The Effect of PGPR bacteria on the response of some biochemical and qualitative characteristics of maize plants under the influence of water stress

Dr. Yaser Hammad*
Dr. Jihad Ibrahim**
Dr.Majd Darwish***
Ahmed Nasif****

(Received 15 / 2 / 2024. Accepted 29 / 4 /2024)

□ ABSTRACT □

This study was conducted with the aim of reducing the effect of water stress on maize plants by using several types of PGPR bacteria distributed in two groups in the form of two types of biofertilizers to determine the effectiveness of each group individually and the effectiveness of mixing them in resisting water stress at three levels of water stress (1200,800,400) millibars.

The research was carried out in the village of Al-Hanadi in Latakia City during the 2021-2022 season by planting yellow corn (Ghouta 82) in experimental plots according to a randomized complete block design (RCBD).

Inoculation with PGPR bacteria led to positive effects on some biochemical properties (leaf content of NPK%, leaf content of proline µg/g, leaf content of salicylic acid µg/g, leaf content of total soluble sugars%) and quality (grain content of NPK%, grain content of protein%) in yellow maize plants growing under natural conditions and under stress conditions as well.

Water stress at the levels of 1200 and 800 mbar (Ψ2 and Ψ3) result a decrease in the content of yellow maize grains of total protein and of nitrogen, phosphorus and potassium.

PGPR bacteria contributed to increasing proline, salicylic acid, and total soluble sugars, thus increasing the stimulation of systemic resistance in the yellow maize plant (Ghouta 82). Accordingly, inoculation with PGPR bacteria can be suggested for its tangible role in the plant's tolerance to water stress, as well as its role in stimulating growth through Providing nitrogen, phosphorus and potassium in the soil.

Keywords: yellow corn, biochemical characteristics, qualitative characteristics, PGPR bacteria, biofertilizers, water stress.

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* **Associate Professor- faculty of Agricultural Engineering- Tishreen University – lattakia- Syria**
****Professor- faculty of Agricultural Engineering- Tishreen University – lattakia- Syria**
*****Associate Professor- faculty of Agricultural Engineering- Tishreen University – lattakia- Syria**
******Post graduate Student faculty of Agricultural Engineering- Tishreen University – lattakia- Syria**

تأثير المعاملة ببكتريا (PGPR) في بعض الخصائص البيوكيميائية والنوعية لنبات الذرة الصفراء تحت تأثير الإجهاد المائي

د.ياسر حماد*

د. جهاد ابراهيم**

د. مجد درويش***

احمد ناصيف****

(تاريخ الإيداع 15 / 2 / 2024. قبل للنشر في 29 / 4 / 2024)

□ ملخّص □

أجريت هذه الدراسة بهدف إمكانية الحد من تأثير الإجهاد المائي في نباتات الذرة الصفراء باستعمال عدة أنواع من بكتريا PGPR موزعة في مجموعتين على شكل نوعين من المخصبات الحيوية لمعرفة فاعلية كل مجموعة على انفراد وفاعلية الخلط بينهما في مقاومة الإجهاد المائي وذلك عند ثلاثة مستويات من الإجهاد المائي (1200,800,400) ميللي بار.

نُفذ البحث في قرية الهنادي التابعة لمحافظة اللاذقية خلال موسم 2021-2022 بزراعة حبوب الذرة الصفراء الصنف (غوطة 82) في قطع تجريبية وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD).

أدى التلقيح ببكتريا PGPR لتأثيرات إيجابية في بعض الخصائص البيوكيمائية (محتوى الأوراق منNPK%، محتوى الأوراق من البرولين ميكروغرام/غرام، محتوى الاوراق من حمض السالسيليك ميكروغرام/غرام، محتوى الأوراق من السكريات الكلية الذوابة%) والنوعية (محتوى الحبوب من NPK%، محتوى الحبوب من البروتين%) في نباتات الذرة الصفراء النامية في الظروف الطبيعية وفي ظروف الإجهاد أيضاً.

أدى الإجهاد المائي عند المستويين 1200،800 ميلي بار (2Ψ و3Ψ) إلى انخفاض محتوى حبوب الذرة الصفراء من البروتين الكلي ومن النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم.

ساهمت بكتريا PGPR بزيادة كل من البرولين وحمض السالسيليك والسكريات الكلية الذوابة وبالتالي زيادة تحفيز المقاومة الجهازية لدى نبات الذرة الصفراء صنف (غوطة82)، وبناءاً على ذلك يمكن اقتراح التلقيح ببكتريا PGPR لدورها الملموس في تحمل النبات للإجهاد المائي، فضلاً عن دورها في تحفيز النمو من خلال توفير النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم في التربة.

الكلمات المفتاحية: الذرة الصفراء، الصفات البيوكيميائية، الصفات النوعية، بكتريا PGPR، المخصبات الحيوية، الإجهاد المائي.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

*أستاذ مساعد ، كلية الهندسة الزراعية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

**أستاذ، كلية الهندسة الزراعية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

***أستاذ مساعد ، كلية الهندسة الزراعية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

****طالب دكتوراه، كلية الهندسة الزراعية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.ahmadnassef89@gemail.com

مقدمة:

تعتبر الذرة (*Zea mays L*) من أهم المحاصيل الاستراتيجية والاقتصادية في العالم، ويعتبر المحصول الثالث من حيث الأهمية الاقتصادية بعد القمح والأرز. تستخدم الذرة في تغذية الإنسان والحيوان، وكذلك استخدامات أخرى متنوعة علاجية ولإنتاج الأصباغ واستخدامها كوقود حيوي، وتعتبر بديلاً لوقود السيارات. ويسمى ملك المحاصيل. ازدادت أهمية المحصول بسرعة بسبب الزيادة في عدد سكان العالم والتوسع في مشاريع الثروة الحيوانية والطلب المتزايد عليها لإنتاج الوقود الحيوي (*Abdul-Hamed and Abood*. 2021). تعتبر مشكلة نقص المياه عاملاً مهماً في الوقت الحاضر والمستقبل تحد من التوسع والتطوير في جميع أنشطة الحياة الاجتماعية والاقتصادية في مختلف المجالات، وخاصة في الزراعة ولاسيما في المناطق الجافة وشبه الجافة. بالإضافة إلى أن تدفق مياه الانهار وتذبذب مستواها من موسم إلى آخر مع انخفاض معدلات هطول الأمطار أو سقوطها في أوقات غير تلك التي يحتاجها النبات وارتفاع درجات الحرارة ومعدلات التبخر، مصحوبة بضعف في عملية إدارة موارد المياه والتربة، وبالإضافة إلى الطلب المتزايد على الغذاء بسبب التطور الحاصل في النمو السكاني الحالي والمستقبلي، كل هذه العوامل أثرت بشكل كبير على ندرة هذه المياه في السنوات الأخيرة.

تؤكد اليونسكو أن حوالي 1.8 مليار شخص سيعانون من نقص المياه وأن ثلثي البشرية سيتأثرون بعواقب نقص المياه بحلول عام 2025، مما سيؤثر سلبًا على إنتاج المحاصيل الزراعية *(Abdulhamed et al .,2021)*.

يعتبر المحتوى المائي في التربة من أهم العوامل التي تحدد وتنظم العمليات الحيوية داخل النبات، حيث يلعب الماء دورًا حاسمًا في حياة النبات من خلال لعب دور المذيب والوسيط الحامل، وكذلك إعداد الطاقة اللازمة لعملية التمثيل الضوئي التي يتم فيها تصنيع الأغذية العضوية، وكذلك خفض درجة حرارة النبات (*Abdul-Hamed et al.,2021*

تؤثر المياه على نمو النباتات من خلال تأثيرها على عمليات التمثيل الغذائي المختلفة، وقد تأثر عليها بشكل مباشر أو غير مباشر، وترتبط عمليات البناء ومعدلات الانقسام الخلوي السريع والاستطالة وتحضير المواد العضوية وغير العضوية اللازمة لجدران الخلايا والبروتوبلازم في الخلايا بمحتواها المائي فهو يتحكم في مقدار نمو النبات (*Hakim et al.*,2018)

أما المفهوم الزراعي للجفاف (الإجهاد المائي) فهو حسب نمو المحصول وتكوينه، ويفترض أنه يبدأ عندما يكون هناك نقص للمياه المتاحة من منطقة الجذر أو عدم قدرة النبات على امتصاص الماء ولو كان متيسراً بسبب القوة المؤثرة في مسك جزئيات الماء (*Rahman et al., 2016*), لذا فإن الإجهاد المائي هو متلازمة فيزيائية حيوية معقدة تتأثر بالمناخ (*Amoon and Abdul Hamed* 2020)

الإجهاد المائي هو أحد أهم الضغوط اللاحيوية التي تحد إنتاجية المحاصيل، وخاصة الذرة (*Li et al.*,2019)

فهي حساسة للإجهاد المائي، خاصة إذا تزامنت مع فترة الإزهار، مما سيؤدي إلى خسارة في المحصول قد تصل إلى 45-60٪ (*Abdul-Hamed et al.*,2021).

يعتبر النيتروجين(N) من المغذيات الكبيرة الحيوية التي تحتاجها النباتات لأنه يحسن نمو نظام النمو الخضري، ويساعد في التكاثر، وهو أحد مكونات الكلوروفيل المسؤول عن اللون الأخضر العميق، كما أنه يزيد من حجم الحبوب (*Sandhu et al., 2021*)، الفوسفو(P) هو ثاني المغذيات الكبيرة المسؤولة عن نمو النباتات (*Bechtaoui et al., 2021*). وهو مكون مهم للأحماض العضوية والنووية وهو مسؤول عن تخليق ATP والعديد من الأحماض الأمينية والبروتينات (*Wang et al., 2020*). ويعتبر البوتاسيوم (K) المكون الرئيسي الثالث للمغذيات

الكبيرة التي تحتاجها النباتات. وهو مهم بشكل أساسي في تنظيم إغلاق وفتح الثغور، وامتصاص العناصر الغذائية، وتخليق البروتين مما يحسن جودة المنتجات، كما يوفر مقاومة ضد بيئة الإجهاد(*Santosh et al.,2022*).

بين (*Ali et al.,2013*) من خلال دراسته على الذرة الصفراء أن الإجهاد المائي قد خفض بشكل معنوي تركيز كل من النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم حيث كانت تراكيز هذه العناصر عند الري كل (15) يوم بمقدار (0.14,0.59,1.69) % لكل من النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم على التوالي وذلك مقارنة مع معاملة الري (بدون إجهاد) حيث بلغت تراكيز العناصر(0.24,0.97,2.24)% لكل من النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم على التوالي. وأظهرت دراسة (*Shaddad et al.,2011*) أن الإجهاد المائي خفض من تركيز البوتاسيوم في المجموع الخضري والجذري لنبات الذرة الصفراء حيث كان تركيز البوتاسيوم عند معاملة الإجهاد (30% من السعة الحقلية) في المجموع الخضري والجذري (9.9,10.6) ملغرام. غرام$^{-1}$ وزن جاف على التوالي مقارنة مع معاملة الري (90% من السعة الحقلية) التي بلغت في المجموع الخضري والجذري (10.4,11.1) ملغرام. غرام$^{-1}$ وزن جاف على التوالي.

أوضحت دراسة (الدسوقي،2008 ;Kara et al.,2016) أن التراكيز والكميات الممتصة من العناصر الغذائية في حبوب الذرة الصفراء تأثرت تحت الشد المائي ولاسيما النتروجين والفوسفور.

يتجمع البرولين في أوراق النبات ويعد تراكمه مؤشراً لحدوث الشد، كما ان هذا التراكم غير سام للنبات ويسهم في خزن النتروجين الزائد ويستطيع النبات الاستفادة منه عند التعرض للإجهادات ونقص الطاقة، لان أكسدة كل وحدة من البرولين يحرر حوالي ATP 30من الطاقة الضرورية للنبات (*Anjum et al*., 2014; Zhang *and) Becker* 2015). كما أشار (*Abedelgawad et al.,* 2014) إلى زيادة تركيز حامض البرولين في أوراق الذرة الصفراء بتباعد مدد الري. وأظهرت دراسة (*Perveen et al*., 2016) عند تطبيق معاملتي ري وهي استنزاف 60% من السعة الحقلية والري الطبيعي بدون استنزاف أدى ذلك إلى زيادة في محتوى اوراق الذرة الصفراء من البرولين عند استنزاف 60% اذ سجل 14 مايكرومول غرام وزن رطب$^{-1}$ قياساً بالري الطبيعي بدون شد التي سجلت 10 مايكرومول غرام وزن رطب$^{-1}$. بينت دراسة (*Mutlak* , 2018) أن مستويات الري لها تأثير على مستويات البرولين في الأوراق، اذ وجد زيادة محتوى البرولين عند الري بعد استنزاف 75 % من الماء المتاح، وأعطت برولين 86 ميكرومول غ$^{-1}$، في حين أعطت عند معاملة الشاهد (الري الطبيعي) متوسط بلغ 71 ميكرومول غ$^{-1}$. أشار (*Naheeda et al.,2019*) إلى أن إجهاد الجفاف أدى إلى زيادة تراكم البرولين والأحماض الأمينية الحرة والسكريات مع زيادات قصوى قدرها 69.84٪، 49.87٪، و 142.8٪، على التوالي مقارنة مع معاملة الشاهد (الري المنتظم).

يعدّ حمض الساليسليك أحد المشتقات الفينولية ينتج طبيعياً داخل النبات بشكل هرمون منظماً لنموه حيث يؤدي حامض السالسليك دورا مهما في تنظيم العمليات الفسيولوجية مثل النمو، والتمثيل الضوئي، وإنتاج الإثلين، وأيض النترات، وإنتاج الحرارة، والإزهار (*Hayat et al. 2010*)، ويزيد من تحمل النبات للظروف غير الحيوية كالإجهاد المائي، ويمكن أن يتراكم حمض الساليسليك موضعياً و ينتقل جهازياً داخل النبات وخاصة تحت ظروف الإجهاد (*Hussain et al., 2011*)،

أظهرت دراسة (*Mohammadkhani and Heidari,2008*) زيادة تركيز السكريات القابلة للذوبان بزيادة مستويات من الإجهاد المائي (0.15، 1.03، 0.49، 1.76) ميجاباسكال، في صنفين مختلفين من الذرة الصفراء. بينت دراسة (*Valentovič et al., 2006*) انه عند تطبيق إجهاد مائي (1.4ميجاباسكال) أدى ذلك إلى زيادة مستوى السكريات

الذوابة في أوراق صنفين من الذرة الصفراء صنف متحمل للجفاف وصنف حساس للجفاف حيث سجلت زيادة قدرها (69,58)% مقارنة مع معاملة الشاهد(الري عند السعة الحقلية).

