

دراسة الاثر التكاملي للفحم الحيوي والسماذ المعدني على مؤشرات النمو والإنتاجية لنبات القمح في ظروف الساحل السوري

محمد ابراهيم¹ و رشا خضر¹



¹ مركز البحوث العلمية الزراعية، طرطوس، سورية.

(*للمراسلة: محمد ابراهيم، البريد الإلكتروني: mohamadali.87@hotmail.com)

تاريخ الاستلام: 2026 / 3 / 15 تاريخ القبول: 2026 / 6 / 21

المُلخَص

نفذ هذا البحث في محطة بحوث (زاهد)، في محافظة طرطوس، في موسم 2023-2024 وهو عبارة عن تجربة حقلية، تتكون من (9) معاملات، ناتجة عن التداخل بين ثلاث مستويات (2، 1/0، 1) من السماذ المعدني وفق المعادلة السمادية المعتمدة لمحصول القمح، وثلاث مستويات من الفحم الحيوي لقشور نبات الفول السوداني (2، 1، 0) % على أساس وزن التربة في الطبقة السطحية بعمق (5 سم). حققت المعاملات الإفرادية للفحم الحيوي والمعاملات المشتركة بين الفحم الحيوي والسماذ المعدني فروق معنوية إيجابية على إنتاجية نبات القمح وفي ارتفاع النبات ومساحة المسطح الورقي مع ملاحظة أن التأثير المشترك للسماذ المعدني مع الفحم الحيوي كان إيجابياً وأعطى إنتاجية أكبر من تأثير معاملات الفحم الحيوي والسماذ المعدني الإفرادية. المعاملة المثلى هي المعاملة المتضمنة (كامل المعادلة السمادية سماذ معدني + 2 % فحم حيوي) N2B2 (3.093 طن/هـ التي جاءت متفوقة على الشاهد وباقي المعاملات بفرق معنوي واضح وذلك بالنسبة للإنتاجية ومؤشرات النمو المدروسة.

الكلمات المفتاحية: الفحم الحيوي، التسميد المعدني، القمح، الإنتاجية.

المقدمة:

يُعدّ استخدام أشكال مختلفة من المواد العضوية استراتيجية تقليدية معروفة لاستعادة خصوبة التربة عن طريق تجديد المادة العضوية فيها، وبالتالي تحفيز نمو النباتات ومقاومتها وتحسين محتواها من العناصر الغذائية. ومع ذلك، فإن الحاجة إلى استخدام كميات كبيرة من السماذ التقليدي، الذي يتميز بفترة بقاء قصيرة في التربة، تحدّ من فعاليته. بالمقابل برز دور الفحم الحيوي الذي يعد استراتيجية واعدة لتحسين خصائص التربة والحفاظ على خصوبتها، حيث يحتوي 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 عما يسمى بالتحلل الحراري (Pyrolysis) للمواد العضوية بغياب أو وجود محدود للأكسجين، وفي درجات حرارة منخفضة نسبياً (أقل من 700 م°). تتأكسد جزيئات الفحم الحيوي مما يؤدي إلى إضافة مجموعات الكربوكسيل والهيدروكسيل المحبة للماء إلى سطح الفحم الحيوي، وبالتالي زيادة بنيته الإسفنجية التي تعزز امتصاصه للماء والعديد من العناصر الغذائية الأيونية كما يؤدي هذا التأكسد إلى تحويل مجموعات الكربوكسيل والهيدروكسيل إلى جزيئات نانوية كربونية قابلة للذوبان في الماء تعمل هذه الجزيئات النانوية القابلة للذوبان في الماء في الماحول على تحسين معدل نمو نباتات القمح (Saxena et al., 2014).

يُعدّ ضمان استقرار إنتاجية القمح أمراً بالغ الأهمية للأمن الغذائي الوطني وتلبية احتياجات السكان المتزايدة ويؤدي استخدام الفحم الحيوي إلى تكوين تجمعات مستقرة من المادة العضوية، مما يؤثر لاحقاً على محتوى الكربون العضوي في التربة والنشاط

الميكروبي، وبالتالي يُعزز امتصاص المحاصيل للعناصر الغذائية واستخدامها كما يمكن أن يساهم الاستخدام المشترك للفحم الحيوي مع السماد المعدني في تقليل استخدام النيتروجين وتنظيم توازن الكربون والنيتروجين في التربة وتحويلهما، مما يحسن بشكل ملحوظ كفاءة استخدام النيتروجين في التربة من قبل المحاصيل باختصار، قد يخفف الاستخدام المشترك للفحم الحيوي والنيتروجين من تأثير الإفراط في التسميد على رقاد المحاصيل. لذا، يُعدّ بحث تأثير الاستخدام المشترك للأسمدة النيتروجينية والفحم الحيوي على الخصائص الفيزيولوجية وسمات مقاومة رقاد المحاصيل موضوعاً جديراً بالدراسة (Yang et al., 2026).

