مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (5) العدد(4) 2021

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (5) No. (4) 2021

تأثير التكامل بين السماد العضوي والفحم الحيوي في التربة في مؤشرات النمو لمحصول البطاطا في العروة الربيعية

د. علي زيدان*

د. هيثم عيد **

م. محمد إبراهيم* **

(تاريخ الإيداع 4 /1 /2021 . قُبِل للنشر في 18 /5 /2021)

□ ملخّص □

نفذ هذا البحث في مركز البحوث العلمية الزراعية في طرطوس في الموسم الربيعي لعام 2020 حيث تضمنت هذه التجربة (9) معاملات، مكونة من تداخل إضافة ثلاث مستويات من السماد العضوي (O_2,O_1,O_0)والتي تعادل (0،2.5، 5 كغام^2)، على شكل زبل بقري جاف، وثلاث مستويات من الفحم الحيوي المصنع محلياً من قشور الفول السوداني (B_2,B_1,B_0)، والتي تعادل (0، 1، 2 %) وزناً من التربة، حيث زرع في هذه التربة محصول البطاطا صنف سبونتا، وأخذت بعض القياسات لمؤشرات النمو خلال فترة تمام الازهار وقبل عملية جمع المحصول،بعد (107 يوم) من الزراعة.

أظهرت النتائج أن كل من الفحم الحيوي والسماد العضوي بشكل منفرد كان له تأثيراً إيجابياً على مؤشرات النمو لنبات البطاطا، لكن التأثيرات المشتركة لهما كانت معنوية وايجابية أكبر من التأثيرات المنفردة لكل منهما حيث أعطت المعاملة الخليطة المكونة من(5 كغام^2) سماد عضوي مع (2%) فحم حيوي، أعلى قيمة للوزن الطري للنبات (259.59غ) بفارق معنوي واضح وبزيادة قدرت بـ (94%) عن الشاهد الذي سجل (133.74غ).كما سجلت نفس المعاملة أعلى قيمة للمسطح الورقي بحدود (1855سم^{2}انبات)، بزيادة (76.43%) عن الشاهد.

كلمات مفتاحية: محصول البطاطا، المادة العضوية، الفحم الحيوي.

---

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

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

*** طالب دكتوراه في قسم علوم التربة والمياه– كلية الزراعة– جامعة تشرين.

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (5) العدد(4) 2021

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (5) No. (4) 2021

Effect of integration between organic fertilizer and biochar in soil on growth indicators of potato crop in the spring season.

Ali Zidan *
Haitham Ead **
Mohamad Ibraheem ***

(Received 14 / 1 / 2021 . Accepted 18 / 5 / 2021)

□ ABSTRACT □

This research work was carried out at the Agricultural Center for Scientific Research, in Tartous, in spring season 2020, as this experiment included (9) treatments, consisting of interaction between three levels of organic matter (O_0, O_1, O_2), which are equivalent to (0, 2.5, and 5 kg/m2), and three levels of biochar (B0, B1, B2), which are Equivalent to (0, 1%, and 2%) by weight of soil. Where potato crop of Spunta variety was planted in this soil, and some measurements of the growth indicators were taken during the flowering period and before the harvesting process (107 days) after planting

The results showed that the biochar and organic matter separately had a positive effect on the growth indicators of potato plants, While the combined effects showed a greater significant effects than the single effects of both of the biochar and the organic matter on the growth indicators, as the traditional farm treatment of5kg organic fertilizer + 2 % biochar, achieved the highest value for the fresh weight of the plant (259.59 g) with (94 %) increase compared with the control treatment which gave (133.74 g/plant) only. Also, the same treatment gave the highest leaves surface area of (1855 cm2/plant), with (76.43 %) more than the control.

Key wards; Potato crop, Organic matter, Biochar.

* Professor, Soil and Water Sciences Department, Fac. of Agric. TU, Lattakia, Syria
** Researcher at General Commission of Scientific Agricultural Research- Tartous -Syria.
*** PhD student, Soil and water sciences Department, Fac. of Agric. TU, Lattakia, Syria.

1-مقدمة:

يعرف الفحم الحيوي وفق Lehmann و Joseph (2009) أنه منتج غني بعنصر الكربون، ينتج عن ما يسمى بالتحلل الحراري (Pyrolysis) للمواد العضوية بغياب أو وجود محدود للأكسجين، وفي درجات حرارة منخفضة نسبيًا (أقل من 700م^0).

بدأ الاهتمام بالفحم الحيوي وأبحاثه تزداد بسرعة على مستوى العالم بعد التعرف على خصائصه الفيزيائية والكيميائية التي يتمتع بها والتي تحسن من نمو النبات وتزيد الإنتاج الزراعي، خاصة وأن الضغط السكاني في العالم في تزايد مستمر، ومن المتوقع أن يصل عدد سكان المعمورة إلى 9.6 مليار بحلول عام 2050، مما يهدد بالمزيد من الضغط على الموارد الطبيعية لتأمين الغذاء الإضافي المطلوب لإطعام هذا العدد المتزايد من السكان، إلى جانب ضغوط طبيعية أخرى متزامنة مع الضغط السكاني كالملوحة والجفاف وإجهاد المعادن الثقيلة وغيرها ..... (FAO.2009).

