استخدام الفحم الحيوي المصنع محليا في تحسين بعض صفات التربة الفيزيائية لنسجتين مختلفتين من التربة في نينوى

نادية احمد الخيرو [1] محمد طارق محمود [2] محمد عوني خطاب [2] اياد احمد الخيرو [2]

- [1] المعهد التقني/ الموصل
- [2] جامعة الموصل
- تاريخ استلام البحث 2018/2/27 وقبوله 2019/1/28

الخلاصة

تهدف هذه الدراسة لتقييم الفحم الحيوي المصنع محليا كأحد محسنات التربة في تحسين بعض خواص التربة الفيزيائية. تم إضافة الفحم الحيوي المصنع محليا من بقايا المخلفات الزراعية بنسبة 2 و4 و6 و12 % إلى نسجتين مختلفتين من التربة (مزيجية رملية ومزيجية طينية). بينت الدراسة التأثير الايجابي لإضافة الفحم الحيوي إلى نوعي التربة قيد البحث حيث زادت قابلية التربة المزيجية الرملية للاحتفاظ بالماء وبقيم 3.16 و7.69 و12.21 و20.36 % لنسب إضافة الفحم الحيوي 2 و4 و6 و12 % على أساس الوزن على التوالي مقارنة مع معاملة الشاهد. أما تأثير إضافة الفحم الحيوي إلى التربة المزيجية الطينية فقد زادت قابلية التربة للاحتفاظ بالماء وبقيم 1.9 و4.28 و5.71 و15.71 لنسب إضافة الفحم الحيوي 2 و4 و6 و12 % على التوالي مقارنة مع معاملة الشاهد. كما كان تأثير إضافة الفحم ايجابيا في خفض الكثافة الظاهرية وزيادة المسامية لنوعي التربة. كما بينت النتائج ان التأثير الايجابي كان أكثر فعالية في التربة المزيجية الرملية. وبذلك يمكن أن يكون للفحم الحيوي دور هام في تحسين خواص الترب والرملية منها على وجه الخصوص اذ يعمل على خفض معدل رشح الماء إلى أسفل التربة ويساعدها على الإمساك والاحتفاظ به ضمن المنطقة الجذرية وبذلك يسهم في زيادة كفاءة ترشيد مياه الري ومعالجة التصحر.
الكلمات المفتاحية: الفحم الحيوي، المخلفات الزراعية، سعة حفظ التربة للماء، عمق الغيض التراكمي.

The use of locally produced biochar in improving soil physical characteristics of two different textures soil in Ninivah

Nadia A. Alkheero [1] Mohamed T.Mahmood [2] Mohamed A.Khatab [2] Ayad A. Alkheero [2]

- [1] **Technical Institute/ Mosul**
- [2] **University of Mosul**

Abstract

This study aimed to evaluate the influence of biochar as soil conditioner on soil physical and chemical properties. Biochar which locally produced from agricultural residues has been added by 2,4,6, and 12% to two different soil textures (loamy sand and clay loam). The study showed a positive effect of adding biochar to the two soils under studied. The water holding capacity of loamy sand soil was increased with values of 3.16,7.69,12.21and 20.36 to the ratios of addition of biochar 2,4,6 and 12% respectively compared with the control treatment. The addition of biochar to clay loam soil also increase the water holding capacity as 1.9,4.28,5.71and 15.71 to the ratios of addition of biochar 2,4,6 and 12% respectively compared with the control treatment. The addition of biochar also has positive effect in reducing the bulk density and increasing porosity of the soils, and the results showed that the positive effect was more effective in sandy loam soils. In additions biochar important role in improving the properties of soils and especially sandy soils, where it works. to reduce the infiltration rate of soil and help to catch and hold it within the root zone and thus contribute to increasing the efficiency of the rationalization use of irrigation water and the treatment of desertification.
Keywords: Biochar, agricultural residues, water holding capacity, accumulative infiltration.

المقدمة

إن عملية غيض الماء إلى التربة من خلال سطحها وقابلية التربة للاحتفاظ بالرطوبة النافذة تعتمد على خصائص التربة الفيزيائية والتي تتمثل بمكوناتها من (الرمل، الغرين، الطين) بالإضافة إلى ما تحتويه من المادة العضوية، حيث أشارت العديد من الدراسات إلى أن قابلية التربة للغيض وكذلك الاحتفاظ بالعمق التراكمي للغيض يعتمد على هذه الخصائص (حاجم ،1992).