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

وجد Bruun وزملائه (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.

لوحظ أنه بعد استخدام الأسمدة النيتروجينية، يُفقد جزء كبير من النيتروجين بسبب تطاير الأمونيا، وعملية نزع النيتروجين، وانغسال النترات وتبلغ كفاءة استخدام اليوريا (أكثر الأسمدة النيتروجينية شيوعاً) 30-50% فقط، بالمقابل يساعد استخدام الفحم الحيوي على التخلص من هذه المشكلة إما شكل مباشر عن طريق إضافة العناصر الغذائية أو بشكل غير مباشر عن طريق تحسين سعة التبادل الكاتيوني للتربة (زيادة امتصاص الأمونيوم على أسطح الفحم الحيوي)، ونشاط الميكروبات المثبتة للنيتروجين (وهو بحد ذاته مصدر لبعض العناصر التي تحتاجها الميكروبات المثبتة للنيتروجين بشكل أساسي) وتحسين قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء.

كما أدى إضافة 10 أطنان/هكتار من الفحم الحيوي مع 75% و 100% من أسمدة النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم إلى تحسين محصول القمح بشكل ملحوظ بنسبة (11.13% و 18.8% على التوالي) في الموسم الأول، وبنسبة (7.69% و 16.26% على التوالي) في الموسم الثاني، مقارنةً بتطبيق 100% من أسمدة النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم دون استخدام الفحم الحيوي وبالتالي، يمكن استخدام الفحم الحيوي لتقليل استخدام جميع الأسمدة الكيماوية (النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم) بنسبة 25%، بالإضافة إلى تعزيز خصوبة التربة وإنتاجية القمح (Abdelrady et al., 2023). وجد Dias وزملائه (2009) و Hua وزملائه (2009) أن تطبيق الفحم الحيوي مع أسمدة أخرى يزيد من فعاليتها وكفاءة استخدامها ويقلل من خسارة الأزوت.

أهداف البحث:

1. دراسة إمكانية استخدام الفحم الحيوي كمكمل للسماد المعدني في زراعة نبات القمح.
2. دراسة كل من الأثر الإفرادي والمشارك للفحم الحيوي والسماد المعدني على بعض مؤشرات النمو والإنتاجية لنبات القمح.
3. إيجاد المعاملة المثلى من الفحم الحيوي والسماد المعدني التي تعطي أفضل إنتاجية لنبات القمح وبأقل كلفة.

مواد البحث وطرقه:

1. المواد الأولية:

- **النبات:** استخدم صنف دوما 1 وهو صنف من القمح القاسي اعتمد للزراعة البعلية في منطقة الاستقرار الأولى في محافظات (حمص - طرطوس - الغاب - ادلب) وفي منطقة الاستقرار الثانية (الحسكة، الرقة ادلب، حماه)، يمتاز بتحمل الجفاف والقدرة على التأقلم مع الظروف في البيئات السورية، يتحمل الرقاد وهو مقاوم إلى متوسط المقاومة لمرض الصدأ الأصفر والأسود تمتاز حبوبه بصفات تكنولوجية جيدة.
- **الفحم الحيوي:** تم تحضير الفحم الحيوي محليا من قشور الفول السوداني بطريقة الحرق في ظروف لاهوائية على حرارة (450 م°) 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.

