استخدام الفحم الحيوي "Biochar" في تحسين بعض خصائص التربة الرملية المزروعة بنبات القمح *Triticum durum L.*

أ. فتح الله محمد المدني – كلية الزراعة–جامعة عمر المختار.

أ. د. جمال سعيد درياق – كلية الزراعة–جامعة عمر المختار.

الملخص:

نُفذت تجربة أصص لدراسة تأثير معدلات إضافة الفحم الحيوي "Biochar" على بعض خصائص التربة الرملية المزروعة بنات القمح، واستخدمت في التجربة أصص بلاستكية سعتها (7) كجم تربة .صممت التجربة وفقًا لتصميم قطاعات عشوائية كاملة، وبثلاث مكررات لكل معاملة وتم إضافة الفحم الحيوي بمعدلات إضافة(0.0، 7.29، 21.87، 36.45)جرام/7كجم تربة ما يعادل (0.0، 5.0، 15.0، 25.0) طن/هـ، بينت النتائج أن إضافة الفحم الحيوي أدت إلى تحسن في خواص التربة الرملية متمثلة في زيادة قابلية التربة للاحتفاظ بالماء عند السعة الحقلية وكذلك زيادة ثباتيه مكونات التربة وانخفاض في قيم "الكثافة الظاهرية" مع زيادة معدلات إضافة الفحم الحيوي "Biochar"، وكذلك أثرت إضافة معدلات الفحم الحيوي معنوياً في درجة التوصيل الكهربائي وقدرة التربة على التبادل الكيتونات ومحتوى التربة من المادة العضوية، وبينت النتائج أيضاً أن أعلى تيسر للعناصر "النتروجين، والبوتاسيوم، والفوسفور، والحديد، والزنك" وجد عند معدل الإضافة (25.0)طن/هـ.

الكلمات الافتتاحية:– الفحم الحيوي، معدلات الإضافة، الخواص الفيزيائية والكيميائية، التربة الرملية.

Abstract: A pot experiment was carried out at the soil and water department, faculty of agriculture, Omar El-Mukhtar University,El-Baida City. Libya . To study the effect of biochar with a small size less than 2 mm at a rate of "0.0,, 7.29, 21.87, and 36.45" gm/7 kg soil, which equals "0.0, 5.0, 15.0, and 25.0" ton/h. as soil organic amendment on sandy soil characteristics, growth and productivity of wheat crops (*Triticum durum L.*). Results revealed that the application of biochar improved the physical, chemical, and fertility properties of sandy soils as compared to other and control treatments. The highest rate of biochar, at 25.0 ton /h recorded the highest values in compared control and other treatments.

Keywords: Biochar, physical and chemical properties, sandy soil.

1.المقدمة:

تُعد الترب الرملية إحدى أنواع الترب ذات الخصوبة المنخفضة، وذلك لافتقارها إلى المغذيات والغرويات العضوية، وضعف خصائصها الفيزيائية، وقدرتها المنخفضة والمحدودة على الاحتفاظ بالمياه، مما يقلل كفاءة استخدام النبات للمياه، والعناصر الغذائية، ولذلك تتطلب إضافة مستمرة من الأسمدة والمصلحات العضوية ولعل الفحم الحيوي يندرج ضمن الحلول المقترحة لتحسين خصوبة التربة فالتحلل البطيء للفحم الحيوي في التربة يجعله مختلفا عن غيره من مصادر نظراً لاستقراره العالي كما يمكن استخدمه كمحسن لخواص التربة .**(سلامة وآخرون، 2021)**.

الفحم الحيوي "Biochar" هو أحد المحسنات الحديثة للتربة التي ظهرت في الآونة الأخيرة والذي يستخدم تحديدا كماده محسنة للخصائص التربة، وهو مادة طبيعة تخليط بمكونات التربة ولا ينتج عن إضافة الفحم الحيوي "الفحم النباتي" أي أثار جانبية ملوثة وبالتالي فهو محسن آمن بيئيا. **(Emmanuel و Anne، 2010)**. ويعرف الفحم الحيوي بأنه مادة مسامية غنية بالكربون الناتج

