تأثير الفحم الحيوي في بعض الخصائص الكيميائية والخصوبية للتربة

طالب الماجستير: مازن نصر الدين شاهين

كلية الزراعة – قسم التربة واستصلاح الأراضي – جامعة البعث

اشراف الأستاذ الدكتور: محمود عودة

الملخص:

أجريت تجربة أصص في قرية كفرنان في ريف حمص الشمالي–سورية حيث تمّ زراعة الذرة الصفراء في موسمين (2020 – 2021)، بهدف دراسة تأثير إضافة الفحم الحيوي Biochar إلى التربة في تفاعل pH التربة وموصليتها الكهربائية وفي محتواها من الفوسفور والبوتاسيوم القابلين للإفادة.

استخدمت في هذه التجربة 10 معاملات، حيث تم إضافة الفحم الحيوي بأربع معدلات مختلفة (0 ، 10، 20، 30 طن/هـ) بشكل منفرد أو بالاشتراك مع نصف الكمية الموصى بها من الأسمدة المعدنية، كما تم إضافة أسمدة معدنية فقط لإحدى المعاملات وسماد عضوي بقري لمعاملة أخرى، وسماد عضوي ومعدني معاً أيضاً لمعاملة أخرى.

أظهرت النتائج أنَ إضافة الفحم الحيوي للتربة بالمعدلات المختلفة بشكل منفرد أو بالاشتراك مع نصف كمية الأسمدة الكيماوية (NPK) الموصى بها أدى إلى حدوث زيادة معنوية في رقم pH التربة في الموسم الأول، بينما اقتصرت الزيادة المعنوية في الموسم الثاني فقط في المعاملات التي أضيف لها الفحم الحيوي بمعدل 30 طن/هـ بشكل منفرد والمعاملات التي أضيف لها الفحم الحيوي بالمعدلات الثلاث (10، 20، 30 طن/هـ) بالاشتراك مع نصف كمية الأسمدة المعدنية (NPK).

أما بالنسبة لتأثير إضافة الفحم الحيوي في الناقلية الكهربائية للتربة EC، فقد بينت النتائج وجود زيادة معنوية في EC التربة في المعاملات التي أضيف لها الفحم الحيوي بالمعدلات الثلاث (10، 20، 30 طن/هـ) بالمقارنة مع الشاهد سواءً تمت إضافة الفحم الحيوي بشكل منفرد أو بالاشتراك مع الأسمدة المعدنية (NPK).

وأظهرت النتائج أن إضافة الفحم الحيوي للتربة أدى لحدوث زيادة معنوية في محتوى التربة من الفوسفور والبوتاسيوم االقابلين للإفادة في المعاملات التي أضيف لها الفحم الحيوي بالمعدلات الثلاث (10، 20، 30 طن/هـ) بالمقارنة مع الشاهد سواء أضيف الفحم الحيوي بشكل منفرد أو بالاشتراك مع الأسمدة المعدنية (NPK) وذلك في كلا الموسمين المدروسين أيضاً.

الكلمات المفتاحية: الفحم الحيوي – pH التربة – الناقلية الكهربائية – الفوسفور المتاح – البوتاسيوم المتاح – نبات الذرة.

The Effect of Biochar on some soil chemical and fertility characteristics

Abstract

Experiment was done in Kifirnan village, north countryside of Homs governorate, yellow corn (*Zea maize* L.) was seeded in pots for two seasons, (2020-2021) With the aim of study the biochar effect on soil pH, Ec (Electrical Conductivity), available potassium and available phosphorus. Ten (10) treatments was used in experiment and three (3) reduplicates for each treatment. Biochar derived from corn cobs prepared at 300° C was added with four different rates (0,10,20 and 30 t/ha) apartly and with chemical fertilizers and there was a treatment applied with chemical fertilizers (Nitrogen, phosphorus and potassium - NPK) only and another treatment with organic manure (cow dung) only and moreover treatment with chemical fertilizers (NPK) and organic manure (cow dung) together. The results showed significantly increase in soil pH for first season in biochar treatments with different rates apartly and biochar with chemical fertilizers (NPK) while there was significantly increase in soil pH for second season in biochar treatment with 30 t/ha and biochar (10,20 and 30 t/ha) with chemical fertilizers treatments .

Soil Ec significantly increased in two seasons for the six biochar treatments in different rates (10,20 and 30 t/ha) with and without chemical fertilizers comparing with control treatment.

Soil available phosphorus and potassium affected and the results showed significantly increase in available phosphorus and potassium in two seasons for the six biochar treatments in different rates (10,20 and 30 t/ha) with and without chemical fertilizers comparing with control treatment.

Keywords: Biochar, Soil pH, Electrical Conductivity (Ec), Available Phosphorus, Available Potassium, Corn Plant.

مقدمة:

يعد تأمين الغذاء للتعداد السكاني المتزايد أحد أبرز التحديات التي تواجه البشرية في المستقبل القريب، حيث من المتوقع أن يتخطى عدد سكان الأرض 9 مليار بحلول عام 2050، الأمر الذي يضاعف الحاجة للبحث في آفاق جديدة تلبي الاحتياجات الغذائية المتعددة خاصة في ظل انخفاض مساحات الأراضي الصالحة للزراعة نتيجة تدهور الأراضي والزحف العمراني وغيرها من العوامل.

انطلاقاً من ذلك كان لابد من إيجاد طرق جديدة تعزز من كفاءة استخدام الأراضي الزراعية في إنتاج الغذاء عن طريق تحسين المؤشرات الخصوبية للتربة كالمادة العضوية التي تؤدي دوراً بالغ الأهمية في كيمياء التربة وخصوبتها [4]، حيث أن انخفاض محتوى التربة من المادة العضوية يشكل تهديداً كبيراً لخصوبتها وإنتاجية المحاصيل والعائد الاقتصادي خاصة في النظم الزراعية الجافة وشبه الجافة [6].

يشكل الفحم الحيوي Biochar أحد الخيارات التي تعطي آمالاً كبيرة في تحسين خصوبة التربة وزيادة إنتاجيتها، إذ اكتسب استخدامه أهمية عالمية وزاد الاهتمام به لقدرته على تحسين احتفاظ التربة بالماء والعناصر المغذية [13]، ويعّرف الفحم الحيوي Biochar بأنه أحد النواتج الكربونية الصلبة لعملية الانحلال الحراري Pyrolsis للكتلة الحيوية Biomass المشتقة من مواد عضوية حية أو غير حية وتشمل مواد مثل الخشب والنباتات وبقايا الأشجار ومخلفات المحاصيل الزراعية إضافة للمواد غير السيليلوزية كفضلات الحيوانات أو الأجزاء العضوية من النفايات الصلبة]22[,[18].

تنوعت الأبحاث المهتمة بالفحم الحيوي على الصعيد العالمي، فبعضها اهتم بتأثير الفحم الحيوي في تحسين خصوبة التربة وزيادة إنتاجية المحاصيل المزروعة بها إذ وجد [28] أنَّ إضافة الفحم الحيوي منفرداً بمعدّل 10 طن/ هكتار زاد من نمو الذرة الصفراء

وإنتاجيتها بنسبة 11.4%، ودرس [12] تأثير إضافة الفحم الحيوي إلى تربتين مختلفتين في الخصائص الكيميائية والفيزيائية الأساسية، فلاحظوا زيادة في الكتلة الحيوية للذرة المزروعة في كلتا التربتين في دورتين زراعيتين متتاليتين، وأشارت دراسة أخرى إلى أن إضافة الفحم الحيوي للترب الملحية الصودية حقق انخفاضاً في امتصاص نبات القمح للصوديوم، الأمر الذي انعكس إيجاباً على نموه وازدادت الغلة بمعدّل 38% [21]، واهتمت دراسات أخرى بدور الفحم الحيوي في صيانة الترب وامتصاص الملوثات العضوية وغير العضوية، إذ خلُصت عدة أبحاث إلى أنّ معاملة الترب بالفحم الحيوي حسّنت من خصائص الترب المعاملة الفيزيائية منها والكيميائية الأمر الذي انعكس إيجاباً على إنتاجية المحاصيل المزروعة [25, 36, 37]، كما ركزت أبحاث أخرى على إمكانية استخدام الفحم الحيوي في مجالات أخرى كإدارة النفايات والطاقة المتجددة وخفض انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري [9], [13].

