تأثير التلقيح بالمايكوريزا والسماد الفوسفاتي في بعض الخصائص الخصوبية للتربة المزروعة بالفول السوداني تحت ظروف الإجهاد المائي

هبه شمس الدين*[1] وسمير شمشم[1] وفادي عباس[2]

[1] قسم التربة واستصلاح الأراضي، كلية الهندسة الزراعية، جامعة البعث. حمص، سورية.

[2]مركز بحوث حمص، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، سورية.

(*للمراسلة: هبة شمس الدين، البريد الإلكتروني: Lamar.shamss@gmail.com)

تاريخ الاستلام: 27/ 07/ 2024 **تاريخ القبول:** 16/ 09/ 2024

الملخّص

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 في بعض الخصائص الخصوبية للتربة 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 أن التلقيح بالمايكوريزا أثر معنوياً في زيادة محتوى العناصر المعدنية NPK المتاحة في التربة, كما كان له دور في خفض درجة pH التربة. أثرت المستويات المتزايدة من السماد الفوسفاتي ومعاملتي الإجهاد المائي في زيادة تركيز الفوسفور والبوتاسيوم المتاح وخفض محتوى الآزوت المعدني في التربة دون وجود فروق معنوية بين معاملتي الإجهاد خلال مرحلتي الإزهار وتشكل القرون. ولم يكن لزيادة معدل التسميد الفوسفاتي أي تأثير يذكر في درجة pH التربة, وكذلك لم يكن لكلٍ من العوامل المدروسة أي تأثير في درجة الناقلية الكهربائية للتربة.المنخفضة، وقد حققت نسبة إضافة 15% قبولاً حسياً لخبز الصاج الناتج عند إجراء التحليل الإحصائي.

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

المقدمة:

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). ويشغل محصول 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 بحوالي 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 الرئيسية التي تزرع الفول السوداني في سورية (الغاب وطرطوس)، (عن 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 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 نقص 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).

وضح Rehman وآخرون (2019) الدور الأساسي الذي يؤديه الفوسفور في تشكل العقد الجذرية وزيادة قدرة الفول السوداني على تثبيت الآزوت الجوي عندما ترتبط بشريك ميكروبي مناسب وهو الريزوبيا. حيث يتمتع الفول السوداني بقدرة عالية على تثبيت الآزوت الجوي ويمكن أن يساعد ذلك في تخفيض تكاليف الإنتاج من خلال تقليل الإضافات السمادية (Taurian *et al.*, 2006). وأشار كلاً من Muhammad وآخرون (2023) إلى دور التسميد الفوسفاتي في تعزيز نمو الجذور والعقد الجذرية مما يسمح للنبات بالبحث في مساحة أكبر من التربة عن الرطوبة والعناصر الغذائية وأماكن توافر النتروجين. كما 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 عند إضافة هذين العنصرين كلاً على حدا أو مع بعضهما، كما أشارت النتائج إلى أن التسميد الفوسفاتي والآزوتي سببا زيادة في إنتاجية ونوعية بذور الفول السوداني وتحسين محتوى التربة من النترات بعد الحصاد. يعد التسميد الحيوي باستخدام الفطريات الجذرية arbuscular mycorrhizal أحد البدائل المستدامة عن الأسمدة الكيماوية. كما تفيد في زيادة إتاحة 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).

للمايكوريزا أهمية كبيرة في زيادة خصوبة التربة من خلال إفراز مادة الجلومالين (مادة عضوية غروية معقدة تساعد على ربط حبيبات التربة) مما يساعد على تحسين بناء التربة وقوة مسكها للماء والعناصر الغذائية، كما تساهم فطور المايكوريزا في تفكيك المواد الكربونية المعقدة التي تؤدي إلى زيادة خصوبة التربة، وتساعد على زيادة المجتمعات الميكروبية النافعة في الترب، خاصة في منطقة الريزوسفير. وبالنهاية تعمل فطور المايكوريزا على تفعيل الاستجابة الدفاعية في النبات من خلال تنشيط إفراز بعض الهرمونات والإنزيمات الدفاعية، وبالتالي زيادة قدرة النبات على مقاومة الأمراض الموجودة في التربة والمسببة لخسائر كبيرة Dehne, 1982 ; Cardoso and Kuyper, 2006 ; Ciancio and Mukerji, 2007)، و للمايكوريزا أيضاً مساهمة أساسية في خصوبة التربة من خلال زيادة قدرة النبات على امتصاص العناصر الغذائية حيث أنه يمكن أن يمتد إلى مناطق خارج منطقة الجذور ويتضخم وبذلك فإن استعمار المايكوريزا لجذور النبات يؤدي إلى توسيع منطقة الامتصاص للجذور وبذلك يمكن نقل الماء والمواد المغذية عن طريق الأنسجة الواصلة لتمتصها النباتات (Muhammad *et al.*, 2021; Sukmawati *et al.*, 2021). إن استخدام فطريات المايكوريزا في ظل الظروف السيئة لبعض الترب قليلة الخصوبة أو المناطق الجافة أو الملحية سيكون له أثر إيجابي في النبات حيث أنها تُؤثّر في التحولات البيوكيميائية الجارية في التربة بما في ذلك معدنة المادة العضوية والنترجة Nitrification (Mahdi.,2010). كما أن الميسيليوم الخارجي للفطور المايكوريزية يُؤثّر في جاهزية العناصر المعدنية في منطقة المحيط الجذري من خلال تأثيره في درجة pH التربة بما يُنتجه من أحماض عضوية مختلفة، تؤدي إلى خفض قيمتها (Allen, 2014) مما يؤدي إلى زيادة إتاحة الفوسفور والعناصر الأخرى من مصادرها الجاهزة وغير الجاهزة وبشكل ميسر، وبالتالي فإن استعمال هذه الأسمدة الحيوية سيقلل من الإضافات الكيميائية للتربة ويزيد من جوانب السيطرة على إنتاج الغذاء الآمن (Hamel, 2004; Rajaram *et al.*,2014). كما أشارت نتائج Nikolaou وآخرون (2003) أنَّ التلقيح بفطور المايكوريزا أدَّى إلى زيادة محتوى التربة من الفوسفور المتاح وتحسين النمو النباتي في ترب مختلفة القوام (لومية رملية، ولومية طينية، ولومية طينية سلتية). أثبتت التجارب التي أجراها عودة وآخرون (2011) على نبات الذرة الصفراء أن التلقيح بالمايكوريزا أدى إلى انخفاض في إنتاج 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. ووضحت الدراسة التي أجراها Adinurani وآخرون (2021) حول تأثير التلقيح بالمايكوريزا والريزوبيوم في إنتاجية نبات الفول السوداني أن استخدام الريزوبيوم

