

تأثير إضافة الفحم الحيوي والرش الورقي بالبورون في نمو وإنتاجية

نبات الفول البلدي *Vicia faba* L.

د. مريم العبدالله الكردوش*

د. محمد احمد الشيخ**

الملخص

نفذ البحث في مزرعة خاصة في محافظة ديالى خلال الموسم الزراعي 2024 باستخدام نبات الفول البلدي بهدف دراسة تأثير إضافة الفحم الحيوي بأربعة مستويات (0 - 200 - 400 - 600 كغ/دونم) والرش الورقي بالبورون بأربعة مستويات (0 - 4 - 6 - 8 مغ/لتر) في صفات النمو والصفات الإنتاجية، رشت النباتات بالبورون بمعدل رشتان، الأولى بعد شهر من الإنبات والثانية بعد الرش الأولى بشهر. بينت النتائج تفوق معاملة الفحم الحيوي (600 كغ/دونم) في جميع صفات النبات المدروسة (ارتفاع النبات، عدد الأوراق، عدد الأفرع، عدد الأزهار، عدد القرون، وزن البذور). كما حقق الرش بالبورون عند المستوى (8 مغ/ل) تفوقاً معنوياً على بقية معاملات الرش وعلى الشاهد في كل من (ارتفاع النبات، عدد الأوراق، عدد الأفرع، عدد الأزهار، عدد القرون، وزن البذور). كما أحدث تدخل الفحم الحيوي والرش الورقي بالبورون تأثيراً ملحوظاً في جميع الصفات، إذ كانت أفضل القيم لجميع الصفات المدروسة عند تدخل المستوى (600 كغ/دونم) من الفحم الحيوي مع المستوى (8 مغ/ل) من الرش الورقي.

الكلمات المفتاحية: الفحم الحيوي، البورون، الفول البلدي، النمو، الإنتاجية.

* مدير على الأعمال في قسم البساتين، كلية الهندسة الزراعية، جامعة الفرات، ديالى، سوريا.

** قسم التربة واستصلاح الأراضي، كلية الهندسة الزراعية، جامعة الفرات، ديالى، سوريا.

1- المقدمة والدراسة المرجعية:

يُعد الفول (*Vicia faba* L.) أحد أهم المحاصيل البقولية الشتوية الاقتصادية الأكثر انتشاراً واستخداماً، يمتلك هذا المحصول قيمة غذائية عالية نظراً لغنى بذوره بالبروتين والعناصر المعدنية والفيتامينات. يُعرف الفول بلحم الفقراء في كثير من دول العالم، ويُستخدم في سورية كمحصول غذائي وعلفي ومخصب للتربة أيضاً. كما تُستخدم أغصان نباتاته الجافة في بعض الدول الأفريقية كوقود ولصناعة الطوب (درويش، 2019).

تأتي أهمية هذا المحصول لكونه مصدراً غذائياً مهماً لملايين السكان ولدى المجتمعات الفقيرة وذوي الدخل المحدود ولا سيما دول شرق وشمال إفريقيا وبعض الدول الآسيوية، وتحتوي بذوره على نسبة عالية من البروتين والتي تقدر بحدود 25-40% فضلاً عما تحتويه من الكربوهيدرات والتي تصل نسبتها في اغلب الأصناف 56% (هذيلي والجبوري، 2016).

الفول نبات عشبي حولي ساقه قائمة مضلعة يتراوح ارتفاعه بين 80 - 110 سم وأزهاره بيضاء مع بقع سوداء أو أرجوانية اللون، تعد بذور الفول مصدراً مهماً للبروتين بنسبة (35%) والعديد من العناصر المعدنية كالبيوتاسيوم والكالسيوم والحديد والزنك والمغنيسيوم (Karkanis et al., 2018). تعتمد إنتاجية الفول على التسميد، ويعد الفول من البقوليات متوسطة الحساسية للملوحة (Mahdi, 2016).

بدأ استخدام الفحم الحيوي ينتشر كإحدى التقنيات الحديثة المستخدمة للإدارة المستدامة للتربة للحصول على إنتاج أكبر بأقل ضرر للتربة والبيئة (زيدان وآخرون، 2023). يمكن التعريف بالفحم الحيوي Biochar بأنه عبارة عن مادة صلبة متقحمة يتم الحصول عليها من التحلل الحراري Pyrolysis للمادة العضوية في بيئة محدودة أو عديمة الأكسجين، مما يؤدي إلى تكوين الفحم الغني بالكربون والذي يتميز بمقاومة عالية للتحلل البيولوجي (Thies and Rillig, 2009).

يعد الفحم الحيوي أحد المحسنات الحديثة للتربة التي ظهرت مؤخراً لغرض تحسين خصائصها وهو مادة طبيعية يتم خلطها بمكونات التربة ولا يترتب عن إضافته أي آثار جانبية ملوثة وبالتالي فهو محسن آمن بيئياً (Emmanuel and Anne, 2010) إذ يستخدم في تحسين الخصائص الفيزيائية والكيميائية والخصوبية للتربة حيث يوفر أسطحاً نشطة كيميائياً تقوم بتعديل ديناميكية مغذيات التربة ويساهم في زيادة السعة التبادلية الكاتيونية (CEC)، وهذا بدوره يساعد التربة على الاحتفاظ بالمغذيات وزيادة امتصاصها والحد من فقدانها عن طريق الرشح، بالإضافة إلى تعديل شكل التربة بشكل يفيد في نمو الجذور وحفظ المواد المغذية والمياه (امساهر، 2024).

إن إضافة الفحم الحيوي تعمل على تعزيز نمو النبات من خلال التأثير المباشر للفحم الحيوي عن طريق توفير المغذيات المعدنية، أو بشكل غير مباشر من خلال تحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية والحيوية للتربة (Enders et al., 2012; Cheng et al., 2012). ويعد الفحم الحيوي من بين الحلول المقترحة

والواعدة لتحسين خصائص التربة والحفاظ على خصوبتها وزيادة الاحتفاظ بالعناصر الغذائية، ولذلك يعتبر وسيلة هامة لمعالجة الترب المتدهورة، بالإضافة إلى التقليل من التكاليف المادية والتلوث البيئي -EI (Metwaly, 2020).

تخضع المصادر الشائعة التي يمكن استخدامها كالفحم الحيوي إلى حرارة عالية بحدود (400-600 م°) في مكان مغلق بعيداً عن الهواء، وهذه العملية تتشابه مع عملية تكوين فحم الطاقة (Charcoal) ولا تختلف عن ذلك غير أن عملية تحضير الفحم الحيوي (Biochar) تتم بغرض موجه نحو استخدامه كمحسن للتربة (Baronti et al., 2014). وهو يحوي على بنية عطرية حيث أن؛ حبيبات الفحم مكونة من جزيئات بلورية ميكرونية مكونة من عدد كبير من ذرات الكربون المعدني التي تشكل الحلقات العطرية وهي مركبات تتميز بحلقات سداسية من ذرات الكربون المرتبطة معاً والتي تتكدس بحلقات طولية على شكل أوراق، لذلك فهو كيميائي وأكثر استقراراً من الناحية البيولوجية في التربة ومقاوم للتحلل، ونتيجة لذلك فإن استخدام الفحم الحيوي له تأثير طويل المدى في التربة (jindo et al., 2012).

أظهرت نتائج ديوب وآخرون (2024) أن استخدام الفحم الحيوي على نبات فول الصويا بأربع مستويات (0-100-300-600 كغ/دونم) أدى إلى زيادة في جميع مؤشرات النمو والإنتاجية (طول النبات، مساحة المسطح الورقي، زيادة محتوى البذور من العناصر الغذائية الكبرى) عند المستوى (600 كغ/دونم) مقارنة مع جميع المعاملات ومع معاملة الشاهد.

