مجلة كلية التربية الاساسية
كلية التربية الاساسية – الجامعة المستنصرية
Journal of the College of Basic Education Vol.31 (NO. 130) 2025, pp. 220-232

تأثير التسميد الحيوي الفطري *Glomus mosseae* والبكتيري *Bacillus subtillus* واضافة الكربون الحيوي في بعض الصفات الفسيولوجية وحاصل نبات الشمندر *Beta vulgaris* L.

احمد حامد فالح [1]
مديرية تربية الرصافة الثانية
وزارة التربية
07711835534
ahmad77bio32@gmail.com

رباب مجيد عبد [2]
قسم علوم الحياة - كلية التربية للعلوم الصرفة- جامعة ديالى
07731008101
rabab.abed@uodiyala.edu.iq

المستخلص:
اجريت التجربة للعام (2023-2024) لمعرفة تأثير التسميد الحيوي بفطر المايكورايزا *Glomus mosseae* وبكتريا *Bacillus subtillus* و اضافة الكربون الحيوي في بعض الصفات الفسيولوجية وحاصل ونبات الشمندر *Beta vulgaris* L.وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة(RCBD)بثلاث مكررات لكل معاملة وحللت النتائج باستعمال برنامج SPSS اظهرت النتائج ان معاملة التداخل الثلاثي سجلت اعلى تركيز معنوي لصبغة بيتاسيانين Betcyanins في الدرنات وكانت 40.45 ملغم.غم$^{-1}$ مقارنة بمعاملة السيطرة وكانت 12.77 ملغم.غم$^{-1}$ ، وحققت معاملة تداخل الكربون الحيوي مع البكتريا اعلى تركيز للبروتين الكلي وكانت 17.84 % مقارنة بمعاملة السيطرة التي كانت 11.16 %. كما تظهر النتائج التأثير الايجابي للتسميد الحيوي والعضوي في صفات حاصل نبات الشمندرحيث وجد ان قطر الدرنات كانت ضمن مقياس الحاصل القابل للتسويق والتي تراوح بين 6.03 سم الى 13.20 سم، سجلت معاملة التداخل الثلاثي اعلى معدل معنوي لوزن الدرنة 759.90غم. نبات$^{-1}$ مقارنة بمعاملة السيطرة التي اعطت 126.60 غم.نبات$^{-1}$ وحاصل الوحدة التجريبية 2279.70 غم .نبات$^{-1}$مقارنة بمعاملة السيطرة التي اعطت 379.80 غم.نبات$^{-1}$ و الحاصل الكلي1139.85كغم .دونم$^{-1}$ مقارنه بمعاملة السيطرة التي اعطت 189.90 كغم.دونم$^{-}$.

الكلمات المفتاحية : *Glomus mosseae*، التسميد البكتيري *Bacillus subtillus*، الكاربون الحيوي، الشمندر.
ملاحظة: البحث مستل من رسالة ماجستير بالغة العربية .

المقدمة:
ان الزيادة الحاصلة في عدد سكان العالم التي من المتوقع ان تصل الى 9 مليار نسمة بحلول عام 2050 وفقا لتقرير منظمة الغذاء والزراعة Food and Agricultural Organization (FAO) يستدعي تضافرالجهود والسبل لتوفير كمية كافية من الغذاء والأعلاف والمنتجات الزراعية ، لذا يلجا المزارعون الى استعمال الأسمدة الكيميائية من اجل زيادة نمو وحاصل النبات بكفاءة الا ان الاستخدام المفرط للأسمدة الكيميائية يؤدي الى تلوث البيئي وتغير المجتمع الحيوي والتركيب الفيزيائي والكيميائي للتربة ومن تم خفض الإنتاجية الزراعية فضلا عن تسببها في العديد من المخاطر الصحية (Harman واخرون،2021؛ Chaudhary واخرون ،2023) . لذلك اصبحت الاسمدة الحيوية

