مجلة الزراعة العراقية البحثية
وزارة الزراعة
ISSN Print: 2790-5306 – ISSN Online: 2790-5314
http://ijarmoa.gov.iq — open access
2026 (1) العدد 30 مجلد
DOI: https://doi.org/10.65814/ijar.30.1.1

تأثير معدل اضافة وقطر الفحم النباتي في بعض الخصائص الكيميائية للتربة ونمو البروكلي*

عباس فاضل مرعي الفهداوي[1]
abb23g2005@uoanbar.edu.iq

احمد رياض عبداللطيف العاني[1]
ag.ahmed.riyadh@uoanbar.edu.iq

حذيفة جاسم محمد نجم[1]
Ag.huthaifa.Jaseem@uoanbar.edu.iq

© 2026 Directorate of Agricultural Research, Ministry of Agriculture. This is an open-access article under the CC by Licenses http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

الملخص

نفذت تجربة حقلية في الموسم الخريفي لعام 2024، بهدف دراسة تأثير مستوى وقطر الفحم الحيوي في بعض الخصائص الكيميائية للتربة وبعض صفات نمو نبات البروكلي صنف (Jassmine F1) شملت الدراسة عاملين، الاول مستوى الاضافة B1 وB2 (0.5 و1%)، اما العامل الثاني فهو قطر D1 وD2 وD3 (0.5 و1 و2 مم) للفحم الحيوي. صممت التجربة وفقاً لتصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) وبثلاثة مكررات في تربة ذات نسجة مزيجة طينية رملية. زرعت شتلات البروكلي صنف Jassmine F1 بتاريخ 2024/10/1.

بينت النتائج زيادة في قيم الاس الهيدروجيني، إذ حققت المعاملة D1B2 اعلى قيمة بلغت 7.6، وحققت المعاملة D3B1 اقل قيمة بلغت 7.26 بالمقارنة بالمعاملة بدون اضافة بلغت 7.18 ادت اضافة الفحم الحيوي الى التربة الى رفع قيم EC، إذ حققت المعاملة D1B2 اعلى قيمة وبلغت 2.66 ديسيسمنز. م$^{-1}$ وحققت المعاملة D3B1 اقل قيمة بلغت 2.11 ديسيسمنز م$^{-1}$ على التوالي بالمقارنة بالمعاملة بدون اضافة بلغت 1.93 ديسيسمنز م$^{-1}$ وادت اضافة الفحم الحيوي الى التربة الى زيادة قيم CEC، إذ حققت المعاملة D1B2 اعلى قيمة وبلغت 20.39 سنتي مول شحنة كغم$^{-1}$ وحققت المعاملة D3B1 اقل قيمة بلغت 19.25 سنتي مول شحنة. كغم$^{-1}$ بالمقارنة بالمعاملة بدون اضافة وبلغت 18.19 سنتي مول شحنة كغم$^{-1}$، انخفاض قيم SAR حققت المعاملة D3B1 اقل قيمة بلغت 1.03 ملي مكافئ لتر$^{-1}$ وحققت المعاملة D2B2 اعلى قيمة بلغت 1.21 ملي مكافئ. لتر$^{-1}$ بالمقارنة بالمعاملة بدون اضافة بلغت 1.65 ملي مكافئ لتر$^{-1}$، وكذلك اثر اضافة الفحم الحيوي الى التربة في بعض صفات النمو نبات البروكلي، إذ حققت المعاملة D1B2 اعلى قيمة وبلغت 72.90 سم وحققت المعاملة D3B1 اقل قيمة وبلغت 64.40 سم، وحققت المعاملة D1B2 اعلى معدلاً لعدد الاوراق بلغت ا30 ورقة نبات$^{-1}$ وحققت المعاملة D3B1 اقل قيمة بلغت 27 ورقة نبات$^{-1}$.

الكلمات الدالة: الفحم الحيوي، pH، EC، السعة التبادلية للأيونات الموجبة، نسبة امتزاز الصوديوم SAR، البروكلي.

* جزء مستل من رسالة ماجستير الباحث الاول.

[1] جامعة الانبار، كلية الزراعة، الانبار، العراق

- **تاريخ تسلم البحث:** 20/ آب/2025
- **تاريخ قبول البحث:** 22/ايلول/2025
- **متاح على الانترنت:** 30/حزيران/2026

المقدمة

الفحم النباتي (Biochar) عبارة عن مركب كاربوني عضوي مسامي يتكون من مخلفات نباتية أو حيوانية يتم انتاجه من خلال عملية الانحلال الحراري وبدرجات حرارة تتراوح بين 250 -300 درجة مئوية وتحت ظروف نقص الاوكسجين، وتوجد دراسات عديدة بينت بأن إضافته الى التربة يحسن العديد من الصفات الفيزيائية للتربة مثل الكثافة الظاهرية والمسامية الكلية والايصالية المائية للتربة ومحتوى التربة الرطب [3]. اشار Ali *et al.* [3] الى قدرة الفحم النباتي في تحسين خصائص التربة الكيميائية والفيزيائية والخصوبية والحيوية مما جعله يستخدم في الكثير من المجالات الزراعية محسناً طويل الامد للترب وعلى وجه الخصوص التربة المتدهورة. بين Ibrahim *et al.* [14] ان استخدام الفحم الحيوي في التربة في المجال الزراعي، يعود الى دوره:

- محسناً للتربة ومخففاً للانجراف والتدهور.
- يعمل على زيادة سطوح الادمصاص الكاتيوني (CEC) والأنيونية (AEC)
- يعمل على تقليل عملية غسل الاسمدة المعدنية والايونات السالبة والموجبة خارج منطقة الجذور الى المياه الجذرية.