2. تصميم التجربة الحقلية:

صممت التجربة بطريقة القطع المنشقة (Randomized Spilt Plot Design) بثلاث مستويات من السماد المعدني (0، 1/2، 1) من السماد المعدني وفق المعادلة السمادية المعتمدة لمحصول القمح ينشق عن كل مستوى منها 3 مستويات من الفحم الحيوي (0، 1، 2) على أساس وزن التربة في الطبقة السطحية بعمق (15سم) وبثلاث مكررات لكل منها وزعت بطريقة عشوائية ضمن الحقل. وتمت عملية الإضافة بعد معرفة كثافة التربة وحساب حجم التربة من خلال ضرب مساحة السطح بعمق انتشار الجذور وهو عمق الإضافة (15 سم) فيبقى الوزن هو المجهول حيث تم حسابه وأضيف الفحم الحيوي بناءً عليه. وبالتالي يكون عدد المعاملات (3X3=9) معاملة، بواقع ثلاث مكررات لكل معاملة مما يجعل عدد القطع التجريبية (3X9=27) قطعة تجريبية يبين الجدول (1) توزيع المعاملات الفردية والمتداخلة لكل مكرر.

الجدول (1): رموز المعاملات وتداخلاتها وتوزيعها في كل مكرر

مستوى الفحم الحيوي B			مستوى السماد المعدني N
B2	B1	B0	
N ₀ B ₂	N ₀ B ₁	N ₀ B ₀	N ₀
N ₁ B ₂	N ₁ B ₁	N ₁ B ₀	N ₁
N ₂ B ₂	N ₂ B ₁	N ₂ B ₀	N ₂

حيث أن:

- N₀B₀: (بدون سماد معدني + 0 % فحم حيوي)
- N₁B₀: (2/1 المعادلة السمادية سماد معدني + 0 % فحم حيوي)
- N₂B₀: (كامل المعادلة السمادية سماد معدني + 0 % فحم حيوي)
- N₀B₁: (بدون سماد معدني + 1 % فحم حيوي وزناً)
- N₁B₁: (2/1 المعادلة السمادية سماد معدني + 1 % فحم حيوي وزناً)
- N₂B₂: (كامل المعادلة السمادية سماد معدني + 2 % فحم حيوي وزناً)
- N₀B₂: (بدون سماد معدني + 2 % فحم حيوي وزناً)
- N₁B₂: (2/1 المعادلة السمادية سماد معدني + 2 % فحم حيوي وزناً)
- N₂B₂: (كامل المعادلة السمادية سماد معدني + 2 % فحم حيوي وزناً)

استخدم السماد المعدني المتوفر محلياً (يوريا 46% كمصدر للأزوت بمعدل 150 كغ/هـ وسوبر فوسفات ثلاثي 46 % كمصدر للفوسفور بمعدل 65 كغ/هـ وسلفات البوتاسيوم 50 % كمصدر للبوتاسيوم بمعدل 65 كغ/هـ) وفق المعادلة السمادية المعتمدة لمحصول القمح أضيف السماد الأزوتي على دفعتين دفعة عند بداية الزراعة والدفعة الثانية عند بداية الاشطاء من نمو النبات أما السماد الفوسفوري والبوتاسي فتمت اضافتهم في الخريف الجدول (2) ويبين الجدول (3) معاملات الفحم الحيوي.

الجدول (2): معاملات السماد المعدني (N)

سوبر فوسفور (كغ/هـ) 46 %	سلفات البوتاس (كغ/هـ) 50 %	يوريا (كغ/هـ) 46 %	الشاهد (N0)
32.5	32.5	76	نصف المعادلة السمادية (N1)
65	65	152	المعادلة السمادية (N2)

الجدول (3): معاملات الفحم الحيوي (B)

0	B0
7620 كغ/هـ	B1
15240 كغ/هـ	B2

3. موقع تنفيذ البحث:

نفذ البحث في محطة بحوث زاهد التابع لمركز بحوث طرطوس حيث كانت مواصفات تربة الموقع وفق الجدول (4) ومواصفات الفحم الحيوي وفق الجدول (5) وبين الجدول (6) طرق القياس المستخدمة.