والمايكوريزا معاً كان له تأثير كبير في زيادة ارتفاع النبات وعدد الأوراق ومحتوى الأوراق من NPK وعدد العقد الجذرية ووزن القرون الطازجة للنبات.

أثبتت الدراسة التي أجراها Chotangui وآخرون (2022) التأثير الإيجابي لتلقيح النباتات بالمايكوريزا في نوعية وإنتاجية محصول الفول السوداني مقارنة مع النباتات غير الملقحة وكذلك في زيادة عدد الأوراق ومحتوى السكريات والزيت في بذور الفول السوداني.

يعرف الإجهاد المائي Drought stress بأنه فترة من ندرة المياه تواجه المحصول خلال مراحل نموه وتؤدي إلى الحد من إنتاجية النبات، 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 الإجهاد المائي في الفول السوداني يؤثر ويتأثر بالمجهدات البيئية الأخرى والمجهدات الحيوية (Choudhary *et al*., 2017).

عندما يتعرض نبات الفول السوداني للإجهاد المائي بعد 30-45 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 مرحلتي الإزهار وتشكل القرون. كما يؤدي الإجهاد المائي 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 كانت مرحلتي التفرع وتشكل البذور.

اختبر Htoon وآخرون (2014) أثر الإجهاد المائي في نهاية موسم النمو في امتصاص طرز من الفول السوداني للعناصر المغذية وأظهرت النتائج أن الإجهاد المائي في نهاية مرحلة النمو قد خفض وبشكل معنوي من امتصاص العناصر المغذية خاصةً الفوسفور. كما لوحظ وجود علاقة ارتباط إيجابية ومعنوية بين امتصاص العناصر المغذية وكلاً من الغلة الحيوية وغلة القرون تحت الظروف المجهدة والظروف غير المجهدة. وفي هذا السياق أكد Kolay (2008) أن الإجهاد المائي في فترات الإزهار وتشكل القرون وتطورها سبب انخفاضاً في غلة القرون، وأثّر أيضاً في امتصاص العناصر المغذية خاصة الفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم.

بناءً على ما سبق هدف البحث إلى دراسة تأثير التلقيح بالمايكوريزا والتسميد الفوسفاتي في بعض الخصائص الخصوبية للتربة المزروعة بنبات الفول السوداني (صنف ساحل) تحت ظروف الإجهاد المائي 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 المدروس 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
آب	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 وتتميز بأنها تربة طينية القوام متوسطة المحتوى من المادة العضوية، وهي تربة متعادلة إلى خفيفة القلوية (وهذا طبيعي في الترب ذات المنشأ الكلسي والفقيرة بالكربونات الكلية في الطبقة السطحية)، ومنخفضة المحتوى من كربونات الكالسيوم (يمكن أن يعزى ذلك إلى غسلها إلى الطبقات تحت السطحية باعتبارها تربة مروية منذ أمد طويل كما أن معدل الأمطار في المنطقة المدروسة (439 مم/سنة)، ومحتواها متوسط من كل من البوتاس والآزوت، وفقيرة المحتوى من الفوسفور.

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

التحليل الميكانيكي %			N معدني ppm	P متاح ppm	K متاح ppm	التحليل الكيميائي لمستخلص عجينة التربة			
رمل	سلت	طين				pH 1:2.5	EC Mmos/cm1:5	$CaCO_3$ %	OM %
22.0	20.4	57.6	18.6	8.6	178	7.45	0.14	0.421	1.2

معاملات التجربة:

العامل الأول: الإجهاد المائي وتمثلت هذه المعاملة بقطع مياه الري مدة ثلاثة أسابيع خلال مرحلتي الإزهار (S2) وتشكل القرون (S3) بحيث تم الري عند هاتين المرحلتين عند الوصول لرطوبة 60% من السعة الحقلية بالإضافة إلى شاهد تم ريه طيلة موسم النمو (S1) عند مستوى الرطوبة 80% من رطوبة السعة الحقلية.

العامل الثاني: التسميد الفوسفاتي: بثلاثة مستويات حيث تم باستخدام سماد سوبر فوسفات ثلاثي 46% P_2O_5 بثلاثة معدلات P1: 0، P2: 60 كغ/هكتار، P3: 120 كغ/هكتار. 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 وزارة الزراعة) بمعدل 100غ لقاح مع كل 1 كغ من البذار إذ تمّ التلقيح بخلط بذور الفول السوداني مع اللقاح بالماء المقطر 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 تحليل مصادر التباين (ANOVA) للعوامل الأساسية والتفاعل بينها، لكافة الصفات التي شملتها الدراسة وتقدير أقل فرق معنوي (L.S.D) عند مستوى المعنوية 5%، وكذلك حساب معامل الاختلاف (C.V)%، باستخدام البرنامج الإحصائي Gen.Stat v.12.

