The effect of biofertilizers at different levels of moisture stress on the growth and productivity of maize (Zea mays) plants.

Dr. Yasser Hammad [*]
Dr. Jihad Ibrahim [**]
Dr. Majd Darwish [***]
Ahmed Nassif [****]

(Received 24 / 8 / 2023. Accepted 5 / 12 /2023)

□ ABSTRACT □

The research was carried out in the village of Al-Hanadi in Latakia Governorate during the year 2021, by planting yellow corn grains (Ghouta 82) in experimental plots according to a randomized complete block design (RCBD) and with three replicates, with the aim of studying the effect of adding biofertilizers on some growth and productivity characteristics of yellow corn plants. Two types of fertilizers (B1, B2) and a third fertilizer (B3) were used by mixing the previous two types, in addition to a control treatment (C) at three levels of moisture tension (400, 800, 1200) mbar.

It was found that when moisture tension (water stress) increased to levels (800) mbar and (1200) mbar, plant productivity decreased.

While biofertilizers improved the growth and productivity characteristics of yellow corn plants, giving the highest average plant height of (182 cm), leaf surface area (5084 cm2) number of rows per ear (14.8 rows per ear), and number of grains per row (27.22 grains per row).), and plant productivity (7.8) tons/ha, in addition to its role in the plant's tolerance to moisture stress, as it gave an average plant height at level 3Ψ of (135 cm) compared to the control, which gave a plant height of (90.8 cm), and productivity amounted to (6.35 tons/ha). compared to the control that gave a productivity of (5.2 tons/ha) at the same level of moisture tension.

Accordingly, it can be suggested to use biofertilizers due to their tangible role in the plant's tolerance to moisture stress, in addition to their role in stimulating growth and productivity in yellow maize plants (Ghouta 82

Keywords: yellow corn, productivity, growth traits, biofertilizers, moisture stress, 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.**
******Postgraduate student ,(Ph.D) Faculty of Agricultural Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria ahmadnassef 89@gmail.com.**

تأثير المخصبات الحيوية عند مستويات مختلفة من الشد الرطوبي في نمو وإنتاجية نبات الذرة الصفراء (*Zea mays*)

د. ياسر حماد*

د. جهاد ابراهيم**

د. مجد درويش***

احمد ناصيف****

(تاريخ الإيداع 24 / 8 / 2023. قبل للنشر في 5 / 12 / 2023)

□ ملخّص □

نفذ البحث في قرية الهنادي التابعة لمحافظة اللاذقية خلال العام 2021 وذلك بزراعة حبوب الذرة الصفراء الصنف (غوطة 82) في قطع تجريبية وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) وبثلاث مكررات، بهدف دراسة تأثير إضافة المخصبات الحيوية على بعض خصائص النمو والإنتاجية لنبات الذرة الصفراء، تم استخدام نوعين من المخصبات (B1,B2) ومخصب ثالث (B3) من خلال مزج النوعين السابقين، بالإضافة لمعاملة شاهد (C) وذلك عند ثلاث مستويات من الشد الرطوبي (400,800,1200) ميللي بار.

تبين أنه مع زيادة الشد الرطوبي (الإجهاد المائي) إلى المستويين (800) ميلي بار و(1200) ميلي بار في انخفضت إنتاجية النبات.

في حين حسنت المخصبات الحيوية من صفات نمو وإنتاجية نباتات الذرة الصفراء حيث أعطت أعلى متوسط لارتفاع النبات بلغ (182سم)، ومساحة للمسطح الورقي (5084 سم^2)، وعدد الصفوف بالعرنوس الواحد (14.8صف للعرنوس الواحد)، وعدد الحبوب بالصف(27.22 حبة في الصف)، وانتاجية النبات (7.8) طن/هكتار إضافة إلى دورها في تحمل النبات للشد الرطوبي حيث أعطت متوسط لارتفاع النبات عند المستوى3Ψ بلغ (135سم) مقارنة مع الشاهد الذي أعطى ارتفاع للنبات بلغ (90.8 سم)، وإنتاجية بلغت(6.35 طن/هـ) مقارنة مع الشاهد الذي أعطى إنتاجية(5.2 طن/هـ) وذلك عند نفس المستوى من الشد الرطوبي.

وبناءاً على ذلك يمكن اقتراح استخدام المخصبات الحيوية لدورها الملموس في تحمل النبات للشد الرطوبي ، فضلاً عن دورها في تحفيز النمو والإنتاجية لدى نبات الذرة الصفراء صنف (غوطة82)

الكلمات المفتاحية: الذرة الصفراء، الإنتاجية، صفات النمو، المخصبات الحيوية، الشد الرطوبي، الأجهاد 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@gmail.com**

مقدمة:

تعتبر الذرة الصفراء (*Zea mays* L.) من محاصيل الحبوب الرئيسية لأهميتها في تغذية الإنسان والحيوان والدواجن ولها استخدامات أخرى في صناعة النشاء والكحول (Vanwyk, 2005) وتدخل في صناعة الأعلاف الجافة بنسبة 70%، وفى صناعة الخبز بنسبة 20% ، وتدخل أيضاً في بعض الصناعات مثل استخراج سكر الجلوكوز والفركتوز.

تحتل الذرة الصفراء المرتبة الثالثة بعد القمح والرز في العالم من حيث المساحة المزروعة والانتاج.

تنتشر زراعة الذرة الصفراء في مناطق واسعة من العالم لقابليتها الكبيرة على التأقلم والنمو في ظروف مناخية متباينة بالإضافة إلى ارتفاع إنتاجيتها.

يعد الشد الرطوبي أحد أهم وأبرز الإجهادات البيئية المؤثرة في نمو النبات، ويُعرف بأنه نقص الماء المتيسر للنبات أو عدم مقدرة النبات على امتصاص الماء حتى لو كان موجوداً أو عدم مقدرة النبات على امتصاص الماء بصورة طبيعية من المحيط الجذري بسبب القوة المؤثرة في مسك جزئيات الماء (Rahman et al., 2016).

اهتم الباحثون منذ زمن بدراسة الشد الرطوبي وتأثيراته السلبية على البيئة والنبات، فهو يؤثر في مراحل نمو المحصول ابتداءً من مرحلة الانبات وبزوغ البادرات وانتهاءاً بالمراحل النهائية من دورة حياته، ويكون ذو تأثير سلبي في العمليات الفسيولوجية والحيوية للنبات. فهو يُحدث تغيرات في التركيب الكيمياوي للجدار الخلوي وعدم انتظام الاغشية الخلوية وتحطيم البروتينات والبروتوبلازم وخلل في عمليات فسيولوجية مهمة منها التمثيل الضوئي وتقليل فعاليات الانزيمات فضلاً عن التأثيرات في الشكل المورفولوجي للنبات، وكذلك انتاج أنواع Ros التي تسبب تدهوراً للأغشية والأحماض النووية والبروتينات وغيرها،(Vaughan et al., 2016 ; Basu et al.,2016 ; Fathi and Tar, 2016)

أكدت دراسات عدة أن الذرة الصفراء حساسة جداً للشد الرطوبي حيث بين (Flexas et al.,2006) ان الشد الرطوبي العالي يقلل من معدل التمثيل الضوئي بشكل غير مباشر عن طريق إغلاق الثغور أو بشكل مباشر عن طريق تقليل مقدرة وكفاءة التمثيل الضوئي للأوراق. يعد اختزال المساحة الورقية من الآليات التي يلجأ اليها النبات لمواجهة الشد الرطوبي اذ يقلل ذلك من فقد الماء من النبات عن طريق النتح، إن اختزال المساحة الورقية يأتي عن طريق تقليل نشوء الأوراق الجديدة واتساعها أو التعجيل بشيخوخة وسقوط الأوراق (Prasad et al.,2008).

لاحظ (Ali et al.,2011) ان تعرض نباتات الذرة الصفراء إلى ثلاثة مستويات الشد الرطوبي هي100 و75 و50% من السعة الحقلية أدى إلى اختزال المساحة الورقية، اذ أعطت متوسطاً بلغ 524.90 و 491.13 و 458.84 سم2 على التوالي.لاحظ (مشاور, 2013) أن هنالك انخفاض في المساحة الورقية ودليلها بنسبة 25.07% و42.46% للمساحة الورقية و25.36% و45.95% لدليلها عند استنزاف 60 و80% من الماء المتاح على التوالي.