من التعديل الهيكلي للكتلة الحيوية العضوية المعرضة لعملية الانحلال الحراري الكيمائي تحت الظروف اللاهوائية، وتعتمد خصائصه على نوع المادة الأصلية(الكتلة الحيوية) المستخدمة في إنتاج الفحم الحيوي، وكذلك ظروف التحضير من درجة الحرارة والمدة الزمنية للازمه للإنتاج الفحم الحيوي.(**زيدان وآخرون، 2021**). ويمكن أن يستخدم مباشرة أو كمُكون ضمن منتج يتم خلطة وله فوائد عدة، وتطبيقات متعددة للتحسين خصوبة التربة، وعند إضافة الفحم الحيوي المناسب إلى التربة المناسبة، يمكن للفحم الحيوي، مع فوائده الأخرى، أن يعطي قيمة مضافة لخصائص التربة، ويُساهم في استخدام الموارد بكفاءة أعلى، ومعالجتها، والحد من التلوث.(**الوابل وعثمان، 2015**) وبالتالي يساهم في إدارة التربة، واستدامتها بشكل أفضل، ويحسن من خصوبتها وإنتاجيتها ومردودية المحاصيل.(**Atkinson وآخرون، 2010**) ويؤدي الفحم الحيوي دور إيجابي في تعزيز نمو النبات من خلال التأثير المباشر في توفير المغذيات وأمداد النبات بالعناصر المعدنية، أو بشكل غير مباشر عن طريق معالجة خصائصها المختلفة. وقد وجدت العديد من الدراسات أن استخدام الفحم الحيوي يمكن أن يؤدي إلى تحسين خصائص التربة، وتحسين قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء والمغذيات، كما يمكن أن يؤدي إلى تقليل تأثيرات التعرية على التربة. وأن استخدام الفحم الحيوي يمكن أن يؤدي إلى زيادة نشاط الميكروبات في التربة، وتسير العناصر القابلة للامتصاص من قبل النبات و تحسين خصائص التربة وزيادة إنتاجية المحاصيل.(**Schulz وآخرون، 2013؛ Barontiوآخرون، 2014**). ويعد الفحم الحيوي من بين الحلول المقترحة والواعدة لتحسين خصائص التربة والحفاظ علي خصوبتها وزيادة الاحتفاظ بعناصر الغذائية، وبالتالي وسيلة هامه لمعالجة الترب المتدهورة ومنخفضة الخصوبة إلى جانب ذلك، يمُكن أن يقلل استخدم الفحم الحيوي

التكاليف المادية والحد من تلوث البيئي .(**Metwally، 2020**) ويعتمد تأثير الفحم على خصوبة التربة على العديد من العوامل منها : المواد الخام المستخدمة للإنتاج، الفحم الحيوي وظروف الانحلال الحراري، ومستويات الإضافة، وحجم الحبيبات وخصائص التربة. (**Alburquerque وآخرون، 2013** ؛ **Joseph، 2010**). لذلك هدفت الدراسة إلى معرفة تأثير إضافة الفحم الحيوي "Biochar" الذى حجم حبيباته اقل من 2 مم على بعض الخصائص "الطبيعية والكيميائية والخصوبية للتربة الرملية".

2-مواد وطرائق البحث:

قبل البدء بالتجربة الزرعة، جمعت عينات من الطبقة السطحية (0-25 سم) من التربة ذات القوام الرملي السلتي (Sandy Loam). وتم تجفيفها تحت الظروف الهوائية وطحنها، ثُمَّ مررت عبر غربال قطر ثقبة (2.0 ملم). ومن ثم خلطها ومزجها لتحقيق التجانس. وتم إجراء القياسات والتحاليل على عينات التربة قبل زراعة بذور نبات القمح، وذلك لتحديد ومعرفة خصائصها بإتباع طرائق القياسات والتحاليل الموصوفة من قبل (**Page وآخرون، 1982**) وسجلت النتائج في الجدول(1). واجريت تجربة الزراعة لبذور نبات القمح الصلب كتجربة عامليه صممت بتصميم قطاعات عشوائية كاملة، واستخدمت في التجربة أصص بلاستكية ذات قطر"21"سم وبارتفاع "20.0"سم وحجم "7.0" كجم، بحيث بلغ عدد الأصيص المستخدمة اعتماداً على معاملات الدراسة وتصميم التجربة "24"أصيص، وملئت الأصص بالتربة بحيث كان وزن التربة "7.0" كجم وتركت مسافة "5"سم عند قمة الأصيص. زرعت بذور نبات القمح صنف (كاسي)، وهو من الأصناف المحلية المستخدمة في منطقة الدراســة في الأصص بمعدل(15) بذره في كل أصص على عمق (2)سم واستخدم الفحم الحيوي وذلك قبل الزراعة وفق المعدلات المحددة بعد طحنه إلى مسحوق