العمليات الزراعية: تمّ تجهيز الأرض للزراعة بحراثة خريفية رئيسية، وحراثة ثانية في الربيع، وتمت إضافة لأسمدة الأساسية الفوسفاتية حسب مخطط التجربة والبوتاسية، 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.

التحاليل الخصوبية للتربة:

تم تحليل تربة الموقع بعد حصاد النبات، حيث أخذت عينات مركبة من التربة من كل قطعة تجريبية بمقدار 1 كغ على عمق 30 سم لتقدير مايلي:

- الفوسفور القابل للإفادة بطريقة أولسن (Olsen *et al*., 1954).
- البوتاسيوم المتبادل بطريقة الاستخلاص والقياس بجهاز اللهب (Richards, 1954).
- الآزوت المعدني : قدّر النترات بجهاز سبكتروفوتومتر باستخدام حمض الكروموتروبيك (Henriksen and Olsen, 1970).
- وقدر الأمونيوم بجهاز سبكتروفوتومتر باستخلاص شوارد الأمونيوم المدمصة باستخدام محلول كلوريد البوتاسيوم (Mason *et al*., 1999).
- درجة الحموضة pH قدرت بجهاز pH-meter (Marx *et al*., 1999).
- الناقلية الكهربائية (EC) تم تقديرها في مستخلص مائي للتربة (1:5)، بواسطة جهاز الموصلية الكهربائية (Corwin Lesch, and 2003).

النتائج والمناقشة:

1. تحليل التباين المشترك للمؤشرات المدروسة:

أظهرت نتائج تحليل التباين المشترك (الجدول، 3) التأثير المعنوي لكل من الإجهاد المائي ($P\leq0.05$) والمعنوي العالي التلقيح بالمايكوريزا ($P\leq0.01$) في درجة pH التربة، في حين كان تأثير التسميد الفوسفاتي والتفاعل المشترك (الإجهاد × التسميد الفوسفاتي) غير معنوياً، في حين كان تأثير باقي التفاعلات الثنائية والثلاثية معنوياً ($P\leq0.05$). وبالنسبة للناقلية الكهربائية كان تأثير العوامل الفردية والمشتركة غير معنوياً. أما بالنسبة للآزوت والفوسفور فقد كان تأثير العوامل الفردية والمشتركة عالي المعنوية($P\leq0.01$)، وبالنسبة للبوتاسيوم كان تأثير العوامل الفردية عالي المعنوية ($P\leq0.01$)، في حين كان تأثير العوامل المشتركة معنوياً ($P\leq0.05$).

الجدول (3): تحليل التباين لمؤشرات التربة المدروسة

مصدر التباين	pH	EC	N	P	K
الإجهاد S	*	NS	**	**	**
السماد الفوسفاتي P	NS	NS	**	**	**
المايكوريزا M	**	NS	**	**	**
S*P	NS	NS	**	**	*
S*M	*	NS	**	**	*
P*M	*	NS	**	**	*
S*P*M	*	NS	**	**	*

تأثير العوامل المستقلة:

تأثير الإجهاد المائي:

كان تأثير الإجهاد المائي معنوياً في جميع المؤشرات المدروسة ماعدا الناقلية الكهربائية (الجدول، 4). حيث زادت قيم pH التربة معنوياً عند معاملتي الإجهاد خلال مرحلتي الإزهار وتشكل القرون (7.62، 7.58) مقارنةً بمعاملة الشاهد المروي 7.38. ويمكن أن يعزى ذلك إلى أن ظروف الإجهاد المائي تؤثر في النشاط الإحيائي في التربة وبالتالي تحلل المادة العضوية مما يخفض من تحرر المركبات العضوية الأحماض الناتجة عن ذلك التحلل وينعكس ذلك الانخفاض على مجموعة التفاعلات الكيميائية في التربة من تشكل أحماض الكربونيك المسبب لانخفاض pH التربة أيضاً. كما انخفض محتوى التربة من النيتروجين المعدني خلال مرحلتي الإجهاد معنوياً فكانت 35.20، 34.34 ppm مقارنةً بالشاهد 43.12 ppm. وهذا يمكن أن يعود إلى تأثر النشاط الحيوي في التربة بشكل كبير خلال فترات الجفاف والتي تؤدي دوراً سلبياً في تحلل المواد العضوية وتحرر النتروجين مما قد يؤدي إلى انخفاض تركيز النتروجين في التربة. أما بالنسبة للفوسفور والبوتاسيوم فقد زادت قيمهما معنوياً تحت ظروف الإجهاد مقارنةً بالشاهد المروي فبلغت للفوسفور 8.66، 11.65، 12.52 ppm وللبوتاسيوم 195.5، 211.0، 215.3 ppm عند معاملات الشاهد والإجهاد خلال مرحلة الإزهار ومرحلة تشكل القرون على التتالي. ويمكن أن يكون السبب نتيجة لتراكم الفوسفور والبوتاسيوم في التربة بسبب انخفاض غسيلها من مقطع التربة وتوقف النبات عن استخدامها بسبب ظروف الجفاف. وهذا يتفق مع Htoon وآخرون (2014) الذي أكد أن الإجهاد في نهاية مرحلة النمو قد خفض وبشكل معنوي من امتصاص العناصر المغذية خاصةً الفوسفور وكذلك أكد Kolay وآخرون (2008) أن الإجهاد المائي في فترات

الإزهار وتشكل القرون وتطورها سبب انخفاضاً في غلة القرون، وأثّر أيضاً في امتصاص العناصر المغذية خاصة الفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم.