وفي دراسة أجرتها يوسف وآخرون (2024) بإضافة مستويات مختلفة من الفحم الحيوي (0-2-4%) من التربة وزناً، وروث الأبقار (0-15-30 طن/هكتار) على نبات فول الصويا أظهرت النتائج: تفوق معاملة الفحم الحيوي 4% من التربة وزناً وروث الأبقار 30 طن/هكتار في زيادة (عدد القرون على النبات، عدد البذور في القرن، وزن المئة بذرة)، كما أسهمت أيضاً في خفض الكثافة الظاهرية للتربة ورفع المسامية الكلية والهوائية وخفض المسامية الشعرية.

وجد Lee وآخرون (2021) أن الإضافة المشتركة للفحم الحيوي والأسمدة المعدنية زاد من إجمالي الكربون والنيتروجين في التربة، كما زاد محتوى الكلوروفيل في الأوراق بشكل ملحوظ، ووزن الجذر الجاف، وإجمالي المغذيات النباتية المستخدمة من قبل نباتات الذرة الصفراء، وجد Mustafa وآخرون (2022) أن الفحم الحيوي المحضر من المخلفات الزراعية، عزز نمو المحاصيل وساهم خلطه مع الأسمدة المعدنية في تحسين الصفات الفيزيولوجية من حيث مؤشرات الكلوروفيل للورقة.

تلعب العناصر الغذائية وخاصة الصغرى دوراً مهماً في العديد من العمليات الحيوية والفيزيولوجيا للنبات، ويعد البورون من العناصر الغذائية الصغرى microelements الضرورية لنمو النبات واكتمال دورة حياته على الرغم من أن النبات يحتاجه بكميات قليلة جداً وبالإمكان إعطاء هذا العنصر عن طريق رشه على المجموع الخضري أو ما يسمى التغذية الورقية، أو من خلال التربة. وتعتبر المغذيات الورقية مساعد ضروري وفعال مع الأسمدة لزيادة الإنتاج (Kostadinov and Kosladinova, 2014).

يعد البورون أحد أهم العناصر المعدنية الأساسية المغذية للنباتات لما له من دور في التحكم في درجة امتصاص الماء وحركة السكريات داخل النبات إلى أماكن تخزينها، إن نقص البورون من المعوقات الرئيسية

للنباتات المزروعة في التربة الحامضية وأن الرش الورقي بهذا العنصر له تأثير إيجابي في الحاصل البيولوجي للنبات (Dhokne, 2022). وكذلك زيادة نسبة إنبات حبوب اللقاح وزيادة طول الانبوبة اللقاحية وبالتالي التقليل من نسبة إجهاض البويضات الأمر الذي يتجه كمحصلة مهمة في زيادة فاعليته في عملية التلقيح، كما أن البورون فعال في نقل الكربوهيدرات الى المناطق النشطة من النبات خلال مرحلة النمو الخضري، كما أن له دور في تكوين البكتين واللجنين، الذي يترسب في الساق ويعمل على زيادة قطر الساق وزيادة صلابته الذي ينعكس إيجاباً في زيادة الإنتاجية (Farag et al., 2022).

يعدّ البورون من المغذيات الصغرى الأساسية لنمو النبات وتطوره، حيث أفادت التقارير العلمية أن البورون يؤدي دوراً مهماً في تشكيل العقد الأزوتية في جذور نبات الفول، وفي تطور العقد الأزوتية (Weldu and Habtegiel, 2013).

وفيا يخص الترب الجافة وشبه الجافة فإنها تميل إلى ارتفاع الرقم الهيدروجيني pH والذي يؤدي إلى انخفاض جاهزية معظم العناصر الغذائية الصغرى الموجودة أصلاً في التربة ومن ضمنها عنصر البورون الذي يتأثر بهذه الظروف نتيجة لتعرضه إلى عمليات التثبيت والترسيب وانخفاض جاهزيته ومن ثم تقليل امتصاصه فلا يستفيد منه النبات بالقدر الكافي الذي يلبي حاجته (علي وآخرون، 2014).

يلعب البورون دوراً كبيراً في زيادة نشوء الأزهار والانقسام الخلوي وإنتاج حبوب اللقاح وزيادة عملية الاخصاب وتقليل نسبة الاجهاض، كما يساعد في زيادة انتقال المركبات الكربوهيدراتية إلى المناطق الفعالة من النمو ولاسيما في المراحل التكاثرية للنبات مما يؤدي إلى زيادة حاصل البذور، فضلاً عن دوره في تكوين البروتين خلال تثبيت النتروجين الجوي بالرايزوبيا المتخصصة في التربة (النعيمي والجميل، 2020). إن استخدام التغذية الورقية بالعناصر الصغرى من الأمور المهمة لتحقيق أفضل نمو وأعلى إنتاج حيث تعد الأخيرة جزءاً مهماً في تغذية النبات وتحسين نموه (الدليمي والمحمدي، 2014).

بينت نتائج تجربة Jasim and Amir (2014) أن جميع معاملات إضافة البورون على نبات الفول أدت إلى زيادة الوزن الجاف للجذور، ونسبة البروتين في البذور مقارنة مع الشاهد. وقد تسبب البورون بزيادة معنوية في نسبة البروتين بحوالي (7.37%) زيادة على الشاهد. أوضح العاني (2012) أن للبورون تأثيراً معنوياً في المساحة الورقية لنبات عباد الشمس حيث زادت المساحة الورقية بزيادة مستويات البورون وذلك لدوره الإيجابي في زيادة سرعة انقسام خلايا الورقة وزيادة توسعها.

أوضحت النتائج التي حصل عليها الدليمي والمحمدي (2014) عند رش الفول بثلاث مستويات من البورون (0، 0.75، 1.50 كغ/B هكتار) على شكل حامض البوريك (17% B) أن الرش بالمستوى (1.50 كغ/B هكتار) حقق أعلى معدل بصفات (ارتفاع النبات، عدد التفرعات، المساحة الورقية للنبات، الوزن الجاف للنبات، طول الجذر الرئيس).

أوضح Singht وآخرون (2013) أن إضافة البورون بتركيز 10 مغ/كغ للبورون رشا على المجموع الخضري لنبات البندورة قد أعطى فروقا معنوية واضحة لصفات النمو الخضري للحاصل قياساً مع الشاهد إذ

بلغ أعلى متوسط لارتفاع النبات ومتوسط عدد الأفرع ومعدل عدد الأوراق 203.57 سم، 33 فرع/نبات، 30.53 ورقة/نبات، على التوالي قياساً بالمقارنة التي سجلت أقل المستويات.

في تجربة حقلية أجراها Kutaiba (2012) لتسميد الفول بالبورون، حيث تضمنت أربع معدلات من البورون 0، 0.5، 1، 2 كغ بورون/هكتار فقد بينت النتائج ازدياداً معنوياً في صفات طول النبات، عدد الأفرع / نبات، عدد القرون وعدد البذور وازدياد معدلات التسميد بالبورون، ازدادت الغلة من البذور الجافة من 1.63 طن/هكتار (الشاهد)، إلى 3.82 طن/هكتار عند إضافة 2 كغ بورون/هكتار.

وجد هذيلي والجبوري (2016) في تجربة حقلية على نبات الفول حيث تم الرش بثلاث تراكيز من البورون (0، 25، 50 ملغ/لتر) على شكل حامض البوريك (17% B) تفوقاً معنوياً للمستوى (50 ملغ/لتر) حيث أعطى أعلى معدل لعدد الايام من الزراعة حتى 50% إزهار، وارتفاع النبات، وعدد التفرعات الرئيسية، والمساحة الورقية، وطول القرن، والوزن الجاف للمجموع الخضري وازدياد مقدارها (7.26 - 8 - 27.19 - 31.55 - 18.3 - 40.44 %) على التوالي مقارنة بمعاملة الشاهد.

