تأثير التلقيح بالمايكوريزا والسماد الفوسفاتي في بعض صفات النمو الخضري للفول السوداني تحت ظروف الإجهاد المائي

طالبة دراسات عليا: هبه شمس الدين

اشراف: د. سمير شمشم

المشرف المشارك: فادي عباس

الملخص:

نفذ البحث خلال العام 2023 في مركز البحوث العلمية الزراعية في حمص التابع للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية على صنف الفول السوداني ساحل، بهدف دراسة تأثير التلقيح بالمايكوريزا والتسميد الفوسفاتي–كل على حدة وفي حالة تآزر بينهما– في بعض صفات النمو للفول السوداني (صنف ساحل) تحت ظروف الري الناقص خلال مرحلتي الإزهار وتشكل القرون. صممت التجربة وفق تصميم القطاعات المنشقة لمرتين حيث توضعت معاملات الإجهاد في القطع الرئيسة، ومعاملات التسميد الفوسفاتي في القطع المنشقة من الدرجة الأولى، ومعاملات التلقيح بالمايكوريزا في القطع المنشقة من الدرجة الثانية. وبثلاثة مكررات.

أظهرت النتائج التأثير السلبي للإجهاد المائي بغض النظر عن المعاملات الأخرى المدروسة في جميع مؤشرات النمو المدروسة (ارتفاع النبات وعدد الأفرع الجانبية والوزن الجاف للنبات ومحتوى المائي النسبي في الأوراق) دون وجود فروق معنوية ملموسة بين معاملتي الإجهاد خلال مرحلتي الإزهار وتشكل القرون، كما أثرت المستويات المتزايدة من السماد الفوسفاتي في معاملة البذور غير الملقحة بالمايكوريزا في تعزيز نمو النبات تحت ظروف الشاهد المروي والإجهاد وحقق المعدل P120كغ/هـ أفضل النتائج ، في حين لم يكن لزيادة معدل الفوسفات أي دور يذكر عند التلقيح بالمايكوريزا، حيث لم تحقق معاملة التلقيح مع المستوى الأدنى فروقا معنوية مقارنة مع المستوى الأعلى، كما أدت معاملة تلقيح البذور بالمايكوريزا بغض النظر عن باقي المعاملات المدروسة إلى تحسين تحمّل النبات للإجهاد من خلال التقليل من معدلات التناقص في المؤشرات المدروسة تحت ظروف الإجهاد مقارنةً بالشاهد المروي.

الكلمات المفتاحية: المايكوريزا، السماد الفوسفاتي، الإجهاد المائي، الفول السوداني.

Effect of mycorrhizal inoculation and phosphate fertilizer on some vegetative growth traits of peanuts under water stress conditions

Abstract

The research was carried out during the year 2023 at Center ofScientific Agricultural Research in Homs, General Commission for Scientific Agricultural Research, on the peanut variety Sahel, to study the effect of mycorrhizal inoculation and phosphate fertilization on some growth characteristics of peanut (Sahel variety) under conditions of deficient irrigation during the flowering and pod formation stages. The experiment was designed according to Split-split plots design, where stress treatments were placed in the main plots, phosphate fertilization treatments were placed in split plots, while mycorrhizal inoculation treatments were placed in split-split plots with three replicates.

The results showed a negative effect of water stress on all growth indicators studied (plant height, number of side branches, plant dry weight, and relative water content in the leaves) - without significant differences between the two stress treatments during the flowering and pod formation stages. The increased levels of phosphate fertilizer in the treatment of non-inoculated seeds also affected plant growth under irrigated control and stress conditions, and the rate of 120 kg/ha achieved the best results. While increasing the phosphate rate did not have any significant role when inoculated with mycorrhiza, as theinoculation treatment did not achieve the level The lowestsignificant differencecomparedto the highest level. The seed inoculation treatment with mycorrhiza also improved the plant's tolerance to stress by reducing the rates of decrements in the studied indicators under stress conditions compared to the irrigated control.

Keywords: mycorrhiza, phosphate fertilizer, water stress, peanuts.

المقدمة والدراسة المرجعية:

يعد الفول السوداني *Arachishypogaea* L. الذي ينتمي للفصيلة البقولية Fabaceae أو Leguminosae من المحاصيل الزيتية والغذائية التي نشأت في أمريكا الجنوبية (البرازيل خاصةً)، وينمو في مجال بيئي واسع في العالم (Abady*et al*., 2021). وتتجلى أهمية محصول الفول السوداني من خلال استخدام بذوره وزيته في تغذية الإنسان، ويقارب بروتينه البروتين الحيواني، حيث يضم سائر الأحماض الأمينية الضرورية للإنسان، وتعد الكسبة الناتجة عن عصر البذور علفاً مركزاً للحيوان، وللفول السوداني أهمية زراعية، إذ يدخل في الدورة الزراعية ويحسن خواص التربة وإعادة خصوبتها المستنفدة من خلال تثبيت الآزوت الجوي بواسطة العقد البكتيرية الموجودة على الجذور (مهنا والشباك، 2010). وبالرغم من هذه الأهمية تعاني زراعة الفول السوداني مشاكل عدة تتمثل بانخفاض الإنتاجية في وحدة المساحة وانخفاض نوعية البذور، بالرغم من وجود دراسات محلية عديدة على المحصول (عبد العزيز، 2006؛ عبد العزيز، 2007؛ مهنا وآخرون، 2009؛ Abd Elaziz *et al*., 2013).

يشغل الفول السوداني المركز الرابع عالمياً بين المحاصيل البذرية الزيتية من حيث المساحة والإنتاج، وهو رابع مصدر عالمي لإنتاج الزيت بعد فول الصويا والقطن والكانولا (اللفت الزيتي)، وتعد قارة آسيا المنتج الأكبر لهذا المحصول حيث تنتج حوالي نصف الإنتاج العالمي (FAO, 2019). وفي سورية بلغت المساحة المزروعة بالفول السوداني عام 2022 حوالي 6494 هكتار، أعطت 19008 طناً من القرون الجافة، بمردود قدر بـ 2927 كغ/هـ، وكان نصيب محافظة حمص منها 420 هكتار، أعطت 797 طن من القرون، بمردود 1898 كغ/هـ، وهذه المردودية في حمص هي الأقل مقارنةً بالمناطق الرئيسة التي تزرع الفول السوداني في سورية (الغاب وطرطوس)، (المجموعة الإحصائية الزراعية السورية، 2022). ويعود ذلك إلى عوامل عديدة من أهمها تعرض حمص لموجات من الجفاف وقلة مياه الري في الأعوام الأخيرة.

يعد الفوسفور من أهم العناصر الغذائية التي يتطلبها النبات، ويتشابه الفوسفور مع النتروجين والبوتاسيوم من حيث الأهمية بالنسبة للنبات،ويختلف عن هذين العنصرين في

ميله للتثبيت في التربة من خلال تفاعله مع المكونات المختلفة للتربة لتشكيل مركبات صعبة الذوبان تحد من قابليته لإفادة النبات. كما يتأثر امتصاص النبات للفوسفور ببعض العناصر المعدنية المغذية الأخرى فالمغنزيوم يؤدي دوراً ايجابياً في امتصاص النبات للفوسفور وانتقاله ضمن النبات بينما أيونات السلفات والكلور والنترات تقلل الكمية الممتصة من الفوسفور (عودة وشمشم، 2008)

يعد الفوسفور العنصر الأكثر أهمية للمحاصيل البقولية بما فيها الفول السوداني، وتزداد أهميته بسبب دوره المهم في عملية تثبيت الآزوت الجوي التي تحتاج إلى طاقة ATP، لذلك في الترب الفقيرة بالفوسفات يكون تكون العقد الجذرية ضعيفاً، وتتراجع حيوية النبات وقوته، ويمكن أن ينعدم تشكل العقد نهائياً عند عوز الفوسفور (Islam *et al.*, 2012). تحتاج المحاصيل البقولية إلى كميات من الفوسفور أكثر من المحاصيل الأخرى للحصول على نمو مثالي وإنتاجية أعلى (Gitari and Mureithi, 2003). ويعد انخفاض مستوى الفوسفور في التربة أحد أكبر معوقات النمو والتطور للمحاصيل البقولية (Wally *et al.*, 2005). إذ تعاني البقوليات عندما تزرع في تربة فقيرة بالفوسفور، لذلك فإن توفير كميات من الفوسفور يساهم في رفع الإنتاجية، ويتمثل دور الفوسفور في المحاصيل البقولية بتحريض تشكل العقد الآزوتية على الجذور، والمساهمة في تثبيت الآزوت الجوي إضافة إلى زيادة كفاءة امتصاص العناصر المغذية، ورفع فعالية نقل نواتج التمثيل الضوئي من المصدر إلى المصب وبالتالي زيادة كمية المادة الجافة(الكتلة الحيوية)، (Ogola*et al.*, 2012).

أظهرت نتائج العديد من الباحثين الدور الإيجابي الذي يسهم فيه إضافة الفوسفور للتربة في زيادة الغلة البذرية ومكونات الغلة للمحاصيل البقولية (Bahadur*et al.*, 2002; Kumar and Kushwaha, 2006).

أثرت مستويات الإضافة للفوسفات في قيم الوزن الجاف لنبات الفول معنوياً بنسبة 34.64 % و 49.64 % عند الإضافة للمستويين 50 و70كغ P/هكتار، وأثر كذلك مستوى الإضافة للفوسفات 75 كغ/هـ في محتوىالأوراق من الكلوروفيل، وكان للسماد الفوسفاتي أيضا تأثيراًإيجابياً في زيادة معدلات وزن البذور الخضراء إذ حققت إضافته

بالمستوى 75 كغ/هـ إلى زيادة معنوية في متوسط وزن الألف بذرة خضراء بقيمة 1920 غ (عزام، 2019).

أكد الأحمد وآخرون (2021) في دراستهم حول تأثير الكثافة النباتية والتسميد المعدني والحيوي في نمو وإنتاجية محصول الفول السوداني في منطقة الغاب أن متوسط ارتفاع النبات، ومتوسط نسبة التصافي، ومتوسط الغلة البذرية والبيولوجية وأيضا متوسط عدد القرون في النبات، ومتوسط وزن القرون والبذور في النبات، ومتوسط وزن المئة بذرة ، ومتوسط نسبة البروتين كانت أعلى معنويا عند مستوى التسميد الأعلى من الفوسفور والنتروجين والبوتاسيوم مما يؤكد أهمية التسميد المعدني في تحسين جودة البذور وأداء نبات الفول السوداني .

أظهرت نتائج التجربة الحقلية التي أجراهاAbdel-Haleimوآخرون (2015) لتقييم التسميد بعنصر الفوسفور وإضافة السماد الحيوي الفوسفورين في نمو صنفين من الفول السوداني وإنتاجيتهما في مصر، أنه زاد معنوياً كل من ارتفاع النبات، وزن المئة بذرة وغلة القرون والبذور، ونسبة الزيت والبروتين عند إضافة أعلى مستوى من الفوسفور.

وضح Tekulu وآخرون(2020). في تجربته حول تأثير معدلات الأسمدة الآزوتية والفوسفاتية في محصول الفول السوداني ومحتوى النتروجين المتبقي في التربة. أن نمو النبات ازداد بشكل كبير بالاستخدام المنفصل والمشترك للأسمدة Pو Nكما أن ارتفاع النبات وعدد الفروع ازدادمع ارتفاع معدلات التسميد بكل من P و N كما زاد إنتاج الكتلة الحيوية النباتية يشكل ملحوظ عند تطبيق جرعات أعلى من الأسمدة بشكل منفصلكما أشارت النتائج إلى أن التسميد بالفوسفور والنتروجين أدى إلى زيادة إنتاجية وجودة حبات الفول السوداني.

أظهرت نتائج الدراسة التي أجراها Muhammad وآخرون (2023) حول تأثير تراكيز مختلفة من الأسمدة غير العضوية أن الفول السوداني استجاب إيجابا لإضافة السماد الفوسفاتي ومع زيادة تركيز الأسمدة الفوسفاتية (0 – 66.7 – 133.3 - 200) كغ /هـ كان هناك زيادة مقابلة في مؤشرات النمو بما في ذلك الوزن الرطب والجاف وعدد الأوراق وعدد الأفرع وعدد الأزهار وارتفاع النبات.