وفي كل الحالات السابقة كانت الفروق بين معاملتي الإجهاد خلال مرحلتي الإزهار وتشكل القرون غير معنوية.

تأثير معدل السماد الفوسفاتي:

كان تأثير معدل التسميد الفوسفاتي غير معنوياً على درجة pH التربة والناقلية الكهربائية (الجدول، 4). وبالنسبة للنيتروجين المعدني فقد انخفض محتواه بالتربة معنوياً مع زيادة معدل التسميد الفوسفاتي وبلغ القيم 41.48، 37.00، 33.81 ppm عند معدلات التسميد 0، 60، 120 كغ/هكتار على التتالي. وهذا يمكن أن يحدث لأن إضافة الفوسفور حفز النبات على امتصاص النيتروجين حيث يؤدي الفوسفور دوراً مهماً في عمليات استقلاب النبات ونقل الطاقة داخل النبات. مما يؤثر في قدرة النبات على استخدام والاستفادة من النيتروجين في التربة وبالتالي يقل تركيز الآزوت في التربة عند ارتفاع تركيز الفوسفور وهذا يتفق مع ما وجده العديد من الباحثين على محاصيل بقولية مختلفة في أن إضافة الفوسفور للتربة لا تزيد من امتصاص الفوسفور من قبل البقوليات فقط كما هو متوقع، ولكن يتعدى تأثيره الإيجابي إلى زيادة امتصاص عنصر الآزوت كالحمص (Wally *et al.,* 2005)، واللوبياء (Kumar and Kushwaha, 2006) وفول الصويا (Fatima *et al.,* 2007)، والفول السوداني (Elsheikh and Mohamedzein, 1998). ويتعارض مع ما جاء به Tekulu وآخرون (2020) حيث أكد على أن التسميد الفوسفاتي كان له دور في تحسين محتوى التربة من النترات بعد الحصاد. وبلا شك أن الفوسفور ضروري في تكوين العقد الجذرية في النباتات ولكن في حال ارتفاع معدلات الأسمدة الفوسفاتية فإن ذلك يمكن أن يؤثر سلباً في نشاط البكتيريا المسؤولة عن تثبيت النتروجين نتيجة للتغيير الحاصل في درجة pH التربة وتوازن العناصر الأخرى مما يؤثر في البيئة المحيطة بالعقد الجذرية ويحد من النشاط البكتيري مما يؤدي إلى التقليل من قدرة النبات على تثبيت الآزوت الجوي.

أما الفوسفور فقد زاد محتواه معنوياً مع زيادة معدل السماد الفوسفاتي وبلغ القيم9.89، 10.85، 12.08 ppm عند معدلات التسميد 0، 60، 120 كغ/هكتار على التتالي. وبالنسبة للبوتاسيوم زاد محتواه أيضاً معنوياً مع زيادة معدل السماد الفوسفاتي وبلغ القيم 198.8، 208.3، 214.6 ppm عند معدلات التسميد 0، 60، 120 كغ/هكتار على التتالي وكانت الفروق بين المعدلين 60 و 120 غير معنوية (الجدول، 4) وذلك يعود إلى التضاد بين عنصري الفوسفور والبوتاسيوم (عودة وشمشم, 2008) حيث تؤدي زيادة تركيز الفوسفور بالتربة إلى تثبيط امتصاص النبات للبوتاسيوم وبالتالي زيادة تركيزها في التربة. وذلك بسبب أن زيادة الفوسفات في التربة قد تسبب اضطرابات في التوازن الغذائي للنبات مما يؤثر على قدرة الجذور على امتصاص العناصر الأخرى بشكل صحيح.

تأثير التلقيح بالمايكوريزا:

انخفضت قيمة pH التربة معنوياً من 7.80 حتى 7.26 عند معاملة التلقيح وذلك قد يحدث نتيجة للتفاعلات الكيميائية بين الفطريات المايكوريزية والجذور النباتية حيث أن الفطريات تفرز مركبات عضوية تساعد على تحليل الصخور والمعادن في التربة مما قد يساهم في خفض درجة الحموضة وهذا يتفق مع ما جاء به كلا من (Allen *et al.*, 1995) و (Maliha *et al*., 2004) و Sochie *et al*.,2006) حيث أكدوا على أنَّ الميسيليوم الخارجي للفطور المايكوريزية يُؤثّر في جاهزية العناصر الغذائية في منطقة المحيط الجذري من خلال تأثيره في درجة pH التربة بما يُنتجه من أحماض عضوية مختلفة Citric acid, Tartaric acid, oxalic acid تؤدي إلى خفضpH التربة، فيما لم يكن هناك أي تأثير معنوي على الناقلية الكهربائية للتربة. في حين زادت قيم كل من الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم معنوياً عند التلقيح وبلغت القيم 43.61، 11.89، 212.5 ppm مقارنةً بمعاملة الشاهد بلا تلقيح والتي بلغت 31.49، 9.99، 202.1 ppm على التتالي. وقد يعود ذلك إلى أن فطريات المايكوريزا تلتصق بالجذور النباتية وتشكل شبكة من الهيفات الدقيقة داخل وخارج جذور النبات وهذه الشبكة توسع مساحة سطح الجذور التي يمكنها امتصاص الماء والمواد الغذائية من التربة بشكل فعال (Khosro *et al*.,2011)كما أن فطريات المايكوريزا تفرز مركبات عضوية وأحماض تسهم في تحرر الفوسفات والبوتاسيوم من مركباتها مما يجعلها أكثر توافراً للنبات (Sochie *et al*., 2006). وهذ يتفق مع Bouskout وآخرون (2022) حيث أكد أن التلقيح بالمايكوريزا حسن من الصفات المورفولوجية وإنتاج الكتلة الحيوية، كما زادت من قدرة النبات على امتصاص العناصر الغذائية من التربة وخاصةً الفوسفور والبوتاسيوم والمغنيزيوم والزنك والحديد وذلك في ظروف الاجهاد المائي المعتدل والشديد. كما يتفق مع (Hamel, 2004)