يؤدي الإجهاد الناتج عن الجفاف إلى الإفراط في الإنتاج من ROS ويدمر استقلاب الخلية الطبيعي وبالتالي تلف البروتينات (*Vurukonda et al., 2016; García et al., 2017*) تؤدي زيادة تخليق ROS في النباتات المعرضة لإجهاد الجفاف إلى إفساد البروتينات، وتقليل تغذية النبات، وتدهور نظام الدفاع المضاد للأكسدة، مما يؤدي إلى انخفاض النمو وإنتاج البروتينات في نباتات المحاصيل(*Ahluwalia et al., 2021*).

تجدر الإشارة إلى أنه تم استخدام استراتيجيات مختلفة في البيئة العلمية والعملية للتخفيف من الإجهاد المائي، أحد البدائل للتخفيف من آثار هذا الإجهاد وضمان الإنتاج في النظم الزراعية هو استخدام اللقاحات الميكروبية المصنوعة من البكتيريا المعززة لنمو النبات (PGPR) (*Shilev et al., 2020; Poudel et al., 2021*)

يمكن لهذه الكائنات الحية الدقيقة أن توفر الحماية للنباتات ضد نقص المياه عن طريق الحفاظ على مستويات الرطوبة وتوفير نمو أفضل للجذور وإمدادات المواد الغذائية. يسعى الباحثون إلى تحديد الكائنات الحية الدقيقة، إلى جانب آليات عملها، القادرة على تخفيف الإجهاد اللاأحيائي *Kavamura et al., 2013; Niu et al.,) (2018*. لقد وجدت العديد من الدراسات الواعدة أن تلقيح الذرة بالكائنات الحية الدقيقة المفيدة يؤدي إلى زيادة تحمل النبات للإجهاد (*Parul et al., 2022*).

يتم تعريف البكتيريا المعززة لنمو النبات (PGPR) أو المخصبات الحيوية على أنها "المستحضرات التي تحتوي على ميكروبات حية تساعد في تعزيز خصوبة التربة وقدرة النبات على مقاومة الإجهادات عن طريق تثبيت النيتروجين من الغلاف الجوي، وإذابة الفوسفور أو تحلل المواد العضوية أو عن طريق تشجيع نمو النبات من خلال إنتاج هرمونات النمو مع أنشطتها البيولوجية" *(Okur, 2018)*.

أشار (Gholami et al., 2008) إلى أن تلقيح بذور الذرة الصفراء بالمخصبات الحيوية وتحديداً بكتيريا *Azospirillum.spp* أدت إلى زيادة معنوية في محتوى البذور من العناصر الغذائية اذ زاد متوسط لنتروجين من 2.26 إلى 5.11 ملغم كغم$^{-1}$ والفسفور من0.31 إلى0.61 ملغم كغم$^{-1}$. أظهرت دراسة (Peng et al., 2013) أن تلقيح بذور الذرة الصفراء بال *Azotobacter* أدت إلى زيادة معنوية في كمية النتروجين الممتص في الجزء الخضري وبنسبة بلغت 64.4 % مقارنة مع معاملة الشاهد. أظهرت دراسة (محمد واخرون،2015) ان التسميد الحيوي أثر معنوياً في زيادة جاهزية تركيز الفسفور في التربة عند مرحلتي التزهير والنضج التام عند تلقيح بذور الذرة الصفراء ببكتريا Bacillus spp وبنسبة زيادة بلغت 28.10% و26.90% على التوالي مقارنة بمعاملة الشاهد. كما أظهرت دراسة (Alwan and Kareem,2017) انه عند تلقيح بذور الذرة الصفراء ببكتريا (PGPR) أعطى تفوقاً معنوياً في جاهزية العناصر الغذائية اذ زاد من 2.57% إلى 2.86%وبنسبة زيادة بلغت 11.28% بالنسبة للنتروجين ومن 0.32% إلى0.38% وبنسبة زيادة بلغت 18.75%بالنسبة للفسفور ومن1.63% إلى1.87% وبنسبة زيادة بلغت 14.72% للبوتاسيوم.

أظهرت دراسة (*Badawi et al.,2014*) عند تلقيح بذور الذرة الصفراء بخليط من نوعين من البكتريا (Azotobacter vinelandii وAzotobacter choococcum) قد أدى إلى زيادة معنوية في محتوى النتروجين والبوتاسيوم في النبات.

ووُجِد أن التلقيح ببكتيريا Pseudomonas spp يحمي نباتات الذرة من إجهاد الجفاف ويحسن محتوى الكتلة الحيوية والسكريات في النباتات المعاملة بالمخصبات الحيوية من خلال تنظيم محتوى البروتينات وتنظيم محتوى البرولين

(*Sandhya et al., 2010*). حيث أثبت التلقيح بالمخصبات الحيوية فعاليته في تحسين محتويات البرولين والأحماض الأمينية الحرة والسكريات بنسبة 2.4 و 1.7 و 3.8 أضعاف على التوالي مقارنة مع معاملة الشاهد (الري المنتظم) (*Naheeda et al.,2019*). أدى التلقيح ببكتيريا Pseudomonas putida إلى تعزيز إنتاج حمض الساليسيليك وحمض الأبسيسيك الذي يحمي النباتات من إجهاد الجفاف (*Kang et al., 2014b*).

يحتاج عدد سكان العالم المتزايد باستمرار إلى إنتاج الغذاء، وتلعب الزراعة دورًا رئيسيًا في هذا الإنتاج (*Eliaspour et al., 2020a*)، وكمصدر للغذاء، توفر الذرة حوالي 30% من الطاقة التي يحتاجها أكثر من 4.5 مليار شخص في 94 دولة نامية. من ناحية أخرى، يتم استخدام 63٪ من الذرة المنتجة في العالم لتغذية الدواجن (Shiferaw et al.,2011). يعد التغير المناخي الملحوظ في السنوات الاخيرة أحد العوامل الرئيسية لتعزيز الإجهاد المائي على المحاصيل مما يؤدي إلى انخفاض إنتاجية المحاصيل (*Liu et al., 2017a*).

وهذا ما يبرر ضرورة البحث عن وسائل مناسبة وبأقل التكاليف تساعد النبات على تحمل الإجهاد المائي لاستغلال أكبر مساحة ممكنة تحت ظروف شح المياه.

بناءً على ما سبق، يهدف البحث إلى دراسة تأثير بكتريا الPGPR (المخصبات الحيوية) على الصفات البيوكيميائية والنوعية لنبات الذرة الصفراء تحت تأثير الاجهاد المائي.

طرائق البحث ومواده:

المادة النباتية:

استخدم في البحث حبوب الذرة الصفراء (غوطة 82) حيث تم الحصول عليها من الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، وهو صنف تركيبي مدخل ومتأقلم مع الظروف المحلية يشتمل على أصول وراثية متعددة ذو نضج متوسط التبكير (110 – 120) يوم، والنباتات ذات نمو خضري وطول متوسط والأوراق ذات انحناء متوسط، أما العرانيس تتوضع في النصف الأول من الساق حجمها وسط وتستدق في نهايتها والحبوب منغوزة قليلاً. تقرير لجنة اعتماد الصنف غوطة 82 لعام 2001.

العزلات البكتيرية:

محفوظة في مخبر أبحاث علوم التربة والمياه، معزولة ومُوصفة (حماد والشامي، 2017) تم تحضير اللقاح البكتيري باستخدام بيئة غذائية سائلة (Tryptic Soy Broth (TSB **وزجاجات** BIOGEN / سعة 2لتر، ثم استخدمت شريحة العد Burker لتقدير كثافة البكتريا وضبطها في المعلق وفق التركيز 10^9 خلية/مل. تم تحضير المخصبات بمزج عدة أنواع من العزلات وبنسب ثابتة كما هو مبين في الجدول (1)

جدول(1). طريقة تحضير المخصبات الحيوية من العزلات البكتيرية وآلية عملها

المخصب الحيوي الأول (B1)		المخصب الحيوي الثاني (B2)		المخصب الحيوي الثالث (B3)
العزلة البكترية	آلية عملها	العزلة البكترية	آلية عملها	
Azotobacter chroococcum.AC+At	مثبت نتروجين	Azospirillum.spp	مثبت نتروجين	مزيج بين المخصبين الحيويين (B1+B2)
Bacilluc megaterium	مذيب فوسفور	Pseudomonas fluorescens	مذيب فوسفور	
Frateuria aurantia	مذيب بوتاسيوم	Bacillus circulans	مذيب بوتاسيوم	
Rhizobium leguminosarum	منشط عام	Rhizobium phaseoli	منشط عام	

موقع تنفيذ البحث:

نفذ البحث خلال الموسم الزراعي 2021–2022 في إحدى الأراضي الزراعية في بلدة الهنادي بمحافظة اللاذقية، وفي مخابر كلية الزراعة بجامعة تشرين. تميزت تربة الموقع التي تمت زراعته بأنها لوميه، ذات محتوى منخفض من الآزوت والمادة العضوية ومحتوى جيد من الفوسفور والبوتاسيوم، كما انها غنية بكربونات الكالسيوم، كما هو مبين في الجدول (2).

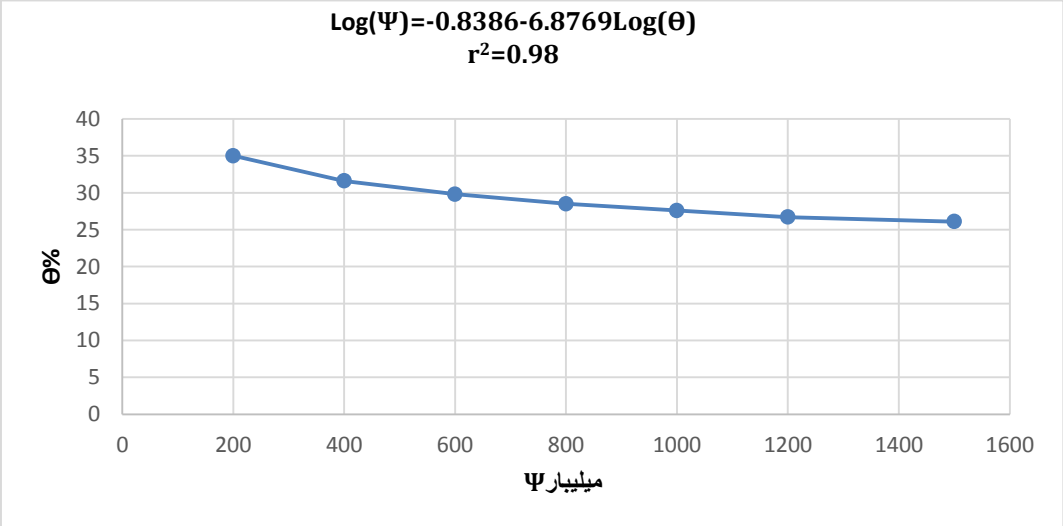
جدول (2). يبين بعض خواص التربة الفيزيائية والكيمائية لتربة التجربة قبل الزراعة.

OM %	ppm			EC mmhos/cm	pH 1:2.5	CaCo3% الكربونات الكلية%	التحليل الميكانيكي%		
	K متاح	P متاح	N معدني				رمل	سلت	طين
1.2	178	26	2	0.7	7.94	54	35.2	36.88	27.92

تم تجهيز الأرض بإجراء حراثة سطحية مع تسوية سطح التربة، كما وتم إضافة كميات السماد الاساسية وفقا لمتطلبات التسميد اللازمة للنبات بما يحقق معدلات التسميد الموصي بها من قبل وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي: 3 متر مكعب سماد بلدي متخمر للدونم، 12كغ/دونم سماد ازوت (N) على شكل يوريا 46%، 17كغ/دونم فوسفور (P) على شكل سوبر فوسفات ثلاثي 46 %، أجريت التجربة بتصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD)، بمعدل زراعة 5.71 نبات في المتر المربع وبواقع ثلاثة مكررات لكل معاملة وفي كل مكرر 12 نبات، بلغت مساحة القطعة التجريبية الواحدة (3.5×1.25) حيث قسمت كل قطعة تجريبية إلى 4 خطوط و كانت المسافة بين الخط والأخر 70سم وبين النباتات 25 سم وتمت الزراعة في الثلث العلوي من الخط في جور على عمق 3–5 سم، وتمت عمليات الخدمة الزراعية المعروفة من ترقيع وعزيق ومكافحة و حسب الطرق العلمية الشائعة والمتبعة.

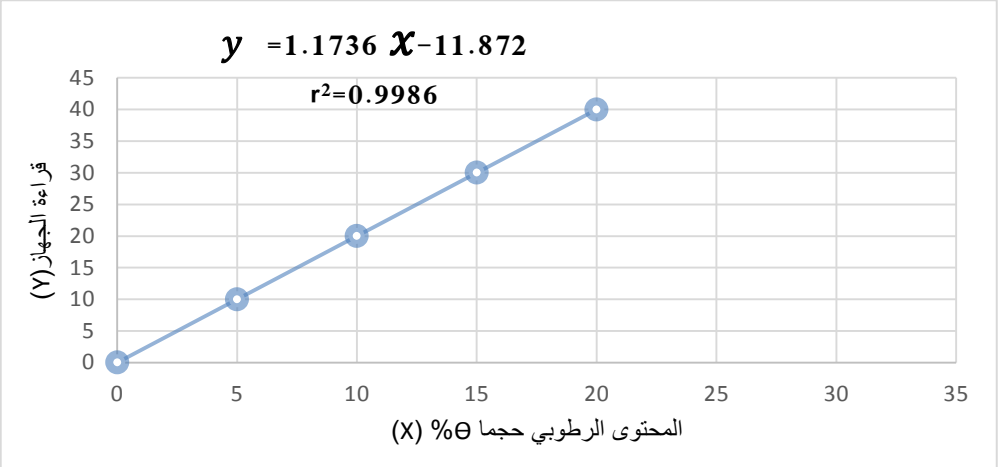
_جدولة الري وتحديد مستوى الشد الرطوبي:

أخذت عينات من التربة على عمق 30 سم باستخدام الأسطوانات لمعرفة الرطوبة الوزنية ثم قمنا بتحويلها إلى الرطوبة الحجمية وباستخدام جهاز الضغط الغشائي تم رسم وتحديد منحنيات الشد الرطوبي وضبط مستويات الشد الرطوبي (Ψ) وما يقابلها من الرطوبة الحجمية (θ%) كما في الشكل (1)



الشكل (1) منحى الشد الرطوبي

ومن معادلة منحني الشد الرطوبي نجد انه عند شد رطوبي (400 ميليبار) كانت الرطوبة الحجمية 31.6% شد رطوبي (800 ميليبار) كانت الرطوبة الحجمية 28.5% شد رطوبي (1200 ميليبار) كانت الرطوبة الحجمية 26.7% وبالاعتماد على مستويات مختلفة من الرطوبة وما يقابلها من الشد الرطوبي تمت معايرة جهاز قياس الرطوبة (LUTRON-PMS-714) ورسم معادلة الخط البياني لقراءة الجهاز وما يقابله من الرطوبة الحجمية كما هو موضح في الشكل (2).