ذكر Li *et al.* [18] في دراستهم باستخدام فحم قشور الرز تم تحضيره بدرجة حرارة 500 درجة مئوية لمدة 6 ساعات وباستعمال نسب الاضافة 0.8 و2 و4 % من وزن التربة وتبين عند إضافة الفحم الحيوي أدت الى رفع قيمة الاس الهيدروجيني في التربة. اشار Dai *et al.* [8] الى ان الفحم الحيوي بامكتنه تعديل ملوحة التربة من خلال الامتصاص الفيزيائي والتبادل الايوني ويرجع ذلك الى خصائص الفحم الحيوي والمسامية العالية والمساحة السطحية العالية والمحتوى العالي من الكاربون ومن خلال هذه الآليات يمكن ان يساهم الفحم الحيوي بتسريع ترشيح الملح ويقلل الوقت المطلوب لخفض تركيز الاملاح مناسباً لنمو النبات. اشار Tan *et al.* [25] يمكن للفحم الحيوي أن يقلل بشكل فعال من تراكم الايونات والاجهاد الاسموزي مما يعزز نمو النبات في التربة المالحة. أوضح Singh *et al.* [21] في دراستهم عند زيادة درجة حراره الانحلال تنخفض CEC ومع انخفاض درجة حرارة الانحلال الحراري تزداد CEC والسبب في ذلك يعود الى وجود كثافة عالية في المجاميع الفعالة على السطح. وجد Zhu *et al.* [27] بعد اجراء العديد من الدراسات وجد أن الفحم الحيوي يمكنه أن يخفف من إجهاد الملوحة عن طريق تقليل النسبة المئوية للصوديوم المتبادل (ESP) ونسبة امتزاز الصوديوم (SAR) من خلال تبادل الكالسيوم والمغنسيوم مع الصوديوم ، أو امتزاز الصوديوم على سطح الفحم الحيوي. ينتمي البروكلي Brassica oleracea var italic الى *Brassicaceae* العائلة الصليبية المعروفة منذ عصر الرومان، وجدت الانواع البرية منها تنمو في البحر الابيض المتوسط واسيا وهي نبته عشبية سنوية شتوية تشبه القرنابيط شكلياً [5].

البروكلّي من النباتات الطرية، إذ يمثّل الماء 90% من وزن النبات، ويعدُّ البروكلّي من محاصيل الموسم البارد، يتطلب الى جو معتدل مائل للدفء في فترة موسم النموّ الخضري وجوّ معتدل يميل الى البرودة في مرحلة تكوين الرؤوس يمتاز القدرة على تحمل درجات الحرارة المرتفعة أو المنخفضة، كذلك يتحمل الصقيع Borowski *et al.* [6]. اشار Jamir *et al.* [16] في دراستهم ان اضافة الفحم الحيوي 30 طن. هكتار$^{-1}$ مع البكتيريا الضوئية ادت الى زيادة في بعض صفات نبات البروكلي، إذ بلغ ارتفاع النبات 65.83 سم بالمقارنة بالمعاملة بدون اضافة بلغت (36.77 سم) وعدد الاوراق 32.47 ورقة.نبات$^{-1}$ بالمقارنة بالمعاملة بدون اضافة بلغت (18.47 ورقة نبات$^{-1}$) مساحة الورقة 588.09 سم^2 بالمقارنة بالمعاملة بدون اضافة بلغت (316.08 سم^2) وزن الرأس 499.37 غم بالمقارنة بالمعاملة بدون اضافة بلغت (410.51 غم) وقطر الرأس 16.55 سم بالمقارنة بالمعاملة بدون اضافة بلغت (12.82 سم). بينت Jasim [17] عند دراستها إضافة أنواع مختلفة من الفحم الحيوي، (مخلفات القصب وجذوع النخيل وقش الرز) ان إضافة مخلفات القصب تحسن صفات التربة الفيزيائية والكيميائية ويعزز النشاط المايكروبي من خلال توفير بيئة ذات تهوية جيدة، ويمتلك سعة تبادلية عالية تصل الى 37.29 سنتي مول .كغم$^{-1}$. اشار Al-Janabi [2] في دراستة عند اضافة الفحم الحيوي 4 ميكاغرام هكتار$^{-1}$ الى تربة مزيجة غرينية اعطت

اعلى قيمة للسعة التبادلية لأيونات الموجبة 33.13 سنتيمول شحنة كغم$^{-1}$ قياسا بمعاملة المقارنة 21.6 سنتيمول شحنة كغم$^{-1}$ بنسبة زيادة 53.37%. في دراسة أجرتها Faleh [10] تبين عند اضافة الفحم الحيوي بنسب اضافة 1 و2% ادت الى زيادة قيم الاس الهيدروجيني معنوياً في التربة المزيجة الطينية وكانت القيم 8.70 و8.92 قياساً مع معاملة المقارنة وقيمتها 8.25 وبنسبتي زيادة 5 و7%، اما في التربة المزيجة الرملية فلا يوجد تأثير معنوي في اضافة 1% في قيمة الاس الهيدروجيني وبلغت قيمتها 7.68 بينما اثرت اضافة النسبة 2% معنوياً 8.40 قياساً مع معاملة المقارنة 7.48. اشارت Shakir [22] عند اضافة الفحم الحيوي الى التربة الرملية خفض نسبة الصوديوم الممتز من 8.69 ملي مول لتر$^{-1}$ الى 2.47 ملي مول لتر$^{-1}$. بينت Majeed [12] عند اضافة الفحم النباتي مصنوع من قشور مخلفات الرز ونوى التمر واشجار الحمضيات وخليط من جميع انواع الفحم كافة انخفاض قيم نسبة امتزاز الصوديوم 28.03 و28.71 و28.94 و28.53 ملي مول لتر$^{-1}$ على التوالي بالمقارنة بمعاملة المقارنة بلغت 29.24 ملي مول. لتر$^{-1}$ بعد 120 يوماً من اضافة الفحم النباتي الى التربة.

المواد وطرق البحث

نفذت تجربة حقلية في الموسم الخريفي للعام 2024 في محطة الابحاث الزراعية رقم (1) في البوعيثة الواقعة على خط طول "E43°.32'.70 شرقاً ودائرة عرض "N33°.45'.41 شمالاً التابعة لكلية الزراعة – جامعة الانبار في قضاء الرمادي – محافظة الانبار في تربة رسوبية ذات نسجة مزيجية طينية رملية، وصنفت تربة مورفولوجيا الى Typic Torrifluvents حسب تصنيف Soil Survey Staff [23].