تعد تطبيقات الفطريات الجذرية arbuscularmycorrhizal أحد البدائل المستدامة عن الأسمدة الكيماوية. وتعتبر هذه المركبات الطبيعية من الأسمدة الحيوية التي تيسر الماء والعناصر الغذائية للنبات، وخاصة الفوسفور Berruti*et al* ., 2016;Popescu (and Popescu., 2022).

تقيم المايكوريزا Mycorrhizae علاقة تعايشية مع جذور العديد من النباتات الوعائية تحت الظروف الطبيعية، وهي علاقة مفيدة يستجيب لها النبات العائل فيتحسن نموه وصفاته الفيزيولوجية وتزداد مقاومته للأمراض وللعديد من الإجهادات البيئية كالصقيع والجفاف والملوحة، وتبقى هذه الحالة من التعايش قائمة مدى حياة النبات (Smith and Read, 2008)، حيث تساعد المايكوريزا النبات على امتصاص الماء وبعض العناصر المغذية كالفوسفور، بينما يمدُّ النبات تلك الفطور باحتياجاتها من الكربوهيدرات والأحماض الأمينية ومواد أخرى معقدة (Morton *et al*.,2001).

تؤدي فطريات المايكوريزا دوراً مهماً في تحسين الخصائص البيولوجية والكيميائية عند النباتات في بيئة مجهدة. وتشير معظم التقارير إلى وجود تأثير إيجابي للتلقيح المايكوريزي في نمو النباتات في التربة الملوثة بالمعادن (Khosro *et al*., 2011) .

تساهم المايكرويزا في زيادة نسبة العناصر المغذية في التربة القابلة للامتصاص من قبل النبات وبشكل ملحوظ خاصة الآزوت والفوسفور وتساهم أيضا في زيادة مقاومتها للإجهاد المائي(Toro etal.,1997) وفي زيادة قدرة النبات على مقاومة الأمراض (Pozo et al.,1999).

أثبتت التجارب التي أجراها عودة وآخرون (2011) أن التلقيح بالمايكوريزا أدى إلى انخفاض في الإنتاج من المادة الجافة في حالة النباتات النامية في كل من التربتين الفقيرة بالكلس والغنية جداً به، بينما لم يتأثر إنتاج المادة الجافة في النباتات النامية في التربة متوسطة المحتوى من الكلس.

تتميز النباتات الملقحة بالمايكوريزا بكفاءتها في استخدام المياه (Popesc and Popescu.,2022)، ونموها الواضح وكتلتها الحيوية الكبيرة (Li *et al*.,2015). ولاحظ (Birhane*et al*.,2012) أن معدل التمثيل الضوئي زاد عند تلقيح النباتات بالمايكوريزا،

كما وجد (Sharif *et al* ., 2011) أن للمايكوريزا دوراً مهماً لتراكم المزيد من المادة الجافة في النباتات.

بينت التجارب التي أجراها كلٌ من (العياش وآخرون، 2015) دور المايكوريزا في تحمل الاجهادات اللاحيوية كالملوحة والجفاف وغيرها في المحاصيل الاقتصادية. كما لوحظ انخفاض معدل الاصابة بالفطر مع زيادة معدل التسميد الفوسفاتي. حيث كان تأثير التلقيح المايكوريزي في محتوى الأوراق من السكريات الذوابة مرتفعا في النباتات الملقحة بالمايكوريزا فازدادت كمية السكريات الكلية في النباتات الملقحة بالمايكوريزا مع زيادة معدل التسميد الفوسفاتي المضاف.

أثبتت التجارب التي قام بها كلا من (Bouskout *et al*,2022) في دراستهم حول دور التلقيح بالمايكوريزا في تحسين نمو وتطور نبات القبار الشائك تحت ظرف الاجهاد المائي . أن التلقيح بالمايكوريزا حسن من الصفات المورفولوجية للنبات، كما زادت من قدرته على امتصاص العناصر الغذائية من التربة وخاصة (P و K + و Mg2 + و Fe2 + Zn2) و وذلك في ظروف الاجهاد المائي المعتدل والشديد. وأكد على أن عملية التلقيح بفطر المايكوريزا تعد استراتيجية هندسية بيئية قوية لتحسين معدل نمو شتلات القبار وتحمل الجفاف في البيئات القاسية.

لاحظ عودة وآخرون (2011) في دراسته حول تأثير التسميد العضوي والتلقيح بالمايكوريزا في كفاءة امتصاص نبات الذرة الصفراء للفوسفور وإنتاجه للمادة الجافة أن التلقيح بالمايكوريزا سبب انخفاض محتوى النبات من الفوسفور وإنتاجية النبات من المادة الجافة وذلك بغض النظر عن نوع التربة المستخدمة وخصائصها.

أثبتت الدراسة التي أجراها كل من Chotangui وآخرون (2022) حول تأثير التلقيح ب Rhizobial وArbuscularMycorrhiza في إنتاجية ونوعية محصول الفول السوداني، التأثير الإيجابي لتلقيح النباتات بالمايكوريزا في نوعية وإنتاجية محصول الفول السوداني مقارنة مع النباتات غير الملقحة وكذلك في زيادة عدد الأوراق ومحتوى السكر والدهون في بذور نبات الفول السوداني.

وضحت الدراسة التي أجراها (Adinurani*et al*.,2021) حول تأثير التلقيح بالمايكوريزا والريزوبيوم في إنتاجية نبات الفول السوداني أن تطبيق الريزوبيوم مع

المايكوريزا معاً كان له تأثير كبير في ارتفاع النبات ، عدد الأوراق، محتوى الأوراق من NPK، عدد العقد الجذرية، وزن القرون الطازجة للنبات، وأكد إلى أن هذا التطبيق يمكن أن يعزز من امتصاص NPK.

يعرف الإجهاد الجفافيDrought stress بأنه فترة من ندرة المياه تواجه المحصول خلال مراحل نموه وتؤدي إلى الحد من إنتاجية النبات في الطبيعة أو في النظام الزراعي، ويمكن أن تترافق ظروف الجفاف مع العديد من الإجهادات البيئية الأخرى مثل الإجهاد الحراري والضوئي وإجهاد التغذية (Nayer and Heidari, 2008; Raval*et al*., 2017; Patel and Mishra, 2021). والإجهاد الملحي (Alexander *et al*., 2020).

يتعرض محصول الفول السوداني في مناطق إنتاجه للعديد من الإجهادات اللاحيوية خاصة نقص المياه مما يتسبب بخسائر في الإنتاج، وتتباين هذه الخسارة حسب شدة وطول فترة الإجهاد وحسب مرحلة نمو النبات (El-Boraie*et al*., 2009, Alexander *et al*., 2021).

يتوقف تأثير الجفاف في النبات على شدة الإجهاد وعلى وقت حدوثه وعلى طول مدة تعرض النبات له، وأيضاً بحسب مرحلة نمو النبات (Sinhababu and Rup Kumar, 2003). وعادةً ما يتم دراسة نوع واحد من الإجهادات في البحوث التقليدية وتأثيره على النبات إلا أن إجهاد الجفاف في الفول السوداني يؤثر ويتأثر بالمجهدات البيئية الأخرى والمجهدات الحيوية (Choudhary *et al*., 2017).

عندما يتعرض نبات الفول السوداني للإجهاد الجفافي بعد 45-30 يوماً من الزراعة فإن الأزهار التي تتشكل في الإزهار الأول للنبات لا تعقد، لكن الأزهار التي تتشكل بعد زوال عامل الإجهاد فإنها ستعوض عن الخسارة التي تحدث، أما عندما يتعرض الفول السوداني للإجهاد خلال مرحلة تشكل القرون فإن ذلك يؤدي إلى خسارة كبيرة في الغلة، كما تنخفض نوعية الزيت الناتج عنه (Jogloy *et al*., 1996).

وجد مهنا وصقر(2016) أن نبات الفول السوداني يتحمل الجفاف في المراحل الأولى للنمو وكذلك في المراحل المتأخرة من النضج، إلا أنه لا يتحمل نقص المياه في مراحل الإزهار وتشكل القرون. كما يؤدي الإجهاد الجفافي إلى تخفيض المحتوى المائي

النسبي في الأوراق ويتراجع معدل ظهور الأوراق وينخفض عددها (Kawakami *et al.*, 2006). كما وجدت عرب وآخرون (2021) أن أكثر مراحل الفول السوداني حساسية لنقص الماء كانت مرحلتي الإزهار وتشكل القرون، وأقل المراحل حساسية التفرع وتشكل البذور.

وجدPainawadee وآخرون (2009) انخفاض الوزن الجاف لنبات الفول السوداني بعد 70 يوماً عند تعرضه للجفاف المبكر، كما انخفض الوزن الجاف النهائي عند الحصاد، وعزوا ذلك إلى انخفاض الجهد الحلولي للأوراق تحت ظروف الجفاف. كما يؤثر الإجهاد المائي سلباً في معدل نمو نبات الفول السوداني، وتطور مساحته الورقية وكفاءته التمثيلية وإنتاجيته (Saleh *et al.*,2017). ويؤثر نقص المياه خلال مراحل تطور نبات الفول السوداني بشكل سلبي على العمليات الفيزيولوجية ويقلل من إنتاجيتها، وبمجرد تعرض النباتات لضغوط مائية فإنها تبدأ الاستجابة لتدافع من أجل البقاء، وإن نقص المياه في أي مرحلة من مراحل نمو النبات تؤثر على الصفات الشكلية للنبات وعلى مستوى الجزيئات في الخلية، وتختلف طرائق استجابة النبات للإجهاد المائي وفقا لنوعه ومرحلة تطوره ودرجة وفترة حدوثه (Lisar *et al.*, 2016).

كان الإجهاد الجفافي الذي يتعرض له الفول السوداني عاملاً أساسياً محدداً لنموه وإنتاجيته كماً ونوعاً، حيث حدث انخفاض معنوي في معدل النمو الخضري للنبات تدريجياً، ليتوضح تأثيره خلال مرحلة النمو ونمو الجذور وتشعبها(Prathima *et al.*, 2011).

درس Arruda وآخرون (2015) استجابة عدة طرز من الفول السوداني لإجهاد الجفاف تحت الظروف الحقلية، حيث تم قطع مياه الري بعد 35 إلى 75 يوماً من إنبات النبات، فوجد تراجعاً كبيراً في تراكم المادة الجافة ومساحة المسطح الورقي مقارنةً بالشاهد المروي طيلة فترة نمو النبات، ولاحظ أن تراجع الإنتاجية البذرية وصل في بعض الأصناف إلى 68%، وتراجع عدد القرون في النبات بمقدار 44%، وفي بعض الأصناف تراجع عدد البذور بالنبات ووزن المائة بذرة بمقدار 11%.

بناءً على ما سبق هدف البحث إلى دراسة تأثير التلقيح بالمايكوريزا والتسميد الفوسفاتي كل على حدة و بشكل متآزر في بعض صفات النمو للفول السوداني (صنف ساحل) تحت ظروف الري الناقص خلال مرحلتي الإزهار وتشكل القرون.

مواد البحث وطرائقه:

نفذ البحث خلال العام 2023 في مركز البحوث العلمية الزراعية في حمص التابع للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية على صنف الفول السوداني ساحل، وهو صنف مائدة ساقه نصف مفترشة، قرنه متوسط ذو بذرتين متوسطتي الحجم، بلون وردي، متوسط إنتاجيته من القرون 4550 كغ/هـ.

يقع مركز بحوث حمص على خط عرض 33.44 وخط طول 36.42 ويرتفع عن سطح البحر 485 م. ويبين الجدول (1) متوسط درجات الحرارة العظمى والصغرى وكمية الهطول المطري خلال موسم الزراعة.