لغرض تحسين خصائص التربة لغيض الماء والاحتفاظ به تضاف أنواع مختلفة من المحسنات ويعتبر الفحم الحيوي من محسنات التربة الحديثة وهو مادة طبيعية تختلط بمكونات التربة ولا ينتج عن إضافته أي آثار جانبية ملوثة وبالتالي فهو محسن امن بيئيا (Emmanuel.، 2010 وPhillip ،2008 و Julie,2010 وLiu ,2012).

أظهرت دراسات (Emmanuel,2010 و Gangloff ،2000 و Glaser 2000a&b وhttp//wwwfao، 2012) انه عند إضافة نسب مختلفة من الفحم الحيوي إلى أنواع من الترب أظهرت أن هنالك تأثيرات واضحة ومفيدة للفحم الحيوي عند إضافته إلى هذه الترب وخصوصا الترب الخشنة الرملية حيث زادت هذه الإضافات قابلية التربة الرملية على الاحتفاظ بالماء والعناصر المغذية. أما بالنسبة لتأثير إضافة الفحم الحيوي إلى التربة الطينية الثقيلة فقد كان فعالا في زيادة تهوية هذه التربة وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالماء ومقاومة الجفاف ومقاومة تعرية التربة الناتجة عن الجريان السطحي.

ذكر (Emmanuel, 2010) بان إضافة الفحم الحيوي لتربة خشنة نوع loamy sand رفعت سعة حفظ الماء لهذه التربة بنسبة 481,349 % وحسب نوع الفحم المضاف، أما الباحث (Sudhir، 2006) فيذكر أن إضافة نسبة 10% من رماد الفحم إلى تربة نوع sandy loamأدى إلى رفع قيمة الرطوبة المتيسرة إلى 52% بينما إضافة نفس النسبة إلى تربة نوع sandy زادت الرطوبة المتيسرة إلى 124%. أما التجارب التي أجراها (Salter,1971) بإضافة رماد الفحم إلى نوعين من التربةcoarse sand , sandy loam وجد بان مقدار الزيادة في المحتوى الرطوبي ازداد بمقدار 25% في التربة الأولى وازداد بمقدار 90% في التربة الثانية .

درس (Tryon, 1948) تأثير إضافة الفحم الحيوي إلى ثلاثة نسجات من التربة (رملية وغرينيه وطينية) واستنتج من خلال تجاربه بان إضافة نسبة من الفحم الحيوي قدرها 45% على أساس الحجم إلى التربة الرملية أدت إلى زيادة قابليتها للاحتفاظ بالماء بمقدار 18% بينما إضافة النسبة ذاتها إلى التربة الطينية قللت قابليتها على الاحتفاظ بالماء بمقدار 20% أما التربة الغرينية فلم يطرأ أي تغيير على قابليتها للاحتفاظ بالماء وأعزى ذلك إلى مسامية حبيبات الفحم التي تعطيها مساحة سطحية أكبر من المساحة السطحية لحبيبات التربة.

وجد (Glaser, 2000a) في دراسته حول تأثير إضافة الفحم الحيوي على مسامية التربة والسعة الحقلية لها بان المساحة السطحية لحبيبات الفحم تبلغ ثلاثة أضعاف المساحة السطحية لحبيبات التربة لذلك تزداد السعة الحقلية في الترب المعاملة بالفحم عن الترب الغير معاملة.

أظهرت دراسات كل من(Julie ,2010 وLiu, 2012 وغريب، 2009 وBrigg,2005) بان إضافة الفحم الحيوي له فعالية كبيرة في تحسين قابلية التربة الرملية للاحتفاظ بالماء أكثر من باقي أنواع الترب الطينية أو الغرينية حيث قام (Liu,2012) بخلط الفحم النباتي الناتج عن تفحم المخلفات العضوية مع مادة البنتومين البترولي بنسبة 3-12 % ثم أضاف الخليط إلى نوعين من التربة (رملية وطينية) فوجد حدوث تحسن في خواص التربة الرملية من حيث قدرتها على الاحتفاظ بالماء وزياد تماسك حبيباتها وقدرتها على الاحتفاظ بالأسمدة المضافة لأطول فترة ممكنة وبالنسبة للترب الطينية وأظهرت النتائج حدوث زيادة في مساميتها وتهويتها وانخفاض الطاقة اللازمة لحرثها وتقليل كثافتها الحجمية.