بينت نتائج (محمد, 2014) انه عند تطبيق معاملات ري على محصول الذرة الصفراء بثلاث مستويات من الشد الرطوبي وهي استنزاف 20% و 50% و75% من الماء المتاح، تأثرت معايير النمو تاثيراً معنوياً مع زيادة الشد الرطوبي وأعطت متوسطاً بلغ177 و170 و159 سم لارتفاع النبات و5350 و4779 و3904 سم^2 للمساحة الورقية على التوالي. كما يؤثر الشد الرطوبي في إنتاج نبات الذرة الصفراء، حيث بينت دراسة (خيرو و القيسي ، 2017) أن مستويات الري اثرت معنوياً في إنتاج الحبوب، فقد انخفض الانتاج بانخفاض مستوى الري من 75% ، 50% و25% من الماء المتاح وبقيم بلغت6334.2 و6168.3 و 6022.9 كغم هـ$^{-1}$ على التوالي، وبنسبة انخفاض للمستويين الثاني والثالث بلغت 2.62 و4.91 % مقارنة مع مستوى الري الأول، مفسراً ذلك بانخفاض حجم الحبوب نتيجة انخفاض الاندوسبيرم في الحبوب مما سبب قلة الحيز المتاح لاستقبال المواد المنقولة

وهذا نجم عنه صغر حجم الحبوب انخفاض وزنها، كما وانخفض عدد الحبوب في العرنوس من509.8 حبة في العرنوس إلى473.8 حبة في العرنوس. أشار (Jin et al., 2018) إلى ان انخفاض إنتاج الذرة تحت تأثير الشد الرطوبي يعزى إلى انخفاض جاهزية مواد التمثيل الضوئي مما يسبب خفض في مكونات انتاج الحبوب نتيجة إجهاض الحبوب الناشئة فيتأثر عددها ووزنها. وتبين نتائج (Soni, 2018) انخفاض عدد العرانيس في النبات تحت تأثير الإجهاد حيث أعطت 0.85 عرنوس في النبات مقارنة مع 1.13 بالنسبة لمعاملة الشاهد.

وجد (Amin et al., 2018) انه عند ري نبات الذرة الصفراء ب 100 و60 % من السعة الحقلية ، اعطت عدد من الحبوب في العرنوس بلغ 257 و 198 على التوالي. وتبين نتائج دراسة (Yuan et al., 2019) تأثر انتاج نبات الذرة الصفراء معنوياً عند تطبيق ثلاث مستويات من الري 555 و 370 و 270 مم موسم$^{-1}$ وسجل 6.42 و 5.84 و 4.6 طن هـ$^{-1}$ على التوالي.

بدأ الاتجاه في العالم اليوم لتقليل التلوث عن طريق التوجه نحو الزراعة النظيفة بخفض معدل الكيمياويات واستعمال المواد الطبيعية كالمخصبات الحيوية والتي تعد بديلاً أمناً فضلاً عن أنها قليلة الكلفة بالمقارنة مع الاسمدة الكيميائية. عُرف (Kumar et al.,2013) المخصبات الحيوية بإنها كائنات حية تضاف إلى البذور أو إلى التربة في منطقة الرايزوسفير تعمل على تحفيز نمو النبات وزيادة جاهزية العناصر الغذائية بالإضافة إلى قيامها بوظائف اخرى.

حيث تعمل هذه الكائنات الحية الدقيقة المفيدة من اجل زيادة الانتاجية كماً ونوعاً، فضلا عن إسهامها بإحداث تغيرات كيموحيوية والتي بدورها تحفز نمو النبات وتزيد من تحمله للإجهاد المائي، عن طريق افرازها لهرمونات مشجعة لنمو النبات وتحسين النظام الجذري وخواص التربة وزيادة جاهزية العناصر ومساهمتها في التنظيم الاسموزي وتحسين العلاقات المائية وهذه الفعاليات بدورها تحد وتقلل من تأثيرات الشد الرطوبي (; Bashan et al.,2014 Bhattacharyya and Jha,2012)

أظهرت نتائج دراسة العبيدي (2013) عند معاملة بذور الذرة الصفراء بنوعين من المخصبات الحيوية بكتيريا Azospirillum SPPأو Pseudomonas fluorescence أدى إلى زيادة تركيز الكلوروفيل وبالتالي زيادة النمو والمحتوى المائي للنبات. بينت نتائج دراسة (صالح, 2013,) عند تلقيح بذور الذرة الصفراء بالمخصب الحيوي البكتيري EM1 ادى الى تفوق معنوي في مؤشرات النمو الخضري على معاملة عدم الاضافة ومنها ارتفاع النبات اذ زاد من 175.22 الى 179.51سم والمساحة الورقية 4342.20 إلى 4622.11 سم^2. أشار (Badawi et al.,2014) ان المخصبات الحيوية تحسن من معايير النمو الموروفولوجية، اذ وجد عند تلقيح بذور الذرة الصفراء بخليط من نوعين من المخصبات

(Azotobacter vinelandii و Azotobacter choococcum) قد أدى إلى زيادة معنوية في طول الجذر وارتفاع النبات والوزن الجاف للمجموع الجذري والخضري وكذلك محتوى النتروجين في النبات.

وجد (الحلفي والتميمي, 2017) عند تلقيح بذور الذرة الصفراء بنوعين من المخصبات الحيوية هما البكتريا المثبتة للنيتروجين Azotobacter chroccocum والمذيبة للفسفور Pseudomonas fluorescens زيادة معنوية في صفة المساحة الورقية، أذ بلغت3639.21 سم^2 قياساً مع معاملة عدم التلقيح التي سجلت أقل متوسط بلغ 3333.53 سم2 وقد عزا السبب في زيادة المساحة الورقية، إلى دور المخصبات الحيوية في زيادة جاهزية معظم العناصر الغذائية الاساسية وامتصاصها من قبل النبات والتي لها تأثير ايجابي في النشاط العام للنبات وزيادة مساحته الورقية

تسهم المخصبات الحيوية في تحسين انتاج نبات الذرة الصفراء من خلال زيادة النمو الخضري والذي يؤدي لزيادة التمثيل الضوئي ومن ثم زيادة نقل المواد المصنعة إلى أماكن تخزينها في البذور (Yazdani et al., 2009).

أظهرت دراسة (Biari et al.,2008) عند تلقيح بذور الذرة الصفراء ببكتريا مشجعة للنمو أدى إلى زيادة معنوية في عدد الصفوف بالعرنوس وعدد الحبوب بالصف بنسبة بلغت22.73% و34.74 % على التوالي.

أشار (Hameeda et al.,2008) إلى أن هناك زيادة في إنتاج الحبوب بنسبة بلغت 64% عند بذور الذرة الصفراء الملقحة بالخصبات الحيوية مقارنة مع البذور غير الملقحة.

وجد (كريم واخرون، 2013) عند تلقيح بذور الذرة الصفراء بالمخصب الحيوي (EM1) زيادة معنوية في عدد الصفوف بالعرنوس حيث زاد من14.93 إلى 17.69 صف وعدد الحبوب بالصف من 24.02 إلى 30.36 حبة بالصف والانتاج من 2.24 إلى 5.27 طن هـ$^{-1}$.

تبرز أهمية المخصبات الحيوية بقدرتها العالية على دعم واسناد وتشجيع النباتات في البيئات المجهدة اي يمكنها حماية النباتات من الآثار الضار والسلبية لمختلف الاجهادات البيئية التي تتعرض لها، المحاصيل ومنها الشد المائي والملحي (Sandhya et al.,2010) ويمكن ان تكون المخصبات الحيوية أحد الحلول المتاحة لمعالجة ظروف الشد المائي، اذ وجد هناك استجابات عالية وايجابية عند التلقيح بالمخصبات الحيوية الميسرة للعناصر الغذائية تحت ظروف الشد الرطوبي (Vargas et al.,2014).