الجدول(1): الظروف المناخية السائدة في الموقع المدوس خلال موسم الزراعة 2023

الأشهر	متوسط درجات الحرارة العظمى مْ	متوسط درجات الحرارة الدنيا مْ	مجموع الهطول الشهري مم
نيسان	21.16	9.79	32.0
أيار	27.24	13.64	3.2
حزيران	30.30	18.86	0
تموز	34.70	22.20	0
أب	34.97	23.00	0
أيلول	32.70	20.36	0.7
تشرين الأول	28.29	16.73	22.3

تم تحليل التربة قبل الزراعة، ويبين الجدول (2) بعض صفات التربة المدروسة ومن دراستها نجد أنها تربة طينية متوسطة المحتوى من المادة العضوية، وهي تربة خفيفة

القلوية، ومنخفضة المحتوى من كربونات الكالسيوم، ومحتواها متوسط من كل من البوتاس و الآزوت، وفقيرة المحتوى من الفوسفور.

الجدول (2) التحليل الميكانيكي والكيميائي لتربة الموقع خلال موسم الزراعة 2022.

التحليل الكيميائي لمستخلص عجينة التربة				B	K متاح	P متاح	N معدني	التحليل الميكانيكي %		
OM %	$CaCO_3$ %	EC Mmos/cm 1:5	pH 1:2.5	mg/kg				طين	سلت	رمل
1.2	0.421	0.14	7.45	0.41	178	8.6	18.6	57.6	20.4	22.0

معاملات التجربة:

العامل الأول: الإجهاد المائي وتمثلت معاملة الإجهاد بالري الناقص بقطع مياه الري مدة ثلاثة أسابيع خلال مرحلتي الإزهار(S2) وتشكل القرون (S3) بالإضافة إلى شاهد تم ريه طيلة موسم النمو(S1).

العامل الثاني: التسميد الفوسفاتي:بثلاثة مستويات حيث تم باستخدام سماد سوبر فوسفات ثلاثي P_2O_5%46 بثلاثة معدلات P1: 0(دون إضافة)، P2: 60 كغ/هكتار(50% من المعادلة السمادية الموصى بها من قبل وزارة الزراعة)، P3: 120 كغ/هكتار(100% من المعادلة السمادية الموصى بها من قبل وزارة الزراعة). وتمت الإضافة بحساب الكمية المقابلة لهذه المعدلات لكل قطعة تجريبية قبل تخطيط التجربة دفعة واحدة

العامل الثالث: التلقيح بالمايكوريزا: وتمثلت هذه المعاملة بتلقيح بذار الفول السوداني (M2) باستخدام الفطر *Glomus* (منتج مرخص من قبل وزارة الزراعة) بمعدل 100غ لقاح مع كل 1 كغ (حسب تعليمات الشركة المنتجة) إذ تمّ التلقيح بخلط بذور الفول السوداني مع اللقاح بالماء المقطر والمعقم وإضافة السكر لضمان التصاق اللقاح بالبذور وتركت لمدة نصف ساعة قبل الزراعة (Brundrett and Juniper, 1995)، بالإضافة لمعاملة الشاهد المتمثلة بزراعة بذور معقمة وغير ملقحة(M1).

تصميم التجربة والتحليل الإحصائي:

صممت التجربة وفق تصميم القطاعات المنشقة لمرتين حيث توضعت معاملات الإجهاد في القطع الرئيسة، ومعاملات التسميد الفوسفاتي في القطع المنشقة من الدرجة الأولى، ومعاملات التلقيح بالمايكوريزا في القطع المنشقة من الدرجة الثانية.

عدد المعاملات:3 مستويات ري ×3 مستويات تسميد × معاملتي تلقيح= 18 معاملة، وكل معاملة تكرر ثلاث مرات فيكون عدد القطع التجريبية 18 × 3 = 54 قطعة تجريبية.

المسافة بين الخطوط 70 سم، وبين النباتات على الخط نفسه 30 سم، عدد الخطوط في القطعة

التجريبية 4 خطوط، طول الخط 3 م، مساحة القطعة التجريبية 8.4 م^2، ومساحة التجربة المزروعة فعلياً 54 × 8.4 = 453.6 م^{2}بدون المسافات الفاصلة.

تم تحليلمصادر التباين (ANOVA) للعوامل الأساسية والتفاعل بينها، لكافة الصفات التي شملتها الدراسة وتقدير أقل فرق معنــوي(L.S.D) عند مستوى المعنوية 5%، وكذلك حســاب معامل الاخــتلاف (C.V)%، باستخدام البرنامج الإحصائي Gen.Stat .v.12

العمليات الزراعية: تمَّ تجهيز الأرض للزراعة بحراثة خريفية رئيسية، وحراثة ثانية في الربيع، وتمت إضافة الأسمدة الأساسية الفوسفاتية حسب مخطط التجربة والبوتاسية حسب المعادلة السمادية الموصى بها من قبل وزارة الزراعة لنبات الفول السوداني على كامل التجربة ، ثم تم تخطيطُ التربة (الزراعة على خطوط)، وتمت الزراعة بتاريخ 20 آذار من العام 2023 بوضع بذرتين في كل جورة ثم تم الترقيع والتفريد حسب الحاجة خلال أسبوع بعد الإنبات. وتمت عملية الري بالراحة على خطوط بعد طَمر البذار بشكلٍ جيّد، وحدد عدد ومواعيد الريات حسب معاملات التجربة. وتم القلع عند ظهور علامات النضج في نهاية الشهر العاشر والتي تمثلت باصفرار الأوراق السفلية وتحول لون القرون إلى البني أي بعد 7 أشهر تقريباً من الزراعة.

المؤشرات المدروسة:

- عدد الأفرع الجانبية Lateral branches:

تم تحديدها في مرحلة النضج بأخذ متوسط عدد الأفرع الثانوية النامية على الأفرع الرئيسية لخمسة نباتات من القطعة التجريبية (Akparov, 1989).

- ارتفاع النبات Plant height:

باستخدام خمسة نباتات من كل مكرر حيث تم قياس طول الساق الرئيسي اعتباراً من سطح التربة حتى قمة النبات وقدر بالـ (سم)، وتم أخذ المتوسط (Nilanth*etal*.,2015).

- الوزن الجاف للنبات Dry weight:

يتم تحديد الوزن الجاف في المرحلة التالية لتطبيق الإجهاد بعد بدء تشكل القرون وقدر بـ غ /نبات حيث تم أخذ خمسة نباتات من كل مكرر وتم إزالة التربة عنها، وحدد مباشرة الوزن الرطب لها، بعد ذلك تم التجفيف على درجة حرارة (105مْ) حتى ثبات الوزن.

- المحتوى المائي النسبي Relative Water Content (RWC %):

حدد المحتوى المائي النسبي حسب (Weatherley, 1950)، حيث أخذت عينات ورقية رطبة وتم وزنها مباشرةً على ميزان كهربائي حساس، وسجل الوزن الرطب للعينة، ثم غمرت هذه العينات بالماء المقطر مدة 8 ساعات، وتم حساب وزن العينة المشبع بالماء، ثم تم تجفيفها بالفرن على حرارة 80 مْ حتى ثبات الوزن، وسجل الوزن الجاف للأوراق، وتم تطبيق المعادلة الآتية لحساب المحتوى المائي النسبي:

$$RCW\% = (FW-DW)100/(TW-DW)$$

FW الوزن الرطب للعينة، DW الوزن الجاف للعينة، TW الوزن عند التشبع بالماء.

النتائج والمناقشة:

1. عدد الأفرع بالنبات:

بينت نتائج التحليل الإحصائي في الجدول (3) وجود فروقاتٍ معنويةٍ($P\leq0.05$)في صفة عدد الأفرع الجانبية على النبات بين معاملتي التلقيح بالمايكوريزا ومعاملات التسميد بالفوسفور ومعاملات الإجهاد والتأثير المتبادل بين هذه العوامل.

بلغ متوسط عدد الأفرع على النبات 14.18، 15.07فرع/النبات عند معاملتي الشاهد غير الملقح والتلقيح على التوالي بفروق معنوية، وعند دراسة التفاعل المشترك بين معاملات التلقيح والإجهاد المائي تفوقت معاملة التلقيح عند الشاهد المروي بالكامل معنوياً على باقي التداخلات وحققت 16.22 فرع/نبات، تلاها معاملة الشاهد المروي بلا تلقيح 15.89 فرع/نبات، فيما كانت أقل القيم معنوياً عند الري في مرحلتي الإزهار وتشكل القرون بلا تلقيح.وبالنظر للشكل (A-1) نجد زيادة معدل التناقص في عدد الأفرع على النبات عند عدم التلقيح ووصل إلى 16.18%، فيما انخفض معدل التناقص معنوياً عند التلقيح إلى 10.68% مقارنةً بالشاهد المروي بشكل كامل.

زاد متوسط عدد الأفرع على النبات معنوياً مع زيادة معدل التسميد الفوسفاتي فبلغ 14.26، 14.65، 14.96فرع/النبات عند معدلات التسميد 0، 60، 120كغ/هـ، وتفوقت قيم عدد الأفرع/النبات تحت ظروف الري الكامل مقارنةً بباقي التفاعلات الثنائية وحقق التفاعلين (60 كغ p و الري الكامل، 120 كغ Pوالري الكامل) أعلى عدد من الأفرع بلغ 16.12، 16.27 فرع/النبات على التوالي. ويبين الشكل (B-1) أن معدل التسميد الفوسفاتي الأعلى حقق أقل معدل تناقص في عدد الأفرع عند الإجهاد مقارنةً بالشاهد وبلغ 12.05% بفروق معنوية مقارنةً مع المعدلين 0 و 60 كغ/هـ.

تفوقت معاملة الري الكامل معنوياً على معاملتي الري الناقص عند الإزهار وتشكل القرون وبلغ متوسط عدد الأفرع على النبات 16.06، 13.89، 13.93 فرع/النبات على التوالي، وكانت الفروق بين معاملتي الري الناقص غير معنوية، وكذلك الأمر كانت الفروق غير معنوية في معدلات التناقص تحت ظروف الري الناقص عند الإزهار وتشكل القرون وبلغت 13.55، 13.31 % على التوالي مقارنةً بمعاملة الري الكامل (لشكل C-1).

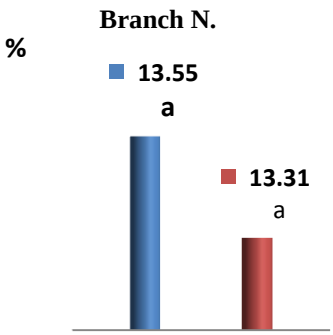
بدراسة التفاعل الثنائي (التسميد الفوسفاتي والتلقيح بالمايكوريزا) تفوق التفاعل (معدل التسميد 0 مع التلقيح) 15.26 فرع/النبات، تلاه وبفروق غير معنوية التفاعل (الفوسفور 60 كغ مع التلقيح) 15.01 فرع/النبات، فيما كانت معاملة الشاهد بلا تسميد وبلا تلقيح الأدنى معنوياً 13.27 فرع/النبات.

ومن دراسة التأثير المشترك بين العوامل الثلاثة تفوقت معاملات التلقيح مع الري الكامل ومعدلات الفوسفور الثلاثة ومعاملتي عدم التلقيح مع معدلي الفوسفور 60 و120 معنوياً على باقي التفاعلات وتراوحت قيم عدد الأفرع عندها بين 16.03 و 16.27 فرع/النبات، في حين كانت معاملتي الري الناقص عند معدل الفوسفور 0 بلا تلقيح الأدنى معنوياً 12.23، 12.20 فرع/النبات على التوالي.ويوضح الشكل (1-D) معدلات التناقص للمعاملات المدروسة تحت ظروف الري الناقص مقارنةً بالري الكامل وبدراسته نجد أن أقل معدلات التناقص كانت عند معاملتي الري الناقص عند الإزهار والقرون بلا تسميد ومع التلقيح 8.56، 8.83% على التوالي،في حين كانت أعلى معدلات التناقص عند معاملتي الري الناقص عند الإزهار والقرون بلا تسميد وبلا تلقيح 20.37، 20.60% على التوالي.