الشكل(2) الخط البياني لجهاز قياس الرطوبة ومايقابله من رطوبة التربة حجماً

ولتحديد كميات مياه الري اللازمة لكل قطعة تجريبية ننطلق من قراءة الجهاز **(Y)** ونحسب الرطوبة الحجمية الحالية**(x)** ونطبق المعادلة التالية:

$$W_{mm} = \frac{(\theta f - \theta r) \times Bt}{10}$$

حيث أن W_{mm} : كمية الماء الواجب إضافتها(بالملم=1لتر بالمتر المربع).

θf : الرطوبة عند مستوى الشد الرطوبي المطلوب(1200,800,400) ميليبار، والتي تقابل(26.7,28.5,31.6)%حجما على التوالي.

θr : الرطوبة الحالية المأخوذة من قراءة الجهاز ومعادلة الخط البياني وهي (X).

Bt :عمق التربة ويساوي *30* سم.

- طريقة الري:

تم اعتماد طريقة الري السطحي باستخدام الري بأنابيب مرنة متصلة بمضخة مثبتة على خزان ومزودة بعداد لقياس كميات الماء المضافة الى كل قطعة تجريبية، اضيفت كميات متساوية من ماء الري عند الزراعة حتى الوصول إلى السعة الحقلية وذلك لضمان الإنبات، وبعد ذلك قمنا بتطبيق ثلاث مستويات من (الإجهاد المائي):

1. Ψ 1 عند 400 ميلي بار (ما يقارب السعة الحقلية للتربة).
2. Ψ 2 عند 800 ميلي بار.
3. Ψ 3 عند 1200 ميلي بار.

وذلك عند إضافات مختلفة من السماد

1. C شاهد بدون اي إضافات.
2. B1 مخصب أول (حيث يحتوي على 4 أنواع من العزلات البكتيرية الموصفة)

3. B2 مخصب ثاني (حيث يحتوي على 4 أنواع مختلفة من العزلات).

4. B3 مزيج بين المخصبين السابقين(B1+B2).

تم تحديد 4 نباتات من منتصف القطعة التجريبية ودرست عليها الخصائص والصفات البيوكيمائية التالية:

1-المؤشرات البيوكيميائية: تم أخذ عينات ورقية من أربع نباتات لكل معاملة تجريبية عند طرد النورة المذكرة لقياس المؤشرات البيوكيميائية التالية:

2-1-محتوى الأوراق من النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم(NPK) %: تم تجفيف الأوراق في الفرن على درجة حرارة 70 م حتى ثبات الوزن، ثم طحنت الأوراق ورمدت في جفنات بورسلان تحضيراً للهضم والقياس

تقدير النتروجين: تم هضم العينات بحمض الكبريت حتى أصبحت محاليل الهضم ذات لون شفاف، ثم تركت لتبرد على حرارة المخبر ومددت بالماء المقطر حتى (100 سم^3) بعد ذلك تم تقطيرها بجهاز تقطير كلداهل لمدة ست دقائق، وتم استقبال النواتج في دوارق مخروطية تحتوي 25سم^3 ماء مقطر وبضع قطرات من الكاشف المزدوج و وتمت معايرة نواتج التقطير بحمض كلور الماء (0.1) نظامي ، ومن حجم الحمض المستهلك في هذه المعايرة تم حساب نسبة الآزوت في النبات.

تقدير الفوسفور: وهضمت العينات بحمض كلور الماء *2M* تحضيراً لقياس الفوسفور بطريقة موليبدات-فاندات وباستخدام جهاز الطيف الضوئي على طول موجة 660 تم قياس الفوسفور (راين واخرون،2003)

تقدير البوتاسيوم%: أذيب رماد كل مكرر في (50سم^3) من حمض البيركلوريك النظامي، ثم رشحت محاليل الهضم، وقدر فيها البوتاسيوم باستخدام جهاز اللهب وتم أخذ القراءات حسب *(Isaac and Kerber,1971)* ثم حسبت النسبة المئوية للبوتاسيوم.

2-1- محتوى البرولين في الأورق(Proline content) ميكرومول/غ وزن رطب: تم تحليل محتوى الأوراق من البرولين وفقاً لطريقة (Bates *et al.*, 1973) حيث تم سحق 100 ملغ من أوراق الذرة الطازجة في 5 مل من المحلول المائي لحمض سلفوساليسيليك (3 %). أُوخذ 2 مل من المستخلص وأضيف له 2 مل من محلول النينهدرين المنشط للتفاعل (نينهدرين+ حمض الخل الثلجي+ حمض أورثوفوسفوريك) و2 مل من حمض الخل الثلجي. ثم وضعت الأنابيب في حمام مائي ساخن 100 °م لمدة ساعة، وبعد التبريد على الماء المثلج تم وضع 4 مل من التولوين. تم قياس الامتصاص الضوئي على طول موجة 520 نانومتر باستخدام جهاز Spectrophotometer ومن ثم تقدير نسبة البرولين في العينات بالاعتماد على منحى قياسي للبرولين النقي.

3-1- تقدير تركيز حمض الساليسيليك في أوراق الذرة الصفراء: تم قياس تركيز حمض الساليسليك في أنسجة النبات (Maria *et al.,* 2007) ، وذلك بوزن 1 غ من أوراق الذرة لنباتات التجربة، وضعت ضمن جفنة بورسلان وأضيف لها 1 مل من حمض كلور الماء 6 نظامي و10 مل من الكلوروفورم، طحنت العينة بشكل جيد ورشحت باستخدام قمع الفصل في أنبوب الاختبار، وأضيف لكل عينة 5 مل من محلول كلور الحديد $FeCl_3$ (تم تحضير محلول كلور الحديد بإضافة 0.5 غ بودرة كلور الحديد إلى 100 مل ماء مقطر وحرك جيدا لتمام الذوبان)، يتكون نتيجة التفاعل بين حمض الساليسليك وشاردة الحديد الثلاثية Fe^{+3} معقد بنفسجي يختلف لونه باختلاف تركيز حمض الساليسيليك في العينة النباتية المختبرة، تم تحديد تركيز حمض الساليسيليك (ppm) وفق قيم الامتصاصية الضوئية للمحلول الناتج باستخدام جهاز الطيف الضوئيSpectrophotometer عند طول موجة 540 نانومتر، وذلك بعد رسم

خط بياني باستخدام أربعة تراكيز من حمض الساليسيليك العياري 25 و50 و75 و100 ppm والتركيز 0 ماء مقطر فقط.

1-4-محتوى الأوراق من السكريات الذوابة %: تم تحليل محتوى أوراق الذرة من السكريات الذوابة وفقاً لطريقة (Dubois *et al.*,1956). حيث تم سحق 100 ملغ من أوراق الذرة الطازجة في 1 مل من الإيثانول 80 %، ثم وضعت الأنابيب في حمام مائي ساخن 80 °مئوية لمدة 10 دقائق حتى يجف المستخلص الكحولي. ثم إضافة الفينول 5 % وحمض الكبريت المركز (96 %، ك= 1.86) إلى المزيج فينتج لون أصفر بني. ثم قياس الامتصاص الضوئي باستخدام جهاز Spectrophotometer على طول موجة 490 نانومتر، ومن ثم تقدير نسبة السكريات في العينات بالاعتماد على منحى قياسي للغلوكوز النقي.

2-المؤشرات النوعية: أُخذت عينات من العرانيس وذلك لتحديد المؤشرات النوعية التالية:

2-1-محتوى الحبوب من النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم(NPK) %: تم تجفيف الحبوب في الفرن على درجة حرارة 70 م حتى ثبات الوزن، ثم طحنت ورمدت في جفنات بورسلان تحضيراً للهضم والقياس وتم اتباع نفس الخطوات في تحليل الأوراق.

2-2- محتوى الحبوب من البروتينات %: تم تحليل محتوى حبوب الذرة من البروتينات باستخدام طريقة Gornall *(et al .,1949)*. حيث تم سحق 100 ملغ من حبوب الذرة الصفراء الطازجة في 1 مل من محلول بوفر منظم فوسفات (0.1 مولر) (pH=7.6) ثم اضافة 5 مل من محلول بايروت (Sodium and Potassium Tartrate ؛KI CuSO4.5H2O) إلى المزيج، ومن ثم قياس الامتصاص الضوئي باستخدام جهاز Spectrophotometer على طول موجة 540 نانومتر، ومن ثم تقدير نسبة البروتينات في العينات بالاعتماد على منحنى معياري BSA البومين سيروم العجول (Bovine Serum Albumin).

التحليل الاحصائي: تم تبويب البيانات إحصائياً باستخدام تطبيقExcel، ومن ثم تحليلها ببرنامج Genstat-12

النتائج والمناقشة:

1-تأثير المعاملة ببكتريا (PGPR) في محتوى الأوراق الكلي من العناصر الغذائية (NPK)% تحت تأثير الإجهاد المائي:

تبين نتائج تحليل التباين في الجدول (3) إلى وجود فروق معنوية حيث أظهرت انه مع ازدياد مستويات الإجهاد المائي نقصت كمية النتروجين في الاوراق حيث أن معاملة CΨ3 الشاهد عند المستوى الثالث للإجهاد المائي أعطت أقل متوسط بلغ 1.05% في حين أعطت المعاملة CΨ1 متوسطاً أعلى بلغ 1.64% للنبات، وحققت المخصبات الحيوية في جميع المعاملات استجابة معنوية في زيادة نسبة النتروجين إذ ساهمت معاملة Ψ1 بإعطاء أعلى متوسط بلغ (1.84،1.8،1.76) % للنبات عند معاملة المخصبات الحيوية(B3,B2.B1) ,على التوالي مقارنة مع الشاهد. ومن خلال النظر إلى نتائج الجدول (3) يمكن ملاحظة أن معاملات المخصبات الحيوية B3,B2,B1 عند المستوى الثالث من الإجهاد المائي Ψ3 قد زاد من متوسط نسبة النتروجين بنسبة وقدرها (23.8،21.9،16.2) % على التوالي مقارنة مع المعاملة CΨ 3 وهذا يظهر دور المخصبات الحيوية في التقليل من أضرار الإجهاد المائي.

كما يبين الجدول(3) أن نسبة الفوسفور في الأوراق يسلك سلوكا مشابهاً لصفة نسبة النتروجين في الأوراق، حيث أعطت معاملة (B3Ψ1) أعلى متوسطاً بلغ 0.97% مقارنة مع معاملة الشاهد (CΨ1) بمتوسط بلغ 0.74% . ولم يحدث فروق معنوية بين معاملات المخصبات الحيوية (B3,B2,B1) عند نفس مستوى الإجهادΨ1.

وتفوقت معاملة المخصبات الحيوية معنويا على معاملة الشاهد عند جميع المستويات من الإجهاد المائي فعند المستوى الثاني من الإجهاد Ψ2(800ميليبار) أعطت معاملة المخصبات(B1Ψ2، B2Ψ2، B3Ψ2) متوسطات بلغت(0.61،0.73،0.7)% على التوالي مقارنة مع معاملة الشاهد التي أعطت متوسطاً بلغ(0.53)%.

وتشير نتائج تحليل التباين في الجدول (3) إلى وجود فروق معنوية بين المتوسطات في نسبة البوتاسيوم في الأوراق حيث حققت المخصبات الحيوية استجابة معنوية في زيادة نسبة البوتاسيوم، حيث أعطت معاملة المخصب الحيوي B3Ψ1 أعلى متوسط بلغ 2.74%، ولم تختلف معاملتي التلقيحB1Ψ1،B2Ψ1 معنوياً فيما بينهما في حين أعطت معاملة الشاهد (CΨ1) أقل متوسط لهذه الصفة بلغ 2.47%، بينما في المستوى الثاني من الإجهاد المائي لم يكن هناك فرق معنوي بين معاملات التلقيحB1 وB2 وB3، ولكن تفوقت على معاملة الشاهد التي أعطت متوسطاً بلغ (2.24)%. في حين أعطت معاملة الشاهد (CΨ3) عند المستوى الثالث من الإجهاد المائي (1200 ميليبار) أقل متوسط لصفة نسبة البوتاسيوم في أوراق الذرة الصفراء مقارنة مع جميع المعاملات حيث بلغ(1.98)% وهذا يوضح تأثير الإجهاد المائي على النبات.

جدول(3) تأثير المعاملة ببكتريا (PGPR) في محتوى الأوراق الكلي من العناصر الغذائية (NPK)% تحت تأثير الإجهاد المائي:

المعاملات	نسبة العناصر الغذائية (NPK) في الأوراق%		
	%N	%P	%K
C Ψ 1	1.64^{c}	0.74^{b}	2.47^{c}
C Ψ 2	1.44^{de}	0.53^{d}	2.24^{e}
C Ψ 3	1.05^{f}	0.35^{e}	1.98^{f}
B1 Ψ 1	1.76^{bc}	0.92^{a}	2.63^{b}
B1 Ψ2	1.48^{d}	0.61^{c}	2.36^{d}
B1 Ψ 3	1.22^{e}	0.58^{c}	2.07^{f}
B2 Ψ 1	1.8^{ab}	0.9^{a}	2.53^{bc}
B2 Ψ 2	1.58^{cd}	0.73^{b}	2.33^{de}
B2 Ψ 3	1.28^{e}	0.67^{cb}	2.14^{ef}
B3 Ψ 1	1.84^{a}	0.97^{a}	2.74^{a}
B3 Ψ 2	1.55^{d}	0.7^{c}	2.41^{d}
B3 Ψ 3	1.3^{e}	0.66^{c}	2.2^{e}

في ضوء نتائج هذه الدراسة نلاحظ ان المخصبات الحيوية قد ساهمت من خلال آليات عملها في زيادة تجهيز النباتات بالنتروجين المثبت حيوياً الجدول(3). ومن ثم زيادة محتوى التربة من النتروجين المتاح ومن ثم تحفيز الجذور على امتصاصه(*Abd El-Fattah et al., 2013*). إن النتروجين المثبت حيوياً عن طريق الاجناس البكتيرية يكون متاحاً بهيأة أمونيوم والذي يُمثَّل مباشرةً بعد امتصاصه من قبل النبات من دون صرف طاقة حيوية، بخلاف النترات التي لا يمكن تمثيلها إلا بعد اختزالها مما يتطلب صرف طاقة حيوية والتي يمكن ان توظف في مجالات حيوية أخرى *Taiz* and Zeiger,2006)). وهذا يتفق مع نتائج(*Peng et al., 2013*) . ونتائج(*AL-Deen and Barakat,2017*)

كما ان هذه الاحياء ساهمت في زيادة جاهزية وامتصاص الفسفور في النبات الجدول(3). ويعزى ذلك الى ان المخصبات الحيوية تعمل على إنتاج حوامض عضوية ولا عضوية تساهم في خفض pH محلول تربة الريزوسفير ومن ثم زيادة ذوبان مركبات الفوسفور المترسبة (*Siddiqui,2006* ;محمد *واخرون،2016 Shirinbayan et al., 2019* ;)

يمكن أن يؤدي تلقيح PGPR أيضًا إلى زيادة تنظيم البروتينات المرتبطة بنشاط انزيم الفوسفاتيز المرتبط بإذابة الفوسفات والتالي زيادة كمية الفوسفور بالتربة *(Xiong et al., 2019; Khan et al., 2019)*

يوجد البوتاسيوم في أشكال ثابتة في معادن السيليكات مثل الإليت، والأورثوكلاز، والبيوتيت، والإيليت، والفلسبار، وما إلى ذلك. تعمل البكتيريا PGPR على إذابة البوتاسيوم والآلية الرئيسية لإذابة الشكل غير المتاح من البوتاسيوم هي إطلاق الأحماض العضوية (Varga et al., 2020)، هناك أيضًا آليات اخرى تقوم به البكتريا لإذابة البوتاسيوم، وهي إنتاج ممخلبات الحديد، وتفاعل التبادل، والتعقيد (Sattar et al., 2019).