مواد وطرائق البحث:

1. **مكان إجراء التجربة:**

تم إجراء التجربة في قرية كفرنان التي تقع على بعد 25 كم شمال مدينة حمص–سورية، يبلغ ارتفاع المنطقة عن سطح البحر 530 م، ومتوسط الحرارة صيفاً 32 درجة مئوية، وشتاءً 10 درجة مئوية. الرطوبة النسبية صيفاً 56%. الضغط الجوي 9490 ميلي بار متوسط أمطار 397 ملم بالسنة [7].

2. **التربة المستخدمة:**

تم جمع التربة المستخدمة من قرية كفرنان من الطبقة السطحية (0–30 سم)، وتم تنقيتها من الأجسام الغريبة والبقايا النباتية ووضعت في أصص الزراعة البلاستيكية بمعدّل

10كغ/ أص، والجدول رقم (1) يبين الخصائص الكيميائية والخصوبية الأساسية للتربة المستخدمة في البحث.

الجدول (1) بعض الخصائص الكيميائية والخصوبية للتربة المستخدمة في البحث.

التحليل الميكانيكي %	طين 66 %
	سلت 14 %
	رمل 20 %
pH	7.59
EC µS/cm	340
$CaCO_3$ %	0.922
Active Lime (%)	0.148
CEC (meq/100g)	27.2
TN %	0.015
OM (%)	0.23
Available P (mg/Kg)	8.00
Available K (mg/Kg)	183.6

يتضح من نتائج تحليل التربة المستخدمة أنها ذات قوام طيني Clay، كما أن تفاعل pH التربة خفيف القاعدية. غير مالحة، وفقيرة المحتوى من الآزوت الكلي، ومتوسطة المحتوى من الفوسفور والبوتاسيوم القابلين للإفادة، إلا أنها منخفضة المحتوى من المادة العضوية، وذات محتوى منخفض جداً من كربونات الكالسيوم كما هو موضح بالجدول رقم (1).

3. الفحم الحيوي المستخدم:

تم تحضير الفحم الحيوي من كيزان الذرة وفق الطريقة التي ذكرها [17]، حيث تم أولاً تقطيع كيزان الذرة المجردة من الحبوب إلى عدة قطع ومن ثم أدخلت إلى المرمدة على درجة حرارة 300 درجة مئوية لمدة ساعتين، وتم إخراج الفحم الناتج عن عملية الحرق وتبريده، ومن ثم طُحن الفحم وغربلته بمنخل أقطار فتحاته 2 مم، وبعدها تمت تعبئته في أكياس محكمة الإغلاق، وحفظه في درجة حرارة الغرفة لحين الاستخدام، والجدول رقم (2) يبين الخصائص الكيمائية الأساسية للفحم الحيوي المستخدم في البحث.

الجدول (2) الخصائص الكيمائية الأساسية للفحم الحيوي المستخدم في البحث.

الفحم الحيوي	pH	EC mS/cm	TOM %	TOC %	TN %	TP %	TK %	C/N
	8.6	0.41	9.19	5.33	0.15	0.08	0.84	35.53/1

إذ: pH: درجة الحموضة، EC: الناقلية الكهربائية، TOM: المادة العضوية الكلية، TOC: الكربون العضوي الكلي، TN: النتروجين الكلي، TP: الفوسفور الكلي، TK: البوتاسيوم الكلي، C/N: نسبة الكربون إلى النتروجين.

4. الأسمدة المستخدمة:

تم الحصول على السماد العضوي البقري من محطة المختارية بريف حمص، ويبين الجدول رقم (3) بعض الخصائص الكيميائية والخصوبية للسماد العضوي البقري المستخدم (الموسم الأول والموسم الثاني)، كما تم الحصول على الأسمدة المعدنية المستخدمة (يوريا N 46% وسوبرفوسفات ثلاثي P_2O_3 46%) من مصدر محلي

(الشركة العامة للأسمدة بحمص – قطينة)، وتم استخدم سماد سلفات البوتاسيوم K_2O 50% من مصدر تجاري.

الجدول (3) الخصائص الكيمائية والخصوبية للسماد العضوي البقري

الموسم	pH	EC mS/cm	TOM %	TOC %	TN %	TP %	TK %	C/N
الأول	**8.62**	**0.638**	**57.15**	**33.15**	**1.43**	**0.25**	**0.95**	**23.17/1**
الثاني	**8.35**	**0.983**	**61.32**	**35.57**	**1.895**	**0.82**	**1.1**	**18.77/1**

إذ: pH: درجة الحموضة، EC: الناقلية الكهربائية، TOM: المادة العضوية الكلية، TOC: الكربون العضوي الكلي، TN: النتروجين الكلي، TP: الفوسفور الكلي، TK: البوتاسيوم الكلي، C/N: نسبة الكربون إلى النتروجين.

5. المعاملات المستخدمة Treatment:

استخدم في البحث 10 معاملات وهي:

1) شاهد، لم يضف للتربة أي سماد أو فحم حيوي ورُمِّزت بالرمز C.
2) تربة مضاف لها سماد عضوي (سماد بلدي بقري) بمعدل 30 طن/هـ، ورُمِّزت بالرمز O.
3) تربة مضاف لها أسمدة معدنية (NPK) حسب التوصية السمادية لوزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، ورُمِّزت بالرمز Ch.
4) تربة مضاف لها سماد عضوي بمعدل 30 طن/هـ وأسمدة معدنية حسب التوصية السمادية لوزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، ورُمزت بالرمز OCh.

5) تربة مضاف لها فحم حيوي فقط بمعدل 10 طن/هـ، ورُمِّزت بالرمز B_{10}.

6) تربة مضاف لها فحم حيوي فقط بمعدل 20 طن/هـ، ورُمِّزت بالرمز B_{20}.

7) تربة مضاف لها فحم حيوي فقط بمعدل 30 طن/هـ، ورُمِّزت بالرمز B_{30}.

8) تربة مضاف لها فحم حيوي بمعدل 10 طن/هـ ونصف التوصية السمادية المعدنية، ورُمِّزت بالرمز $B_{10}ch_{1/2}$.

9) تربة مضاف لها فحم حيوي بمعدل 20 طن/هـ ونصف التوصية السمادية المعدنية، ورُمِّزت بالرمز $B_{20}ch_{1/2}$.

10) تربة مضاف لها فحم حيوي بمعدل 30 طن/هـ ونصف التوصية السمادية المعدنية، ورُمِّزت بالرمز $B_{30}ch_{1/2}$.

وتمت الزراعة في الموسمين في ذات التربة.

6. تصميم التجربة:

بلغ عدد المكررات لكل معاملة 3 مكررات، وكان العدد الكلي للوحدات التجريبية مساوٍ لـ (10 معاملات X 3 مكررات = 30 وحدة تجريبية)، ولقد استخدم في تصميم التجربة تصميم القطاعات العشوائية الكاملة Completely Randomized Blocks Design.

7. التحليل الإحصائي:

جرى تحليل النتائج المتحصل عليها إحصائياً باستخدام برنامج Genstat, Ver(14)، وتقدير قيمة أقل فرق معنوي LSD عند مستوى معنوية 0.05.

8. التحاليل المخبرية:

أجريت التحاليل المخبرية في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية في دمشق وفي دائرة الموارد الطبيعية التابعة لمركز البحوث العلمية الزراعية في حمص وشملت التحاليل تقدير مايلي:

1- تفاعل التربة (pH): تم تقدير pH التربة بعد نهاية كل موسم باستخدام جهاز pH meter [27].

2- قياس الموصلية الكهربائية EC في مستخلص مائي (5:1) للتربة [34].

3- الفوسفور المتاح Available –P: تم تقدير الفوسفور القابل للإفادة بطريقة Olsen باستخدام جهاز القياس الطيفي Spectrophotometer [31].

4- تقدير البوتاسيوم المتاح Available –K باستخدام جهاز التحليل باللهب Flame Photo meter [3].

