مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٨) العدد(١) ٢٠٢٤
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (8) No. (1) 2024

تأثير حرارة وزمن التفحيم في نسبة الأملاح الذوابة والقدرة على امتصاص الرطوبة الجوية للفحم الحيوي المحضر من قشور الفول السوداني.

د. علي زيدان *

د. محمد ابراهيم **

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٣/٣/١٩ . قُبِل للنشر في ٢٠٢٤/١/١١)

□ ملخّص□

نفذ هذا البحث في مخبر خصوبة التربة وتغذية النبات – كلية الهندسة الزراعة – جامعة تشرين في عام 2019، حيث تضمن اختبار (12) معاملة مكونة من أربع مستويات لحرارة التفحيم (350 ,450 ,550 ,650 م^0)، وثلاث مستويات لزمن التفحيم (15د، 30 د، 60د). بهدف دراسة تأثير حرارة وزمن التفحيم على خصائص الفحم الحيوي في امتصاص الرطوبة الجوية والتأثير على نسبة الاملاح الذائبة في الفحم الحيوي من جهة أخرى.

أظهرت النتائج أن زيادة حرارة وزمن التفحيم أنتجت فحم حيوي يتميز بشراهة لامتصاص الرطوبة الجوية أعلى من الحرارة المنخفضة والزمن القصير للتفحيم، حيث أن النسبة المئوية للرطوبة في الفحم الحيوي المنتج على حرارة تفحيم 350 م^0 بعد (15 ,30 ,60 دقيقة) من زمن التفحيم سجلت قيماً منخفضة بحدود (1.36، 3.52، 4.17 %) على التوالي، في حين وصلت الى حوالي 10.13% على حرارة تفحيم 650 م^0 واستقرت عند هذا الرقم بدون تغير معنوي بتغير فترات التفحيم.

وجاءت زيادة نسبة الأملاح الذوابة في الفحم الحيوي منسجمة مع زيادة حرارة وزمن التفحيم أيضاً حيث سجلت أقل قيمة (8.39 غ\كغ) عند درجة تفحيم على حرارة 350 م^0 لمدة ساعة، وارتفعت الى (9.42 غ\كغ) على حرارة 450 م^0 لنفس الزمن ثم سجلت (9.62 غ\كغ) على حرارة تفحيم 650 م^0 لمدة نصف ساعة.

الكلمات المفتاحية: الفحم الحيوي، التفحيم، قشور قرون الفول السوداني، الرطوبة النسبية، الأملاح الذوابة.

* أستاذ خصوبة التربة وتغذية النبات في قسم علوم التربة والمياه– كلية الزراعة– جامعة تشرين.

** باحث مساعد في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية – طرطوس. سورية.

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٨) العدد(١) ٢٠٢٤
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (8) No. (1) 2024

Effect of heat and time of charring on the Soluble Salts and Moisture Absorption Ability of Biochar Prepared from Peanut Shells.

Dr. Ali Zidan*
Dr. Mohamad Ibraheem**

(Received 19/3/2023 . Accepted 11/1/2024)

□ ABSTRACT □

This research was conducted in the laboratory of soil fertility and plant nutrition - Faculty of agriculture - Tishreen University in August 2019, where the experiment included (12) treatments, consisting of overlapping four levels of charring temperature (350, 450, 550 and 650 ^{O}C) and three periods of carbonization (15, 30 and 60) minute. In order to study the time and carbonization on effectiveness of biochar moisture absorbing, and the effect of the charring process on the percentage of soluble salts in biochar.

The results showed that increasing the temperature and the period of charring produced biochar that has high absorbing ability for atmospheric moisture, which is higher than the low temperature and short period of charring, as the percentage of moisture in the produced biochar at 350 ^{0}C after (15, 30, and 60 minutes) of charring time recorded low values about (1.63, 3.52, and 4.17%), respectively, while it reached about 10.13% at the charring temperature of 650 ^{0}C and was stable at this number without significant change with the change of charring periods

The increase in the percentage of soluble salts in the biochar was consistent with the increase in the temperature and time of charring as well, as it recorded the lowest value (8.39 g/kg) at the charring temperature of 350°C for an hour, and it rose to (9.42g/kg) at 450°C for the same time, then it recorded (9.62). g/kg) at a charring temperature of 650 °C for half an hour.

