highest average of 28.42 units per milliliter, which was not significantly different from concentration (GB3) at 28.19 units per milliliter. Meanwhile, concentration (GB1) recorded the lowest average for POD at 24.81 units per milliliter. This is attributed to the role of (GB) in activating and enhancing defense mechanisms in plants exposed to water stress, including the POD enzyme, which works to mitigate the effects of reactive oxygen species (ROS).

Supplementary Materials:

No Supplementary Materials.

Author Contributions:

A. H. F. Al-Fahdawi; methodology, writing—original draft preparation, W. A. T. Al-Fahdawi writing—review and editing. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding:

This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement:

Non.

Informed Consent Statement:

No Informed Consent Statement.

Data Availability Statement:

No Data Availability Statement.

Conflicts of Interest:

The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments:

We would like to express our deep gratitude and appreciation to the College of Agriculture-University of Anbar for their significant support and provision of resources necessary for the

completion of this research. Their valuable contributions were essential in achieving the objectives of this study.

Disclaimer/Journal's Note:

The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of AJAS and/or the editor(s). AJAS and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.

المصادر

1. Aebi, H. (1984). Catalase in vitro. In Methods in enzymology, 105: 121-126. https://doi.org/10.1016/S0076-6879(84)05016-3.
2. Abdulilah, H.A.Q., Ali Abed Al-Asafi, E., and Hameed, A.T. (2019). Role of rhizobia (Rhizobium meliloti) of alfalfa in the bioremediation. of contaminated soil with hydrocarbons.Plant Archives, 19: 146-152
3. Adegoye, G. A., Olorunwa, O. J., Alsajri, F. A., Walne, C. H., Wijewandana, C., Kethireddy, S. R., ... and Reddy, K. R. (2023). Waterlogging effects on soybean physiology and hyperspectral reflectance during the reproductive stage. Agriculture, 13(4): 844.
4. AL-Fahdawi, A. I. H. (2004). Effect of spraying with potassium and phosphate fertilization on some growth characteristics, yield and quality traits of several genotypes mung bean. Vigna radiata L. Master thesis faculty of Agriculture. Anbar University.
5. El-Fahdawi, W.A.T., Al-Rawi, A.M., Cheyed, S.H., AL-Mohammedi, A.M.S., Al-Rawi, A.S.M. (2020). Effect of water stress on growth and green forage yield of ratoon sorghum. Indian Journal of Ecology, 46, pp. 200–205.
6. El-Fahdawi, W. A. T.(2015). Role of Potash Fertilization in Reduction of Water Stress in Growth and Yield of Mungbean (Vigna radiata L.). Master thesis, College of Agricultural Engineering Sciences. University of Baghdad.
7. Ashraf, M., and Foolad, M. R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and experimental botany, 59(2): 206-216. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.12.006.
8. Awad, H. O. (2009). Inheriting and breeding crops for stress (drought – high temperature – environmental pollution) part one. Egyption Library for printing, pubishing and Distribution, Alexandria, Arab Republic of Egypt.
9. Bates, L. S., Waldren, R. P. A., and Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and soil, 39: 205-207. https://doi.org/10.1007/BF00018060.
10. Chen, T. H., and Murata, N. (2002). Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes. Current opinion in plant biology, 5(3): 250-257. https://doi.org/10.1016/S1369-5266(02)00255-8.
11. Craig, S. A. (2004). Betaine in human nutrition. The American journal of clinical nutrition, 80(3): 539-549. https://doi.org/10.1093/ajcn/80.3.539.
12. Goodwin, T. W. (1976). Chemistry and Biochemistry of Plant Pigment. 2nd Academic. Press. London, New York. San Francisco: 373.

13. Hajim, A. Y. (2000). Water harvesting and supplemental irrigation. Iraqi Agriculture Journal. The third issue, pp.40-49. Ministry of Agriculture, Baghdad, Iraq.
14. Jalil, P. A. (2023). First Mitochondrial Genome Report of Trichoferus Fissitarsis Sama, Fallahzadeh and Rapuzzi 2005 (Coleoptera: Cerambycidae) With Morphological Implications. Anbar Journal of Agricultural Sciences, 21(2): 354-365. doi: 10.32649/ajas.2023.142348.1067
15. Lalinia, A. A., Hoseini, N. M., Galostian, M., Bahabadi, S. E., and Khameneh, M. M. (2012). Echophysiological impact of water stress on growth and development of mungbean. International Journal of Agronomy and Plant Production, 3(12): 599-607.
16. Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In Methods in enzymology, 148: 350-382. https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1.
17. Ludlow, M. M., Santamaria, J. M., and Fukai, S. (1990). Contribution of osmotic adjustment to grain yield in Sorghum bicolor (L.) Moench under water-limited conditions. II. Water stress after anthesis. Australian Journal of Agricultural Research, 41(1): 67-78. https://doi.org/10.1071/AR9900067.
18. Mackinney, G. (1941). Absorption of light by chlorophyll solutions. Journal of biological chemistry, 140(2): 315-322. https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)51320-X.
19. Mansoor, S. S., Al-Esawi, J. S. . ., & Al-Falahi, M. N. (2023). Assessing The Efficiency Of Cement Kiln Dust For Heavy Metals Removal From Simulated Polluted Water . Journal of Life Science and Applied Research, 4(1), 45–52. https://doi.org/10.59807/jlsar.v4i1.64.
20. Müftügil, N. (1985). The peroxidase enzyme activity of some vegetables and its resistance to heat. Journal of the Science of Food and Agriculture, 36(9): 877-880. https://doi.org/10.1002/jsfa.2740360918.
21. Pitotti, A., Elizalde, B. E., and Anese, M. (1994). Effect of caramelization and Maillard reaction products on peroxidase activity. Journal of Food Biochemistry, 18(6): 445-457. https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.1994.tb00515.x.
22. Turner, N. C. (1981). Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. Plant and soil, 58: 339-366. https://doi.org/10.1007/BF02180062.