تأثير مستويات الإضافة وحجم حبيبات الفحم الحيوي Biochar في نمو وإنتاجية نبات القمح الصلب *Triticum durum* L. المزروع في تربة رملية.

جمال سعيد دریاق [1] وفتح الله محمد المدني* [2]

(1). قسم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.

(*للمراسلة: م. فتح الله محمد المدني، البريد الإلكتروني: ftallhl202078@gmail.com)

تاريخ الاستلام:2023/07/19 تاريخ القبول: 2023/09/7

الملخص:

تم دراسة تأثير مستويات الإضافة وحجم حبيبات الفحم الحيوي، بأحجام مختلفة (أقل من 2 مم و4 مم) على نمو وإنتاجية نبات القمح الصلب (صنف– كاسى). استخدمت في التجربة تربة ذات قوام رملي سلتي (Sandy Loam). تم معاملة التربة بالفحم الحيوي قبل الزراعة بمستويات إضافة (0.0، 7.0، 21.87، 36.45) جرام/7 كجم تربة ما يعادل (0.0، 5.0، 15.0، 25.0) طن/هـ. وصممت التجربة وفق تصميم قطاعات كاملة العشوائية (RCBD) بثلاث مكررات، وقورنت المتوسطات باستخدام اختبار أقل فرق معنوي عند مستوى معنوية (5%)، أوضحت النتائج المتحصل عليها تفوق معنوي في مقاييس النمو الخضري والإنتاجية لنبات القمح المزروع في التربة المعاملة بالفحم الحيوي مقارنة بالمعاملة الشاهد, مع زيادة في مقاييس النمو والإنتاجية مع زيادة مستويات الإضافة من الفحم الحيوي وتأثير معنوي لحجم الحبيبات في معظم مقاييس النمو، والإنتاجية وأن مستوى الإضافة 25 طن/هـ الأفضل مقارنة بالمعاملة الشاهد والمعاملات الأخرى.

الكلمات المفتاحية: الفحم الحيوي، حجم الحبيبات، التربة الرملية، نبات القمح.

المقدمة:

محسنات التربة(Soil Conditioner)هي منتجات يتم إضافتها إلى التربة لتحسين آليتها وخصوبتها وخصائصها الفيزيائية، والكيميائية والحيوية، وغالبًا ما يشمل مصطلح "محسنات التربة" مجموعة واسعة من الأسمدة والمواد غير العضوية. كما يمكن استخدام محسنات التربة لتحسين التربة الفقيرة في محتواها من المواد العضوية والعناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات، وإضافة المخصبات العضوية بأنواعها المختلفة تساعد في تحسين خواص الوسط الذي يحيط بجذور النبات وإكساب البادرات القدرة على التكيف والنمو تحت الظروف المختلفة. **(درمش وآخرون, 2019)**.

الفحم الحيوي (Biochar) مادة طبيعية يتم إنتاجها عن طريق تحويل الكتلة الحيوية (المواد العضوية) إلى فحم عالي الكربون، وذلك عن طريق تعريض الكتلة الحيوية للبقايا النباتية والحيوانية إلى حرارة عالية في مكان مغلق بعيداً عن الهواء، ويتم إنتاجه من الناحية الفنية، عن طريق ما يسمى التحلل الحراري (Pyrolysis) للمواد العضوية في درجات حرارة بحدود (400 –700 م^{o})، وفي ظروف معدومة أو قليلة الأوكسجين، ويمكن استخدام الفحم الحيوي كمحسن لخصائص التربة، ويمتاز الفحم الحيوي بأنه لا ينتج عن إضافته أي آثار جانبية ملوثة، وبالتالي يعد محسنًا آمنًا بيئيًا.**(Emmanuel وAnne،2010)**. ويمثل الفحم الحيوي منتجًا غنيًا بالكربون العنصري، ويتميز بالمسامية العالية، ويتم إنتاجه عن طريق التعديل الهيكلي للكتلة الحيوية العضوية بعد

عملية الانحلال الحراري الكيميائي (Pyrolysis)تحت الظروف اللاهوائية. وتختلف خصائص الفحم الحيوي، كمادة محسنة للتربة، بناءً على نوع الكتلة الحيوية المستخدمة في إنتاجه وظروف التحضير، بما في ذلك درجة الحرارة والوقت اللازم للإنتاج والتنشيط والطحن، ويرتبط دور الفحم الحيوي في تحسين التربة على كمية الفحم الحيوي المضافة، ونوع التربة، والظروف البيئية.**(زيدان وآخرون,2021)**. ويمكن أن يستخدم مباشرة أو كمُكون ضمن منتج يتم خلطه، وله فوائد عديدة, وتطبيقات متعددة للتحسين خصوبة التربة, وعندما يضاف الفحم الحيوي المناسب إلى التربة المناسبة فإن الفحم الحيوي مع فوائده الأخرى يمكن أن يحسن من كفاءة استخدام الموارد وعلاج أو حماية التربة من التلوث البيئي.**(الوابل وعثمان, 2015)** وبالتالي يُساهم الفحم الحيوي في إدارة التربة واستدامتها على نحو أفضل، ويُحسّن من خصوبتها وإنتاجيتها، مما ينعكس إيجابيًا على نمو وإنتاجية النبات.**(Atkinson وآخرون، 2010)**.

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.**(Cheng وآخرون, 2012 ؛ Enders وآخرون, 2012)**. ويُعد الفحم الحيوي من بين الحلول المقترحة والواعدة لتحسين خصائص التربة والحفاظ على خصوبتها وزيادة الاحتفاظ بعناصر الغذائية، ولذلك يُعتبر وسيلة هامة لمعالجة الترب المتدهورة، بالإضافة إلى تقليل من التكاليف المادية، والتلوث البيئي.**(El-Metwaly، 2020)**.

محصول القمح (*Triticum.ssp*) أحد أهم المحاصيل الحبوب في العالم, إذ يشكل مصدراً أساسيا لغذاء معظم شعوب العالم, كما أنه المحصول الاستراتيجي الأول في كافة دول العالم, نظراً لكونه يشكل مصدر للغذاء لأكثر من ثلث سكان العالم **(الزويك وآخرون, 2020)**. يزرع القمح في ليبيا بنوعيه: القمح اللين (*Triticum aestivum* L.)، والقمح الصلب. (*Triticum durum L.*)، ويعتمد غالبية السكان عليه في غذائهم.**(Shreidi وآخرون, 2016)**. وبشكل عام بالغ الإنتاج السنوي من القمح في ليبيا حوالي(155.74) ألف طن خلال الفترة 2018–2000.**(هدهد وآخرون, 2020)**. لذلك، تهدف الدراسة إلى معرفة تأثير مستويات الإضافة وأحجام حبيبات الفحم الحيوي(Biochar)على النمو الخضري وإنتاجية نبات القمح المزروع في تربة رملية والمحتوى المعدني للقمح من العناصر الغذائية الكبرى.