Keywords: Biochar, carbonization, Peanut shells, relative humidity, Soluble Salts.

*Professor, Soil and Water Sciences Department, Fac. of Agric. TU, Lattakia, Syria
** researcher at General Commission of Scientific Agri. Research. Tartous -Syria.

1. مقدمة:

تشير احصائية منظمة الأغذية والزراعة، FAO (2011)، الى أن أكثر من 80٪ من أراضي المحاصيل و 60٪ من الأغذية المنتجة على مستوى العالم هي نتيجة الإنتاج الزراعي البعلي، هذه الإحصائية تمثل تحدياً للحصول على "محصول أكثر لكل قطرة ماء" خاصة في فترة النمو السكاني السريع، وزيادة التدهور البيئي، وزيادة التقلبات المناخية. وبالتالي ستكون إدارة المياه بكفاءة في الأنظمة البعلية للحفاظ على الإنتاجية العالية أصبح أمراً ضرورياً لتلبية متطلبات الغذاء والألياف والوقود لسكان العالم مع الهطول المطري المتغير (Gholami et al. 2019)

ومن جهة أخرى يستخدم الكثير من المزارعين مصلحات التربة الفيزيائية مثل (البوليمرات والنشا والألياف) وهي لا تتشكل بشكل كامل من مواد التربة الطبيعية، وبالتالي فإن استخدامها للحفاظ على مياه التربة في الأراضي الزراعية في المناطق الصحراوية القاحلة له الكثير من العيوب إذ تسبب تلوثاً كيميائياً للتربة كما تقلل من صلاحية التربة للزراعة، وفي حالة الندرة الشديدة لمياه التربة قد تسبب مصلحات التربة منافسة مائية بينها وبين النباتات وبالتالي يقلل من غلة المحاصيل اللاحقة (Aller et al. 2017).

الفحم الحيوي وفق Lehmann & Joseph (2009) هو كتلة حيوية متحللة حرارياً، وهو منتج غني بالكربون، يتم الحصول عليه عند 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 (700– 400 م^{o}) وفي ظروف معدومة أو قليلة الأوكسجين.

يمتلك الفحم الحيوي مجموعة واسعة من المسامات التي تخلق مساحات أسطح كبيرة وتقسم هذه المسامات إلى مسامات خارجية وهي مسامات تشكلت بين جزيئات الفحم الحيوي، ومسامات داخلية موروثة من هيكل المواد الأولية حيث تكون أحجام المسامات في نطاق المكرومتر، ومسامات نانوية تنتج في درجات حرارة تفحيم مرتفعة ويكون حجم المسامات فيها في نطاق النانومتر، والجدير بالذكر أيضاً أن هذه المسامية المرتفعة وهيكل هذه المسامات تساعد الفحم الحيوي على امتصاص الماء الغني بالعناصر الغذائية داخل المسام خاصة عند خلطه مع المادة العضوية (Das et al. 2020).

أشار Cimo وزملائه (2014) ، أن دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية للفحم الحيوي المنتج في ظروف تفحيم على درجات حرارة مختلفة يمكن أن يزيد فهم دوره وسلوكه عند معاملة التربة بهذا المنتج، ومعرفة ماذا يحدث خلال عملية التحلل الحراري للكتلة الحيوية وبنية الفحم المنتج وخصائصه.

قام Gray وزملائه (2014) بإجراء تجربة لتقييم دور المسامية والكراهية للماء (Hydrophobicity) على الفحم الحيوي المنتج من قشور البندق ورقائق التنوب عند ثلاث درجات حرارة تفحيم (370, 500, 620 م^{o}) لتمييز تأثيرات مساميته في قابليته لتمتص الماء، حيث قاموا بمقارنة امتصاصه للماء مع امتصاصه للإيثانول، حيث وجدوا أن الفحم الحيوي المنتج بالتفحيم على درجة حرارة منخفضة تمتص كمية أقل من الماء من الفحم الحيوي المنتج بالتفحيم على درجة حرارة مرتفعة، في حين أن كل أنواع الفحم المنتجة باختلاف درجات حرارة التفحيم استهلكت نفس الكمية من الإيثانول، مما يشير إلى أن الاختلافات في امتصاص الماء بناءً على درجة حرارة التفحيم تعكس الاختلافات في مقاومة الماء للتوتر السطحي، وليس المسامية، على العكس من ذلك، استهلك الفحم الحيوي للتنوب كمية من الماء أكثر من الفحم الحيوي لقشرة البندق بسبب زيادة المسامية