تشترك المخصبات الحيوية مع النبات بإحداث تغيرات كيموحيوية في الجذور والتي بدورها تحفز نمو النباتات وتزيد من تحمله للإجهاد المائي في التربة (Mickan et al.,2016).

وفي ضوء نتائج (Sandhya et al.,2010 ; Kandowangko et al.,2009) لاحظوا ان استعمال المخصبات الحيوية البكتيرية حسنت من نمو نباتات الذرة الصفراء وزادت المساحة الورقية للنبات وهذا قد يعود إلى انتاجها بعض هرمونات النمو وتجهيز العناصر وتحسين إمتصاص الماء والعناصر الغذائية مما انعكس على زيادة مقدرة تلك النباتات على تحمل الظروف البيئية غير الملائمة ومنها الشد الرطوبي.

بينت دراسة (Azab ,2016) عند تلقيح بذور الذرة الصفراء بمجموعتين من المخصبات الحيوية وهي (crococcum + Mycorrhiza + Pseudomonas spp +Azotobacter) و

(+ Bacillus megatherium var. phosphaticum + Bacillus subtillus) Azospirilium lipoferum تحت ظروف الشد الرطوبي عن طريق حجب رية واحدة ان هناك تفوق معنوي للمخصب الحيوي الأول في بعض صفات النمو ومنها ارتفاع النبات (211.7 و209 سم) وعدد الأوراق (13.3و13 ورقة نبات$^{-1}$) والمساحة الورقية (435 و 432 سم) والوزن الجاف (111.7و108.30غم نبات$^{-1}$) لكلا الموسمين على التوالي.

يعتبر القطاع الزراعي أحد أهم القطاعات المكونة للدخل القومي في سورية ويقع على عاتقه تلبية احتياجات السكان الغذائية وتأمين المواد الأولية لمعظم الصناعات الغذائية والتحويلية وإن تحقيق الأمن الغذائي هو المشكلة الأساسية التي يولي إليها الاهتمام عند صياغة برامج وخطط التنمية في أي دولة من الدول، ويعد الأمن المائي جزءاً مهماً للأمن الغذائي، كون الموارد المائية أحد العوامل الرئيسة المحددة للإنتاج الزراعي ، وهذا ما يبرر ضرورة البحث عن وسائل مناسبة تساعد النبات على تحمل الشد الرطوبي لاستغلال اكبر مساحة ممكنة تحت ظروف شح المياه.

بناءً على ما سبق، يهدف البحث إلى دراسة تأثير المخصبات الحيوية على نمو الذرة الصفراء عند مستويات مختلفة من الشد الرطوبي.

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) و زجاجات BIOGEN / سعة 2لتر، ثم استخدمت شريحة العد Bürker 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). يبين العزلات البكتيرية وآلية عملها وطريقة تحضير المخصبات الحيوية

المخصب الحيوي الأول (B1)		المخصب الحيوي الثاني (B2)		المخصب الحيوي الثالث (B3)
العزلة البكترية	آلية عملها	العزلة البكترية	آلية عملها	
Aazotobacter chroococcum.AC+At	مثبت ازوت	*Azospirillum.spp*	مثبت ازوت	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 في إحدى الأراضي الزراعية في بلدة الهنادي بمحافظة اللاذقية، وفي مخابر كلية الزراعة بجامعة تشرين.

تميزت تربة الموقع المراد زراعته بأنها لومية، ذات محتوى منخفض من الآزوت المادة العضوية ومحتوى جيد من الفوسفور والبوتاسيوم، كما انها غنية بكربونات الكالسيوم الكلية كما هو مبين في الجدول (2).

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

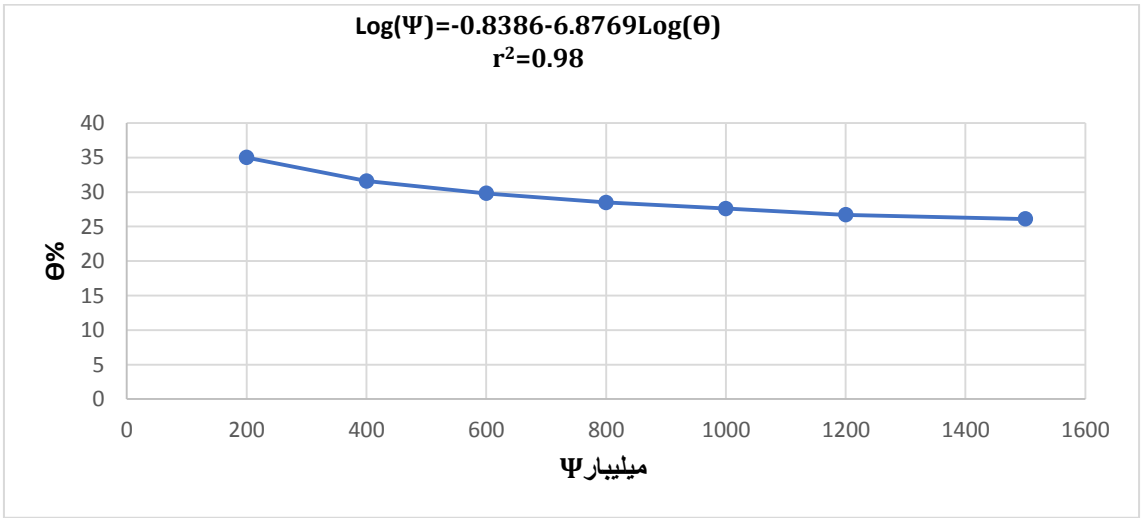
التحليل الميكانيكي%			CaCo3%	PH	EC	Ppm			OM %
طين	سلت	رمل			ميلي موس/سم	N	P	K	
27.92	36.88	35.2	54	7.94	0.7	2	26	178	1.2

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 الإصلاح الزراعي 3 متر مكعب سماد بلدي متخمر للدونم، 12كغ/دونم سماد ازوت (N) على شكل يوريا 46%، 17كغ/دونم

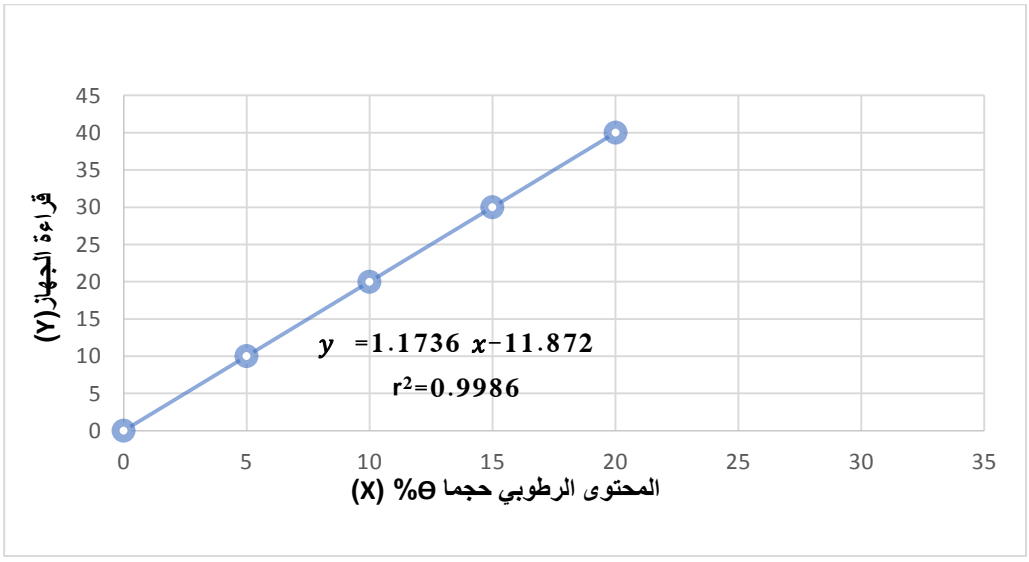
فوسفور (P)على شكل سوبر فوسفات ثلاثي 46 %، أجريت التجربة بتصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) بمعدل زراعة 5.71 نبات في المتر المربع وبواقع ثلاثة مكررات لكل معاملة وفي كل مكرر 12 نبات، بلغت مساحة القطعة التجريبية الواحدة (3.5×1.25) حيث قسمت كل قطعة تجريبية إلى 4 خطوط و كانت المسافة بين الخط والأخر 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:

وأخذت 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) منحنى الشد الرطوبي



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

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)
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 الماخوذة من قراءة الجهاز ومعادلة الخط البياني.
Bt :عمق التربة ويساوي *30* سم.