2- مبررات وأهداف البحث:

تأتي أهمية البحث من كون الفول محصول رئيسي في الزراعة فضلاً عن دوره كمصدر بروتيني نباتي في التغذية البشرية.

هناك العديد من المشاكل التي تواجه القطاع الزراعي في المنطقة العربية عامة ومنطقتنا خاصة، والعديد من التحديات والمعوقات التي تقف أمام نمو وتطور نبات الفول، كالأجهادات البيئية والتغيرات المناخية المتزايدة وتدهور خواص التربة، إذ تعاني التربة في منطقتنا من غسيل للعناصر الغذائية بعيداً عن منطقة الجذور، مما يؤدي إلى نقص المغذيات الأساسية اللازمة للنبات، كما يعمل على تلوث المياه الجوفية. يعتبر الفحم الحيوي من الحلول الواعدة التي تساهم في التخفيف من حدة هذه التحديات كونه يستهدف المحصول والتربة على حد سواء، ويساهم في العمل على استدامة التربة كونها أحد الموارد الطبيعية الهامة، كما يعمل على تحقيق التوازن في مستويات مغذيات التربة من خلال قدرته على مسك العناصر الغذائية في التربة وكمحسن للخواص الطبيعية والكيميائية والحيوية لها، وبالتالي يساهم في زيادة إنتاج المحاصيل الزراعية، فضلاً عن الآثار البيئية الإيجابية المرافقة له.

ونظراً لأهمية عنصر البورون في تنشيط عدد كبير من الأنزيمات والتي يمكن عدها مفتاحاً لتحسين إنتاجية المحصول والتي يحتاجها الفول لمتابعة نموه وتطوره لذا كان لابد من إجراء دراسة لمعرفة:

1. معرفة تأثير الفحم الحيوي في نمو وتطور وإنتاجية نبات الفول وتحديد التركيز الأمثل منه.
2. دراسة تأثير الرش الورقي بالبورون على بعض الصفات المورفولوجية والإنتاجية لنبات الفول.
3. تحديد التركيز الأمثل من البورون الذي يترافق معه أفضل نمو وإنتاج من نبات الفول.
4. أثر التداخل بين الفحم الحيوي والبورون في نمو وإنتاجية نبات الفول.

3- مواد وطرائق البحث:

3-1- موقع ومكان تنفيذ البحث: نُفذ البحث في مزرعة خاصة في محافظة ديرالزور (دير الزور: 035.34 شمال 40.14 0 شرق 210 متر فوق سطح البحر)، تمتاز أراضي المناطق الشرقية عامة ومنها المنطقة المدروسة بمناخ خاص هو المناخ الجاف الذي يتسم بقلّة الأمطار، وارتفاع درجات الحرارة بشكل ملحوظ في أشهر الصيف، وانخفاض الرطوبة النسبية، وزيادة شدة الرياح ذات الاتجاهات المختلفة والمثيرة للغبار والرمل.

3-2- المادة النباتية والمواد المستخدمة:

استخدم في البحث الفول البلدي ويتميز بما يلي: إنتاجية جيدة ومقاومة عالية للأمراض ملائم للزراعة الحقلية والمحمية الثمار ذات مواصفات تسويقية عالية.

تم الحصول على الفحم الحيوي المستخدم في التجربة من بقايا الأشجار، والمحضرة بطريقة التفحيم في ظروف لاهوائية على حرارة 400-500 م°، ومعبأ في أكياس بلاستيكية بوزن (8) كغ مدون عليها مواصفات الفحم الحيوي كما هي موضحة في الجدول (3) وتم إضافة الفحم الحيوي إلى التربة قبل الزراعة وفق المعدلات (0-200-400-600 كغ/دونم).

أما بالنسبة للبورون فقد كانت إضافته للنباتات رشاً على المجموع الخضري بعد شهر من الإنبات للرشة الأولى، والثانية بعد شهر من الرشة الأولى، إذ حضر المحلول المائي للبورون وفق النسب المطلوبة وكان مصدره سماد البوراكس 11%. إذ تمت إذابة الوزن المحدد من العنصر مع كمية من الماء والرج حتى الذوبان التام ثم تكملة الماء إلى التركيز المطلوب.

3-3- المؤشرات المتعلقة بالتربة قبل الزراعة:

تم أخذ عينات ترابية مركبة ممثلة لموقع تنفيذ البحث، وبعد تجفيف عينات التربة وتنظيفها من بقايا الجذور تم طحنها وغربلتها بغربال قطر فتحاته (2) mm، وأجريت لها التحاليل الفيزيائية والكيميائية:

3-3-1- التحاليل الفيزيائية للتربة:

تم إجراء التحاليل في مخابر قسم التربة واستصلاح الأراضي، كلية الهندسة الزراعية بديرالزور، جامعة الفرات.

1. التحليل الميكانيكي لتحديد قوام التربة (%) بطريقة Hydrometer، وتحديد نسيج التربة اعتماداً على مثلث القوام حسب وزارة الزراعة الأمريكية (Gupta, 2000).

2. تقدير الكثافة الظاهرية للتربة (غ/سم³) بطريقة سلندر الكثافة (حجمياً). قدرت الكثافة الظاهرية حقلياً بواسطة اسطوانة معلومة الحجم (Blake and Hartge, 1986).

3. تقدير الكثافة الحقيقية للتربة (غ/سم³) مخبرياً بطريقة البكنومتر (Blake and Hartge, 1986).

4. حساب المسامية (%) بدلالة الكثافة الظاهرية والكثافة الحقيقية من العلاقة التالية:

$$100 \times \frac{\text{الكثافة الظاهرية}}{\text{الكثافة الحقيقية}} - 1$$

3-3-2- التحاليل الكيميائية للتربة:

1. تحديد رقم pH في مستخلص العجينة المشبعة بواسطة (pH-meter) (Conyers and Davey, 1988).

2. تقدير الناقلية الكهربائية (ECe، ديسمينز/م) في مستخلص العجينة بواسطة جهاز الناقلية الكهربائية (Rhoades, 1990) Electricity conductivity.

3. تقدير (%) للمادة العضوية بطريقة الأكسدة الرطبة بثاني كرومات البوتاسيوم في وسط شديد الحموضة (Walkley and Black, 1934).

4. الأزوت المعدني بطريقة كداهل (Mulvaney, 1996).

5. الفوسفور المتاح بطريقة (Olsen) واستعمل جهاز (Olsen et al., 1954) Spectrophotometer.

6. البوتاسيوم المتاح باستخدام جهاز (Jackson, 1995) Flame photometer.

من خلال الجدولين (1) و(2) نلاحظ بأن التربة ذات قوام طيني وتمتاز بقلوية خفيفة وغير مالحة وذات محتوى منخفض من المادة العضوية والأزوت والفوسفور ومتوسطة المحتوى من البوتاسيوم.

جدول (1) يبين بعض الخواص الفيزيائية لتربة (الشاهد) قبل الزراعة.

قوام التربة	التحليل الميكانيكي %			المسامية العامة %	الكثافة الظاهرية غ/سم ³	الكثافة الحقيقية غ/سم ³	العمق (سم)
	طين	سلت	رمل				
طمي طيني	36.63	36.85	26.52	42.80	1.47	2.57	30-0
طمي طيني	39.84	37.56	22.6	41.69	1.51	2.59	60-30

جدول (2) يبين الخواص الكيميائية لتربة (الشاهد) قبل الزراعة.