تعمل المخصبات على إطلاق و تنشيط إنزيم الفوسفاتيز الذي يساعد على تحرير P و K في ريزوسفير التربة.

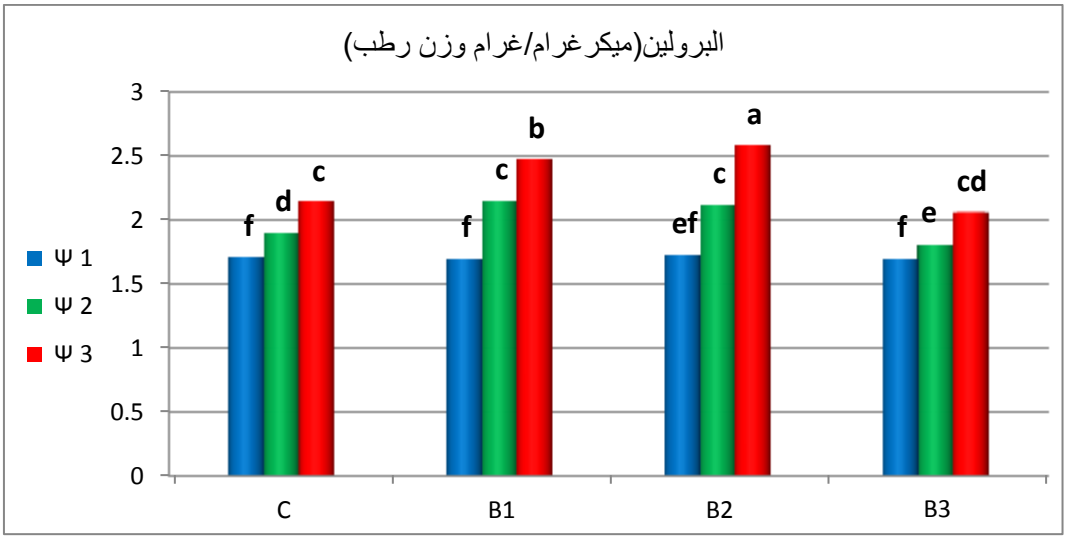
كما تعمل بكتريا ال PGPR على إفراز الهرمونات النباتية التي تؤدي دوراً حيوياً في زيادة تحمل النباتات للإجهاد المائي، اذ تحفز الاوكسينات تكوين جذور جانبية جديدة عن طريق كسر السيادة القمية للجذر التي تسببها السايتوكاينينات، وبالتالي الحصول على النظام الجذري الكثيف الذي يعد عاملاً مهماً في زيادة التحمل للإجهاد المائي عن طريق زيادة القدرة على امتصاص الماء والعناصر المعدنية(NPK). هذه الصفة جعلت الكثير من الباحثين يهتمون بالعلاقة المتداخلة بين المخصبات الحيوية والجذور في منطقة الريزوسفير التربة، اذ وجدوا أن PGPR تمنح المقاومة للعديد من المحاصيل لزيادة التحمل للإجهاد المائي من خلال زيادة كثافة المجموع الجذري (*Bhattacharyya and Jha,2012 ; Sandhya,2010*) وتتطابق هذه النتيجة ما وجده العديد من الباحثين(*Peng Bano et al., 2013; et al.,2013 ; Badawi et al.,2014*)

2-تأثير المعاملة ببكتريا (PGPR) في محتوى الأوراق الكلي من البرولين (ميكروغرام/غرام وزن رطب) تحت تأثير الإجهاد المائي:

يوضح الشكل (3) ارتفاع محتوى الاوراق من البرولين بزيادة مستوى الإجهاد المائي وبشكل معنوي، إذ أعطت معاملةCΨ3 أعلى متوسط بلغ 2.14 ميكروغرام/غرام وزن رطب، مقارنة بالمستويين الأول والثاني حيث أعطت المعاملتينCΨ1 وCΨ2 متوسطاً بلغ (1.71 و1.9) ميكروغرام/غرام وزن رطب على التوالي.

كما نلاحظ من الشكل(3) انه في ظل ظروف الري المثالية(Ψ1)، لم يكن للأسمدة الحيوية أي تأثير على البرولين مقارنة مع معاملة الشاهد، ولكن في معاملتي المخصبين B1 وB2 وعند زيادة مستوى الشد المائي زادت كمية البرولين في الأوراق حيث أعطت المعاملتين B1Ψ2 وB2Ψ2 متوسطاً بلغ (2.15 و 2.12) ميكروغرام/غرام وزن رطب على التوالي مقارنة مع الشاهدCΨ2 حيث أعطى متوسطاً بلغ (1.9) ميكروغرام/غرام وزن رطب.

بالمقابل أشارت نتائج الشكل (3) إلى أن الاستخدام المشترك B3 تحت ظروف الإجهاد المائي، أدى إلى تضاءل كمية البرولين في الأوراق حيث بلغت في معاملتي B3Ψ2 وB3Ψ3 متوسطاً وقدره (1.8،2.06) ميكرورام/غرام وزن رطب على التوالي مقارنة مع الشاهد.



الشكل(3) تأثير المعاملة ببكتريا(PGPR) في محتوى الأوراق من البرولين (ميكروغرام/غرام وزن رطب) تحت تأثير الإجهاد المائي

من بين الاستجابات المشتركة للنباتات المعرضة للإجهادات غير الحيوية هو إنتاج انواع مختلفة من المواد المذابة العضوية، التي تتضمن جزيئات صغيرة من(Proline) وهذه تسمى بالمنظمات الأزموزية أو المواد الذائبة التوافقية (Osmolytes)ان تراكم الاحماض الامينية لاسيما البرولين يعد وسيلة من الوسائل الدفاعية التي يستعملها النبات لمواجهة نقص الماء(*Sinay et al.*,2015)

.تناولت دراسات عدة آلية تجمع حامض البرولين في الانسجة النباتية والذي يزيد من تحمل النبات للإجهادات البيئية ومنها الشد المائي.

يعزى تجمع الأحماض الامينية في خلايا وأنسجة النبات الواقعة تحت تأثير الإجهاد المائي إلى عدم مقدرة النبات على البناء الحيوي للبروتينات فتزداد كمية الاحماض الامينية بالإضافة إلى أن الإجهاد المائي يحفز انزيمات تحلل البروتينات وبالتالي انتاج الأحماض الأمينية ولاسيما حامض البرولين الشكل(3) وهذه تعد آلية فسيولوجية للنبات من اجل حماية خلاياه من الضرر الناجم من هذا التأثير عن طريق الإسهام في الوقاية من أضرار مركبات ROS ، فضلاً عن دوره الايجابي في التنظيم الازموزي لخلايا النبات والذي يزيد من قدرته على سحب الماء والمغذيات ومن ثم المحافظة على استطالة الخلايا وفتح الثغور وكفاءة عملية التمثيل الضوئي والذي يؤدي بدوره الى المحافظة على نمو النبات تحت ظروف الإجهاد المائي، كما ان البرولين يكون غلافاً او قشرة مائية مشدودة ومتماسكة تزيد من مقاومة التغيرات تحت الإجهاد المائي (*Al-shaheen et al.,2016*) وتتطابق هذه النتيجة مع ما وجده (*Tarighaleslami et al., 2012 ; Yin et al., 2012*) الذين وجدوا في نتائجهم زيادة محتوى الاوراق من البرولين تحت الإجهاد المائي. أن تجمع وتراكم الحامض الاميني البرولين في معظم الأنسجة النباتية المعرضة للإجهاد المائي يساهم كمصدر للطاقة لتنظيم جهد الأكسدة والاختزال في الأوراق، أي يعمل كمنشط جذري هيدروكسيلي (*Sharma and Dietz,2006*) يلاحظ من نتائج الشكل(3) إن معاملات التلقيح بال *B1,B2*, ساهمت في زيادة محتوى الاوراق من البرولين ويعزى ذلك إلى مقدرة هذه الاجناس في زيادة قدرة النبات للتحمل والتكيف مع الشد المائي عن طريق زيادة محتوى البرولين (*Kandowangko et al., 2009 ; Sandhya et al., 2010*).

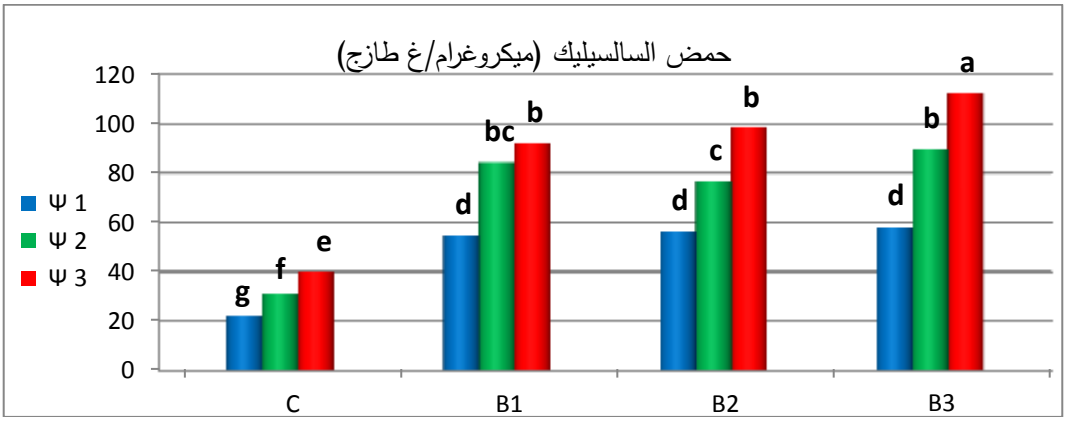
وتم التأكيد من ذلك عن طريق إختبار سلالات من الأحياء الميكروبية المعزولة من التربة المعرضة للإجهاد المائي فكان لها القابلية أو المقدرة على الحث في تكوين البرولين عند تلقيح نباتات الذرة الصفراء بشكل اكثر عما عليه في معاملة الشاهد (*Ilyas et al., 2012*).وتتطابق هذه النتيجة مع ما وجده *Abdelmoneim et al., 2014 ;(Armada et al.,) 2014*

وعلى النقيض من ذلك أوضح (*Eliaspour et al.,2020b*) إلى أن استخدام الأسمدة الحيوية وخاصة الاستخدام المشترك B3 تحت ظروف الإجهاد المائي، يؤدي إلى تضاءل كمية البرولين في الأوراق، مما يشير إلى التأثير الإيجابي والمعنوي لهذه الأسمدة على النبات وتخفيف التأثيرات السلبية للإجهاد المائي. وتم تفسير ذلك إلى توجيه النتروجين الممتص لتشكيل الكلورفيل وتكوين البروتينات بدلا من تشكيل البرولين وبالتالي تحسين تغذية النبات وقدرته على مقاومة إجهاد الجفاف بشكل اكبر كما في الشكل(3)

3-تأثير المعاملة ببكتريا (PGPR) في محتوى الأوراق الكلي من حمض السالسيليك (ميكروغرام/غرام وزن رطب) تحت تأثير الإجهاد المائي:

يشير الشكل(4) إلى زيادة كمية حمض السالسيليك (SA) مع زيادة مستوى الإجهاد المائي، حيث أعطت معاملة C Ψ3 متوسط بلغ (40.09 ميكروغرام/غ) وبفرق معنوي عن المعاملتين C Ψ1 و C Ψ2 التي أعطت متوسط بلغ (22.38 و 30.8 ميكروغرام/غ) على التوالي، ونلاحظ استجابة صفة كمية حمض السالسيليك إيجاباً وبشكل معنوي بوجود المخصبات الحيوية، حيث تفوقت معاملة B3Ψ3 بفارق معنوي كبير بإعطاء أعلى متوسط (112.3 ميكروغرام/غ) مقارنة مع الشاهد C Ψ3.

كما يوضح الشكل (4) دور المخصبات الحيوية في زيادة كمية حمض السالسيليك عند نفس مستوى الإجهاد المائي فعند الإجهاد Ψ2 (800 ميليبار) أعطت المعاملات B1Ψ2 وB2Ψ2 و B3Ψ3 متوسط لكمية حمض السالسيليك بلغ (56.12 و76.5 و98.4 ميكرغرام/غرام) وبزيادة قدرها (150.8 و148.4 و145.4)% مقارنة مع معاملات الشاهد C Ψ1 و C Ψ2 و C Ψ3 على التوالي. ونلاحظ من الشكل(4) تفوق معاملة المخصب المشترك B3 على المخصبين B2,B1 مع زيادة مستوى الإجهاد في حين لم يكن هناك فروق معنوية فيما بينها عند ظروف الري المثالية حيث أعطت المعاملات B1Ψ1 وB2Ψ1 وB3Ψ1 متوسطات لحمض السالسيليك بلغت (54.63 و 56.12 و58.22 ميكرغرام/غرام) على التوالي.