بين (Phillip,2008) أن التربة المعاملة بالفحم الحيوي تسجل زيادة في عمق الغيض التراكمي طوال فترة التجربة مما يعني زيادة قدرة التربة المعاملة بالفحم على صد الماء واحتجازه فيها(soil water repellency) وهذا ما أكده(Gangloff,2000) ويفسر ذلك بان اندماج حبيبات رماد الفحم الدقيقة مع التربة الخشنة (الرملية) والتي تعاني من سرعة نزول الماء منها وعدم قدرتها على الاحتفاظ به ، لكن عند إضافة رماد الفحم قلت سرعة نزول الماء الممتص عموديا نحو الأسفل وانخفض معدل الرشح وساعدها على الاحتفاظ بالماء ضمن منطقة الجذور .

أما في الدراسة الحالية فقد تم تصنيع فحم حيوي محليا وبطريقة الحرق والتقطير الاتلافي لمخلفات نباتية تحت درجات حرارة 350 -400 م^{o} وأوكسجين محدود ثم مزجت مع التربة بنسب مختلفة للأغراض التالية:

تقييم فاعلية إضافة نسب مختلفة من الفحم الحيوي الى نوعين من التربة وتأثير ذلك في بعض صفاتها. (سعة حفظ التربة للماء، السعة الحقلية، درجة التشبع، الكثافة الظاهرية، المسامية وعمق الغيض التراكمي).

المواد وطرائق البحث

لغرض إجراء التجارب اللازمة للدراسة تم اخذ عينات لنوعين من التربة (مزيجية رملية ومزيجية طينية) تم تجفيفها هوائيا وطحنت ومررت من خلال منخل قطر فتحاته 2 ملم، ثم حللت التربة ميكانيكيا لتحديد النسب المئوية لمفصولاتها.

جدول (1) يبين بعض الصفات الفيزيائية للترب المستخدمة ومفصولاتها

الصفات / نسجة التربة	مفصولات التربة			الكثافة الظاهرية	الرطوبة الابتدائية	السعة الحقلية	نسبة التشبع
	الرمل%	السلت%	الطين%	غم/سم^3	%	%	%
مزيجية رملية	55	35	10	1.429	2	22.1	41.7
مزيجية طينية	25	37	38	1.4	4	42	61.4

لغرض تقييم تأثير إضافة نسب مختلفة من الفحم الحيوي على بعض الخصائص الفيزيائية للتربة ومنها الغيض وسعة التربة لحفظ الماء تم استخدام الفحم الحيوي المصنع محليا بطريقة الحرق والتقطير الاتلافي لمخلفات نباتية مع كميات محدودة من الأوكسجين وتحت درجة حرارة 350 -400 م ^{0} درجة مئوية ثم مزج مع التربة بنسب إضافة 0و2 و4 و6 و12 % من الوزن الكلي للتربة المعدة للاختبار. ولغرض إجراء تجارب قياس عمق الغيض التراكمي تم تهيئة أعمدة بلاستيكية اسطوانية الشكل طول كل عمود 50 سم وبقطر داخلي 16.5 سم مزودة بفتحات جانبية بقطر 2ملم موزعة على محيط الاسطوانات وعلى مسافة 10 سم وفتحات أخرى بقطر 5 ملم في قاعدة الاسطوانة لغرض منع إعاقة الهواء لحركة الماء خلال الفراغات البينية للتربة أثناء تقدم جبهة الابتلال.

بعد مزج التربة مع الفحم الحيوي وبالنسب المطلوبة تم تفريغ التربة الممزوجة إلى داخل الاسطوانات باستخدام قمع وتقسيم كمية التربة المطلوبة لكل اسطوانة إلى 5 طبقات وترص كل طبقة بواسطة مكبس خشبي معد لهذا الغرض.

لإجراء التجارب اللازمة للدراسة تم إعداد الاسطوانات الخمسة للقيام بالتجارب في وقت واحد حيث أضيف الماء فوق كل نموذج من التربة بعمق 10 سم فوق سطح التربة وبعدها مباشرة يتم تسجيل البيانات المطلوبة للدراسة وهي الزمن التراكمي مع العمق التراكمي ولمدة 120 دقيقة ولكافة النماذج. بعد الانتهاء من تسجيل القراءات أخذت عينات من كل نموذج من الترب لحساب المحتوى الرطوبي النهائي والسعة الحقلية والنتائج موضحة في جدولي (2) و(3)

جدول (2) العمق التراكمي مع الزمن للتربة المزيجية الرملية حسب النسب المضافة من الفحم الحيوي

نسبة الإضافة / الزمن(دقيقة)	العمق التراكمي للتربة المزيجية الرملية (سم)				
	0	2%	4%	6%	12%
0.25	11	10			10
0.5	15	14	13	14	14
1	20	19	18	17	16
2	23	23	22	21	19
3	25	25	24	23	21
4	27	27	26	25	23
5	29	29	28	28	25
15	41	36	36	36	33
30	52	46	45	45	40
45	61	56	54	55	47
60	70	65	64	63	53
75	77	75	72	68	58
90	84	82	78	74	62
105	91	89	84	77	66
107	94	92			
120			90	83	69