العمق (سم)	ECe	pH _{KCl}	% OM	N مغ/كغ	P ₂ O ₅ مغ/كغ	K ₂ O مغ/كغ
30-0	0.73	7.92	0.69	4.3	6.7	233
60-30	0.65	8.1	0.65	4.1	6.4	134

فيما يظهر الجدول رقم (3) بعض الصفات الكيميائية للفحم الحيوي المستخدم بالتجربة.

جدول (3) يبين مواصفات الفحم الحيوي المستخدم في الدراسة بحسب الشركة المصنعة (مدونة على العبوة).

K	P	N	CaCO ₃	OM	EC	pH
مغ/كغ		%	الكلية %	%	مليلموز/سم	
2	7	1.50	8.5	1.4	2.52	8.50

3-4- تصميم التجربة والتحليل الإحصائي:

استخدم في تصميم التجربة طريقة التجارب العاملية (Factorial Experiments) وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) بثلاثة مكررات وبمعدل (30) نبات في المكرر الواحد، لدراسة تأثير كل من العامل الأول الفحم الحيوي والعامل الثاني معدلات الرش الورقي بالبورون وتداخلهما، وبالتالي تطلب لتنفيذ التجربة 48 قطعة تجريبية.

معاملات التجربة:

- تم إضافة أربع مستويات من الفحم الحيوي وهي (0 - 200 - 400 - 600) كغ/ دونم .
 - الرش الورقي بالبورون بأربعة مستويات (0 - 4 - 6 - 8) مغ/لتر . من سماد البوراكس 11%.
- 1- المعاملة الاولى: الشاهد بدون أي إضافة
 - 2- المعاملة الثانية: إضافة 200 كغ/ دونم فحم حيوي
 - 3- المعاملة الثالثة: إضافة 400 كغ/ دونم فحم حيوي
 - 4- المعاملة الرابعة: إضافة 600 كغ/ دونم فحم حيوي
 - 5- المعاملة الخامسة: الرش الورقي بـ 4 مغ/لتر بالبورون
 - 6-المعاملة السادسة: الرش الورقي بـ 6 مغ/لتر بالبورون
 - 7-المعاملة السابعة: الرش الورقي بـ 8 مغ/لتر بالبورون
 - 8- المعاملة الثامنة: إضافة 200 كغ/ دونم فحم حيوي + الرش الورقي بـ 4 مغ/لتر
 - 9- المعاملة التاسعة: إضافة 200 كغ/ دونم فحم حيوي + الرش الورقي بـ 6 مغ/لتر
 - 10 - المعاملة العاشرة: إضافة 200 كغ/ دونم فحم حيوي + الرش الورقي بـ 8 مغ/لتر
 - 11- المعاملة الحادية عشرة: إضافة 400 كغ/ دونم فحم حيوي + الرش الورقي بـ 4 مغ/لتر
 - 12- المعاملة الثانية عشرة: إضافة 400 كغ/ دونم فحم حيوي + الرش الورقي بـ 6 مغ/لتر

- 13- المعاملة الثالثة عشرة: إضافة 400 كغ/ دونم فحم حيوي + الرش الورقي بـ 8 مغ/لتر
 14- المعاملة الرابعة عشرة: إضافة 600 كغ/ دونم فحم حيوي + الرش الورقي بـ 4 مغ/كغ
 15- المعاملة الخامسة عشرة: إضافة 600 كغ/ دونم فحم حيوي + الرش الورقي بـ 6 مغ/لتر
 16- المعاملة السادسة عشرة: إضافة 600 كغ/ دونم فحم حيوي + الرش الورقي بـ 8 مغ/لتر

3-5- خطوات تنفيذ البحث:

3-5-1- إعداد الأرض للزراعة:

تم حراثة الأرض وتنعيمها وتسويتها وتقسيمها إلى ثلاثة قطاعات وكل قطاع إلى 16 وحدة تجريبية وكل وحدة تجريبية تحوي ثلاث خطوط (كل خط بطول 1.50 م والمسافة بين خط وآخر 0.4 م) تركت مسافة 1م بين الوحدات التجريبية، و 2 م بين القطاعات، مساحة القطعة التجريبية 1.8م² أي بأبعاد (1.20*1.50) م² ثم زرعت التجربة بمحصول الفول البلدي على عمق 5 سم ومسافة 15 سم بين الجور، وتمت الزراعة بتاريخ 2024/11/10 وضعت ثلاث بذور في الجورة الواحدة، وخفت النباتات إلى نبتة واحدة بعد الإنبات. تم إضافة الأسمدة الأزوتية بمعدل 30 كغ N/ هكتار، والفوسفورية 60 كغ P₂O₅ / هكتار، والأسمدة البوتاسية 60 كغ K₂O / هكتار، أضيفت الأسمدة الفوسفاتية والبوتاسية عند تحضير التربة للزراعة، أما الأسمدة الأزوتية أضيفت قبل الزراعة.

3-5- تحليل النتائج إحصائياً:

حللت النتائج إحصائياً بوساطة برنامج GenStat 12 th واعتمد جدول تحليل التباين ANOVA عن طريق حساب قيمة أقل فرق معنوي (L.S.D) عند مستوى المعنوية (5%).

3-6- قراءات البحث:

- 1- ارتفاع النبات (سم): تم حساب متوسط ارتفاع خمسة نباتات من سطح التربة إلى القمة النامية للنبات.
- 2- عدد الأوراق (ورقة/ نبات): تم حساب عدد أوراق لخمس نباتات أخذت عشوائياً من كل معاملة ولجميع المعاملات ثم حسب معدل النبات الواحد.
- 3- عدد الأفرع فرع/ نبات: تم حسابها من بداية الساق الرئيس ي القريب من سطح التربة وحتى آخر تفرع باتجاه القمة النامية لخمس نباتات ثم حسب المتوسط.
- 4- عدد الأزهار: زهرة/نبات
- 5- عدد القرون: قرن /نبات

6- وزن البذور: ب غ/نبات

4- النتائج والمناقشة:

الجدول (4) يبين تأثير إضافة الفحم الحيوي والرش الورقي بالبورون في بعض الصفات المورفولوجية لنبات الفول البلدي.

عدد الأفرع	ارتفاع النبات	عدد الأوراق (ورقة/نبات)	المعاملات		
3	60.2	24.2	0	الفحم الحيوي	
3.2	61	25.4	200 كغ/دونم		
3.6	61.5	27.0	400 كغ/دونم		
3.8	63	28.1	600 كغ/دونم		
0.2306	0.2105	0.1630	LSD		
2.9	60.1	24.1	0 مغ/لتر	البورون	
3.1	60.4	24.8	4 مغ/لتر		
3.3	60.8	25.1	6 مغ/لتر		
3.5	61.2	26.3	8 مغ/لتر		
0.4103	0.2977	0.3122	LSD		
3	60.0	24.0	0 مغ/لتر	0	الفحم الحيوي x البورون
3	60.2	24.7	4 مغ/لتر		
3.2	60.6	26.2	6 مغ/لتر		
3.4	61	26.4	8 مغ/لتر		

3.2	61.1	25.4	0 مغ/ لتر	200 كغ/دونم	
3.4	61.8	25.7	4 مغ/ لتر		
3.6	61.9	26	6 مغ/ لتر		
3.8	62	26.5	8 مغ/ لتر		
3.6	61.6	27.0	0 مغ/ لتر	400 كغ/دونم	
3.8	61.9	27.5	4 مغ/ لتر		
3.9	62	27.9	6 مغ/ لتر		
4	62.5	28	8 مغ/ لتر		
3.8	63	28.0	0 مغ/ لتر	600 كغ/دونم	
3.9	63.3	28.5	4 مغ/ لتر		
4.1	63.7	28.9	6 مغ/ لتر		
4.5	64	29.4	8 مغ/ لتر		
0.5949	0.4346	0.8463	LSD		

تبين نتائج الجدول (4) أن النباتات المسمدة بالفحم الحيوي عند المستوى الرابع (600 كغ/دونم) حققت تفوقاً معنوياً لصفة ارتفاع النبات على باقي المعاملات؛ إذ بلغ الارتفاع (63 سم)، بينما بلغت أقل قيمة في الشاهد غير المسمد بالفحم الحيوي وكانت (60.2 سم). كما نلاحظ أنه مع زيادة معدل إضافة الفحم الحيوي تحدث زيادة في ارتفاع النبات، ويمكن أن تعزى الزيادة في ارتفاع النبات إلى دور الفحم الحيوي في زيادة المحتوى الرطوبي للتربة وكذلك قدرتها على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية مما ينعكس إيجاباً على تحسين الصفات المورفولوجية والإنتاجية للنبات مما ينعكس إيجاباً في زيادة ارتفاع النبات، وهذا يتفق مع ما توصل إليه (ديوب وآخرون، 2024).