_طريقة الري:

تم اعتماد طريقة الري السطحي باستخدام الري بأنابيب مرنة متصلة بمضخة مثبتة على خزان سعة 5000 ل 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 الشد الرطوبي:

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

وذلك عند إضافات مختلفة من السماد:

- C شاهد بدون اي إضافات.
- B1 مخصب أول (حيث يحتوي على 4 أنواع من العزلات البكتيرية الموصفة)
- B2 مخصب ثاني (حيث يحتوي على 4 أنواع مختلفة من العزلات الموصفة).
- B3 مزيج بين المخصبين السابقين(B1+B2).

تم تحديد 4 نباتات من منتصف القطعة التجريبية لتفادي التأثيرات الجانبية للقطع التجريبية الاخرى ودرست عليها الخصائص والصفات التالية:

1-**الصفات المورفولوجية:** تم قياس ارتفاع النبات عند طرد النبات للنورة المذكرة، وذلك بقياس ارتفاع النبات (سم) بدءاً من سطح التربة وحتى العقدة الحاملة للنورة المذكرة.

2-الصفات المور فيزيولوجية:

- المساحة الورقية Leaf Area(سم^2) تم قياس المساحة الورقية للورقة الوسطى في النبات باستخدام المعادلة التالية:

مساحة الورقة المفردة (سم^2)= طول الورقة (سم)×أقصى عرض للورقة (سم) ×0.75

حيث 0.75: ثابت تصحيح مساحة الورقة للذرة الصفراء(El-Sahookie, 1985.)

- مساحة المسطح الورقي الكلي للنبات(Plant Leaf Area) سم2

تم قياس مساحة المسطح الورقي للنبات من المعادلة التالية:

PLA سم2 /نبات = مجموع مساحة جميع أوراق النبات

- دليل مساحة الاوراق Leaf Area Index

هو مساحة المسطح الورقي بالنسبة لوحدة المساحة من الارض التي يشغلها النبات وتساوى مساحة اوراق النبات مقسوم على مساحة الارض التي يشغلها النبات

LAI =المساحة الورقية للنبات(سم2)/المساحة التي يشغلها النبات من الأرض(سم2)

3- **الصفات الانتاجية** : حيث تم تقدير الصفات الإنتاجية التالية.

- عدد العرانيس(عرنوس/نبات) تؤخذ عشوائياً من 4 نباتات.
- عدد الصفوف بالعرنوس.(صف /عرنوس) لعشرة عرانيس (الرئيسية) تؤخذ عشوائياً من 4 نباتات.
- عدد الحبوب بالصف(حبة/صف) لعشرة عرانيس تؤخذ عشوائياً من 4 نباتات.
- إنتاجيّة وحدة المساحة(طن/هكتار).

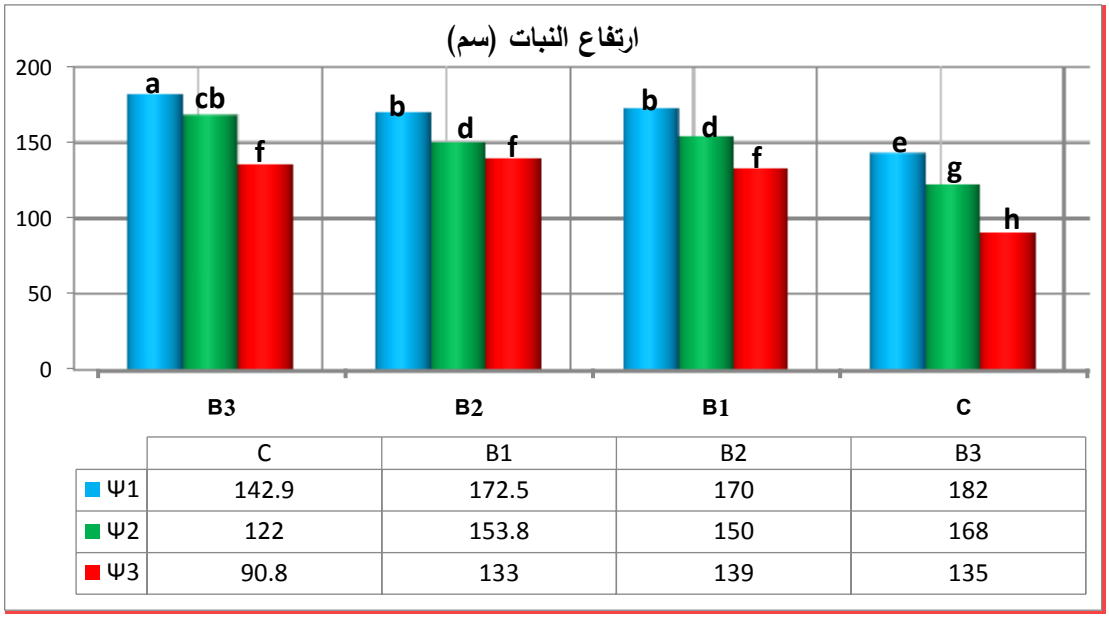
التحليل الاحصائي: تم تبويب البيانات إحصائياً باستخدام تطبيقExcel، ومن ثم تحليلها ببرنامج Genstat-12

النتائج والمناقشة:

1- تأثير المخصبات الحيوية على ارتفاع النبات (سم) عند مستويات مختلفة من الشد الرطوبي:

تعتبر الساق هم المحور المركزي للجزء الظاهر من النبات الذي يمثل الدعم الميكانيكي لحمل الأوراق والأجزاء التكاثرية، فضلاً عن توفير الماء والعناصر الغذائية إلى الأوراق ونقل الغذاء المصنع إلى الاجزاء الاخرى (المعيني والعبيدي،2018)

تشير نتائج تحليل التباين في الشكل (3) إلى وجود فروق معنوية بين المتوسطات في ارتفاع النبات حيث حققت المخصبات الحيوية استجابة معنوية في زيادة ارتفاع النبات، حيث أعطت معاملة المخصب الحيوي B3 Ψ1 أعلى متوسط بلغ 182 سم، ولم يختلف معنويا بين معاملتي التلقيح B1 وB2 ، في حين أعطت معاملة الشاهد (C) أقل متوسط لهذه الصفة بلغ 142.9سم ، بينما في المستوى الثاني من الشد الرطوبي لم يكن هناك فرق معنوي بين معاملتي التلقيحB1 وB2 ، في حين حقق معاملة المخصب الحيوي B3 أعلى متوسط مقارنة مع جميع المعاملات حيث بلغ مقارنة مع جميع المعاملات حيث بلغ 168سم، في حين أعطت معاملة الشاهد (C) عند المستوى الثالث من الشد الرطوبي 3 Ψ أقل متوسط لصفة ارتفاع النبات مقارنة مع جميع المعاملات حيث بلغ 90.8 سم.