الذي أكد على أنَّ الفطور المايكوريزية تزيد من امتصاص النبات للفوسفور والآزوت المضمَّن في المادة العضوية للتربة، ويمكن أن تُؤثِّر في التحولات البيوكيميائية الجارية في التربة بما في ذلك معدنة المادة العضوية والنترجة Nitrification.

الجدول (4): تأثير العوامل المستقلة (الإجهاد ومعدل السماد الفوسفاتي والتلقيح بالمايكوريزا) في بعض خصائص التربة

المعاملات	pH	EC	N	P	K
معاملة الإجهاد المائي					
S1: شاهد	7.38^{b}	0.14	43.12^{a}	8.66^{b}	195.5^{b}
S2: مرحلة الإزهار	7.62^{a}	0.15	35.20^{b}	11.65^{a}	211.0^{a}
S3: مرحلة القرون	7.58^{a}	0.18	34.34^{b}	12.52^{a}	215.3^{a}
LSD0.05	0.144	0.047NS	1.583	1.116	6.787
معدل التسميد الفوسفاتي					
P1: 0 كغ/هكتار	7.53	0.15	41.84^{a}	9.89^{c}	198.8^{b}
P2: 60 كغ/هكتار	7.56	0.15	37.00^{b}	10.85^{b}	208.3^{a}
P3: 120 كغ/هكتار	7.50	0.16	33.81^{c}	12.08^{a}	214.6^{a}
LSD0.05	0.144NS	0.047NS	1.583	1.116	6.787
التلقيح بالمايكوريزا					
M - شاهد	7.80^{a}	0.15	31.49^{b}	9.99^{b}	202.1^{b}
M + تلقيح	7.26^{b}	0.16	43.61^{a}	11.89^{a}	212.5^{a}
LSD0.05	0.102	0.030NS	1.292	0.965	5.276

التأثير المشترك للإجهاد المائي ومعدل السماد الفوسفاتي والتلقيح بالمايكوريزا في درجة pH التربة:

يوضح (الجدول 5) التأثير المشترك للإجهاد المائي ومعدل السماد الفوسفاتي والتلقيح بالمايكوريزا في درجة pH التربة، حيث تبين أن درجة الـ pH انخفضت عند معاملات (التلقيح والري الكامل ومعدلات الفوسفور الثلاثة) حيث تراوحت قيمها بين (7.13 و 7.20) بفروق غير معنوية فيما بينها، وغير معنوية أيضاً مع معاملات (التلقيح والإجهاد المائي عند مرحلة الإزهار ومعدلات الفوسفور الثلاثة) ومعاملات (التلقيح والإجهاد المائي في مرحلة تشكل القرون ومعدلات الفوسفور الثلاثة) وبفرق معنوي عن باقي المعاملات.

كانت أعلى القيم لدرجة pH التربة عند المعاملات (عدم التلقيح والإجهاد المائي في مرحلة الإزهار وفي مرحلة تشكل القرون ومعدلات الفوسفور الثلاث) وبفرق معنوي عن باقي المعاملات حيث تراوحت قيمها بين (7.81 و 7.97)، وهنا يتضح التأثير المعنوي العالي للمايكوريزا في خفض درجة حموضة التربة. في حين لم يكن لمعدل السماد الفوسفاتي أي تأثير معنوي في درجة pH التربة.

الجدول (5): التأثير المشترك للإجهاد المائي ومعدل السماد الفوسفاتي والتلقيح بالمايكوريزا في درجة pH التربة

معاملة التلقيح	معدل السماد الفوسفاتي	معاملة الإجهاد S		
		S1	S2	S3
-M	P1	7.68^{ab}	7.81^{a}	7.83^{a}
	P2	7.69^{ab}	7.97^{a}	7.89^{a}
	P3	7.51^{bc}	7.91^{a}	7.93^{a}
+M	P1	7.14^{d}	7.38^{cd}	7.32^{cd}
	P2	7.16^{d}	7.35^{cd}	7.33^{cd}
	P3	7.13^{d}	7.34^{cd}	7.20^{d}
LSD $_{0.05}$ S*N*P= 0.305, CV= 1.9%				

التأثير المشترك للإجهاد المائي ومعدل السماد الفوسفاتي والتلقيح بالمايكوريزا في درجة الناقلية الكهربائية للتربة:

من الجدول رقم (6) نلاحظ عدم وجود أي فروق معنوية بين المعاملات، وبالتالي لا يوجد أي تأثير معنوي لأي من العوامل المشتركة مع بعضها في درجة الناقلية الكهربائية للتربة.