مواد البحث وطرائقه:

-عينات التربة:

قبل البدء في تنفيذ تجربة الزراعة، جُمِعَتْ عينات التربة من الطبقة السطحية على عمق (0–30) سم، من منطقة السواوة وهي منطقة زراعية تقع في ضواحي مدينة سرت– ليبيا. وتم تجفيف العينات هوائيًا وطحنها، ثُمَّ مررت من منخل قطر فتحاته (2.0) مم بعد مزجها لتكون أكثر تَجانُسًا. وتم إجراء بعض القياسات والتحاليل الفيزيائية والكيميائية لمعرفة حالة التربة قبل الزراعة، وذلك باتِّباع الطرائق الواردة في **(Page وآخرون، 1982)**، وسجلت النتائج في الجدول(1).

- الفحم الحيوي:

تم الحصول على الفحم الحيوي المستخدم في التجربة من جمهورية مصر منتج من بقايا مخلفات أشجار الحمضيات، معبأ في أكياس بلاستيكية بوزن(8) كجم مدون عليها موصفات الفحم الحيوي وموضحه في الجدول(2). وقبل استخدام الفحم الحيوي، تم طحنه وغربلته للوصول إلى حجمين: حجم الحبيبات الصغيرة ذات القطر الأقل من(2) مم والحبيبات الكبيرة ذات الأقطار بين (2.0 و4.0) مم. وتم مزج الفحم الحيوي جيدًا مع التربة وخلطها، وإضافته بمعدلات(0.0، 5.0، 15.0، 25.0) طن/هـ وذلك قبل

الزراعة. بعد حساب كمية الفحم الحيوي المضاف للأصيص بتحويل من طن/هـ إلى 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).

الجدول (1): بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة الدراسة قبل الزراعة (القيم هي متوسط ثلاث مكررات).

الخصائص	القيمة		وحدة القياس
القوام	69.50	الرمل	%
	23.00	السلت	
	7.50	الطين	
	النسيج: Sandy Loam		
السعة الحقلية	9.20		%
الكثافة الظاهرية	1.60		g .cm$^{3\ -1}$
درجة تفاعل التربة pH	8.13		-
الناقلية الكهربائية ECe	0.59		dS.m^{-1}
الكربونات الكلية في صورة كربونات كالسيوم	15.40		%
المادة العضوية	64.0		%
السعة التبادلية الكاتيونية	16.23		Cmol $^{(+)}$. kg^{-1}
النتروجين الكلي	0.020		%
الفوسفور المتاح	4.72		mg. kg^{-1}
البوتاسيوم المتاح	76.16		mg. kg^{-1}

الجدول(2): مواصفات الفحم الحيوي المستخدم في الدراسة بحسب الشركة المصنعة .(مدونة على العبوة)

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	-

-المادة النباتية:

تم إجراء التجربة على نبات القمح الصلب *Tritium durum* L. (صنف – كاسي) وهو من الأصناف المتداول زراعتها في منطقة الدراسة. وتم اختبار انبات بذور القمح باستخدام أوراق الترشيح (TP) بسمك واحد في أطباق بتري. وتم اجرى اختبار الإنبات وفقًا المعايير الموصوفة والواردة عن الاتحاد الدولي لاختبار البذور (ISTA). أذا بلغت نسبة الإنبات 100%، مما يشير إلى أن البذور قادر على أعطا بادرات قادرة على النمو.

-تصميم وتنفيذ التجربة :

تم زراعة بذور القمح الصلب (*Triticum durum* L.) في أصص بلاستيكية بأبعاد(21.0) سم للقطر و(20.0) سم للارتفاع، ونفذت التجربة عامليه وفق تصميم القطاعات الكاملة العشوائية(RCBD) وبثلاثة مكررات. وتم استخدام (24) أصيص للزراعة وفقًا لتصميم التجربة والمعاملات التجربة على النحو(2×4×3=24). ملئت الأصص بالتربة بوزن (7) كجم لكل أصيص، مع ترك فراغ بعمق(5) سم عند قمة كل أصيص لاحتواء مياه الري. زُرعت بذور نبات القمح الصلب في الموسم الزراعي(2022/2021م) في الأصص بعمق (1–2) سم، وبمعدّل (15) بذرة في الأصيص الواحد وبثلاث مكررات. وبعد الإنبات تم تفريد والخف من الكثافة النبات في كل أصيص إلى عدد (10) نباتات، وتمت متابعة نمو النباتات وأخذ القياسات والقراءات المدروسة وأزيلت الأعشاب من الأصص يدوياً كلما اقتضت الحاجة، وقد أخذ النبات الكمية الكافية من المياه خلال مراحل نموه حتى مرحلة

الحصاد، وذلك بري الأصص وصولاً إلى السعة الحقلية للتربة بماء العادي (ماء الصنبور) عن طريق حساب الرطوبة عند السعة الحقلية بطريقة الوزنية. وأضيف الأسمدة المعدنية إلى التربة وذلك قبل الزراعة، وبحسب الكمية الموصي بها من قبل وزارة الزراعة وتمت إضافة السماد الآوزتي بمعدل 150 كجم/هـ في شكل يوريا (46% N) وسماد الفوسفاتي بمعدل 100 كجم/هـ في شكل سوبر فوسفات (P_2O_5) وسماد سلفات البوتاسيوم (K_2O =%50). بمعدل 80كجم/هـ وتمت إضافة كامل الكمية قبل الزراعة لجميع المعاملات، بما في ذلك معاملة الشاهد.

-الصفات والقياسات المدروسة :

-ارتفاع النبات(سم) :

تم قياس ارتفاع النبات من سطح التربة حتى قمة النبات النامي لنباتات اختيرت عشوائيا من كل مُكرر من المكررات الثلاثة ولكل المعاملات المدروسة باستخدام شريط قياس مدرج.

- المساحة الورقية (سم^2):

تم قياس المساحة الورقية لنبات القمح، وذلك بقياس طول وأقصي عرض للورقة وباستخدام العلاقة الآتية حُسبت المساحة الورقية لنبات:

المساحة الورقية (سم^2)= طول الورقة × أقصي عرض للورقة× 0.756. **(Kemp، 1960).**

-عدد الحبوب على السنبلة (عدد الحبوب/السنبلة):

تم عد حبوب المتكونة على السنبلة الواحدة بعد فرز وفرط السنابل يدويا واستبعاد الحبوب المتكسر ثم تسجيل متوسط عدد الحبوب على السنبلة لنباتات اختيرت بصورة عشوائية من كل أصيص ومكرره .