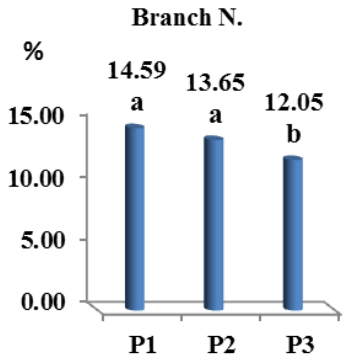
جدول (3)تأثير التلقيح بالمايكوريزا والتسميد الفوسفاتي في عدد الأفرع الجانبية لنبات الفول السوداني تحت ظروف الإجهاد المائي

المعاملات		معاملة الإجهاد المائي			متوسط M
		S1	S2	S3	
معاملة التلقيح M	M1	15.89b	13.30d	13.36d	14.18b
	M2	16.22a	14.48c	14.50c	15.07a
	$LSD_{0.05}$	S*M=0.177			M=0.102
متوسط P					
الفوسفور P	P1	15.78b	13.52e	13.49e	14.26c
	P2	16.12a	13.88d	13.96d	14.65b
	P3	16.27a	14.27c	14.35c	14.96a
	$LSD_{0.05}$	S*P= 0.217			P=0.125
	متوسط S	16.06a	13.89b	13.93b	-
	$LSD_{0.05}$	S=0.125			-
-	-	S1	S2	S3	متوسط M*P
التأثير المشترك S*M*P	M1P1	15.37b	12.23f	12.20f	13.27d
	M1P2	16.03a	13.38e	13.47e	14.29c
	M1P3	16.27a	14.28d	14.42d	14.99b
	M2P1	16.20a	14.81c	14.77c	15.26a
	M2P2	16.20a	14.38d	14.45d	15.01b
	M2P3	16.27a	14.25d	14.27d	14.93b
	$LSD_{0.05}$	S*M*P=0.307 , CV= 1.3%			M*P=0.177

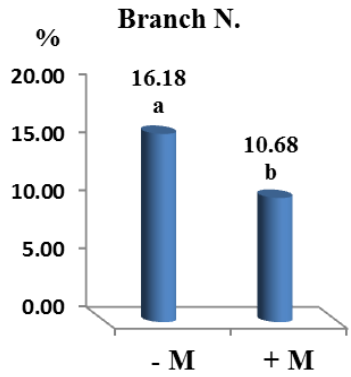
معاملات الإجهاد: S1: شاهد ري كامل، S2: الري الناقص خلال مرحلة الإزهار، S3: الري الناقص خلال تشكل القرون. معاملات التسميد الفوسفاتي: P1: 0، P2: 60 كغ/هكتار، P3: 120 كغ/هكتار. معاملتي التلقيح: M1: شاهد غير ملقح بالمايكوريزا، M2: معاملة التلقيح بالمايكوريزا.



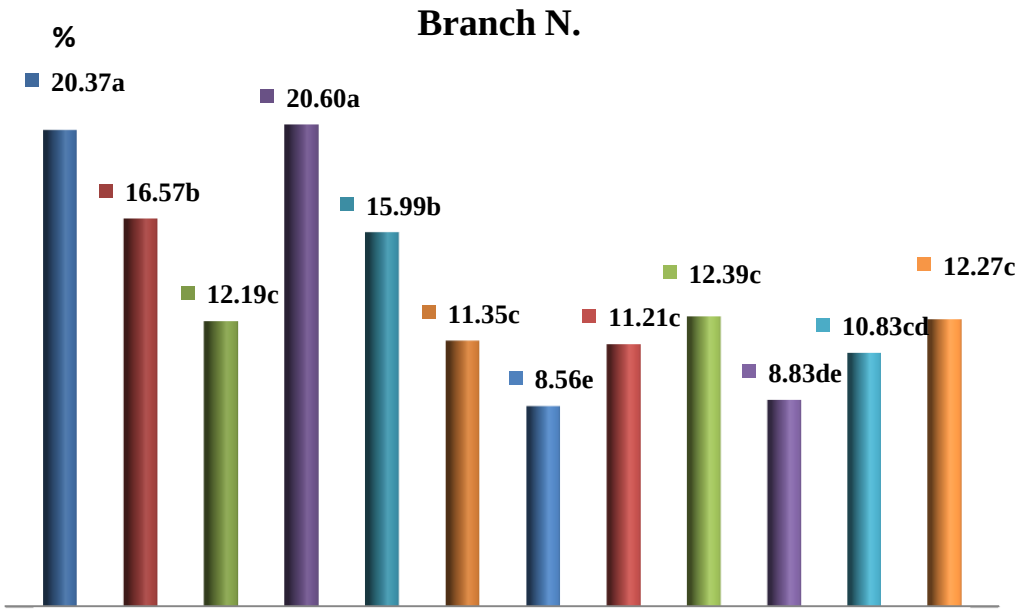
الشكل (1-C)



الشكل (1-B)



الشكل (1-A)



الشكل (1-D)

الشكل (1). معدلات التناقص في عدد الأفرع عند التأثير المشترك للتسميد الفوسفاتي والتلقيح بالمايكوريزا تحت ظروف الإجهاد المائي مقارنةً بمعاملة الري الكامل (1-A: التلقيح، 1-B: التسميد الفوسفاتي، 1-C: الري الناقص، 1-D: التأثير المشترك للعوامل الثلاثة).

بينت النتائج السابقة أن أقل عدد من الأفرع الجانبية في نبات الفول السوداني كان عند تطبيق الإجهاد في مرحلتي الإزهار وتشكل القرون مقارنةً بمعاملة الشاهد المروي طيلة موسم النمو، مرحلة التفرع، وكانت الفروقات غير معنوية بين مرحلتي الإجهاد، وأظهرت النتائج اللاحقة أن النبات بعد إعطائه الريات اللازمة بعد تجاوزه للإجهاد يعوض عن ذلك بزيادة عدد أوراقه ومساحة مسطحه الأخضر، وتتفق هذه النتائج مع العديد من الدراسات مثل مهنا وصقر (2016)، كما تتفق مع Painawadeeوزملائه(2009) الذين وجدوا انخفاض عدد الأفرع عند تعرض الفول السوداني للجفاف.

كذلك أدت زيادة معدلات الفوسفور إلى زيادة عدد الأفرع، فمن المعروف بأن وجود الفوسفور في محلول التربة يساعد في امتصاص الآزوت بشكل أنشط، وهذا ما يساعد على زيادة العمليات الاستقلابية وبالتالي زيادة المواد الممثلة وزيادة عدد الأفرع والأوراق وحجمها مما يؤدي في النهاية إلى زيادة نمو النبات (Malav *et al.*, 2015).

زاد عدد الأفرع الجانبية عند التلقيح ذلك أن إمداد النبات بالآزوت والفوسفور يؤدي إلى زيادة خروج النموات الثانوية من الأفرع الرئيسية وبالتالي زيادة عدد الأفرع والأوراق ويتفق ذلك مع نتائج (Adinurani *et al.*, 2021).

2. ارتفاع النبات:

بينت نتائج التحليل الإحصائي في الجدول (4) وجود فروقاتٍ معنويةٍ($P\leq0.05$)في صفة ارتفاع النبات بين معاملتي التلقيح بالمايكوريزا ومعاملات التسميد بالفوسفور ومعاملات الإجهاد والتأثير المتبادل بين هذه العوامل.

بلغ متوسط ارتفاع النبات 36.75، 37.81 سم عند معاملتي الشاهد غير الملقح والتلقيح على التوالي بفروق معنوية، وعند دراسة التفاعل المشترك بين معاملات التلقيح والإجهاد المائي تفوقت معاملة التلقيح عند الشاهد المروي بالكامل معنوياً على باقي التداخلات وحققت 42.81 سم، تلاها معاملة الشاهد المروي بلا تلقيح 41.11سم، فيما كانت أقل القيم معنوياً عند الري الناقص في مرحلتي الإزهار وتشكل القرون بلا تلقيح.وبالنظر للشكل (2-A) نجد زيادة معدل التناقص في ارتفاع النبات عند عدم التلقيح ووصل إلى

16.08%، فيما انخفض معدل التناقص معنوياً عند التلقيح إلى 11.95% مقارنةً بالشاهد المروي بشكل كامل.

زاد متوسط ارتفاع النبات معنوياً مع زيادة معدل التسميد الفوسفاتي فبلغ 35.68، 38.82، 39.71سم عند معدلات التسميد 0، 60، 120 كغ/هـ، (مع ملاحظة عدم وجود فروق معنوية بين معدلي التسميد 60 و 120). وتفوقت قيم ارتفاع النبات تحت ظروف الري الكامل مقارنةً بباقي التفاعلات الثنائية وحقق التفاعلين التفاعلان (60 كغ p و الري الكامل، 120 كغ P والري الكامل) أعلى ارتفاع بلغ 43.10، 43.51 سم على التوالي. ويبين الشكل (2-B) أن معدل التسميد الفوسفاتي الأعلى حقق أقل معدل تناقص في ارتفاع النبات عند الإجهاد مقارنةً بالشاهد وبلغ 13.09% بفروق معنوية مقارنةً مع المعدلين 0 و 60 كغ/هـ.

تفوقت معاملة الري الكامل معنوياً على معاملتي الري الناقص عند الإزهار وتشكل القرون وبلغ متوسط ارتفاع النبات 41.96، 36.03، 36.21 سم على التوالي، وكانت الفروق بين معاملتي الري الناقص غير معنوية، وكذلك الأمر كانت الفروق غير معنوية في معدلات التناقص تحت ظروف الري الناقص عند الإزهار وتشكل القرون وبلغت 14.24، 13.79 % على التوالي مقارنةً بمعاملة الري الكامل (لشكل 2-C).

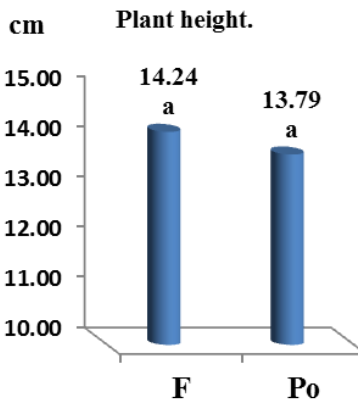
بدراسة التفاعل الثنائي (التسميد الفوسفاتي والتلقيح بالمايكوريزا) تفوقت التفاعلات (معدل التسميد 120 بلا تلقيح، معدلات التسميد الثلاثة مع التلقيح) بقيم تراوحت بين 38.87– 39.75 سم دون وجود فروق معنوية بينها، فيما كانت معاملة الشاهد بلا تسميد وبلا تلقيح الأدنى معنوياً 32.48 سم.

ومن دراسة التأثير المشترك بين العوامل الثلاثة تفوق معدلا الفوسفور 60 و 120 مع وبدون التلقيح تحت ظروف الري الكامل وتراوحت قيم ارتفاع النبات عندها بين 42.52 و 43.68 سم، في حين كانت معاملتي الري الناقص عند معدل الفوسفور 0 بلا تلقيح الأدنى معنوياً 29.82، 30.41سم على التوالي.ويوضح الشكل (2-D) معدلات التناقص للمعاملات المدروسة تحت ظروف الري الناقص مقارنةً بالري الكامل وبدراسته نجد أن أقل معدلات التناقص كانت عند معاملتي الري الناقص عند الإزهار والقرون بلا تسميد ومع التلقيح 9.33، 8.57% على التوالي،في حين كانت أعلى معدلات التناقص عند

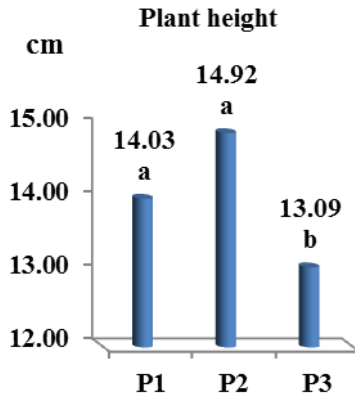
معاملتي الري الناقص عند الإزهار والقرون بلا تسميد وبلا تلقيح 19.87، 18.35% على التوالي.