توصل Marshall وزملائه (2019) أن العاملين الرئيسيين اللذان يحددان قدرة الفحم الحيوي على الاحتفاظ بالماء هما الشحنة السطحية للفحم الحيوي والخصائص الكارهة للماء (Hydrophobicity)، حيث يعتمد تشبع المسام على كيميائية السطح، والتي يمكن أن تجعل أسطح الفحم الحيوي كارهة للماء، مما يخلق ضغطًا شعريًا سلبيًا يمنع الماء من دخول المسام. بشكل عام، انخفضت مقاومة الماء في الفحم الحيوي مع زيادة درجة حرارة التفحيم ويرجع ذلك إلى تتطاير الوظيفة الأليفاتية في درجات حرارة التفحيم المرتفعة مما يساعد على تقليل حجم الجسيمات كما أن زيادة زمن التفحيم أيضاً يقلل من الكراهية للماء من خلال السماح بفقدان أكبر للمركبات الكارهة للماء من جزيئات الفحم الحيوي أثناء التحلل الحراري.

ومن جهة أخرى يقلل الفحم الحيوي من معدل التبخر، لأن جزيئة الماء تدمص بقوة على المجموعات المؤكسدة والكربوكسيلية الموجودة على سطوح جزيئات الفحم الحيوي، ليتم إطلاق الماء المدمص على هذه المجموعات تدريجيًا أثناء عملية تجفيف التربة، كما أن تقليل الفحم الحيوي لمعدل تبخر الماء من التربة ينعكس على تقليل كمية الملوحة المنقولة من التربة العميقة أو المياه الجوفية إلى التربة الضحلة عن طريق الخاصية الشعرية، (Yang and Ali. 2019).

وجد Lee وزملائه (2013)، أن ارتفاع حرارة التفحيم لا يزيد مساحة السطح النوعي فحسب، بل يزيد مسامية الفحم الحيوي أيضا ونسبة المسامات الصغيرة فيها على حساب الكبيرة مما يزيد قدرته على الاحتفاظ بالرطوبة، انسجاما مع ما أشار اليه Sohi et al. (2010) حول تأثير اختلاف مصادر الكتلة الحيوية للمواد الأولية للفحم الحيوي، ودرجة الحرارة خلال عملية التفحيم في توزع وحجم البنية المسامية للفحم الحيوي الناتج وبالتالي التأثير في خصائصه الادمصاصية والمائية.

وجد Glaser وزملائه (2002) و Karhu وزملائه (2011) أن قدرة الاحتفاظ بالماء للتربة المعالجة بالفحم الحيوي أعلى بنسبة 11٪ على الأقل من التربة غير المعاملة بالفحم الحيوي في التجارب الحقلية.

ومن العوامل الأخرى التي تؤثر على امتصاص الفحم الحيوي للرطوبة الجوية درجة احتوائه على الأملاح الذوابة، حيث أن زيادة تراكيز الأملاح الذوابة في الفحم الحيوي تسهم في زيادة قدرته على امتصاص الرطوبة الجوية من الوسط المحيط، (Young. 2007).

ونظرًا للسطح النوعي الكبير للفحم الحيوي وقدرته الادمصاصية العالية التي أكسبته القدرة على مسك أيونات الأملاح النشطة في التربة، كالصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم، فان اضافة الفحم الحيوي للتربة تساهم في زيادة قدرتها على امتصاص الرطوبة والتقليل من التأثير الأسموزي للأملاح فيها، خصوصا وأن الفحم الحيوي يحتوي على كمية لا باس بها من الكاتيونات القاعدية التي ممكن أن تسبب زيادة مؤقتة لقلوية وملوحة التربة، ليبدأ بعد ذلك التأثير الإيجابي للفحم الحيوي، (Yang and Ali. 2019).