-وزن الألف حبة :

تم عد عينات الحبوب (1000 حبة) وزنها باستخدام الميزان الإلكتروني.

-طول السنبلة (سم):

تم قياس طول السنبلة لنبات القمح باستعمال شريط مدرج وتسجيل متوسطات طول السنبلة بمعدل (3) سنابل اختيرت عشوائيا من كل معاملة ومكرره.

-محصول الحبوب (طن/هـ):

تم حسب محصول الحبوب بعد فرط الحبوب يدويا وإزالة الحبوب المتكسرة، ووزنها باستعمال الميزان الإلكتروني وتسجيل متوسط الحبوب المحصودة(جم/أصيص) من كل أصيص ومن ثم تحويلها إلى واحدت طن/هـ .

-المحصول الحيوي(طن/هـ):

تم حسب المحصول الحيوي بعد وزن كامل النبات (القش+ الحبوب).من كل أصيص ثم تعديلها إلى واحدت طن/هـ.

-وزن القش(طن/هـ):

حسب وزن القش من حاصل طرح المحصول الحيوي من محصول الحبوب باستخدام العلاقة الآتية:

وزن القش(طن/هـ) = المحصول الحيوي – محصول الحبوب.

-دليل الحصاد (%):

استخدمت العلاقة الآتية في حسب دليل الحصاد:

دليل الحصاد (%)= محصول الحبوب / محصول الحيوي × 100. **(Mushtaq وآخرون، 2011)**.

– **التحليل الإحصائي:** تم تحليل البيانات إحصائيًا باستخدام برنامج Genstat 7، وتم إجراء اختبار أقل فرق معنوي (LSD) وقورنت المتوسطات عند مستوى معنوية 0.05.

النتائـج والمنـاقشة:

–تأثير مستويات الإضافة وحجم الحبيبات الفحم الحيوي في صفات النمو الخضري:

– **ارتفاع النبات(سم):** يعد ارتفاع النبات من المؤشرات الهامة المرتبطة بنمو النبات وقدرته على إنتاج الأوراق والأفرع، ويعكس مدى قدرة النبات على التكيف مع الظروف البيئية المحيطة به. بينت النتائج المدونة في الجدول (3) التأثير الإيجابي لمستويات إضافة الفحم الحيوي على صفه ارتفاع النبات، وتشير النتائج إلى وجود زيادة معنوية في معدل ارتفاع النبات مع زيادة معدلات الإضافة، حيث بلغ ارتفاع النبات عند مستويات الإضافة للفحم الحيوي المضاف بإحجام (2.0–4.0) مم (70.07، 73.87، 80.30) سم، لمستويات الإضافة (5.0، 15.0، 25.0) طن/هـ على التوالي، وبلغ متوسط ارتفاع النبات عند إضافة الفحم الحيوي بإحجام أقل (2.0) مم (68.50، 71.67، 79.80) سم عند مستويات إضافة (5.0، 15.0، 25.0) طن/هـ. بينما لم يسجل تأثير حجم الحبيبات فروق معنوية، وقد تعزى الزيادة في ارتفاع النبات مع زيادة مستويات الإضافة للفحم الحيوي إلى دور الفحم الحيوي في تحسين خصائص التربة وزيادة مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء والعناصر الغذائية وخاصة النتروجين والذي يدخل في الانقسام الخلوي واستطالة النبات وبالتالي الزيادة في معدل ارتفاع النبات، وقد ذكر **(Waraich وآخرون، 2007)**، أن الزيادة في ارتفاع النبات يعود غالبًا إلى زيادة محتوى التربة من النتروجين ودوره إيجابي في زيادة الانقسام الخلايا واستطالتها، وبالتالي تطور نمو النبات وزيادة معدل ارتفاعه.

–المساحة الورقية(سم^2): بينت النتائج الواردة في الجدول (3) وجود زيادة معنوية في المساحة الورقية لنبات القمح مع زيادة مستويات الإضافة حيث كانت قيمة المساحة الورقية لنبات القمح الصلب(31.91, 40.17, 41.85) سم ²،عند مستويات الإضافة (5.0, 15.0، 25.0) ط /هـ على التوالي للفحم الحيوي المضاف بإحجام (2.0–4.0) مم بمتوسط عام (35.59)سم^2 وبنسبة زيادة (12.24%, 41.29 %, 47.20 %)عند مستويات الإضافة(5.0، 15.0، 25.0) ط/هـ على التوالي مقارنة بالمعاملة الشاهد والتي بلغت (28.17) سم^2 وكذلك من خلال النتائج المدونة في الجدول(3) يتضح وجود زيادة معنوية في المساحة الورقية لنبات القمح الصلب مع زيادة مستويات الإضافة الفحم الحيوي المضاف بحجم أقل من (2)مم حيث كانت قيمة المساحة الورقية لنبات القمح (32.29، 38.75، 43.53) سم^2، بمتوسط عام (35.63) سم^2 بحيث كانت نسبة زيادة في المساحة الورقية لنبات القمح الصلب (14.62 %، 37.55 %، 54.52 %) عند مستويات الإضافة(5.0, 15.0، 25.0) ط/هـ. بينما لم يسجل حجم الحبيبات فروق معنوية لصفة المساحة الورقية، ويلاحظ من النتائج أن مستويات الإضافة (15.0، 25.0) ط/هـ قد حققت أعلى قيم لمساحة الورقة مقارنة بمعاملة (5.0) ط/هـ ومعاملة الشاهد، وربما يعود السبب في ذلك إلى زيادة توفر العناصر الغذائية في التربة مع زيادة مستويات الإضافة الفحم الحيوي، وكذلك زيادة قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء وتحسن خواص التربة الطبيعية والمتمثلة في الكثافة الظاهرية، والتهوية، وزيادة الرطوبة في التربة. **(Atkinson وآخرون، 2010)**. وبالتالي، تحسن خواص الوسط المحيط بالجذور مما يسمح بتمدد الجذور وامتصاص العناصر الغذائية، وخاصة النتروجين، ويدخل النتروجين في كافة عمليات الحيوية التي تجرى داخل النبات وبالتالي زيادة كفاء عملية التمثيل الضوئي ومن ثم زيادة نمو الخلايا والمساحة الفعالة في عملية البناء الضوئي وتزداد بذلك المساحة الورقية.**(البدرني، 2010)**. وتتفق النتائج مع ما وجده **(Inalوآخرون، 2015)** والذين وجدوا أن إضافة الفحم الحيوي

إلى التربة ساهم في تحسين النمو الخضري لنبات الفاصوليا والذرة الصفراء المزروعة في الترب الكلسية وراجعوا السبب في ذلك إلى أن إضافة الفحم الحيوي أدت إلى زيادة تركيز العناصر الغذائية في التربة ولا سيما النتروجين وقلل من تثبيت وترسيب الفوسفور في التربة.

