

تأثير مستويات من السماد العضوي والفحم الحيوي في الصفات الإنتاجية لنبات البطاطا (*Solanum Tuberosum L.*)

محمد إبراهيم*⁽¹⁾ وعلي زيدان⁽¹⁾ وهيثم عيد⁽³⁾

(1) قسم علوم التربة والمياه- كلية الزراعة- جامعة تشرين- اللاذقية- سورية

(2) الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية – طرطوس. سورية.

(للمراسلة م. محمد إبراهيم البريد الإلكتروني: mohamadli87@hotmail.com)

تاريخ القبول: 2021/03/29

تاريخ الاستلام: 2020/10/12

الملخص:

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 المادة العضوية ($O_0=0$, $O_1=2.5$, $O_2=5$) كغ/م² من السماد العضوي الجاف (أبقار)، وثلاث مستويات من الفحم الحيوي المصنع محليا من قشور الفول السوداني ($B_0=0$, $B_1=1$, $B_2=2$) % وزناً من التربة، حيث زرع في هذه التربة محصول البطاطا صنف سيونتا ، وجمع محصول درنات البطاطا بعد (107 يوم) من الزراعة. أظهرت النتائج أن كل من المادة العضوية والفحم الحيوي كان ذو تأثير إيجابي على إنتاجية وحدة المساحة من نبات البطاطا كما ازدادت نسبة الدرنات الكبيرة على حساب الدرنات الصغيرة والمتوسطة مع زيادة مستوى الفحم الحيوي أو المادة العضوية أو كليهما معاً بفرق معنوي واضح، وكان تفاعل التأثير بين السماد العضوي والفحم الحيوي إيجابياً أيضاً وحقت معاملة المزارع التقليدية المكونة من (5 كغ/م²) سماد عضوي المضاف لها 2 % فحم حيوي أعلى إنتاج من درنات البطاطا حيث سجلت (62.7 طن.هـ-1) بزيادة قدرها (230%) عن معاملة الشاهد التي سجلت (19.03 طن.هـ-1) فقط.

الكلمات المفتاحية: البطاطا، المادة العضوية، الفحم الحيوي، الإنتاجية.

المقدمة:

تفرض الاحتياجات الغذائية المتزايدة لسكان العالم زيادة الإنتاج الزراعي العالمي، ومع ذلك، يمكن أن تؤدي الزراعة المكثفة إلى تدهور التربة وتقليل خصوبتها على المدى الطويل، ولا سيما في منطقة البحر الأبيض المتوسط، في ظل مناخ متوسطي جاف ونصف جاف يسرع تدهور محتوى التربة من المادة العضوية، لكن بالمقابل وجد العديد من الخبراء الزراعيين أن استخدام الأسمدة الكيميائية وحدها لتحقيق عائد إنتاجي مرتفع للمحاصيل لم يحقق الاستدامة، لأن استجابة المحاصيل للأسمدة الكيميائية تعتمد على محتوى المادة العضوية في التربة لما لها من تأثير إيجابي على خصائصها الفيزيائية والكيميائية ولما كانت المادة العضوية سريعة التحلل في التربة وذات تكلفة مادية كبيرة لذلك كان لابد من البحث عن استراتيجيات زراعية جديدة للحفاظ على عوائد إنتاجية أعلى (Galantini and Rosell, 2006) . من بين الحلول العديدة المقترحة استخدام الفحم الحيوي الذي يعد بمثابة

استراتيجية واحدة لتحسين خصائص التربة والحفاظ على خصوبتها، مع عزل ثاني أكسيد الكربون (CO₂) من الغلاف الجوي في نفس الوقت خاصة وأن تركيزه في الغلاف الجوي يبلغ ما يقارب من (400) جزء في المليون ويستمر في الارتفاع بسبب الأنشطة البشرية، مع ما يترتب على ذلك من تأثيرات سلبية على المناخ العالمي وصحة الإنسان والزراعة، والتنوع البيولوجي، حيث يحتوي الفحم الحيوي على تراكيب عطرية شديدة التعقيد تقاوم التحلل في التربة وبالتالي يمكنها تثبيت الكربون في التربة لآلاف السنين (Biederman and Harpole, 2012).

يعرف الفحم الحيوي وفق (Lehmann and Joseph, 2009) ، أنه منتج غني بالكربون العنصري، ينتج عن ما يسمى بالتحلل الحراري (Pyrolysis) للمواد العضوية بغياب أو وجود محدود للأكسجين، وفي درجات حرارة منخفضة نسبياً (أقل من 700⁰). تعتبر الخصائص الفيزيائية والكيميائية للفحم الحيوي مفتاحاً لفهم وظائفه في التربة، حيث تؤدي سعته التبادلية الكاتيونية العالية إلى تحسينات واضحة في خصوبة التربة، كما أن الهيكل المسامي ومساحة السطح النوعي الكبيرة له توفر موئلاً مناسباً لنمو ونشاط الكائنات الحية الدقيقة المفيدة، ويختلف تأثيره على إنتاجية المحاصيل باختلاف نسبته في التربة، ودرجة تنشيط الفحم، ومعدلات استخدامه، وأنواع المحاصيل، وأنواع التربة ومدخلات التربة الأخرى، وطريقة الجمع بين هذه العوامل (Biederman and Harpole, 2012).