الجدول (4): بعض التحاليل الفيزيائية والكيميائية للتربة المدروسة

1.84	OM %	6.57	pH5/1
53.6	المسامية الكلية (%) مخبرياً	0.7	ECmS5/1 Ec
32.8	السعة الحقلية حجماً %	آثار	CaCO3 % كلية
طيني	القوام	57.62	CEC meq/100g-soil
15.35	P متاح مع/كغ	0.18	% N
1.16	الكثافة الظاهرية غ/سم3	274.44	K متاح مع/كغ

الجدول (5): بعض المواصفات للفحم الحيوي

0.4	N%	9.11	pH10/1
8300	P متاح مع/كغ	1.47	ECmS5/1 Ec
4500	K متاح مع/كغ	8	CaCO3 % كلية
74.77	المسامية الكلية (%) مخبرياً	138.71	CEC meq/100g

الجدول (6): يوضح أسماء الطرائق المتبعة للقياسات والتحليلات الكيميائية المنفذة

اسم الطريقة	نوع الاختبار	التسلسل
باستخدام جهاز pH متر	تفاعل التربة (pH10/1)	1
باستخدام جهاز الناقلية الكهربائية وفق Richards, 1954.	الناقلية الكهربائية (ECmS10/1)	2
طريقة كلوريد الباريوم وفق Mehlich, 1953.	CEC cmol.kg-1	3
بالطريقة اللونية وفق Motsara و Roy, 2008.	المادة العضوية (%)	4
بحمض (1N HCl) والمعايرة الرجعية بـ (1N NaOH).	كربونات الكالسيوم الكلية (%)	5
طريقة الهيدرومتر وفق Matar و Zidan 1984.	قوام التربة	6

4. الزراعة والمتابعة:

تمت حراثة الأرض وتقسيمها إلى قطع تجريبية مساحة (12 م²) لكل قطعة وتمت إضافة الفحم الحيوي بالكميات المحددة له في كل مستوى وخططها مع التربة السطحية بعمق (0-15 سم) كما تمت إضافة المعاملات السمادية وفق المعاملات ضمن الكمية المحددة لكل مستوى، ثم زرعت بذور القمح حيث استخدم صنف دوما 1 وهو صنف من القمح القاسي تمت الزراعة رشاً على كامل المسكة بمعدل 140 كغ/هـ وذلك في نهاية شهر تشرين الثاني من عام 2024 ثم جرى تغطية البذور بطبقة من التربة من نفس المسكة بسماكة (5 سم) وتم رش مبيد أعشاب اختياري خلال مرحلة النمو الخضري ضمن القطع التجريبية وفي الممرات وتم اعتماد الزراعة البعلية في هذه التجربة وفق ما هو سائد في المنطقة.

نفذ الحصاد عند تمام النضج واصفرار النباتات في حزيران (2025)، بعد فصل من النمو قليل الأمطار وفق النشرة المناخية المسجلة في المحطة، وتمت عملية دراسة نواتج الحصاد وفصل الحبوب عن القش وتسجيل وزن الإنتاج من الحب في المعاملات المختلفة.

5. الصفات والقياسات المدروسة:

- **ارتفاع النبات (سم):** تم قياس ارتفاع النبات من سطح التربة حتى قمة النبات النامي لنباتات اختيرت عشوائياً من كل مكرر من المكررات الثلاثة ولكل المعاملات المدروسة باستخدام شريط قياس مدرج وذلك في مرحلة الإزهار.
- **المساحة الورقية (سم²):** تم قياس المساحة الورقية لنبات القمح، وذلك بقياس طول وأقصى عرض للورقة في مرحلة الإزهار وباستخدام العلاقة الآتية حسب المساحة الورقية لنبات: المساحة الورقية (سم²) = طول الورقة × أقصى عرض للورقة × 0.756. (Kemp, 1960).
- **محصول الحبوب (طن/هـ):** تم حسب محصول الحبوب بعد فرط الحبوب يدوياً وإزالة الحبوب المتكسرة، ووزنها باستعمال الميزان الإلكتروني وتسجيل متوسط الحبوب المحصودة من كل قطعة تجريبية ومن ثم تحويلها إلى واحد طن/هـ.

6. التحليل الإحصائي:

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

النتائج:

1. تأثير التكامل بين الفحم الحيوي والسماد المعنوي في ارتفاع النبات:

يعد ارتفاع النبات من المؤشرات الهامة المرتبطة بنمو النبات وقدرته على إنتاج الأوراق والأفرع، ويعكس مدى قدرة النبات على التكيف مع الظروف البيئية المحيطة به، ونلاحظ من الجدول (7) أن معاملات السماد المعدني المنفردة بغياب الفحم الحيوي أعطت زيادة معنوية في ارتفاع النبات حيث كان متوسط ارتفاع النبات في المعاملة N₁B₀ (70.03) سم وفي المعاملة N₂B₀ (75.17) سم مقارنة مع الشاهد N₀B₀ (62.57) كما أعطت معاملات الفحم الحيوي المنفردة والتفاعل بين السماد والفحم زيادة معنوية أيضاً.