– **طول السنبلة (سم):** تشير النتائج الواردة في الجدول(3) إلى وجود زيادة معنوية في صفة طول السنبلة مع زيادة مستويات إضافة الفحم الحيوي المضاف بحجمين، ولوحظ من النتائج تفوق كافة معاملات الإضافة للفحم الحيوي على معاملة الشاهد حيث بلغ متوسط طول السنبلة لنبات القمح المزروع في التربة المعاملة بحبيبات الفحم الحيوي كبيرة الحجم (2.0–4.0) مم،(5.13، 5.46، 6.0) سم عند مستويات الإضافة (5.0 , 15.0 , 25.0) طن/ هـ على التوالي بمتوسط عام (5.322) سم ونسبة زيادة قدرها (9.14 %، 16.17 %، 27.65 %)عند مستويات الإضافة(5.0، 15.0، 25.0) ط/هـ على التوالي مقارنة بالمعاملة الشاهد (دون إضافة الفحم الحيوي)، والتي بلغ متوسط طول السنبلة عندها (4.70)سم ، وكذلك بينت النتائج زيادة معنوية لمستويات إضافة الفحم الحيوي بحجم أقل من (2) مم بحيث بلغت متوسطات طول السنبلة (4.93، 5.06، 5.66)سم عند مستويات الإضافة (5.0, 15.0, 25.0) طن/ هـ على التوالي بمتوسط عام (5.08)سم لمستويات الإضافة لحبيبات الصغيرة في الحجم، وكذلك بينت النتائج أن تأثير حجم الحبيبات لم يصل إلى فروق ذات دلالة إحصائية.

الجدول (3): تأثير مستويات الإضافة وحجم حبيبات الفحم الحيوي في صفات النمو الخضري لنبات القمح.

مستويات الإضافة طن/ه	ارتفاع النبات (سم)	المساحة الورقية(سم^2)	طول السنبلة (سم)
حجم حبيبات (2.0-4.0)مم			
0.0	65.50	28.43	4.70
5.0	70.70	31.91	5.13
15.0	73.87	40.17	5.46
25.0	80.30	41.85	6.00
المتوسط	**72.59**	**35.59**	**5.32**
حجم الحبيبات أقل من (2) مم			
0.0	65.50	28.43	4.70
5.0	68.50	32.29	4.93
15.0	71.67	38.75	5.06
25.0	79.80	43.53	5.66
المتوسط	**71.36**	**35.68**	**5.08**
الإضافة $LSD_{0.05}$	****3.421**	****2.346**	****0.254**
الحجم $LSD_{0.05}$	**n.s2.419**	**n.s 1.659**	**n.s0.1801**

ملاحظة: $^{n.s}$: لاتوجد فروق معنوية ، ** فروق معنوية.

– تأثير مستويات الإضافة وحجم حبيبات الفحم الحيوي في صفات الإنتاجية:

–متوسط عدد الحبوب في السنبلة (حبوب/سنبلة): يعد عدد الحبوب في السنبلة مؤشرًا رئيسيًا لتقييم إنتاجية محصول الحبوب، إذ ينعكس مباشرة على كمية الحبوب التي يتم حصادها لكل وحدة مساحة وتحدد الإنتاجية. أوضحت النتائج في الجدول(4) وجود تأثير معنوي لمستويات الإضافة للفحم الحيوي بإحجام (2.0–4.0)مم. حيث بلغ متوسط عدد الحبوب بالسنبلة تحت تأثير مستويات الإضافة (39.54, 43.69، 49.52) حبة/السنبلة، عند مستويات الإضافة(5.0, 15.0 ,25.0) طن/هـ على التوالي بمتوسط عام (41.09) حبة/السنبلة لمستويات الإضافة، وبنسبة الزيادة في عدد الحبوب بالسنبلة مع زيادة مستويات الإضافة للفحم الحيوي (0.126 %, 10.63 %, 25.39%)عند مستويات الإضافة (5.0 , 15.0 , 25.0) طن/ هـ على التوالي مقارنة بالمعاملة

الشاهد بدون إضافة، وكذلك بينت النتائج الواردة في الجدول (4) وجود تأثير معنوي لمستويات إضافة الفحم الحيوي المضاف بحجم أقل من (2) مم حيث بلغ متوسط عدد الحبوب (40.25، 42.25، 47.93)حبة/السنبلة عند مستويات الإضافة (5.0, 15.0 ,25.0) طن/هـ على التوالي بمتوسط عام (42.48)، وكانت نسبة الزيادة في عدد الحبوب بالسنبلة مع زيادة مستويات الإضافة للفحم الحيوي(1.92 %، 6.98 %، 21.37 %)عند مستويات الإضافة (5.0, 15.0 ,25.0) طن/ هـ على التوالي مقارنة بالمعاملة الشاهد بدون إضافة الفحم الحيوي، والتي بلغ متوسط عدد الحبوب عندها (39.49) حبة/السنبلة. أما بالنسبة لتأثير حجم الحبيبات فقد بينت النتائج عدم وجود فروق معنوية لتأثير حجم الحبيبات على صفة عدد الحبوب.