جمع وتحليل بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية لعينات التربة

اخذت عينات على عمق من 0 –0.30 م من تربة الحقل بواسطة مثقاب التربة (soil Auger) جففت وطحنت ونخلت من منخل قطر فتحاته 2مم وهيئت للتحاليل بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للترب جدول 1 يبين بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة قبل الدراسة.

جمع وتجهيز الفحم الحيوي

حضر الفحم الحيوي من القصب النامي على ضفاف نهر الفرات في جزيرة الخالدية، تم تقطيع القصب بواسطة إلة قطع يدوية ثم جففت بتاريخ 2024/8/4 جمعت بشكل كومة ثم حرقت وفي بداية الاحتراق، إذ تراوحت درجة الحرارة 300-380 درجة سيليزية [11]. يتم اخماد النار بإضافة الماء الى الكومة تدريجياً، أغلقت منافذ التهوية وعمل فتحات بسيطة من أماكن مختلفة للتهوية وجعل الكومة تحترق ببط، ثم جففت لمدة يومين وبعدها نخلت بمناخل ذات اقطار 2 و1 و0.5 و0.25مم، واخذ المتبقي على المناخل 1و0.5 و0.25 مم. قبل عملية التدرج أخذ إنموذج من الفحم الحيوي لاجراء بعض التحاليل، كما موضح في جدول 1.

Table 1: Selected Chemical Properties of Biochar

Properties	pH	EC	N	P	K
Value	8.44	5.15	0.402	0.16	0.547
Unit		dS m^{-1}	%	%	%

تهيئة تربة الحقل

تمت تهيئة الارض للزراعة، إذ اجريت عملية الحراثة والتنعيم والتسوية بتاريخ 2024/9/8 وقسم الحقل الى ثلاثة قطاعات كل قطاع يحتوي على 7 مساطب ذات عرض 0.80م وبطول 8م والمسافة بين مسطبة واخرى 1م والمسافة بين قطاع واخر 2م .اما المساحة المخصصة للتجربة 8*70م التي تساوي 560م^2 فقد تمّ مد خطوط منظومة الري بالتنقيط في الحقل قبل الزراعة. يبين الشكل 1 المخطط الحقلي للتجربة.