من جهة أخرى، تعتبر البطاطا (*Solanum tuberosum.L*)، من أهم المحاصيل الاقتصادية في سورية، وله أهمية كبيرة كمحصول تصديري للأسواق الأوروبية والعربية وأحد مصادر الدخل القومي، ولما كان الري الكافي يعتبر أمراً حاسماً لتحقيق إنتاجية وجودة جيدة لهذا المحصول لأنها حساسة للغاية للجفاف في التربة وذات احتياج مائي عالي فقد وجد أن الفحم الحيوي يزيد قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء ، كما أنه يعمل على امتصاص بخار الماء الموجود في الهواء الأمر الذي يبقي التربة رطبة ويمنع جفافها (Liu et al, 2016).

نفذت دراسة في مصر حول استخدام الفحم الحيوي وحمض الفولفيك كمصدر عضوي في زراعة محصول البطاطا، ووجد أن الفحم الحيوي يعتبر بديلاً واعدًا للأسمدة الكيماوية تحت ظروف التربة المصرية، حيث وجد العديد من الآثار المفيدة لاستخدام الفحم الحيوي وحمض الفولفيك في الزراعة مثل الإمداد السريع بالعناصر الغذائية وزيادة إنتاجية المحاصيل، فضلاً عن تقليل التكاليف المادية وتلوث البيئة (Metwaly, 2020).

كما أدت زيادة في إنتاج محصول البطاطا مع زيادة استخدام الفحم الحيوي وعزى السبب إلى زيادة الكتلة الحيوية الميكروبية في التربة إضافةً لقدرة الفحم الحيوي على زيادة احتفاظ التربة بالماء، وزيادة سعة التبادل الكاتيوني للتربة، وزيادة الاحتفاظ بالعناصر الغذائية، مما يجعل الفحم الحيوي وسيلة هامة لإدارة الترب المتدهورة ومترابطة الخصوبة (Niar, 2015).

كما أدى استخدام الفحم الحيوي في زراعة البطاطا إلى زيادة الكتلة الحيوية للأوراق، وطول الجذر وحجمه، ومحصول الدرناات مقارنة مع معاملة الشاهد ولاحظ عند دراسته للتركيب الكيميائي للنبات زيادة محتوى البوتاسيوم في الأوعية الناقلة للنباتات المعاملة بالفحم الحيوي وهو عنصر يحتاجه نبات البطاطا بكميات كبيرة لأنه يلعب دور هام في تحويل السكريات إلى نشاء ونقلها وتخزينها في الدرناات. ووجد الباحثون في دراسة أخرى على نبات القمح أن الفحم الحيوي زاد من نمو وإنتاجية نبات القمح وعزز مقاومة هذا النبات لمشكلة الملوحة في التربة حيث لعب دوراً مزدوجاً تمثل في ادمصاص عنصر الصوديوم على سطوح ادمصاص العالية لجزيئات الفحم الحيوي، وفي تقليل الضغط الأسموزي في التربة وزيادة سعته المائية (Akhtar . et al, 2015)، وفي تجربة أخرى

وبينت التجارب أيضاً أن الفحم الحيوي زاد من محتوى رطوبة التربة مما أدى إلى تحسين الوظائف الحيوية لنبات البندورة وزاد من إنتاجيته. كما أن إضافة الفحم الحيوي لتربة مزروعة بالبطاطا الحلوة أدى إلى تحسين النمو والإنتاج الكلي لدرنات البطاطا الحلوة بنحو (20%)، وكان له دوراً تآزرياً مع الأسمدة المعدنية حيث أدى الاستخدام المشترك مع الأسمدة المعدنية إلى زيادة إنتاج الدرنات بنسبة (100%) وزيادة الكتلة الحيوية للمجموع الخضري بنسبة (75%)، كما وجد Dou وزملائه (2012)، في نفس السياق أن الفحم الحيوي زاد من إنتاجية محصول البطاطا الحلوة وزاد من محتوى السكر في الدرنات، مما أدى إلى تحقيق المزيد من الأرباح الاقتصادية للمزارعين (Walter and Rao, 2015).