-**وزن الـ 1000حبة(جم)**:يعد وزن الـ1000حبة أهم الصفات الإنتاجية المرتبطة بتحسين الإنتاج، وهي تعبر عن درجه امتلاء الحبوب. **(ديان، 2016)**. أظهرت النتائج الجدول (4) وجود زيادة معنوية في وزن الألف حبة مع زيادة مستويات الإضافة للفحم الحيوي، وعند إضافة الفحم الحيوي بأحجام(2.0–4.0)مم، حيث كان وزن الألف حبة(15.58, 18.51 ,20.74) جرام بمتوسط عام (17.55) جرام بمعدلات زيادة (1.27%, 20.31 %, 34.78 %)عند مستويات الإضافة (5.0, 15.0، 25.0) طن/هـ على التوالي مقارنة بالمعاملة الشاهد دون إضافة الفحم الحيوي للتربة والتي بلغت (15.38)جرام، ومن النتائج الواردة في الجدول (4) والتي توضح زيادة معنوية في وزن الألف حبة عند معاملة التربة بالفحم الحيوي المضاف بحجم أقل من (2) مم حيث بلغ وزن الألف حبة (16.06 ، 19.53، 24.57) جرام بمتوسط عام (18.88) جرام بمعدلات زيادة في الصفة كنتيجة لمستويات الإضافة (4.42 %، 26.98 %، 59.75 %) عند مستويات الإضافة (5.0، 15.0، 25.0) طن/هـ على التوالي مقارنة بالمعاملة الشاهد بدون إضافة الفحم الحيوي للتربة والتي بلغت (15.38)جرام. وتشير نتائج المتحصل إلى وجود فروق عالية المعنوية بالنسبة لتأثير حجم حبيبات الفحم الحيوي المضاف حيث لوحظ من النتائج أن حجم الحبيبات أقل من (2)مم أعطت أعلى قيم المتوسطات لوزن الـ1000حبة مقارنة بأحجام الكبيرة من الفحم الحيوي عند مستوى إضافة (25) طـ/هـ، وتعد صفه وزن الألف حبة أحد أهم المؤشرات الإنتاجية لنبات القمح الصلب وعنصر مهم جدا في مكونات الإنتاج والمترافق مع عدد وزن الحبوب في السنبلة وعدد السنابل في وحده المساحة وتعكس هذه الزيادة دور حجم حبيبات الفحم الحيوي وقدرة الحبيبات الصغيرة في الحجم على تحسين خواص التربة وزيادة مساحة السطح الفعالة للتربة، كما أن الأحجام الصغيرة من حبيبات الفحم الحيوي تحتوي على مسامات دقيقة وبالتالي يمكنها الاحتفاظ بالمياه بقوة شعرية أكبر. **(Sunوآخرون، 2012)**، ومن ثم زيادة قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء ويتعلق هذا بأهمية وفرة المياه في التربة، ولاسيما في مرحلة طرد السنابل وامتلاء الحبوب، مما ينعكس إيجابيًا على وزن الـ1000 حبة. في زيادة ادمصاص العناصر الغذائية وربما يعود ذلك ايضاً إلى أن الأحجام الصغيرة من حبيبات الفحم الحيوي تتمتع بسطح نوعي عالي وبالتالي زيادة في ادمصاص العناصر الغذائية وكذلك أن الحبيبات الصغيرة من الفحم الحيوي تتمتع بصفات فيزيائية بمقارنة بحجم الحبيبات الأكبر، وبالتالي يمكن أن تزيد من امتصاص العناصر واتاحتها بصورة ميسرة في التربة.**(Xieوآخرون، 2015)**. ويمكن تفسير الزيادة في وزن الـ1000 حبة كنتيجة لزيادة محتوى التربة من النتروجين، وأن النيتروجين يسبب في إطالة المادة الفعالة لامتلاء الحبوب عن طريق تقليل شيخوخة الأوراق **(الجبورى والبدرانى، 2017)**. كما أشار **(Abbas وآخرون، 2017)** إلى أن إضافة الفحم الحيوي بتكامل مع السماد النتروجيني(اليوريا) أعطت أعلى لقيم ووزن الـ1000حبة، مقارنة بالمعاملة التي استخدما فيها السماد النتروجيني منفردا.

- **محصول الحبوب (طن/هـ)**: من خلال النتائج في الجدول (4) يلاحظ وجود زيادة معنوية في هذه الصفة مع زيادة معدلات الفحم الحيوي المضاف(2.0–4.0)مم، حيث كانت مستويات القيم محصول الحبوب(1.49, 1.90، 2.38)طـ/هـ بمتوسط عام

(1.81) ط/هـ، بحيث كانت نسبة زيادة في محصول الحبوب كنتيجة لمستويات الإضافة للفحم الحيوي (0.74%, 29.37%, 61.80 %) عند مستويات الإضافة(5.0، 15.0، 25.0) ط/هـ على التوالي مقارنة بالمعاملة الشاهد (1.47) ط/هـ، وكذلك بينت النتائج الجدول(3) تأثير مستويات الإضافة لفحم الحيوي المضاف بحجم أقل من (2)مم على محصول الحبوب حيث كانت مستويات القيم محصول الحبوب (1.54، 2.02، 2.71)طن/ هـ بمتوسط عام (1.93) ط/هـ بحيث كانت نسبة زيادة في محصول الحبوب كنتيجة لمستويات الإضافة للفحم الحيوي (4.76 %، 37.41 %، 84.35 %) لمستويات الإضافة(5.0، 15.0، 25.0) ط/هـ على التوالي مقارنة بالمعاملة الشاهد (1.47) ط/هـ. بينما لم يسجل تأثير حجم الحبيبات فروق معنوية على محصول الحبوب. وتتفق نتائج الدراسة مع ما توصل إليه **(Vaccari وآخرون، 2011)** إلى أن إضافة الفحم الحيوي إلى التربة زاد من إنتاجية الحبوب لنبات القمح الصلب. وأن إضافة الفحم الحيوي بمعدل 20 ط/ هـ إلى التربة زاد من إنتاجية الحبوب بنسبة (15٪) ومع ما وجده**(Devereux وآخرون، 2012)** بأن إضافة الفحم الحيوي زادت من إنتاجية نبات القمح بنسبة (10%).

ومع ما وجدوه **(Alburquerque وآخرون, 2013)** أن إضافة الفحم الحيوي إلى التربة يمكن أن تحسن إنتاجية نبات القمح وأن إضافة الفحم الحيوي بنسبة(2%)إلى التربة أدى إلى زيادة ونمو إنتاجية نبات القمح بنسبة تتراوح بين(10% و 30%). وارجعوا السبب في ذلك إلى تحسين خصائص التربة وتوفير المغذيات اللازمة لنمو النبات خلال مراحل نموه.

-**وزن القش (طن/هـ)**:بينت النتائج الواردة في الجدول (4) ووجود زيادة معنوية في وزن القش و يلاحظ أن وزن محصول القش كان(4.52, 4.42، 4.40) ط/هـ بمتوسط عام (4.41) ط/هـ بمعدلات زيادة قدرها(2.46 %، 4.782 %، 2.053 %).عند إضافة الفحم الحيوي بأحجام(2.0–4.0) مم وبمستويات إضافة(5.0، 15.0، 25.0) ط/هـ. مقارنة بالمعاملة الشاهد (4.31)ط/هـ، وكذلك بينت النتائج وجود زيادة معنوية في وزن القش بالنسبة لنبات القمح المزروع في تربة معاملة بأحجام أقل من (2.0) مم بحيث بلغ متوسطات وزن القش (4.31، 4.45، 4.61، 4.80) طن/هـ بمتوسط عام (4.54) ط/هـ عند مستويات الإضافة للفحم الحيوي ذو الحبيبات صغيرة الحجم بمعدلات زيادة قدرها (3.24 %، 6.72 %، 11.36%)عند مستويات الإضافة(5.0، 15.0، 25.0) ط/هـ على التوالي مقارنة بالمعاملة الشاهد (4.31)ط/هـ. وتشير النتائج إلى وجود تأثير معنوي لحجم الحبيبات على وزن القش وقد أعطت معاملة إضافة الفحم الحيوي المضاف بأحجام صغير أعلى قيم متوسطات لوزن القش مقارنة بكافة المعاملات. وقد تعزى الزيادة في وزن القش إلى زيادة معدل التمثيل الضوئي وارتفاع المساحة الورقية والتي تتم فيها معظم عمليات التمثيل الغذائي وخاصة عند تركيزات عالية من الكلوروفيل، وبالتالي سيؤدي ذلك إلى وزن القش.