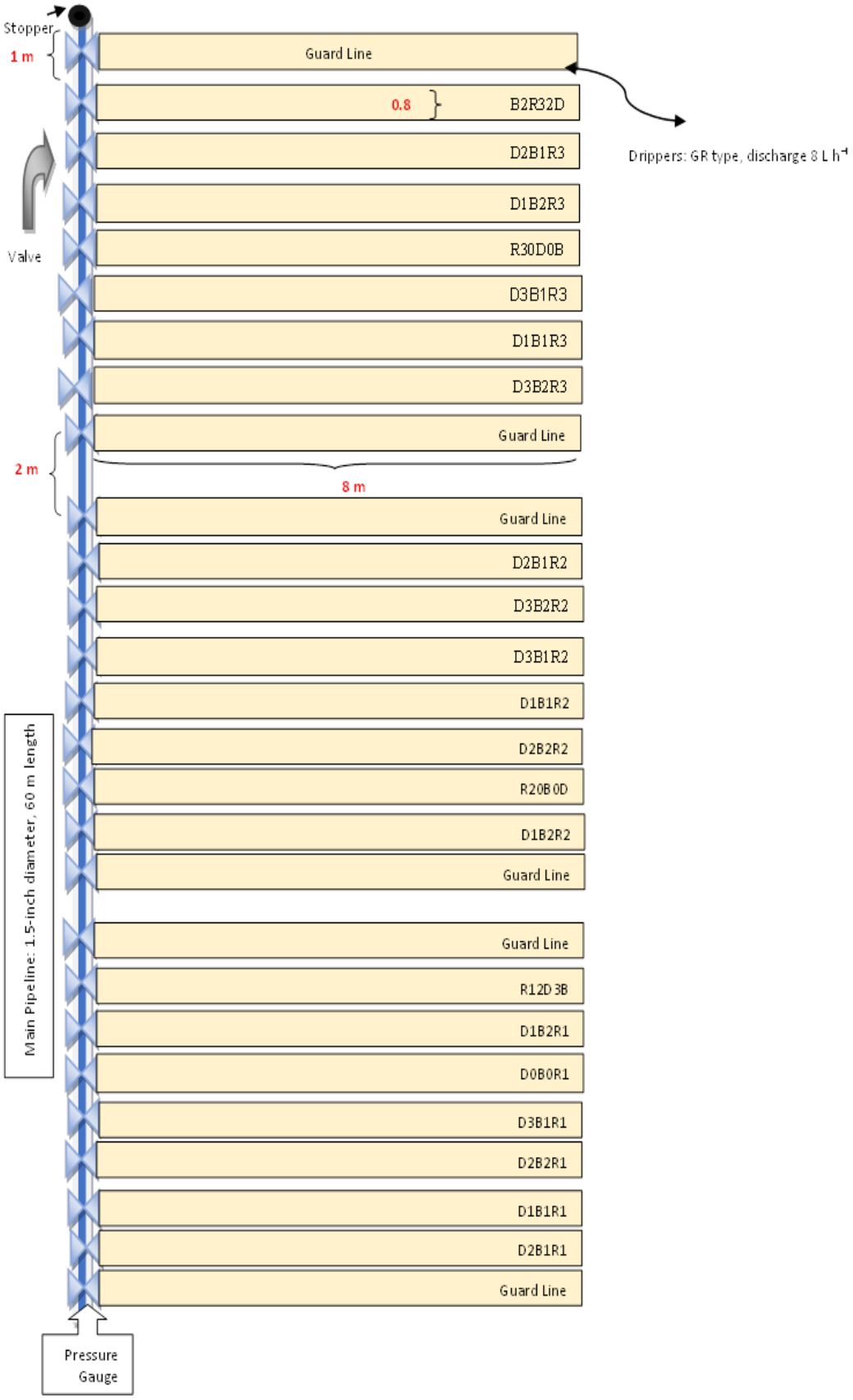

Figure 1: The experimental design

زرعت شتلات البروكلي صنف Jassmine F1 بتاريخ 2024/10/1 وقد كانت المسافة بين نبات وآخر 0.40م، 20 ليصبح عدد النباتات في عموم أرض التجربة 540 نبات. أضيفت الأسمدة الكيميائية حسب التوصية السمادية (1450كغم N هكتار$^{-1}$ و80 كغم P هكتار$^{-1}$ و120 كغم K هكتار$^{-1}$ [13]. نفذت تجربة عاملية وبتصميم القطاعات العشوائية الكاملة وبواقع ثلاث مكررات ليصبح عدد الوحدات التجريبية 21 وحدة تجريبية وبثلاث قطاعات لكل قطاع 7 معاملات، وزعت المعاملات عشوائياً (تطبق العشوائية داخل القطاع الواحد)، حددت اقطار الفحم الحيوي الداخلة في التجربة وهي على التوالي (0.5 و 1 و2) مم وكانت مستوى الاضافة هي (0.5 و1%) من وزن التربة اضافة الى معاملة المقارنة بدون اضافة الفحم اعتمد القصب مصدراً للفحم الحيوي المستخدم، ويوضح جدول 2 معاملات التجربة.

Table 2: Transaction codes and details

Transactions	Details
D0B0	Control
D1B1	Add 0.5% of soil weight with 0.5 mm biochar diameter
D1B2	Add 1% of soil weight with 0.5 mm biochar diameter
D2B1	Add 0.5% of soil weight with 1 mm biochar diameter
D2B2	Add 1% of soil weight with biochar diameter of 1 mm
D3B1	Add 0.5% of soil weight with biochar diameter of 2 mm
D3B2	Add 1% of soil weight with biochar diameter of 2 mm

بعض الصفات الكيميائية الداخلة في التجربة

قدرت درجة التفاعل pH باستخدام جهاز pH-Meter وفقاً للطريقة التي ذكرها Jackson [15] . الايصالية الكهربائية قيست باستخدام جهاز EC-Meter حسب ماورد ذكر من قبل Jackson [15]، وقدرت السعة التبادلية للأيونات الموجبة للتربة بطريقة اوكزالات الصوديوم كما ذكر Jackson [15]، نسبة أمتزاز الصوديوم SAR قيست على وفق المعادلة التي ذكرها Richards [20].

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{+2}+Mg^{+2}}{2}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 1$$

Table 3: Chemical properties of irrigation water.

Class	SAR	NO3	Cations and anions (meq L^{-1})								ph	EC dS.m^{-}
		Mg. kg^{-1}	HCO^{-3}	$CO_3^{=}$	$SO_4^{-}{}_2$	Cl^{-1}	Mg^{+2}	Ca^{+2}	K^{+}	Na^{+1}		
C3S1	0.97	0.07	0.93	Nil	2.21	6.3	3.62	3.59	1.28	1.86	7.68	1.6

حُسب عدد ا لأوراق على النبات وسجل معدل خمس نباتات في نهاية الموسم. تم قياس ارتفاع النبات (سم) من مكان الاتصال سطح التربة وحتى نهاية الأوراق، أُخِذ القياس لخمس نباتات بعد انتهاء موسم النمو لكل معاملة. تم تحُليل النتائج احصائياً باستعمال برنامج Genstat بحَسبْ طَريقة تحليل التباين على أساس الفروق المعنوية للمقارنة بين معاملات الدراسة عند مستوى معنوية 0.05 لأقل فرقاً معنوياً LSD.

Table 4: Some physical and chemical properties of the soil of the study before planting for the depth of 0.00 to 0.30 m

Properties		Value	Unit
Electrical conductivity		1.85	dS m^{-1}
Soil pH		7.2	
Cation exchange capacity		20	cmol(+) kg^{-1}
Gypsum CaSO3		12.2	g kg^{-1}
Lime CaCO3		230	
Cations	Ca^{2+}	12.36	meq L^{-1}
	Mg^{2+}	2.27	
	Na^{+}	1.11	
	K^{+}	1.10	
Anions	Cl^{-1}	6.6	meq L^{-1}
	SO_4^{-2}	6.92	
	HCO^{-3}	1.22	
	CO_3^{-2}	Nill	
Available Nitrogen		0.8	g kg^{-1}
Available Phosphorus		1.02	
Available Potassium		1.10	
physical properties	Bulk density	1.36	Mg m^{-3}
	Particle density	46.7	%
	Basic infiltration rate	3.85	cm $hour^{-1}$
	Volumetric soil moisture at tensile (1/3)bar	0.389	cm^3 cm^{-3}
	Volumetric soil moisture at tensile (15)bar	0.154	
	Available Water	0.235	
	Sand	490	g kg^{-1}
	Silt	188	
	Clay	322	
Texture		Silty Clay loam	

النتائج والمناقشة

درجة تفاعل التربة

يشير جدول 5 تأثير مستوى وقطر الفحم الحيوي وتداخلاتهما في درجة تفاعل التربة، اذ لوحظ تأثير معنوياً لمستوى الفحم الحيوي في pH التربة ادى الى زيادة قيم pH مع استعمال نسبتي الفحم الحيوي بلغتا 0.5% و1% وقيمتهما 7.32 و7.47 بالمقارنة بالمعاملة بدون اضافة التي اعطت 7.18 بنسبتي زيادة (1.94 و4.03%) على التتابع. ويعزى سبب الزيادة قيم درجة تفاعل للتربة بسبب ارتفاع pH للفحم المستخدم (8.44) [18]. تعتمد قيمة الاس الهيدروجيني للفحم النباتي على المادة الاولية وظروف الانتاج والمعاملات بعد الحرق بما يناسب ظروف التربة والمحصول ،إذ تتراوح من 4-14 وهذه النتائج تتوافق مع ما توصل اليه كل من Gamage *et al.* [11] و Faleh [10].