جدول (4) تأثير التلقيح بالمايكوريزا والتسميد الفوسفاتي في ارتفاع نبات الفول السوداني تحت ظروف الإجهاد المائي

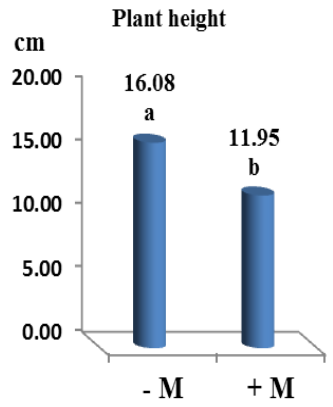
المعاملات		معاملة الإجهاد المائي			متوسط M
		S1	S2	S3	
معاملة التلقيح M	M1	41.11b	34.52d	34.61d	36.75b
	M2	42.81a	37.54c	37.81d	39.39a
	$LSD_{0.05}$	S*M=1.340			M=0.774
متوسط P					
الفوسفورP	P1	39.28b	33.65d	34.10d	35.68b
	P2	43.10a	36.66c	36.68c	38.82a
	P3	43.51a	37.77c	37.85bc	39.71a
	$LSD_{0.05}$	S*P=1.642			P=0.948
	متوسط S	41.96a	36.03b	36.21b	-
	$LSD_{0.05}$	S= 0.948			-
-	-	S1	S2	S3	متوسط M*P
التأثير المشترك S*M*P	M1P1	37.23c	29.82d	30.41d	32.48c
	M1P2	42.52ab	35.92c	35.60c	38.01b
	M1P3	43.59ab	37.82c	37.83c	39.75a
	M2P1	41.33b	37.49c	37.79c	38.87ab
	M2P2	43.68a	37.41c	37.77c	39.62a
	M2P3	43.42ab	37.73c	37.86c	39.67a
	$LSD_{0.05}$	S*M*P= 2.322, CV= 3.7%			M*P=1.340



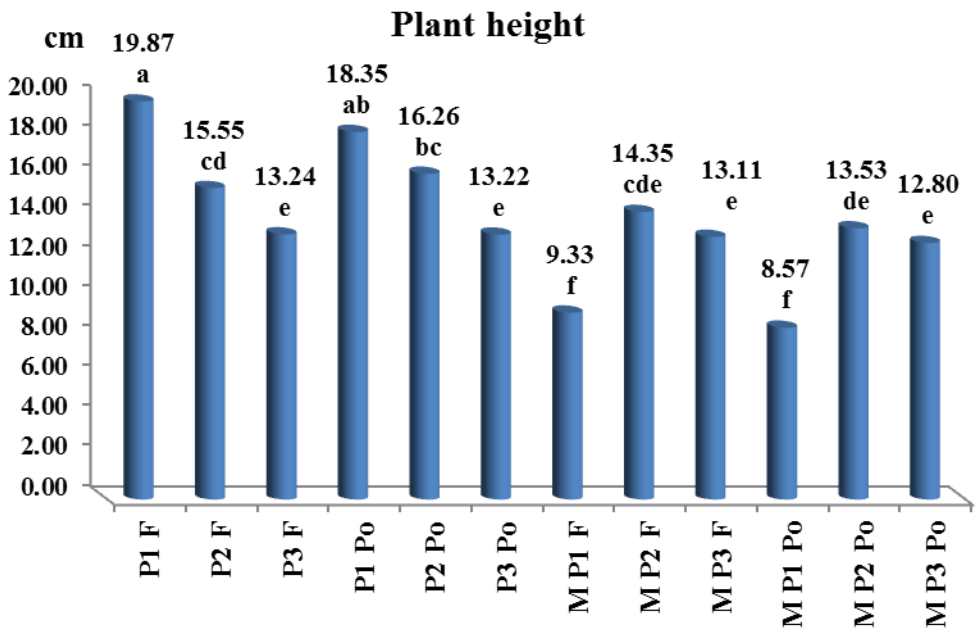
الشكل (2-C)



الشكل (2-B)



الشكل (2-A)



الشكل (2-D)

الشكل (2). معدلات التناقص في ارتفاع النبات عند التأثير المشترك للتسميد الفوسفاتي والتلقيح بالمايكوريزا تحت ظروف الإجهاد المائي مقارنةً بمعاملة الري الكامل (2-A: التلقيح، 2-B: التسميد الفوسفاتي، 2-C: الري الناقص، 2-D: التأثير المشترك للعوامل الثلاثة).

يمكن أن يعزى تراجع ارتفاع النبات عموماً تحت الظروف المجهدة إلى اضطراب التوازن الهرموني للنبات والذي يرجع إلى تبدل واضطراب في إنتاج الهرمونات في الجذور، التي تعد أعضاء تحسس لوسط التربة، إذ ترسل الجذور رسائل ذات طبيعة هرمونية لها القدرة على التحكم بنمو الأجزاء الخضرية ويتفق ذلك مع نتائج (Poljakoff- Mayber and Lemer,1993). وتتفق هذه النتائج أيضاً مع Aliوزملائه(2012) الذي وجد أن أكثر الفترات حرجاً في نمو النبات هي مرحلة الإزهار وتشكل القرون، إذ تراجعت مؤشرات النمو الخضرية للنبات عند تعرض النبات للجفاف في هاتين المرحلتين.

أدت زيادة معدلات التسميد الفوسفاتي إلى زيادة ارتفاع النبات ويعود ذلك إلى دور الفوسفور المعروف بأنه يساعد على زيادة الانقسام الخلوي، وبالتالي زيادة في نمو المجموع الخضري، كما أن الفوسفور يسهم في تشكل مجموع جذري قوي ومنتشر في عمق التربة مما يساهم في امتصاص كمية أكبر من المياه والعناصر المعدنية ستنعكس إيجابا على نمو المجموع الخضري، وتتفق هذه النتائج مع (Abdel-Haleim *et al.*, 2015).

زاد ارتفاع النبات عند التلقيح ويتفق ذلك مع دراسة (Adinurani *et al*., 2021) الذي وجد تأثير التلقيح بالمايكوريزا في زيادة ارتفاع النبات بشكل واضح بسبب زيادة امتصاص العناصر المغذية NPK بشكل منتظم طيلة فترة النمو.

3. وزن النبات الجاف:

بينت نتائج التحليل الإحصائي في الجدول (5) وجود فروقاتٍ معنويةٍ($P\leq0.05$)في صفة الوزن الجاف للنبات بين معاملتي التلقيح بالمايكوريزا ومعاملات التسميد بالفوسفور ومعاملات الإجهاد والتأثير المتبادل بين هذه العوامل.

بلغ متوسط للنبات 73.72، 86.92غ/النبات عند معاملتي الشاهد غير الملقح والتلقيح على التوالي بفروق معنوية، وعند دراسة التفاعل المتبادل بين معاملات التلقيح والإجهاد المائي تفوقت معاملة التلقيح عند الشاهد المروي بالكامل معنوياً على باقي التفاعلات وحققت 100.73 غ/نبات، تلاها معاملة الشاهد المروي بلا تلقيح 89.08 غ/نبات، فيما كانت أقل القيم معنوياً عند الري الناقص في مرحلتي الإزهار وتشكل القرون بلا

تلقيح.وبالنظر للشكل (3-A) نجد زيادة معدل التناقص في الوزن الجاف للنبات عند عدم التلقيح ووصل إلى 25.83%، فيما انخفض معدل التناقص معنوياً عند التلقيح إلى 20.56% مقارنةً بالشاهد المروي بشكل كامل.

زاد متوسط الوزن الجاف للنبات معنوياً مع زيادة معدل التسميد الفوسفاتي فبلغ 74.50، 79.43، 87.03 غ/نبات عند معدلات التسميد 0، 60، 120 كغ/هـ، وتفوقت قيم الوزن الجاف للنبات تحت ظروف الري الكامل مقارنةً بباقي التفاعلات الثنائية وحقق التفاعل (120 كغ P و الري الكامل) أعلى وزن جاف بلغ 102.40غ/نبات تلاه بفروق معنوية معدلا السماد 60 و 0 عند الري الكامل 92.56، 89.77 غ/نبات على التوالي. وحقق معدل التسميد 120 كغ/هـ أقل معدل تناقص بالوزن الجاف 20.67% بفروق غير معنوية عن المعدل 60 والذي بلغ 22.51% ومعنوية مع المعدل 0(26.40 %) وذلك عند ظروف الإجهاد مقارنةً بالشاهد المروي بشكل كامل (الشكل 3-B).

تفوقت معاملة الري الكامل معنوياً على معاملتي الري الناقص عند الإزهار وتشكل القرون وبلغ متوسط الوزن الجاف 94.91، 72.57، 73.48 غ/نبات على التوالي، وكانت الفروق بين معاملتي الري الناقص غير معنوية، وكذلك الأمر كانت الفروق غير معنوية في معدلات التناقص تحت ظروف الري الناقص عند الإزهار وتشكل القرون وبلغت 23.71، 22.69 % على التوالي مقارنةً بمعاملة الري الكامل (لشكل 3-C).

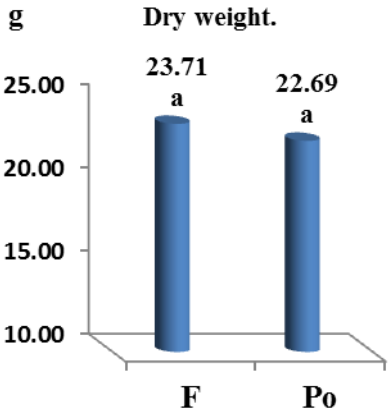
بدراسة التفاعل الثنائي (التسميد الفوسفاتي والتلقيح بالمايكوريزا) تفوقت التفاعلات (معدلات التسميد الثلاثة مع التلقيح) ومعدل التسميد 120 بلا تلقيح بدون وجود فروق معنوية بينها وتراوحت قيمها بين 85.73 حتى 87.57 غ/نبات، تلاه وبفروق معنوية التفاعل (الفوسفور 60كغ/هبلا تلقيح) 73.13 غ/نبات، فيما كانت معاملة الشاهد بلا تسميد وبلا تلقيح الأدنى معنوياً 61.42 غ/نبات. مما يدفع للاستنتاج بعدم جدوى زيادة معدل التسميد الفوسفاتي عند إتباع التلقيح بالمايكوريزا لعدم وجود فروق معنوية بين تفاعلات الفوسفور والتلقيح في حين كنت الزيادات بالفوسفور معنوية عند الشاهد غير الملقح.

ومن دراسة التأثير المشترك بين العوامل الثلاثة تفوقت معاملات التلقيح مع الري الكامل ومعدلات الفوسفور الثلاثة ومعاملة عدم التلقيح مع معدل الفوسفور 120 والري الكامل

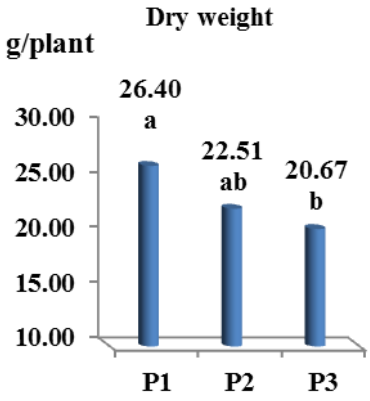
معنوياً على باقي التفاعلات وتراوحت قيم الوزن الجاف عندها بين 99.53 و 102.46غ/نبات، في حين كانت معاملتي الري الناقص عند معدل الفوسفور 0 بلا تلقيح الأدنى معنويا52.61، 51.66غ/نبات على التوالي.ويوضح الشكل (3-D) معدلات التناقص للمعاملات المدروسة تحت ظروف الري الناقص مقارنةً بالري الكامل وبدراسته نجد أن أقل معدلات التناقص كانت عند معاملتي الري الناقص عند الإزهار والقرون بلا تسميد ومع التلقيح 18.00، 18.11% على التوالي،في حين كانت أعلى معدلات التناقص عند معاملتي الري الناقص عند الإزهار والقرون بلا تسميد وبلا تلقيح 34.24، 35.26% على التوالي.