أما فيما يتعلق بمعاملات الرش الورقي بالبورون فقد تفوقت النباتات عند المستوى الرابع (8 مغ/لتر) من الرش معنوياً على باقي المعاملات، بينما انخفض ارتفاع النبات معنوياً في الشاهد (60.1 سم)، كما نلاحظ زيادة في الارتفاع مع زيادة معدلات الرش الورقي بالبورون، ويفسر ذلك إلى الدور الإيجابي للبورون في نقل المواد الكربوهيدراتية من المصدر إلى المصب، وحماية الأوكسين IAA وانتقاله وبالتالي زيادة انقسام وتوسع الخلايا في مراكز النمو مما أعطى أعلى فرصة للنمو، ومن المعلوم ان زيادة تركيز IAA يؤدي الى زيادة استطالة الخلايا، مما يؤثر في استطالة السلاميات ومن ثم زيادة ارتفاع النبات وهذا يتفق مع ما توصل إليه (هذيلي والجبوري، 2016).

أما فيما يتعلق بالتأثير المشترك لإضافة الفحم الحيوي والرش الورقي بالبورون، فقد حققت معاملة الفحم الحيوي عند المستوى الرابع (600 كغ/دونم) مع الرش الورقي بالبورون عند المستوى الرابع (8 مغ/لتر) أعلى ارتفاع للنبات (64 سم)، بينما كانت أقل قيمة للارتفاع في الشاهد حيث بلغت (60 سم) وتبين النتائج أيضاً أن هناك زيادة في ارتفاع النبات مرافقة لزيادة معدلات إضافة الفحم الحيوي والرش الورقي بالبورون في حال إضافتهما معاً.

يلاحظ من الجدول (4) تفوق النباتات المعاملة بالفحم الحيوي عند المستوى الرابع (600 كغ/دونم) معنوياً على باقي المعاملات من حيث عدد الأوراق فقد بلغ (28.1 ورقة/نبات)، بينما انخفض عدد الأوراق معنوياً في الشاهد (24.2 ورقة/نبات)، وتبين النتائج أيضاً زيادة عدد الأوراق مع زيادة معدلات الفحم الحيوي، ويعزى السبب في زيادة عدد الأوراق عند معاملة النباتات بالفحم الحيوي إلى دوره الفعال في تنشيط عدد من الأنزيمات في مراحل نمو النبات جميعها الضرورية لتمثيل البروتينات، والكربوهيدرات فيؤدي ذلك إلى قوة النمو الخضري، وتأخير شيخوخة الأوراق، وتتفق هذه النتائج مع (امسائل، 2024).

أما فيما يتعلق بمعاملات الرش الورقي بالبورون فقد سجلت المعاملة الرابعة (8 مغ/لتر) تفوقاً معنوياً في عدد الأوراق على باقي المعاملات وعلى الشاهد، فقد بلغ عدد الأوراق (26.3 ورقة/نبات)، بينما كانت أقل قيمة في معاملة الشاهد (24.1 ورقة/نبات)، ونلاحظ ترتيباً تصاعدياً لعدد الأوراق يتوافق مع زياد مستويات الرش الورقي بالبورون، ويعزى سبب زيادة عدد الأوراق في النباتات المعاملة بالرش الورقي بالبورون بأنه يؤثر في انقسام الخلايا وتشكل البراعم الخضرية والزهرية ويساعد على نقل نواتج التمثيل الضوئي إلى المناطق الفعالة للنمو وهذا انعكس على زيادة عدد الأوراق في النبات وهذا يتفق مع ما توصل إليه (العبيدي والمفرجي، 2019).

وتشير النتائج أيضاً إلى التأثير الإيجابي لتفاعل معاملات التسميد بالفحم الحيوي والرش الورقي بالبورون في عدد الأوراق؛ فقد بلغت أعلى قيمة عند تداخل المستوى الرابع من التسميد بالفحم الحيوي (600 كغ/دونم) مع المستوى الرابع من الرش الورقي بالبورون (8 مغ/لتر) حيث بلغ عدد الأوراق (29.4 ورقة/نبات) بينما انخفضت القيمة في الشاهد (24 ورقة/نبات).

نستج من المعطيات الواردة في الجدول (4) حدوث تفوق معنوي لعدد الأفرع عند إضافة المستوى الرابع (600 كغ/دونم) من الفحم الحيوي، فقد بلغ (3.8 فرع/نبات) مقارنة بباقي المستويات ومع الشاهد (3 فرع/نبات). وقد يعود سبب زيادة عدد الأفرع بزيادة الفحم الحيوي للدور الوظيفي الذي يؤديه في نمو النبات وتطوره بدءاً من انقسام الخلايا المرستيمية وتوسعها إلى نهاية نمو النبات من خلال التحكم في آلية فتح الثغور وغلقتها التي ترتبط بتجمع الكربوهيدرات في الخلايا الحارسة وبالتالي السرعة في إنتاج البروتينات وزيادة عدد الأفرع وتتفق هذه النتائج مع (Sheikh et al., 2022).

وتشير نتائج الجدول إلى زيادة عدد الأفرع مع المعدلات المرتفعة من الرش الورقي بالبورون؛ فقد بلغت أعلى قيمة لعدد الأفرع عند المعاملة الرابعة (8 مغ/لتر) حيث بلغت (3.5 فرع/نبات)، وبفارق معنوي ملحوظ مقارنة بباقي المعاملات، ومع الشاهد الذي بلغ فيه عدد الأفرع (2.9 فرع/نبات). وهذا يعود إلى دور البورون في انقسام الخلايا، وتشكل البراعم الخضرية والزهرية، ويساعد على انتقال نواتج التمثيل الضوئي إلى المناطق

الفعالة للنمو، وهذا انعكس على زيادة عدد الأفرع في النبات وهذا يتفق مع ما توصل إليه كل من (هذيلي والجبوري، 2016) و (حبيب وآخرون، 2023).

أما فيما يتعلق بالتأثير المشترك لإضافة الفحم الحيوي والرش الورقي بالبورون، فقد حققت معاملة التسميد بالفحم الحيوي عند المستوى الرابع (600 كغ/دونم) مع الرش الورقي بالبورون عند المستوى الرابع (8 مغ/لتر) أعلى قيمة لعدد الأفرع فقد بلغ (4.5 فرع/نبات)، بينما بلغت أقل قيمة لعدد الأفرع في الشاهد حيث بلغت (3 فرع/نبات)؛ وتبين النتائج بأن هناك زيادة في عدد الأفرع للنبات مرافقة لزيادة معدلات الفحم الحيوي والرش الورقي بالبورون في حال إضافتهما معاً.

الجدول (5) يبين تأثير إضافة الفحم الحيوي والرش الورقي بالبورون في بعض الصفات الإنتاجية لنبات الفول البلدي.