احدى البدائل التي اثبتت نجاحها وفعاليتها في تحسين نمو وحاصل النباتات مع المحافظة على النظام البيئي من التلوث (Pahalvi واخرون ،2021)، ان فطريات المايكورايزا الشجيرية Arbuscular Mycorrhizae التي تعرف اختصارا بفطريات AM تعد افضل مثال للاسمدة الحيوية التكافلية Biofertilizers Symbiotic التي يتم إنتاجها بصورة طبيعية ،اذ تعمل فطريات المايكورايزا على تجهيز النباتات بالمغذيات الكبرى والصغرى بشكل مباشراوغير مباشروتحسين نموه في الترب الفقيرة بالمغذيات، كما تعمل على تأمين حماية النبات من الاصابة بالمسببات المرضية (Naji واخرون ،2024 ، عبد ; 2024). كما تعد البكتريا المحفزة لنمو النبات من اكثر الاسمدة الحيوية استعمالا في مختلف انحاء العالم و تضم العديد من الانواع المستوطنة في رايزوسفير التربة ومنها بكتريا *Bacillus subtilis* المعروفة بقدرتها على تحرير البوتاسيوم من معادن السليكا في التربة فضلا عن قدرتها على تحسين نمو وانتاجية العديد من المحاصيل الزراعية بشكل مباشر من خلال تعزيز امتصاص المغذيات N, P, K وانتاج الهرمونات النباتية او بصورة غير مباشرة من خلال تثبيط مسببات الأمراض واستحثاث مقاومة النبات (Vishwakarma واخرون،2024) .

وفقا للدراسات الحديثة يعد الفحم الحيوي او الكاربون الحيوي Biochar من الإضافات الفعالة للتربة لأنه يزيد من الإنتاجية الزراعية ويحسن صفات التربة، كما يعمل على تعديل التربة على المدى البعيد كما يسهم في التقليل من سمية المعادن الثقيلة في التربة ومن ثم تعزيز نمو النباتات (Khan وآخرون، 2022 ؛ Kotby واخرون ، 2023). كما اشارت عدة دراسات الى ان اضافة الكربون الحيوي الى التربة يعد اختيارا جيدا لإصلاح عدة مشاكل في الترب منها التأكل والتعرية نتيجة قلة الغطاء النباتي وانخفاض محتوى التربة من الكاربون فضلا عن تعديل حموضة التربة وزيادة خصوبتها وتحسين جودة التربة ونسجتها (Ahmad واخرون ،2016؛ Palansooriya واخرون ،2019)، كما وجد ان اضافة الكربون الحيوي الى التربة يسهم في تحسين نمو النبات سواء النامي ضمن الظروف الطبيعية ام النامي تحت الاجهادات المختلفة من خلال عدة اليات منها تعزيز التنوع الميكروبي ، زيادة المغذيات في التربة، أو تحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة أو تحفيز الاستعمار الميكروبي ، تحسين دفاعات النبات المضادة للأكسدة وهي ميزة واضحة لنمو النبات في ظل ظروف الاجهاد. ان نبات الشمندر *Beta vulgaris* L. من المحاصيل الزراعية التي تزرع على نطاق واسع في العالم لما له من قيمة غذائية وصحية فهو يحتوي على الكربوهيدرات والأملاح المعدنية والأحماض العضوية و الفيتامينات منها C, B1, B2, B6, PP, P والكالسيوم والمغنيسيوم والحديد والماليك والستريك والأوكساليك واللاكتيك إلى جانب أحماض البيوتين والفوليك والبانتوثينيك والأهم من ذلك أن نبات الشمندر يحتوي على الفوسفور والبوتاسيوم بتركيز جيدة لاستهلاك، فضلا عن العديد من المركبات ذات الفوائد الطبية اذ يعتبر علاجاً فعالاً لحالات فقر الدم كما يدخل في العديد من الصناعات الغذائية والتجميلية (Ceclu وNistor ، 2020).نظرا لقلة وجود دراسات عن تطبيقات التسميد الحيوي بفطر المايكورايزا واضافة الكربون الحيويBiochar في حاصل نبات الشمندر في العراق هدفت الدراسة الحالية الى دراسة تأثير التسميد الحيوي بفطر المايكورايزا *G. mosseae* وبكتريا *B. subtilis* و التداخل مع التسميد العضوي بالكربون الحيوي في الصفات الفسيولوجية وحاصل نبات الشمندر *Beta vulgaris* L. النامي ضمن ظروف الحقل.