جدول (3) العمق التراكمي مع الزمن للتربة المزيجية الطينية حسب النسب المضافة من الفحم الحيوي

نسبة الإضافة / الزمن(دقيقة)	العمق التراكمي للتربة المزيجية الطينية (سم)				
	0	2%	4%	6%	12%
0.25	8	8	7	6	8
0.5	13	12	12	11	10
1	16	15	15	15	13
2	19	17	18	18	15
3	21	20	20	20	16
4	23	22	22	22	17
5	26	24	24	24	18
15	36	34	33	29	24
30	46	43	42	36	30
45	57	50	47	42	34
60	64	55	52	46	37
75	69	59	56	49	40
90	73	63	60	51	42
105	77	67	63	53	44
120	81	70	65	55	46

النتائج والمناقشة

بالاعتماد على معادلة كوستاكوف لتمثيل بيانات الغيض التراكمي مع الزمن وصيغتها كالآتي

$D=ct^m$ ----------(1)

حيث D = عمق الغيض التراكمي (سم)

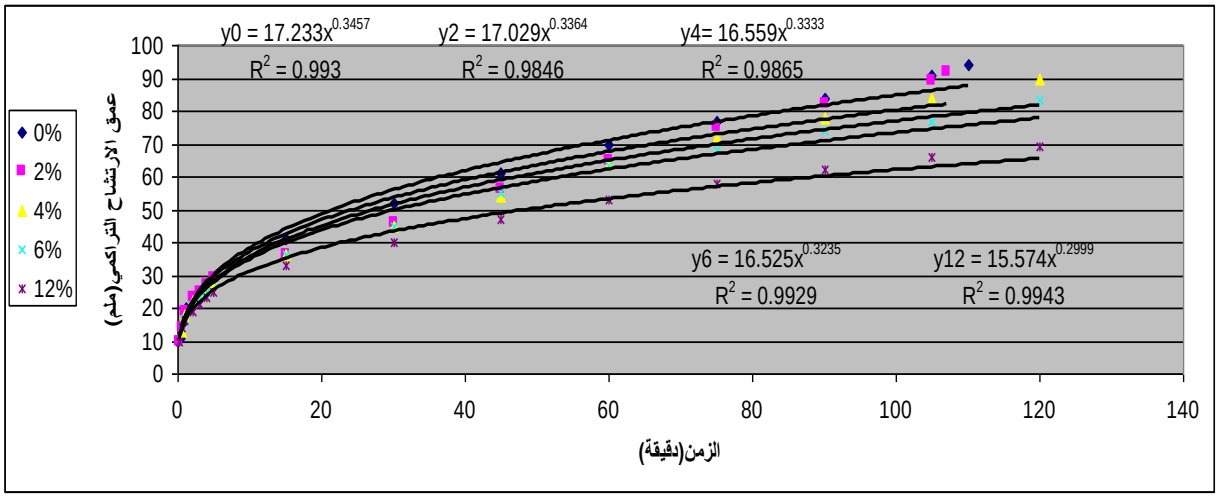
t = الزمن(دقيقة)