يعزي Chaves وزملائه (2020)، زيادة ملوحة الفحم الحيوي مع زيادة حرارة وزمن التفحيم لزيادة تركيز عنصر البوتاسيوم في الفحم الحيوي بشكل رئيسي والذي يفسر انخفاض الإجهاد الملحي عند معاملة التربة بالفحم الحيوي لمنافسته لعنصر الصوديوم والتحكم بنسب عنصر الصوديوم في التربة .

2.أهمية البحث وأهدافه:

تأتي أهمية هذا البحث من خلال الخصائص التي يمتلكها الفحم الحيوي وخصوصا التنوع المسامي، التي من المفترض أن تساعده على امتصاص الرطوبة من الجو ومن التربة الأمر الذي يقلل من المقنن المائي للمحاصيل الزراعية ويحسن من ظروف نمو النباتات في المناطق الجافة، فضلا عن أن مساميته المرتفعة وفق إشارة العديد من الباحثين، تساعد على امتصاص الماء الغني بالعناصر الغذائية والاحتفاظ به وخلق بيئة حاضنة ومناسبة للكائنات الحية الدقيقة التي تساهم أيضاً في زيادة كفاءة استخدام الماء من قبل النبات وفي تقليل من آثار الجفاف الذي يتعرض له النبات. لذلك، صمم هذا العمل للتعرف على تأثير الفحم الحيوي المنتج مخبرياً من الكتلة الحيوية لقشور قرون الفول السوداني في درجات حرارة وأزمنة تفحيم مختلفة في امتصاص الرطوبة الجوية وزيادتها والاحتفاظ بها في التربة ومعرفة محتواه من الأملاح الذوابة الناتجة عن عملية التفحيم عند كل زمن ودرجة حرارة مختبرة.

<u>أهداف البحث:</u>

- دراسة تأثير العلاقة بين حرارة وزمن تفحيم قشور الفول السوداني في قابلية الفحم الحيوي الناتج على امتصاص الرطوبة الجوية.
- دراسة تأثير العلاقة بين حرارة وزمن تفحيم الفول السوداني في محتوى الفحم الحيوي الناتج من الأملاح الذوابة كمصدر لبعض العناصر الغذائية.

3-طرائق البحث ومواده:

3-1- المادة الأولية:

واستخدمت مخلفات قرون الفول السوداني (القشور) ككتلة حيوية لتحضير الفحم الحيوي، والفول السوداني هو من النوع البلدي الذي يزرع عادةً في شهر نيسان في المنطقة الساحلية في سورية.

3-2 - تصميم التجربة:

نفذ البحث في مخبر خصوبة التربة وتغذية النبات- كلية الزراعة – جامعة تشرين في شهر آب 2019، حيث تضمنت التجربة (12) معاملة، مكونة من تداخل أربع مستويات لحرارة التفحيم (350 ,450 ,550 ,650 م^0) وثلاث مستويات لزمن التفحيم (15د، 30 د، 60د). الجدول (1)

جدول (1) يوضح عدد العينات ورموز المعاملات

المعاملة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
حرارة التفحيم (^{0}C)	C_1 = 350 C^o			C_2 = 450 C^o			C_3 = 550 C^o			C_4 = 650 C^o		
فترة التفحيم (T) (دقيقة)	T_1	T_2	T_3	T_1	T_2	T_3	T_1	T_2	T_3	T_1	T_2	T_3
	15	30	60	15	30	60	15	30	60	15	30	60

وضعت عينات متجانسة من قشور الفول السوداني وزنها (50g) للعينة الواحدة في اسطوانات معدنية سعة $100\ cm^3$ ، غطيت بغطاء من ورق الألمنيوم المقاوم للحرارة لمنع دخول الأوكسجين، مثقب لخروج غازات الاحتراق وبخار الماء، الشكل(1).

شكل (1) عينات قشور الفول السوداني في اسطوانات معدنية معدة للتفحيم

وضعت الاسطوانات المعدنية في الفرن على درجات حرارة وفترات زمنية محددة وفق المعاملات المذكورة أعلاه. وبعد انتهاء عملية التفحيم وفق الحرارة والزمن المحددين، تم إخراج العينات وتركت لتبرد، وبعد ذلك أفرغت الكميات الناتجة من عملية التفحيم لكل معاملة في عبوات بلاستيكية محكمة الاغلاق، صغيرة موثقة، كتب عليها أرقام المعاملات وحرارة وزمن التفحيم، وتم حفظها لأخذ القياسات والاختبارات المطلوبة.