8-1- تحليل التربة:

شمل تحليل التربة التحاليل التالية:

1. التحليل الميكانيكي بطريقة الهيدرومتر Hydrometer method [10].
2. تقدير المادة العضوية بطريقة الأكسدة الرطبة بواسطة ديكرومات البوتاسيوم [35].
3. قياس pH التربة في معلق (تربة:ماء 2.5:1) باستخدام جهاز pH meter [27].
4. قياس الموصلية الكهربائية EC في مستخلص مائي (5:1) للتربة [34].
5. تقدير محتوى التربة من الكربونات الكلية بطريقة المكلاس Calcimeter [23].

6. تقدير محتوى التربة من الكلس الفعال بطريقة درونيو-غالييه [15].
7. تقدير محتوى التربة من النتروجين الكلي بطريقة كلداهل Kjeldahl method [4]
8. تقدير الفوسفور القابل للإفادة بطريقة Olsen باستخدام جهاز القياس الطيفي Spectrophotometer [4].
9. تقدير البوتاسيوم المتاح باستخدام جهاز التحليل باللهب Flame Photometer [4]

وشمل تحليل التربة في نهاية كل موسم زراعي تقدير كل من pH, EC, Available- P, Available- K حسب الطرق الآنفة الذكر.

2-8- تحليل الفحم الحيوي والسماد العضوي:

أجريت على الفحم الحيوي والسماد العضوي التحاليل التالية: تم تقدير الـ pH باستخدام pH meter، والـ EC وفق [34]، والمادة العضوية بطريقة الأكسدة الرطبة، والآزوت الكلي بطريقة كلداهل، والفوسفور الكلي بوساطة جهاز Spectrophotometer، والبوتاسيوم الكلي بوساطة جهاز Flam Photometer.

النتائج والمناقشة

1-1- تأثير المعاملات في pH التربة Soil reaction:

يعبر الـ pH عن اللوغاريتم السالب لتركيز أيونات الهيدروجين في المحلول، ويؤثر pH التربة في الخصائص الكيميائية والحيوية للتربة وبخاصة محتواها من العناصر المغذية وجاهزية هذه العناصر للنبات [4]، كما يؤثر بشكل مباشر في نمو النبات وتطوره [1].

يبين الجدول رقم (5) تأثير المعاملات المستخدمة في pH التربة، ويتضح من هذا الجدول فيما يخص نتائج الموسم الأول أن pH التربة قد تراوح بين 7.59 في معاملة الشاهد T1 و7.75 في المعاملة T10 التي تضمنت إضافة الفحم الحيوي والأسمدة الكيميائية معاً وتشير نتائج هذا الجدول إلى وجود تأثير معنوي للمعاملات المستخدمة في pH التربة فلقد ارتفع pH التربة معنوياً تحت تأثير المعاملات المستخدمة جميعها بالمقارنة مع الشاهد، ولوحظ أكبر ارتفاع لـ pH التربة في المعاملات التي شملت إضافة الفحم الحيوي والأسمدة الكيميائية معاً، حيث ارتفع الـ pH من 7.59 في معاملة الشاهد ليصل إلى (7.75; 7.71 ;7.71) في المعاملات (B10ch1/2, B20ch1/2, B30ch1/2) على الترتيب، وتظهر نتائج الجدول رقم (5) أيضاً تأثيراً معنوياً لإضافة الفحم الحيوي ومعدل الإضافة في pH التربة، حيث ارتفع الـ pH من 7.59 في الشاهد إلى (7.66; 7.65 ;7.63) في المعاملات (B10, B20, B30) والتي تضمنت إضافة الفحم الحيوي فقط.

جدول (5): تأثير المعاملات المستخدمة في pH التربة

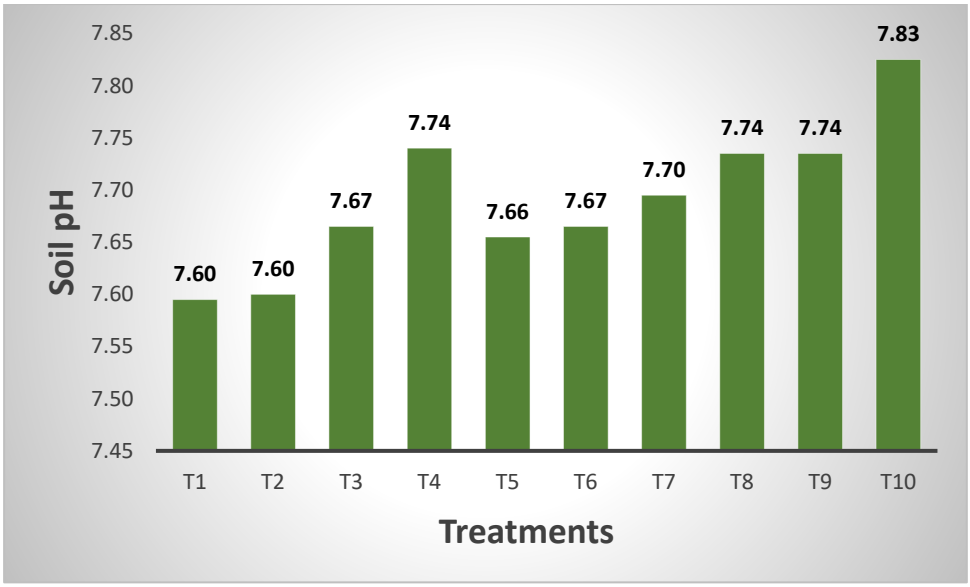
رقم المعاملة	رمز المعاملة	pH		
		الموسم 1	الموسم2	متوسط الموسمين
T1	c	7.59a	7.6ab	7.60
T2	o	7.62b	7.53a	7.60
T3	ch	7.64cd	7.69c	7.67
T4	och	7.7f	7.78d	7.74
T5	B10	7.63bc	7.68bc	7.66
T6	B20	7.65de	7.68bc	7.67
T7	B30	7.66e	7.73cd	7.70
T8	B10ch1/2	7.71f	7.76cd	7.74
T9	B20ch1/2	7.71f	7.76cd	7.74
T10	B30ch1/2	7.75g	7.9e	7.83
	متوسط	7.67	7.72	
	L.S.D(5%level)	0.01905	0.08623	
	S.e.d	0.00907	0.04104	

إن اشتراك أي متوسطين بأي حرف ضمن العمود الواحد يدل على عدم وجود فرق معنوي بينهما وفقاً لاختبار Fisher's Protected Least Significant difference test

وبالانتقال إلى نتائج الموسم الثاني يتضح من الجدول رقم (5) أن pH التربة في نهاية هذا الموسم كان أعلى عموماً مما كان عليه في نهاية الموسم الأول، فلقد ارتفع pH التربة في المتوسط من 7.67 في الموسم الأول إلى 7.72 في الموسم الثاني الأمر الذي يمكن أن يعزى للتأثير التراكمي للمعاملات المستخدمة كون الإضافات السمادية المختلفة تمت في الموسم الثاني على ذات التربة المستخدمة في الموسم الأول، ولقد تشكل pH التربة في الموسم الثاني للتجربة تحت تأثير المعاملات المستخدمة بطريقة مشابهة لما تم ملاحظته في الموسم الأول، حيث لوحظ التأثير الأكبر في pH التربة للمعاملات (B10ch1/2, B20ch1/2, B30ch1/2)، كما لوحظ تأثير معنوي لمعاملات الفحم الحيوي في pH التربة الذي ارتفع معنوياً من 7.60 في المعاملة c إلى (7.73; 7.68; 7.68) في المعاملات (B10, B20, B30) على الترتيب.