الشكل (4) تأثير المعاملة ببكتريا (PGPR) في محتوى الأوراق الكلي من حمض السالسيليك (ميكروغرام/غرام وزن رطب) تحت تأثير الإجهاد المائي

أكدت العديد من الدراسات على دور حمض السالسيليك(SA) في التخفيف من إجهاد الجفاف في النبات إلى حد ما، باعتباره هرمونًا نباتيًا حاسمًا *(Moustakas et al.,2023; Duvnjak et al.,2023)* حيث تستجيب النباتات

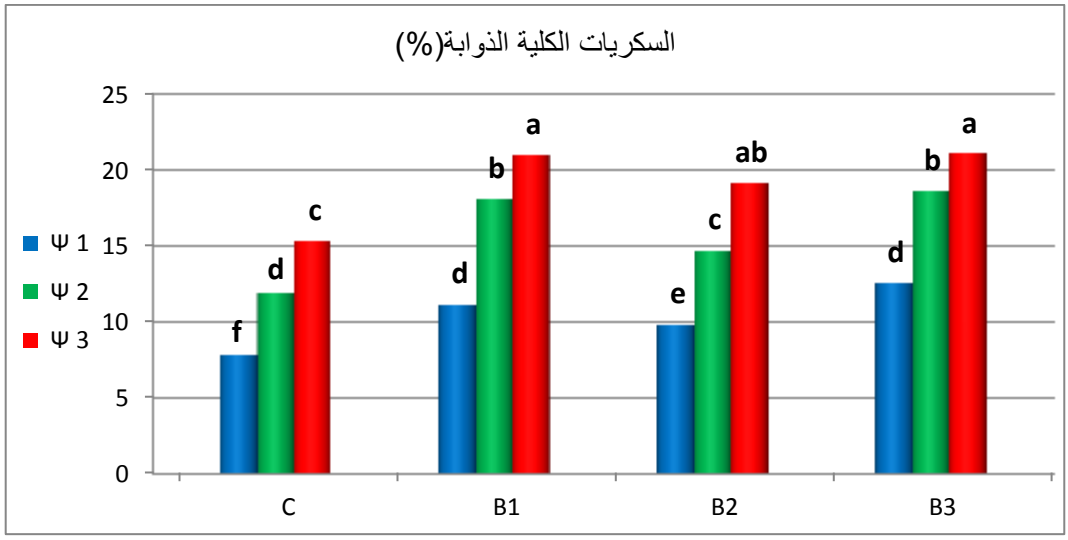
لإشارات إجهاد الجفاف عن طريق تنشيط أنظمة الدفاع من خلال إنتاج وتراكم حمض السالسيليك داخل الأوراق الذي يعمل كعامل تنظيم نمو للنبات ومؤثراً على الهرمونات الاخرى *(Maha and Emma,2023)* وهذا مايفسر زيادة حمض السالسليك في أوراق الذرة الصفراء بزيادة مستوى الإجهاد المائي في جميع المعاملات.

تساعد الهرمونات النباتية النباتات يشكل عام على تجنب الإجهاد المائي أو التغلب عليه في البيئات المجهدة ويمكن لبكتريا الـ PGPR تصنيع الهرمونات النباتية التي تعزز نمو وانقسام الخلايا النباتية المقاومة للضغوط اللاأحيائية *(Andreozzi et al., 2019; Borah et al., 2019)*.كما أشار *(Khan et al.,2018)* إلى قدرة PGPR على إنتاج حمض الساليسليك واستعمار الجذور وجعلها أكثر مقاومة للإجهاد المائي، وبالتالي زيادة كمية حمض السالسيليك في النباتات الملقحة مقارنة مع النباتات الغير الملقحة(الشاهد).

يمكن لـ SA تعزيز تحمل النبات للجفاف من خلال تنظيم نمو الجذور، وتحسين كفاءة استخدام مياه الأوراق، وتثبيت أغشية الخلايا، وتعديل نظام الإنزيم المضاد للأكسدة حيث أظهرت الأبحاث أيضًا أن SA يمكنه تنشيط عمل الإنزيمات المضادة للأكسدة، وبالتالي تعزيز قدرة النبات على التخلص من أنواع الأكسجين التفاعلية وتقليل الضرر التأكسدي الخلوي*(Hasanuzzaman et al.,2022)*، ويمكن أن يتدخل SA في مسارات نقل الإشارة للهرمونات النباتية الأخرى من خلال تنشيطها أوتثبيطها، وبالتالي تعزيز قدرة النبات على تحمل الإجهاد *(Dey et al.,2020; Gutierrez et al.,2022; Pyo et al.,2022; Hussain et al.,2023)*. من ناحية أخرى، يتم النظر بشكل عام في سلوك الثغور، وخاصة إغلاق الثغور كمؤشر فسيولوجي مهم لقياس تحمل النبات للإجهاد المائي ويُعتقد عمومًا أن حمض السالسيليك يمكن أن يعدل سلوك الثغور ويؤثر على إغلاق الثغور *Aiman and Dhriti,2018)* وبالتالي يقلل فقدان الماء من النبات تحت ظروف الإجهاد ويساعد هذا التعديل في الحفاظ على المياه والحفاظ على ترطيب النبات أثناء الجفاف أو الضغوطات الأخرى (*Swiezawska and Szmidt,2023;Xu et al.,2023*)

4-تأثير المعاملة ببكتريا (PGPR) في محتوى الأوراق من السكريات الكلية الذوابة % ملغ/100ملغ وزن رطب تحت تأثير الإجهاد المائي:

تُشير النتائج في الشكل(5) لوجود فروق معنوية بين مستويات الإجهاد في محتوى حبوب الذرة من السكريات الكلية الذوابة % حيث أدت معاملات الإجهاد لزيادة معنوية في محتوى السكريات الذوابة % في الحبوب الطازجة، فبلغ هذا المحتوى(7.87، 11.94، 15.32) % على التوالي عند معاملات الإجهاد CΨ1 وCΨ2 وCΨ3 . كما وزادت معاملات المخصبات الحيوية نسبة السكريات الذوابة % في حبوب الذرة الطازجة عند ظروف الري المثالية (Ψ1)، وكانت هذه الزيادة أكثر وضوحاً عند معاملة B3Ψ1 حيث أعطت متوسطاً بلغ (12.54%). وزادت جميع معاملات المخصبات محتوى حبوب الذرة الطازجة من السكريات الذوابة % للنباتات النامية تحت ظروف الإجهاد، ولوحظ أعلى محتوى من السكريات تحت ظروف الجفاف عند المعاملات B1Ψ2 وB2Ψ2 وB3Ψ2 وB1Ψ3 وB2Ψ3 و B3Ψ3فبلغت نسبة السكريات (18.07، 14.69، 18.64، 21، 19.13، 21.08)% على التوالي. وهذا يوضح دور المخصبات الحيوية تحت تأثير الإجهاد المائي على النبات.



الشكل(5)تأثير المعاملة ببكتريا(PGPR) في محتوى الأوراق من السكريات الكلية الذوابة % ملغ/100ملغ وزن رطب تحت تأثير الإجهاد المائي

يعزى زيادة السكريات الذوابة إلى تحويل النشا الموجود في النبات إلى سكريات عند تعرض النبات لإجهاد مائي *(Mohammadkhani and Heidari,2008)*. والمستويات العالية من السكريات القابلة للذوبان هو رد فعل طبيعي في أنسجة النبات عند التعرض للإجهاد المائي فهي ناجمة عن المتطلبات العالية للتعديل الأسموزي (*Valentovič et al., 2006*) حيث يُعتقد أن السكريات، تعمل بمثابة مادة حماية اسموزية نموذجية، حيث تعمل على تثبيت الأغشية الخلوية والحفاظ على انتباج الخلية وهذا مايفسر زيادته في النبات عند تعرضه لإجهادات خارجية (*Ilyas et al.,2020*) بالإضافة إلى أن أجهاد الجفاف يؤدي إلى تراكم أنواع من الانزيمات الهاضمة مثل انزيم Lipoxygenase الذي يعمل بالإضافة لهدم البروتين إلى إحداث خللا فَي تجميع الكاربوهيدرات *(Bahtangar et al.,2009)*.

تلعب بكتريا PGPR دوراً في زيادة نسبة السكريات من خلال إنتاج المركبات العضوية المتطايرة(VOCs) التي تعمل على استحثاث النبات على مقاومة الإجهادات الخارجية من خلال زيادة انتاج Osmolytes داخل النبات من ضمنها السكريات(*Khan et al.,2018*). بالإضافة إلى دور البكتريا في توفير العناصر الغذائية ولاسيما النتروجين بصورة لاتستوجب صرف طاقة حيوية لإعادة تمثيلها بعد الامتصاص، هذه الطاقة التي قوامها السكريات وبالتالي زيادة كمية السكريات في النباتات المعاملة بالPGPR (*AL-Deen and Barakat,2017*)

وذكرت دراسات سابقة أن السكريات تحمي الخلايا أثناء الجفاف من خلال آليتين. أولاً: قد تحل مجموعات الهيدروكسيل من السكريات محل الماء للحفاظ على التفاعلات المحبة للماء في الأغشية والبروتينات أثناء الجفاف. وهكذا، تتفاعل السكريات مع البروتينات والأغشية من خلال الروابط الهيدروجينية، وبالتالي تمنع تلف بروتين الأغشية، ثانيًا: تعد السكريات عاملاً رئيسيًا مساهمًا في التزجيج، وهو تكوين زجاج بيولوجي في سيتوبلازم خلايا النبات والخلايا البكتيرية وبالتالي المحافظة على المحتوى المائي (*Ahmad et al., 2023*).

وللسكريات دور محوري وأساسي في تفاعلات ومسارات حمض الابسيسيك والجبرلين المسؤولين عن الاستجابة للجفاف *(Finkelstein and Gibson,2001)*.

5-تأثير المعاملة ببكتريا (PGPR) في محتوى الحبوب الكلي من العناصر الغذائية (NPK)% تحت تأثير الإجهاد المائي:

يبين الجدول(4) أن معاملة الإجهاد المائيCΨ1 أعطت متوسط للنسبة المئوية للنتروجين في الحبوب بلغ 0.98 % والتي لم تختلف معنوياً عن معاملةCΨ2، في حين أعطت معاملة الري CΨ3 أقل متوسط بلغ0.7 %. أما المعاملة

بالمخصبات الحيوية، حققت زيادة معنوية في النسبة المئوية للنتروجين في الحبوب مقارنة مع معاملة الشاهد، اذ أعطت معاملة التلقيح البكتيري ل B2Ψ1 أعلى متوسط لهذه الصفة بلغ 1.16 %، ولم تختلف معنوياً عن معاملة B3Ψ1، في حين أعطت معاملة الري B1Ψ1 أقل متوسط بلغ 1.09%، وذلك عند نفس مستوى الإجهاد المائي(Ψ1).

كما يوضح الجدول(4) إن معاملات الإجهاد خفضت من نسبة الفوسفور في الحبوب، إذ أعطت معاملة الإجهاد CΨ3 أقل متوسط بلغ 0.31 %، في حين أعطت معاملة الإجهاد CΨ1 متوسطاً أعلى بلغ 0.41 % وبفارق معنوي عن المعاملتين CΨ2 وCΨ3.

في حين حققت المخصبات الحيوية استجابة معنوية في زيادة نسبة الفسفور في الحبوب، اذ تفوقت جميع المعاملات بشكل معنوي قياساً بمعاملة الشاهد وأعطت معاملة التلقيح B3Ψ1 أعلى متوسط بلغ 0.46 % ولم تختلف معنوياً عن معاملتي B2Ψ1 وB1Ψ1 .

توضح نتائج تحليل التباين في الجدول(4) وجود اختلافات معنوية في صفة البوتاسيوم في الحبوب بتأثير معاملات المخصبات الحيوية. حيث سجلت المعاملة CΨ1 أقل متوسط بلغ 1.1%، في حين أعطت معاملات المخصبات B1Ψ1 و B2Ψ1 و B3Ψ1 عند نفس مستوى الإجهاد(Ψ1) متوسط لصفة البوتاسيوم في الحبوب بلغ 1.24% و1.31% و1.3% على التوالي.

وفي مايخص أيضاً معاملات المخصبات الحيوية عند المستوى الثالث من الإجهاد(Ψ3) وبالرغم من عدم المعنوية الا انه يلاحظ ان هناك زيادة في نسبة البوتاسيوم قياساً مع معاملة الشاهد(C) التي اعطت اقل متوسط للصفة بلغ 1.16% في حين أعطت معاملات المخصبات B1Ψ3 وB2Ψ3 وB3Ψ3 متوسطاً بلغ 1.18%و 1.18% و1.22% على التوالي. تتفق الزيادة غير المعنوية في البوتاسيوم مع ما توصل اليه (*Ozcan and Brohi,2000 ; Ramhelda and AL-fouly,2002)*

جدول(4) تأثير المعاملة ببكتريا (PGPR) في محتوى الحبوب الكلي من العناصر الغذائية (NPK)% تحت تأثير الإجهاد المائي:

المعاملات	نسبة العناصر الغذائية (NPK) في الحبوب%		
	%N	%P	%K
C Ψ 1	0.98^{cb}	0.41^{b}	1.1^{d}
C Ψ 2	0.85^{c}	0.37^{c}	1.15^{c}
C Ψ 3	0.7^{d}	0.31^{d}	1.16^{cb}
B1 Ψ 1	1.09^{ab}	0.46^{a}	1.24^{b}
B1 Ψ2	1.11^{a}	0.41^{b}	1.27^{a}
B1 Ψ 3	1.01^{b}	0.38^{c}	1.18^{cb}
B2 Ψ 1	1.16^{a}	0.45^{a}	1.31^{a}
B2 Ψ 2	1.13^{a}	0.42^{b}	1.18^{cb}
B2 Ψ 3	1.07^{b}	0.39^{c}	1.18^{cb}
B3 Ψ 1	1.15^{a}	0.46^{a}	1.3^{a}
B3 Ψ 2	1.15^{a}	0.45^{a}	1.26^{ab}
B3 Ψ 3	1.04^{b}	0.4^{cb}	1.22^{b}

يمكن أن يؤدي الإجهاد المائي (الجفاف) إلى تشكيل حبوب صغيرة وضامرة ومجعدة بسبب تسريع النضج وتقصير طول مدة إمتلاء الحبوب إذ يؤدي الجفاف إلى تقصير مراحل النمو، ويجبر النباتات على إكمال دورة حياتها، وتشكيل الحبوب خلال مدة زمنية أقصر وبالتالي محتوى أقل من العناصر (*Pierre et al.,2008*)