c, m = ثوابت الغيض

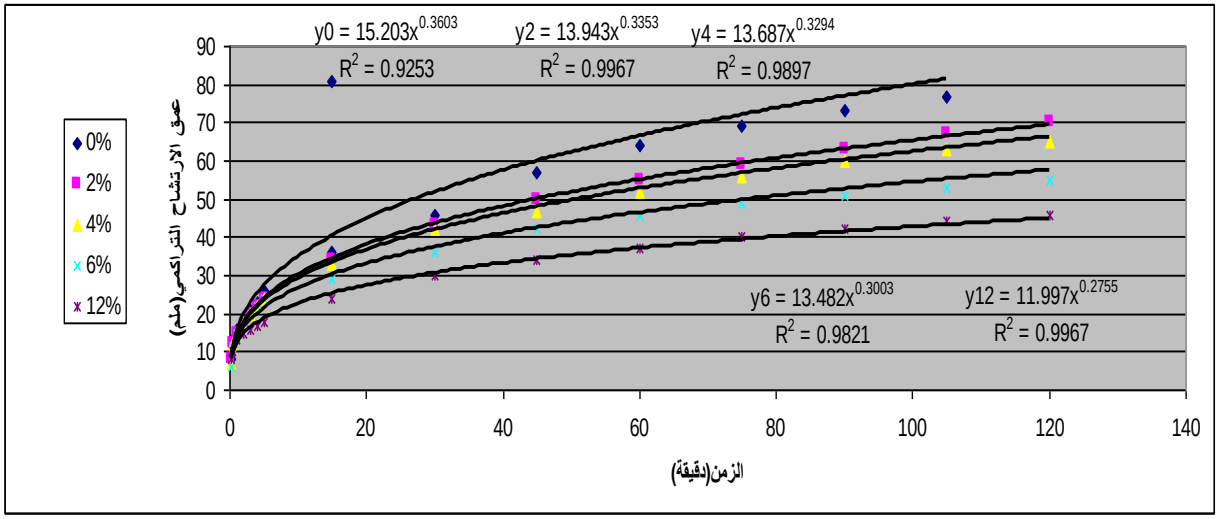
تم تمثيل بيانات الجدول (2) بيانيا لإيجاد دوال عمق الغيض التراكمي مع الزمن للتربة المزيجية الرملية وكما موضح في الشكل (1) اذ أعطت قيم (R^2) 0.993و 0.984و 0.986و 0.996و0.994 للنسب 0و2 و4 و6 و12 % على التوالي وذلك باستخدام معادلة كوستاكوف عند كافة مستويات الإضافة من الفحم الحيوي (حاجم ،1992). كما تم تمثيل بيانات جدول (3) للتربة المزيجية الطينية والموضحة في الشكل (2) وأعطت قيم (R^2) 0.925 و0.996 و0.989 و0.982 و0.996 وباستخدام معادلة كوستاكوف أيضا.

بالرجوع إلى جدولي (2) و(3) تبين أن هناك زيادة في عمق الغيض التراكمي مع الزمن ولكافة مستويات الإضافة من الفحم ، لكن هناك انخفاض واضح في قيم عمق الغيض التراكمي في الترب المعاملة بالفحم عن غير المعاملة ولكلا التربتين المستخدمة في التجربة (المزيجية الرملية والمزيجية الطينية) مما يعني ان الفحم الحيوي المضاف للتربة له القدرة على خفض التسرب في التربة ويساعدها على الإمساك بالماء وتقليل سرعة نزوله للأسفل واحتجاز الماء فيها وكل ذلك يعود للتغيرات التي طرأت على بناء التربة بعد إضافة الفحم الحيوي إليها من انخفاض الكثافة الظاهرية وزيادة المسامية ولذلك ترتفع سعة احتفاظ التربة بالماء (Liu, 2012و Sudhir، 2006 وGangloff, 2000 والعمران، 2004 وMuhammad، 2008) يوضح الشكل (3) نقصان قيمة الكثافة الظاهرية خطيا مع زيادة نسبة الإضافة لنوعي التربة المستخدمة حيث انخفضت قيمة الكثافة الظاهرية للتربة المزيجية الرملية من 1.429 غم/سم^3 للشاهد إلى 1.258 غم/سم^3 لنسبة الإضافة 12% أي بنسبة انخفاض قيمتها 11.9% كما موضح في جدول (4) ،أما بالنسبة للتربة المزيجية الطينية فقد انخفضت قيمة الكثافة الظاهرية من 1.4 غم/سم^3 إلى 1.23 غم/سم^3 أي بنسبة انخفاض قيمتها 12%، وجاءت النتائج متطابقة مع(http//wwwfao، 2012 وMuhammad, 2008 وAjayi, 2009) حيث يذكر(Muhammad، 2008) بان إضافة الفحم خفض الكثافة الظاهرية من 1.34 غم/سم^3 إلى 1.27 غم/سم^3 ، ويعلل (http//wwwfao، 2012) سبب انخفاض الكثافة الظاهرية للتربة المعاملة بالفحم لان كثافة الفحم الحيوي الظاهرية اقل من كثافة التربة ويؤيده كذلك (Ajayi، 2009)

أما خاصية المسامية فان تأثير إضافة الفحم الحيوي عليها يوضحه الشكل (4) حيث زادت مسامية التربة المعاملة بالفحم الحيوي عن الترب الغير معاملة لكلا التربتين(المزيجية الرملية والمزيجية الطينية) فارتفعت قيمة المسامية للتربة المزيجية الرملية من 46% للشاهد إلى 52% للتربة المعاملة بنسبة 12% وبزيادة قدرها 13.04 % كما موضح في جدول (4)، أما التربة المزيجية الطينية فقد ارتفعت المسامية من 47% إلى 53% وبزيادة قدرها 12.7% كما هو موضح في جدول (4)، ويعلل(http//wwwfao ، 2012 وAjayi, 2009) ذلك بأنه عند إضافة الفحم الحيوي سوف ترتبط التربة مع مكونات الفحم العضوية ويزيد مساميتها.