الجدول (6): التأثير المشترك للإجهاد المائي ومعدل السماد الفوسفاتي والتلقيح بالمايكوريزا في درجة الناقلية الكهربائية للتربة

معاملة التلقيح	معدل السماد الفوسفاتي	معاملة الإجهاد S		
		S1	S2	S3
-M	P1	0.12	0.17	0.19
	P2	0.12	0.15	0.19
	P3	0.14	0.14	0.18

+M	P1	0.13	0.16	0.14
	P2	0.15	0.15	0.16
	P3	0.18	0.15	0.21
LSD 0.05 S*N*P= 0.091 NS, CV=17.7 %				

التأثير المشترك للإجهاد المائي ومعدل السماد الفوسفاتي والتلقيح بالمايكوريزا في محتوى النيتروجين المعدني في التربة ppm:

يبين الجدول (7) أن للعوامل المشتركة مع بعضها تأثير معنوي في محتوى النتروجين المعدني في التربة، فقد تفوقت معاملة (التلقيح والري الكامل ومعدل الفوسفور 0 كغ/هـ) بفرق معنوي عن باقي المعاملات حيث كان محتوى النتروجين المعدني عندها 55.07 ppm، في حين كان أقل محتوى للنتروجين المعدني في التربة عند معاملة (عدم التلقيح الإجهاد المائي في مرحلة تشكل القرون ومعدل الفوسفور 120 كغ /هـ) حيث كانت 23.98 ppm. وهنا يتضح تأثير الإجهاد المائي وزيادة معدل السماد الفوسفاتي في خفض محتوى الآزوت المعدني في التربة فيما زاد التلقيح بالمايكوريزا من محتواه فيها.

الجدول (7): التأثير المشترك للإجهاد المائي ومعدل السماد الفوسفاتي والتلقيح بالمايكوريزا في محتوى الآزوت المعدني في التربة ppm

معاملة التلقيح	معدل السماد الفوسفاتي	معاملة الإجهاد S		
		S1	S2	S3
-M	P1	41.73^{def}	32.94^{ij}	32.47^{ij}
	P2	35.14^{hi}	30.06^{jk}	28.35^{k}
	P3	32.34^{ij}	26.42^{kl}	23.98^{l}
+M	P1	55.07^{a}	44.94^{bcd}	43.93^{cde}
	P2	48.74^{b}	39.53^{fg}	40.19^{efg}
	P3	45.74^{bc}	37.30^{gh}	37.11^{gh}
LSD 0.05 S*N*P= 3.877, CV= 4.9%				

التأثير المشترك للإجهاد المائي ومعدل السماد الفوسفاتي والتلقيح بالمايكوريزا في محتوى الفوسفور المتاح في التربة ppm:

من (الجدول، 8) نلاحظ التأثير المعنوي للعوامل المشتركة مع بعضها في محتوى الفوسفور المتاح في التربة، حيث تفوقت معاملة (التلقيح والإجهاد المائي في مرحلة تشكل القرون ومعدل الفوسفور 120 كغ/هـ) التي بلغ محتوى الفوسفور المتاح عندها 15.02 ppm ظاهرياً على معاملتي (التلقيح والإجهاد المائي في مرحلة الإزهار ومعدل الفوسفور 120 كغ/هـ) و(التلقيح والإجهاد المائي في مرحلة تشكل القرون ومعدل الفوسفور 60 كغ/هـ). ومعنوياً على باقي المعاملات، في حين كانت قيمة معاملة (عدم التلقيح والري الكامل ومعدل الفوسفور 0 كغ/هـ) الأدنى معنوياً وبلغت 7.40 ppm. ومن هنا يتضح التأثير المعنوي العالي لكل من التلقيح بالمايكوريزا والإجهاد المائي وزيادة معدل السماد الفوسفاتي في زيادة تركيز الفوسفور المتاح في التربة.

الجدول (8): التأثير المشترك للإجهاد المائي ومعدل السماد الفوسفاتي والتلقيح بالمايكوريزا في محتوى الفوسفور المتاح في التربة ppm

معاملة التلقيح	معدل السماد الفوسفاتي	معاملة الإجهاد S		
		S1	S2	S3
-M	P1	7.40^{j}	9.75^{ghi}	10.15^{fgh}
	P2	7.85^{ij}	10.50^{efgh}	11.70^{defg}
	P3	8.70^{hij}	11.30^{defg}	12.60^{bcd}
+M	P1	8.64^{hij}	11.55^{defg}	11.88^{cdef}
	P2	9.03^{hij}	12.27^{cde}	13.75^{ab}
	P3	10.34^{efgh}	14.52^{ab}	15.02^{a}
LSD 0.05 S*N*P=1.969, CV= 6.2%				

التأثير المشترك للإجهاد المائي ومعدل السماد الفوسفاتي والتلقيح بالمايكوريزا في محتوى البوتاس المتاح في التربة ppm:

يبين الجدول (9) أن معاملة (التلقيح والإجهاد المائي في مرحلة تشكل القرون ومعدل الفوسفور 120 كغ/هـ) تفوقت على بقية المعاملات وبلغت قيمتها 233.4 ppm بفرق ظاهري عن معاملة (التلقيح والإجهاد المائي في مرحلة تشكل القرون ومعدل الفوسفور 60 كغ /هـ) 225.3 ppm، وبفروق معنوية مع باقي المعاملات.

كان أدنى محتوى للبوتاسيوم المتاح في التربة عند المعاملة (عدم التلقيح والري الكامل ومعدل الفوسفور 0 كغ/هـ) حيث بلغ 186.4 ppm. ومن هنا يتضح التأثير المعنوي لكل من التلقيح بالمايكوريزا والإجهاد المائي وزيادة معدل السماد الفوسفاتي في زيادة محتوى البوتاسيوم المتاح في التربة.