أقطار حبيباته أقل (2.0ملم) وخلطة جيدا مع التربة، والفحم المستخدم في الدراسة منتج تجاري مصري الصنع معبأ في أكياس بوزن"8" كجم ويعرف تجاريا باسم (Miegos–Biochar)، والجدول(2) يوضح التركيب الكيماوي للفحم الحيوي. وتم حساب السماد المضاف للاصص بتحويل من طن/هـ الى غرام للأصيص وذلك بحساب وزن الهكتار عند عمق 30 سم وفق المعادلة التالية:- **وزن الهكتار= مساحة الهكتار(م^2) x العمق (م) x الكثافة (غم/سم^3 = طن/م^3).** **(Shamsham و Alnokary، 2010).**

جدول(1): بعض خواص الفيزيائية والكيميائية والخصوبية للتربة قبل الزراعة.

الخصائص	القيمة		وحدة القياس
الخصائص الفيزيائية			
التحليل الميكانيكي	الرمل	69.50	%
	الطين	7.50	
	السلت	23.00	
	النسيج: Sandy Loam		
السعة الحقلية	9.20		%
الكثافة الحقيقية	2.65		جرام /سم^3
الكثافة الظاهرية	1.60		جرام /سم^3
المسامية	39.62		%
ثباتية التجمعات	19.82		%
الخصائص الكيميائية			
درجة الحموضة pH	8.13		-
الناقلية الكهربائية	0.59		ديسيمنز/ م
كربونات كالسيوم	15.40		%
المادة العضوية	0.64		%
السعة التبادلية الكاتيونية	16.23		سينتمول/كجم

الحالة الخصوبية للتربة		
النتروجين الكلي	0.020	%
الفوسفور	4.72	ملجم/كجم
البوتاسيوم	76.16	ملجم/كجم
الحديد	0.62	ملجم/كجم
الزنك	0.52	ملجم/كجم

جدول (2):- الخصائص الكيميائية للفحم الحيوى Miegos-Biochar

Properties	Value	Unit	Properties	Value	Unit
Ph	8.50	-	Potassium	2.0	%
EC	2.52	dS/m	Carbon	70.0	%
Nitrogen	1.50	%	Oxygen/Carbon	0.6	-
Phosphorus	7.0	%	Hydrogen/Crbon	0.36	-

3-النتائج والمناقشة:

3-1- تأثير إضافة الفحم الحيوي "Biochar" على خصائص التربة الفيزيائية:

تُعد الخصائص الفيزيائية للتربة من الخصائص الهامة التي تتحكم في مدى قابيله التربة وصلاحيتها للزراعة ولها تأثير على نمو النبات عن طريق تحسين قدرة التربة في امتصاص الماء وتطور الجذور، الأمر الذي يؤدي بدوره إلى زيادة الإنتاجية الزراعية. وقد أظهرت النتائج في الجدول(3)، أن معدلات إضافة الفحم الحيوي خفضت من كثافة التربة الظاهرية من (1.53) جرام/سم^3 عند المعاملة الشاهد إلى(1.46) جرام/سم^3 عند مستوى الإضافة(25.0) طن/هـ بمعدل