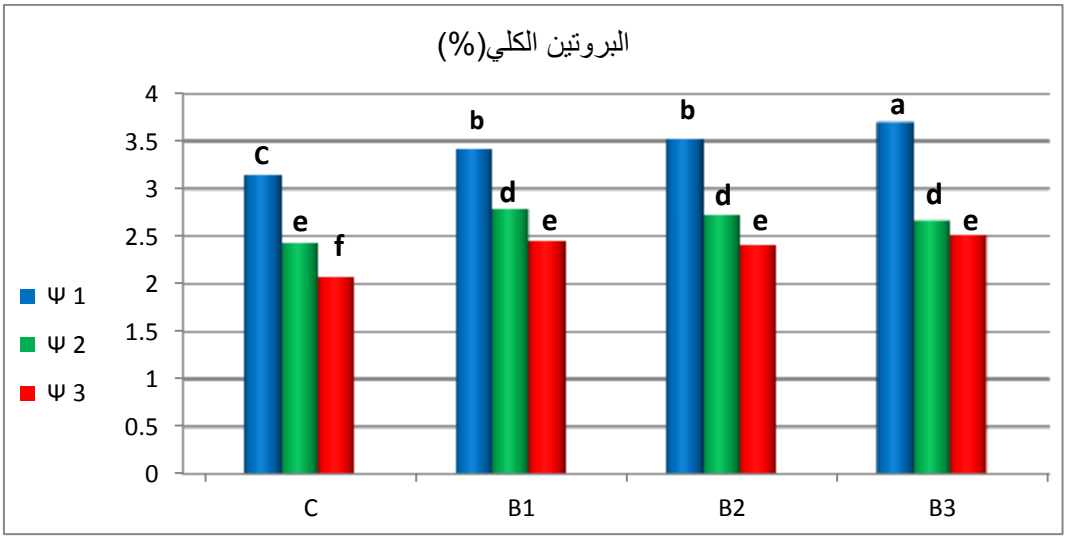
و تعزى زيادة كميات NPK الممتصة في حبوب نبات الذرة الصفراء إلى زيادة تراكيز NPK في النباتات المعاملة بالمخصبات الحيوية مقارنة مع النباتات غير المعاملة كما هو موجود في جدول (3) الأمر الذي يؤدي إلى رفع كفاءة النبات في عملية التمثيل الضوئي وبالتالي زيادة معدل انتاج الكاربوهيدرات والتي تنتقل بوساطة النسغ النازل الى مواقع الامتصاص في الجذور، إذ ان الكاربوهيدرات تعد مصدرا مهما لطاقة الامتصاص الحيوي عبر الجذور فتزداد كفاءة النبات في تمثيل المغذيات من التربة (أبو ضاحي واخرون،2005 ;خيرو، 2003 ; طه،2007). وكما تعزى أيضاً زيادة كميات NPK الممتصة في حبوب نبات الذرة الصفراء الى دور الحبوب الفسيولوجي في استقطاب النتروجين العضوي الممثل في المجموع الخضري والذي يكون بصورة بروتين قابل للخزن، فضلاً عن ان الهرمونات والانزيمات ومركبات الطاقة التي يدخل في بنائها النتروجين و الفسفور تكون من اهم المواد التي تتركز في طبقة الاليرون في اندوسبيرم الحبة والتي تكون مسؤولة عن انبات الجنين فيما بعد(أبو ضاحي واخرون،2005) وهذا يتفق مع نتائج (*Sillerbush,2002*).

وتعود الزيادة في كمية NPK الى دور النتروجين في تنظيم عمل الهرمونات والمساهمة بصورة فعالة في جميع فعاليات النبات الحيوية ، فهو يحفز النبات على توجيه ونقل كافة نواتج التمثيل الغذائي و خاصة المركبات النتروجينية والفوسفاتية نحو ملء الاندوسبيرم والتقليل من منافسة اجزاء النبات الاخرى على هذه المركبات الضرورية لتلك الفعاليات الحيوية ، فتتجمع في الحبوب مما يؤثر ايجابياً في زيادة محتوى الحبوب أثناء تشكلها على محور العرنوص (طه،2007) و هنا يأتي دور البوتاسيوم المحفز لانزيمات نقل نواتج الايض الحيوي نحو الحبوب والتي تعد المصبات النهائية لنواتج تمثيل المركبات النتروجينية و الفوسفاتية العضوية عند النضج التام فينعكس ايجاباً في زيادة تراكيز NPK في الحبوب (*Ramhelda and AL-fouly,2002*) و هذا يتفق مع(طه،2008).

6-تأثير المعاملة ببكتريا (PGPR) في محتوى الحبوب من البروتين الكلي % ملغ/100ملغ وزن رطب تحت تأثير الإجهاد المائي:

بينت نتائج تحليل التباين في الشكل(6) وجود فروق معنوية بين معاملات المخصبات الحيوية والشاهد في محتوى حبوب الذرة الصفراء من البروتين الكلي %، حيث أدت المعاملة بالمخصبات الحيوية لزيادة معنوية في محتوى البروتين الكلي بالحبوب، وازدادت هذا القيمة مع انخفاض مستوى الإجهاد المائي المستخدم، فبلغ محتوى البروتين الكلي عند الري المثالي(3.42، 3.52، 3.7)% على التوالي عند المعاملات B1Ψ1 وB2Ψ1 وB3Ψ1 مقارنةً مع الشاهد CΨ1 (3.15)%.و يُلاحظ من الشكل (6) وجود فروق معنوية في محتوى البروتين الكلي بالحبوب لدى النباتات النامية تحت ظروف الإجهاد المائي حيث تناقصت كمية البروتين الكلي مع زيادة شدة الجفاف(مستوى الإجهاد المائي) ففي معاملة الشاهد أعطت معاملات الإجهاد CΨ1 وCΨ2 وCΨ3 متوسطاً لكمية البروتين الكلي بلغ (3.15، 2.42، 2.07)% على التوالي.

حسنت معاملات المخصبات الحيوية من محتوى البروتين الكلي % بالحبوب تحت تأثير الإجهاد المائي، فبلغ محتوى البروتين الكلي (2.78، 2.72، 2.67)% على التوالي عند المعاملات B1Ψ2 وB2Ψ2 وB3Ψ2 مقارنةً مع الشاهدCΨ2 (2.42)%.وأعطت معاملة المخصب الحيوي B3 أعلى قيمة لصفة البروتين الكلي% في الحبوب عند مستوى الإجهادΨ3 حيث أعطت متوسطاً بلغ (2.51%) مقارنة مع الشاهدCΨ3 (2.07%)



الشكل (6) تأثير المعاملة ببكتريا(PGPR) في محتوى حبوب العرانيس الطازجة من البروتين الكلي % ملغ/100ملغ وزن رطب تحت تأثير الإجهاد المائي

يعزى الانخفاض في إجمالي محتوى البروتين مع زيادة الإجهاد المائي بسبب التحلل البروتيني أو انخفاض بعض المعادن الأساسية لتخليق البروتين، والتي يتم امتصاصها مع الماء، كمركبات النيتروجين (*Bayramov et al. 2010 ; Costa et al. 2011*).

كما يعتقد أن أجهاد الجفاف يؤدي إلى تراكم أنواع من الانزيمات الهاضمة مثل انزيم Lipoxygenase الذي يعمل على هدم البروتين (*Bahtangar et al.,2009*).

وعلاوة على ذلك أفاد (*Lisar et al.,2012*) أن الإجهاد المائي يغير التعبير الجيني في النبات وبالتالي التأثير على تخليق البروتينات الجديدة.

يسبب الجفاف تراكم لأنواع الأوكسجين التفاعلية Reactive Oxygen Species (ROS) وبالتالي ظاهرة الإجهاد التأكسدي Oxidative stress الذي يُحدث ضرراً وانخفاضاً كبيراً في مكونات خلايا النبات من الليبيدات الغشائية والأحماض النووية والبروتينات (*Hasanuzzaman et al., 2022*).

وكانت نتائجنا متفقة مع (*Abdelmoneim et al., 2014*) الذي أفاد أن تعزيز محتوى البروتين داخل الحبوب في النبات يرتبط بالزيادات النسبية في تثبيت النيتروجين بسبب تطبيق PGPR.

تلعب المخصبات الحيوية دوراً في التغذية الجيدة بالعناصر الغذائية وخاصة بالبوتاسيوم الأمر الذي له أهمية في تكوين البروتينات وملئ الحبوب، وأن البوتاسيوم يعمل على نقل المركبات النتروجينية إلى الحبوب وبالتالي زيادة وزن الحبوب وهذا ما ينعكس على زيادة المحتوى البروتيني(*AL-Samerria et al.,2013*).

يمكن أن يؤدي استخدام PGPR إلى قمع مستوى الإجهاد التأكسدي عن طريق موازنة مستوى الهرمونات النباتية، وتعظيم أنشطة مضادات الأكسدة وإنتاج المواد الواقية، وتصحيح اختلال التوازن الأيوني في النباتات المزروعة في ظل نقص المياه والملوحة (*Batool et al., 2020*).

في ظروف الجفاف يمكن أن تؤثر PGPR أيضًا على استقلاب النبات والتعبير الجيني بشكل مباشر، بالإضافة إلى التعبير الجيني لبروتينات الجذر، وتشكل الجذر، ونمو الجذر وبالتالي تحسين الحالة العامة للنبات وزيادة كمية البروتينات في الحبوب. *(Kalam et al., 2020; Basu et al., 2021; Hamid et al., 2021; Ahmad et al., 2022; Lobhi et al., 2022).*

أشار *(Rana et al.,2013)* إلى ان التفوق في غالبية الصفات عند المعاملة بال *Azospirillum* ومعاملة الخليط مع معاملة *Azotobacter* قد يعزى إلى امتلاكها ميزة التعايش فيما بينها وبصورة مترابطة Association مع جذور النباتات، وان زيادة الكثافة العددية للبكتريا في التربة والناجمة عن عملية التلقيح البكتيري، تعمل ما يشبه بالجسور البروتينية protein bridging الواصلة بين دقائق التربة التي تزيد من قابليتها على الاحتفاظ بالماء (الموسوي واخرون، 2017). ولوحظ ان أغلب الاجناس البكتيرية المثبتة للنتروجين بصورة تعايشية أو لا تعايشية عند نموها مع أجناس بكتيريا اخرى بصورة خليط (كما هو موجود في المخصب B3) تزيد من قدرة خلاياها الحية على الدخول بين دقائق التربة (الرمل والطين) مكونة ترابطاً للدقائق مع بعضها البعض ومن ثم رفع قابليتها على مسك الماء وبالتالي مساعدة النباتات على مقاومة الجفاف (الإجهاد المائي) قياساً مع التربة المزروعة بنباتات غير ملقحة *(Maha and Emma,2023)*.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

ادى الإجهاد المائي عند المستويين (2 Ψ عند 800 ميلي بار) و3Ψ (عند 1200 ميلي بار) إلى انخفاض في نمو نباتات الذرة الصفراء (غوطة82) والذي ظهر واضحاً من خلال النقص الحاصل في كمية العناصر الغذائية (N، P، K) في الأوراق والحبوب. في المقابل، حسنت المخصبات الحيوية من هذه الصفات ولاسيما عند المستوى (1Ψ عند 400 ميلي بار)، كما ساهمت المخصبات الحيوية(PGPR) ولاسيما المخصب الحيوي B3 في التقليل من تأثير الإجهاد المائي على جميع الصفات المدروسة مقارنة مع معاملة الشاهد، وكان ذلك واضحاً من خلال ترافق زيادة كل من محتوى كمية البرولين وحمض السالسيليك والسكريات الكلية الذوابة في الأوراق مع زيادة شدة الإجهاد المائي، ما يشير لتفعيل آليات المقاومة داخل نباتات الذرة الصفراء وعلى النقيض من ذلك ترافق نقص كمية البروتين الكلي في الحبوب مع زيادة شدة الإجهاد المائي ولم تشير النتائج إلى فروقات واضحة بين المخصبين B1 وB2

التوصيات:

يمكن الاقتراح باستخدام بكتريا PGPR كمحفزات لتحسين نمو النبات، فضلاً عن الدور التي تلعبه لتحسين تحمل النبات للإجهاد المائي (إجهاد الجفاف)، وبالتالي إمكانية زراعة نباتات الذرة الصفراء في مناطق أكثر جفافاً.

References:

1. ابو ضاحي، يوسف محمد. حميد، خلف السلماني واوراس محي طه .2005. تأثير اضافة النتروجين الى التربة وبالرش في حاصل قش وحبوب الحنطة وتركيز عناصر NPK فيهما. مجلة العلوم الزراعية العراقية. المجلد 36. العدد 2: 13-22.

1- Abu Dahi, Youssef Muhammad. Hamid, Khalaf Al-Salmani and Awras Mohi Taha. 2005. The effect of adding nitrogen to the soil and spraying on the yield of straw and wheat grains and the concentration of NPK elements in them. Iraqi Agricultural Sciences Journal. Volume 36. Issue 2: 13-22.

2. الدسوقي، حشمت سليمان احمد. 2008. اساسيات فسيولوجيا النبات. مكتبة جزيرة الورد، المنصورة، جمهورية مصر العربية. 433 ص.

2-Al-Desouki, Heshmat Suleiman Ahmed. 2008. Basics of plant physiology. Rose Island Library, Mansoura, Arab Republic of Egypt. 433 p.

3. الموسوي، كوثر عزيز وزينب كاظم حسن وحسام جاسم محمد. 2017. تأثير التلقيح الحيوي البكتيري والتسميد الحيوي المعدني في بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة الرملية ومؤشرات نمو محصول الذرة الصفراء. مجلة أسيوط الزراعية:(48): 4: 200 – 215.

3-Al-Mousawi, Kawthar Aziz, Zainab Kazem Hassan, and Hossam Jassim Muhammad. 2017. The effect of bacterial bioinoculation and mineral biofertilization on some physical and chemical properties of sandy soil and yellow maize crop growth indicators. Assiut Agricultural Journal:(48): 4: 200 – 215.

4. حماد، ياسر ورامز الشامي. (2017). توصيف بعض أنواع بكتيريا الرايزوسفير المحفزة لنمو النبات من بعض الاسمدة الحيوية والتربة. مجلة جامعة البعث. سورية. مجلد39. ص25.

.4Hammad, Yasser and Ramez Al-Shami. (2017). Characterization of some types of rhizosphere bacteria that stimulate plant growth from some biofertilizers and soil. Al-Baath University Journal. Syrian. Volume 39. p. 25.

5. خيرو، أوس ممدوح .2003. تأثير الرش التكميلي بالنتروجين والبوتاسيوم في نمو وحاصل الذرة الصفراء *Zea mays L*. رسالة ماجستير – كلية الزراعة. قسم علوم التربة والمياه. جامعة بغداد.

5-Khairo, Aws Mamdouh. 2003. The effect of supplemental spraying with nitrogen and potassium on the growth and yield of yellow maize Zea mays L. Master's thesis - College of Agriculture. Department of Soil and Water Sciences. Baghdad University.

6. راين، جون وجورج اسطفان وعبد الرشيد (2003). تحليل التربة والنبات_ دليل مختبري. المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (ايكاردا)، حلب، سورية.172 صفحة.

6-Ryan, John, George Estefan, and Abdul Rashid (2003). Soil and plant analysis_laboratory manual. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria. 172 pages.