وبينت النتائج زيادة ملحوظة في إنتاج محصول الأرز عند معالجة التربة الزراعية بالفحم الحيوي في الصين وذلك لأن الفحم الحيوي عمل على توفير إمداد مستمر للنبات بعنصر الآزوت من خلال الامتصاص الكبير للأمونيوم على سطوحه والانخفاض الحاد في انبعاثات أكسيد النيتروز من حقول الأرز، وأدت إضافات الفحم الحيوي لتربة لومية كلسية في الصين أيضاً إلى تقليل كثافتها الظاهرية وزيادة محتواها من الآزوت الكلي مما أدى إلى زيادة في إنتاج الذرة الصفراء بنسبة (19%) مقارنة مع الشاهد (Zhang et al, 2014)، وعزى (Abiven et al, 2015)، ذلك لأن الفحم الحيوي يعطي نبات الذرة نظام جذري أكثر تطوراً وانتشاراً في التربة الأمر الذي يحسن امتصاص العناصر الغذائية ونقلها إلى النبات خاصة في المناطق ذات الجفاف لفترات طويلة والذي ينعكس على زيادة إنتاجية النبات.

كما وجد Oguntunde (2004) أن الفحم الحيوي زاد من الكتلة الحيوية ومحصول الحبوب لنبات الذرة الصفراء (*Zea mays* L.) بنسب (44-91%) مقارنة مع الشاهد. أما Partey وآخرون 2014 فقد استخدموا الفحم الحيوي مع الأسمدة الخضراء الناتجة عن قلب بقايا محصول الفول في الأرض وكانت النتيجة أن زادت إنتاجية نبات الذرة البيضاء بنسبة (35%) مقارنة مع إضافة الأسمدة الخضراء لوحدها وزاد خلط الفحم الحيوي مع الأسمدة المعدنية إنتاجية الذرة البيضاء مقارنة مع الأسمدة المعدنية لوحدها. وجد Bruun وآخرون (2014) أن إضافة الفحم الحيوي للتربة بمقدار (1%) زاد من عمق وكثافة جذور نبات الشعير المزروع في تربة رملية خشنة وأعطى زيادة في محصول حبوب الشعير وعزى السبب لزيادة قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء بإضافة الفحم الحيوي.

درس Amin and Essa (2017) معالجة التربة الرملية بالفحم الحيوي المحضر من بقايا سوق نباتات الذرة، في زراعة محصول الكوسا ولاحظ أن هذا الإجراء زاد نسبة المادة العضوية في التربة وزاد في كفاءة استخدام الآزوت والفسفور من قبل النباتات، حيث زادت أوزان ثمار الكوسا الطازجة بنسبة (55%) مقارنة مع الشاهد، وبناء على ذلك، اقترح الباحثان أن يكون الفحم الحيوي مصدراً للأسمدة الفوسفاتية لاستصلاح التربة الرملية الجيرية بسبب محتواه العالي من الفسفور.

أجرى Adekiya وآخرون (2019) تجارب ميدانية على مدى عامين (2015-2016)، لتقييم استخدام الفحم الحيوي وروث الدواجن على إنتاجية نبات الفجل (*Raphanus sativus* L.) وتركيز العناصر الغذائية في الأوراق، حيث أدى هذا الاستخدام إلى زيادة تراكيز العناصر الغذائية في التربة (N و P و K و Ca و Mg)، وعلى الرغم أنه في العام الأول لم تكن الزيادات كبيرة لتراكيز العناصر الغذائية في النبات، لكن أثر تطبيق الفحم الحيوي بشكل كبير على طول جذر الفجل في كلا العامين، وكان هناك تأثير تفاعل كبير للفحم الحيوي مع روث الدواجن، وعزوا ذلك إلى قدرة الفحم الحيوي على زيادة كفاءة استخدام العناصر الغذائية

في روث الدواجن من قبل النبات حيث أنتجت عملية الخلط بين الفحم الحيوي وروث الدواجن أعلى محصول للفجل، وزاد وزن جذر الفجل بنسبة (257%) مقارنة بالفحم الحيوي أو روث الدواجن بشكل منفرد .

هدف البحث:

دراسة إمكانية إضافة الفحم الحيوي كمحسن خصوبي وفيزيائي مع المادة العضوية على إنتاجية نبات البطاطا وتأثيره على حجوم الدرناات الناتجة.

مواد البحث وطرائقه:

-الموادالأولية:

النبات: استخدم صنف البطاطا Spunta في التجربة، وهو صنف هولندي متوسط التبرير في النضج (100-110 أيام من الزراعة)، درنااته 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 من النوع البلدي بطريقة الحرق في ظروف لاهوائية على حرارة (450 م⁰) 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.

المادة العضوية: تم استخدام الزيل البقري المتخمر والجاف لهذا الغرض.