انخفاض قدره (4.57%) مقارنة بالمعاملة الشاهد، وكذلك أدت إضافة الفحم الحيوي بمعدل (25.0) طن/هـ إلى رفع قيمة المسامية الكلية للتربة بحيث زادت من (40.32 %) عند المعاملة الشاهد إلى (44.60%) عند المعاملة (25.0) طن/هـ بمعدل زيادة وقدره (10.61%) مقارنة بالمعاملة الشاهد. وكذلك وجود زيادة معنوية في قيم "السعة الحقلية" مع زيادة مستويات إضافة الفحم الحيوي والتي كانت عند المعاملة الشاهد (9.72%) وارتفعت إلى (15.91%) عند المعاملة 25 طن/هـ بمتوسط عام(13.27%) وبمعدل زيادة وقدره 63.68 % مقارنة بالمعاملة الشاهد ويعود ذلك غالبًا، إلى سعة الامتصاص ومساحة السطح لحبيبات الفحم الحيوي، والتي تسمح بامتصاص الماء بشكل أكثر فعالية من حبيبات التربة المعدنية. حيث يمكن أن تتجاوز مساحة سطح النوعي3000 جرام/ م^2 وكذلك أن الفحم الحيوي مادة مسامية ذات مساحة سطح عالية، مما يمكنها من الاحتفاظ بالماء داخل المسام وبين الجزيئات. وتستطيع المسامات الصغيرة، الاحتفاظ بالماء بشكل أكثر تماسكًا من المسامات الكبيرة، وهذا يساعد في زيادة كمية الماء المتاح للنبات، خاصةً في المناطق ذات معدلات التبخير العالية والمناخ الجاف، وفي هذا السياق وجد(**Hardie وآخرون، 2014**) أن استخدام الفحم الحيوي يزيد من نسبة الرطوبة في التربة عن طريق زيادة المسامات وخاصة ذات الاقطار الصغيرة ما بين (0.2– 30) ميكرون. كما وجد(**Glaser، 2000**) أن سعة احتفاظ التربة الرملية المعاملة بالفحم الحيوي بالماء قد زادت مع زيادة معدلات إضافة الفحم الحيوي وارجع السبب في ذلك إلى أن المساحة السطحية لحبيبات الفحم الحيوي، وتعادل ثلاث اضعاف المساحة السطحية لحبيبات التربة الرملية والتي تتراوح بين (10–40)جرام/م^3.أدت إضافة معدلات من "الفحم الحيوي" إلى تحسين تجمعات مكونات التربة حيث بينت النتائج في الجدول (3) وجود

زيادة معنوية في قيم ثباتيه التجمعات مع ارتفع تركيز الإضافة لفحم الحيوي كانت قيمتها 20.83 % عند المعاملة الشاهد وارتفعت إلى 27.83 % عند المعاملة 25.0 طن/هـ بمعدل ارتفاع قدره 33.60 % مقارنة بالمعاملة الشاهد. ويمكن أن تعزى زيادة ثباتية واستقرار مجاميع التربة المعدنية إلى زيادة نشاط الأحياء الدقيقة والتي تعمل على تكوين مواد عضوية تعمل كمواد لاحمه، لأمر الذي يزيد من عملية جمع حبيبات الفحم الحيوي والتربة، وبالتالي زيادة ثباتية التجمعات واستقرارها، ويتفق هذا مع ما توصل إليه **(Zhangوآخرون، 2023)** حيث وجدوا أن إضافة الفحم الحيوي ساهمت في زيادة النشاط الحيوي في التربة مما أدى إلى زيادة ثباتية المجاميع المعدنية. كما أوضحت دراسة(**Fletcherوآخرون، 2014**) أن استخدم الفحم الحيوي يزيد من ثباتية مجاميع التربة، حيث يعمل الفحم الحيوي على ربط الجزء المعدني بالجزء العضوي للتربة وبالتالي يزيد من استقرارها.

3-2- تأثير إضافة الفحم الحيوي "Biochar" على خصائص التربة الكيميائية:

بينت النتائج في الجدول (3)، وجود انخفاض في درجة الأس الهيدروجيني مع ارتفاع معدلات إضافة الفحم الحيوي والذى كانت قيمته عند المعاملة الشاهد(8.12) وانخفضت القيمة إلى(8.04) بمعدل انخفاض قدره 0.98% مقارنة بالمعاملة الشاهد، كما لوحظ من النتائج عدم وجود فروق معنوية في درجة الاس الهيدروجيني بالرغم من وجود انخفاض طفيف في درجة الأس الهيدروجيني مع زيادة معدلات إضافة الفحم الحيوي، ويرجع ذلك إلى أن التغير في درجة الأس الهيدروجيني للتربة يحتاج إلى فترة زمنية أطول، بالإضافة إلى أن السعة التنظيمية للتربة الرملية تكون غالبًا مرتفعة. ويضاف إلى ذلك نوع الكتلة الحيوية الذي يحضر منها الفحم الحيوي، ونوع التربة. وكذلك اوضحت النتائج المدونة في الجدول.(3) وجود ارتفاع معنوي لقيم الإيصالية الكهربائية "درجة