شكل (1) تأثير نسب إضافة الفحم الحيوي على عمق الغيض التراكمي للتربة المزيجية الرملية



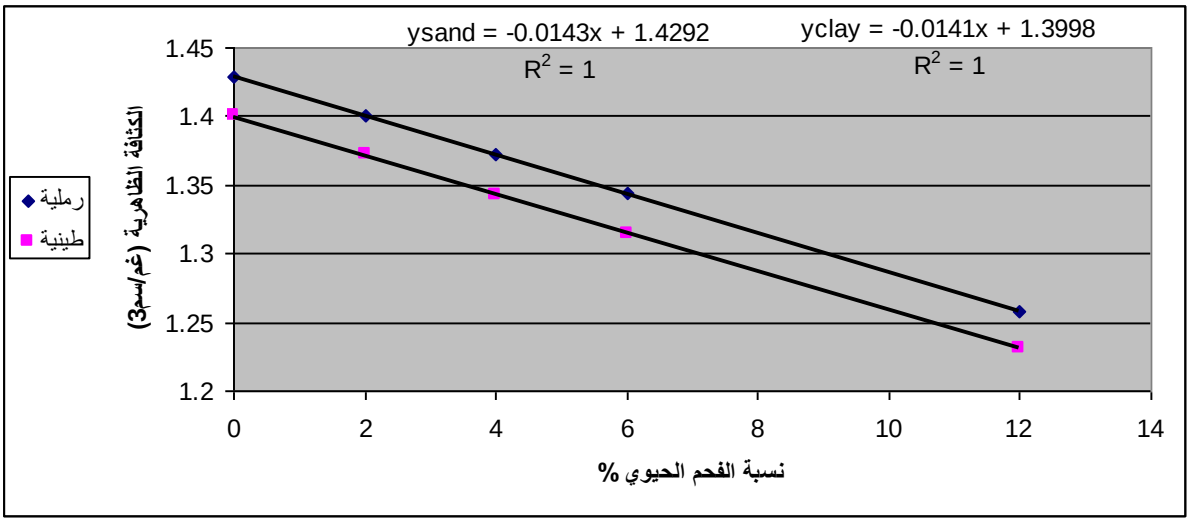
شكل (2) تأثير نسب إضافة الفحم الحيوي على عمق الغيض التراكمي للتربة المزيجية الطينية

جدول (4) تأثير نسب إضافة الفحم الحيوي على قيم الكثافة الظاهرية والمسامية لنوعي التربة

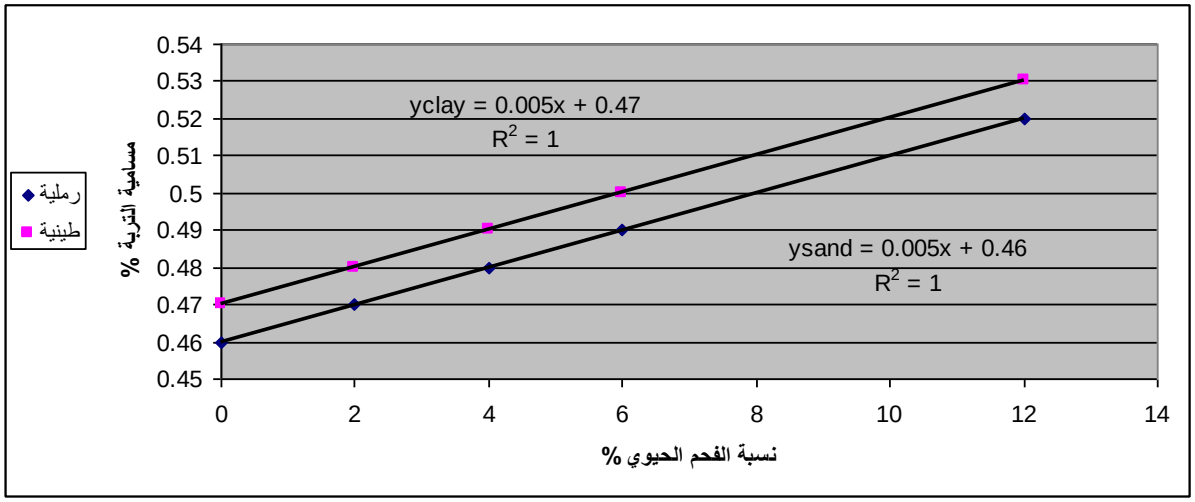
نسبة الفحم المضاف	تربة مزيجيه رملية				تربة مزيجيه طينية			
	الكثافة الظاهرية	نسبة الانخفاض	المسامية	نسبة الزيادة	الكثافة الظاهرية	نسبة الانخفاض	المسامية	نسبة الزيادة
%	غم/سم^3	%	%	%	غم/سم3	%	%	%
0	1.429		46		1.4		47	
2	1.401	1.959	47	2.17	1.372	2	48	2.12
4	1.372	3.93	48	4.34	1.343	4.07	49	4.25
6	1.344	5.94	49	6.5	1.315	6.07	50	6.38
12	1.258	11.96	52	13.04	1.231	12.07	53	12.7