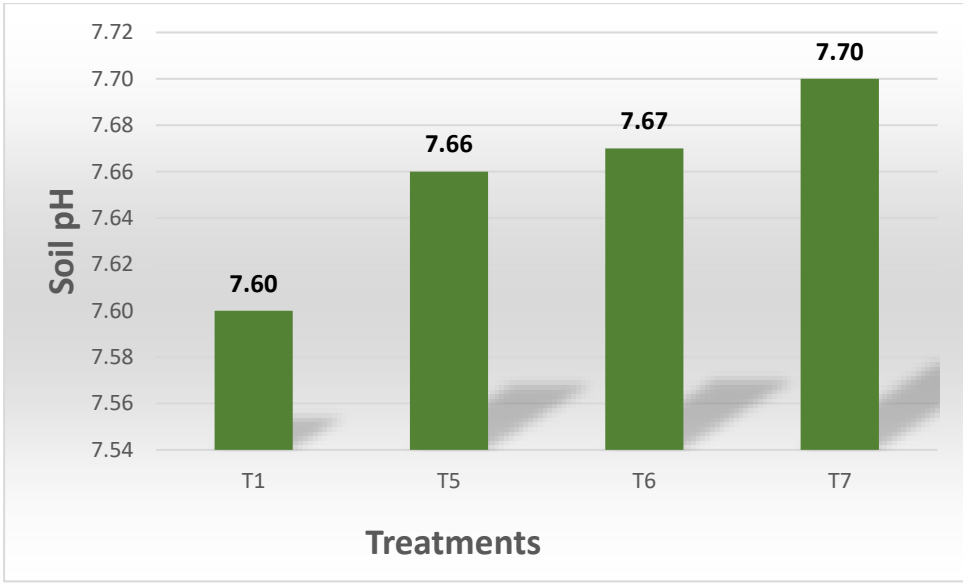
تعكس نتائج متوسط الموسمين (شكل رقم 1) تفوق المعاملات التي تضمنت الإضافة المشتركة للأسمدة المعدنية والفحم الحيوي ومعاملات الفحم الحيوي على المعاملات الأخرى من حيث التأثير في تفاعل pH التربة، ويمكن ترتيب المعاملات المستخدمة من حيث التأثير في pH التربة المدروسة على النحو التالي:

B30ch1/2 > B20ch1/2 > B10ch1/2 = och> B30> B20> B10 = ch> o > c



الشكل (1): تأثير المعاملات المستخدمة في pH التربة (متوسط الموسمين)

إن ارتفاع pH التربة تحت تأثير إضافة الفحم الحيوي في المتوسط من 7.59 في معاملة الشاهد إلى (7.70; 7.67; 7.66) لدى إضافة الفحم الحيوي بالمعدلات (10–20–30 طن/هـ) على الترتيب يشير بوضوح إلى مساهمة الفحم الحيوي في رفع pH التربة (شكل رقم (2))، إذ يملك الفحم الحيوي طبيعة قلوية، وإضافته للتربة تترافق مع ارتفاع في pH التربة [32].



الشكل (2) تأثير إضافة الفحم الحيوي في pH التربة

يبين الشكل رقم (2) أيضاً أن pH التربة ارتفع في المعاملات (B10, B20, B30) بنسبة (1.3% ;1% ;0.8%) على الترتيب بالمقارنة مع الشاهد.

1-2- تأثير المعاملات في الناقلية الكهربائية للتربة Soil electrical conductivity

تعبّر الناقلية الكهربائية electrical conductivity للتربة عن محتوى التربة من الأملاح الكلية الذائبة، وتدعى الترب الحاوية على كميات كبيرة من الأملاح القابلة للذوبان في الماء فيما إذا أدى هذا التراكم الملحي إلى إعاقة أو منع النمو الطبيعي للنباتات بـ الترب المالحة Saline soil [3].

يبين الجدول رقم (6) تأثير المعاملات المستخدمة في الموصلية الكهربائية EC للتربة، ويتضح من هذا الجدول فيما يخص نتائج الموسم الأول أن الناقلية الكهربائية للتربة تراوحت ما بين 402 µS في معاملة الشاهد T1 و589 µS في المعاملة T10 التي تضمنت إضافة الفحم الحيوي والأسمدة الكيميائية معاً.

تشير النتائج في الجدول رقم (6) إلى وجود تأثير معنوي للمعاملات المستخدمة في الناقلية الكهربائية للتربة، حيث ارتفعت الـ EC معنوياً تحت تأثير المعاملات المستخدمة جميعها مقارنةً بالشاهد وكان الارتفاع الأكبر في المعاملات التي تمت فيها إضافة الفحم الحيوي والأسمدة الكيميائية معاً، إذ ارتفعت الناقلية الكهربائية من 402 µS في معاملة الشاهد ليصل إلى (571; 580; 589 µS) في المعاملات (B10ch1/2, B20ch1/2, B30ch1/2) على الترتيب.

وتظهر نتائج الجدول رقم (6) تأثيراً معنوياً لإضافة الفحم الحيوي بشكل منفرد، حيث ارتفعت الناقلية من 402 µS في معاملة الشاهد إلى (500; 522; 546 µS) في المعاملات (B10, B20, B30) على الترتيب.

جدول (6): تأثير المعاملات المستخدمة في EC التربة

رقم المعاملة	رمز المعاملة	EC µS/cm		
		الموسم 1	**الموسم 2**	**متوسط الموسمين**
T1	c	402a	410a	406
T2	o	435b	455b	445
T3	ch	510cd	562ef	536
T4	och	532de	545cde	538.5
T5	B10	500c	515c	507.5
T6	B20	522cde	531cd	526.5
T7	B30	546ef	558def	552
T8	B10ch1/2	571fg	584fg	577.5
T9	B20ch1/2	580g	595g	587.5
T10	B30ch1/2	589g	602g	595.5
	متوسط	518.7	535.7	
	L.S.D(5%level)	29.83	30.87	
	S.e.d	14.2	14.69	

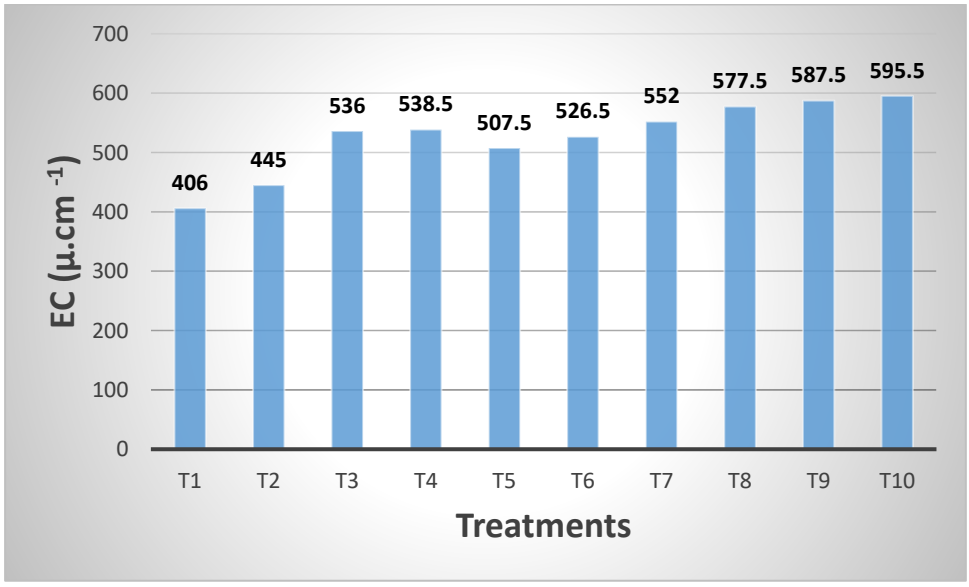
إن اشتراك أي متوسطين بأي حرف ضمن العمود الواحد يدل على عدم وجود فرق معنوي بينهما وفقاً لاختبار Fisher's Protected Least Significant difference test

وبالانتقال إلى نتائج الموسم الثاني يبين الجدول رقم (6) أن الناقلية الكهربائية في نهاية هذا الموسم كانت أعلى عموماً مما كانت عليه في الموسم الأول بنسبة 1% في المتوسط، حيث ارتفعت الـ EC من 519 µS بالمتوسط في الموسم الأول إلى 536 µS في الموسم الثاني الأمر الذي يمكن أن يعزى إلى الأثر التراكمي للإضافات

السمادية المختلفة والتي تمت على ذات التربة التي استخدمت في الموسم الأول وبذات المعدلات، كما يبين الجدول رقم (6) أن التأثير الأكبر في الـ EC كان للمعاملات (T8, T9, T10)، كما لوحظ تأثير معنوي للمعاملات (T4, T5, T6) في الـ EC بالمقارنة مع الشاهد، حيث ارتفعت من 410 µS في الشاهد إلى (515; 531; 553 µS) بالنسبة للمعاملات آنفة الذكر على الترتيب.