معاملات التجربة:

تضمنت هذه التجربة (9) معاملات، مكونة من تداخل ثلاث مستويات من المادة العضوية (O₀, O₁, O₂) والتي تعادل (0, 2.5, 5 kg.m²)، وثلاث مستويات من الفحم الحيوي (B₀, B₁, B₂)، والتي تعادل (0, 1%, 2%) وزناً من التربة، كما هو مبين في الجدول (1)، أضيفت الأسمدة المعدنية بشكل موحد لجميع معاملات التجربة وفق المعادلة السمادية المعتمدة من قبل هيئة البحوث العلمية الزراعية.

جدول (1): معاملات التجربة.

مستوى السماد العضوي كغم ²			مستوى الفحم الحيوي (وزنا)
O			
5 = O ₂	2.5 = O ₁	0 = O ₀	
O ₂ B ₀	O ₁ B ₀	O ₀ B ₀	0% = B ₀
O ₂ B ₁	O ₁ B ₁	O ₀ B ₁	1% = B ₁
O ₂ B ₂	O ₁ B ₂	O ₀ B ₂	2% = B ₂

حددت أهم خصائص التربة والفحم الحيوي والمادة العضوية المستخدمة في الجدول (2)، بإتباع طرائق القياسات والتحليل الكيمائية المحددة في الجدول (3).

جدول (2): بعض الخصائص المختارة للتربة الموقع على عمق (0-30سم)، والفحم الحيوي والسماذ العضوي المستخدم قبل الزراعة.

التسلسل	الصفة	التربة	الفحم الحيوي	السماذ العضوي
1	تفاعل التربة (pH _{10/1})	7.4	9.323	5.8
2	الناقلية الكهربائية (ECmS _{10/1})	0.25	1.35	1.98
3	CEC cmol.kg ⁻¹	60.0	160.12	215
4	المادة العضوية (%)	4.84	1.55	70
5	كربونات الكالسيوم الكلية (%)	4.68	8.00	12.02
6	القوام	طيني	-	-

جدول (3): يوضح أسماء الطرائق المتبعة للقياسات والتحليلات الكيميائية المنفذة.

التسلسل	نوع الاختبار	اسم الطريقة
1	تفاعل التربة (pH _{10/1})	باستخدام جهاز pH متر
2	الناقلية الكهربائية (ECmS _{10/1})	باستخدام جهاز الناقلية الكهربائية وفق Richards, 1954.
3	CEC cmol.kg ⁻¹	طريقة كلوريد الباريوم وفق Mehlich, 1953.
4	المادة العضوية (%)	بالطريقة اللونية وفق Motsara و Roy, 2008.
5	كربونات الكالسيوم الكلية (%)	بحمض (1N HCl) والمعايرة الرجعية بـ (1N NaOH).
6	قوام التربة	طريقة الهيدرومتر وفق Matar و Zidan, 1984.

تصميم وتنفيذ البحث:

صممت التجربة بطريقة القطع المنشقة بثلاث مستويات من السماذ العضوي ، ينشق عن كل مستوى منها 3 مستويات من الفحم الحيوي وبثلاث مكررات لكل منها وزعت بطريقة عشوائية ضمن الحقل ، بواقع ثلاث مكررات لكل معاملة وكل قطعة منشقة مكونة من (9) قطع تجريبية مساحة كل منها (5 م²) وبالتالي مساحة كل قطعة منشقة (9 × 5.25 = 47.25 م²) لتصبح المساحة الكلية المزروعة (141.75 م²)، حيث مثلت كل قطعة تجريبية مكرراً واحداً، 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. وبالتالي تبلغ الكثافة النباتية (5.14 نبات/م²) على أساس المساحة المزروعة فعلياً. تمت زراعة الدرنات الكاملة في بداية شهر شباط في العروة الربيعية في حفر صغيرة على عمق (8 سم)، أضيفت الأسمدة العضوية دفعة واحدة قبل الزراعة وفق معاملات التجربة، أما الأسمدة المعدنية فكانت موحدة لكافة معاملات التجربة حيث أضيفت الأسمدة البوتاسية والفوسفاتية كاملةً وقسم من سماذ اليوريا قبل الزراعة، بينما أضيف القسم الثاني من اليوريا بعد إنبات الدرنات بأسبوعين مع عملية التحضين، وذلك وفق التوصية السماذية المعتمدة من قبل هيئة البحوث العلمية الزراعية، 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 ونظراً لاستمرار هطول الأمطار خلال معظم أوقات الحاجة للري لم نحتاج لعملية الري حيث تعرضت منطقة الزراعة للأمطار غزيرة خلال موسم النمو.

المؤشرات المدروسة:

تم قياس مؤشرات الإنتاجية الرئيسية التالية عند جمع المحصول بعد (107) يوم من الزراعة:

متوسط عدد درنات النبات الواحد:

سجل عدد الدرنات المتشكلة على تسع نباتات من كل مكرر وحسب متوسط عدد الدرنات/ نبات.