Table 5: Effect of biochar level and diameter on pH

D / B	D1	D2	D3	Average D
B1	7.40	7.30	7.26	7.32
B2	7.60	7.46	7.36	7.47
Average B	7.5	7.38	7.31	
Control	7.18			
LSD 5%	B	D	BD	
	0.119	0.054	n.s	

كما يشير الجدول 5 الى وجود فرق معنوي لقطر الفحم الحيوي زيادة قيم pH مع زيادة معدلات قطر الفحم الحيوي وبلغت 7.5 و7.38 و7.31 بالمقارنة بالمعاملة بدون اضافة بلغت 7.18 وبنسب زيادة بلغت (4.45 و2.78 و1.81%).

ومن نتائج الجدول أيضاً يتضح عدم وجود تأثير معنوي للتداخل بين عاملي الدراسة، اذ حققت المعاملة D1B2 اعلى قيمة بلغت 7.60 وبن00سبة زيادة بلغت (5.84%) وحققت المعاملة D3B1 اقل قيمة وبلغت 7.26 قياساً بالمعاملة بدون اضافة بلغت 7.18.

الايصالية الكهربائية EC

يبين جدول 6 تأثير مستوى وقطر الفحم الحيوي وتداخلاتهما في EC (ديسيسمنز م$^{-1}$)، اذ لوحظ تأثير معنوي لمستوى الفحم الحيوي في EC التربة ادى الى زيادة قيم EC مع استعمال نسبتي الفحم الحيوي 0.5% و1% البالغة قيمتهما 2.17 و2.53 ديسيسمنز. م$^{-1}$ على التوالي بالمقارنة بالمعاملة بدون اضافة التي اعطت 1.93 بنسبتي زيادة (12.43 و31.08%) على التوالي. وقد يعزى سبب زيادة EC الى طبيعة وتركيب المادة مصنع منها الفحم ونسبة الكربون والأيونات الموجبة والسالبة الشحنة .Wang *et al.* [8] ويتفقون مع Faleh [10] و Tasneem and Zahir [26] .

Table 6: Effect of biochar level and diameter on EC

D / B	**D1**	**D2**	**D3**	**Average D**
B1	2.20	2.20	2.11	2.17
B2	2.66	2.50	2.45	2.53
Average B	2.43	2.35	2.28	
Control	1.93			
LSD 5%	**B**	**D**	**BD**	
	0.186	n.s	n.s	

كما يشير الجدول نفسه الى وجود فرق غير معنوي لقطر الفحم الحيوي زيادة قيم EC مع زيادة معدلات قطر الفحم الحيوي وبلغت 2.43 و2.35 و2.28 ديسيسمنز. م$^{-1}$ بالمقارنة بالمعاملة بدون الاضافة 1.93 ديسيسمنز م$^{-1}$ وبنسب زيادة بلغت (25.9 و21.76 و18.13%).

ومن نتائج الجدول أيضاً يتضح عدم وجود تأثير معنوي للتداخل بين عاملي الدراسة اذ حققت المعاملة D1B2 اعلى قيمة بلقت 2.66 ديسيسمنز م$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت (37.82%) وحققت المعاملة D3B1 اقل قيمة وبلغت 2.11 ديسيسمنز م$^{-1}$ على التوالي بنسبة زيادة (9.32%) بالمقارنة بمعاملة بدون اضافة بلغت 1.93 ديسيسمنز. م$^{-1}$.

السعة التبادلية للأيونات الموجبة CEC

تشير نتائج جدول 7 تأثير مستوى وقطر الفحم الحيوي وتداخلاتهما في CEC (سنتي مول شحنة. كغم$^{-1}$)، اذ لوحظ تأثير معنوي لمستوى الفحم الحيوي في CEC التربة ادى الى زيادة قيم السعة التبادلية للأيونات الموجبة مع استعمال

نسبتي الفحم الحيوي 0.5% و1% البالغة قيمتهما 19.39 و20.05 سنتي مول شحنة كغم$^{-1}$ بالمقارنة بالمعاملة بدون اضافة التي اعطى 18.19 بنسبتي زيادة (6.59 و10.22%) على التوالي. ويعزى سبب ذلك الى وجود كثافة عالية في المجاميع الفعالة على السطح [21].

Table 7: Effect of biochar level and diameter on CEC

D / B	D1	D2	D3	Average D
B1	19.55	19.38	19.25	19.39
B2	20.39	19.92	19.86	20.05
Average B	19.97	19.65	19.55	
Control	**18.19**			
LSD 5%	**B**	**D**	**BD**	
	0.245	0.300	n.s	

كما يشير الجدول 7 الى وجود فرق معنوي لقطر الفحم الحيوي زيادة قيم CEC مع زيادة معدلات قطر الفحم الحيوي وبلغت 19.97 و19.65 و19.55 سنتي مول شحنة كغم$^{-1}$ بالمقارنة بالمعاملة بدون اضافة بلغت 18.19 سنتي مول شحنة. كغم$^{-1}$ وبنسب زيادة بلغت (9.78 و8.02 و7.47%) على التوالي توجود المجاميع الفعالة الهيدروكسيل-) (OHوالكاربوكسيل (COOH-) في الفحم النباتي وتعطيه صفة السعة التبادلية الأيونية الموجبة العالية التي تعتمد قيمتها على المواد الأولية ودرجه حراره الحرق ومدته (Nguyen *et al.* [19]) وتتوافق النتائج مع Faleh [10] و Majeed [12].

ومن نتائج الجدول أيضاً يتضح عدم وجود تأثير معنوي للتداخل بين عاملي الدراسة، إذ حققت المعاملة D1B2 اعلى قيمة بلغت 20.39 سنتي مول شحنة كغم$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت (12.09%) وحققت المعاملة D3B1 اقل قيمة وبلغت 19.25 سنتي مول شحنة .كغم$^{-1}$ قياساً بالمعاملة بدون اضافة بلغت 18.19 سنتي مول شحنة .كغم$^{-1}$ لنسبة زيادة بلغت (5.82%).