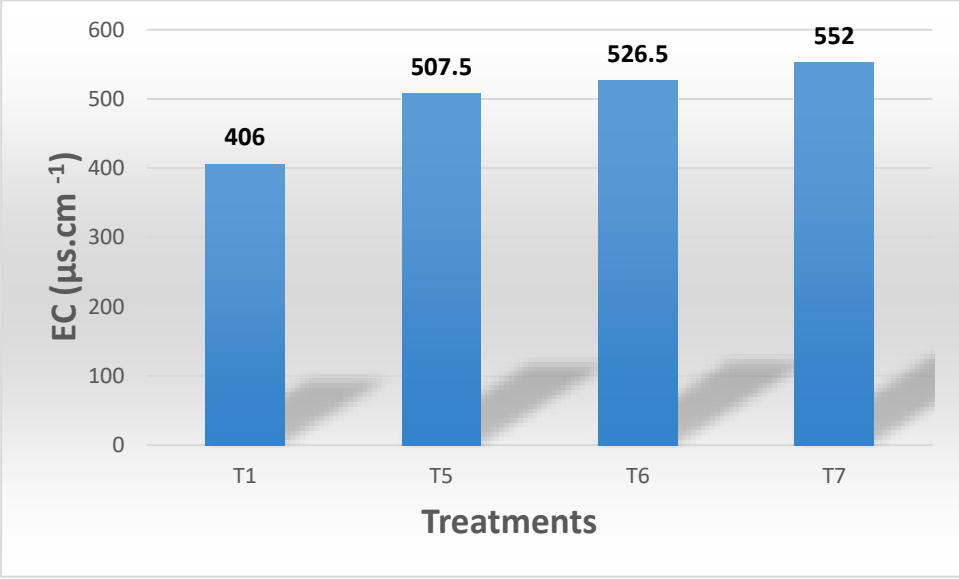
تعكس نتائج متوسط الموسمين (شكل رقم 3) تفوق المعاملات التي تم فيها إضافة الفحم الحيوي بالاشتراك مع الأسمدة الكيميائية على باقي المعاملات من حيث التأثير في الناقلية الكهربائية EC، ويمكن ترتيب المعاملات المستخدمة من حيث التأثير في الناقلية الكهربائية للتربة المدروسة على النحو التالي:

B30ch1/2 > B20ch1/2 > B10ch1/2 > B30 > och > ch > B20 > B10 > o>c



الشكل (3): تأثير المعاملات المستخدمة في EC التربة (متوسط الموسمين)

إن ارتفاع الناقلية الكهربائية لمحلول التربة تحت تأثير إضافة الفحم الحيوي في المتوسط من 406 µS في معاملة الشاهد إلى (507; 527; 552 µS) عند إضافة الفحم الحيوي بالمعدلات (10–20–30) طن/هـ على الترتيب يشير بوضوح إلى دور الفحم الحيوي في رفع EC (شكل رقم (4)) إذ يمتلك الفحم الحيوي مجموعات سطحية وطبقية مختلفة عن المادة الخام التي تم تحضيره منها تعمل هذه المجموعات على جذب الكاتيونات والأيونات المعاكسة لها بالنسبة للشحنة وهذا يتفق مع ما أشار إليه [33],[9] إذ توصل الباحثون إلى أن تحضير الفحم الحيوي على درجات حرارة منخفضة نسبياً (300 درجة مئوية) يؤدي دوراً أساسياً في بقاء عدد كبير من المجموعات الوظيفية التي تعمل على جذب العناصر المختلفة وزيادة إتاحتها للنبات في الترب المضاف لها الفحم الحيوي.



الشكل (4) تأثير إضافة الفحم الحيوي في EC التربة

يبين الشكل رقم (4) أيضاً أن الناقلية الكهربائية للتربة زادت بالمقارنة مع الشاهد بنسبة (24% ;30% ;36%) عند إضافة الفحم الحيوي بشكل منفرد بمعدلات (10-20-30 طن/هـ) على الترتيب.

3-1- تأثير المعاملات في محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة Available P

يوجد الفوسفور في التربة ضمن شكلين أساسيين: فوسفور معدني وفوسفور عضوي، ويشكل الفوسفور المعدني عادة المصدر الرئيس للفوسفور في الترب الزراعية، ويؤدي الفوسفور دوراً مهماً في استقلاب الكربوهيدرات ويعد مكوناً أساسياً للسكريات الفوسفورية، ويدخل في تركيب بعض المركبات الغنية بالطاقة وغيرها من الأدوار الهامة [2].

يبين الجدول رقم (7) تأثير المعاملات المختلفة المستخدمة في محتوى التربة من الفوسفور المتاح، ويتضح من الجدول رقم (7) فيما يخص الموسم الأول أن محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة يتراوح ما بين (8.57 ppm) بالنسبة للمعاملة الشاهد T1 و(11.30ppm) بالنسبة للمعاملة T10 المتضمنة إضافة فحم حيوي بمعدل 30 طن/هـ بالاشتراك مع نصف التوصية السمادية المعدنية.

تبين النتائج وجود فروق معنوية بين المعاملات وتفوق جميع المعاملات المستخدمة لدى مقارنتها بمعاملة الشاهد باستثناء المعاملة T2 المتضمنة إضافة سماد عضوي (سماد بقري)، ويمكن أن يعزى ذلك إلى عدم وجود فترة زمنية كافية لمعدنة الفوسفور العضوي وتحوله إلى فوسفور قابل للإفادة عبر عملية المعدنة Mineralization التي تخضع لها المادة العضوية في التربة وتقوم بها الكائنات الحية الدقيقة [4].

ويتضح من الجدول (7) أن أكبر ارتفاع للفوسفور القابل للإفادة كان في المعاملات التي شملت إضافة الفحم الحيوي والسماد الكيميائي معاً، حيث ارتفع الفوسفور القابل للإفادة من (8.57ppm) في معاملة الشاهد إلى (11.30 ;10.99 ;10.94ppm) في المعاملات (T8; T9; T10) على الترتيب، وتشير نتائج الجدول رقم (7) أيضاً إلى وجود تأثير

معنوي للمعاملات التي أضيف بها الفحم الحيوي بشكل منفرد وبمعدلات مختلفة، حيث ارتفع محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة من (ppm8.57) في الشاهد إلى (ppm9.52; 9.81; 10.02) في المعاملات (B10, B20, B30) على الترتيب.

جدول (7): تأثير المعاملات المستخدمة في محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة

رقم المعاملة	رمز المعاملة	Available P (mg. Kg $^{-1}$)		
		الموسم 1	**الموسم 2**	**متوسط الموسمين**
T1	c	8.57a	8.10a	8.34
T2	o	8.69a	8.75b	8.72
T3	ch	10.21cd	10.37de	10.29
T4	och	10.36d	10.49e	10.43
T5	B10	9.52b	9.56c	9.54
T6	B20	9.81bc	9.90cd	9.86
T7	B30	10.02cd	10.53e	10.28
T8	B10ch1/2	10.94e	11.11f	11.03
T9	B20ch1/2	10.99e	11.25fg	11.12
T10	B30ch1/2	11.30e	11.70g	11.50
	متوسط	10.04	10.18	
	L.S.D(5%level)	0.4782	0.5772	
	S.e.d	0.2276	0.2747	

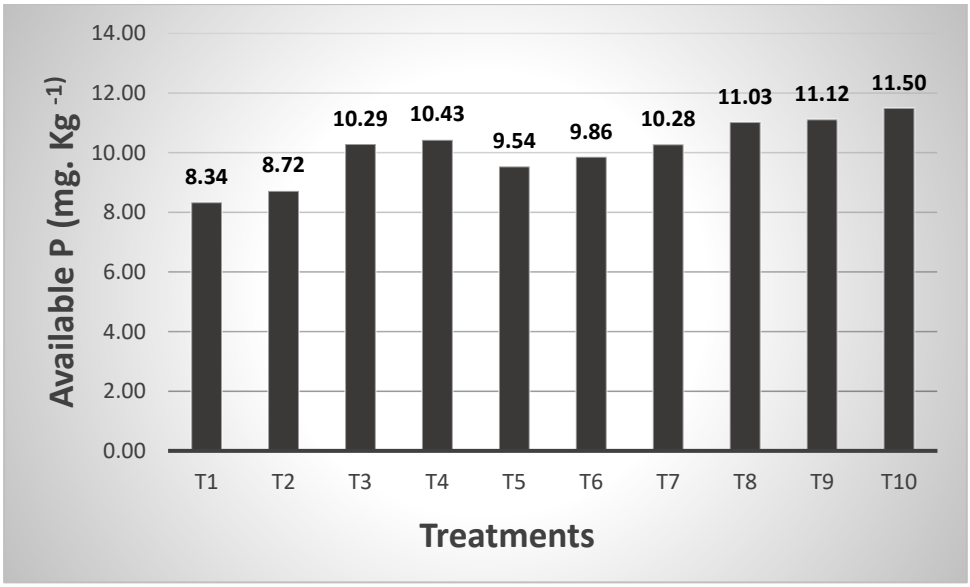
معنوي بينهما وفقاً لاختبار Fisher's Protected Least Significant difference test