	C	B1	B2	B3
Ψ1	142.9	172.5	170	182
Ψ2	122	153.8	150	168
Ψ3	90.8	133	139	135

الشكل (3) تأثير المخصبات الحيوية عند مستويات مختلفة من الشد الرطوبي على ارتفاع النبات

نلاحظ من الشكل (3) أن مؤشرات النمو المورفولوجية قد تأثرت بالشد الرطوبي، فقد تناقص ارتفاع النبات مع انخفاض المحتوى المائي في التربة، قد يعود ذلك إلى تسارع العمليات الفسيولوجية عند انخفاض المحتوى المائي في التربة مما ساهم بالتبكير المزهر، والتي يمكن أن نعبر عنها بهروب النبات من الجفاف، أي بمقدرة النبات على إكمال دورة حياته قبل التعرض إلى إجهاد مائي أكثر تأثيراً من خلال تسريع العمليات الحيوية داخل النبات والتبكير بالإزهار وبالتالي انخفاض عدد الأيام من الزراعة وحتى التزهير الذكري والانثوي وهي الفترة التي يستطيل ضمنها الساق (Murtadah et al ., 2018 ; Abd ualmeer and Ahmad, 2019 ; Fang and Xiong , 2015)

وقد يعزى السبب ايضاً إلى أن ازدياد مستوى الشد الرطوبي في التربة يؤدي إلى نقص الماء في الكلوروبلاست وبالتالي اضطرابات في النظام الأنزيمي مما يثبط عملية البناء ويوقف انقسام الخلايا وتطور النمو (Gupta, 2011)

كما نلاحظ من الشكل (3) أن استعمال المخصبات الحيوية أدى إلى التقليل من تأثير الشد الرطوبي على النبات من خلال آليات عملها في زيادة تجهيز النتروجين المثبت حيوياً 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 مباشرة 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 تساعد على مقاومة النبات للشد الرطوبي (Al-deen and Barakat, 2017 ; Peng et al ., 2013 ; Taiz and Zeiger,2006)

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

وتعمل المخصبات الحيوية على إفراز هرمونات نمو نباتية مثل انول استيك اسيد وحامض الجبرلين التي تعد من أهم اليات عملها زيادة انقسام واستطالة الخلايا وبالتالي زيادة ارتفاع النبات وهذا يتماشى مع ما أشار إليه (Yasmin et al.,2017 ; Eatssami and Alikhani, 2016 ; Pii et al., 2015)

2- تأثير المخصبات الحيوية على مساحة المسطح الورقي(سم^2) ودليل المسطح الورقي عند مستويات مختلفة من الشد الرطوبي:

ان صفة المسطح الورقي لها أهمية كبيرة كون الأوراق تمثل الجزء الرئيسي لفعالية التمثيل الضوئي في النبات، كما أن اختزال الأوراق من الظواهر العامة التي بمكن ملاحظتها عند تعرض النبات للإجهاد المائي.

أما بالنسبة لدليل المساحة الورقية Leaf Area Index (LAI) تعد المساحة الورقية الاكثر اهمية في التركيب الضوئي وهو تقدير يشير الى المساحة التركيبية والنمو ، ولإنتاج المحاصيل فان المساحة الورقية على مساحة الارض التي يشغلها النبات هي الاكثر اهمية من المساحة الورقية للنباتات الفردية لان المساحة الورقية للنبات الفردية لا تعطي مؤشرا عن الكثافة النباتية في الحقل وبالتالي قد نصل الى مساحة ورقية جيدة للنبات الفرد الا انه على مستوى الحقل تكون قليلة لذا فان دليل المساحة الورقية يكون اكثر اهمية .

تبين نتائج تحليل التباين في الجدول (3) إلى وجود فروق معنوية حيث أظهرت انه مع ازدياد مستويات الشد الرطوبي زاد اختزال المساحة الورقية حيث أن معاملة C Ψ 3 الشاهد عند المستوى الثالث للشد الرطوبي أعطت أقل متوسط بلغ 3252 سم^2 للنبات في حين أعطت المعاملة C Ψ 1 متوسطاً أعلى بلغ 4420 سم^2 للنبات، وحققت المخصبات الحيوية في جميع المعاملات استجابة معنوية في زيادة مساحة المسطح الورقي إذ ساهمت معاملة B3 بإعطاء أعلى متوسط بلغ (5084 ، 4683 ،4301) سم^2 للنبات عند مستويات الشد الرطوبي Ψ1، Ψ2 ,Ψ3 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 الشد الرطوبي Ψ3 قد زاد من متوسط المساحة الورقية بنسبة وقدرها (27.9، 31.11 ، 32.26) % مقارنة مع المعاملة C Ψ 3 على التوالي وهذا يظهر دور المخصبات الحيوية في التقليل من أضرار الشد الرطوبي.

كما يبين الجدول(3) أن دليل المساحة الورقية يسلك سلوكا مشابهاً لصفة المساحة الورقية، حيث تفوقت معاملة بمتوسط بلغ 2.1 C Ψ1 حيث أعطت أعلى متوسط بلغ 2.42 مقارنة مع الشاهدB3 Ψ1 المخصب الحيوي B3 Ψ1 وB Ψ12 وB Ψ11 ولم يحدث فروق معنوية بين معاملات المخصبات الحيوية

كما أعطت معاملات B1Ψ3وB2Ψ3 وB3 Ψ3 زيادة بدليل المسطح الورقي بنسبة قدرها (29.68، 30.97، 32.25) % مقارنة مع معاملة الشاهد C Ψ3 .

جدول(3) يبين تأثير المخصبات الحيوية عند مستويات مختلفة من الشد الرطوبي على مساحة المسطح الورقي ودليل المسطح الورقي

المعاملات	مساحة المسطح الورقي سم2	دليل المسطح
C Ψ 1	4420^{c}	2.10^{cb}
C Ψ 2	4210^{d}	2.00^{c}
C Ψ 3	3252^{f}	1.55^{e}
B1 Ψ 1	4880^{ab}	2.32^{a}
B1 Ψ2	4478^{c}	2.13^{cb}
B1 Ψ 3	4218^{d}	2.01^{c}
B2 Ψ 1	5008^{a}	2.38^{a}
B2 Ψ 2	4589^{c}	2.19^{b}
B2 Ψ 3	4264^{d}	2.03^{c}

2.42^{a}	5084^{a}	B3 Ψ 1
2.23^{b}	4683^{b}	B3 Ψ 2
2.05^{c}	4301^{d}	B3 Ψ 3

يعزى هذا الاختزال إلى تقلص حجم خلايا نسيج الورقة مما أدى إلى خفض قدرتها على الاستطالة والتمدد فضلاً عن انخفاض محتوى الهرمونات المشجعة للنمو والمحفزة للاستطالة مثل الاوكسينات والجبرلينات، كما أن الشد الرطوبي يسبب تراجع ضغط الامتلاء في الخلايا النباتية الذي يؤثر بدوره في معدل استطالة الخلايا التي تحتاج بعد انقسامها إلى قوة تدفع جدرانها على التمدد، إن تأثر مؤشرات النمو المورفولوجية للنبات سلباً بسبب قلة الماء المتاح نتج عنه ضعفاً في نمو واتساع الخلايا النباتية مما أنعكس على مقدار السطح المعترض للإشعاع الشمسي الساقط والذي يعد جزء أساسي من عملية البناء الضوئي وهذا أدى إلى انخفاض معدل نمو الاوراق وهذا يتفق مع ما ذكره (العودة وخيتي, 2008) وقد يعود زيادة مساحة المسطح الورقي ودليله عند الإضافة المخصبات الحيوية الى آلية عمل المخصبات الحيوية في زيادة جاهزية بعض المغذيات مثلFe وMn من خلال خلبها لهذه العناصر كونها تعد من المركبات المخلبية Siderophores مما يؤدي الى زيادة جاهزيتها في التربة ومن ثم تساهم بتلبية جزء من حاجة نمو النبات انعكاس ذلك في مؤشرات النمو الخضري هذا يتفق مع ما توصل إليه (Obid et al., 2016 ; Baral and Adhikari, 2013) ، فضلاً عن دورها في تأمين العناصر الغذائية الكبرى (NPK) وهرمونات النمو التي تزيد من قدرة النبات على النمو والتحمل.

3- تأثير المخصبات الحيوية على عدد العرانيس على النبات(عرنوس/نبات) ، عدد الصفوف في العرنوس (صف/عرنوس)، عدد الحبوب بالصف(حبة/صف)، إنتاجية النبات(طن/هـ) عند مستويات مختلفة من الشد الرطوبي:

تشكل صفة عدد العرانيس أحد أهم المكونات التي تشارك في تكوين إنتاج الحبوب في وحدة المساحة

اما بالنسبة لعدد الصفوف في العرنوس تعد هذه الصفة من الصفات التي تتأثر بالإجهادات البيئية ولاسيما الشد الرطوبي وهو أول جزء يتحدد بالعرنوس ويسهم في اختلاف عدد الحبوب في العرنوس، وصفة عدد الحبوب في الصف تكتسب أهميتها كونها ترتبط بعدد الحبوب الكلي في العرنوس وجميع هذه الصفات ترتبط ارتباط وثيق وطردي بالنتاج الكلي لنبات الذرة الصفراء، والإنتاجية هي الهدف الرئيسي الذي يسعى إليه كل من مربي النبات والمنتج حيث يعتبر أهم مقياس حقلي لأنه يعطي النتيجة النهائية للفعاليات الحيوية(الساهوكي،2017).