حجم التدرن:

جرى تقدير حجم الدرنات لتسعة نباتات من كل مكرر، حيث جرى تدرج الدرنات على أساس وزنها وفقاً لـ (Gataolina and

Abdikof, 2005)، على الشكل التالي:

a. درنات صغيرة (>35 غ)

b. درنات متوسطة (35-80 غ).

c. درنات كبيرة (<80 غ).

وحسبت النسبة المئوية لكل مجموعة من الدرنات كما يلي:

- النسبة المئوية للدرنات الصغيرة/ نبات = (الدرنات صغيرة الحجم/ إنتاجية النبات) $100 \times$

- النسبة المئوية للدرنات المتوسطة/ نبات = (الدرنات متوسطة الحجم/ إنتاجية النبات) $100 \times$

- النسبة المئوية للدرنات الكبيرة/ نبات = (الدرنات كبيرة الحجم/ إنتاجية النبات) $100 \times$

الإنتاجية الكلية (طن. ه⁻¹):

تم حساب الإنتاجية الكلية من الدرنات (طن في الهكتار) من متوسط إنتاجية النبات الواحد مضروبة بعدد النباتات في الهكتار.

على أساس أن المسافات بين النباتات هي (25 * 70 سم) وبالتالي كثافة النباتات في الهـم = 5.14 نبات/م². ومع افتراض أن

المساحة غير المزروعة على شكل ممرات خدمة في الحقل تعادل حوالي 10% من المساحة الكلية فتصبح الكثافة النباتية حوالي

(4.6 نبات/م²).

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).

النتائج والمناقشة:**تأثير المعاملات على الإنتاج الكلي من البطاطا:**

يلاحظ من الجدول (4) بدايةً، أن المعاملات المختلفة أثرت بدرجة عالية المعنوية (***) في حجوم الدرنات وفي إنتاجية الهكتار

من محصول البطاطا، حيث أن إضافات الفحم الحيوي والمادة العضوية المنفردة للتربة حققت زيادات واضحة في إنتاجية البطاطا

وحقق الفحم الحيوي بالمستوى الأول O₀B₁ (27.91 طن.ه⁻¹) وهي زيادة معنوية ملحوظة تعادل حوالي (47%) مقارنة بإنتاجية

الشاهد بدون أي إضافة O₀B₀ (19.03 طن.ه⁻¹)، كما حقق المستوى الثاني من الفحم O₀B₂ (34.96 طن.ه⁻¹) أيضاً زيادة

في الإنتاج أعلى من المستوى الأول بحوالي (25.3%) وأعلى من الشاهد بحوالي (83.7%)، وكذلك أعطت إضافات المادة

العضوية المنفردة زيادات معنوية واضحة وكبيرة على إنتاج البطاطا حيث سجل المستوى الأول منها في المعاملة O_1B_0 قيمة (33.74 طن.هـ-1) بزيادة (77%) عن الشاهد وأعطى المستوى الثاني منها في المعاملة O_2B_0 (45.38 طن.هـ-1) بزيادة (138%) عن الشاهد. أما الإضافات المشتركة للفحم والمادة العضوية معاً فقد أعطت تأثيراً تكاملياً واضحاً لكل منهما، وعزز الفحم الحيوي التأثير الإيجابي للمادة العضوية على الإنتاج حيث أن المعاملة O_1B_1 سجلت متوسطاً للإنتاج من الدرناات قدره (42.05 طن.هـ-1) بزيادة (120%) عن الشاهد، وبزيادة (50%) عن المستوى الأول للفحم منفرداً O_0B_1 (27.91 طن.هـ-1) وزيادة (24%) عن المستوى الأول من المادة العضوية بشكل منفرد O_1B_0 (33.74 طن.هـ-1)، وحققت معاملة المستويين الأعلى لكل منهما O_2B_2 إنتاجاً قدره (62.7 طن.هـ-1) وهو أعلى مستوى إنتاجية بين جميع المعاملات بزيادة (229%) عن الشاهد و (79%) عن المستوى الثاني من الفحم الحيوي بمفرده O_0B_2 (34.96 طن.هـ-1)، و (38%) عن المستوى الثاني من المادة العضوية بمفردها O_2B_0 (45.38 طن.هـ-1).