المواد وطرائق العمل :

- **موقع التجربة**

نفذت التجربة الحقلية في احد الحقول الزراعية التابعة لمركز تربية و تحسين النبات / دائرة البحوث الزراعية / وزارة العلوم و التكنولوجيا الواقعة في منطقة التويثة - قضاء المدائن الذي يبعد عن بغداد 40 كم باتجاه الشرق، خلال الموسم الزراعي (2023-2024)، بهدف دراسة تأثير التسميد الحيوي بفطر المايكورايزا *Glomus mosseae* وبكتريا *Bacillus subtillus* و اضافة الكربون الحيوي والتداخل بينهم في الصفات الفسيولوجية لحاصل نبات الشمندر *Beta vulgaris* L. نفذت التجربة عاملية وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة Randomized complete Block Design (RCBD) التي تضمنت 24 وحدة تجريبية مؤلفة من 8 معاملات و 3 مكررات لكل معاملة كما موضح في الجدول (1) والشكل (1) الذي يوضح توزيع المعاملات.

جدول (1) توزيع معاملات التجربة

رمز المعاملة	المعاملات
T_1	معاملة السيطرة بدون اضافة (Control)
T_2	معاملة فطر المايكورايزا (*G.mosseae*)
T_3	معاملة بكتريا (*B.subtilis*)
T_4	معاملة الكاربون الحيوي (Biochar)
T_5	معاملة التداخل بين (*B. subtilis* +*G.* mosseae)
T_6	معاملة التداخل بين (Biochar + *G.mosseae*)
T_7	معاملة التداخل بين (Biochar + *B. subtilis*)
T_8	معاملة التداخل الثلاثي بين (Biochar + *B. subtilis* +*G.* mosseae)

- **تنفيذ التجربة:**

تم الحصول على لقاح فطر المايكورايزا *Glomus mosseae* بشكل جاهز من مختبر تربية وتحسين النبات في دائرة البحوث الزراعية التابعة الى وزارة العلوم والتكنولوجيا . علما أن اللقاح الفطري محمل على البتموس ويحتوي على أبواغ خارجية و جذور مايكورايزية واستعملت كلقاح للفطر *Glomus. mosseae* في التجربة الحقلية والتي اضيفت بواقع 10 غرام / جورة اما بكتريا *Bacillus subtilis* تم الحصول عليها من قسم التقنيات الأحيائية دائرة البحوث الزراعية - وزارة العلوم والتكنولوجيا في الزعفرانية واستعملت البكتريا التي تم تنميتها في اطباق بلاستيكية على وسط Nutrient agar كلقاح في التجربة الحقلية واضيف لقاح البكتريا بواقع 4/1 طبق لكل جورة ، وتم تحضير الكربون الحيوي Biochar من الافرع الخشب لنبات اليوكالبتوس حسب الطريقة الموصوفة في Chandra و Bhattachary (2019). نفذت التجربة بتاريخ 2023/10/22 وتمت متابعة الزراعة والذهاب الى الحقل وتسجيل الملاحظات عن نمو النبات وسقي الارض واستمرت زراعة نبات الشمندرفي الحقل مدة 3 اشهر.

الصفات المدروسة:

وبعد انتهائها تم تقدير تركيز بعض الموادالكميائية في الدرنات كصبغة بيتاسيانين Betcyanins وبوحدة قياس (ملغم.غم$^{-1}$)و حسب الطريقة الموصوفة في (Jiang واخرون، 2021)، واتبعت طريقة Joslygl (1970) في تقدير كمية الكربوهيدرات ، اما قدرت تركيز البروتين الكلي باتباع طريقة كلدال Micro – Kjeldal وكما جاء في (AOAC،1980)، كما تم حساب صفات الحاصل التي تضمنت الحاصل التسويقي وذلك بالاعتماد على قطر الجذر بالاعتماد على قياس قطر الجذر لنبات الشمندروالذي يمثل في الواقع قطر الدرنة تم تحديد الحاصل التسويقي للنبات وفق الدليل الذي ذكره Kikkert واخرون (2010) والذي اعتبر الدرنات التي قطرها ضمن المقياس 2 فقط قابلة للتسويق وتم اعتبار المقياس 3 أكبر من الحجم الطبيعي اذ تحديد الحاصل التسويقي لنبات الشمندر ، تم حساب وزن الدرنة بعد ازالة الجذر من الدرنة ووزن صافي الدرنة باستعمال ميزان حساس . تم حساب حاصل الوحدة التجريبية (غم.5م^2) من خلال حساب مجموع اوزان الدرنات في الوحدة التجريبية الواحدة علما ان مساحة الوحدة التجريبية كانت 5 م^2 (5م ×1م) .