يشير الجدول(4) إلى أن عدد العرانيس على النبات تأثرت معنوياً بمستويات الشد الرطوبي إذ أعطت جميع المعاملات عند المستوى الثالث للشد الرطوبي Ψ3 أقل متوسط لهذه الصفة حيث بلغ 0.7 عرنوس للنبات الواحد في معاملة الشاهد C Ψ 3 وبفارق معنوي عن معاملات المخصبات الحيوية B1Ψ3, B2Ψ3, B3Ψ3 التي أعطت متوسطات بلغت (1.1,1,0.9) عرنوس للنبات الواحد على التوالي. وقد حققت المخصبات الحيوية (B3,B2,B1) عند المستوى الاول من الشد الرطوبي Ψ1 تفوق معنوي مقارنة مع الشاهد C Ψ1 الذي أعطى متوسط بلغ (1) عرنوس للنبات الواحد مقارنة بمتوسط بلغ (1.38) عنوس للنبات الواحد في معاملة B3Ψ1 ، في حين لم يكن هناك فروق معنوية بين معاملات المخصبات الحيوية عند نفس المستوى من الشد الرطوبي.

يشير الجدول (4) إلى انخفاض عدد الصفوف بالعرنوس مع زيادة استنزاف الماء من التربة أي مع زيادة مستوى الشد الرطوبي، حيث أعطى متوسط بلغ (13.2) صف بالعرنوس في المعاملة C Ψ1 وبفرق معنوي كبير عن المعاملة C 3 Ψ التي أعطت متوسط بلغ (10.8) صف بالعرنوس، ولم يكن هناك فروقات معنوية بين المعاملتين C Ψ1 و C Ψ2 ونلاحظ استجابة صفة عدد الصفوف بالعرنوس ايجاباً وبشكل معنوي بوجود المخصبات الحيوية، حيث تفوقت معاملة

B3Ψ1 معنوياً بإعطاء أعلى متوسط (14.8) صف للعرنوس مقارنة مع الشاهد C Ψ1 , ولم تختلف معاملة B3Ψ1 معنوياً عن معاملتي المخصبات الحيوية B1Ψ1 وB2Ψ1 .

يوضح الجدول (4) زيادة عدد الحبوب بالصف عند المعاملة بالمخصبات الحيوية حيث أعطت أعلى متوسط بلغ في معاملة المخصب الحيوي B1Ψ1 بلغ (27.22) حبة بالصف بفارق معنوي عن معاملة الشاهد C Ψ1 التي أعطت متوسط بلغ (22.98) حبة بالصف، كما اثر الشد الرطوبي على صفة عدد الحبوب بالصف حيث تناقص مع زيادة مستوى الشد الرطوبي ففي معاملة المخصب الحيوي B2Ψ1, B2Ψ2 , B2Ψ3 أعطت متوسطات بلغت (22 ، 24.18 ، 27) على التوالي.

يُلاحظ من الجدول (4) أن زيادة الشد الرطوبي قلل من إنتاجية النبات حيث تأثرت جميع المعاملات عند المستوى الثاني والثالث(Ψ2 وΨ3) من الشد الرطوبي وبشكل معنوي مقارنة مع المستوى الأول من الشد الرطوبي (Ψ1) ففي معاملة الشاهدC Ψ1 أعطت متوسط بلغ (6.35) طن/هـ في حين بلغ متوسط الإنتاجية في المعاملتين C Ψ2 و C Ψ3(5.8 و5.2) طن/هـ على التوالي.

كما يوضح الجدول (4) دور المخصبات الحيوية في التقليل من تأثير الشد الرطوبي حيث أعطت أعلى متوسط للإنتاجية في المعاملة B3Ψ1 بلغ (7.8) طن/هـ، في حين بلغ متوسط الإنتاجية في المعاملتين B3Ψ2 وB3Ψ3 (6.69 ، 6.35) على التوالي وبزيادة قدرها (15.34 ، 9.5)% مقارنة مع معاملتي الشاهد C Ψ2 وC Ψ3 على التوالي.

جدول(4) يبين تأثير المخصبات الحيوية عند مستويات مختلفة من الشد الرطوبي على عدد العرانيس على النبات(عرنوس/نبات)، عدد الصفوف في العرنوس(صف/عرنوس)، عدد الحبوب بالصف(حبة/صف)، إنتاجية النبات(طن/هـ).

المعاملات	عدد العرانيس في النبات(عرنوس/نبات)	عدد الصفوف بالعرنوس(صف/عرنوس)	عدد الحبوب بالصف(حبة/صف)	الإنتاجية (طن/هـ)
CΨ1	1^{b}	13.2^{b}	22.98^{c}	6.35^{b}
CΨ2	1^{b}	13^{b}	20^{f}	5.8^{c}
CΨ3	0.7^{c}	10.8^{d}	18.64^{g}	5.2^{c}
B1 Ψ 1	1.38^{a}	14.72^{a}	27.22^{a}	7.2^{a}
B1 Ψ2	1.1^{b}	13.2^{b}	23.16^{c}	6.52^{b}
B1 Ψ 3	0.9^{b}	11.8^{c}	21.42^{e}	6.1^{b}
B2 Ψ 1	1.21^{a}	14.5^{a}	27^{a}	7.5^{a}
B2 Ψ 2	1.1^{b}	13.5^{b}	24.18^{b}	6.7^{b}
B2 Ψ 3	1^{b}	12.8^{b}	22^{d}	6.45^{b}
B3 Ψ 1	1.35^{a}	14.8^{a}	27.16^{a}	7.8^{a}
B3 Ψ 2	1.04^{b}	13.6^{b}	24.36^{b}	6.69^{b}
B3 Ψ 3	1.1^{b}	13.2^{b}	23.18^{c}	6.35^{b}

و يعزى سبب الزيادة في حاصل الحبوب الى الدور الإيجابي للمخصبات الحيوية التي تمتاز بعدد من الخصائص الإيجابية التي تعزز من نمو النبات ومنها مقدرتها على تثبيت النتروجين الجوي كذلك زيادة ذوبانية الفسفور في التربة وتحويله من صور غير جاهز إلى صور أكثر جاهزية، وانتاج المضادات الحيَويةAntibiotic مثل انزيم Chitinase والعديد من انزيمات التحلل المائي Hydrolysis enzymes فضلاً عن دورها الإيجابي في تحسين خواص التربة الفيزيائية ومنها تحسين المسامية Porosity.

ايضا لوحظ ان المعاملة بالمخصبات الحيوية زادت من كفاءة استعمال الماء وهذا يؤكد دورها المهم في تحسين الحالة المائية لنباتات الذرة الصفراء من خلال مساهمتها في زيادة المجموع الجذري ومن ثم كفاءة كمية الماء الممتص. تتطابق هذه النتيجة مع الذين وجدوا تفوق انتاج مكونات الذرة الصفراء عند المعاملة بالمخصبات الحيوية (Jbar,2018 ; AL-Deen and Barakat, 2017 ; Amiri and Rafiee, 2013).

ان زيادة الكثافة العددية للميكروبات والتصاقها بالخلايا الحية تعمل ما يشبه بالجسور البروتينية protein bridging الواصلة بين دقائق التربة التي تزيد من قابلية التربة بالاحتفاظ بالماء (الموسوي واخرون، 2017). ولوحظ ان أغلب الاجناس البكتيرية المثبتة للنتروجين بصورة تعايشيه أو لا تعايشيه عند نموها مع أجناس بكتيريا اخر للنتروجين (بصورة خليط) تزيد من قدرة خلاياها الحية على الدخول بين دقائق التربة (الرمل والطين) مع ما موجود من مواد سكرية مكونة ترابطاً للدقائق مع بعضها البعض ومن ثم رفع قابليتها على مسك الماء قياساً مع التربة غير الملقحة (Fehrmann and Weaver,1978).