التوصيل الكهربائي" مع زيادة مستويات إضافة الفحم الحيوي حيث كانت قيمة درجة التوصيل الكهربائي (0.59) ديسسمينز/م عند المعاملة الشاهد وارتفعت نتيجة لإضافات الفحم الحيوى إلى (0.84) ديسيمينز/م بمعدل ارتفاع قدره (29.76%) ويشير ذلك إلى ارتفاع تركيز الاملاح الذائبة في محلول التربة وبالتالي توفر بعض العناصر في صورتها الذائبة ومن بينها البوتاسيوم والكالسيوم والماغنسيوم وكذلك بينت النتائج ارتفاع قيم سعة التبادل الكيتوني "CEC" مع ارتفاع معدلات الإضافة للفحم الحيوي والتى كانت قيمتها 16.55 سينتمول/ كجم تربة عند المعاملة الشاهد ووصلت إلى 19.84 سينتمول/كجم تربة عند المعاملة 25 طن/هـ بنسبة زيادة قدرها 19.87 % مقارنة بالمعاملة الشاهد، وذلك يعني زيادة اسطح التبادل في التربة المعاملة بالفحم الحيوي مقارنة بمعاملة الشاهد(التربة دون إضافة الفحم) وبالتالي زيادة ادمصاص العناصر، وقد تفسر هذه الزيادة إلى أن إضافة الفحم الحيوي باعتباره محسن يحتوى على نسبة من الكربون العنصري والذي بدوره يساهم في زيادة المواد الغروية والعضوية في التربة وبالتالي زيادة اسطح التبادل للعناصر وكذلك احتواه على مجموعات فعاله سالبة الشحنة "الكربوكسيل، والهيدروكسيل" وبذلك تزداد اسطح النشاط الكيتونية ومن ثم السعة التبادلية الكاتيونية. ومن النتائج الواردة في الجدول(3)، والتي أوضحت أن استخدام معدلات إضافة من الفحم الحيوي حسنت من نسبة المادة العضوية في التربة والتي كانت قيمتها 0.726 % عند المعاملة الشاهد الى 1.223 % عند المعاملة 25 طن/هـ وبمعدل ارتفاع قدره 68.45 % مقارنة بالمعاملة الشاهد. واتفقت النتائج الدراسة مع ما وجده (**Inalوآخرون، 2015**) الذين وجدوا أن إضافة معدلات من الفحم الحيوي حسنت الخصائص الكيميائية للتربة

الكلسية وزادت من تيسر العناصر القابلة للامتصاص من قبل النبات، ومع ما توصل إليه(**Fascella وآخرون، 2020**) الذين توصلوا إلى أن إضافة الفحم الحيوي قد زادت من درجة التوصيل الكهربائي أن سبب في زيادة درجة التوصيل الكهربائي بعد إضافة الفحم الحيوي"Biochar" هو انطلاق أو تحرر الكاتيونات الذائبة خلال عملية المعدنة، وكذلك وجدوا أن إضافة الفحم الحيوي أدت إلى تحسن العديد من خواص التربة وإتاحة العناصر الغذائية.

الجدول(3):- تأثير إضافة الفحم الحيوي على بعض خواص التربة الفيزيائية والكيميائية.

3-3- تأثير إضافة الفحم الحيوي على الحالة الخصوبية للتربة:

خواص التربة	الخواص الفيزيائية			
المعاملات ط/هـ	الكثافة الظاهرية	السعة الحقلية	المسامية	ثباتية التجمعات
	جرام/سم^3	%	%	%
0.0	1.58	9.72	40.32	20.83
5.0	1.52	13.52	42.22	21.13
15.0	1.50	13.76	43.20	26.71
25.0	1.46	15.91	44.60	27.84
المتوسط	1.51	13.22	42.56	24.12
$LSD_{0.05}$	**0.03023**	**0.4700	**0.1978	**2.191
خواص التربة	الخواص الكيميائية			
المعاملات ط/هـ	درجة الحموضة	التوصيل الكهربائي	المادة العضوية	السعة التبادلية الكاتيونية
	-	ديسيمنز/ م	%	سينتمول/كجم
0.0	8.12	0.59	0.72	16.55
5.0	7.88	0.51	0.79	17.62
15.0	7.98	0.61	1.04	18.50
25.0	8.04	0.84	1.22	19.80
المتوسط	8.01	0.65	0.94	18.13
$LSD_{0.05}$	**0.1816**	**0.0592	**0.0426	**0.420