فضلاً عن قدرة الفحم الحيوي على عزل الكربون الجوي، فإن بعض خصائصه كبنيته المسامية، ومساحة السطح العالية، والألفة للجسيمات المشحونة، تتفاعل مع المكونات الفيزيائية والبيولوجية للتربة، ويمكن أن يكون لها تأثيرات متتالية في جميع أنحاء النظام البيئي، لذلك ركزت العديد من البحوث العلمية على فوائد إضافة الفحم الحيوي للترب الزراعية ونظراً لكونه منتج مشترك لإنتاج الطاقة الحيوية ويمكن أن يساهم في أهداف عزل الكربون، مع زيادة إنتاجية المحاصيل وتقليل استخدام الأسمدة في نفس الوقت، لذلك فقد تم وصفه على أنه حل "مربح للجانبين" لمواجهة التحديات البيئية العالمية (Biederman and Harpole.2012). كما يسهم في معالجة المخلفات الزراعية من خلال تحويلها إلى فحم حيوي بدلا من حرقها وتعريض التربة للانجراف وفقدان العناصر الغذائية (Zeng and Maand. 2007).

يقول Baronti وزملائه (2014) أن الفحم الحيوي يسهم في تحسين العلاقات المائية في النباتات مما ينعكس على زيادة الكتلة الحيوية للنبات حيث لاحظوا تحسين شامل للوضع المائي لأشجار العنب المعاملة بالفحم الحيوي وعزوا السبب لزيادة احتفاظ التربة المعاملة بالفحم الحيوي بالماء.

أجرى Paneque وزملائه (2016) تجربة زراعة نبات عباد الشمس في جنوب اسبانيا باستخدام الفحم الحيوي ووجدوا أن الفحم الحيوي زاد من ارتفاع النبات والمسطح الورقي مقارنة مع نباتات الشاهد وسجل أعلى نمو للنباتات المعاملة بالفحم الحيوي في الفترات الجافة حيث ساهم في تحسين كفاءة استخدام الماء من قبل النبات مما يشير إلى أهمية استخدامه في زراعة المحاصيل البعلية.

لاحظ Vaccari وزملائه (2015) أن نمو المجموع الخضري لنباتات البندورة المعاملة بالفحم الحيوي، أظهر فروقاً ذات دلالة إحصائية حيث كان تحفيز تراكم الكتلة الجافة في الأجزاء النباتية مدفوعاً بزيادة توافر الآزوت والفوسفور في التربة، مما أدى إلى نباتات أطول وأقطار جذعية أكبر وزيادة كتلة الجذر مما يؤكد دور الفحم الحيوي المباشر في إمداد النباتات بالعناصر الغذائية، وفي دراسة سابقة وجد Vaccari وزملائه (2011) أيضاً أن استخدام الفحم الحيوي في زراعة نبات القمح القاسي (TriticumdurumL.) حسن من الكتلة الحيوية للنبات ومن غلة الحبوب بنسبة (30٪).

ومن جهة أخرى تعمل المادة العضوية في التربة على تحسين خصوبة التربة من خلال توفير العناصر الغذائية والقدرة على الاحتفاظ بالماء وخلق الموطن الملائم لنشاطات الكائنات الدقيقة في التربة، ومع ذلك، فإن

خيارات إدارة الأراضي الحالية، بما في ذلك عدم الحراثة والزراعة العضوية، تساهم قليلاً فقط في زيادة خصوبة التربة الزراعية بسبب زيادة التكثيف الزراعي (Lal, 2009)، وتأثيرها غير المستدام حيث يقدر نصف عمر الكربون العضوي من روث الحيوانات بحوالي (7) سنوات بالمقابل الفحم الحيوي المستقر لمئات بل لآلاف السنين، كونه أحد أكثر أشكال الكربون مقاومة للتحلل من المواد العضوية (Kuzyakov, et al.2009).

لاحظ Youssef وزملائه (2018)، أن إضافات الفحم الحيوي للتربة أعطت أعلى القيم للصفات المورفولوجية لنبات البطاطا وأعلى وزن جاف لأجزاء النبات المختلفة مقارنة مع الشاهد. وفي دراسة حول استخدام الفحم الحيوي وحمض الفولفيك كمصدر عضوي في زراعة محصول البطاطا، وجد Metwaly (2020)، العديد من الآثار المفيدة لاستخدام الفحم الحيوي وحمض الفولفيك في الزراعة مثل الإمداد السريع بالعناصر الغذائية وزيادة الإنتاجية، فضلاً عن تقليل التكاليف المادية وتلوث البيئة، كما وجد زيادة في إجمالي الوزن الجاف للنبات بحوالي (60٪) لمعاملة (حمض الفولفيك + الفحم الحيوي) و (48.9%) لمعاملة الفحم الحيوي لوحده مقارنة مع نباتات الشاهد غير المعاملة.

أجرى Adekiya وزملائه (2019) تجارب ميدانية عديدة على مدى عامين (2015–2016)، لتقييم أثر استخدام الفحم الحيوي وروث الدواجن على نمو وإنتاجية نبات الفجل (Raphanus sativus L.)، وكان هناك تأثيرا ملفتا للتكامل بين الفحم الحيوي وروث الدواجن، نتيجة لقدرة الفحم الحيوي على زيادة كفاءة استخدام العناصر الغذائية في روث الدواجن من قبل النبات حيث زاد الفحم الحيوي وروث الدواجن معا من وزن جذر الفجل بنسبة (257٪) مقارنة بالفحم الحيوي أو روث الدواجن كل لوحده.