بالانتقال لنتائج الموسم الثاني يتضح من الجدول رقم (7) أن محتوى التربة من الفوسفور المتاح كان أعلى عموماً بالمقارنة مع الموسم الأول، فلقد ارتفع في المتوسط من (ppm10.04) في الموسم الأول ليصل إلى (ppm10.18) في الموسم الثاني، ويمكن أن يعزى ذلك إلى زيادة تحلل المادة العضوية ومعدنة الفوسفور العضوي في المعاملات التي شملت إضافة السماد العضوي والفحم الحيوي، كما تعزى تلك الزيادة في محتوى التربة من الفوسفور المتاح في المعاملات التي شملت إضافة أسمدة معدنية إلى التأثير التراكمي للإضافات السمادية كونها تمت على التربة ذاتها التي استخدمت في الموسم الأول، ولقد كان التأثير الأكبر في محتوى التربة من الفوسفور المتاح للمعاملات (B30ch1/2; B20ch1/2 ;B10ch1/2).

كما لوحظ وجود تأثير معنوي لمعاملات الفحم الحيوي المضاف بشكل منفرد، حيث ارتفع الفوسفور المتاح من (ppm8.10) في الشاهد ليصل إلى (ppm9.56; 9.90; 10.53) في المعاملات (B10, B20, B30)، إذ يعمل الفحم الحيوي على تحسين إتاحة الفوسفور للنبات إما بشكل مباشر أو بشكل غير مباشر عن طريق الاحتفاظ به والحد من تثبيته [38,8].

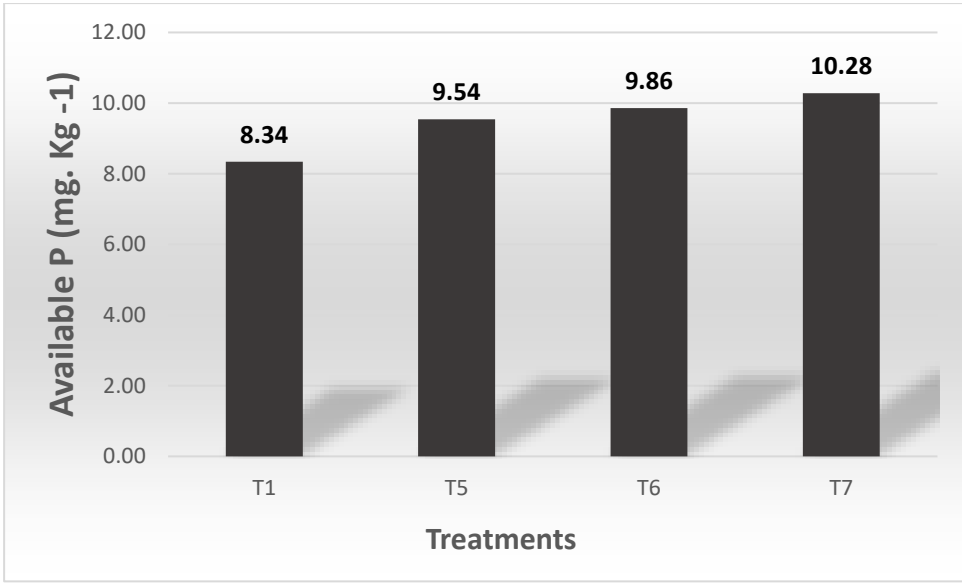
تعكس نتائج متوسط الموسمين (جدول رقم (7)، شكل رقم (5)) تفوق المعاملات المتضمنة إضافة مشتركة للفحم الحيوي والسماد المعدني معاً والمعاملات التي تضمنت إضافة سماد عضوي ومعدني معاً على باقي المعاملات الأخرى من حيث التأثير في محتوى التربة من الفوسفور المتاح، ويمكن ترتيب المعاملات من حيث تأثيرها في محتوى التربة من الفوسفور المتاح على النحو التالي:

B30ch1/2 >B20ch1/2 > B10ch1/2 > och > ch >B30 >B20 > B10 >o >c



الشكل (5): تأثير المعاملات المستخدمة في محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة (متوسط الموسمين)

إن ارتفاع محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة تحت تأثير إضافة الفحم الحيوي من (ppm8.34) في المعاملة c ليصل إلى (ppm9.54; 9.86; 10.28) في المعاملات (B10, B20, B30) (الشكل رقم (6)) يشير بوضوح إلى دور الفحم الحيوي في زيادة محتوى التربة من الفوسفور المتاح نتيجة ارتباط الفوسفور مع المجموعات الوظيفية السطحية للفحم الحيوي المضاف [19, 20, 30]



الشكل (6) تأثير إضافة الفحم الحيوي في محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة

1-4- تأثير المعاملات في محتوى التربة من البوتاسيوم القابل للإفادة Available K

يعد عنصر البوتاسيوم من العناصر الأساسية الكبرى بالنسبة للنبات، وهو من أكثر العناصر شيوعاً في القشرة الأرضية، ويوجد في التربة بأشكال عديدة، ويقوم بالعديد من الوظائف الفيزيولوجية الهامة في النبات إذ ينظم محتوى النبات من الماء وينشط عمل عدد من الأنزيمات، ويساعد في تمثيل البروتينات ويزيد من متانة الجدر الخلوية وغيرها من الوظائف الهامة الأخرى [4].

يتضح من الجدول رقم (10) فيما يتعلق بنتائج الموسم الأول أن محتوى التربة من البوتاسيوم القابل للإفادة تراوح ما بين (ppm132.50) في معاملة الشاهد و(ppm305) في المعاملة och التي تضمنت إضافة سماد عضوي (بلدي بقري) وسماد معدني معاً، وتشير النتائج إلى وجود تأثير معنوي للمعاملات المختلفة المستخدمة في محتوى التربة من البوتاسيوم القابل للإفادة، ولوحظ أكبر ارتفاع للبوتاسيوم القابل للإفادة في المعاملات التي شملت إضافة سماد عضوي ومعدني معاً والمعاملة التي تمت فيها إضافة سماد معدني فقط إضافة للمعاملة التي أضيف فيها فحم حيوي بمعدل 30 طن/هـ بالاشتراك مع نصف التوصية السمادية في الأسمدة المعدنية، حيث ارتفع البوتاسيوم

المتاح من (ppm132.50) في المعاملة c ليصل إلى (ppm 288.11; 290.70; 305) في المعاملات (B30ch1/2; ch; och) على الترتيب، وتظهر نتائج الجدول رقم (8) أيضاً تأثيراً معنوياً للمعاملات التي أضيف فيها الفحم الحيوي بالمعدلات المختلفة حيث ارتفع محتوى التربة من البوتاسيوم القابل للإفادة من (ppm 132.50) في الشاهد ليصل إلى (ppm 201; 218.90; 227) في المعاملات (B10; B20; B30) على الترتيب.