3-3-1- تأثير إضافة الفحم الحيوي على محتوى التربة من بعض العناصر الغذائية الكبرى:

يوضح الجدول (4) تأثير إضافة الفحم الحيوي على محتوى التربة من العناصر "النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم" في صورتها الميسر للنبات، وقد أظهرت النتائج أن إضافة الفحم الحيوي بمختلف مستوياته أثر معنويًا على محتوى التربة من هذه العناصر، حيث كانت قيمة النتروجين الكلي (0.020٪) عند المعاملة الشاهد، وارتفعت إلى (0.034٪) نتيجة لإضافة الفحم الحيوي بمعدل 25 طن / هـ بزيادة نسبتها (70٪) مقارنة بالمعاملة الشاهد، ويمكن أن يعزى ذلك إلى محتوى الفحم الحيوي من النتروجين (1.50٪). كذلك أوضحت النتائج وجود تأثير معنوي لمعدلات إضافة الفحم الحيوي على قيم الفوسفور الميسر في التربة والذى كانت قيمته 5.10 مجم/كجم تربة عند المعاملة الشاهد وارتفع محتوى التربة من الفوسفور الميسر الى 7.04 مجم/كجم تربة بمعدل زيادة قدره 38.03 %، ووجود زيادة في محتوى التربة من البوتاسيوم الميسر والذى كانت قيمته 82.80 مجم/كجم تربة عند المعاملة الشاهد وارتفع إلى 121.85 مجم/كجم تربة عند معدل إضافة (25.0)طن/هـ بمعدل زيادة قدره 47.16 % مقارنة بالمعاملة الشاهد.

3-3-1- تأثير إضافة الفحم الحيوي على محتوى التربة من بعض العناصر الغذائية الصغرى:

يتضح من النتائج الواردة في الجدول(4) أن إضافة الفحم الحيوي أدت إلى زيادة وتيسر بعض العناصر الصغرى في التربة حيث لوحظ من النتائج وجود فروق معنوية في زيادة تركيز العناصر "الحديد، الزنك" مع زيادة مستويات إضافة الفحم الحيوي بحيث كانت قيم تركيز عنصر الحديد (0.66) مجم/كجم تربة عند المعاملة الشاهد وارتفع إلى (1.46) مجم/كجم تربة عند المعاملة 25 طن/هـ بمعدل زيادة قدره 121.2% مقارنة بالمعاملة الشاهد، بينما بلغ متوسط تركيز عنصر الزنك

(0.52) مجم/كجم تربة عند المعاملة الشاهد وارتفع محتوى التربة من عنصر الزنك إلى (1.02) مجم/كجم تربة عند المعاملة 25 طن/هـ بمعدل زيادة قدره(96.15%) مقارنة بالمعاملة الشاهد. وتتفق نتائج الدراسة مع العديد من الدراسات التي وجدت أن إضافة الفحم الحيوي لها دور إيجابي في تحسين خواص التربة المختلفة، وأن استخدام الفحم الحيوي يؤثر على خصائص التربة الكيميائية ويزيد من توفر العناصر المغذية واللازمة لنبات. **(Inal وآخرون، 2015)** ومع ما وجده **Baronti وآخرون، (2014)** أن استخدام الفحم الحيوي يؤدي إلى زيادة قابلية التربة باحتفاظ بالرطوبة، وزيادة كفاءتها في استخدام المغذيات والمياه ويمكن أن يؤدي إلى زيادة نشاط الميكروبات في التربة، وتيسر العناصر القابلة للامتصاص من قبل النبات وتحسين خصائص التربة وزيادة إنتاجية المحاصيل. كما أنه يساهم في تحسين خصوبة التربة ويزيد في محتواها من المادة العضوية.**(Schulz وآخرون، 2013)**. وتشير نتائج دراسة إلى أن الفحم الحيوي قادر على تحسين توافر المغذيات في التربة، وقد يعود ذلك إلى قدرته على تحسين خصائص التربة وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالماء والعناصر الغذائية وتحسين جودتها. كما يمكن للاستخدام الفعال للفحم الحيوي أن يزيد من توافر العناصر الغذائية في التربة، "النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم"، وهذا يتفق مع **(Elkhlifi وآخرون، 2023)**. الذين توصلوا إلى أن استخدم الفحم الحيوي يزيد من توفر النتروجين والفوسفور في التربة. خلصت نتائج الدراسة إلى أن إضافة الفحم الحيوي يمكن استخدامه كمادة محسنة لخصائص التربة الرملية، نظراً لما له من دور فعال في تعزيز خصائص التربة ورفع قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه وقد أظهرت النتائج أن الفحم الحيوي يمكن أن يزيد من سعة احتفاظ التربة بالماء بنسبة (63.68 %) وقد يفسر ذلك إلى أن حبيبات الفحم الحيوي تمتلك خصائص امتصاصه عالية لها القدرة على امتصاص الماء والعناصر الغذائية وبالتالي فإن استخدم