وجد Graber وزملائه (2010) أن معاملة نباتات البندورة باستخدام الفحم الحيوي عزز بشكل إيجابي ارتفاع النبات وحجم أوراق النبات، كما أدت إضافة الفحم الحيوي إلى الأسمدة المعدنية إلى زيادة نمو النبات بشكل ملحوظ كما لاحظوا أيضاً على نباتي الخس والملفوف أن الفحم الحيوي يزيد من الكتلة الحيوية الخضرية والكتلة الحيوية للجذور وارتفاع النبات وعدد الأوراق مقارنة مع نباتات الشاهد.

وجد Xiang وزملائه (2017) أن تطبيق الفحم الحيوي زاد من الكتلة الحيوية للجذور بنسبة (32%) وحجم الجذر (29%) وكانت الزيادات التي يسببها الفحم الحيوي في طول الجذر (52٪) أكبر بكثير من الزيادة في قطر الجذور (9.9٪)، تشير هذه النتيجة إلى أن تطبيق الفحم الحيوي يفيد في التطور المورفولوجي للجذر لامتصاص الماء والعناصر الغذائية بدلاً من تعظيم تراكم الكتلة الحيوية للجذر.

2-أهمية البحث وأهدافه:

- **مبررات البحث:**

تأتي مبررات البحث وأهميته من الحاجة للبحث عن مصادر تحسن خصوبة التربة خاصة مع تزايد عدد سكان العالم وارتفاع تكاليف استخدام الأسمدة العضوية والكيميائية وتأثيرها السلبي على المياه الجوفية مع مرور الزمن إضافة إلى وجود خصائص فيزيائية وكيميائية جيدة للفحم الحيوي مبلغ عنها وتأثيره الإيجابي في تقليل تلوث البيئة وإعادة تدوير المخلفات الزراعية، كما تأتي أهمية البحث من استخدام مصدر منخفض التكلفة ناتج عن تدوير المخلفات الزراعية الملوثة للبيئة واستخدامه كمحسن خصوبي وفيزيائي طويل الأمد.

- **أهداف البحث:**

1. دراسة تأثير استخدام الفحم الحيوي على مؤشرات نبات البطاطا المزروع بالعروة الربيعية.

2. دراسة تأثير التكامل بين الفحم الحيوي مع السماد العضوي على مؤشرات النمو لنبات البطاطا.

3-طرائق البحث ومواده:

3-1-المواد الأولية:

المادة النباتية: استخدم صنف البطاطا *Spunta* في التجربة، وهو صنف هولندي متوسط التبكير في النضج (100-110 أيام من الزراعة)، درناته متطاولة كبيرة الحجم ومقوسة قليلاً، لون القشرة أصفر، ولون اللب أصفر فاتح، العيون سطحية، إنتاجه عال في العروة الربيعية، وجيد في العروة الخريفية، ومصدره المؤسسة العامة لإكثار البذار – طرطوس.

الفحم الحيوي: تم تحضير الفحم الحيوي محليا من قشور الفول السوداني بطريقة الحرق في ظروف لاهوائية على حرارة (450 م^0) لمدة ساعة، حيث أن هذه الحرارة مع هذا الزمن كانا كافيين للتوصل إلى فحم حيوي بمواصفات مناسبة استناداً لتجارب سابقة، (Ibraheem and Zidan,. 2020)، والفول السوداني المستخدم هو من النوع البلدي الذي يزرع عادةً في شهر نيسان في المنطقة الساحلية في سورية.

السماد العضوي: تم استخدام الزبل البقري المتخمر والجاف لهذا الغرض.

موقع تنفيذ البحث: نفذ هذا البحث في محطة زاهد التابعة لمركز البحوث العلمية الزراعية بطرطوس ويتميز موقع الدراسة بمناخ رطب ومعتدل الحرارة، تربته حمراء طينية ذات pH مائل قليلا للقلوية، غير مالحة، غنية بالمادة العضوية، ومتوسط من الازوت، وجيدة المحتوى من البوتاسيوم والفوسفور المتاحين. حيث أجريت عليها بعض التحاليل الفيزيائية والكيميائية الروتينية وفق الطرائق المتبعة في قسم علوم التربة والمياه في جامعة تشرين، ومخابر الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية الجدول (1).

جدول (1): بعض الخصائص المختارة لتربة الموقع

pH	EC	المادة العضوية	N	P	K	$CaCO_3$ %		القوام		
	mS/cm^3	%	%	مغ\كغ		كلية	فعالة	سلت	رمل	طين
7.4	0.25	4.84	0.15	11	82	4.68	آثار	29	21	50

أما خصائص الفحم الحيوي والمادة العضوية المستخدمة في البحث فقد حددت بعض مواصفاتها في الجدول (2).

جدول (2): بعض الخصائص المختارة للفحم الحيوي والسماد العضوي المستخدمان.