-**المحصول الحيوي(طن/هـ)**:يشير الجدول (4) إلى زيادة معنوية في المحصول الحيوي مع زيادة مستويات إضافة الفحم الحيوي المضاف بحجم حبيبات(2.0–4.0) مم حيث كانت قيم المحصول الحيوي (5.92، 6.43، 6.79) ط/هـ بمتوسط عام قدرة (6.23) ط/هـ عند مستويات الإضافة للفحم الحيوي(5.0 ، 15.0 ، 25.0) طن/هـ على التوالي حيث كانت نسبة الزيادة في المحصول الحيوي كنتيجة لمستويات الإضافة للفحم الحيوي (2.29%, 11.10%، 17.27%)عند مستويات الإضافة (5.0, 15.0, 25.0) ط/هـ على التوالي مقارنة بالمعاملة الشاهد(5.79) ط/هـ. في حين لوحظ من النتائج زيادة معنوية عند إضافة الفحم الحيوي بحجم أقل من (2.0)مم حيث بلغ متوسطات المحصول الحيوي(5.88، 6.27، 7.52) طن/هـ بمتوسط عام (6.36) طن/هـ عند مستويات الإضافة للفحم الحيوي (5.0، 15.0، 25.0) طن/هـ على التوالي حيث كانت نسبة الزيادة في المحصول الحيوي كنتيجة لمستويات الإضافة للفحم الحيوي (1.55 %، 5.79 %، 29.87 %)عند مستويات الإضافة (5.0, 15.0, 25.0) ط/ هـ على التوالي مقارنة بالمعاملة الشاهد. بينما لم يصل تأثير حجم حبيبات الفحم الحيوي إلى فروق معنوية، وقد تعزى الزيادة في المحصول

البيولوجي مع زيادة مستويات إضافة الفحم الحيوي كنتيجة تحسن صفات النمو الخضري مما انعكس إيجابيا على المحصول الحيوي، . يمكن أن يعزى ذلك إلى تحسن صفات النمو الخضري، مما أثر إيجابيًا على المحصول الحيوي.

-دليل الحصاد (%): أوضحت النتائج في الجدول.(4) أن قيم دليل الحصاد ارتفعت مع زيادة مستويات إضافة الفحم الحيوي، حيث كانت قيم دليل الحصاد (31.91 %، 40.17 %، 41.85 %) عند مستويات الإضافة (5.0 , 15.0 , 25.0) ط/هـ على التوالي بمتوسط عام قدرة (35.59)% بحيث كانت نسبة زيادة في دليل مع زيادة مستويات الإضافة للفحم الحيوي (12.24 %، 41.29 %، 47.20 %)عند مستويات الإضافة(5.0 ، 15.0، 25.0) طن/هـ على التوالي للفحم الحيوي المضاف بحجم(2.0-4.0) مم مقارنة بالمعاملة الشاهد(28.43 %) وتشير النتائج المبينة في الجدول(4) وجود زيادة معنوية في قيم دليل الحصاد مع زيادة مستويات الإضافة حيث كانت قيم دليل الحصاد (28.17 %، 32.20 %، 35.99 %) عند مستويات الإضافة (5.0 , 15.0 , 25.0) ط/هـ على التوالي بمتوسط عام قدرة (30.45 %) بحيث كانت نسبة زيادة في دليل مع زيادة مستويات الإضافة للفحم الحيوي (10.64 %، 26.47 %، 41.37 %)عند مستويات الإضافة (5.0 ، 15.0 ، 25.0) طن/هـ على التوالي مقارنة بالمعاملة الشاهد، وكذلك لم يسجل حجم حبيبات فروق معنوية على قيم دليل الحصاد مع ملاحظة أن أعلى قيم المتوسطات كانت عند معاملة الإضافة (25)طن/هـ لحجم الحبيبات الصغيرة. ويعد دليل الحصاد أحد الصفات الهامة المرتبطة بالإنتاجية وتزداد قيمة دليل الحصاد بزيادة وزن الحبوب، ولذلك تؤدي مكونات إنتاجية الحبوب العددية إلى تحسين إنتاجية الحبوب النهائية من خلال زيادة قيمة دليل الحصاد . وقد ذكر **(Erice وآخرون, 2014)** أن المحاصيل ذات مؤشر الحصاد المرتفع هي التي كانت أكثر استجابة لعوامل النمو، وفي سياق نفسة أكد **(Kobata وآخرون, 2018)** على أن مؤشر دليل الحصاد يعد عاملا مهما في تحديد محصول الحبوب لنبات القمح.

تتفق نتائج الدراسة مع العديد من الدراسات التي أوضحت دور الفحم الحيوي في تحسين خصائص زيادة نمو وإنتاجية نبات، ويعود التأثير الإيجابي للفحم الحيوي إلى خصائص الفحم الحيوي ومتمثلة في مساحة النوعي والمسامية العالية واحتواه على سطوح ادمصاص قادرة على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية، وكذلك السعة التبادلية العالية، ودور المجموعة الوظيفية الموجود على حواف جزئيات الفحم الحيوي والتي من خلالها يمكن أن توفر سطوح ادمصاص وموقع تبادل للأيونات إضافية وبالتالي يمكن أن تعزز من احتفاظ العناصر في التربة وتزيد من سعتها الكيتونية، بالإضافة إلى احتواء الفحم الحيوي مركبات عطرية ذات بنية مسامية تقاوم التحلل الكيميائي والميكروبي ويمكن أن توفر بيئة مناسبة لنشاط ميكروبات التربة.**(Atkinson وآخرون، 2010؛ Sohiوآخرون، 2010)**. وقد يساهم الفحم الحيوي أيضًا في رفع كفاءة احتفاظ التربة بالمياه وكفاءة استخدامها من قبل النبات. وهذا يتفق مع ما وجده**(Emmanuel وAnne, 2010؛ Joseph وآخرون، 2010)** إلى أن إضافة الفحم الحيوي أثرت بشكل إيجابي في خصائص التربة الطبيعة وزاد من إتاحة العناصر وتوفرها، نظرا لخواص امتصاصية العالية ومساحة السطح النوعي لحبيبات الفحم الحيوي إلى جانب احتواه على بنية مسامية ومجموعات الوظيفية "الكربوكسيلية" مما يزيد قدرة التربة على الاحتفاظ بالعناصر وزيادة قدرتها على التبادل الأيوني. وبالتالي الاحتفاظ بالأسمدة ومنع فقدها بالرشح أو الغسيل. **(Devereux وآخرون،2012؛ Alburquerque وآخرون, 2013)** وبالتالي فإن إضافة الفحم الحيوي للتربة يمكن أن تعزز من نمو النبات إما بشكل مباشر من خلال توفير العناصر الغذائية في التربة، أو بشكل غير مباشر من خلال تحسين خواص التربة الفيزيائية والكيميائية والحيوية. **(Cheng وآخرون، 2012؛ Enders وآخرون، 2012)**. وتشير النتائج إلى أن إضافة الفحم الحيوي للتربة في الدراسة لم تظهر تأثيرًا سلبيًا على نمو النبات وإنتاجية المحصول القمح، على الرغم من ارتفاع درجة حموضة التربة والفحم