3-3- حساب الرطوبة الممتصة:

تم حساب الرطوبة النسبية للفحم الحيوي لكل معاملة بعد وزنها جافة تماما وتخزينها في ظروف المختبر لمدة شهر، ثم إعادة وزنها لحساب كمية الرطوبة النسبية الممتصة من الوسط المحيط ونسبتها الى الوزن الجاف وفق EN (ISO, 2015) كما يلي:

الرطوبة النسبية للفحم الحيوي % = (الوزن الأول – الوزن الثاني)/100.

3-4- الأملاح الذوابة:

تم حساب محتوى الفحم الحيوي من الأملاح الذوابة من خلال قياس الناقلية الكهربائية ($EC_{10/1}$) لمعلقات من الفحم الحيوي والماء المقطر من نوع (1/10) لكافة المعاملات ومكرراتها، بعد التحريك والانتظار (30) دقيقة من تحضيرها لإعطاء فرصة زمنية كافية لذوبان الأملاح، وفق (Richards, 1954).

3-5- التحليل الإحصائي:

خضعت نتائج التجربة لتحليل التباين (Two ways ANOVA)، وجرى حساب أقل فرق معنوي (LSD)، عند مستوى معنوية 5%، لمتوسطات المعاملات وذلك باستخدام البرنامج الإحصائي Genstat الإصدار الثاني عشر (NULL Corporation, 2009).

4-النتائج والمناقشة:

جاءت نتائج دراسة خصائص الفحم الحيوي في امتصاص الرطوبة ومحتواه من الأملاح الذوابة منسجمة مع الصفات التي يكتسبها مع تقدم عملية التفحيم حيث أظهرت نتائج تحليل التباين (ANOVA) لمعاملتي الحرارة وزمن التفحيم في الجدول (2) وجود تأثيرات عالية المعنوية (***)، من درجة احتمالية (<0.001) في خاصيتي قدرة الفحم الحيوي على امتصاص الرطوبة من الوسط المحيط ومحتواه من الأملاح الذوابة.

جدول(2): يبين قيمة ودرجة المعنوية لتحليل التباين لتأثير المعاملات المختلفة وتداخلاتها في شراهة الفحم الحيوي للرطوبة ومحتواه من الأملاح الذوابة.

البيان	درجة المعنوية لتأثير المعاملات		
	C	T	C x T
القدرة على امتصاص الرطوبة	***	***	***
تركيز الأملاح الذوابة في الفحم	***	***	***
قيمة (F)	<0.001	<0.001	<0.001

أما المقارنة بين تأثير المعاملات على أساس المتوسطات الواردة في الجدول (٣)، فقد تمت وفق أقل فرق معنوي (LSD) على مستوى (5%) على الشكل التالي:

جدول (3) تأثير التكامل بين حرارة وزمن التفحيم على الرطوبة النسبية للفحم الحيوي ونسبة الأملاح فيه.

حرارة التفحيم م^0	الزمن بالدقيقة	الرطوبة النسبية بعد شهر من التخزين %	الأملاح الذوابة غ\غ
350	**15**	1.63 i	6.45 k
	30	3.52 g	6.78 i
	60	4.17 f	8.39 f
450	**15**	3.32 h	6.54 j
	30	5.26 d	7.76 g
	60	9.17 c	9.42 c
550	**15**	4.82 e	6.96 h
	30	9.89 b	9.30 e
	60	9.17 c	9.37 d
650	**15**	10.13 a	9.58 b
	30	10.13 a	9.62 a
	60	10.11 a	9.57 b
F.pr	–	***	***
$LSD_{0.05\%}$	–	**0.047**	**0.03**

الأحرف المتشابهة في نفس العمود تعني عدم وجود معنوية

4-1 الرطوبة النسبية للفحم الحيوي:

تبين النتائج في الجدول (3) أن زيادة حرارة وزمن التفحيم أنتجتا فحم حيوي يتميز بخواص امتصاص للرطوبة الجوية أعلى من الفحم الحيوي المنتج من الحرارة المنخفضة وزمن التفحيم القصير، يمكن تفسير ذلك نتيجة تأثير حرارة وزمن التفحيم على زيادة السطح النوعي والمسامية للفحم الحيوي مع تقدم عملية التفحيم لأن عملية التفحيم تعمل على تفكيك السلسلة البوليميرية للتركيب المعقد للكتلة الحيوية (سليلوز، هيميسيليلوز، لجنين، دهون ....) لينتج مجموعة من المنتجات الصلبة المكونة أساساً من ذرات الكربون المعدني (الغرافيت) على شكل جزيئات بللورية، إضافة إلى مركبات سائلة وغازية تتبخر أو تتطاير خارج الكتلة المتفحمة تاركة ما يدعى الفحم الحيوي مع بعض الشوائب الصلبة من كربونات الكالسيوم والعناصر المعدنية (Asadullah et al, 2010).

حيث ارتفعت نسبة الرطوبة الممتصة من الجو من قبل الفحم الحيوي المحضر على حرارة 350م^0 خلال فترات تفحيم (60,30,15 دقيقة) على التوالي، بعد التخزين في جو المختبر لمدة شهر من 1.63% الى 3.52% ثم الى 4.17% وارتفعت من 3.32% الى 5.26% ثم الى 9.17% على حرارة 450م^0 خلال نفس فترات التفحيم على التوالي، ووصلت الرطوبة في الفحم الحيوي الناتج الى أعلى نسبة 10.13%، على حرارة 650م^0، بدون أي تغير معنوي في قيمتها عند فترات التفحيم المختلفة.

يعزى السبب لزيادة السطح النوعي ومسامية الفحم الحيوي مع زيادة درجة حرارة وزمن التفحيم حيث تساعد مساميته العالية في لعب دور مهم في زيادة شراهته واحتفاظه بالرطوبة

جاءت هذه النتيجة منسجمة مع نتائج Santos وزملائه (2022) ومع Brodowski وزملائه (2006) ، حيث عزوا السبب لزيادة السطح النوعي والمسامية للفحم الحيوي مع زيادة حرارة وزمن التفحيم ومتوافقة مع نتائج Karhu وزملائه (2011) الذين أشاروا الى دور المسامية العالية للفحم الحيوي في احتفاظه بالرطوبة. أما Lehmann وزملائه (2003) فقد عزو ذلك الى وجود مجموعات وظيفية محبّة للماء على سطوح وريقات جزيئات الفحم وكذلك على سطوح المسام والتي لا تفقد بشكل نهائي مع زيادة حرارة وزمن التفحيم.

5-2 الأملاح الذوابة في الفحم الحيوي:

ويبين نفس الجدول أن محتوى الفحم الحيوي من الأملاح الذوابة ازداد مع تقدم عملية التفحيم وسجلت قيمة (6.45 غ\كغ) عند الدرجة (350 م^0) والزمن 1/4 ساعة، وارتفعت بمقدار بسيط الى (6.78غ\كغ) عند 1/2 ساعة ثم قفزت إلى (8.39غ\كغ) عند الزمن ساعة، وسجلت (9.62غ\كغ) في أعلى نسبة عند (650 م^0) وكان هناك شبه استقرار بهذه النسبة خلال الأزمنة الثلاثة عند هذه الدرجة.

يفسر السبب لفقدان المواد المتطايرة، وزيادة تراكيز العناصر المعدنية في كتلة الرماد، كما أن جزء من المحتوى المعدني في الرماد يكون ذواباً وبالتالي عالي الموصلية الكهربائية وبشكل خاص كربونات البوتاسيوم والصوديوم.

توافقت هذه النتائج مع نتائج Cantrell وزملائه (2012) و Joseph وزملائه (2007).

أما Chaves وزملائه (2020)، عزوا ذلك لزيادة تركيز عنصر البوتاسيوم في الفحم الحيوي بشكل رئيسي.

كما أن السطح النوعي المرتفع للفحم الحيوي يلعب دورا مهما في ادمصاص الأيونات الملحية مثل الصوديوم والبوتاسيوم وهذا يعكس الانسجام بين زيادة ادمصاص الرطوبة والأملاح في الفحم الحيوي مع زيادة دجة حرارة وزمن التفحيم وزيادة السطح النوعي للفحم الحيوي وفق نتائج (Yang and Ali. 2019).