وزن البذور(غ/نبات)	عدد القرون (قرن/نبات)	عدد الأزهار) (زهرة/نبات)	المعاملات		
28.1	10.6	12.3	0	الفحم الحيوي	
35.1	12	14	200كغ/دونم		
37.3	14.6	17.8	400كغ/دونم		
39.0	15.5	19.2	600كغ/دونم		
0.9460	0.9691	1.4056	LSD		
28.4	10.8	12.5	0 مغ/لتر	البورون	
35.1	12.2	15	4 مغ/لتر		
37.2	14.7	17.9	6 مغ/ لتر		
38.9	15.4	19.3	8 مغ/ لتر		
1.6439	1.1643	0.9872	LSD		
28	10.6	13	0 مغ/ لتر	0	الفحم الحيوي×البورون
35.0	12.2	15	4 مغ/ لتر		
37.1	14.7	17.8	6 مغ/ لتر		

38.8	15.3	19.3	8 مغ/ لتر		
35.1	12	14.1	0 مغ/ لتر	200 كغ/دونم	
35.2	12.3	15.1	4 مغ/ لتر		
37.3	14.9	17.9	6 مغ/ لتر		
39	15.6	19.5	8 مغ/ لتر		
28.1	10.6	17.1	0 مغ/ لتر		400 كغ/دونم
37.9	12.8	17.9	4 مغ/ لتر		
38	13.1	18.3	6 مغ/ لتر		
38.2	15.8	19.5	8 مغ/ لتر		
28.2	10.5	18	0 مغ/ لتر	600كغ/دونم	
38.1	13	18.8	4 مغ/ لتر		
39.5	13.4	19.1	6 مغ/ لتر		
41.2	16.7	21.1	8 مغ/ لتر		
0.9442	0.7344	0.9379	LSD		

تشير نتائج التحليل الإحصائي في الجدول (5) حدوث زيادة ملحوظة في عدد الأزهار عند معاملات التسميد بالفحم الحيوي فقد بلغت أعلى قيمة لعدد الأزهار (19.2 زهرة/نبات) عند المستوى الرابع (600 كغ/دونم) وبفارق معنوي ملحوظ مقارنة مع باقي المعاملات ومع الشاهد الذي حقق أقل قيمة لعدد الأزهار (12.3). يرجع السبب في ذلك إلى أن إضافة الفحم الحيوي إلى التربة يزيد طاقتها الإنتاجية في الطبقة السطحية وكتلة الكائنات الحية الدقيقة، ونشاطها، ويحسن علاقات ماء التربة والسعة الحقلية والسعة التبادلية الكاتيونية ويزيد من تراكيز عناصر الفوسفور والبوتاسيوم والكربون الكلي وأزوت التربة الإجمالي كما يزيد من تركيز البوتاسيوم والفوسفور في أنسجة النبات مما أدى إلى التطور المبكر للمجموع الجذري ونموه الجيد وسهولة امتصاصه للعناصر المعدنية (الكبرى والصغرى) مؤثراً بصورة، إيجابية في نمو النباتات خضرياً والذي انعكس على عدد الأزهار مما أدى إلى زيادتها وهذا يتفق مع توصل إليه (قاسم وآخرون، 2022).

وفيما يتعلق بمعاملات الرش الورقي بالبورون، فقد تفوق المستوى الرابع (8 مغ/لتر) معنوياً من حيث عدد الأزهار حيث بلغت (19.3 زهرة/نبات) على باقي المعاملات وعلى الشاهد (12.5 زهرة/نبات). وتعزى الزيادة في عدد الأزهار بزيادة مستويات الرش الورقي بالبورون إلى دور البورون في تحفيز العمليات الحيوية والتكاثرية في مرحلة التزهير وهذا يتفق مع ما توصل إليه (Allen et al., 2006).

كما يظهر الجدول الأثر الإيجابي للفحم الحيوي والرش الورقي بالبورون حيث حقق تداخل المستوى الرابع (600 كغ/دونم) للفحم الحيوي مع المستوى الرابع (8 مع/لتر) من البورون زيادة معنوية في عدد الأزهار (21.1 زهرة/نبات) مقارنة مع باقي التداخلات ومع الشاهد (13 زهرة/نبات).

نستج من المعطيات الواردة في الجدول (5) تفوق معنوي لعدد القرون عند إضافة المستوى الرابع (600 كغ/دونم) من الفحم الحيوي فقد بلغت أعلى قيمة له (15.5 قرن/نبات) مقارنة مع باقي المستويات ومع الشاهد (10.6 قرن/نبات) كما نلاحظ زيادة في عدد القرون مع مستويات الفحم الحيوي المرتفعة، ويمكن تفسير هذه الزيادة إلى دور هذا السماد في زيادة كفاءة عملية التركيب الضوئي وصنع الغذاء، والذي أدى إلى زيادة عدد القرون/نبات إذ أن توفر النتروجين وانخفاض التنافس على العناصر الغذائية يزيد عدد القرون بالنبات الواحد وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (يوسف وآخرون، 2024).

كما تشير النتائج إلى زيادة عدد القرون مع المعدلات المرتفعة من الرش الورقي بالبورون فقد بلغت أعلى قيمة لعدد القرون عند المعاملة الرابعة (8 مع/لتر) وبفارق معنوي ملحوظ (15.4 قرن/نبات) مقارنة مع باقي المعاملات ومع الشاهد الذي انخفض فيه عدد القرون معنوياً إلى (10.8) ويعزى ذلك إلى الدور الإيجابي للبورون في زيادة وانقسام خلايا إنتاج حبوب اللقاح وزيادة عملية الإخصاب، وعقد الأزهار إضافة إلى زيادة انتقال المواد المصنعة في عملية التمثيل الضوئي إلى أماكن احتياجها في النبات، وهذا يتفق مع نتائج (سلامة وآخرون، 2015).

أما فيما يتعلق بالتأثير المتبادل لكل من الفحم الحيوي والرش الورقي بالبورون فقد حقق التداخل عند المستويات المرتفعة تزايداً ملحوظاً لعدد القرون فقد بلغت أعلى قيمة عند المعاملة الرابعة (600 كغ/دونم) للفحم الحيوي والمعاملة الرابعة (8 مع/لتر) للرش الورقي بالبورون كانت (16.7 قرن/نبات) بينما كانت أقل قيمة لعدد القرون في الشاهد فقد بلغت (10.6).

نستج من المعطيات الواردة في الجدول (5) تفوق معنوي لوزن البذور عند إضافة المستوى الرابع من الفحم الحيوي (600 كغ/دونم) فقد بلغت أعلى قيمة (39 غ/نبات) مقارنة مع باقي المستويات ومع الشاهد (28.1 غ/نبات). وقد يعود سبب زيادة وزن البذور بزيادة الفحم الحيوي في خفض نسبة الحبوب الضامرة والمنكمشة وذلك عن طريق إمداد النبات بالعناصر المغذية المساعدة على اكتمال نموه ونضجه وامتلاء بذوره وزيادة حجمها وبالتالي تحقيق ارتفاع ملحوظ وواضح في صفة وزن البذور وهذا يتفق مع ما توصل إليه (Khalid et al., 2013) و (درياق والمدني، 2024).

كما تشير النتائج إلى زيادة وزن البذور مع المعدلات المرتفعة من الرش الورقي بالبورون فقد بلغت أعلى قيمة لوزن البذور عند المعاملة الرابعة (8 مع/لتر) وبفارق معنوي ملحوظ (38.9 غ/نبات) مقارنة مع باقي المعاملات السمادية ومع الشاهد الذي انخفض فيه وزن البذور معنوياً (28.4 غ/نبات). ويمكن تفسير الزيادة الحاصلة في هذه الصفة بزيادة مستويات الرش الورقي بالبورون إلى الدور الإيجابي في زيادة عقد الأزهار وانقسام الخلايا وإنتاج حبوب اللقاح وزيادة عملية الإخصاب التي ينجم عنها زيادة في وزن البذور على النبات وتتفق هذه النتائج مع (EL-Yazied and Mady, 2012) و (حبيب وآخرون، 2023).