جدول (5) تأثير التلقيح بالمايكوريزا والتسميد الفوسفاتي في الوزن الجاف لنبات الفول السوداني تحت ظروف الإجهاد المائي

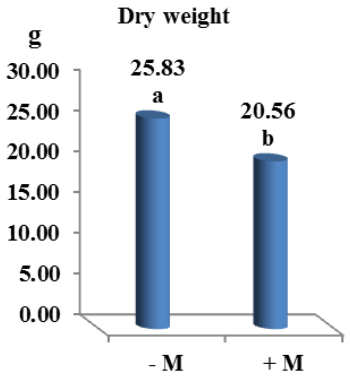
المعاملات		معاملة الإجهاد المائي			متوسط M
		S1	S2	S3	
معاملة التلقيح M	M1	89.08b	65.22d	66.85d	73.72b
	M2	100.73a	79.91c	80.11c	86.92a
	$LSD_{0.05}$	S*M= 3.450			M=1.992
متوسط P					
الفوسفورP	P1	89.77b	67.13e	66.59e	74.50c
	P2	92.56b	71.81d	73.92d	79.43b
	P3	102.40a	78.77c	79.92c	87.03a
	$LSD_{0.05}$	S*P= 4.225			P=2.439
	متوسط S	94.91a	72.57b	73.48b	-
	$LSD_{0.05}$	S= 2.439			-
-	-	S1	S2	S3	متوسط M*P
التأثير المشترك S*M*P	M1P1	80.00bc	52.61e	51.66e	61.42c
	M1P2	84.78b	64.87d	69.73d	73.13b
	M1P3	102.46a	78.19e	79.14bc	86.60a
	M2P1	99.53a	81.65bc	81.52bc	87.57a
	M2P2	100.33a	78.74c	78.11c	85.73a
	M2P3	102.34a	79.35bc	80.69bc	87.46a
	$LSD_{0.05}$	S*M*P= 5.975, CV= 4.5%			M*P=3.450



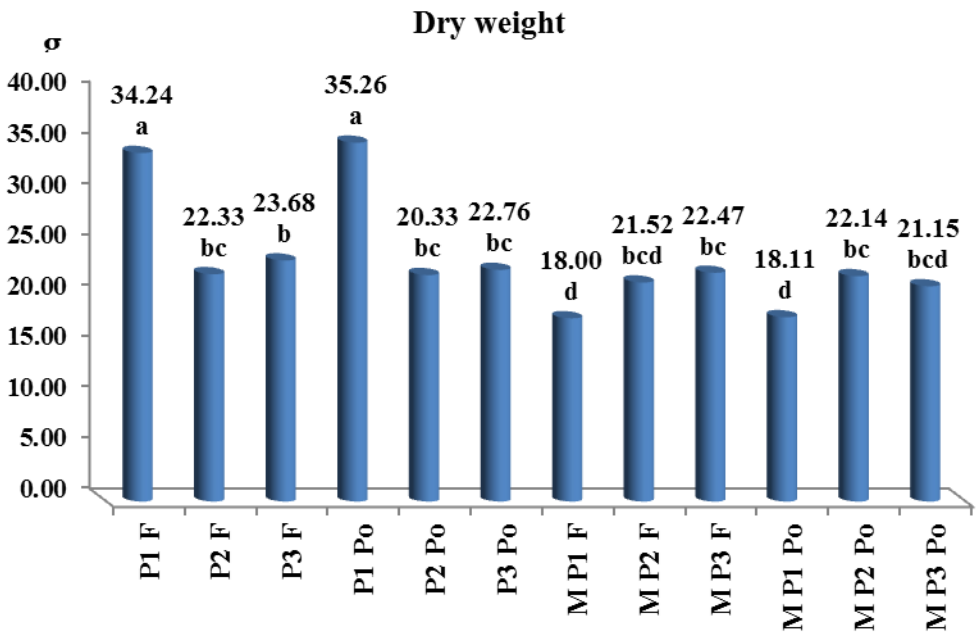
الشكل (3-C)



الشكل (3-B)



الشكل (3-A)



الشكل (3-D)

الشكل (3). معدلات التناقص في الوزن الجاف للنبات عند التأثير المشترك للتسميد الفوسفاتي والتلقيح بالمايكوريزا تحت ظروف الإجهاد المائي مقارنةً بمعاملة الري الكامل (3-A: التلقيح، 3-B: التسميد الفوسفاتي، 3-C: الري الناقص، 3-D: التأثير المشترك للعوامل الثلاثة).

إن نقص رطوبة التربة تؤدي إلى تراجع مؤشرات المجموع الخضري بسبب الدور المهم للماء في تنشيط عمليات التمثيل والنمو، مما يؤدي إلى تراجع كل الوزنين الرطب والجاف للنبات ويتفق ذلك مع نتائج (Ati *et al.*, 2012)، كما تتفق مع (Painawadee *et al.*, 2009) في بعض أصناف الفول السوداني، حيث لاحظوا انخفاض الوزن الجاف للنبات بعد 70 يوماً وعند الحصاد، وعُزي ذلك إلى انخفاض المحتوى المائي للأوراقوالذي يسبب تراجع استطالة الأوراق، أو نتيجةً لبعض الإفرازات الهرمونية التي يفرزها المجموع الجذري نتيجةً للعجز المائي.

تنسجم النتائج مع (Arruda *et al.*, 2015) الذي درس استجابة طرز عدة من الفول السوداني لإجهاد الجفاف تحت الظروف الحقلية، حيث تم قطع مياه الري بعد 35 إلى 75 يوماً من إنبات النبات، فوجد تراجعاً كبيراً في تراكم المادة الجافة ومساحة المسطح الورقي مقارنةً بالشاهد المروي طيلة فترة نمو النبات.

كما أدت الزيادات المضطردة في معدلات التسميد الفوسفاتي إلى زيادة الوزن الجاف للنبات ويعود ذلك لأن السماد أدى إلى زيادة ارتفاع النبات وزيادة مساحة مسطحه الورقي وبالتالي زاد الوزن الرطب للنبات مما أدى إلى زيادة الوزن الجاف كنتيجة منطقية. وتتفق هذه النتائج مع ميدع وآخرون (2020) حيث وجد أن الفوسفور أدى إلى زيادة إنتاجية المادة الجافة في النبات.

أدى التلقيح بالمايكوريزا إلى زيادة الوزن الجاف للنبات ويعود ذلك إلى حقيقة أن النباتات الملقحة بالمايكوريزا تتميز بكفاءتها في استخدام المياه (Popesc and Popescu., 2022)، ونموها الواضح، وكتلتها الحيوية الكبيرة ويتفق ذلك مع نتائج (Birhane *et al.*,2012و (Sharif *et al* ., 2011) اللذان وجدا أن معدل التمثيل الضوئي زاد عند تلقيح النباتات بالمايكوريزا، كما وجد أن للمايكوريزا دور مهم لتراكم المزيد من المادة الجافة في النباتات.

4. المحتوى المائي النسبي:

بينت نتائج التحليل الإحصائي في الجدول (6) وجود فروقاتٍ معنويةٍ($P\leq0.05$)في المحتوى المائي النسبي في أوراق النبات بين معاملتي التلقيح بالمايكوريزا ومعاملات التسميد بالفوسفور ومعاملات الإجهاد والتأثير المتبادل بين هذه العوامل.

بلغ متوسط المحتوى المائي النسبي في الأوراق71.62، 78.62 % عند معاملتي الشاهد غير الملقح والتلقيح على التوالي بفروق معنوية، وعند دراسة التفاعل المتبادل بين معاملات التلقيح والإجهاد المائي تفوقت معاملة التلقيح عند الشاهد المروي بالكامل معنوياً على باقي التفاعلات وحققت 89.07%، تلاها معاملة الشاهد المروي بلا تلقيح 84.38 %، فيما كانت أقل القيم معنوياً عند الري الناقص في مرحلتي الإزهار وتشكل القرون بلا تلقيح وعند التدقيق في الشكل للشكل (A-4) نجد زيادة معدل التناقص في المحتوى المائي النسبي في الأوراق عند عدم التلقيح ووصل إلى 22.76%، فيما انخفض معدل التناقص معنوياً عند التلقيح إلى 17.27% مقارنةً بالشاهد المروي بشكل كامل.

زاد متوسط المحتوى المائي النسبي في الأوراق معنوياً مع زيادة معدل التسميد الفوسفاتي فبلغ 73.77، 75.09، 76.81% عند معدلات التسميد 0، 60، 120 كف/هـ، وتفوقت قيم المحتوى المائي النسبي في الأوراق تحت ظروف الري الكامل مقارنةً بباقي التفاعلات الثنائية وحقق التفاعلان (120 كف P و الري الكامل60 كف P والري الكامل) أعلى القيم 88.34، 86.83 %.فيما كانت الفروق في معدلات تناقص المحتوى المائي النسبي عند معدلات الفسفور الثلاثة تحت ظروف الري الناقص مقارنةً بالشاهد غير معنوية وتراوحت بين 19.57 و 20.34 % (الشكل B-4).

تفوقت معاملة الري الكامل معنوياً على معاملتي الري الناقص عند الإزهار وتشكل القرون وبلغ متوسط المحتوى المائي النسبي في الأوراق86.73، 69.32، 69.63 % على التوالي، وكانت الفروق بين معاملتي الري الناقص غير معنوية، وكذلك الأمر كانت

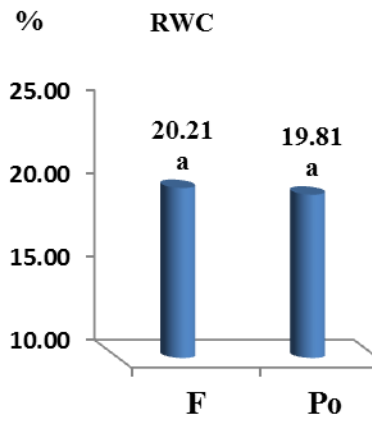
الفروق غير معنوية في معدلات التناقص تحت ظروف الري الناقص عند الإزهار وتشكل القرون وبلغت 20.21، 19.81 % على التوالي مقارنةً بمعاملة الري الكامل (لشكل 4-C).

بدراسة التفاعل الثنائي (التسميد الفوسفاتي والتلقيح بالمايكوريزا) تفوق التفاعل (معدل التسميد 0 مع التلقيح) 81.00 % على باقي التفاعلات وكانت الفروق بين معدلي التسميد 60 و120 مع التلقيح غير معنوية، وهنا يظهر أيضاً عدم جدوى زيادة معدل التسميد الفوسفاتي عند إتباع التلقيح بالمايكوريزا لتفوق معاملة عدم إضافة السماد الفوسفاتي، وعلى العكس من ذلك سببت زيادة معدل السماد الفوسفاتي زيادات معنوية في قيم المحتوى المائي النسبي عند معاملة الشاهد بلا تلقيح بالقيم 66.54، 71.89، 76.44 % عند المعدلات0، 60، 120 كغ/هـ بلا تلقيح على التوالي.

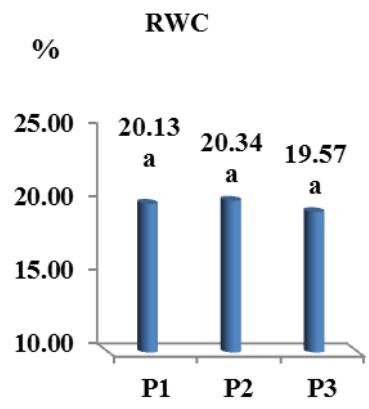
ومن دراسة التأثير المشترك بين العوامل الثلاثة تفوقت معاملات التلقيح مع الري الكامل ومعدلات الفوسفور الثلاثة ومعاملة عدم التلقيح مع معدل الفوسفور 120 والري الكامل معنوياً على باقي التفاعلات وتراوحت قيم المحتوى المائي النسبي عندها بين 88.21 و 89.38 %، في حين كانت معاملتي الري الناقص عند معدل الفوسفور 0 بلا تلقيح الأدنى معنويا 558.84، 60.14 % على التوالي.ويوضح الشكل (4-D) معدلات التناقص للمعاملات المدروسة تحت ظروف الري الناقص مقارنةً بالري الكامل وبدراسته نجد أن أقل معدلات التناقص كانت عند معاملتي الري الناقص عند الإزهار والقرون بلا تسميد ومع التلقيح 13.54، 14.60% على التوالي،في حين كانت أعلى معدلات التناقص عند معاملتي الري الناقص عند الإزهار والقرون بلا تسميد وبلا تلقيح 26.99، 25.39% على التوالي.