5- الاستنتاجات:

- ازدادت قدرة الفحم الحيوي على امتصاص الرطوبة الجوية مع زيادة حرارة وزمن التفحيم خلال عملية تحضيره، واستقرت على حرارة تفحيم (650 م^0) خلال أزمنة القياس الثلاثة وعند حرارة تفحيم (550 م^0) خلال زمني القياس ½ ساعة وساعة أو على حرارة تفحيم (450 م^0) خلال ساعة واحدة.
- ازدادت كمية الأملاح الذوابة في الفحم الحيوي خلال عملية التفحيم مع ارتفاع حرارة وزمن التفحيم خلال عملية تحضيره. وجاءت زيادة قدرة الفحم الحيوي على امتصاص والاحتفاظ بالرطوبة منسجمة مع زيادة محتواه من الأملاح الذوابة.

6-التوصيات:

- نظراً لأهمية الفحم الحيوي الزراعية وكونه محسن خصوبي وفيزيائي جيد ينصح بالقيام بالمزيد من الأبحاث التطبيقية حول استخدامه.
- ينصح أصحاب القرار في وزارة الزراعة والبيئة بتشجيع ودعم المزارع للحصول على الفحم الحيوي ونشر ثقافة إعادة تدوير بقايا المزرعة بتحويلها إلى فحم حيوي كمحسن لخصائص التربة واستدامة خصوبتها ومثبت للكربون فيها حفاظا على البيئة.

7- المراجع:

1. ALLER, D.; RATHKE, S.; LAIRD, D.; CRUSE, R. and HATFIELD, J. 2017. *Impacts of fresh and aged biochars on plant available water and water use efficiency*. Geoderma, Vol. 307, 114–121

2. AMZANI, P.; SHAN, L.; ANJUM, S.; RONGGUI, H.; IQBAL, M.; VIRK, Z and KAUSAR, S. 2017. *Improved quinoa growth, physiological response, and seed nutritional quality in three soils having different stresses by the application of acidified biochar and compost*. Plant. Physiol. Biochem, Vol. 116, 127–138.

3. ASADULLA, M.; ZHANG, S.; MIN, Z.; YIMSIRI, P. and LI, C. 2010. *Effects of biomass char structure on its gasification reactivity.* Bio Reso. Tech, V. 101: 7935–7943.

4. ASCOUGH, P. L.; BIRD, M. I.; FRANCIS, S. M.; THORNTON, B.; MIDWOOD, A. J.; SCOTT, A. C. and APPERLEY, D. 2011. *Variability in oxidative degradation of charcoal: Influence of production conditions and environmental exposure*. Geochemical et Cosmo-chemical Acta. Vol. 75: 2361-2378.

5. BRODOWSKI, S.; JOHN, B.; FLESSA, H and AMELUNG, W. 2006. *Aggregate-occluded black carbon in soil*. European Journal of Soil Science, V. 57: 539-546.

6. CAO, X. and HARRIS, W. 2010. *Properties of dairy manure derived biochar pertinent to its potential use in remediation*. Bio Reso. Tech. V: 101: 5222-5228.

7. CANTRELL, K.; HUNT, P. and UCHIMIYA, M. 2012. *Impact of pyrolysis temperature and manure source on physicochemical characteristics of biochar*. Bio resource technology, Vol. 107 :419–428.

8. CHAVES, B. C.; FERREIRA, K.; DIAS, A. F.; dA SILVA, V. P. 2020. *Impact of Pyrolysis Temperature on the Properties of Eucalyptus Wood-Derived Biochar.* Materials, VOL.13(24): 5841

9. CIMO, G.; KUCERIK, J.; BERNS, A.; SCHAUMANN, G.; ALONZO, G. and CONTE, P. 2014. *Effect of heating time and temperature on the chemical characteristics of biochar from poultry manure*. Agri, Food. Chem, V. 62: 1912-1918.

10. DAS, S.; GHOSH, G. and AVASTHE, R. 2010. *Valorizing biomass to engineered biochar and its impact on soil, plant, water, and microbial dynamics: a review*. Biomass Conversion and Bio refinery. 2010.