2. تأثير التكامل بين الفحم الحيوي والسماذ المعني في مساحة المسطح الورقي:

نلاحظ من الجدول (7) أن المعاملات الإفرادية للفحم الحيوي والسماذ المعني أعطت فروق معنوية في زيادة مساحة المسطح الورقي للنبات حيث حققت المعاملات N_1B_0 و $0B_2N$ مساحة (35.6, 40.6) م² على التوالي وحققت معاملات N_0B_2 و N_0B_1 مساحة (30.11, 34.93) م² وذلك مقارنة مع الشاهد N_0B_0 (28.95) م².

3. تأثير التكامل بين الفحم الحيوي والسماذ المعني في الإنتاجية:

يبين الجدول (7) أن معاملات السماذ المعني المنفردة حققت فروق معنوية واضحة في الإنتاجية حيث أعطت معاملات N_1B_0 و N_2B_0 إنتاجية (1.195, 2.529) طن/هـ على التوالي مقارنة مع الشاهد N_0B_0 (0.575) طن/هـ، كما حققت معاملات الفحم الحيوي المنفردة فروق معنوية تصاعدية في الإنتاجية حيث أعطت المعاملات N_0B_1 و $2B_0N$ (0.775, 0.801) طن/هـ.

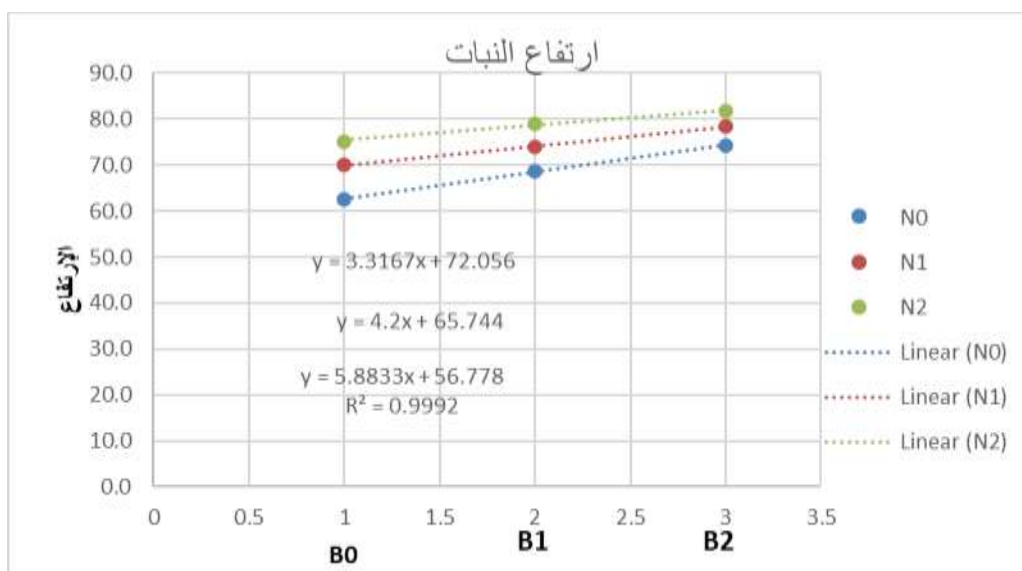
الجدول (7): تأثير مستويات الفحم الحيوي في صفات الإنتاجية والنمو الخضري لنبات القمح

المعاملة	ارتفاع النبات (سم)	مساحة المسطح الورقي (سم ²)	الإنتاجية (طن/هـ)
N_0B_0	62.57 g	28.95 g	0.575 i
N_1B_0	70.03 f	35.60 e	1.195 f
N_2B_0	75.17 cd	40.60 bc	2.529 c
N_0B_1	68.73 fg	30.11 f	0.775 gi
N_1B_1	73.97 de	37.34 d	1.581 d
N_2B_1	79.10 c	40.80 b	2.929 b
N_0B_2	74.33 d	34.93 ef	0.801 g
N_1B_2	78.43 bc	39.39 c	1.340 e
N_2B_2	81.80 a	52.52 a	3.093 a
LSD 5%	1.774*	0.895**	0.067**

المناقشة:

1. تأثير التكامل بين الفحم الحيوي والسماذ المعني المضاف للتربة في ارتفاع النبات:

وجدنا في التحليل الإحصائي وجود تفاعل معنوي قوي بين الفحم والسماذ وبالتالي لا يمكن مناقشة أحدهما بمعزل عن الآخر وعند دراسة هذا التفاعل وجدنا من الشكل (1)، أن هذا الفرق المعنوي والزيادة الخطية استمرتا بوجود معاملات الفحم الحيوي لكن مع اختلاف ميل هذه المنحنيات حيث انخفض ميل منحنى المستوى الأول من الفحم الحيوي حوالي 40% وانخفض ميل منحنى المستوى الثاني من الفحم الحيوي حوالي 70% مقارنة مع منحنى السماذ المعني المنفرد بغياب الفحم الحيوي، وهذا يدل على أن وجود السماذ المعني قلل من تأثير الفحم الحيوي على خاصية ارتفاع النبات وطغى عليه. لذلك نجد أن الفروق المعنوية أوضح في معاملات الفحم المنفردة حيث أعطت المعاملة N_0B_1 (68.73) سم والمعاملة N_0B_2 (74.33) سم مقارنة مع معاملة الشاهد N_0B_0 (62.57) سم. لكن مع ذلك بقي التأثير المشترك والإفرادي للفحم والسماذ تصاعدي وأعلى من الشاهد، بينما أعطت المعاملات المتداخلة N_1B_1 و $1B_2N$ و $2B_1N$ على التوالي (73.97, 79.10, 78.43) سم فروق معنوية متقاربة فيما بينها. جاءت هذه النتائج منسجمة مع Kulczycki وزملائه (2020) الذين وجدوا أن استخدام الفحم الحيوي مع السماذ المعدني NPK، حفز نمو شتلات القمح بشكل غير مباشر، حيث كان هذا التأثير مرتبطاً بإطلاق لاحق للنيتروجين المتمص على الفحم الحيوي، بالإضافة إلى زيادة امتصاص المغنيز والحديد من قبل النباتات علاوة على ذلك، فإن التغيرات في تركيب المادة العضوية في التربة، وزيادة محتوى حمض الهيوميك، وانخفاض محتوى فوسفات الحديدوز، عززت نمو شتلات القمح الشتوي.



الشكل (1): تأثير التكامل بين الفحم الحيوي والسماذ المعدني في ارتفاع نبات القمح

2. تأثير التكامل بين الفحم الحيوي والسماذ المعدني المضاف للتربة في مساحة المسطح الورقي:

نلاحظ من الشكل (2)، أنه بالرغم من أن التفاعل بين الفحم الحيوي والسماذ المعدني حقق أيضاً فروق معنوية في مساحة المسطح الورقي لكن نجد اختلاف في معدل الزيادة بينهم حيث نجد أن معاملات الفحم الحيوي بغياب السماذ المعدني أعطت منحنى بياني شبه خطي وأعطت معاملات الفحم الحيوي مع المستوى الأول من السماذ المعدني منحنى خطي متزايد أما معاملات الفحم الحيوي مع المستوى الثاني من السماذ المعدني نجد وجود انكسار في المنحنى حيث نلاحظ عدم وجود فرق معنوي بين المعاملتين N_2B_1 و N_2B_0 (40.80) م² ثم حدث ازدياد واضح في المسطح الورقي في المعاملة N_2B_2 التي أعطت مساحة (52.52) م² وكانت هي المعاملة المثلى التي تفوقت على الشاهد وباقي المعاملات بفرق معنوي واضح.