اما الحاصل الكلي تم حسابه من خلال المعادلة التالية :

الحاصل الكلي (كغم.دونم$^{-1}$) =(حاصل الوحدة التجريبية/ مساحة الوحدة التجريبية م^2)×2500 م^2

التحليل الاحصائي

نفذت تجربة عامليه بتصميم القطاعات العشوائية الكاملة Randomized Complete Block Design (R.C.B.D)وحللت النتائج احصائياً باستعمال برنامج SPSS وتم اجراء تحليل للتربة قبل الزراعة وبعد الزراعة وتمت مقارنة الفروق بين المتوسطات بالاعتماد على اختبار دنكن متعدد الحدود عند مستوى احتمال 0.05 .

النتائج:

- **الصفات الفسيولوجية لنبات الشمندر**

تبين نتائج الجدول (2) حصول زيادة معنوية في تركيز صبغة البيتاسيانين في درنات نبات الشمندروقد تفوقت معاملة التداخل الثلاثي معنويا على بقية المعاملات اذ حققت هذه المعاملة 40.45 ملغم.غم$^{-1}$ بنسبة زيادة مقدارها 216.76% تليها معاملة التداخل بين الكاربون الحيوي والبكتريا35.20 ملغم.غم بنسبة زيادة مقدارها 175.65 % من ثم معاملة التداخل بين البكتريا وفطر المايكورايزا32.66ملغم.غم$^{-1}$وبنسبة زيادة مقدارها155.76 % ثم معاملة التداخل بين الكاربون الحيوي وفطر المايكورايزا32.59 ملغم.غم$^{-1}$ وبنسبة زيادة مقدارها 155.21 %ومعاملة فطر المايكورايزا26.64 ملغم.غم$^{-1}$ وبنسبة زيادة مقدارها 108.61%ومعاملة البكتريا 26.64 ملغم .غم$^{-1}$ وبنسبة زيادة مقدارها 108.61% واخيرا معاملة الكاربون الحيوي20.80 ملغم.غم$^{-1}$ وبنسبة زيادة مقدارها 62.88 % مقارنة بمعاملة السيطرة التي سجلت اقل محتوى لصبغة البيتاسيانين وكانت 12.77 ملغم.غم$^{-1}$. تشير النتائج في الجدول (3) الى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات في نسبة الكربوهيدرات وقد سجلت معاملة التداخل بين فطر المايكورايزا والبكتريا نسبة مئوية مقدارها 4.49% وبقية المعاملات سجلت نسب اقل من هذه النسبة ، وكان تركيز الكاربوهيدرات في هذه المعاملة هو 6.437% تليها كل من معاملة فطر المايكورايزا 6.353% ومعاملة الكربون الحيوي 6.323 % ومعاملة التداخل الثلاثي 6.307% ومعاملة البكتريا 6.267 % ومعاملة تداخل الكربون الحيوي مع فطر الماكورايزا وكانت 6.237 % من ثم معاملة تداخل الكربون الحيوي مع البكتريا وكانت 6.217% واخيرا معاملة السيطرة التي كانت 6.160% .

تشير النتائج المبينة في الجدول (4) الى حصول زيادة معنوية في تركيزالبروتين الكلي في درنة نبات الشمندر مقارنة بمعاملة السيطرة وقد تفوقت معاملة تداخل الكربون الحيوي مع بكتريا *B. subtilus* في تحقيق اعلى نسبة للبروتين الكلي وكانت 17.84 % ، تليها كل من معاملة التداخل الثلاثي وكانت 17.48% من ثم معاملة البكتريا وكانت 17.23% و معاملة فطر المايكورايزا 17.17% ومعاملة التداخل بين فطر المايكورايزا والبكتريا 16.53% و معاملة الكربون الحيوي 16.23% من ثم معاملة تداخل الكربون الحيوي مع فطر المايكورايزا وكانت 13.63% اما معاملة السيطرة فسجلت اقل تركيزللبروتين الكلي وكانت 11.16% .

الجدول (2) تأثير التسميد الحيوي بفطر المايكورايزا *G.mosseae* وبكتريا *B.subtilis* وتداخلهما مع الكربون الحيوي في تركيز صبغة البيتاسيانين في درنات نبات الشمندر *Beta vulgaris* L (ملغم.غم$^{-1}$).