11. EN ISO 18134-3:2015-11; *Solid Biofuels Determination of Moisture Content—Oven Dry Method—Part 3: Moisture in general analysis sample. European committee for standardization:* Geneva, Switzerland, 2015.

12. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2011. *Climate change, water and food security*. FAO water reports 36.

13. GHOLAMI, L.; KARIMI, N., & KAVIAN, A. 2019. *Soil and water conservation using biochar and various soil moisture in laboratory conditions.* CATENA, Vol. 182: 104151.

14. GLASER, B.; LEHMANN, J. and ZECH, W. 2002. *Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal—a review*. Biol. Fert. Soil. Vol.35: 219230.

15. GRAY, M.; JOHNSON, M.; DRAGILA, M. and KLEBER, M. 2014. *Water uptake in biochars: The roles of porosity and hydrophobicity*. Biomass and Bio energy, Vol. 61: 196–205.

16. HAFEEZ, A.; PAN, T.; TIAN, J. and CAI, K. 2022. *Modified Biochars and Their Effects on Soil Quality: A Review*. Environments, Vol. 9: 60.

17. HAILEGNAW, N. S.; MERCL, F.; PRACKE, K.; SZAKOVA, J. and TLUSTOS, P. 2019. *Mutual relationships of biochar and soil pH, CEC, and exchangeable base cations in a model laboratory experiment.* Journal of Soils and Sediments, Vol. 19(5): 2405–2416.

18. JOSEPH, S.; DOWNIE, A.; MUNROE, P. 2007. *Biochar for carbon sequestration, reduction of greenhouse gas emissions and enhancement of soil fertility.* University of Sydney, 130–133.

19. KARHU, K.; MATTILA, T.; BERGSTRO, M I. and REGINA, K. 2011. *Biochar addition to agricultural soil increased CH 4 uptake and water holding capacity—results from a short-term pilot field study.* Agric. Ecosys. Envir, V.140: 309313.

20. LEE, Y.; EUM, P.; RYU, C.; PARK, Y.; JUNG, J. and HYUN, S. 2013. *Characteristics of biochar produced from slow pyrolysis of Geodae-Uksae 1.* Bio resource technology, Vol. 130: 345- 350.

21. LEHMANN, J. and JOSEPH, S. 2009. *Biochar for environmental management. science and technology.* Earth scan, London.

22. LEHMANN, J.; KERN, D. C.; GLASER, B. and WOODS, W. 2003. *Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, Management*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.

23. NOVAK, J.; BUSSCHER, W.; WATTS, D.; AMONETTE, J.; IPPLITO, J. and LIMA. 2012. *Biochars impact on soil-moisture storage in an ultisol and two aridisols*. Soil Sci . Vol. 177: 310-320.

24. MARSHALL, J.; MUHLACK, R.; MORTON, B. J.; DUNNIGAN, L.; CHITTLEBOROUGH, D. and KWONG, C. W. 2019. *Pyrolysis Temperature Effects on Biochar–Water Interactions and Application for Improved Water Holding Capacity in Vineyard Soils*. Soil Systems, Vol. 3(2): 27.

25. NULL Corporation, 2009; *GenStat Twelfth Edition, Procedure Library Release,* PL12.1, VSN International Ltd.

26. RICHARDS, L. A. 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils Handbook.* USDA. N0 60.

27. SANTOS, R.; MENDES, M.; ALEXANDAR, C.; CARROTT, M. and FERRIRA, A. 2022. *Assessment of Biomass and Biochar of Maritime Pine as a Porous Medium for Water Retention in Soils*. Energies. Vol. 15: 5882.

28. SOHI, S.; KRULL, E.; LOPEZ-CAPEL, E. and BOL, R. 2010. *A review of biochar and its use and function in soil.* Adv. Agron, Vol. 105: 47–82.

29. YANG, X. and ALI, A. 2019. *Biochar for Soil Water Conservation and Salinization Control in Arid Desert Regions*. Biochar from Biomass and Waste, 161–168.

30. YOUNG, J. 2007. *Humidity control in the laboratory using salt solutions-a review.* Journal of Applied Chemistry, Vol. 17: 241–245.