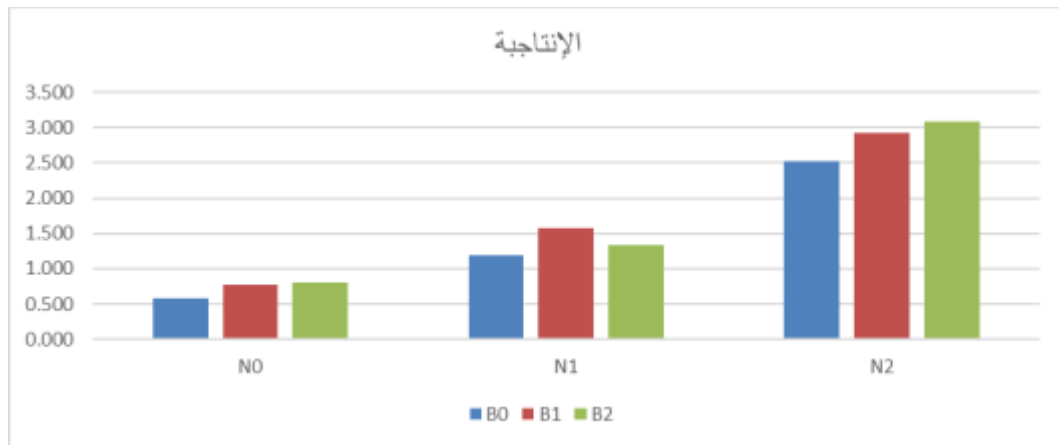
الشكل (2): تأثير التكامل بين الفحم الحيوي والسماذ المعدني في مساحة المسطح الورقي لنبات القمح

تتسجم هذه النتائج مع نتائج Ali وزملائه (2019) اللذين وجدوا أن استخدام الفحم الحيوي مع السماذ المعدني زاد من المحصول

البيولوجي لنبات القمح بنسبة 17% مقارنةً بالمعاملات غير المعالجة بالفحم الحيوي، بينما تم قياس زيادة بنسبة 49% و 31% في محتوى الكلوروفيل ومحتوى الماء النسبي في أوراق القمح نتيجةً لاستخدام الفحم الحيوي بالتزامن مع 60 كغ نيتروجين/هكتار مقارنةً مع الشاهد والمعاملات المنفردة للفحم الحيوي بمعدل 25 طن/هكتار.

3. تأثير التكامل بين الفحم الحيوي والسماذ المعني المضاف للتربة في الإنتاجية:

نلاحظ من الشكل (3) أن التأثير المشترك للسماذ مع الفحم كان تكاملياً وإيجابياً وأعطى إنتاجية تفوقت على إنتاجية المعاملات الإفرادية لكل منهما وعلى إنتاجية معاملة الشاهد حيث كانت المعاملة المثلثي هي N_2B_2 (3.093) طن/ه التي جاءت متفوقة على الشاهد وباقي المعاملات بفرق معنوي واضح، وهذا يتفق مع نتائج Kulczycki وزملائه (2020) اللذين وجدوا أن استخدام جرعات منخفضة من الفحم الحيوي مع الأسمدة الكيميائية يمكن أن يفيد المحاصيل ويدعم خصوبة التربة.



الشكل (3): تأثير التكامل بين الفحم الحيوي والسماذ المعني في إنتاجية نبات القمح

جاءت هذه النتائج منسجمة مع Metwaly (2020) الذي وجد أن استخدام الفحم الحيوي زاد من إنتاجية نبات البطاطا، وكذلك مع نتائج Bruun وزملائه (2014) اللذين وجدوا زيادة في نمو وحجم جذور الشعير مع إضافات الفحم الحيوي، كذلك عزى Abdelrady وزملائه (2023) هذه الزيادة بسبب تحسين ظروف التربة.

الاستنتاجات:

- حققت المعاملات الإفرادية للفحم الحيوي والمعاملات المشتركة بين الفحم الحيوي والسماذ المعني فروق معنوية إيجابية في ارتفاع النبات ومساحة المسطح الورقي.
- التأثير المشترك للسماذ المعني مع الفحم الحيوي كان تكاملياً وإيجابياً وأعطى إنتاجية تفوقت على إنتاجية المعاملات الإفرادية لكل منهما وعلى إنتاجية معاملة الشاهد.
- حقق الفحم الحيوي فروق معنوية تصاعدية في إنتاجية القمح وبالتالي تغني اضافته عن إضافة جزء مهم من السماذ المعني.

التوصيات:

1. يوصى بإدراج الفحم الحيوي ضمن المعادلة السمدية الخاصة بنبات القمح.
2. إجراء المزيد من الأبحاث والدراسات المتعلقة بالفحم الحيوي.

الشكر:

يمكن أن يذكر المؤلفون شكراً مقتضياً لأشخاص أو لمؤسسات على المساعدة في تنفيذ أو تمويل البحث.