الجدول (9): التأثير المشترك للإجهاد المائي ومعدل السماد الفوسفاتي والتلقيح بالمايكوريزا في محتوى البوتاسيوم المتاح في التربة ppm

معاملة التلقيح	معدل السماد الفوسفاتي	معاملة الإجهاد S		
		S1	S2	S3
-M	P1	186.4^{h}	200.5^{defgh}	199.4^{defgh}
	P2	192.7^{gh}	207.7^{cdef}	210.7^{bcde}
	P3	196.8^{efgh}	210.5^{bcde}	213.9^{bcde}
+M	P1	190.5^{h}	207.0^{defg}	209.3^{bcdef}
	P2	197.5^{efgh}	216.2^{bcd}	225.3^{ab}
	P3	209.2^{bcdef}	224.0^{abc}	233.4^{a}
LSD $_{0.05}$ S*N*P= 16.83, CV= 5.6 %				

الاستنتاجات والمقترحات:

– أثرت معاملة التلقيح بالمايكوريزا معنوياً في زيادة محتوى العناصر المعدنية المتاحة في التربة NPK كما كان لها دور مهم في خفض درجة pH التربة دون وجود فروق معنوية ملموسة بين معاملتي الإجهاد خلال مرحلتي الإزهار وتشكل القرون.

– أثرت المستويات المتزايدة من السماد الفوسفاتي في زيادة تركيز كلاً من الفوسفور والبوتاسيوم المتاح وخفض محتوى الآزوت المعدني في التربة.

– كان للإجهاد المائي أثر معنوي في رفع درجة pH التربة وفي زيادة تركيز الفوسفور والبوتاسيوم المتاح وفي خفض محتوى الآزوت المعدني في التربة دون وجود فروق معنوية بين معاملتي الإجهاد خلال مرحلتي الإزهار وتشكل القرون.

بناء على ماسبق ينصح بتطبيق تقنية تلقيح بذور الفول السوداني بالمايكوريزا لزيادة خصوبة التربة وتقليل كمية الأسمدة الفوسفاتية المضافة إلى الحد الأدنى 60 كغ/هـ للحفاظ على التوازن بين محتوى العناصر الغذائية المتاحة في التربة وأيضاً الحفاظ على قدرة النبات على امتصاص هذه العناصر وذلك في الظروف البيئية والترب المشابهة لظروف وتربة التجربة.

شكر: فريق العمل يشكر الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية على تقديم الدعم الكامل وتمويل البحث بالكامل، كما يشكر العاملين في مركز بحوث حمص ومخبر دائرة بحوث الموارد الطبيعية.

المراجع:

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

عودة، محمود وشمشم سمير (2008). خصوبة التربة وتغذية النبات. منشورات جامعة البعث كلية الهندسة الزراعية.

عودة، محمود والمحمد، إسماعيل والحسن حيدر (2011). تأثير التسميد العضوي والتلقيح بالمايكوريزا في كفاءة امتصاص نبات الذرة الصفراء للفوسفور وإنتاجه للمادة الجافة. المجلة العربية للبيئات الجافة 5(1): 98 – 101.

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

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

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.

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.

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..

Allen, E. B., M.F. Allen., D.J. Helm., J.M. Trappe., R. Molina., E. Rincon. (1995). Patterns and regulation of mycorrhizal plant and fungal diversity. Plant and Soil. 170: 47-62.

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

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. C. and Juniper, S.(1995). Non-destructive assessment of germination and single spore isolation of VAM fungi. Soil biology and Biochemistry, 27:85-91.

Cardoso, I.M. and Kuyper, T.W.(2006) . Mycorrhizas and tropical soil fertility. Agric Ecosyst Environ. 116: 72–84.

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 Arbuscular Mycorrhiza Fungal Inoculations in the Western Highlands of Cameroon.Plant. 10, 69-75. doi: 10.11648/j.plant.20221003.11.

Ciancio, A. and Mukerji, K.G. (2007). General concepts in integrated pest and disease management. Springer, The Netherlands. 359 pp.

Corwin, D.L., Lesch S.M. (2003). Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: theory, principles, and guidelines. Agron.J. 95: 454-471.

Dehne, H.W. (1982). Interaction between Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal fungi and plant pathogens. Phytopathology. 72: 1115-1119.

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.

Elsheikh, E.A.E. and E.M.M. Mohamedzein (1998). Effect of *brady rhyzobium*, VA mycorrhiza and fertilizers on seed composition of groundnut. Ann. Appl. Biol., 132:325-330.

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

Fatima, Z.; M. ZIA and M.F. Chaudhary (2007). Interactive effect of rhizobium strains and P on soybean yield, nitrogen fixation and soil Fertility. Pak. J. Bot., 39:255-264.

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.

Hamel, C.(2004). Impact of arbuscular mycorrhiza fungi on N and P cycling in the root zone. Canadian Journal of Soil Science. 84: 383 - 395.

Henriksen, H., Selmer-Olsen A.R.(1970). Automatic methods for determining m nitrate and nitrite in water and soil extracts. Analyst 95:514-581.

Htoon, W.; S. Jogloy; N. Vorasoot; B. Toomsan; W. Kaewpradit; N. Puppala and A. Patanothai (2014). Nutrient uptakes and their contributions to yield in peanut genotypes with different levels of terminal drought resistance. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 38:78-791.

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 .Of the Peanut Collaborative Research Support ProgramInternational 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.