أما فيما يتعلق بالتأثير المشترك لإضافة الفحم الحيوي والرش الورقي بالبورون، فقد حققت معاملة الفحم الحيوي عند المستوى الرابع (600 كغ/دونم) مع الرش الورقي بالبورون عند المستوى الرابع (8 مغ/لتر) أعلى قيمة لوزن البذور (41.2)، بينما بلغت أقل قيمة لوزن البذور في الشاهد حيث بلغت (28 غ/نبات) كما تبين النتائج بأن هناك زيادة في وزن البذور مرافقة لزيادة معدلات الفحم الحيوي والبورون في حال إضافتهما معاً.

- الاستنتاجات:

من خلال استعراض نتائج البحث يمكن التوصل إلى الاستنتاجات التالية:

1. أثبت الفحم الحيوي في التربة قدرته على زيادة النمو والإنتاجية بشكل ملحوظ.
2. حقق التسميد بالفحم الحيوي عند المستوى الرابع (600 كغ/دونم) تفوقاً ملحوظاً في جميع الصفات المدروسة من حيث (ارتفاع النبات، عدد الأوراق، عدد الأفرع، عدد الأزهار، عدد القرون، وزن البذور).
3. أثر الرش الورقي بالبورون عند المستوى الرابع (8 مغ/لتر) بشكل معنوي في جميع الصفات المدروسة من حيث (ارتفاع النبات، عدد الأوراق، عدد الأفرع، عدد الأزهار، عدد القرون، وزن البذور).
4. أحدث التداخل بين معاملات التسميد بالفحم الحيوي والرش الورقي بالبورون تأثيراً إيجابياً في (ارتفاع النبات، عدد الأوراق، عدد الأفرع، عدد الأزهار، عدد الثمار، وزن البذور).
5. المقترحات:

انطلاقاً مما سبق ونظراً لأهمية استخدام الفحم الحيوي كسماد والرش الورقي بالبورون نوصي بمايلي:

1. استخدام الفحم الحيوي بمستوى (600 كغ/دونم) مع المستوى (8 مغ/لتر) من الرش الورقي بالبورون في تسميد نبات الفول البلدي نظراً للحصول على أفضل النتائج عند هذين المستويين.
2. متابعة الدراسة على محاصيل أخرى وبمستويات متباينة من التسميد بالفحم الحيوي والرش الورقي بالبورون.

-5- المراجع References :

1-5- المراجع العربية:

- 1- امساهل منيرة جمعة، 2024- تقييم صفات نمو نبات الجرجير (*Eruca sativa Mill*) مع إضافة الفحم الحيوي BIOCHAR. المجلة الدولية للعلوم والتقنية، 34(2):1-18.

- 2- حبيب جولان زين؛ الصحري فراس أحمد؛ علي عمر نزهان، 2023- تأثير الرش بالحديد والبورون في نمو وحاصل ونسبة الزيت لأصناف مختلفة من فول الصويا *Glycine max L.* مجلة الدراسات التربوية والعلمية، 1(22): 27-39.
- 3- درويش مجد، 2019- أثر الرش الورقي بالأحماض الامينية في بعض مكونات الإنتاجية لاصنف الفول الإسباني (*Luz de otono*). مجلة جامعة تشرين، 41(3): 213-225.
- 4- درياق جمال سعيد؛ المدني فتح الله محمد، 2024- تأثير مستويات الإضافة وحجم حبيبات الفحم الحيوي Biochar في نمو وإنتاجية نبات القمح الصلب *Triticum durum L.* المزروع في تربة رملية. المجلة السورية للبحوث الزراعية، 11(1): 196-209.
- 5- الدليمي بشير؛ المحمدي عبد الله، 2014- تأثير الرش بالحديد والبورون في صفات النمو لاصنفين من فول الصويا. مجلة الانبار للعلوم الزراعية، 12(2).
- 6- ديوب ايفان بسام؛ إبراهيم جهاد أحمد؛ حسن سمر إسماعيل؛ قاجو أولا نديم، 2024- أثر إضافة الفحم الحيوي وماء الجفت في نمو وإنتاجية نبات فول الصويا (*Glycine max L.*) تحت ظروف الساحل السوري. مجلة جامعة حماه، 7(21): 112-128.
- 7- زيدان علي؛ ديب ميس؛ عدا غنى، 2023- تأثير التكامل بين الفحم الحيوي والتسميد المعدني في مواصفات العرنوس والإنتاج الحبي للذرة الصفراء (*Zea mays L.*). مجلة جامعة تشرين، 45(3): 385-396.
- 8- سلامة سليمان؛ حيدر علي؛ طارق أحمد، 2015- تأثير الرش الورقي بالبورون والزنك في الغلة وبعض مكوناتها في صنف الفول البلدي *Vicia faba L.* مجلة جامعة تشرين، 37(4): 133-153.
- 9- العاني مؤيد هادي. 2012- تأثير الري والكثافة النباتية ورش البورون في نمو وحاصل ونوعية زهرة الشمس *Helianthus annuusla* أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة، جامعة الأنبار.
- 10- العبيدي عبدالرسول حميد حسن؛ المفرجي عثمان خالد علوان، 2019- تأثير الصنف والرش بالبورون والزنك في صفات النمو الخضري لثلاثة أصناف من البانجان *Egg plant Solanom melongenal L.* مجلة العلوم الزراعية والبيئية والبيطرية، 3(1): 1-10.
- 11- علي نور الدين شوقي؛ حمدالله سليمان راهي؛ شاكر عبد الوهاب عبد الرزاق، 2014- خصوبة التربة. وزارة التعليم العالي والبحث العلم. دار الكتب العلمية للطباعة والنشر والتوزيع. الطبعة الأولى.
- 12- قاسم رنا؛ نصور مازن؛ هيفا سوسن، 2022- تأثير إضافة الفحم وحماة الصرف الصحي في نمو وإزهار وإنتاج الكورمات لنبات الفريزيا *Freesia hybrid*. المجلة السورية للبحوث الزراعية، 9(4): 291-306.
- 13- النعيمي سجي ظاهر عبد اللطيف؛ الجميلي جاسم محمد عباس، 2020- تأثير رش الورقي للحديد والبورون في نمو فول الصويا. مجلة الدراسات العلمية والتربوية، 16(7): 63-76.

- 14- هذيلي كاظم حسن؛ الجبوري فاطمة فجر، 2016- تأثير الموليبدنيوم والبورون لبعض صفات النمو في الباقلاء (*Vicia faba L.*). مجلة البصرة للعلوم الزراعية، 29(1):201-213.
- 15- يوسف ديفانا؛ بركات منى؛ ميهوب أمجد، 2024- تأثير إضافة مستويات مختلفة من الفحم الحيوي وروث الأبقار على بعض الخصائص الإنتاجية لمحصول فول الصويا (*Glycine max L.*) وبعض الخصائص الفيزيائية للتربة. مجلة جامعة تشرين، 46(3): 300-309.