المراجع:

- Abdelrady, A.; Elmasry, H.; and El-sayed, M. (2023). Independent and combined effects of biochar and mineral fertilizers on wheat productivity and soil properties. *Egyptian Journal of Agricultural Research*. V: 101. Pp: 842.
- Ali, K.; Wang, X.; Riaz, M.; Islam, B.; Shah, F. and Haq, A. (2019). Biochar: An ecofriendly approach to improve wheat yield and associated soil properties on sustainable basis. *Pak. J. Bot.*, 51(4): 1255-1261.
- 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.
- Dias, B.O.; Silva, C.A.; Higashikawa, F.S.; Roig, A.; and M.A, Sanchez (2009). Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure: Effect on organic matter degradation and humification. *Bio resource Technology*. No (101): 1239- 1246.
- Hua, L.; Wu, W.X.; Liu, Y.X.; McBride, M.; and Y.X, Chen (2009). Reduction of nitrogen loss and Cu and Zn mobility during sludge composting with bamboo charcoal amendment. *Envi. Sci. Poll. No* (16), 1-9.
- 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.
- Graber, E.R.; Harel, Y.M.; Kolton, M.; Cytryn, E.; and Y, Elad. (2010). Biochar impact on development and productivity of pepper and tomato grown in fertigated soilless media. *Plant Soil*. No (337): 481- 496.
- Kemp, C. D. (1960). Methods of estimating the leaf area of grasses from linear measurements. *Annals of Botany*, 24(4):491-499.
- Kulczycki, G.; Magnucka, E.; Oksińska, M.; Kucińska, J. and Pietr, S. (2020). The Effect of Various Types of Biochar Mixed with Mineral Fertilization on the Development and Ionome of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L Seedlings and Soil Properties in a Pot Experiment). *Agronomy*. V (10), Pp: 1903.
- Lehmann, J and S. Joseph. (2009). Biochar for environmental management. science and technology. Earth scan. London.
- Matar, A. and A. Zidan (1984). The laboratory manual of soil analysis. Text book for 2nd year agriculture. Tishreen University Publications, Syria. (in Arabic). Pp 96
- 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.

- Null Corporation.International Ltd. (2009). Genstat Twelfth Edition, Procedure Library Release, PL12.1, VSN
- Richards, L (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils Handbook. USDA. NO 60.
- Saxena,M., Maity,Sh., Sarkar,S.(2014). Carbon nanoparticles in ‘biochar’ boost wheat (*Triticum aestivum*) plant growth.RSC advances.75,
- Stavi, I and R, Lal. (2013). Agroforestry and biochar to offset climate change: A Review. Agro. Sustain. Dev. No (33), 81–96.
- Yang,Z.; Liu,P.; Wang,S.; Zhang,B. and Wang,L. (2026). Optimum nitrogen rate combined with biochar increased wheat yield while improving lodging resistance. European journal of agronomy. V: 172. Pp: 127849.
- Zeng, X.; Maand,Y.,and Ma,L. (2007). Utilization of straw in biomass energy in China, Renew Sust. Energ. Rev. Vol. 1: 976–987.

Studying the complementary effect of biochar and mineral fertilizer on growth and productivity indicators of wheat plants under the conditions of the Syrian coast

Mohammad Ibraheem^{1*} and Rasha Kheder¹

¹ General Commission for Scientific Agricultural Research, Tartous, Syria.



(*Corresponding author: Mohamad Ibraheem, Email: mohamadali.87@hotmail.com)

Received: 15/ 3/ 2026

Accepted: 21/ 6/ 2026

Abstract

This research was conducted at the Zahed Research Station in Tartous Governorate during the 2023-2024 season. It is a field experiment consisting of nine treatments resulting from the interaction of three levels (0%), (1/2%), and (1%) of the approved fertilizer formula for wheat, and three levels of peanut shell biochar (0%), (1%), and (2%) based on soil weight in the top 15 cm layer. Individual biochar treatments and combined treatments of biochar and mineral fertilizer resulted in significant positive differences in wheat plant productivity, plant height, and foliage area. The combined effect of mineral fertilizer and biochar was particularly positive, yielding higher productivity than the individual biochar and mineral fertilizer treatments. The optimal treatment was the one combining the full fertilizer application (mineral fertilizer + 2% biochar) N2B2 (3.093 tons/ha), which significantly outperformed the control and all other treatments in terms of productivity and other indicators. Studied growth.

Keywords: Biochar, Mineral Fertilization, Wheat, productivity.