نسبة امتزاز الصوديوم SAR

يشير جدول 8 تأثير مستوى وقطر الفحم الحيوي وتداخلاتهما في نسبة امتزاز الصوديوم ملي مكافئ لتر$^{-1}$، إذ لوحظ تأثير معنوي لمستوى الفحم الحيوي في نسبة امتزاز الصوديوم ادى الى انخفاض قيم SAR مع استعمال نسبتي الفحم الحيوي 0.5% و1% البالغة قيمتهما 1.10 1.19 ملي مكافئ. لتر$^{-1}$ بالمقارنة بالمعاملة بدون اضافة التي اعطت 1.65 ملي مكافئ لتر$^{-1}$ بنسبتي زيادة بلغت (33.33 و27.87%) على التوالي.

كما يشير الجدول نفسه الى وجود فرق غير معنوي لقطر الفحم الحيوي انخفاض قيم SAR مع زيادة معدلات قطر الفحم الحيوي بلغت 1.15 و1.18 و1.11 ملي مكافئ لتر$^{-1}$ بالمقارنة بالمعاملة بدون اضافة 1.65 ملي مكافئ لتر$^{-1}$ وبنسب انخفاض بلغت (30.30 و28.48 و32.72%). يعزى السبب الى ان الفحم النباتي يحتوي على كمية كبيرة من عنصري الكالسيوم والمغنيسيوم، إذ يمكن تبادلهما مع عنصر الصوديوم على اسطح غرويات التربة، مما يقلل من ملوحة التربة ونسبة امتزاز الصوديوم في التربة ثم يزيد من ترشيح الصوديوم من التربة المالحة من خلال عمليات الامتزاز الفيزيائي والتبادل الأيوني Chaganti and Crohn [7] وتتفق مع ماتوصل اليه Majeed [12].

Table 8: Effect of biochar level and diameter on SAR

D / B	D1	D2	D3	Average D
B1	1.12	1.16	1.03	1.10
B2	1.18	1.21	1.18	1.19
Average B	1.15	1.18	1.11	
Control	1.65			
LSD 5%	**B**	**D**	**BD**	
	0.071	n.s	n.s	

ومن نتائج الجدول 8 أيضاً يتضح وجود تأثير غير معنوي للتداخل بين عاملي الدراسة اذ حققت المعاملة D3B1 اقل قيمة بلغت 1.03 ملي مكافئ. لتر$^{-1}$ وبنسبة انخفاض بلغت (37.57%) واعلى قيمة D2B2 إذ بلغت 1.21 ملي مكافئ. لتر$^{-1}$ وبنسبة انخفاض بلغت (26.66%) قياسا بمعاملة المقارنة بلغت 1.65 ملي مكافئ. لتر$^{-1}$.

بعض صفات النبات المدروسة

طول النبات

يشير جدول 9 تأثير مستوى وقطر الفحم الحيوي وتداخلاتهما في طول النبات(سم)،إذ لوحظ تأثير معنوي لمستوى الفحم الحيوي في طول النبات ادى الى زيادة قيم طول النبات مع استعمال نسبتي الفحم الحيوي 0.5% و1% البالغة قيمتهما 66.32 و71.11 سم بالمقارنة بالمعاملة بدون اضافة التي اعطت 58.43 سم بنسبتي زيادة بلغتا (13.50 و21.70%) على التوالي. يعزى سبب الى ان الفحم الحيوي حسن صفات التربة فضلاً عملية في توفير العناصر الغذائية وجاهزيتها للامتصاص من قبل الجذور وهذا ينعكس ايجابياً في زيادة انتشار الجذور ونمو النبات وبالتالي زيادة ارتفاع النبات Jasim [17].

كما يشير الجدول نفسه الى وجود فرق معنوي لقطر الفحم الحيوي زيادة قيم طول النبات مع زيادة معدلات قطر الفحم الحيوي بلغت 70.28 و69.15 و66.71 سم بالمقارنة بالمعاملة بدون اضافة 58.43 سم وبنسب زيادة (20.28 و18.34 و14.17%). ويعزى السبب الى ان استخدام الفحم الحيوي زاد من امتصاص النبات للعناصر وبالأخص عنصر النتروجين الذي أدى الى زيادة الكلوروفيل الذي يعمل على زيادة نمو الساق وارتفاع النبات وزيادة عدد الوراق [17]تتفق مع ما توصل اليه Al-Soufi *et al.* [4].

Table 9: Effect of biochar level and diameter on Plant height

D / B	D1	D2	D3	Average D
B1	67.67	66.90	64.40	66.32
B2	72.90	71.40	69.02	71.11
Average B	70.28	69.15	66.71	
Control	58.43			
LSD 5%	**B**	**D**	**BD**	
	0.747	0.914	n.s	

ومن نتائج الجدول 9 أيضاً يتضح وجود تأثير غير معنوي للتداخل بين عاملي الدراسة اذ حققت المعاملة D1B2 اعلى قيمة بلغت 72.90 سم وبنسبة ارتفاع بلغت (24.76%) وحققت المعاملة اقل قيمة D3B1 إذ بلغت 64.40 سم وبنسبة انخفاض بلغت (10.21%) قياسا بالمعاملة بدون اضافة بلغت 58.43 سم.

عدد الاوراق

يشير جدول 10 الى ان تأثير مستوى وقطر الفحم الحيوي وتداخلاتهما في عدد الاوراق(ورقة نبات$^{-1}$)، إذ لوحظ تأثير معنوي لمستوى الفحم الحيوي في عدد الاوراق ادى الى زيادة عدد الاوراق مع استعمال نسبتي الفحم الحيوي 0.5% و1% البالغة قيمتهما 27.02 و28.71 ورقة .نبات$^{-1}$ بالمقارنة بالمعاملة بدون اضافة التي اعطت 25 ورقة. نبات$^{-1}$ بنسبتي زيادة بلغتا (8.08 و14.84%) على التوالي.