2-5- المراجع الاجنبية:

1. Allen, V. M. Barker and Pilbeam, D. J., 2006- Plant Nutrition. Dept. of Plant Sci. Univ. of Massa-Chusetts. p. 293-328.
2. Baronti, S., Vaccaro, F., Miglietta, F., Calzolari, C., Lugato ,E., Orlandini, S., Pini R., Zulian, C and Genesio, L., 2014- Impact of biochar application on plant water relations in *Vitis vinifera* (L.). Eur J Agron. V: 53. Pp: 38–44.
3. Blake, G.R., and Hartge, K.H., 1986- Bulk Density. In: Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods, 2nd ed. (Ed. Klute A.), American Society of Agronomy, Inc., and Soil Science Society of America, Madison, Wis., pp. 363-376.
4. Cheng, Y., Cai, Z. C., Chang, S. X., Wang, J., and Zhang, J. B., 2012- Wheat straw and its biochar have contrasting effects on inorganic nitrogen retention and N₂O production in a cultivated black chernozem. Biology and Fertility of soils. 48(8):941-946.
5. Conyers, M.K. and B.G. Davey., 1988- Observations on some routine methods for soil pH determination. Soil Science, 145: 29-36.
6. Dhokne, K., Pandey, J., Yadav, R. M., Ramachandran, P., and Subramanyam, R., 2022- Change in the Photochemical and Structural Organization of thylakoids from Pea (*Pisum Sativum*) under Salt.
7. El-Metwaly, H. M. B., 2020- Response of potato growth, yield and quality to fulvic acid and biochar applications under different levels of chemical fertilization. Journal of Plant Production, 11(2), 145-151.
8. EL-YAZIED, A. A. and MADY, M.A., 2012- Effect of boron and yeast extract foliar application on growth, pod setting and both green pod and seed yield of broad bean (*Vicia faba L.*). Journal of Applied Sciences Research, 8(2): 1240-1251.
9. Emmanuel, D., and Anne, V., 2010- Bio-char from sawdust, maize stover and charcoal: Impact on water holding capacities (WHC) of three soils from Ghana. In 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World (pp. 1-6). Brisbane, Australia.
10. Enders, A., Hanley, K., Whitman, T., Joseph, S., and Lehmann, J., 2012- Characterization of biochars to evaluate recalcitrance and agronomic performance. Bio-resour.Technol. No (114), 644–653.
11. Farag, A. A., Abdrabbo, M. A. A., Maharik, Z. Y., and El-Morshedy, R. M., 2022- Growth and yield of cauliflower as affected by boron spray and IN-ROW plant spacing. Plant Archives (09725210), 22(1).
12. Gupta, P.K., 2000- Soil, plant, water and fertilizer analysis. Agrobios (India), Jodhpur, New Delhi, India. p.438.
13. Jackson, M.L., 1995- Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. 364p.
14. Jasim A. H., Amir S. O., 2014- Effect of Foliar Fertilizers Spray, Boron and Their Interaction on Broad Bean (*Vicia faba L.*) YIELD, Scientific Papers. Series B, Horticulture. Vol. LVIII.

15. Jindo, K., Suto, K., Matsumoto, K., Garcia, C., Sonoki, T. and Sanchez-Monedero, M.A., 2012- Chemical and biochemical characterization of biochar-blended composts prepared from poultry manure. *Bioresource Technology*. 110:396-404.
16. Karkanis, A., Ntatsi, G., Lepse, L., Fernández, J. A., Vågen, I. M., Rewald, B., and Savvas, D., 2018- Faba bean cultivation—revealing novel managing practices for more sustainable and competitive European cropping systems. *Frontiers in plant science*, 9, 1115.
17. Khalid, A. K., 2013- Effect of nitrogen fertilization on morphological and biological traits of some Apiaceae crops under arid region condition in Egypt. *Bio. Science* 5(1): 15 – 21.
18. Kostadinov, K., and Kostadinova, S., 2014- Nitrogen Efficiency in eggplants (*Solanum melongena* L.) depending on N fertilizing. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 20 (No 2), 287-292.
19. Kutaiba, Y. A., 2012- The effect of three foliar fertilizers on the Growth and yield of two Variety Broad bean (*Vicia faba* L.) under the drip irrigation system, Tikrit University-Iraq, *Agriculture Journal*, 12(1), pp131. *Stress. Plant Physiology and Biochemistry*.
20. Lee, L. Y., Ahmad, H.O., Wahid, S. A. and Aziz, Z.F., 2021- Biochar Tablets with and without Embedded Fertilizer on the Soil Chemical Characteristics and Nutrient Use Efficiency of *Zea mays*. *Sustainability, Switzerland*. (13): 48-78.
21. Mahdi, A. H. A., 2016- Improvement of salt tolerance in *Vicia faba* L. plants by exogenous application of polyamines. *Egypt. J. Agron.* 38 (1): 1-21.
22. Mulvaney., 1996- Nitrogen- Inorganic Forms in SSSA Book Series no. 5.
23. Mustafa, A., Brtnicky, M., Hammerschmiedt, T. Kucerik, J. Kinti, A., Chorazy, T., Naveed, M., Skarpa, P., Bultazar, T., Malicek, O., and Holatko, J., 2022- Food and agricultural wastes derived biochars in combination with mineral fertilizer as sustainable soil amendments to enhance soil microbiological activity. nutrient cycling and crop production. *Frontiers in plant science*. :1-12.
24. Olsen, S.R., Cole, C.V, Watanabe F.S., and Dean. L.A., 1954- “Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate”• USDA Circ. 939. US Governmental printing office• Washington• DC.
25. Rhoades, J.D., 1990- Determining soil salinity from measurements of electrical conductivity. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 21: - 0922 0992
26. Sheikh, Q. S., Al-Jumaily, A. R. A., and Aziz, J. M., 2022- Test of the Effectiveness of Biochar and Mineral Fertilizer on The Growth and Yield of Two Broad Bean *Vicia faba* L. *Texas Journal of Agriculture and Biological Sciences*, Date of Publication: 26-05-2022. 42- 57
27. Singht, H. M. and Tiwari, J. K., 2013- Impact of micronutrient spray on growth, yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Hort Flora Research Spectrum*, 2(1), 87–89.
28. Thies, J. E., and Rilling, M. C., 2009- Characteristics of biochar: Biological properties. In *Biochar for environmental management*. Science and Technology.. Earth scan, 85-126.
29. Walkley, A. and Black. A., 1934- An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.*, 37: 29–38.
30. Weldu Yirga and Habtegiel, K., 2013- Effect of zinc and phosphorus fertilizers application on nodulation and nutrient concentration of faba bean (*Vicia faba* L.) grown in calcareous cambisol of semi-arid Northern Ethiopia, *Academia Journal of Agricultural Research*, 1(11): 220-226.

Effect of Adding Biochar and Foliar Boron Spraying on the Growth and Productivity of Broad Bean (*Vicia faba* L.)

Dr. Maryam Alabdullah Al-Kardoush*

Dr. Mohammad Ahmad Al-Sheikh**

Abstract

The research was carried out on a private farm in Deir Ezzor Governorate during the 2024 agricultural season using broad bean plants, with the aim of studying the effect of adding biochar at four levels (0-200-400-600 Kg/dunum) and foliar spraying with boron at four levels (0-4-6-8 mg/L) on growth and productivity characteristics. The plants were sprayed with boron at a rate of two sprays, the first one month after germination and the second one month after the first.

The results showed that the biochar treatment (600 Kg/h) was superior in all studied plant traits (plant height, number of leaves, number of branches, number of flowers, number of pods, and seed weight). Similarly, foliar boron application at a level of 8 mg/L significantly outperformed the other treatments and the control in all three traits (plant height, number of leaves, number of branches, number of flowers, number of pods, and seed weight). Furthermore, the combination of biochar and foliar boron application had a noticeable effect on all traits, with the best values observed when biochar at 30 g/plant was applied in conjunction with foliar boron at 8 mg/kg.

Keywords: Biochar, boron, broad beans, growth, productivity.

*Business Manager in the Horticulture Department, Faculty of Agricultural Engineering, Al-Furat University, Deir Ezzor, Syria.

**Department of Soil and Land Reclamation, Faculty of Agricultural Engineering, Al-Furat University, Deir Ezzor, Syria