الحيوي. يمكن أن يكون التأثير المختلف للفحم الحيوي على التربة يعود إلى نوع التربة وسعتها التنظيمية، ونوع المواد التي يتم استخدامها في صنع الفحم الحيوي، وظروف تحضيره ومدة وجوده في التربة. بالإضافة إلى ذلك، نوع النبات النامي في الترب المعدلة بالفحم الحيوي. وكذلك كمية الإضافة وطرق تطبيق الفحم الحيوي. وقد ذكر **(Inal وآخرون، 2015)** أن إضافة الفحم الحيوي إلى التربة الكلسية القلوية خفض من درجة تفاعلها وزاد من توفر العناصر الغذائية "الفوسفور، والحديد"، وتتفق النتائج أيضا، مع ما توصل إلية **(Salim، 2016)** والذي توصل إلى أن إضافة الفحم الحيوي ومستخلص الأعشاب البحرية أدت إلى زيادة نمو نبات القمح. ومع ما وجده **(Ail، 2018)** بأن إضافة الفحم الحيوي أدت إلى تحسن في صفات النمو المتمثلة في ارتفاع النبات ووزن الجاف، والرطب للنبات القمح، وزيادة محتوي النبات من عناصر الغذائية. وقد أشار **(El-Shony وآخرون، 2019)**،إلى أن توفر العناصر الغذائية في التربة وتيسرها قد زاد نتيجة لإضافة الفحم الحيوي وسماد الكومبست، على الرغم من أن إضافة الفحم الحيوي زادت من درجة حموضة التربة وارجعوا السبب في ذلك إلى أن هذه الزيادة ربما حدثت نتيجة زيادة هذه العناصر في صور عضوية قابلة للذوبان. ويعتبر الفحم الحيوي شكلاً من أشكال التفحم، حيث يتكون أساسًا من الكربون العنصري ومزيج من الرماد. وتتفاوت خصائص الفحم الحيوي بناءً على تنوع المواد العضوية للبقايا النباتية والحيوية، وكذلك تنوع ظروف وطرق التصنيع. وخلاصة الدراسة إلى أن تأثير الفحم الحيوي على نمو وإنتاجية نبات القمح قد يعود بشكل رئيسي إلى دوره في تحسين قدرة التربة على احتفاظ بالعناصر الغذائية وتحسين خصائصها ومن ثم انعكاس ذلك على نمو وإنتاجية نبات القمح.

الجدول(4): تأثير مستويات الإضافة وحجم الحبيبات الفحم الحيوي في صفات الإنتاجية لنبات القمح.

مستويات الإضافة (طن/هـ)	عدد الحبوب/السنبلة	وزن الـ 1000حبة (جم)	محصول الحبوب (طن/هـ)	المحصول الحيوي(طن/هـ)	وزن القش (طن/هـ)	دليل الحصاد(%)
حجم حبيبات (2.0-4.0)مم						
0.0	39.49	15.38	1.47	5.79	4.31	25.46
5.0	39.54	15.58	1.49	5.92	4.42	25.24
15.0	43.69	18.51	1.90	6.43	4.52	29.61
25.0	49.52	20.74	2.38	6.79	4.40	35.12
المتوسط	**43.06**	**17.55**	**1.81**	**6.23**	**4.41**	**28.85**
حجم الحبيبات أقل من (2) مم						
0.0	39.49	15.38	1.47	5.79	4.31	25.46
5.0	40.25	16.06	1.54	5.88	4.45	28.17
15.0	42.25	19.53	2.02	6.27	4.61	23.20
25.0	47.43	24.57	2.71	7.52	4.80	35.99
المتوسط	**42.35**	**18.88**	**1.93**	**6.36**	**4.54**	**28.20**
الإضافة $LSD_{0.05}$	****2.672**	****0.457**	****0.247**	****0.243**	****0.042**	****2.542**
الحجم $LSD_{0.05}$	**$^{n.s}$1.889**	****0.323**	**$^{n.s}$0.175**	**$^{n.s}$0.172**	****0.031**	**$^{n.s}$ 1.802**

-الاستنتاجات:

- أثرت مستويات إضافة الفحم الحيوي إيجابيا في كافة صفات النمو الخضري والإنتاجية لنبات القمح الصلب مقارنة بالمعاملة الشاهد وتفوق المعاملة (25)ط/هـ في زيادة مؤشرات النمو الخضري والإنتاجية المدروسة.

– بينت النتائج أن إضافة أحجام مختلفة من حبيبات الفحم الحيوي قد أثرت في بعض الحالات معنويا على صفات النمو الخضري والإنتاجية لنبات القمح الصلب، وأن إضافة احجام مختلفة من حبيبات فحم الحيوي كان لها تأثير عالي معنوي على وزن الـ1000حبة ووزن القش.

التوصيات:

–أجراء المزيد من الدراسات الحقلية على ترب مختلفة ومحاصيل آخري ولعدة مواسم مع الاستمرار في اختبار معدلات إضافة الفحم الحيوي واستخدام احجام مختلفة وتأثيرها في خواص التربة.

المراجع:

البدراني، عماد محمود علي.(2010). تأثير مستويات الآزوت على صفات النمو والحاصل لصنفين من الحنطة الناعمة Triticum aestivum L. مجلة الأنبار للعلوم الزراعية 8(3):98–107.

الجبورى, مروة سمير فاضل و البدرانى, وحيدة على احمد.(2017). تأثير السماد العضوي والفوسفاتى على نمو وحاصل نبات الحنطة. مجلة زراعة الرافدين 45(4): 115–130.

الزويك، سهام محمد و سالم، راضية عمر و ابراهيم، عبدالله ابراهيم ومصطفى، علي العاقل.(2020). دراسة الكفاءة الإنتاجية لعدد من أصناف القمح الطري بنظام الري التكميلي. مجلة الجديد في البحوث الزراعية– كلية الزراعة– سابا –باشا– مصر. 25(2): 112–118.