ان التفوق في غالبية صفات النمو والانتاجية عند معاملة المخصب الحيوي الثالث **B3** قد يعزى إلى امتلاك العزلات البكتيرية ميزة التعايش بصورة مترابطة Association مع جذور النباتات (Rana et al.,2013).

كما أن احتواء المخصبات الحيوية المضافة على خلايا نشطة وكفؤة من البكتيريا ادى الى زيادة ومضاعفة اعدادها في تربة الرايزوسفير قياساً مع اعدادها في التربة غير المعاملة، وهي نتيجة مهمة في الزراعة اذ يستمر نشاط هذه الاحياء حتى زراعة المحصول في الموسم القادم (محمد وأخرون،2016)

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

يؤدي الشد الرطوبي عند المستويين (2 Ψ عند 800 ميلي بار) و (3Ψعند 1200 ميلي بار) إلى انخفاض في نمو وإنتاجية نباتات الذرة الصفراء (غوطة82) والذي ظهر واضحاً في أغلب الخصائص والصفات المورفولوجية والمورفيزيولوجية والإنتاجية المدروسة. في المقابل، حسنت المخصبات الحيوية من هذه الصفات ولاسيما عند المستوى (1Ψ عند 400 ميلي بار) وكان ذلك واضحاً من خلال الزيادة الحاصلة في: ارتفاع النبات (سم)، مساحة المسطح الورقي(سم^2)، ودليل المسطح الورقي، وعدد العرانيس على النبات، وعدد الصفوف بالعرنوس الواحد، وعدد الحبوب بالصف الواحد، مما انعكس ايجاباً على إنتاجية النبات من الغلة الحبية (طن/هكتار)، كما ساهمت المخصبات الحيوية ولاسيما المخصب الحيوي B3 في التقليل من تأثير الشد الرطوبي على جميع الصفات المدروسة مقارنة مع معاملة الشاهد، ولم تشير النتائج إلى فروقات واضحة بين المخصبين B1 وB2 .

التوصيات:

يمكن الاقتراح باستخدام المخصبات الحيوية كمحفزات لتحسين نمو النبات، وغلة العرانيس، فضلاً عن الدور التي تلعبه لتحسين تحمل النبات للشد الرطوبي(إجهاد الجفاف)، وبالتالي إمكانية زراعة نباتات الذرة الصفراء في مناطق أكثر جفافاً.

References:

1. الساهوكي، مدحت مجيد. 2007. علاقات نمو البذرة. جامعة بغداد. كلية الزراعة. ع ص:140 .

2. العبيـدي، زكريا حسن حميد،(2013). تأثير حامض السالسالليك والبكتريا المحفزة للنمو في نشاط مضادات الأكسدة الانزيمية وغير الانزيمية في نمو وحاصل الذرة الصفراء . Zea mays L تحت إجهاد NaCl أطروحة دكتوراة قسم علوم التربة والموارد المائية . كلية الزراعة. جامعة بغداد.

3. العودة، أيمن الشحاذة و مأمون خيتي .2008. فسيولوجيا المحاصيل الحقلية (الجزء النظري). جامعة دمشق. ع . ص: 315 .

4. المعيني، أياد حسين علي ومحمد عويد العبيدي.2018 . الاسس العلمية لإدارة وانتاج وتحسين المحاصيل الحقلية. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. دار الطباعة والنشر . كربلاء العراق.

5. الموسوي، كوثر عزيز و زينب كاظم حسن و حسام جاسم محمد.2017ي. 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.

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

7. خيروا ،أوس ممدوح، عبد الوهاب، عبد الرزاق القيسي. 2017. دور الري المنتظم والناقص في نمو وحاصل الذرة الصفراء في الترب الجبسية. مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية الصف مجلد (17) عدد (1) :166-173.

8. صالح، محمد ابراهيم.2013. التأثير الفسيولوجي للسماد الحيويEM1 والتسميد النتروجيني وازالة الورقة تحت العرنوص في صفات النمو والحاصل ومكوناته لمحصول الذرة الصفراء (Zea mays L.) .مجلة زراعة الرافدين العراقية . (2)41: 259 – 279.

9. كريم، عامر نعمة وعامر حبيب حمزة و عادل فاضل حداوي ووليد سامي جواد البكري.2013 . تأثير التسميد الورقي والارضي والمخصب الحيوي في نمو وحاصل الذرو الصفراء في الزراعة الربيعية. مجلة الفرات للعلوم الزراعية 5-(1)122-127.

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 .

11. محمد، حسين عزيز.2014. تأثير الرش .Proline و Abscisic في رقع كفاءة استعمال الماء لنبات الذرة الصفراء .Zea mays L .مجلة تكريت للعلوم الزراعية المجلد (14) العدد(2). 73 -84.

12. مشاور، اسعد كاظم عبدالله .2013 . دور البوتاسيوم في تحمل نباتات الذرة الصفراء . Zea mays L لإجهادي الجفاف وبيروكسيد الهيدروجين. اطروحة دكتوراه. كلية الزراعة – جامعة بغداد.

1. Al-Sahuki, Medhat Majeed. 2007. Seed growth relationships. Baghdad University. faculty of Agriculture. p. 140.

2. Al-Obaidi, Zakaria Hassan Hamid, (2013). The effect of salicylic acid and growth-stimulating bacteria on the activity of enzymatic and non-enzymatic antioxidants on the growth and yield of yellow maize Zea mays L. Under NaCl stress, PhD thesis, Department of Soil Sciences and Water Resources. faculty of Agriculture. Baghdad University.

3. Al-Awda, Ayman Al-Shahada and Maamoun Khaiti. 2008. Physiology of field crops (theoretical part). Damascus university. A. P. 315.

4. Al-Muaini, Iyad Hussein Ali and Muhammad Awaid Al-Obaidi. 2018. Scientific foundations for managing, producing and improving field crops. Ministry of Higher Education and Scientific Research. Printing and publishing house. Karbala, Iraq.

5. Al-Mousawi, Kawthar Aziz, Zainab Kazem Hassan, and Hossam Jassim Muhammad. 2017. The effect of bacterial bio-inoculation and mineral bio-fertilization on some physical and chemical

properties of sandy soil and yellow corn crop growth indicators> Assiut Agricultural Journal: (48): 4: 200-215.
6. Hammad, 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 Magazine. Syrian. Volume 39. p. 25.
7. Khayroa, Aws Mamdouh, Abdul Wahab, Abdul Razzaq Al-Qaisi. 2017. The role of regular and incomplete irrigation on the growth and yield of yellow maize in gypsum soils. Tikrit University Journal of Agricultural Sciences, Volume (17), Issue (1): 166-173.
8. Saleh, Muhammad Ibrahim.2013. The physiological effect of EM1 biofertilizer, nitrogen fertilization, and leaf removal under the stalk on the growth characteristics, yield, and its components of yellow corn (Zea mays L.). Iraqi Al-Rafidain Agriculture Journal. (2)41: 259 – 279.
9. Karim, Amer Nehme, Amer Habib Hamza, Adel Fadel Haddawi, and Walid Sami Jawad Al-Bakri. 2013. The effect of foliar and ground fertilization and biofertilizer on the growth and yield of yellow corn in spring agriculture. Al-Furat Journal of Agricultural Sciences -5(1)-122-127.
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 yellow corn plants. Al-Qadisiyah Journal of Agricultural Sciences, Issue (1): 6: 79-89.
11. Muhammad, Hussein Aziz. 2014. The effect of spraying Proline and Abscisic on water use efficiency patches of yellow corn plants. Zea mays L. Tikrit Journal of Agricultural Sciences, Volume (14), Issue (2). 73 -84.
12. Mashawar, Asaad Kazem Abdullah. 2013. The role of potassium in the tolerance of maize plants (Zea mays L). For drought stress and hydrogen peroxide. Doctoralthesis. College of Agriculture - University of Baghdad.
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):111–118.
2. Abdulameer, O. Q., and Ahmed, S. A. 2019. role of humic acid in improving growth characters of corn under water stress. The Iraqi Journal of Agri Sci, 50(1), 420-430.
3. 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.
4. Ali, Q., Elahi, M., Ahsan, M., Tahir, M. H. N., & Basra, S. M. A. 2011. Genetic evaluation of maize (Zea mays L.) genotypes at seedling stage under moisture stress. International Journal for Agro Veterinary and Medical Sciences., 5(2): 184-193.
5. Amin, M., R., Ahmad, A., Ali, I., Hussain, R., Mahmood, M., Aslam, and D. J. Lee. 2018 Influence of silicon fertilization on maize performance under limited water supply. Silicon, 10(2), 177-183.
6. Amiri, R., H. Rafiee , A. Golshani and F. Chalabian .2013. Synthesis of dark brown single-walled carbon nanotubes and their characterization by HSQC-NMR. Journal of Chemical Sciences, 125(2): 431-436.
7. Azab, E. .2016. Effect of water stress and biological fertilization on maize growth, chemical composition and productivity in calcareous soil. Am. J. Plant Physiol.,11(1-3):1-11.