Table 10. Effect of biochar level and diameter on Leaf number

D / B	D1	D2	D3	Average D
B1	27.20	27.07	26.80	27.02
B2	30.10	28.70	27.33	28.71
Average B	28.65	27.88	27.07	
Control	25.00			
LSD 5%	**B**	**D**	**BD**	
	0.835	1.023	n.s	

كما يشير الجدول وجود فرق معنوي لقطر الفحم الحيوي زيادة عدد الاوراق مع زيادة معدلات قطر الفحم الحيوي بلغت 28.65 و27.88 و27.07 ورقة. نبات$^{-1}$ بالمقارنة بالمعاملة بدون اضافة 25 ورقة. نبات$^{-1}$ وبنسب زيادة بلغت (14.6 و11.52 و8.28%)، يعزى السبب الى السعة التخزينية العالية التي يملكها الفحم الحيوي التي من خلالها تمكن من احتواء أكبر عدداً من العناصر الغذائية تمنعه من الغسل وتحريره ببطء الى محلول التربة خلال مراحل نمو النبات [17]. وتتفق هذه النتائج مع ماتوصل اليه De Jesus Duarte *et al.* [19].

ومن نتائج الجدول أيضا يتضح وجود تأثير غير معنوي للتداخل بين عاملي الدراسة إذ حققت المعاملة D1B2 اعلى قيمة بلغت 30.10 ورقة. نبا ت$^{-1}$ وبنسبة ارتفاع بلغت (30.10%) واقل قيمة D3B1 إذ بلغت 26.80 ورقة نبات$^{-1}$ وبنسبة ارتفاع بلغت (7.20%) قياساً بالمعاملة بدون اضافة بلغت25 ورقة .نبات$^{-1}$.

الاستنتاجات

تحت ظروف ومعطيات نتائج هذه الدراسة تبين اعلى زيادة في بعض الصفات الكيميائية لتربة لمعاملة D1B2 (الاس الهيدروجيني، الايصالية الكهربائية، السعة التبادلية للأيونات الموجبة)، واعلى زيادة في طول النبات وزيادة عدد الوراق للمعاملة نفسها، وحققت المعاملة D3B1 اقل انخفاضاً SAR.

REFERENCES

1- Ali, S.; M. Rizwan; M. F. Qayyum; O. k. YS; M. Ibrahim; M. Riaz; M. S. Arif; F. Hafeez; M. I. Al-Wabel; A. N. Shahzad (2017). Biochar soil amendment on alleviation of drought and salt stress in plants: a critical review. Environ Sci Pollut Res 24:12700–12712. https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-017-8904-x

2- Al-Janabi, A. S. H. (2023). Effect of Biochar, Vermicompost, Potassium Silicates, and Irrigation Interval on the Availability of N, P, and K in Soil and the Growth and Yield of Mung Bean. M.Sc. Thesis, College of Agricultural Engineering Sciences, University of Baghdad.

3- Al-Moosa, M. F.; S. Nuhad and S. J. Muhsin (2021). Influence of Different Levels of Biochar in Some Soil Physical Properties and Growth Parameters of Oat (*Avena sativa* L.). Jornal of Al-Muthanna for Agricultural Sciences, 8(2):204-216. https://doi.org/10.52113/mjas04/8.2/62

4- Al-Soufi, M.; H. R. Nulit (2020). the early growth of abelmoschus esculentus L. (Okra) using arid sandy soil amended with powdered date-palmkarab waste. Plant Archives, 20(1):721-1729.

5- Al-Taey, D. K. A. and Z. J. M. Al- Musawi (2019). Effect of Nano-fertilizers, salicylic acid, and organic matter in growth and yield of rocket (Eruca sativa Mill) under Salt stress. International Journal of Botany Studies 4(3):77-81. https://www.researchgate.net/publication/333295492

6- Borowski, J.; A. Szajde; E. J. Borowska; E. Ciska and H. Zieliński (2008). Content of selected bioactive components and antioxidant properties of broccoli (Brassica oleracea L.). European Food Research and Technology 226: 459-465. https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-006-0557-9

7- Chaganti, V. N. and D. M. Crohn (2015). Evaluating the relative contribution of physiochemical and biological factors in ameliorating a saline–sodic soil amended with composts and biochar and leached with reclaimed water. Geoderma, 259:45-55. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.05.005

8- Dai Z.; X. Zhang; C. Tang; Wu. J. Muhammad; P. C. Brookes and J. Xu (2017). Potential role of biochars in decreasing soil acidification-A critical review, Science of the Total Environment, 581: 601-611. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.169

9- De Jesus Duarte, S., Glaser, B., and Pellegrino Cerri, C. E. (2019). Effect of biochar particle size on physical, hydrological and chemical properties of loamy and sandy tropical soils. Agronomy, *9*(4):165. https://doi.org/10.3390/agronomy9040165

10- Faleh, S. T. (2023). The effect of biochar and perlite on some physical and chemical properties of two soils with different textures. Master's thesis, University of Diyala, College of Agriculture.

11- Gaskin, J.W.; C. Steiner; K. Harris: K.C. Das and B. Bibens (2008). Effect of low-temperature pyrolysis conditions on biochar for agricultural use. Transactions of the ASABE ،51(6):2061-2069. https://www.researchgate.net/publication/237079730

12- Majeed, D. A. (2025). Phytoremediation of saline soils contaminated with heavy metals using biochar and planting of grey mangrove (Avicennia marina) (Doctoral dissertation, University of Baghdad, College of Agricultural Engineering Sciences).

13- Hassan, A. A. (2004). Production of secondary and non-traditional vegetables. 1st ed. Cairo: Arab Publishing and Distribution House. p. 308.

14- Ibrahim, M.; A. Zida, and H. EAD (2021). Effect of levels organic fertilizer and biochar on productivity and marketing tuber sizes of potato plant (Solanum Tuberosum L.). SJAR. V 8, Number 3. General Commission for Scientific Agricultural Research (AR), (GCSAR) - Damascus. SAR.