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

درمش, محمد خلدون ومحمد, حسام وبهلوان وفاء, واحمد، عيسى ويوسف، وليد خلف.(2010). تأثير حامض الهيوميك وعامل الغسيل في محتوى الترب الطينية من المادة العضوية وإنتاجية محصول القمح تحت الري بمستويات مختلفة . المجلة السورية للبحوث الزراعية 6(1): 303– 313.

ديان, عبدالعزيز سالم(2016).تأثير مستويات مختلفة من التسميد النتروجيني على إنتاجية القمح– كليانسونا. مجلة الأندلس للعلوم التطبيقية 14(6):58–73.

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

هدهد, حامد عبدالشافي و محمد, عبدالمنعم مرسي و نصار وليد عمر عبدالحميد و محمد, باسم احمد علي.(2020). التقييم المالي لإنتاج محصول القمح بمشروع الكفرة الزراعي في ليبيا. مجلة الاقتصاد الزراعي والعلوم الاجتماعية المجلد11(2:)93 – 74.

Abbas, A., Yaseen, M., Khalid, M., Naveed, M., Aziz, M. Z., Hamid, Y., and Saleem, M. (2017). Effect of Biochar Amended Urea on Nitrogen Economy of Soil for Improving the Growth and Yield of Wheat (Triticum aestivum L.) Under Field Condition. Journal of Plant Nutrition, 40(14), 2026-2035.

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.

Ali, M. M. (2018). Effect of plant residues derived biochar on fertility of a new reclaimed sandy soil and growth of wheat (Triticum aestivum L.). Egyptian Journal of Soil Science, 58(1), 93-103.

Atkinson, C. J., Fitzgerald, J. D., & Hipps, N. A. (2010). Potential mechanism for achieving agriculture benefits from biochar application to temperate soils. Plant and Soils, 337(1), 1-18.

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 N_2O production in a cultivated black chernozen. Biology and Fertility of soils. 48(8):941-946.

Devereux, R. C., Sturrock, C. J., & Mooney, S. J. (2012). The effects of biochar on soil physical properties and winter wheat growth. Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh, 103(1), 13-18.

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.

El-Shony, M., Farid, I.M., Alkamar, F., Abbas, M.H., Abbas, H. 2019. Ameliorating a sandy soil using biochar and compost amendments and their implications as slow-release fertilizers on plant growth. Egyptian Journal of Soil Science, 59(4), 305-322.

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.

Enders, A.; Hanley, K.; Whitman, T.; Joseph, S and J, Lehmann.(2012). Characterization of biochars to evaluate recalcitrance and agronomic performance. Bio-resour.Technol. No (114), , 644–653.

Erice.G.,Sanz-Soez., A.Urdian., J.L.Araus., J.J.Iroggoyen and I.Aranjuelo.(2014). Harvest index combined with impaired N availability constrains the responsiveness of durum wheat to elevated CO_2 concentration and terminal water stress.Funct plant Bio.41(11): 1138-1147.

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 investigation into the reactions of biochar in soil. Aust J Soil Res 48:501–515.

Kemp, C. D. (1960). Methods of estimating the leaf area of grasses from linear measurements. Annals of Botany, 24(4), 491-499.

Kobata, T., Koç, M., Barutçular, C., Tanno, K. I., & Inagaki, M. (2018). Harvest index is a critical factor influencing the grain yield of diverse wheat species under rain-fed conditions in the Mediterranean zone of southeastern Turkey and northern Syria. Plant production science, 21(2), 71-82.

Mushtaq, T., Hussain, S., Bukhsh, M. A. H. A., Iqbal, J., & Khaliq, T. (2011). Evaluation of two wheat genotypes performance of under drought conditions at different growth stages. Crop & Environment, 2(2), 20-27.

Page, A. L., Miller, R. H., & Keeney, D. R. (1982). Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties (2nd ed.). American Society of Agronomy, Inc. and Soil Science Society of America, Inc. (SSSA Book Series No. 5).

Salim, B. B. M. (2016). Influence of biochar and seaweed extract applications on growth, yield and mineral composition of wheat (Triticum aestivum L.) under sandy soil conditions. Annals of Agricultural Sciences, 61(2), 257-265.

Shamsham, S., and Alnokary, T. (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.

Shreidi, A. S., Zentani, A., and Ketata, H. (2016).The History of Wheat Breeding in Libya. In A. P. Bonjean, W. J. Angus, and M. v. Ginkel (Eds.): The World Wheat Book, A History of Wheat Breeding (Vol. 3, pp. 497- 500). Lavoisier, France: Limagrain.

Sohi, S. P., Krull, E., Lopez-Capel, E., & Bol, R. (2010). A review of biochar and its use and function in soil. Advances in agronomy, 105, 47-82.

Sun, H., Hockaday, W. C., Masiello, C. A., & Zygourakis, K. (2012). Multiple controls on the chemical and physical structure of biochars. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, *51*(9), 3587-3597.

Vaccari, F. P., Baronti, S., Lugato, E., Genesio, L., Castaldi, S., Fornasier, F., & Miglietta, F. (2011). Biochar as a strategy to sequester carbon and increase yield in durum wheat. European journal of agronomy, 34(4), 231-238.

Waraich, E. A., Ahmad, R., & Ashraf, M. Y. (2011). Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress in plants. Australian Journal of Crop Science, 5(6), 764-777.

Xie, T., Reddy, K. R., Wang, C., Yargicoglu, E., & Spokas, K. (2015). Characteristics and applications of biochar for environmental remediation: a review. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 45(9), 939-969.

Effect of addition levels and size of Biochar on Growth and Yield of Wheat (*Triticum durum* L.) cultivated in sandy soil

Jamal Saeed Deryag [(1)] and Fathallah Mohammed El-Madani [(1)] *

(1). Dept of soil and water Faculty of Agric, Omer El-Mukhtar University, Libya.

(*Corresponding author: Fathallah El-Madani.:E-Mail: ftallhl202078@gmail.com).

Received:19/07/2023 Accepted:02/09/2023

Abstract

A pot experiment was conducted at the Soil and Water Department, Faculty of Agriculture, Omar El-Mukhtar University, El-Baida, Libya to investigate the impact of biochar of different sizes (0.0, 7.20, 21.87, 36.45 g/7 kg soil, equivalent to 0.0, 5.0, 15.0, and 25.0 ton/ha) as an organic soil amendment on the growth and productivity of *Triticum durum* L. The results showed a significant improvement in vegetative growth and productivity of wheat plants grown in sandy soil treated with biochar compared to the control treatment, with an increase in the measured parameters.

Keywords: Biochar, particle size, sandy soil, wheat.