جاءت هذه النتائج منسجمة مع نتائج (Akhtar et al, 2015) حيث وجدوا أن إضافة الفحم الحيوي لتربة محصول البطاطا ساهمت في تحسين ظروف التغذية من خلال زيادة كفاءة امتصاص البوتاسيوم وتركيزه في الأوعية الناقلة لنباتات البطاطا، كما وجد (Amin and Eissa, 2017) زيادة في إنتاجية نباتات الكوسا مع إضافة الفحم الحيوي، وعزوا ذلك لزيادة كفاءة النبات في استخدام الآزوت والفسفور، تأكيداً لما أشار إليه (DeLuca et al, 2009; Xu and Chen, 2013)، حيث أن الفحم الحيوي يعزز امتصاص النبات للفسفور لأنه يملك مواقع موجبة الشحنة على سطحه تحتفظ بعنصر الفوسفور وتمنع انغساله وهو عنصر مهم للعمليات الحيوية لنبات البطاطا، كما جاءت هذه النتائج منسجمة مع نتائج (El-Sawy et al, 2000)، حيث وجدوا أن الفحم الحيوي يساهم في زيادة الإنتاج من البطاطا من خلال تزويد النبات بالعناصر الرئيسية الآزوت والفسفور والبوتاسيوم التي تلعب دوراً مهماً في جميع العمليات الحيوية لنبات البطاطا. كما أشار Adekiya وآخرون (2019) إلى ظهور تأثيراً تفاعلياً كبيراً للفحم الحيوي مع روث الدواجن، حيث أنتجت عملية الخلط بينهما أعلى محصول للفجل الذي زاد بنسبة (257%) مقارنة بإنتاج الفحم الحيوي أو روث الدواجن بشكل منفرد، وعزوا ذلك إلى قدرة الفحم الحيوي على زيادة كفاءة استخدام العناصر الغذائية في روث الدواجن من قبل النبات.

وهي نتائج متوافقة مع نتائج (Partey et al, 2014) الذين استخدموا الفحم الحيوي مع الأسمدة الخضراء الناتجة عن قلب بقايا محصول الفول في الأرض حيث أدى التأثير التكاملية بينهما إلى زيادة إنتاجية نبات الذرة البيضاء بنسبة (35%) مقارنة مع إضافة الأسمدة الخضراء لوحدها.

جدول (4): الإنتاج الكلي من البطاطا بعد 107 يوم من الزراعة ونسب الدرناات الكبيرة والصغيرة والمتوسطة

الإنتاج الكلي طن/هكتار	الإنتاج من الدرناات (%)			الإنتاج من الدرناات (غ/نبات)			المعاملة
	كبيرة	متوسطة	صغيرة	كبيرة	متوسطة	صغيرة	
19.03 h	33.38 g	52.91 a	13.71 a	137.6 g	219.28 e	56.73 b	O_0B_0
27.91 g	41.50 f	46.58 b	11.92 b	251.8 f	282.52 c	72.30 a	O_0B_1
34.96 f	54.00 e	44.57 c	1.43 d	410.4 e	338.71 a	10.87 e	O_0B_2
33.79 f	53.87 e	44.65 c	1.48 d	395.6 e	327.99 a	10.90 e	O_1B_0
42.05 e	67.65 d	30.36 d	1.99 cd	618.4 d	277.57 c	18.15 d	O_1B_1

50.21 c	74.39 c	23.37 e	2.24 c	811.9 c	255.10 d	24.42 c	O ₁ B ₂
45.38 d	66.90 d	30.66 d	2.44 c	659.9d	302.44 b	24.07 c	O ₂ B ₀
59.67 b	82.58 b	17.42 f	0 e	1071.2 b	226.03 e	0 f	O ₂ B ₁
62.70 a	86.42 a	13.58 g	0 e	1178.7 a	184.37 f	0 f	O ₂ B ₂
0.001>	0.001>	0.001>	0.001>	0.001>	0.001>	0.001>	F.pr
2.67	1.69	1.69	0.622	57.3	18.2	5.7	LSD_{0.05}

تدرج الدرناات حسب الوزن:

تم جني الدرناات في مرحلة النضج بعد اصفرار المجموع الخضري بعمر (107) يوم بعد الزراعة، ثم قدرت الإنتاجية للنبات الواحد في المعاملات المختلفة ومن ثم تم تقسيم الدرناات بحسب أوزانها إلى ثلاث مجموعات وفق (Gataolina and Abdikof, 2005) : درناات صغيرة (>35غ)، درناات متوسطة (ما بين 35-80 غ)، درناات كبيرة (<80غ).

تظهر نتائج الجدول (4) زيادة معنوية في نسبة الدرناات الكبيرة مع زيادة مستوى الإضافة من الفحم الحيوي بشكل منفرد، حيث سجل متوسط إنتاج الدرناات الكبيرة للمستوى الأول والثاني من الفحم الحيوي O₀B₂ و O₀B₁ القيمتين (251.83, 410.44 غ/نبات) على التوالي مقارنة مع معاملة الشاهد O₀B₀ التي سجلت (137.62 غ/نبات)، وانخفض متوسط إنتاج الدرناات الصغيرة بشكل حاد في المستوى الأعلى للفحم الحيوي، O₀B₂ (10.87 غ/نبات) مقارنة مع معاملة الشاهد O₀B₀ (56.73 غ/نبات).