الفحم الحيوي قد يقلل من استخدام المياه وزيادة كفاءة استخدمها ولاسيما تحت ظروف الترب الرملية وترب المناطق الجافة، بالإضافة إلى ذلك فإن إضافة الفحم الحيوي أدت إلى رفع نسبة المادة العضوية في التربة بنسبة زيادة (68.64%) مقارنة بالمعاملة الشاهد، وهذا يعني تحسن العديد من الخصائص وزيادة المكون العضوي وبالتالي زيادة نشاط الأحياء الدقيقة وثباتية المجاميع المعدنية واستقرارها وتوفر العناصر الغذائية في صورتها المعدنية أو في صورة معقدات عضوية ذائبة. وتتفق النتائج مع العديد من الدراسات.(**Thies و Rillig، 2009؛ Atkinson وآخرون، 2010 ؛ سلامة وآخرون، 2021؛ Zhangوآخرون، 2023)** والتي أوضحت أن استخدام الفحم الحيوي يمكن أن يؤدي إلى تحسين جودة خصائص التربة، وتحسين قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء والمغذيات، كما يمكن أن يؤدي إلى تقليل تأثيرات التعرية التربة. وأن استخدام الفحم الحيوي يمكن أن يؤدي إلى زيادة نشاط الميكروبات في التربة، وتيسر العناصر القابلة للامتصاص من قبل النبات و تحسين خصائص التربة وزيادة إنتاجية المحاصيل.

الجدول(4):-تأثير إضافة الفحم الحيوي على الحالة الخصوبية للتربة.

العناصر الغذائية في التربة	النتروجين	الفوسفور	البوتاسيوم	الحديد	الزنك
المعاملات ط/هـ	%	ملجم/كجم	ملجم/كجم	ملجم/كجم	ملجم/كجم
0.0	0.020	5.10	82.80	0.663	0.520
5.0	0.029	5.67	87.10	0.87	0.75
15.0	0.035	6.19	106.32	1.40	1.21

1.02	1.46	121.85	7.04	0.044	25.0
0.89	1.35	99.51	6.00	0.032	المتوسط
****0.1138**	****0.416**	****5.769**	****0.4152**	****0.00417**	**$LSD_{0.05}$**

المراجع:

- **الوابل،** محمد ابراهيم وعثمان ،عادل ربيع.(2015). استخدام الفحم الحيوي في عملية التكمير لإنتاج سماد الكومبست.(ترجمة) المبادرة الدولية للفحم الحيوي.

- **سلامة** ، ياسر وعامر، مجيد اغا و وشويخ، ماهر(2021). الفحم الحيوى biochar ودوره فى تحسين خواص التربة الرزاعية. مجلة الزراعة والمياه في الوطن العربى (36) -2021

- **زيدان،** على وجردان، عمر ابراهيم و حيدر، على محمد.(2021). تأثير التكامل بين الفحم الحيوى Biochar والتسميد المعدني في انتاج القمح ونسبة البروتين في الحبوب. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية- سلسلة العلوم البيولوجية 43(4):- 79-90.