التسلسل	الصفة	الفحم الحيوي	السماد العضوي
1	التفاعل ($pH_{10/1}$)	9.323	7.2
2	الناقلية الكهربائية ($ECmS_{10/1}$)	1.35	0.45
3	CEC $cmol.kg^{-1}$	160.12	215
4	المادة العضوية (%)	1.55	70
5	كربونات الكالسيوم الكلية (%)	8.00	3.86

3-2-معاملات التجربة:

تضمنت هذه التجربة (9) معاملات، مكونة من تداخل ثلاث مستويات من السماد العضوي (O_0,O_1,O_2) والتي تعادل ($0, 2.5, 5\ kg/m^2$)، وثلاث مستويات من الفحم الحيوي(B_0,B_1,B_2)، والتي تعادل (0, 1%, 2%) وزناً من التربة، كما هو مبين في الجدول (3)، أضيفت الأسمدة المعدنية للـ (NPK) بمعدل (35 كغ\دونم يوريا 46% N) و (15 كغ\دونم سوبر فوسفات ثلاثي 45% P_2O_5) و (20 كغ\دونم سلفات البوتاسيوم 50% K_2O) بشكل موحد لجميع معاملات التجربة حسب توصية وزارة الزراعة (المجموعة الإحصائية الزراعية،2018) مع الأخذ بعين الاعتبار محتوى التربة من هذه العناصر الثلاثة لحساب المعادلة السمادية.

جدول (3): معاملات التجربة.

مستوى الفحم الحيوي (وزناً) B	مستوى السماد العضوي كغ\م^2 O		
	$0 = O_0$	$2.5 = O_1$	$5 = O_2$
$0\% = B_0$	O_0B_0	O_1B_0	O_2B_0
$1\% = B_1$	O_0B_1	O_1B_1	O_2B_1
$2\% = B_2$	O_0B_2	O_1B_2	O_2B_2

3-3-تصميم وتنفيذ البحث:

نفذ البحث في مركز البحوث العلمية الزراعية في طرطوس واعتمد تصميم القطع العشوائية المنشقة (Randomized Spilt Plot Design)، في تصميم التجربة المكونة من تسع معاملات، وتضمنت كل قطعة منشقة مستوى واحد من السماد العضوي (عامل رئيسي)، متداخلاً مع ثلاث مستويات من الفحم الحيوي (عامل ثانوي)، بواقع ثلاث مكررات لكل معاملة وكل قطعة منشقة مكونة من (9) قطع تجريبية مساحة كل منها (5.25 م^2) وبالتالي مساحة كل قطعة منشقة ($9 \times 5.25 = 47.25$ م^2) لتصبح المساحة الكلية المزروعة (141.75م^2)، وعدد القطع التجريبية (27) قطعة تجريبية، حيث مثلت كل قطعة تجريبية مكرراً واحدا، وتحتوي القطعة التجريبية على (27) نبات موزعين على ثلاثة خطوط، المسافة فيما بينها (70سم)، والمسافة بين النباتات في الخط (25سم)، وتركت مسافة أمان (2 م)

بين القطع المنشقة، و (1.5 م) بين المعاملات. ومع أخذ المساحة غير المزروعة على شكل ممرات خدمة في الحقل التي تعادل حوالي 10% من المساحة الكلية، تصبح الكثافة النباتية الفعلية حوالي (4.6 نبات/ م^2).

تم حراثة وتحضير الأرض للزراعة وخلطت الأسمدة العضوية مع التربة دفعة واحدة قبل الزراعة وفق معاملات التجربة، ثم زرعت الدرنات الكاملة في بداية شهر شباط في العروة الربيعية في حفر صغيرة على عمق (8 سم). وكانت الأسمدة المعدنية موحدة لكافة معاملات التجربة حيث أضيفت الأسمدة البوتاسية والفوسفاتية كاملةً ونصف كمية سماد اليوريا قبل الزراعة، بينما أضيف النصف الثاني من اليوريا بعد إنبات الدرنات بأسبوعين مع عملية التحضين، وتم إجراء رشة مبيدات ضد اللفحة بعد (20 يوم) من إنبات الدرنات ورشة أخرى قبل شهر من الحصاد،ونفذت عمليات العزيق والتحضين بعد إنبات الدرنات بأسبوعين أما عملية الري فقد تمت بطريقة الري بالخطوط عند الحاجة نظراً لاستمرار هطول الأمطار خلال معظم أوقات الحاجة للري علماً أن منطقة الزراعة تعرضت لأمطار غزيرة خلال موسم النمو وفق ما هو مبين في الجدول (4).

جدول (4): بعض المعطيات المناخية خلال مدة نمو المحصول في موقع الدراسة خلال موسم الزراعة.

الشهر	متوسط درجة الحرارة /0العظمى /م	متوسط درجة الحرارة /0الصغرى /م	معدل الهطول المطري /مم/
كانون الثاني	16	8.9	342
شباط	18	9	239
آذار	20	11	96
نيسان	22	12	116
أيار	27	16	0

3-4-القراءات والقياسات:

تم حساب مؤشرات النمو الخضري التالية:وذلك عند ظهور البراعم الزهرية بعد حوالي 70 يوم من الزراعة.

- الوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري غانبات.
- ارتفاع النبات /سم/.
- مساحة المسطح الورقي للنبات (سم^2): حسبت عن طريق أخذ مقطع دائري في الورقة ومعرفة وزنه ومساحته لثلاثة نباتات ثم حساب وزن الأوراق للنباتات الثلاثة وإجراء تناسب لمعرفة مساحة المسطح الورقي لثلاثة نباتات ثم حسب متوسط النبات الواحد.
- عدد السوق الهوائية للنبات.

4-النتائج والمناقشة:

4-1-التأثير في الوزنين الجاف والطري للمجموعين الخضري والجذري:

يبين الجدول (5) متوسطات الأوزان الجافة والطرية للمجموع الجذري والخضري ونسبة الوزن الجاف والطري للمجموع الجذري على الخضري وذلك وفق معاملات التجربة.

كما يبين الجدول (5) أن التأثيرات الافرادية لكل من الفحم الحيوي والسماد العضوي حققت زيادات معنوية واضحة على الوزن الطري والجاف لنبات البطاطا مقارنة مع معاملة الشاهد O_0B_0. لكن التأثير المشترك للفحم الحيوي والسماد العضوي معاً فقد أعطى زيادات أكبر في الوزن الطري والجاف للنبات مقارنة مع تأثير المعاملات الافرادية لكل من الفحم الحيوي أو السماد العضوي، حيث أعطت المعاملة O_1B_1 (216.26غ\نبات) بزيادة (37 %) عن المعاملة O_0B_1(157.73غ\نبات) وبزيادة (10%) عن المعاملة O_1B_0 (196.20 غ\نبات).

جدول (5): متوسطات بعض خصائص النمو المتعلقة بالأوزان الطرية والجافة للمجموعين الخضري والجذري لنبات البطاطا تحت تأثير مستويات مختلفة من الفحم الحيوي والسماد العضوي.

المعاملة	الوزن الطري للمجموع الخضري (غ\نبات)	الوزن الجاف للمجموع الخضري (غ\نبات)	الوزن الطري للمجموع الجذري (غ\نبات)	الوزن الجاف للمجموع الجذري (غ\نبات)	الوزن الطري لكامل النبات (غ)	الوزن الجاف لكامل النبات (غ)
O0B0	101 f	20.8 i	32.7 f	4.23 i	133.7 g	25 i
O0B1	125 e	23.6 h	33.2 e	4.82 h	157.7 f	28.4 h
O0B2	163 d	28.7 f	33.8 d	5.49 f	196.5 e	34.2 f
O1B0	160 d	27.5 g	35.8 c	5.17 g	196.2 e	32.7 g
O1B1	180 c	29.4 e	36.2 bc	5.90 d	216.3 d	35.4 e
O1B2	198 b	31.5 c	36.5 b	6.24 c	234.9 bc	37.8 c
O2B0	192bc	31.0 d	35.4 c	5.86 e	227.6 cd	36.8 d
O2B1	210 ab	33.2 b	36.9 ab	6.54 b	246.8 b	39.7 b
O2B2	222 a	34.9 a	37.3 a	6.93 a	259.6 a	41.8 a
LSD5%	12.45	0.532	0.425	0.039	12.42	0.534

وعززت الإضافات المشتركة للفحم الحيوي مع السماد العضوي من زيادة الوزن الطري لنبات البطاطا حيث سجلت المعاملة O_1B_1 قيمة (216.26غ\نبات) في حين سجلت المعاملة O_1B_2 (234.92غ) بزيادة (8.6%)، وفي المستوى الثاني من السماد العضوي نجد أن المعاملة O_2B_1 سجلت (246.75غ غ\نبات) في حين سجلت المعاملة O_2B_2 قيمة (259.59غ غ\نبات) بزيادة (5%)، وكذلك بالنسبة للوزن الجاف حيث حققت المعاملة O_1B_2 التي تمثل المستوى الثاني للفحم الحيوي مع المستوى الأول للسماد العضوي قيمة (37.75غ) للوزن الجاف للنبات بزيادة (6%) عن المعاملة O_1B_1 (35.35غ غ\نبات)، أما مع المستوى الثاني من السماد العضوي فقد أعطت المعاملة O_2B_2 (41.82غ غ\نبات) بزيادة (5 %) عن المعاملةO_2B_1 (39.72غ) .

وحققت المعاملة O_2B_2 أعلى قيمة للوزن الجاف والطري بفارق معنوي واضح عن الشاهد وعن جميع المعاملات الأخرى.

جاءت هذه النتائج منسجمة مع نتائج Youssef وزملائه (2018) الذين وجدوا أن الفحم الحيوي حسن من الصفات المورفولوجية لنبات البطاطا وأعطى وزن جاف للنبات أعلى مقارنة مع نباتات الشاهد، كما توافقت هذه النتائج مع نتائج Metwaly (2020) الذي وجد أن الفحم الحيوي زاد من الوزن الجاف لنبات البطاطا بنسبة (48%) وزاد الفحم الحيوي مع حمض الفولفك الوزن الجاف بنسبة (60%).

4-2- التأثير في ارتفاع النبات وعدد السوق الهوائية ومساحة المسطح الورقي:

يبين الجدول (6) متوسطات بعض القيم لارتفاع النبات وعدد السوق الهوائية ومساحة المسطح الورقي وفق معاملات التجربة المختلفة.