جدول (5) تأثير نسب إضافة الفحم الحيوي على قيم السعة الحقلية ودرجة التشبع لنوعي التربة

نسبة الفحم المضاف	تربة مزيجيه رملية				تربة مزيجيه طينية			
	السعة الحقلية	نسبة الزيادة	درجة التشبع	نسبة الزيادة	السعة الحقلية	نسبة الزيادة	درجة التشبع	نسبة الزيادة
%	%	%	%	%	%	%	%	%
0	22.1		41.7		42		61.4	
2	22.8	3.16	45	7.91	42.8	1.9	63.7	3.74
4	23.8	7.69	47.5	13.9	43.8	4.28	66.1	7.65
6	24.8	12.21	51.8	24.22	44.4	5.71	68.2	11.07
12	26.6	20.36	55	31.89	48.6	15.71	76	23.77



شكل (3) تأثير نسب إضافة الفحم الحيوي على الكثافة الظاهرية لنوعي التربة



شكل (4) تأثير نسب إضافة الفحم الحيوي على المسامية لنوعي التربة

إن زيادة مسامية التربة بعني تحسنها وزيادة قابليتها على احتجاز الماء خلال المسامات البينية وبالتالي رفع قيمة سعة حفظ التربة للماء (water holding capacity W.H.C) والتي اعتبرها الباحث (2010,Emmanuel) هي ذات القيمة للسعة الحقلية (field capacity F.C) ، والشكل (5) يوضح ازدياد سعة حفظ التربة زيادة خطية عالية لكلا التربتين وبقيم R^2 0.9864 و0.9792 للتربتين المزيجية الرملية والمزيجية الطينية على التوالي مع زيادة نسبة الفحم الحيوي المضاف وهذا يتوافق مع ما ذكره (Tryon، 1948) بان إضافة نسبة من الفحم الحيوي قدرها 45% حجما إلى التربة الرملية أدت إلى زيادة قابليتها للاحتفاظ بالماء بمقدار 18%

البيانات الواردة في الجدول (5) تبين أن قيمة السعة الحقلية للتربة المزيجية الرملية قيد الدراسة ارتفعت من 22.1% إلى 26.6 %أي بزيادة قدرها 20.36% وكذلك للتربة المزيجية الطينية ارتفعت من 42% إلى 48.6% أي بنسبة زيادة قدرها 15.71%. يفسر (Soil) هذه الزيادة على انه كلما ازدادت نسبة المواد العضوية في التربة زادت نسبة الماء فيها عند السعة الحقلية لكن تأثير نسبة المادة العضوية في التربة على نسبة الماء فيها عند نقطة الذبول الدائم لا يكون كبيرا مما يجعل زيادة نسبة المواد العضوية في التربة يزيد من نسبة الماء الميسر خاصة في الترب الرملية.

إن خفض معدل غيض الماء في التربة الرملية وزيادة قدرتها على الاحتفاظ به وزيادة نسبة الماء الميسر كل ذلك يجعل من السهل إطالة الفترة بين الريات وتوفير جزء من ماء الري وتقليل نفقات الري.

أما خاصية المحتوى الرطوبي عند درجة التشبع لكلا التربتين فقد بلغت نسبة الزيادة في المحتوى الرطوبي للتربة المزيجية الرملية وبنسبة إضافة 12% من الفحم الحيوي قيمة 31.89%، في حين بلغت الزيادة 23.77% للتربة المزيجية الطينية.

من خلال نتائج الدراسة وبالنسبة للتربتين اتضح أن فاعلية إضافة الفحم الحيوي بنسب مختلفة للتربة المزيجية الرملية كانت أكبر منه للتربة المزيجية الطينية خصوصا لخاصية السعة الحقلية وقابلية التربة للاحتفاظ بالماء والتي تعتبر من أهم عوامل معالجة الترب الرملية وقابليتها للاحتفاظ بالرطوبة وتجهيزها للنبات.