Alburquerque, J. A., Salazar, P., Barrón, V., Torrent, J., del Campillo, M. D., Gallardo, A. C., & Villar, R. (2013). Enhanced wheat yield by biochar addition under different mineral fertilization levels. Agronomy for Sustainable Development, 33(3), 475-484.

Atkinson,C.J.,Fitzgerald., J.D., and Hipps.N.A.(2010). Potential mechanism for a chieving agriculture benefits from biochar application to temperate soils.Plant and Soils,337(1) pp; 1 – 18.

Baronti, S., Vaccari, F. P., Miglietta, F., Calzolari, C., Lugato, E., Orlandini, S., Genesio, L. (2014). Impact of biochar application on plant water relations in Vitis vinifera (L.). *European Journal of Agronomy*, *53*, 38-44.

Elkhlifi, Z., Iftikhar, J., Sarraf, M., Ali, B., Saleem, M. H., Ibranshahib, I., and Chen, Z. (2023). Potential role of biochar on capturing soil nutrients, carbon sequestration and managing environmental challenges: a review. Sustainability, 15(3), 2527.

Emmanuel,D., Anne,V.(2010). Biochar from sawdust,maize stover and charcoal; Impact on water holding capacities (WHC) of three soils from Ghana. 19th World Congress of Soil Science,Soil solution for a changing world; 1-6 Agust.Brishand,Australia.

Fascella, G., Mammano, M. M., D'Angiolillo, F., Pannico, A., & Rouphael, Y. (2020). Coniferous wood biochar as substrate component of two containerized Lavender species: Effects on morpho-physiological traits and nutrients partitioning. Scientia Horticulturae, 267,

Fletcher.A.J; Smith,M.A; Heinemeyer,A.L; R,Ennis,C.J.Hodgson; E.M; and Farrar.K.(2014). Production factors controlling the physical characteristics of biochar derived from phytoremediation willow for agriculture application.Bio energy Research.7(1);371-380

Glaser,D.(2000). Child abuse and neglect and the brain a review. The journal of child Psychology and Allied Discription. 41(1);97-116

Hardie,M.,Clothier,B.,Bound,S.,Oliver,G.,and Close,D.(2014).Does biochar influence soil physical properties and soil water availability. Plant and Soil. 376(1);347-361.

Inal, A., Gunes, A. Y. D. I. N., Sahin, O. Z. G. E., Taskin, M. B., & Kaya, E. C. (2015). Impacts of biochar and processed poultry manure, applied to a calcareous soil, on the growth of bean and maize. Soil use and Management, 31(1), 106-113 .

Joseph SD, Camps-Arbestain M, Lin Y, Munroe P, Chia CH, Hook J, Van Zwieten L, Kimber S, Cowie A, Singh BP (2010) An investigationinto the reactions of biochar in soil. Aust J Soil Res 48:501-515.

Metwally, H.(2020). *Response of Potato Growth, Yield and Quality to Fulvic Acid and Biochar Applications under Different Levels of Chemical Fertilization*. Journal of plant production. No (11), 145-151.

Page, A., R. Miller and D. keeney.(1982). Methods of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological properties 2nd edition Am. Soc. Agron. Inc. Publisher , Madison, Wisconsin, USA.

Schulz, H., Dunst, G., and Glaser, B. (2013). Positive effects of composted biochar on plant growth and soil fertility. Agronomy for sustainable development, 33, 817-827.

Shamsham.S., and T.Alnokary.(2010). Influence of using three levels of Cow manure on fresh weight of Cerohorus Olitoreus,L. and its content of some macro and micro elements. J.Plant Production,Mansoura Univ.1(7): 849-856.

Thies,J.E.Rillig.M.C.(2009).Characteristics of biochar,biological orpperties. In Biochar for Enviromental Mangaement,Science and Technology Lehmann J. ,S. Jseph,Ed., 85-105,Eartscan,London,UK.

Zhang, C., Zhao, X., Liang, A., Li, Y., Song, Q., Li, X., Hou, N. 109356 (2023). Insight into the soil aggregate-mediated restoration mechanism of degraded black soil via biochar addition: Emphasizing the driving role of core microbial communities and nutrient cycling. Environmental Research, 228, 115895.