4-2-1-التأثير في ارتفاع النبات (سم):

يبين الجدول (6) أن إضافات الفحم الحيوي المنفردة حققت زيادات واضحة في ارتفاع النبات بفروق معنوية واضحة وبنسب شبه ثابتة بين المعاملات، حيث سجل المستوى الأول من الفحم الحيوي O_0B_1 قيمة (64.31 سم) لارتفاع النبات بزيادة (16%) عن الشاهد O_0B_0 الذي سجل قيمة (55.23 سم)، وحقق المستوى الثاني من الفحم الحيوي O_0B_2 قيمة (72.16سم) بزيادة (12%) عن المستوى الأول و (30%) عن الشاهد.

وبخصوص الإضافات المنفردة للسماد العضوي، فقد سجل المستوى الأول O_1B_0 زيادة كبيرة في ارتفاع النبات (69.05 سم) وبفارق (25 %) عن الشاهد، في حين جاء تأثير المستوى الثاني من السماد العضوي O_2B_0 (69.77 سم) متقارباً مع المستوى الأول من السماد العضوي بزيادة قدرها (26%) عن الشاهد وزيادة (1%) فقط عن المستوى الأول، أما عند مقارنة معاملات الفحم الحيوي مع معاملات السماد العضوي نلاحظ أن المستوى الأول من السماد العضوي تفوق على المستوى الأول من الفحم الحيوي، يمكن أن يعزى ذلك لكون الكمية المضافة من الفحم الحيوي كانت منخفضة (1%) .

جدول (6): متوسطات بعض القيم لخصائص النمو لنبات البطاطا تحت تأثير مستويات مختلفة من الفحم الحيوي والسماد العضوي.

المعاملة	متوسط ارتفاع النبات (سم)	متوسط عدد السوق الهوائية	مساحة المسطح الورقي(سم2)
O0B0	55.23 h	3.56 f	1051 e
O0B1	64.31 g	4.33 e	1473 d
O0B2	72.16 e	4.78 d	1645 c
O1B0	69.05 f	4.78 d	1654 c
O1B1	75 d	5.67 c	1710 b
O1B2	79.13 c	6.44 b	1790 ab
O2B0	69.77 f	5.44 c	1727 b
O2B1	82.81 b	6.33 b	1798 ab
O2B2	86.60 a	7.33 a	1855 a
LSD 5%	0.745	0.44	113.6

ومن ناحية التأثير المتداخل للفحم الحيوي والسماد العضوي في ارتفاع النبات، فقد عززت إضافات الفحم الحيوي تأثير إضافات السماد العضوي، حيث حققت المعاملة O_2B_1 (82.81سم) زيادة (49%) عن الشاهد وتقارب تأثيرها مع المعاملة O_1B_2 (79.13سم) بفارق لا يتجاوز (4%)، أما أعلى قيمة لارتفاع النبات فقد حققته المعاملة O_2B_2 (86.6سم) بفارق (30%) عن الشاهد.

توافقت هذه النتائج مع نتائج Vaccari وزملائه (2015) اللذين وجدوا زيادة ملحوظة في ارتفاع نبات البندورة المعالج بالفحم الحيوي وعزوا السبب نتيجة زيادة الخصوبة الكيميائية للتربة المعدلة بالفحم الحيوي والتي تحفز نمو النبات مدفوعةً بزيادة توافر الآزوت والفوسفور في التربة مما أدى إلى نباتات أطول وأقطار جذعية أكبر، ومع Garber وزملائه (2010) اللذين عزوا السبب لزيادة رطوبة التربة وإتاحة العناصر الغذائية،في حين عزى Siber وزملائه (2010) زيادة ارتفاع النبات مع الإضافة المشتركة للفحم والمادة العضوية الى أن الفحم الحيوي ينشط المجتمعات الميكروبية الجذرية الذي ينعكس إيجاباً على النبات.

4-2-2-التأثير في عدد السوق الهوائية:

تأتي أهمية هذه الصفة من دورها الكبير في تحديد كمية المحصول، حيث ظهر تأثير معاملات الفحم الحيوي ايجابياً ومعنوياً في زيادة عدد السوق الهوائية لنبات البطاطا وسجل متوسطا قدره (4.33) للنبات الواحد عند المستوى الأول من الفحم الحيوي O_0B_1 بزيادة (21%) عن الشاهد (O_0B_0) (3.56)، في حين سجل المستوى الثاني O_0B_2 (4.78) بزيادة (10%) عن المستوى الأول وبزيادة (34 %) عن الشاهد.

وبالنسبة لإضافات السماد العضوي، فقد حقق المستوى الأول بشكل منفرد O_1B_0 قيمة (4.78) زيادة في متوسط عدد السوق الهوائية بما يعادل فعل المستوى الثاني من الفحم الحيوي منفرداً O_0B_2 (4.78) وزيادة عن الشاهد بمقدار (34%)، أما المستوى الثاني من السماد العضوي O_2B_0 فقد سجل (5.44) محققاً(13%) زيادة عن المستوى الأول وزيادة (52%) عن الشاهد.