جدول (8): تأثير المعاملات المستخدمة في محتوى التربة من البوتاسيوم القابل

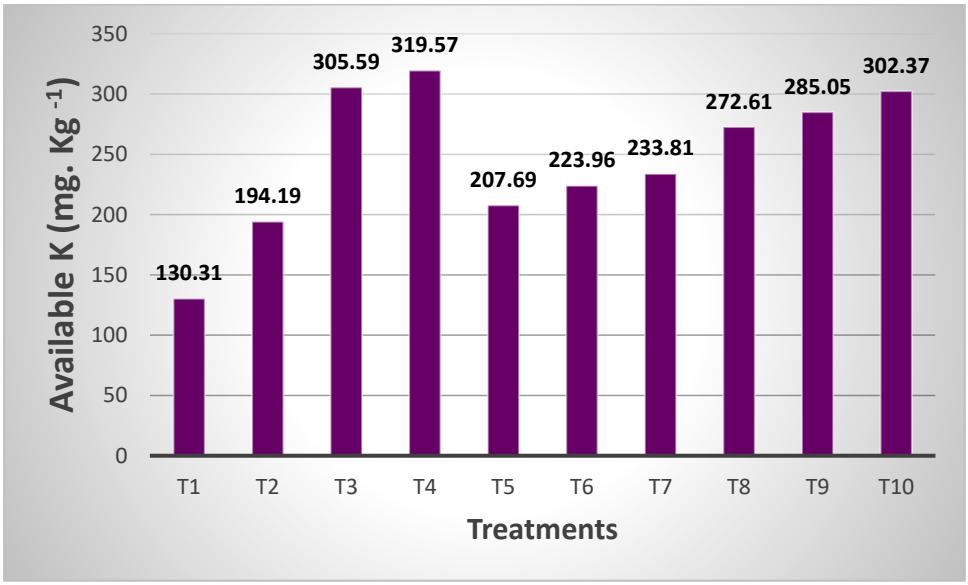
رقم المعاملة	رمز المعاملة	Available K(mg. Kg $^{-1}$)		
		الموسم 1	**الموسم 2**	**متوسط الموسمين**
T1	c	132.49a	128.13a	130.31
T2	o	191.30b	197.07b	194.19
T3	ch	290.70h	320.48fg	305.59
T4	och	305.10i	334.03g	319.57
T5	B10	201.05c	214.33c	207.69
T6	B20	218.90d	229.01cd	223.96
T7	B30	227.06e	240.55d	233.81
T8	B10ch1/2	251.30f	293.92e	272.61
T9	B20ch1/2	266.02g	304.08ef	285.05
T10	B30ch1/2	287.11h	317.62fg	302.37
	متوسط	237.10	257.922	
	L.S.D(5%level)	7.944	17.15	
	S.e.d	3.781	8.16	

إن اشتراك أي متوسطين بأي حرف ضمن العمود الواحد يدل على عدم وجود فرق معنوي بينهما وفقاً لاختبار Fisher's Protected Least Significant difference test

يستنتج من الجدول رقم (8)، فيما يخص نتائج الموسم الثاني أن محتوى التربة من البوتاسيوم القابل للإفادة في نهاية هذا الموسم كان أعلى عموماً مما كان عليه في الموسم الأول، حيث ارتفع محتوى التربة من البوتاسيوم القابل للإفادة في المتوسط من (237.10 ppm) في نهاية الموسم الأول ليصل إلى (257.92 ppm) في نهاية الموسم الثاني الأمر الذي يمكن أن يعزى إلى التأثير التراكمي للمعاملات المستخدمة حيث احتوى السماد العضوي المستخدم في الموسم الثاني (1.1%) بوتاسيوم كلي والفحم الحيوي المستخدم (0.84%) بوتاسيوم كلي، وأضيفت هذه المعاملات إلى ذات التربة المستخدمة في الموسم الأول، ولوحظ التأثير الأكبر في محتوى التربة من البوتاسيوم القابل للإفادة للمعاملات (och; ch; B30ch1/2)، وتبين نتائج الجدول رقم (8) أيضاً تأثيراً معنوياً للمعاملات التي استخدم فيها الفحم الحيوي بشكل منفرد في محتوى التربة من البوتاسيوم القابل للإفادة، حيث ارتفع هذا المحتوى معنوياً من (128.13 ppm) في المعاملة c ليصل إلى (240.55 ;229.01 ;214.33 ppm) في المعاملات (B10; B20; B30) على الترتيب، وهذا يتفق مع ما أشار إليه [32] الذي بيّن أن إضافة الفحم الحيوي ترافقت مع زيادة في محتوى التربة من البوتاسيوم القابل للإفادة مما انعكس إيجاباً على خصائص التربة وخصوبتها.

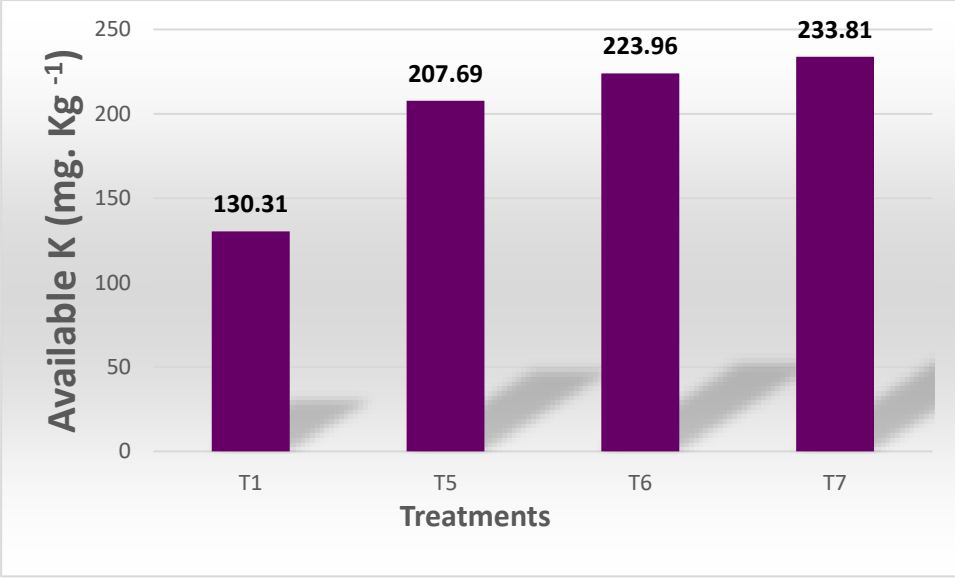
تعكس النتائج المستخلصة من متوسط الموسمين (جدول رقم (8)، شكل رقم (7)) تفوق المعاملات التي تضمنت إضافة الأسمدة المعدنية والسماد العضوي معاً أو إضافة سماد معدني فقط أو إضافة فحم حيوي بمعدل 30 طن/هـ بالاشتراك مع سماد معدني يعادل نصف التوصية السمادية لمحصول الذرة الصفراء من حيث التأثير في البوتاسيوم المتاح، ويمكن ترتيب المعاملات المستخدمة من حيث التأثير في في محتوى التربة من البوتاسيوم القابل للإفادة وفقاً للتالي:

Och >ch > B30ch1/2 > B20ch1/2 > B10ch1/2 > B30 > B20 >B10 >o >c



الشكل (7): تأثير المعاملات المستخدمة في محتوى التربة من البوتاسيوم القابل للإفادة (متوسط الموسمين)

إن ارتفاع محتوى التربة من البوتاسيوم القابل للإفادة تحت تأثير إضافة الفحم الحيوي بشكل منفرد من (130.31 ppm) في معاملة الشاهد إلى (207.69; ppm 223.96; 253.11) في المعاملات (B10; B20; B30) (شكل رقم (8)) يشير بوضوح لدور الفحم الحيوي في زيادة إتاحة البوتاسيوم في التربة وخفض الكميات المفقودة منه [20, 26].



الشكل (8) تأثير إضافة الفحم الحيوي في محتوى التربة من البوتاسيوم القابل للإفادة

الاستنتاجات:

انطلاقاً من النتائج التي تم الحصول عليها في هذا البحث يمكن استنتاج ما يلي:

- تفوقت إضافة الفحم الحيوي بمعدل (10 طن/هـ) على إضافة السماد العضوي البقري بمعدل (30 طن/هـ) من حيث التأثير في محتوى التربة من الفوسفور والبوتاسيوم القابلين للإفادة.
- حققت إضافة الفحم الحيوي بمعدل (20 طن/هـ) مع نصف التوصية السمادية للذرة الصفراء أفضل النتائج فيما يخص التأثير في محتوى التربة من الفوسفور والبوتاسيوم القابلين للإفادة.
- ينصح بإضافة الفحم الحيوي بمعدل (10 طن/هـ) بالاشتراك مع نصف التوصية السمادية لمحصول الذرة الصفراء للحصول على أفضل النتائج من حيث التأثير الإيجابي في الخصائص الكيميائية (pH, Ec) والخصوبية (P, Kالقابلين للإفادة) للتربة.
- التوسع في دراسة تأثير الفحم الحيوي في نظام تربة – نبات.