أظهرت الإضافات المنفردة للمادة العضوية أيضاً أن المستوى الأول من المادة العضوية O₁B₀ أدى إلى تحسن نوعية الدرناات من خلال الانخفاض الواضح والمعنوي في متوسط إنتاج الدرناات الصغيرة (10.90 غ/نبات)، والزيادة الكبيرة معنوياً في متوسط إنتاج الدرناات الكبيرة (395.58 غ/نبات) وبشكل مشابه بالنسبة للمستوى الثاني من المادة العضوية O₂B₀ حيث سجل انخفاضاً في وزن الدرناات الصغيرة (24.07 غ/نبات) وزيادة في وزن الدرناات الكبيرة إلى حوالي (600 غ/نبات)، مقارنة بالشاهد.

أما التأثير المشترك للفحم الحيوي والمادة العضوية معا فقد عزز إنتاج الدرناات الكبيرة، حيث أعطت المعاملة المشتركة O₁B₁ زيادة معنوية واضحة في متوسط إنتاج الدرناات الكبيرة (618.40 غ/نبات) على حساب الصغيرة والمتوسطة مقارنة مع الشاهد الذي أعطى أقل متوسط إنتاج للدرناات الكبيرة (137.62 غ/نبات).

ولم تسجل المعاملتان O₂B₁ و O₂B₂ أي إنتاج للدرناات الصغيرة لكنها سجلت وبشكل ملفت أعلى متوسط إنتاج للدرناات الكبيرة (1071.22, 1178.68 غ/نبات) على التوالي، مع تفوق المعاملة O₂B₂ على جميع المعاملات في متوسط إنتاج الدرناات الكبيرة (1178.68 غ/نبات).

توافقت هذه النتائج مع نتائج (Nair et al, 2015) اللذين عزوا زيادة حجم الدرنه بسبب قدرة الفحم الحيوي على تحسين احتفاظ التربة بالماء وزيادة السعة التبادلية الكاتيونية للتربة الذي ينعكس على زيادة احتفاظ التربة بالعناصر الغذائية وتشجيع النمو، وكذلك وجد (Metwaly, 2020) ، أن الفحم الحيوي والمادة العضوية معاً يحسنان من نوعية الدرناات المنتجة. وتوافقت هذه النتائج أيضاً مع Akhtar وزملائه (2015)، اللذين وجدوا زيادة في حجوم درناات البطاطا مع إضافة الفحم الحيوي نتيجة لتحسين امتصاص النبات للبولتاسيوم وزيادة تركيز هذا العنصر في الأوعية الناقلة للنبات، ومع (Oguntunde et al, 2004) اللذين وجدوا أن استخدام الفحم الحيوي في زراعة محصول الذرة الصفراء، زاد من حجم الحبة وكمية المحصول في وحدة المساحة.

الاستنتاجات:

- للمادة العضوية والفحم الحيوي تأثير إيجابي بشكل منفرد على الإنتاجية من درنات البطاطا في وحدة المساحة وفي زيادة نسبة الدرنات الكبيرة على حساب الصغيرة والمتوسطة بشكل معنوي.
- تكامل التأثير بين السماد العضوي والفحم الحيوي بشكل إيجابي، حيث ساهمت الإضافات المشتركة لهما في زيادة الإنتاج بشكل واضح وحقق المستوى الثاني من المادة العضوية مع المستوى الثاني من الفحم الحيوي أو (معاملة المزارع التقليدية من السماد العضوي + 2% فحم حيوي) أعلى إنتاج لمحصول البطاطا وبشكل عالي المعنوية مقارنة مع معاملات الشاهد وباقي معاملات التجربة.

المراجع:

- Abiven, S; A. Hund; V. Martinsen; and G. Cornelissen. (2015). Biochar amendment increases maize root surface areas and branching: a shovelomics study in Zambia. *Plant and Soil*, 395 (1-2): 45–55.
- Adekiya, A; T. Agbede; C. Aboyeji; O. Dunsin; and V. Simeon. (2019). Effects of biochar and poultry manure on soil characteristics and the yield of radish. *Scientia Horticulture*, (243): 457–463.
- Amin, A; and M. Eissa. (2017). Biochar effects on nitrogen and phosphorus use efficiencies of zucchini plants grown in a calcareous sandy soil. *J. Soil Sci. Plant Nutr.*(17): 912–921.
- Akhtar, S; M. Andersen; and F. Liu. (2015). Biochar Mitigates Salinity Stress in Potato. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 201(5), 368–378.
- Biederman, L; and W. Harpole. (2012). Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. *GCB Bioenergy*, 5(2): 202–214.
- Bruun, E; C. Petersen; E. Hansen; J. Holm; and N. Hauggaard. (2014). Biochar amendment to coarse sandy subsoil improves root growth and increases water retention. *Soil Use Manage.* (30):109–118.
- De Luca, T; M. McKenzie; and M. Gundale. (2009). Biochar effects on soilnutrient transformations. In: Lehmann, J., Joseph, S. (Eds.), *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earth scan Publ., London, 251–270.
- EI-Sawy, B; A. Radawan; and N. Hassan. (2000). Growth and yield of potato as affected by soil and foliar potassium application. *J. Agric. Sci. Mansoura Univ.*, 25(9): 5843-5850.
- Galantini, J; and R. Rosell. (2006). Long-term fertilization effects on soil organic matter quality and dynamics under different production systems in semiarid Pompeian soils. *Soil. Till. Res.* (87): 72–79.
- Gataolina, G; and M. Abdikof. (2005). Practical application of crops. Moskwo. Kolos. (304).
- Ibraheem, M; and A. Zidan. (2020). The effect of Integration Between Heat and Time Factors on the Efficiency of the Carbonization of Peanut Shells to Prepare Biochar. *SSRG, IJAES*, (7).
- Lehmann, J; and S. Joseph. (2009). *Biochar for environmental management. science and technology*. Earth scan, London.
- Liu, C; f. Liu; S. Ravnskov; G. Rubaek; Z. Sun; and M. Andersen. (2016). Impact of wood biochar and its interactions with mycorrhizal fungi, phosphorus fertilization and irrigation strategies on potato growth. *Journal of agronomy and crop science*, 203 (2): 131–145.

- Matar, A; and A. Zidan .(1984). The laboratory manual of soil analysis. Text book for 2nd year agriculture. (Arabic). Pp 96, Tishreen University Publications.
- Mehlich, A. (1953). Rapid Determination of Cation and Anion Exchange Properties and pH of Soils. J. Ass. Off. agric. Chemistry. (36): Pp: 445.
- 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. (11): 145-151.
- Motsara, M; and R. Roy. (2008). Guide to laboratory establishment for plant nutrient analysis. FAO Fertilizer and Plant Nutrition. Bulletin 19, Rome.
- Nair, A. (2015). Application of biochar in potato production and its effects on soil properties, crop yield and quality. Amer. Soc. Hort. Sci. ASH, Ann. Conf., New Orliens, USA.
- NULL Corporation. (2009). Genstat Twelfth Edition, Procedure Library Release, PL12.1, VSN International Ltd.
- Oguntunde, P; M. Fosu ; A. Ajayi ; and N. van de Giesen. (2004). Effects of charcoal production on maize yield, chemical properties and texture of soil. Biol. Fert Soils. (39):295–299.
- Partey, S; R. Preziosi; and G. Robson.(2014). Short-term interactive effects of biochar, green manure, and inorganic fertilizer on soil properties and agronomic characteristics of maize. Agric. Res. 3 (2): 128–13.
- Richards, L (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils Handbook. USDA. NO 60.
- Walter, R; and B. Rao. (2015). Biochars influence sweet-potato yield and nutrient uptake in tropical Papua New Guinea. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 178(3): 393–400.
- Xu, Y; and B. Chen. (2013). Investigation of thermodynamic parameters in the pyrolysis conversion of biomass and manure to biochars using thermo gravimetric analysis. Bio-resource. Technol. (146): 485–493.
- Zhang, L; X. Sun; Y. Tian; and X. Gong. (2014). Biochar and humic acid amendments improve the quality of composted green waste as a growth medium for the ornamental plant *Calathea insignis*. Scientia Horticulture, (176): 70–78.

Effect of levels of organic fertilizer and biochar on productivity of potato plant (*Solanum Tuberosum L.*).

Mohammad Ibraheem^{(1)*}, Ali Zidan⁽¹⁾ and Haitham Ead⁽²⁾

(1) Soil and water sciences Department, Fac. of Agric. TU, Lattakia, Syria.

(2) General Commission of Scientific Agricultural Research- Tartous -Syria.

(*Corrsponding author: M. Ibraheem. E-Mail mohamadali.87@hotmail.com).

Received: 12/10/2020

Accepted: 29/3/2021

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 ($O_2= 5$, $O_1= 2.5$, $O_0= 0$) kg/m², and three levels of biochar ($B_0=0$, $B_1=1$,

B2=2) % by weight of soil. The results showed that both organic matter and biochar singly and in combination, had a positive effect on productivity of potato tubers and with an increase in the percentage of large tubers and decrease in the percentage of small and medium tubers. Also, the complementary effect between organic fertilizer and biochar was also positive, as the traditional farm treatment of, organic fertilizer + 2 % biochar, achieved the highest yield of potatoes (62.7 ton.h^{-1}) with (229%) increase, compared with the control treatments which gave (19.03 ton.h^{-1}) only.

Key words; Potato, Organic matter, Biochar, productivity.