7. طه، اوراس محي. 2007.تأثير اضافة النتروجين والبوتاسيوم الى التربة وبالرش في تراكم المادة الجافة وتراكيز النتروجين في المجموع الخضري لنبات الحنطة Triticum aestivum L. مجلة كلية التربية الاساسية. العدد52. 455-468.

7-Taha, Awras Mohi. 2007. The effect of adding nitrogen and potassium to the soil and by spraying on the accumulation of dry matter and nitrogen concentrations in the shoots of the wheat plant Triticum aestivum L. Journal of the College of Basic Education. Issue 52. 455-468.

8. طه، اوراس محي.2008. أثر التغذية ألورقية بسماد NPK في نمو الذرة الصفراء *Zea mays* L. كلية الزراعة – جامعة بابل.

8-Taha, Awras Mohi. 2008. The effect of foliar feeding with NPK fertilizer on the growth of yellow corn, Zea mays L., College of Agriculture - University of Babylon.

9. محمد، ايمان قاسم وصالح حمد محمد وكريم هادي محمد. 2015. تأثير اضافة السماد الفوسفاتي والتسميد الحيوي وحامض الهيومك في جاهزية الفسفور والحديد في التربة. مجلة القادسية للعلوم الزراعية. العدد (1) مجلد (5).
9-Muhammad, Iman Qasim, Saleh Hamad Muhammad, and Karim Hadi Muhammad. 2015. The effect of adding phosphate fertilizer, biofertilization, and humic acid on the readiness of phosphorus and iron in the soil. Al-Qadisiyah Journal of Agricultural Sciences. Issue (1), folder (5.(
10. محمد، ايمان قاسم وحمد محمد صالح وهادي محمد كريم. 2016. التأثير المتداخل لإضافة مستويات مختلفة من السماد الحيوي والعضوي في جاهزية وامتصاص الفسفور في نبات الذرة الصفراء. مجلة القادسية للعلوم الزراعية العدد (1): 6: 79 – 89.
10-Muhammad, Iman Qasim, Hamad Muhammad Saleh, and Hadi Muhammad Karim. 2016. The interfering effect of adding different levels of biological and organic fertilizer on the readiness and absorption of phosphorus in maize plants. Al-Qadisiyah Journal of Agricultural Sciences, Issue (1): 6: 79 – 89.
1. Abd El-Fattah, D. A. , W. E. Eweda , M. S. Zayed and M. K. Hassan .2013. Effect of carrier materials, sterilization method, and storage temperature on survival and biological activities of Azotobacter chroococcum inoculant. An Agri Sci., 58(2):111– 18.
2. Abdelmoneim, T. S., T. A. Moussa, O. A. Almaghrabi, H. S. Alzahrani and I. Abdelbagi .2014. Increasing plant tolerance to drought stress by inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. Life Sci J., 11: 10-17.
3. Abdul-Hamed. Z. A., and N. M. Abood. 2021. Combining ability and gene action in sunflower using cytoplasmic male sterility. Indian Journal of Ecology.48.Spcial Issue. 15: 223-228.
4. Abdul-Hamed. Z. A., S A Abas , A. H. Noaman, and N M Abood.2021. Review on the Development of Drought Tolerant Maize Genotypes in Iraq. IOP Conf. Seri. :Earth Environ. Sci. 904 (2021) 012010.
5. Abdulhamed. Z.A. , B.M. Abdulkareem . and A.A. Abed . 2021. Efficiency of ISSR markers detect genetic and molecular variation between barley genotypes . International. Journal of Agricultural and Statistical. Sciences. Vol. 17, Supplement 1.
6. Abedelgawad, Z.A., A. A. Khalafaallah and M .M .Abdallah .2014. Impact of methyl jasmonate on antioxidant activity and some biochemical aspects of maize plant grown under water stress condition . Agric . Sci., 5: 1077-1088.
7. Ahluwalia, O., Singh, P. C., and Bhatia, R. (2021). A review on drought stress in plants: implications, mitigation and the role of plant growth promoting rhizobacteria. Resources Environ. Sustainabil. 5:100032. doi: 10.1016/j.resenv. 2021.100032.
8. Ahmad, E., Sharma, S. K., Kashyap, A. S., Manzar, N., Sahu, P. K., Singh, U. B., et al. (2023). Evaluation of osmotolerant potential of *Halomonas sulfidaeris* MV-19 isolated from a mud volcano. *Curr. Microbiol.* 80:102. doi: 10.1007/s00284-023-03202-6.
9. Ahmad, H. M., Fiaz, S., Hafeez, S., Zahra, S., Shah, A. N., Gul, B., et al. (2022). Plant growth-promoting rhizobacteria eliminate the effect of drought stress in plants: a review. *Front. Plant Sci.* 13:1965. doi: 10.3389/fpls.2022.875774.
10. Aiman, A.; Dhriti, K. Salicylic Acid: It's Physiological Role and Interactions. Res. J. Pharm. Technol. 2018, 7, 3171–3177.
11. AL-Deen, M. M. T., and H. N. K., AL-Barakat. 2017. Effect of Biofertilizer and Humic, Fulvic Acid Application on Growth and Productivity Corn Plant *Zea mays* L. Jornal of Al-Muthanna for Agricultural Sciences, 5(1), 1-12.

12. Ali, A. ; Sarwar, M.A. ; Ahmad, W. ; Shafi, J. ; Qaisrani, S.A. ;Ahmad, A. ; Ehsanullah ; Akbar, N. ; Atta, B.M. and Rashid, H.M. (2013a) .Physiological and biochemical response of maize(Zea mays L.) to exogenous application of boron under drought stress . Int. J. Advanced Research. 1 (10): 6-16.
13. AL-Samerria, I.K.;Rahi.H.S. and Abdullah,A.K.(2013) Effect of Water Stress and Hydrogen Peroxide and Potassium on the Growth and Yield of (*Zea mays L*.). Ibn Al-Haitham Jour. for Pure & Appl. Sci. Vol. 27 (1) 2014.
14. Al-Shaheen, M. R. and A. Soh, M. H. Ismael and R.S. shareef .2016. Alleviation of water deficit conditions on the corn (*Zea mays* L .) by using gibberllic acid and proline. World .J. of Phar . Pharma . Sci ., 5(4): 483– 490.
15. Alwan, B. M., and A. M., Kareem .2017. The Effect of Mineral, Organic and Biofertilizeres on the Growth of Zea mays L. Al-Qadisiyah Journal For Agriculture Sciences., 7(2): 66-77.
16. Amoon .M. H ,and Z.A. Abdul Hamed. 2020. Determination genetic diversity of inbred lines and hybrids of maize using issr technic. Iraqi J.of Agri. Sci. 51(1) :269- 77.
17. Andreozzi, A., Prieto, P., Mercado-Blanco, J., Monaco, S., Zampieri, E., Romano, S., et al. (2019). Efficient colonization of the endophytes Herbaspirillum huttiense RCA24 and Enterobacter cloacae RCA25 influences the physiological parameters of Oryza sativa L. cv. Baldo rice. Environ. Microbiol. 21, 3489–3504. doi:10.1111/1462- 2920.14688.
18. Anjum, N.A. , I. M. Aref, A. C. Duarte, E. Pereira, I. Ahmad and M. Iqbal .2014. Glutathione and proline can coordinately make plants withstand the joint attack of metal(loid) and salinity stresses. Front. Plant Sci.,5(662):1-4.
19. Armada, E., Roldan A. and R. Azcon .2014. Differential activity of autochthonous bacteria in controlling drought stress in native Lavandula and Salvia plants species under drought conditions in natural arid soil. Microb Ecol., 67:410–420.
20. Badawi, H. Mona and M. Fayez .2014. Azotobacter-cereal panorama: Biodiversity and impacts on plant development and soil nitrogen income in gnotobiotic model system. Middle East Journal of Agriculture Research, 3(2): 144-154.
21. Bahtangar- Mathur, P.; Devi, M.J.; Vades, V. and Sharma,K.K. (2009) Differential anti oxidative responses in transgenic Peanut bear on relationship to their superior transpiration efficiency under drought stress. J. Pant Physiol., 166: 1207-1217.
22. Bano, Q. U. D. S. I. A., N. Ilyas, A. Bano, N. A. D. I. A. Zafar, A. B. I. D. A. Akram and F. Hassan .2013. Effect of Azospirillum inoculation on maize (*Zea mays* L.) under drought stress. Pak J Bot., 45(S1), 13-20.
23. Basu, A., Prasad, P., Das, S. N., Kalam, S., Sayyed, R. Z., Reddy, M. S., et al. (2021). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as green bioinoculants: recent developments, constraints, and prospects. *Sustain. For.* 13:1140. doi: 10.3390/ su13031140.
24. Bates, L.S.; R.P. Waldren; and I.D. Tear (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil. 39: 205–207.
25. Batool, T., Ali, S., Seleiman, M. F., Naveed, N. H., Ali, A., Ahmed, K., et al. (2020). Plant growth promoting rhizobacteria alleviates drought stress in potato in response to suppressive oxidative stress and antioxidant enzymes activities. *Sci. Rep.* 10:16975. doi: 10.1038/s41598-020-73489-z.
26. Bayramov, M.S ., Babayen, G.H., Khaligzade, N.M., Guliyev, M.N. and Raines, A.C. (2010) Effect of water stress on protein pontent of some calvin cycle enzymes in different wheat genotypes. *Proceedings of ANAS (Biological Sciences)*, 65(5):106- 111.

27. Bechtaoui, N., Rabiu, M. K., Raklami, A., Oufdou, K., Hafidi, M., and Jemo, M. (2021). Phosphate-dependent regulation of growth and stresses management in plants. Front. Plant Sci. 12, 679916. doi: 10.3389/fpls.2021.679916
28. Bhattacharyya, P.N. and D.K. Jha .2012. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Emergence in agriculture. World J. Microbiol. Biotechnol., 28: 1327-1350.
29. Borah, A., Das, R., Mazumdar, R., and Thakur, D. (2019). Culturable endophytic bacteria of Camellia species endowed with plant growth promoting characteristics. J. Appl. Microbiol. 127, 825–844. doi: 10.1111/jam.14356**.**
30. Costa, D.L.C.R., Lobato, S.D.K.A., Silvera, D.G.A.J. and Laughinghousevi, D.H. (2011) ABA mediated proline synthesis in cowpea leaves exposed to water deficiency and rehydration. *Turk. J. Agric. For.*, 35, 309-317.
31. Dey, A.; Nandy, S.; Nongdam, P.; Tikendra, L.; Mukherjee, A.; Mukherjee, S.; Pandey, D.K. Methyl jasmonate and salicylic acid elicit indole alkaloid production and modulate antioxidant defence and biocidal properties in Rauvolfia serpentina Benth. ex Kurz. in vitro cultures. S. Afr. J. Bot. 2020, 135, 1–17.
32. Dubois, M.; K.A. Gilles; J.K. Hamilton; P.A. Rebers; and F. Smith (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry. 28: 350–356.
33. Duvnjak, J.; Lonˇcari´c, A.; Brkljaˇci´c, L.; Šamec, D.; Šarˇcevi´c, H.; Salopek-Sondi, B.; Špani´c, V. Morpho-Physiological and Hormonal Response ofWinter Wheat Varieties to Drought Stress at Stem Elongation and Anthesis Stages. Plants 2023, 12, 418.
34.Eliaspour, S., Seyed Sharifi, R., & Shirkhani, A. (2020a). Effects of biofertilizers and iron nano-oxide on maize yield and physiological properties under optimal irrigation and drought stress conditions. *Food Science and Nutrition*;8:5985–5998. DOI: 10.1002/fsn3.1884.
35.Eliaspour, S., Seyed Sharifi, R., & Shirkhani, A. (2020b). Evaluation of interaction between *Piriformospora indica*, animal manure and NPK fertilizer on quantitative and qualitative yield and absorption of elements in sunflower. *Food Science and Nutrition*, *8*(6), 2789–2797. https://doi. org/10.1002/fsn3.1571.
36.Finkelstein, R.R. and S.I. Gibson, 2001. ABA and sugar interactions regulating development: Cross-talk or voices in a crowd. Curr. Opin. Plant Biol., 5: 26-32.
37.García, J. E., Maroniche, G., Creus, C., Suárez-Rodríguez, R., Ramirez-Trujillo, J. A., and Groppa, M. D. (2017). In vitro PGPR properties and osmotic tolerance of different Azospirillum native strains and their effects on growth of maize under drought stress. Microbiol. Res. 202, 21–29. doi: 10.1016/j.micres.2017.04. 007.
38.Gholami, A., A. Biari and S. Nezarat .2008. Effect of Seed Priming with Growth Promoting Rhizobacteria at Different Rhizosphere Condition on Growth Parameter of maize. International Meeting on Soil Fertility Land Management andAgroclimatology. Turkey.
39. Gutierrez-Larruscain, D.; Krüger, M.; Abeyawardana, O.A.J.; Belz, C.; Dobrev, P.I.; Vaˇnková, R.; Eliášová, K.; Vondráková, Z.; Juˇríˇcek, M.; Štorchová, H. The high concentrations of abscisic, jasmonic, and salicylic acids produced under long days do not accelerate flowering in Chenopodium ficifolium 459. Plant Sci. 2022, 320, 111279.
40.Hakim, A. U.; A. Hussain; M. Shaban; A.H. Khan; M. Alariqi; S. Gul; et al. (2018). A plant defense tool against biotic and abiotic stresses, Plan. Phy. and Bio., 66 :1-21
41.Hamid, B., Zaman, M., Farooq, S., Fatima, S., Sayyed, R. Z., Baba, Z. A., et al. (2021). Bacterial plant biostimulants: a sustainable way towards improving growth, productivity, and health of crops. *Sustain. For.* 13:2856. doi: 10.3390/su13052856.