8. 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.
9. Baral, B. R. and P. Adhikari .2013. Effect of Azotobacter on Growth and Yield of Maize. SAARC J. Agri., 11(2): 141-147.
10.Bashan, Y., L. E. de-Bashan, S. R. Prabhu and J. P. Hernandez .2014. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998-2013). Plant Soil, 378: 1-33.

11.Basu, S., V. Ramegowda, A. Kumar and A. Pereira. 2016. Plant adaptation to drought stress. Crop, Soil, and Environmental Sciences, University of Arkansas, Fayetteville, Arkansas, 72701, USA.
12.Bhattacharyya, P.N. and D.K. Jha .2012. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Emergence in agriculture. World J. Microbiol. Biotechnol., 28: 1327-1350
13.Biari, A., A. Gholami and H. A. Rahmani .2008. Growth promotion and enhanced nutrient uptake of maize (Zea mays L.) by application of plant growth promoting rhizobacteria in Arid region of Iran. Journal of Biological Sciences, 8: 1015-1020.
14.Etesami, H., and H. A Alikhani,. 2016. Co-inoculation with endophytic and rhizosphere bacteria allows reduced application rates of N-fertilizer for rice plant. Rhizosphere, 2, 5- 12.
15.Fang, Y. and L. Xiong .2015. General mechanisms of drought response and their applicationin drought resistance improvement in plants. Cell. Mol. Life Sci., 72:673– 689.
16.Fathi, A. and D.B. Tari. 2016. Effect of drought stress and its mechanism in plants. Int. J. Life Sci., 10(1): 1-6.
17.Fehrmann, R. and R. Weaver .1978. Scanning electron microscopy of Rhizobium spp. Adhering to fine silt particles. Soil Sci. Soc. Am. J., 42: 279-281.
18.Flexas, J., M. Ribas Carbó , J. Bota, J. Galmés, M. Henkle, S. Martínez Cañellas, and H. Medrano .2006. Decreased Rubisco activity during water stress is not induced by decreased relative water content but related to conditions of low stomatal conductance and chloroplast CO2 concentration. New Phytologist, 172(1): 73-82.
19.Gupta , S. D. .2011. Reactive oxygen species and antioxidant in higher plants . CRC press, Enfield , New Hampshire ,USA : PP: 362.
20.Hameeda,B., G. Harini, O.P. Rupela, S.P. Wani and G. Reddy .2008. Growth promotion ofmaize by phosphatesolubilizing bacteria isolated from composts and macrofauna . Microbiological Res.,163 : 234-242.
21.Jbar, A. K. 2018. Influence of biological inoculant of Paenibacillus polymyxa on available phosphorous from phosphorous rock on growth and yield of Zea mays L. Jornal of Al- Muthanna for Agricultural Sciences, 6(2), 9-19.
22.Jin, Z., Q. W. Xue, E. J. Kirk, X. B. Hou, B. Z. Hao, H. M. Thomas and W. Xu .2018. Shoot and root traits in drought tolerant maize Zea mays L. hybrids. J. of Int. Agri., 17(5): 1093-1105.
23.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.
24.Kumar, U. N. Shukla4, Dharmendra Kumar2, Anil Kumar Pant3 and S. K. Prasad1.2013. Bio-Fertilizers for Organic Agriculture Pop. Kheti., 1(4):91-96.
25.Mickan, B. S., Abbott, L. K., Stefanova, K., and Z. M. Solaiman. 2016. Interactions between biochar and mycorrhizal fungi in a water-stressed agricultural soil. Mycorrhiza, 26(6): 565-574.
26.Murtadha, M.A., O.J. Ariyo, S.S. Alghamdi. 2018. Analysis of combining ability over environments in diallel crosses of maize Zea mays L. J. of Saudi Soci. of Agri. Sci., 17:69–78.
27.Obid, S. A., A. E. Idris and B. E. A. M. Ahmed .2016. Effect of Bio-Fertilizer on Growth and Yield of Two Maize (Zea mays L.) Cultivars at Shambat, Sudan. Sch J Agric Vet Sci., 3(4):313-317.
28.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- 512.
29.Pii, Y., T. Mimmo, N. Tomasi, R. Terzano, S. Cesco, C. Crecchio .2015. Microbial interactions in the rhizosphere: beneficial influences of plant growth-promoting rhizobacteria on nutrient acquisition process. A review. Biol. Fertil. Soils, 51: 403–415.
30.Prasad, P.V.V. , S.A. staggenborg and Z. Ristic .2008. Impaets of Drought and / Or Heat stress on physiological , Developmental , Growth , and Yield processes of Crop plants . ASA , CSSA , SSSA , 677 S.segoe Rd , Modison , Wl 53711 , USA .
31.Rahman, I.M.D., Z.A. Begum and H.Hasegawa .2016. Water Stress. InTech. Pub., Croatia.

32.Rana, R. , Ramesh, and P Kapoor .2013. Biofertilizer and Their Role in Agriculture Popular Kheti, 1(1):56-61 .
33.Sandhya, V., Sk. Z. Ali, M. Grover, G. Reddy and B. Venkateswarlu. 2010. Effect of plantgrowth promoting Pseudomonas spp. on compatible solutes, antioxidant status and plant growth of maize under drought stress. Plant Growth. Regul., 62: 21-30.
34.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.
35.Siddiqui, Z. .2006. PGPR: Prospective Biocontrol Agents of Plant Pathogens. In: Siddiqui, Z. (ed. PGPR: Biocontrol and Biofertilization Springer Netherlands, pp. 111-142.
36.Soni, N. V., H. L. Dhaduk, C. K. Desai and J. R. Patel. 2018. Comparative response of Zea mays L. genotypes to moisture stress regimes. J. of Pharmacognosy and Phytochemistry., 7(1):1393-1397.
37.Taiz, L. and E. Zeiger .2006. Plant Physiology, 3rd ed. Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, MA, USA.1. pp. 296-292 .
38.Vanwyk, B.J. (2005). Quarterly agricultural economic review and forecast. Agriculture republic of South Africa. 3(2).
39.Vargas, L., A.B. Santa Brigida , L.P. MotaFilho, T.G. de Carvalho and C.A. Rojas .2014. Drought tolerance conferred to sugarcane by association with Gluoconacetobacter diazotrophicus . A tranascriptomic view of hormone pathways ploa One, 9(10):1371.
40.Vaughan, M. M., A. Block, S. A. Christensen, L. H. Allen and E. A. Schmelz .2018. The effects of climate change associated abiotic stresses on maize phytochemical defenses. Phytochemistry Reviews, 17(1): 37- 49.
41.Yasmin, H., A.Nosheen, R.Naz, A. Bano and R. Keyani .2017. L-tryptophan-assisted PGPR-mediated induction of drought tolerance in maize (Zea mays L.). Journal of Plant Interactions, 12(1), 567-578.
42.Yazdani, M., MA., Bahmanyar, H., Pirdashti, and MA. Esmaili .2009. Effect of Phosphate Solubilization Microorganisms (PSM) and Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of Corn (Zea mays L.).World Academy of Science, Engineering and Technology, 49:90-92.
43.Yuan, C., S., Feng, Z., Huo, and Q. Ji, 2019. Effects of deficit irrigation with saline water on soil water-salt distribution and water use efficiency of maize for seed production in arid Northwest China. Agricultural water management, 212, 424-432.