الاستنتاجات والتوصيات

من خلال الدراسة الحالية يمكن الاستنتاج بان إضافة الفحم الحيوي إلى التربة الرملية خصوصا يسهم في تحسين خواصها حيث تتداخل حبيبات الفحم مع دقائق التربة الخشنة وتساعد في تقليل سرعة نزول الماء من التربة ويقلل معدل غيض الماء إلى أسفل وبالتالي فهو يرفع قدرتها على مسك الماء والاحتفاظ به ويزيد نسبة الماء المتيسر للنبات لذلك يمكن إطالة الفترة الزمنية بين الريات وتوفير جزء من ماء الري وتقليل نفقات الري، وعليه توصي الدراسة الحالية بالاستفادة من مزايا الفحم الحيوي في تحسين الصفات الفيزيائية للتربة.

المصادر

1. الخريطة الاستثمارية لحطب القطن (2003). الهيئة العامة للتنمية الصناعية، وزارة التجارة والصناعة. جمهورية مصر العربية.
2. العمران. عبد رب الرسول، فلاته، عبد الرزاق محمد (2004). ترشيد مياه الري باستخدام محسنات التربة الطبيعية والصناعية في المملكة العربية السعودية. قسم علوم التربة، كلية الزراعة، جامعة الملك سعود
3. حاجم، احمد يوسف وحقي إسماعيل ياسين. (1992). (هندسة نظم الري الحقلي). دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل.
4. غريب، حسين خليل، العمروسي، فوزي علي (2009). طريقة حديثة لتحسين خواص التربة الرملية والطينية
5. Ajayi, A., Philip, O. and Abiodun J. (2009). Numerical analysis of the impact of charcoal production on soil hydrological behavior, runoff response and erosion susceptibility .R. Bras. Ci. Solo,33:137-145.
6. Briggs, C.M., Breiner, J. and Graham, R.C.(2005). Contribution of pinus ponderosa charcoal to soil chemical and physical properties. The ASA-CSSA-SSSA International Annual (November 6-10), Salt Lake City,U.S.A.
7. Emmanuel, D., Anne, V.(2010).Bio-char from sawdust, maize stover and charcoal :Impact on water holding capacities (WHC) of three soils from Ghana .2010 19th world congress of soil science, soil solutions for a changing world 1-6 August , Brishane, Australia.
8. Gangloff, W.J.,Ghodrati, M.(2000).Impact of fly ash amendment and incorporation on hydraulic a sandy soil. Water, Air , and soil pollution. 119:2312-245.
9. Glaser, B., Guggenberger, G., and Zech W.(2002a).Past anthropogenic influence on the present soil properties of anthropogenic dark earth (terra preta) in Amazonia (Brazil). Geoacheology(in press).
10. Glaser, B., Lehman, J.,and Zech, W.(2002b),Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal–aeview.Bio.Fertil.Soils. 35:219-230.
11. Julie, M.(2010). Guide lines on practical Aspects of Biochar Application to field soil in various Soil Management Systems. International Biochare Initiative. IBI.
12. Liu, X.H. and X.H.Zhang. (2012), Effect of biochar on PH of alkaline soils in the Loess plateau: result from incubation experiments Int.J. Agric Biol. 14:745-750.
13. Muhammad, J. K. and Muhammad Q. (2008). Integrated use of boiler ash as organic fertilizer and soil conditioner with NPK in calcareous soil. Songk lanakarin J. Sci Technology.30(3) :281-289.
14. Org/Country profiles/Maps/KEN/13/lb./index html (2012), Effect of applying biochar to soils from Embo,Kenya. Degree project In Biology. Agriculture programmed-Soil and Plant Science. Examensarbentent 2012:05.
15. Phillip, G. O. , Babatun. (2008). Effect of charcoal production on soil physical properties in Ghana.J. Plant Nutr.Soil Sci., 171:591-596.
16. Salter J., Webb D.S.and Williams J.B.(1971). Journal of Agricultural Science 77,53.
17. Soil Permeability. Al-moqatel.الموسوعة الجغرافية المصغرة http://www.moqatel.com
18. Sudhir, K. S. (2006). Naveen Karla Effect of fly ash incorporation on soil properties and productivity of crops: A review. Journal of Scientific& Industrial Research.65:383-390.
19. Tryon, E.H. (1948). Effect of charcoal on certain physical, chemical and biological properties of forest soils. Ecol Monogram 18:81-115.
20. Verheijen, F., Jeffery, S.(2010). Biochar Application to soils . A critical Scientific Review. JRC Scientific and Technical Reports...EUR 24099EN.