42. Hasanuzzaman, M.; Ahmed, N.; Saha, T.; Rahman, M.; Rahman, K.; Alam, M.M.; Rohman, M.M.; Nahar, K. Exogenous salicylic acid and kinetin modulate reactive oxygen species metabolism and glyoxalase system to confer waterlogging stress tolerance in soybean (Glycine max L.). Plant Stress 2022, 3, 100057.
43. Hayat ،Q. S. Hayat. M. Irfan and A. Ahmad (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. Environ Exp. Bot. (68): 14- 25.
44.Hussain M, Nawaz K, Majeed A, Ilyas U, Lin F, Ali K, Nisar MF (2011). Role of exogenous salicylic acid applications for salt tolerance in violet. *Sarhad J. Agric*. 27:151-175.
45. Hussain, B.;War, A.R.; Pfeiffer, D.G. Jasmonic acid and salicylic acid induced defensive response in wine grapes against Drosophila suzukii (Diptera: Drosophilidae). Heliyon 2023, 9, e16505.
46. Ilyas, N., A. Bano, S. Iqbal and N.I. Raja. 2012. Physiological, biochemical and molecular characterization of Azospirillum spp. Isolated from maize under water stress. Pak. J. Bot.,44: 71-80.
47. Ilyas, N., Mumtaz, K., Akhtar, N., Yasmin, H., Sayyed, R. Z., Khan, W., et al. (2020). Exopolysaccharides producing bacteria for the amelioration of drought stress in wheat. *Sustain. For.* 12:8876. doi: 10.3390/su12218876.
48. ISAAC,R. and Kerber ,A. 1971,Atomic absorption and Flame photometry: Techniques and uses in soil ,plant and water analysis of soil and plant Tissue .soil Science Society of America.Madison WI.
49. Kalam, S., Basu, A., Ahmad, I., Sayyed, R. Z., Enshasy, H. E., Dailin, D. J., et al. (2020). Recent understanding of soil Acidobacteria and their ecological significance: a critical review. *Front. Microbiol.* 11:580024. doi: 10.3389/fmicb.2020.580024.
50. Kandowangko, N.Y., G. Suryatmana, N. Nurlaeny and R.D.M. Simanungkalit .2009. Proline and abscisic acid content in droughted corn plant inoculated with Azospirillum sp. And arbuscular mycorrhizae fungi. Hayati J. Biosci., 16(1): 15-20.
51. Kang, S.-M., Radhakrishnan, R., Khan, A. L., Kim, M.-J., Park, J.-M., and Kim, B.-R. (2014b). Gibberellin secreting rhizobacterium, Pseudomonas putida H-2-3 modulates the hormonal and stress physiology of soybean to improve the plant growth under saline and drought conditions. Plant Physiol. Biochem. 84, 115–124. doi: 10.1016/j.plaphy.2014.09.001.
52. Kara , B., A. Ertek and B. Atar .2016. Mineral Nutrient Content of sweet corn under deficit irrigation . J .Agri . Sci ., 22:54-61.
53.Kavamura, V.N.; Santos, S.N.; Silva, J.L.; Parma, M.M.; Ávila, L.A.; Visconti, A.; Zucchi, T.D.; TaketanI, R.G.; Andreote, F.D.; Melo, I.S.D. Screening of Brazilian cacti rhizobacteria for plant growth promotion under drought. Microbiol. Res. 2013, 168, 183–191.
54. Khan N, Zandi P, Ali S, Mehmood A, Adnan Shahid M.(2018). Impact of salicylic acid and PGPR on the drought tolerance and phytoremediation potential of Helianthus annus. Front Microbiol. 2018;9:2507.
55. Khan, A., Sayyed, R. Z., and Seifi, S. (2019). "Rhizobacteria: legendary soil guards in abiotic stress management" in *Plant Growth Promoting Rhizobacteria for sustainable stress Management Vol 1 Abiotic Stress Management*. eds. R. Z. Sayyed, N. K. Arora and M. S. Reddy (Singapore: Springer), 327–343.
56. Li, Y.; Z. Li; S. Cui; S. X. Chang; C. Jia and Q. Zhang. (2019). A global synthesis of the effect of water and nitrogen input on maize (Zea mays L.) yield, water productivity and nitrogen use efficiency. Agricultural and Forest Meteorology, 268: 136-145.

57. Lisar, S.Y.S ., Motafakkerazad, R., Hossain, M.M. and Rahman, I.M. (2012) "*Water Stress in Plants: Causes, Effects and Responses, Water Stress*", Ismail Md. Mofizur Rahman (Ed.), ISBN: 978-953-307-963-9, In Tech, http:// www. intechopen. com/ books/ water-stress/ water-stress-inplants-causes-effects-and-responses.
58. Liu, H., Carvalhais, L. C., Crawford, M., Singh, E., Dennis, P. G., Pieterse, C. M., et al. (2017a). Inner plant values: diversity, colonization and benefits from endophytic bacteria. Front. Microbiol. 8, 2552. doi: 10.3389/fmicb.2017.02552.
59. Lobhi, D., Patil, N. P., Sansinenea, E., and Sayyed, R. Z. (2022). "Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): an overview" in *Secondary Metabolites and Volatiles of PGPR in Plant-growth Promotion*. eds. R. Z. Sayyed and V. G. Uarrota (Cham: Springer), 99 1–99 19.
60. Maha, C. and Emma W. G.(2023). The role of plant growth promoting rhizobacteria in plant drought stress responses. *BMC Plant Biology* (2023) 23:407.
61. Maria J. Gil and Víctor Martínez-Merino. (2007). Determination of The Free Salicylic Acid Concentration in Aspirin Byforming Fe+3 Complexes. www.iupac.org/publications/cd/medicinal_chemistry/. P8.
62.Mohammadkhani,N. and Heidari,R.(2008). Drought-induced Accumulation of Soluble Sugars and Proline in Two Maize Varieties. World Applied Sciences Journal 3 (3): 448-453, 2008.
63.Moustakas, M.; Sperdouli, I.; Moustaka, J.; ¸Sa¸s, B.; ˙I¸sgören, S.; Morales, F. Mechanistic Insights on Salicylic Acid Mediated Enhancement of Photosystem II Function in Oregano Seedlings Subjected to Moderate Drought Stress. Plants 2023, 12, 518.
64.Mutlak, N. N. 2018. Effect of Water Stress Distributed for Growth Stages on Some Chemical Properties of Maize Seeds (Zea mays L.). Journal of Tikrit University For Agriculture Sciences, 18(4), 58-65.
65.Naheeda, B.; Muhammad, A. A.; Yunyun, S. ; Yafang, L.; Nabil, S. A; Mustafa; Parvaiz, A.; 3 and Lixin ,Z. .(2019). Improved Drought Tolerance by AMF Inoculation in Maize (Zea mays) Involves Physiological and Biochemical Implications. Plants 2019, 8, 579; doi:10.3390/plants8120579.
66. Niu, X.; Song, L.; Xiao, Y.; Ge, W. Drought-tolerant plant growth-promoting rhizobacteria associated with foxtail millet in a semi-arid agroecosystem and their potential in alleviating drought stress. Front. Microbiol. 2018, 8, 2580.
67. Okur, N. (2018). A review-bio-fertilizers-power of beneficial microorganisms in soils. Biomed. J. Sci. Tech. Res. 4, 4028–4029. doi: 10.26717/BJSTR.2018.04.1076.
68. Ozcan , S and Brohi .2000.Effect of different foliage fertilizers on growth dry matter yield and NPK content of maize plant . xxxth Annual meeting of ESNA /jointly orgenised with UIR working group soil to plant transfer Austri An Research Center : 147-151.
69. Parul, C.; Shivani, S.; Anuj, C.; Anita, S. and Govind, K. Overview of biofertilizers in crop production and stress management for sustainable agriculture: Review. Plant Sci. DOI 10.3389/fpls.2022.930340.
70. Peng, S. H., W. M.Wan-Azha, W. Z. Wong, W. Z.Go, E. W.Chai, K. L. Chin and P. S.H`ng . 2013 . Effect of Using Agro-fertilizers and N-fixing Azotobacter Enhanced Biofertilizers on the Growth and Yield of Corn. Journal of Applied Sciences, 13: 508- 12.
71. Perveen, S. H. A. GA., M. U. H. A. A. D.Iqbal, A. T. T. I. A.Nawaz, A. B. I. D. A. Parveen and S. A. Q. I. B. Mahmood .2016. Induction of drought tolerance in Zea mays L. by foliar application of triacontanol. Pak. J. Bot, 48(3):907-915.

72. Pierre , C.S.; Pelerson , C.J.; Ross, A.S.; Ohm , J.B.; Verhoeven , M.C.; Larson, M. and Hoefer, B. (2008) White wheat grain quality changes with genotype, nitrogen fertilization, and water stress. Agron. J. 100 : 414-420.
73. Poudel, M.; Mendes, R.; Costa, L.A.S.; Bueno, C.G.; Meng, Y.; Folimonova, S.Y.; Garrett, K.A.; Martins, S.J. The role of plantassociated bacteria, fungi, and viruses in drought stress mitigation. Front. Microbiol. 2021, 12, 743512. [CrossRef].
74. Pyo, Y.; Moon, H.; Nugroho, A.B.D.; Yang, S.W.; Jung, I.L.; Kim, D.-H. Transcriptome analysis revealed that jasmonic acid biosynthesis/signaling is involved in plant response to Strontium stress. Ecotoxicol. Environ. Saf. 2022, 237, 113552.
75. Rahman, I.M.D., Z.A. Begum and H.Hasegawa .2016. Water Stress. InTech. Pub., Croatia.
76.Ramhelda ,V. and M.M Al-fouly . 2002 . Foliar Nutrient Application : Challenge and Limits in Crop production . www.global-green.com. in 27/3/2006 page: 1-7.
77. Rana, R., Ramesh, and P Kapoor .2013. Biofertilizer and Their Role in Agriculture Popular Kheti, 1(1):56-61.
78. Sandhu, N., Sethi, M., Kumar, A., Dang, D., Singh, J., and Chhuneja, P. (2021). Biochemical and genetic approaches improving nitrogen use efficiency in cereal crops: a review. Front. Plant Sci. 12, 657629. doi: 10.3389/fpls.2021.657629.
79. Sandhya, V., Sk. Z. Ali, M. Grover, G. Reddy and B. Venkateswarlu. 2010. Effect of plant growth promoting Pseudomonas spp. on compatible solutes, antioxidant status and plant growth of maize under drought stress. Plant Growth. Regul., 62: 21-30.
80. Santosh, S., Velmourougane, K., Idapuganti, R. G., Manikandan, A., and Blaise, D. (2022). Potassium solubilizing potential of native bacterial isolates from cotton rhizosphere of rainfed vertisols. Natl. Acad. Sci. Lett. 2022, 1–4. doi: 10.1007/s40009-022-01113-x
81. Sattar, A., Naveed, M., Ali, M., Zahir, Z. A., Nadeem, S. M., Yaseen, M., et al. (2019). Perspectives of potassium solubilizing microbes in sustainable food production system: A review. Agric,. Ecosyst. Environ,. Appl. Soil Ecol. 133, 146–159. doi: 10.1016/j.apsoil.2018.09.012.
82. Shaddad,M. A. K. ; Abd El-Samad, H. M. and Mohammed, H. T.(2011) .Interactive effects of drought stress and phytohormones or polyamines on growth and yield of two maize (Zea maize L.) genotypes . Amer. J. of Plant Sci., 2: 790 – 807.
83. Sharma, S.S. and K.J. Dietz .2006. The significance of amino acids and amino-acid derived molecules in plant responses and adaptation to heavy metal stress. J. Exp. Bot., 57(4): 711-726.
84. Shiferaw, B., Prasanna, B. M., Hellin, J., & Banziger, M. (2011). Feeding a hungry world: Past successes and future challenges to global food security in maize. *Food Security*, *3*, 307–332.
85. Shilev, S. Plant-Growth-Promoting Bacteria Mitigating Soil Salinity Stress in Plants. Appl. Sci. 2020, 10, 7326. [CrossRef].
86. Shirinbayan, S., H., Khosravi, and M. J., Malakouti .2019. Alleviation of drought stress in maize (Zea mays) by inoculation with Azotobacter strains isolated from semi-arid regions. Applied Soil Ecology, 133, 138-145.
87. Siddiqui, Z. .2006. PGPR: Prospective Biocontrol Agents of Plant Pathogens. In: Siddiqui, Z. (ed. PGPR: Biocontrol and Biofertilization Springer Netherlands, pp. 111-142.
88. Silberbush ,M . 2002 .Studies with The" Global-Green" ,Liquid fertilizer :Mobility and Transformation in Desert soils . www.global-green.com.in 27/3/2006 page:1-20.
89. Sinay, H ., E.L.Arumingtyas , N .Harijati and S.Indriyani .2015. Proline content and yield components of loca corn cultivars from kisar Island , Maluku , Indonesia. Int .J. plant Biology., 6(6071) : 43-46.

90. Swiezawska-Boniecka, B.; Szmidt-Jaworska, A. Phytohormones and cyclic nucleotides—Long-awaited couples? J. Plant Physiol. 2023, 286, 154005.
91. Taiz, L. and E. Zeiger .2006. Plant Physiology, 3rd ed. Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, MA, USA.1. pp. 296 - 292.
92.Tarighaleslami. M , R. Zarghami , M.M.A. Boojar , and M. Oveysi .2012 . Effect of Drought stress and Different nitrogen levels on Morphological traits of proline in Leaf and protein of corn seed (*Zea mays* L.) . Am – Eures. J. Agric. & Environ. Sci. , 12(1) : 49 – 56.
93. Valentovič,P., Luxová, M., Kolarovič, L. and Gašparíková,O.(2006). Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relations in two maize cultivars. Institute of Botany, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovak Republic. PLANT SOIL ENVIRON., 52, 2006 (4): 186–191.
94. Varga, T., Hixson, K. K., Ahkami, A. H., Sher, A. W., Barnes, M. E., Chu, R. K., et al. (2020). Endophyte-promoted phosphorus solubilization in populus. Front. Plant Sci. 11, 567918. doi: 10.3389/fpls.2020.567918.
95. Vurukonda, S. S. K. P., Vardharajula, S., Shrivastava, M., and SkZ, A. (2016). Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. Microbiol. Res. 184, 13–24. doi: 10.1016/j.micres.2015.12.003.
96. Wang, Y., Yang, Z., Kong, Y., Li, X., Li, W., Du, H., et al. (2020). GmPAP12 is required for nodule development and nitrogen fixation under phosphorus starvation in soybean. Front. Plant Sci. 11, 450. doi: 10.3389/fpls.2020.00450.
97. Xiong, Y.-W., Gong, Y., Li, X.-W., Chen, P., Ju, X.-Y., Zhang, C.-M., et al. (2019). Enhancement of growth and salt tolerance of tomato seedlings by a natural halotolerant actinobacterium Glutamicibacter halophytocola KLBMP 5180 isolated from a coastal halophyte. Plant Soil 445, 307–322. doi: 10.1007/s11104-019-04310-8.
98. Xu, L.; Zhao, H.; Wang, J.; Wang, X.; Jia, X.; Wang, L.; Xu, Z.; Li, R.; Jiang, K.; Chen, Z.; et al. AIM1-dependent high basal salicylic acid accumulation modulates stomatal aperture in rice. New Phytol. 2023, 238, 1420–1430.
99. Yin, H . G. , Y – j . Shen , N. Tong , J. Gu , L. Hao and Z – x . Lin. 2012 . Drought induced change of physio. Biochemical parameters in maize . J. of Food , Agric and Environ., 10(1) : 853 – 858 .
100. Zhang, L. and D.F. Becker .2015. Connecting proline metabolism and signaling pathways in plant senescence. Front. Plant Sci., 6(552):1- 8.