ظهرت تأثيرات واضحة للتداخل بين الفحم الحيوي والسماد العضوي في متوسط عدد السوق الهوائية، حيث سجلت المعاملة O_1B_2 قيمة (6.44) بزيادة (13.6%) عن المعاملة O_1B_1 (5.67)، وكذلك سجلت المعاملة O_2B_2 (7.33) بزيادة (15.8%) عن المعاملة O_2B_1 (6.33)، وكان هناك تقارباً بين تأثير المعاملتين O_2B_1 وO_1B_2 فلم يسجل فرقا بينهما أكثر من (1%). وحققت المعاملة O_2B_2 (7.33) أعلى قيمة لمتوسط عدد السوق الهوائية بزيادة (106%) عن الشاهد.

جاءت هذه النتائج متطابقة مع نتائج Schulz وGlaser (2012) اللذين لاحظوا التأثير الإيجابي لمعاملات الفحم الحيوي على نبات البندورة، ومع نتائج Bruun وزملائه (2014) حيث زاد الفحم الحيوي من نمو وتعمق جذور نبات الشعير، وعزوا ذلك لقدرة الفحم الحيوي على زيادة احتفاظ التربة بالماء، ومع Adekiya وزملائه (2019) حيث وجدوا أن الفحم الحيوي مع المادة العضوية زاد من نمو وتعمق جذور نبات الفجل بسبب دور الفحم الحيوي في زيادة كفاءة النبات في استخدام العناصر الغذائية من المادة العضوية.

4-2-3- التأثير في مساحة المسطح الورقي (سم^2):

أثرت الإضافات المنفردة للفحم الحيوي إيجاباً على مساحة المسطح الورقي لنبات البطاطا وبفروق معنوية واضحة تجلى ذلك بدءاً من المستوى الأولO_0B_1 بقيمة(1473سم^2) وبزيادة (40%) عن الشاهد O_0B_0 (1051سم^2)،والمستوى الثاني O_0B_2 الذي سجل (1644.72سم^2) بزيادة (56%) عن الشاهد، وكانت هذه التأثيرات الإيجابية للفحم مختلفة نسبياً عن التأثيرات الإفرادية للسماد العضوي حيث سجل المستوى الأول من السماد العضوي O_1B_0 (1654سم^2) بزيادة معنوية (57 %)عن الشاهد وبدون فرق معنوي عن المستوى الثاني من الفحمO_0B_2، وتفوق المستوى الثاني من السماد العضوي O_2B_0 (1727سم^2) على جميع المعاملات الافرادية وبزيادة (64%) عن الشاهد.

أما الإضافات المشتركة للفحم والسماد العضوي فقد أظهرت تأثيراً متكاملاً وإيجابياً لكل منهما حيث أن المعاملة المشتركةO_1B_1 (1710سم^2) أعطت زيادة (16%) عن المستوى الأول من الفحم الحيوي لوحده وزيادة (3%) عن المستوى الأول من السماد العضوي لوحده، وأعطت المعاملة المشتركةO_2B_2 (1855سم^2) بزيادة (13%) عن المستوى الثاني من الفحم الحيوي لوحده وزيادة (7%) عن المستوى الثاني من السماد العضوي لوحده، مسجلةً أعلى قيمة للمسطح الورقي ومتفوقة على جميع المعاملات بزيادة معنوية (76%) عن الشاهد.

جاءت هذه النتائج منسجمة مع نتائج Paneque وزملائه (2016) اللذين لاحظوا زيادة مساحة المسطح الورقي لنباتات عباد الشمس بوجود الفحم الحيوي مقارنة مع نباتات الشاهد، بسبب زيادة سعة احتفاظ التربة بالماء، وكذلك ولنفس السبب وجد Baronti وزملائه (2014)، أن إضافة الفحم الحيوي للتربة زاد من نمو نبات العنب وأشار إلى انه يقلل من انغسال العناصر الغذائية وبشكل خاص النترات مما يسهم في زيادة إمداد النبات بالآزوت والتالي زيادة المسطح الورقي، كما توافقت هذه النتائج أيضا مع نتائج Vaccari وزملائه (2015) الذين وجدوا أن الفحم الحيوي زاد من المسطح الورقي لنبات البندورة، كما وجد Li وزملائه (2020) أن الفحم الحيوي زاد من مساحة أوراق فول الصويا بنسبة 20% أما Coomer وزملائه (2013) فقد لاحظ أن الفحم الحيوي زاد من مساحة أوراق نبات القطن.

5- الاستنتاجات والتوصيات:

- أثرت معاملات الفحم الحيوي والسماد العضوي إيجابياً في مؤشرات نمو نبات البطاطا، حيث زادت المعاملات الإفرادية والمشتركة من الفحم الحيوي والسماد العضوي بشكل معنوي من ارتفاع النبات وعدد السوق الهوائية ومساحة المسطح الورقي، كما زاد الوزن الجاف والطري للمجموع الجذري والخضري.
- أعطت التأثيرات المشتركة للفحم الحيوي والسماد العضوي قيماً معنوية وايجابية أكبر من التأثيرات المنفردة لكل منهما.
- كان لإضافة الفحم الحيوي بالمستوى (2%) تأثيراً متقارباً في مؤشرات النمو مع نصف المعاملة التقليدية من السماد العضوي في الزراعة التقليدية لنبات البطاطا، مما يعني أن إضافة الفحم الحيوي بنسبة 2% لمرة واحدة للتربة توفر 50% من الإضافات السنوية للسماد العضوي.