Kolay, A.K. (2008). Soil moisture stress and plant growth. In: Kolay, A.K., editor. water and crop Growth. New Delhi, Tudia: Atlantic, pp.43-48.

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

Mahdi, S. S .; Hassan, G. I .; Samoon, S. A .; Rather, H. A , Dar, S.A and Zehra, B. 2010 . Bio – fertilizers in organic agriculture . Journal of Phytology .2 (10) : 42 – 54.

Maliha, R., K. Sarmina., A. Najma., A. Sadia., L. Farooq. (2004). Organic acid production and phosphate solubilization by phosphate solubilizing microorganisms under in vitro conditions. Pak. J. Biol. Sci., 7: 187 – 196.

Marx, E.S., Hart J.M., and Stevens R.G. (1999). Soil Test Interpretation Guide, EC 1478, Orgon State University, USA.

Mason, C.J. Coe, Edwards M., and Riby P. G (.1999). The use of microwaves in the acceleration of digestion and colour development in the determination of Total Kjeldahl nitrogen in soil. Analyst.124:1719-1726.

Morton, J.B., R.E. Koskae., S.L. Sturmer., S.P. Bentivenga. (2001). Mutualistic Arbuscular Endomycorrhizae 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.

Muhammad M., U. Isnatin, P. Soni and P.G. Adinurani. (2021). Effectiveness of mycorrhiza, plant growth promoting rhizobacteria and inorganic fertilizer on chlorophyll content in Glycine max (L.) cv. Detam-4 Prida. E3S Web Conf., 226: 1–8. https://doi.org/10.1051/ e3sconf/202122600031.

mycorrhizal fungi. Pesq. agropec. Bras., Barasilia, 41, (9): 1405 – 1411

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.

Nikolaou, N., K. Angelopoulos., N. Karagiannidis.(2003). Effects of drought stress on mycorrhizal and nonmycorrhizal Cabernet Sauvignon grapevine, grafted onto various rootstocks. Expl. Agric., 39: 241 – 252.

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.

Olsen, S.R., C. V. Cole, F. S. Watanabe, and L. A. Dean. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Dep.Agric. Circ. 939, USA.

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.

Phosphate solubilization and synergism between p – solubilizing and arbuscular mycorrhizal fungi. Pesq. agropec. Bras., Barasilia, 41, (9): 1405 – 1411

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

Rajaram, S. H. Meribemo. S.C. Roy and S.K. Nirmal. (2014). Studies on mass multiplication of Glomus mosseae (Arbuculur mycorrhizal fungs) for phosphofert, biofertelizer production, it is efficacy on phosphatic fertilizer Saving and Productivity in high yielding mulberry garden under west Bengal conditions. Int J Engin Sci ,4; 3,25-35.

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.

Rehman, R., Z. Ahmad, W. Ahmad, M. Mansoor and S. Masaud. (2019). Efficacy of different rhizobium strains on nodulation and seed yield in mungbea (Vegna radiata L.) cultivar "Inqalab Mung". Sarhad J. Agric., 35(4): 1099-1106.

Richards, L.A. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Handbook No. 60. USDA. Washington, D. C.

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.

Souchie, E.L., R. Azcon., J.M. Barea., O.J. Saggin-Junior., E.M.R. Silva. (2006). Phosphate solubilization and synergism between p – solubilizing and arbuscular

Sukmawati, S., A. Adnyana, D.N. Suprapta, M. Proborini, P. Soni and P.G. Adinurani. (2021). Multiplication arbuscular mycorrhizal fungi in corn (Zea mays L.) with pots culture at greenhouse. E3S Web Conf., 226: 1–10. https:// doi.org/10.1051/e3sconf/202122600044.

Taurian, T., F. Ibanfiez, A. Fabra, and O.M. Aguilar. (2006). Genetic diversity of rhizobia nodulating *Arachis hypogaea* L. in Central Argentina soils. Plant Soil, 282: 41–52. https://doi.org/10.1007/ s11104-005-5314-5.

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 (*Arachis hypogaea* 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.

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.

Effect of mycorrhizal inoculation and phosphate fertilizer on some soil fertility properties planted with peanut under water stress conditions

Heba Shams Aldden [1], Samir Shamsham [1] and Fadi Abbas[2]

[1] Lands Department, Faculty of Agricultural Engineering, Al-Baath University, Homs, Syria.

[2] General commission for Scientific Agricultural Research, Homs Research Center. Syria.

(*Corresponding author: Heba Shams Aldden. E-Mail: Lamar.shamss@gmail.com).

Received: 27/ 07/ 2024 **Accepted:** 16/ 09/ 2024

Abstract

The research was carried out during the year 2023 at the Center of Scientific 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 soil fertility characteristics under conditions of deficient irrigation during the flowering and pod formation stages. The experiment was designed according to the Split-split plots design, where stress treatments were placed in the main plots, phosphate fertilization treatments were placed in split plots, and mycorrhizal inoculation treatments were placed in split-split plots with three replicates. The results showed that inoculation with mycorrhiza had a significant effect on increasing the concentration of NPK nutrients available in the soil, and it also had a role in lowering the soil pH, without significant differences between the two stress treatments during the flowering and. pod formation stages. The increased levels of phosphate fertilizer and drought stress also increased the concentration of available phosphorus and potassium, and reduced the content of mineral nitrogen in the soil, without significant differences between the two stress treatments during the flowering and. pod formation stages . Increasing the phosphate fertilization rate had no significant effect on the degree of soil pH, nor did any of the studied factors have any effect on the degree of electrical conductivity of the soil.

Keywords: Mycorrhiza, Phosphate fertilizer, Water stress, Peanut.