المراجع العلمية:

1- أبو نقطة، فلاح (1995): علم التربة (1). منشورات جامعة دمشق، كلية الزراعة.

2- الخرباوي، محمدي وهوله، شوقي (1999): خصوبة الأراضي وتغذية النبات. منشورات جامعة القاهرة.

3- عودة، محمود وشمشم، سمير (2007): خصوبة التربة وتغذية النبات (الجزء العملي). منشورات جامعة البعث، كلية الهندسة الزراعية.

4- عودة، محمود وشمشم، سمير (2008): خصوبة التربة وتغذية النبات. منشورات جامعة البعث، كلية الهندسة الزراعية.

5- العيسى، عبد الله (2007): ميكروبيولوجيا التربة، منشورات جامعة البعث – كلية الزراعة.

6- فارس، فاروق (1992): أساسيات علم الأراضي. منشورات جامعة دمشق.

7- المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية (2006): التقسيمات الإدارية في سورية بنهاية عام 2005. المكتب المركزي للإحصاء، دمشق.

8- Arif, M., Ilyas,M ., Riaz,M., Ali,K., Shah,K .,Ul Haq,I., Fahad,S., 2017. Biochar improves phosphorus use efficiency of organic–inorganic fertilizers, maize–wheat productivity and soil quality in a low fertility alkaline soil. *Field Crops Research* 214, 25 – 37.

9- Atkinson, C.J., Fitzgerald, J.D., Hipps, N.A., 2010. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits

from biochar application to temperate soils: a review. *Plant Soil* 337, 1–18.

10-Bouyoucos, G.J. (1962) Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analysis of Soils. *Agronomy Journal*, 54, 464–465.

11-Brewer, C.E., Y. Hu, K. Schmidt–Rohr, T.E. Loynachan, D.A. Laird, and R.C. Brown. 2012. Extent of pyrolysis impacts on fast pyrolysis biochar properties. *J. Environ. Qual.* 41:1115–1122.

12-Butnan, S., Deenik, J.L., Toomsan, B., Antal, M.J., Vityakon, P., 2015. Biochar characteristics and application rates affecting corn growth and properties of soils contrasting in texture and mineralogy. *Geoderma* 237, 105–116.

13-Cernansky, R., 2015. Agriculture: state–of–the–art soil. *Nature* 517, 258–260

14-Downie, A., Crosky, A., Munroe, P., 2009. Physical properties of biochar. In: Lehmann, J., Joseph, S. (Eds.), Biochar for Environmental Management: Science and Technology. *Earthscan, London*, UK, pp. 13–32

15-Drouineau, G. (1942). Dosage rapid du calcire actif du sol. nouvelles donnies sur la reportation de la nature des fraction calcaires. *Ann. Agron.*,12:441-450.

16-Han, HS., Hwang, j., Kim, SE.,2016.The effect of organic manure and chemical fertilizer on the growth and nutrient concentrations of yellow poplar (Liriodendron tulipifera Lin.) in a nursery system.

17-Intani, K., Latif, S., Kabir, A. R., & Müller, J., 2016. Effect of self-purging pyrolysis on yield of biochar from maize cobs, husks and leaves. *Bioresource technology*, *218*, 541-551

18-Ippolito, J.A., Stromberger, M.E., Lentz, R.D., Dungan, R.S., 2014. Hardwood biochar influences calcareous soil physicochemical and microbiological status. *J. Environ. Qual*. 43, 681–689.

19-Laird, D., Fleming, P., Wang, B., Horton, R., Karlen, D., 2010a. Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil. *Geoderma* 58, 436–442.

20-Laird, D.A., Fleming, P., Davis, D.D., Horton, R., Wang, B., Karlen, D.L., 2010b. Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil. *Geoderma* 158, 443–449.

21-Lashari, M.S., Ye, Y., Ji, H., Li, L., Kibue, G.W., Lu, H., Zheng, J., Pan, G., 2015.Biochar–manure compost in conjunction with pyroligneous solution alleviated salt stress and improved leaf bioactivity of maize in a saline soil from central China: a 2-year field experiment. *J. Sci. Food Agric*. 95, 1321–1327.

22-Lehmann, J., Joseph, S., 2009. Biochar for environmental management: an introduction. In: Lehmann, J., Joseph, S. (Eds.), Biochar for Environmental Management Science and Technology. *Earth scan*, London, pp. 1–12.

23-Loeppert, R. H. and Suarez, L. D. 1996. Carbonate and Gypsum. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnson, C.T., Sumner, M.E. (Eds.), Methods of soil analysis. Part 3 Chemical methods. Soil Science Society of America: *American Society of Agronomy*, Madison, Wis.

24-Mackay, J.E., Cavagnaro, T.R., Jakobsen, I., Macdonald, L.M., Gr Nlund, M., Thomsen, T.P., M€uller-St Ver, D.S., 2017. Evaluation of phosphorus in thermally converted sewage sludge: P pools and availability to wheat. *Plant Soil* 418, 307–317.

25-Mahmoud, E., El-Beshbeshy, T., Abd El-Kader, N., El Shal, R., Khalafallah, N., 2019. Impacts of biochar application on soil fertility, plant nutrients uptake and maize (Zea mays L.) yield in saline sodic soil. *Arab. J. Geosci.* 12 (23), 1–9.

26-Major, J., Lehmann, J., Rondon, M., and Goodale, C. (2010). Fate of soil-applied black carbon: downward migration, leaching and soil respiration. Glob. Change Biol. 4, 1366–1379.

27-Mclean, E.O. (1982) Soil pH and Lime Requirement. In: Page, A.L., Ed., Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, *Soil Science Society of America*, Madison, 199-224.

28-Masto, R.E., Ansari, M.A., George, J., Selvi, V.A., Ram, L.C., 2013. Co-application of biochar and lignite fly ash on soil nutrients and biological parameters at different crop growth stages of Zea mays. *Ecol. Eng.* 58, 314–322.

29-Mukome, F.N., Zhang, X., Silva, L.C., Six, J., Parikh, S.J., 2013. Use of chemical and physical characteristics to investigate trends in biochar feedstocks. *J. Agric. Food Chem*. 61, 2196–2204

30-Nur, M. S. M., T. Islami, E. Handayanto, W. H. Nugroho, and W. H. Utomo. 2014. The use of biochar fortified compost on calcareous soil of East Nusa Tenggara, Indonesia: 2. Effect on the yield of maize (Zea mays L) and phosphate absorption. *American Eurasian Journal of Sustainable Agriculture* 8 (5):105-111.

31-Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., Dean, L.A., U.S. Department of Agriculture Cir-cular No. 939. Banderis, A.D., Barter, D.H., Anderson, K., Agricultural and Advisor1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate.

32-Pandey, V., Pattra , D.D .,Patel, A. 2016 . Biochar ameliorates crop productivity, soil fertility, essential oil yieldand aroma profiling in basil. *Ecological Engineering* 90, 361 – 366.

33-Rahim, HU, Ahmad S, Khan Z, Khan MA (2020). Field-based investigation of aged biochar coupled with summer legumes effect on wheat yield in Pakistan. *Buletin Agroteknologi* 1:1-6.

34-Richards, L.A. (1954) Diagnosis and Improvement of Saline Alkali Soils, Agriculture, 160, *Handbook 60.* US Department of Agriculture, Washington DC.

35-Walkley, A. and Black, I.A. (1934) An Examination of the Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. *Soil Science*, 37, 29-38.

36-Yu, P., Huang, L., Li, Q., Lima, I.M., White, P.M., Gu, M., 2020. Effects of mixed hardwood and sugarcane biochar as bark-based substrate substitutes on container plants production and nutrient leaching. *Agronomy* 10 (2), 156.

37-Zahid, Z., Iftikhar, S., Ahmad, K.S., Gul, M.M., 2018. Low-cost and environmental-friendly Triticum aestivum-derived biochar for improving plant growth and soil fertility. *Commun. Soil Sci. Plant Anal*. 49 (22), 2814-2827.

38-Zhang,H ., Chen,C ., Cray, E.M ., Body,S.E ., Yang,H., hang,D ., 2016 . Roles of biochar in improving phosphorus availability in soils: A phosphate adsorbent and a source of available phosphorus. *Geoderma* 276, 1 – 6.