6- المراجع:

1. المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية الصادرة عن وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي السورية (2019). مديرية الإحصاء والتخطيط. قسم الإحصاء. الجمهورية العربية السورية.

2. ADEKIYA, A.; AGBEDE, T.; ABOYEJI, C.; DUNSIN, O., and SIMEON, V. 2019. *Effects of biochar and poultry manure on soil characteristics and the yield of radish*, Scientia Horticulture, Vol. 243, 457–463.

3. BARONTI , S.; VACCARI, F.; MIGLIETTA, F.; CALZOLARI, C.; LUGATO, E.; ORLANDINI, S.; PINI, R.;ZULIAN, C., and GENESIO, L. 2014. *Impact of biochar application on plant waterrelations in Vitisvinifera (L.), Eur. J. Agro. Vol. 53, 38–44*.

4. BIEDERMAN, L. and HARPOLE, W. 2012. *Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis*, GCB Bioenergy, V5, 202–214.

5. BRUUN, E.; PETERSEN, C.; HANSEN, E.; HOLM, J.; NIELSEN, H .2014. *Biochar amendment to coarse sandy subsoil improves root growth and increases water retention*, Soil Use Manag, Vol. 30, 109–118.

6. COOMER, T.; LONGER, D.; OOSTERHUIS, D. and LOKA, D. 2013. *The influence of poultry litter biochar on early season cotton growth*, Discovery, V 14.

7. FAO .2009. www.fao.org/BHow to feed the world in 2050^Farhangi-Abriz S, TORABIAN, S .2017. *Antioxidant enzyme and osmotic adjustment changes in bean seedlings as affected by biochar under salt stress*, Ecological Environ Saf , Vol.137, 64–70.

8. GRABER, E.; HAREL, Y.; KOLTON, M.; CYTRYN, E.; SILBER, A.; DAVID, D.; TSECHANSKY, L.; BORENSHTEIN, M. and ELAD, Y. 2010. *Biochar impact on development and productivity of pepper and tomato grown in fertigated soilless media*, Plant Soil, Vol. 337, 481- 496.

9. IBRAHEEM, M. and ZIDAN, A .2020. *The effect of Integration Between Heat and Time Factors on the Efficiency of the Carbonization of Peanut Shells to Prepare Biochar*, SSRG, IJAES, Vol. 7.

10. KUZYAKOV, Y.; SUBBOTINA, I.; CHEN, H.; BOGOMOLVA, I., and XU, X. 2009. *Black carbon decomposition and incorporation into soil microbial biomass estimated by 14C labeling*, Soil. Biol. Biochem, Vol. 41, 210–219.

11. LAL, R .2009. *Soil degradation as a reason for inadequate human nutrition*, Food Security, Vol. 1, 45–57

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

13. LI, Q.; LI, H.; FU, Q.; LI, T.; LIU, D.; HOU, R., and CAI, Y. 2020. *Effects of different biochar application methods on soybean growth indicator variability in a seasonally frozen soil area*, Catena, Vol. 185, 104307.

14. METWALY, H. 2020. *Response of Potato Growth, Yield and Quality to Fulvic Acid and Biochar Applications under Different Levels of Chemical Fertilization,* Journal of plant production, Vol. 11, 145-151.

15. PANEQUE, M.; DE LAROSA, J.; FRANCO-NAVARRO, J.; COLMENERO-FLORES, J., and KNICKER, H. 2016. *Effect of biochar amendment on morphology, productivity and water relations of sunflower plants under non-irrigation conditions,* Catena, Vol. 147, 280–287.

16. SCHULZ, H. and GLASER, B. 2012. *Effects of biochar compared to organic and inorganic fertilizers on soil quality and plant growth in a greenhouse experiment. J. Plant Nutr,* Soil Sci., Vol.175, 410 – 422.

18. SILBER, A.; LEVKOVITCH, I., and GRABER, E. 2010. *pH-Dependent mineral release and surface properties of corn straw biochar: Agronomic implications,* Enviro. Sci. Tech., Vol. 44, 9318 -9323.

19. VACCARI, F.; BARONTI, S.; LUGATO, E.; GENESIO, L.; CASTALDI, S.; FORNASIER, F and MIGLIETTA, F .2011. *Biochar as a strategy to sequester carbon and increase yield in durum wheat*, Eur, J. Agro, Vol. 34, 231–238.

20. VACCARI, F.; MAIENZA, A.; MIGLIETTA, F.; BARONTI, S.; DI LONARDO, S.; GIAGNONI, L., and GENESIO, L. 2015. *Biochar stimulates plant growth but not fruit yield of processing tomato in a fertile soil, Agriculture, Ecosystems & Environment*, Vol. 207, 163–170.

21. XIANG, Y.; DUAN, H. and GUO, Y. 2017. *Effects of biochar application on root traits: ameta-analysis,* Bioenergy, Vol. 9, 1563–1572.

22. YOUSSEF, M.; EASILY, A and NAWAR, D. 2018. *Impact of biochar on productivity and tubers quality of some potato cultivars under sandy soil condition,* Egyptian journal of horticulture, Vol. 44, 199-217.

23. ZENG, X.; MAAND, Y., and MA, L. 2007. *Utilization of straw in biomass energy in China,* Renew Sust. Energy. Rev., Vol. 1, 976–987.