جدول (6) تأثير التلقيح بالمايكوريزا والتسميد الفوسفاتي في المحتوى المائي النسبي لأوراق نبات الفول السوداني تحت ظروف الإجهاد المائي

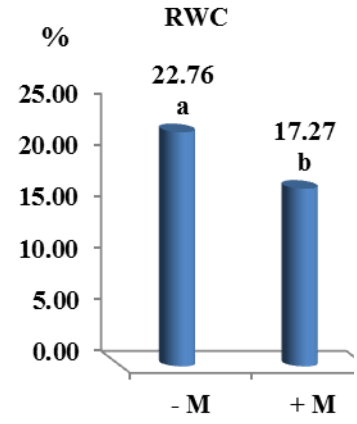
المعاملات		معاملة الإجهاد المائي			متوسط M
		S1	S2	S3	
معاملة التلقيح M	M1	84.38b	64.63d	65.86d	71.62b
	M2	89.07a	74.00c	73.40c	78.82a
	$LSD_{0.05}$	S*M=1.954			M=1.128
متوسط P					
الفوسفورP	P1	85.02b	68.06d	68.24d	73.77b
	P2	86.83ab	68.90cd	69.53cd	75.09b
	P3	88.34a	70.99c	71.11c	76.81a
	$LSD_{0.05}$	S*P=2.394			P=1.382
	متوسط S	86.73a	69.32b	69.63b	-
	$LSD_{0.05}$	S=1.382			-
-	-	S1	S2	S3	متوسط M*P
التأثير المشترك S*M*P	M1P1	80.65c	58.84h	60.14h	66.54d
	M1P2	84.29b	64.81g	66.57g	71.89c
	M1P3	88.21ab	70.25f	70.86f	76.44b
	M2P1	89.38a	77.28cd	76.34de	81.00a
	M2P2	89.38a	72.99ef	72.49f	78.28b
	M2P3	88.46a	71.73f	71.37f	77.19b
	$LSD_{0.05}$	S*M*P= 3.385, CV=2.7%			M*P=1.954



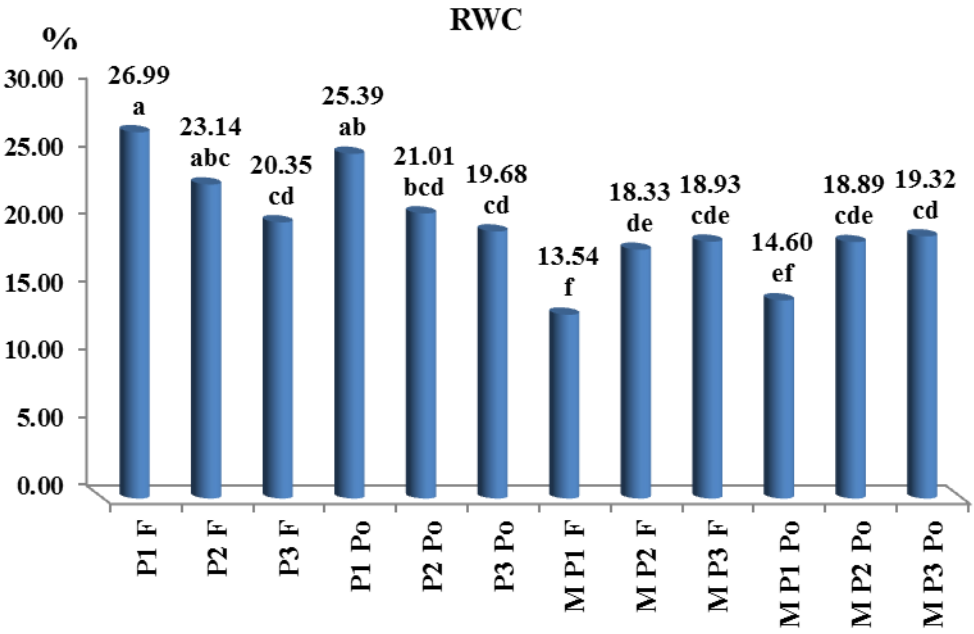
الشكل (4-C)



الشكل (4-B)



الشكل (4-A)



الشكل (4-D)

الشكل (4). معدلات التناقص في المحتوى المائي النسبي في الأوراق عند التأثير المشترك للتسميد الفوسفاتي والتلقيح بالمايكوريزا تحت ظروف الإجهاد المائي مقارنةً بمعاملة الري الكامل (4-A: التلقيح، 4-B: التسميد الفوسفاتي، 4-C: الري الناقص، 4-D: التأثير المشترك للعوامل الثلاثة).

يؤدي الجفاف إلى تناقص المحتوى المائي النسبي في الأوراق بسبب تراجع كمية الماء الممتصة من قبل المجموع الجذري، ويستمر بالمقابل معدل فقدان الماء بالنتح عبر مسامات، فتصبح كمية الماء المفقودة أكبر من كمية الماء الممتصة فيتراجع جهد الامتلاء.ويتفق ذلك مع نتائج(Painawadee *et al.*, 2009)، حيث وجد أن الجفاف قد أدى انخفاض قيمة RWC% بشكل كبير مقارنةً بمعاملة الري المثالية.كما تتفق مع نتائج (Kawakami *et al.*, 2006) الذي وجد أن الإجهاد المائي يؤدي إلى تخفيض المحتوى المائي النسبي في الأوراق ويتراجع معدل ظهور الأوراق وينخفض عددها.

زاد المحتوى المائي النسبي في الأوراق عند التلقيح بالمايكوريزا ويعود ذلك إلى أن هذه الفطور تعمل على زيادة طول وقطر الجذر، مما يعطي مساحة انتشار أكبر للجذور وبالتالي يسهل امتصاص الماء والعناصر الغذائية من التربة خاصةَ تحت ظروف نقص الرطوبة، ويتفق ذلك مع (Zhang *et al* .,2018).

بشكل عام فقد أثرت عملية التلقيح بالمايكوريزا في زيادة تحمل الفول السوداني للإجهاد المطبق في مرحلتي الإزهار وتشكل القرون، بدا ذلك واضحاً من خلال التقليل من معدلات التناقص في المؤشرات المدروسة تحت ظروف الإجهاد مقارنةً بالشاهد المروي ويفسر ذلك بدور فطور المايكوريزا بإمداد النبات العائل بالماء وبالأملاح المعدنية وخاصةً الفوسفور الذي يقوم الفطر بامتصاصه بواسطة هيفاته الطويلة من مسافات بعيدة عن منطقة جذور النبات، هذا يؤدي إلى زيادة أسطح الامتصاص للنبات ومن ثم زيادة معدل امتصاص الاحتياجات الغذائية الخاصة بالنبات. وزيادة مسطح جذور النبات مع تحسين كفاءة امتصاص الجذور للمياه. ويتفق ذلك مع العديد من الدراسات السابقة ((Daynes *et al*., 2013; Zhang *et al*., 2020).

لوحظ من خلال التأثير المتبادل بين معاملتي التلقيح والتسميد الفوسفاتي أن زيادة معدل التسميد عند التلقيح يعد تطبيقاً غير مفيداً ولا يحسّن الصفات المدروسة مقارنةً بمعدلات الفوسفور الدنيا، حيث يكون تأثير التلقيح المايكوريزي في محتوى الأوراق من السكريات

الذوابة مرتفعاً في النباتات الملقحة بالمايكوريزاويتفق ذلك مع نتائج عودة وآخرون (2011). وبالتالي يمكن توفير جزء من السماد الفوسفاتي عند التلقيح بالمايكوريزا وهي نتيجة مهمة وحيوية في ظل نقص توافر الأسمدة.

الاستنتاجات والمقترحات:

-أثر الإجهاد المائي سلباً في جميع مؤشرات النمو المدروسة دون وجود فروق معنوية ملموسة بين معاملتي الإجهاد خلال مرحلتي الإزهار وتشكل القرون.

-أثرت المستويات المتزايدة من السماد الفوسفاتي في معاملة البذور غير الملقحة في تعزيز نمو النبات تحت ظروف الشاهد المروي والإجهاد وحقق المعدل 120 كغ/هـ أفضل النتائج. في حين لم يكن لزيادة معدل الفوسفات أي دور يذكر عند التلقيح بالمايكوريزا، حيث حققت معاملة التلقيح مع المستوى60 كغ/هـ نتائج أفضل أو غير معنوية مع المستويات الأعلى.

-أدت معاملة تلقيح البذور بالمايكوريزا إلى تحسين تحمل النبات للإجهاد من خلال التقليل من معدلات التناقص في المؤشرات المدروسة تحت ظروف الإجهاد مقارنةً بالشاهد المروي.

بناءً على ما سبق ينصح في ظروف نقص المياه تطبيق تقنية تلقيح بذور الفول السوداني بالمايكوريزا وتقليل كمية السماد الفوسفاتي إلى الحد الأدنى (60 كغ / هـ) وذلك في الظروف المشابهة لإجراء البحث.

المراجع:

المراجع العربية:

الأحمد، محمدى عبد الكريم ؛ المحاسنة، حسين ؛ زيود ،عمار.(2021) تأثير الكثافة النباتية والتسميد المعدني والحيوي في نمو وإنتاجية محصول الفول السوداني (*Arachishypogaea* L) في منطقة الغاب. جامعة دمشق- كلية الهندسة الزراعية – قسم المحاصيل الحقلية .

عبد العزيز، محمد (2006). تأثير البورون والسوبر فوسفات في بعض صفات النمو الخضري والثمري للفول السوداني. مجلة البحوث والتنمية الزراعية، جامعة المنيا، مصر. 26 (4): 752-764.

عبد العزيز، محمد (2007). تأثير رش السيليبور كمصدر للبورون على المسطح الورقي والمادة الجافة وبعض القيم البيولوجية للفول السوداني. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية ، سلسلة العلوم البيولوجية. 49 (4): 29-46.

عرب، مرح ومهنا أحمد وفادي عباس (2021). تأثيرالرش بالبوتاسيوم على إنتاجية الفول السوداني تحت ظروف الإجهاد المائي. مجلة جامعة البعث للعلوم الهندسية. 43 (18): 11-46.

عزام، محمد رغيد (2019). تأثير مخلفات الأغنام والسماد الفوسفاتي في نمو وحاصل الباقلاء.viciafaba L. المجلة السورية للبحوث الزراعية. 6 (3): 263-271.

عودة ،محمود ؛ شمشم ،سمير .خصوبة التربة وتغذية النبات .منشورات جامعة البعث كلية الهندسة الزراعية.

عودة، محمود؛ المحمد، إسماعيل ؛ الحسن حيدر. تأثير التسميد العضوي والتلقيح بالمايكوريزا في كفاءة امتصاص نبات الذرة الصفراء للفوسفور وإنتاجه للمادة الجافة .المجلة العربية للبيئات الجافة 5(1):98-101.

العيش،ميالهموش، عبد السلام، أمرير علي (2015).دراسة مقارنة بين الفطور المايكوريزية وبعض أحياء التربة في إتاحة الفوسفور لمحصول الذرة الصفراء.رسالة ماجستير. جامعة الفرات.

المجموعة الإحصائية الزراعية السورية (2022). وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، سورية

مهنا، أحمد؛ الشباك، محمود(2010). إنتاج المحاصيل الصناعية، منشورات كلية الزراعة بجامعة البعث، 406 ص.

مهنا، أحمد وصباح صقر (2016). تأثير الإجهاد الجفافي في نمو وغلة الفول السوداني في محافظة طرطوس. مجلة جامعة البعث. 38 (22): 33-50.

مهنا، أحمد؛ عبد العزيز، محمد؛ خضر، وفاء (2009). تأثير مستويات مختلفة من التسميد العضوي في بعض الخواص الإنتاجية والنوعية للفول السوداني. مجلة بحوث جامعة البعث.

ميدع، لينا وخلوف علاء وقرفول رزان ونسرين بدور ومحمد ميوس وهيثم عيد (2020). تأثير إضافة مستويات مختلفة من التسميد الفوسفاتي وسماد البيوغاز في بعض خواص التربة الخصوبية وإنتاجية الفول السوداني. المجلة السورية للبحوث الزراعية. 7(5): 336-349.

المراجع الأجنبية

Abady, S., Shimelis, H., Pasupuleti, J., Mashilo, J., Chaudhari, S., S.S. Manohar (2021). Assessment of the genetic diversity of groundnut (*Arachishypogaea*L.) genotypes for kernel yield, oil and fodder quantity and quality under drought conditions. *Crop Science.* 2021;1–18.