15- Jackson, M. L. (1958). Soil chemical analysis Prentice, Inc. Englewood Cliffs, N. J. James, D.W.; R.J. Hank and J.J.; Jurinak. 1982. Modern Irrigated Soil, Department of Soil Science and Biometeorology. Utah State University. New York.

16- Jamir, I.; P. W. Ramteke; V. Bahadur and P. K. Shukla (2020). Influence of photosynthetic bacteria and biochar on growth, yield and biochemical parameters of broccoli (Brassica oleracea var. italica). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 9(2):815–818. http://phytojournal.com/archives/2020.v9.i2.10956

17- Jasim, Z. S. (2022). Effect of nitrogen-enriched biochar on nitrogen availability and the growth and yield of okra (Abelmoschus esculentus L. Moench) grown in plastic houses. M.Sc. thesis, College of Agriculture, University of Basrah.

18- Li, S.; Z. Li; X. Feng; F. Zhou; J. Wang and Y. Li (2021). Effects of biochar additions on the soil chemical properties, bacterial community structure and rape growth in an acid purple soil. Plant, Soil and Environment, 67(3):121-129.

19- Nguyen, B.; Lehmann, J.; Hockaday, W. C.; Joseph, S. and Masiello, C. A. (2010). Temperature sensitivity of black carbon decomposition and oxidation. Environmental science and technology, 44(9):3324-3331. https://doi.org/10.1021/es903016y

20- Richards, L. A. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Handbook No. 60. US Department of Agriculture, Washington, DC.

21- Singh B, Singh BP, Cowie AL. (2010). Characterisation and evaluation of biochars for their application as a soil amendment. Australian Journal of Soil Research 48, 516–525. https://doi.org/10.1071/SR10058.

22- Shakir, R. A. (2024). The Role of Biochar in Improving the Properties of Sandy Soil in the Western Region of Basrah Governorate. Journal of Sustainable Studies, 6(2):118–133.

23- Soil Survey Staff.(2014). Keys to Soil Taxonomy. 12th edition. U.S. Department oF Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington, D.C.," 2014.

24- Sahuki, M. M. and K. M. Wahib (1990). Design of completely randomized blocks. Applications in the design and analysis of experiments.

25- Tan, H.; P. Y. Onga; J. J. Klemešb; C. P. C. Bonga; C. Lic; Y. Gaoc and C. T. Leea (2021). Mitigation of Soil Salinity Using Biochar Derived from Lignocellulosic Biomass. *Chem. ICAL Eng*, *83*.

26- Tasneem, S. and S. Zahir (2017). Soil respiration, pH and EC as influenced by biochar. Soil and Environment, 36(1): 77-83.

27- Zhu G.; M. A. Noman; D. D. Narale; W. Feng; L. Pujari and J. Sun (2020). Evaluation of ecosystem health and potential human health hazards in the Hangzhou Bay and Qiantang Estuary region through multiple assessment approaches. Environmental Pollution. 264:114791. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114791

Iraqi Journal of Agricultural Research (IJAR)
Ministry of Agriculture
ISSN Print: 2790-5306 – ISSN Online: 2790-5314
http://ijarmoa.gov.iq — OPEN ACCESS
VOL. 30 NO. (1) 2026

DOI: https://doi.org/10.65814/ijar.30.1.1

EFFECT OF DIAMETER AND LEVEL ADDITION BIOCHAR ON SOME SOIL CHEMICAL PROPERTIES AND BROCCOLI GROWTH*

Abbas Fadel Al-Fahdawi[1]
abb23g2005@uoanbar.edu.iq

Ahmed Riyadh Alani[1]
ag.ahmed.riyadh@uoanbar.edu.iq

Huthaifa Jaseem Mohammed[1]
Ag.huthaifa.Jaseem@uoanbar.edu.iq

© 2026 Directorate of Agricultural Research, Ministry of Agriculture. This is an open-access article under the CC by Licenses http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

ABSTRACT

A field experiment was conducted during the fall season of 2024 to study the effect of biochar application level and diameter on some soil chemical properties and some growth traits of broccoli plants. The study included two factors: the first was the application level (B1 and B2: 0.5 and 1%), and the second was the diameter (D1, D2, and D3: 0.5, 1, and 2 mm) of biochar. The experiment was designed according to a randomized complete block design (RCBD) with three replications, using sandy clay loam soil. Broccoli seedlings (cv. Jassmine F1) were transplanted on 1st October 2024.

Results indicated an increase in soil pH values, with treatment D1B2 recording the highest value (7.6), whereas D3B1 showed the lowest (7.26), compared to the control (7.18). Biochar addition also raised the values of electrical conductivity (EC), where D1B2 reached the highest value (2.66 dS m^{-1}), while D3B1 recorded the lowest 2.2 dS m^{-1}, compared to the control (1.93 dS m^{-1}). Adding biochar to the soil led to an increase in CEC values, as D1B2 achieving the highest value (20.39 $cmol^{+}$ kg^{-1}), whereas D3B1 showed the lowest (19.25 $cmol^{+}$ kg^{-1}), compared to the control (18.19 $cmol^{+}$ kg^{-1}), on the other hand, sodium adsorption ratio (SAR) values decreased, as D3B1 recorded the lowest value (1.03 meq L^{-1}), while D2B2 recorded the highest (1.21 meq L^{-1}), compared to the control (1.65 meq L^{-1}). Furthermore, the effect of adding biochar to soil on some growth characteristics of broccoli plants was investigated where D1B2 produced the tallest plants, reaching 72.90 cm, while treatment D3B1 achieved the lowest value, reaching 64.40 cm. Treatment D1B2 achieved the highest number of leaves, reaching 30 leaves per $plant^{-1}$, while treatment D3B1 achieved the lowest value, reaching 27 leaves per $plant^{-1}$.

Keywords: Biochar, pH, EC, CEC, SAR, Broccoli growth.

* A part of MSc. thesis for the first author

[1] College of Agriculture, University of Anbar, Anbar, Iraq.

- **Received:** August 20, 2025.
- **Accepted:** September 22, 2025.
- **Available online:** June 30, 2026.