AbdELazizi, M.A.; Jrad, S.A. and Sakr, S.H.(2013). Effect of methods and depth polowing soil on density and production (*Arachis hypogea* L.) Spring J..,Ukrania, Univ. of El-vov home Agric., Series Agric. 17(2).

Abdel-Haleim. S, Manal, M.H. Abdel-Mottaleb. G.M, Yakout. A.M, Abdel-Wahab and Nasef.A. (2015). Effect of bio fertilization in increasing the efficiency of two peanut varieties in utilizing of fertilization treatments. Ph. D. Fac. Agric., Suez Canal Univ, Egypt, pp 173.

Adinurani.P.G; Rahayu.S.R; Purbajanti.E.D; Siskawardani.D.D; Stankeviča.K and Setyobudi.R.H. (2021). Enhanced of Root Nodules, Uptake NPK, and Yield of Peanut Plant (Arachishypogaea L.) using Rhizobium and Mycorrhizae Applications. Sarhad Journal of Agriculture, Special Issue: Agricultural Productivity and Sustainability Improvement in Tropical Region. 37,16-24.

Akparov,M.N. (1989). Plant Physiology. Inst. Chem. And nutrition plant, Taskent Pub. Fan,183.

Alexander, A.; Singh, V.K.; Mishra, A. (2020). Halotolerant PGPR Stenotrophomonasmaltophilia BJ01 Induces Salt Tolerance by Modulating Physiology and Biochemical Activities of Arachishypogaea. Front. Microbiol., 11, 568289.

Alexander, A.; Singh, V.K.; Mishra, A. (2021). Interaction of the novel bacterium Brachybacteriumsaurashtrense JG06 with *Arachishypogaea* leads to changes in physio-biochemical activity of plants under drought conditions. Plant Physiol. Biochem. 166, 974–984.

Ali, E.A and A.M. Mahmoud (2012). Effect of foliar spray by different salicylic acid and zinc concentrations on seed yield and yield components of mungbean in sandy soils.Asiam.J.crop .Sci.ISSN 1994-7879.

Arruda I, m., Moda-Cirino, V., Buratto, G.S., and G.bFerreira (2015).Growth and yield of peanut cultivars and breeding lines under water . Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 45, n. 2, p. 146-154, Apr./Jun.

Bahadur, M.M.; M. Ashrafuzzaman; M.A. Kabir; M.F. Choudhary and A.N. Majumdar (2002). Response of chickpea (*Cicerarietinum* L.) varieties to different levels of phosphorus. Crop Res., 23:293-299.

Berruti, A.; Lumini, E.; Balestrini, R.; Bianciotto, V. (2016). Arbuscularmycorrhizal fungi as natural biofertilizers: Let's benefit from past.

Birhane, E.; Sterck, F.J.; Fetene, M.; Bongers, F.; Kuyper, T.W. (2012). Arbuscularmycorrhizal fungi enhance photosynthesis, water Boreali-Occident. Sin., 22, 158–162.

Bouskout M; Bourhia M; Al Feddy M. N; Dounas H; SalamatullahA. M; Soufan W; Nafidi H; and Ouahmane L.(2022). Mycorrhizal Fungi Inoculation Improves Capparis spinosa's Yield, Nutrient Uptake and Photosynthetic Efficiency under Water Deficit. Agronomy 2022, 12, 149. https://doi.org/10.3390/agronomy12010149.

Brundrett, M. and S. Juniper. 1995. Non-destructive assessment of spore germination of VAM fungi and production of pot cultures from single spores. Soil Biology and Biochemistry, 27: 85-91.

Chotangui,A.H; Hachim, K.N;Adamou,S;Mandou,M.S;Solange,M.S;Beyegue-Djonko,H;Assonfack,B.R.T;Kouam,E.B;Tankou,C.M.(2022). Growth and Yield Response of Groundnut (Arachishypogaea L.) to Rhizobial and ArbuscularMycorrhiza Fungal Inoculations in the Western Highlands of Cameroon.Plant. 10, 69-75. doi: 10.11648/j.plant.20221003.11.

Choudhury, F.K.; Rivero, R.M.; Blumwald, E.; Mittler, R. (2017). Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. Plant J. 90, 856–867.

Daynes, C.N.; Field, D.J.; Saleeba, J.A.; Cole, M.A. and McGee, P.A. (2013). Development and stabilization of soil structure via interactions between organic matter, ArbuscularMycorrhizal fungi and plant roots. Soil Biology and Biochemistry. 57: 683-694. Deficit. Agronomy 2022, 12, 149.

El-Boraie, F.M., H.K. Abo-El-Ela and A.M. Gaber, 2009. Water Requirements of Peanut Grown in Sandy Soil under Drip Irrigation and Biofertilization. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3(1): 55-65.

FAO (Food and Agriculture Organization). (2019). Groundnut Statistics. Rome: FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Gitari, J.N. and J.G. Mureithi (2003). Effect of phosphorus Fertilization on legume nodule formation and biomass Production in Mont Kenya Region East. Afr. Agric. for J., 69:83-187.

Islam, M., Mohsan, S., Ali, S., Khalid, R. and S. Afzal. (2012). Response of chickpea to various levels of phosphorus and sulphur under rain-fed conditions in pakistan. Romanian Agricultural research 29: 175 -183 .

Jogloy,S.;Patanothai,A.,Toomsan,S.and Isleib,T.G (1996).Breeding peanut to fit into Thai cropping systems. Proc . OfthePeanutCollaborativeResearchSupportProgramInternational Research Symposium and Workshop, Two JimaQualityInn,Arlington, Virginia, USA, 25-31 March,: pp 353-362.

Kawakami, J., K. Iwama and Y. Jitsuyama. (2006). Soil water stress and the growth and yield of the potato plants grown from microtubers and conventional seed tubers Field Crops Research. 95: 89-96.

Khosro ,M.; Khalesro,S.; Sohrabi, Y., Heidari, G.(2011). Beneficial Effects of the Mycorrhizal Fungi for Plant Growth(2011). *J. Appl. Environ. Biol. Sci.*, 1(9)310-319.

Kumar, A. and W.S. Kushwaha (2006). Response of piogeonpea to sources and levels of phosphorus under rain-fed condition. Indian J. Agron., 51:60-62.

Li, F, Zhang L, Ji H (2020) The specific W-boxes of GAPC5 promoter bound by TaWRKY are involved in drought stress response in wheat. Plant Sci 26:110460.

Li, Z.; Wu, N.; Liu, T.; Chen, H.; Tang, M. (2015).Sex-related responses of Populuscathayana shoots and roots to AM fungi and drought.

Lisar, S. S.Y.; BakhshayesF., Ihan-Agdam, H. (2016). Drought stress in plants: Causes, consequences, and tolerance. In Drought Stress Tolerance in Plants; Springer: Cham, Switzerland, 2016.

Malav, L.Ch.; Sh.A. Khan; and N. Gupta (2015). Impacts of biogas slurry application on soil environment, yield and nutritional quality of baby corn. VEGETOS. 28(2):194-202.

Morton, J.B., R.E. Koskae., S.L. Sturmer., S.P. Bentivenga. (2001). Mutualistic ArbuscularEndomycorrhizae Fungi: 33-335.

Muhammad I.,Abubakar A., Hamisu A., Iliya A and Ullah a.(2023). The effect of different concentrations of inorganic fertilizer on vegetative growth of groundnut (Arachis hypogea L.). International Journal of Plant Pathology and Microbiology 2023; 3(2): 104-110.

Nayer, M. and R. Heidari. (2008). Water stress induced by polyethylene glycol 6000 and sodium chloride in two maize cultivars. Pakistan journal of Biological Sciences. 11(1):92-97.

Nilanth, D;Alawathugoda, CJ and Ranawake, AL.(2015). Effect of water stress on yield and some yield components of three selected oil crops; Groundnut, sunflower, and sesame. International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 5, Issue 2, February 2015.

Ogola, A.H.; G.D. Olhiambo; J.R. Okalebo and H.N. Muyeko (2012). Influence of phosphorus on selected desmodium growth and nodulation parameters. ARPN J. Agric. Biolo. Sci., 7:294-301.

Painawadee, M., S.Jogloy., T. Kesmala., C.Akkasaeng and A. patanothai (2009). Identification of traits related to drought resistance in Peanut (*Arachishypogaea* L.). Asian journal of Plant sciences. 8(2): 120-128.

Patel, J.; Mishra, A. (2021). Plant aquaporins alleviate drought tolerance in plants by modulating cellular biochemistry, root-architecture, and photosynthesis. Physiol. Plant. 172, 1030–1044.

Poljakoff-Moyber, R. and H.R. Lemer (1993). Plants in Saline Environments. Hand Book of Plant and Crop Stress (Ed. Pessarkali,M) Marcel-Deker Inc. New York, pp. 65-96.

Popescu C. G.;Popescu M. (2022). Role of Combined Inoculation with ArbuscularMycorrhizal Fungi, as a Sustainable Tool, for Stimulating the Growth,Physiological Processes, and Flowering Performance of Lavender- Sustainability 2022, 14, 951.

Pozo, M.J., Azcón-Aguilar, C., Dumas-Gaudot, E., Barea, J.M., (1999). glucanase activities in tomato roots inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi and/or *Phytophthora parasitica*.

Prathima,T ; Yellamanda, Reddy, T; Murali, Krishna, T; Devaki, K; Sudhakar, P; Sarala, N V; MuneendraBabu, A and Naga Madhuri, K. V. (2011). Validation ofPNUTGRO model for moisture stress effects on rainfed groundnut in maijor crop growing areas ofAndhra Pradesh, INDIA. Volume: 2: Issue-4: Oct-Des-2011.

Raval, S.S.; Mahatma, M.K.; Chakraborty, K.; Bishi, S.K.; Singh, A.L.; Rathod, K.J.; Jadav, J.K.; Sanghani, J.M.; Mandavia, M.K.; Gajera, H.P (2017). Metabolomics of groundnut (Arachishypogaea L.) genotypes under varying temperature regimes. Plant Growth Regul. 84, 493–505.

Saleh, Said; Liu, Guangmin; Liu, Mingchi; Ji, Yanhai; He, Hongju and Gruda, Nazim. (2017). Effects of Irrigation on Growth, Yield, and Chemical Composition of Two Green Bean Cultivars,

Horticultural Crops Technology Department, National Researchh Center, 12622 Dokki, Giza, Egypt.

Sharif, M.; Claassen, N. (2011).Action mechanisms of arbuscularmycorrhizal fungi in phosphorus uptake by Capsicum annuum L Pedosphere 2011, 21, 502–511.

Sinhababu, A. and K. Rup kumar (2003). Comparative responses of three fuel wood yielding plants to PEG-induced water stress at seedling stage. Actaphysiologiaeplantarum: 2003, vol. 25, no4, pp. 403-409.

Smith, S.E. .; Read, D.J. (2008). Mycorrhizal symbioses. Academic Press, London, UK. 589 pp.

Tekulu K.,Taye G.,Assefa D.,(2020). Effect of starter nitrogen and phosphorus fertilizer rates on yield and yield components, grain protein content of groundnut (ArachisHypogaea L.) and residual soil nitrogen content in a semiarid north Ethiopia. Heliyon 6 (2020) e05101. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license.

Toro, M., Azcón, R., Barea, J.M., (1997). Improvement of arbuscular mycorrhiza development by inoculaltion of soil phosphatesolubilizing rhizobacteria to improve rock phosphate bioavailability (32P) and nutrient cycling. Appl. Environ. Microb. 63, 4408–4412.

Wally, F.L.; S. Kyei-Boahen; G. Hnatowish and G. Stevenson (2005). Nitrogen and phosphorus fertility management for desi and kabuli chickpea. Can. J. Plant Sci., 85:73-79.

Weatherley, P.E. (1950). Studies in the water relations of the cotton plant. In the field measurement of water deficits in leaves. New Phytologist, 49:81-87.

Zhang, Z.; Zhang, J.; Xu, G.; Zhou, L.; Li, Y. (2018). Arbuscularmycorrhizal fungi improve the growth and drought tolerance of Zeniainsignis seedlings under drought stress. New For. 2018, 50, 593–604.