التسميد العضوي / التسميد الكاربون الحيوي	(ملغم.غم$^{-1}$)	
	بدون اضافة الكربون الحيوي	مع اضافة الكربون الحيوي
بدون تسميد	12.77 e	20.80 d
G. mosseae	26.64 c	32.59 b
B. subtilis	26.64 c	35.20 b
G. mosseae + *B. subtilis*	32.66 b	**40.45 a**

*تدل الاحرف المتشابهة على عدم وجود فروق معنوية بين المتوسطات عند مستوى احتمالية 5% ($p\leq0.05$) بحسب اختبار دنكن متعدد الحدود .

الجدول (3) تأثير التسميد الحيوي بفطر المايكورايزا *G.mosseae* وبكتريا *B. subtilis* وتداخلهما مع الكربون الحيوي تركيزالكربوهيدرات في درنات نبات الشمندر *Beta vulgaris* L (%).

التسميد العضوي / التسميد الكاربون الحيوي	(%)	
	بدون اضافة الكربون الحيوي	مع اضافة الكربون الحيوي
بدون تسميد	6.16	6.32
G. mosseae	6.35	6.23
B. subtilis	6.26	6.21
G. mosseae + *B. subtilis*	6.43	6.30

مجلة كلية التربية الاساسية
كلية التربية الاساسية – الجامعة المستنصرية
Journal of the College of Basic Education Vol.31 (NO. 130) 2025, pp. 220-232

الجدول (4) تأثير التسميد الحيوي بفطر المايكورايزا *G.mosseae* وبكتريا *B. subtilis* وتداخلهما مع الكربون الحيوي تركيزالبروتين الكلي في درنات نبات الشمندر *Beta vulgaris* L (%).

التسميد العضوي / التسميد الكاربون الحيوي	(%)	
	بدون اضافة الكربون الحيوي	مع اضافة الكربون الحيوي
بدون تسميد	11.16 d	16.23 b
G. mosseae	17.17 ab	13.63 c
B. subtilis	17.23 ab	17.84 a
G. mosseae + *B. subtilis*	16.53 ab	17.48 ab

*تدل الاحرف المتشابهة على عدم وجود فروق معنوية بين المتوسطات عند مستوى احتمالية 5% ($p \leq 0.05$) بحسب اختبار دنكن متعدد الحدود .

- **صفات الحاصل لنبات الشوندر**

، وعليه نلاحظ من الجدول (5) ان جميع معاملات التسميد الحيوي بفطر المايكورايزا *G. mosseae* و التسميد الحيوي ببكتريا *B. subtilis* وتداخلهما مع التسميد العضوي بالكاربون الحيوي كان قطر الدرنات فيها ضمن المقياس 3 الذي هو اكبر من 6.25 سم اذ تراوح قطر الدرنات في هذه المعاملات بين 6.03 سم – 13.20 سم وهذا يوضح كبر اقطارها فيما كان معدل قطر الدرنات في معاملة السيطرة ضمن المقاس 2 والذي يعتبر قطرا صالحا للتسويق حيث كان معدل قطر الدرنات 5.29 سم . تظهر النتائج المبينة في الجدول (6) حصول زيادة معنوية كبيرة في وزن الدرنات في جميع معاملات التسميد الحيوي وتداخلها مع التسميد العضوي حيث يبين الجدول ايضا ان تداخل الكاربون الحيوي مع التسميد الحيوي الفطري او البكتيري او كليهما احدث زيادة معنوية في وزن الدرنة ، وقد حققت معاملة التداخل الثلاثي اعلى معدل لوزن الدرنة وكان 759.9 غم بنسبة زيادة مقدارها 500.24% ، تليها معاملتا تداخل الكربون الحيوي مع البكتريا و مع الفطر وكانت 637.7 غم و 631.0 غم بالتتابع بنسبة زيادة مقدارها 403.71% و 398.42% بالتتابع . كما حققت معاملة الكاربون الحيوي زيادة معنوية في معدل وزن الدرنة وكانت 461.0 غم بنسبة زيادة مقدارها 264.14% ، من ثم معاملة التداخل الثنائي للتسميد الحيوي الفطري والبكتيري والتي كانت 420.1 غم بنسبة زيادة مقدارها 231.83 % ومن ثم معاملتي التسميد الفطري والبكتيري اللتين لم يكن بينهما فروق معنوية وسجلت كل منهما وزن مقداره 373.66 غم و 367.9 غم على التوالي بنسبة زيادة مقدارها 195.15% و 190.60% على التوالي ، فيما سجلت معاملة السيطرة اقل معدل لوزن الدرنة وكانت 126.6 غم . تشير النتائج في الجدول (7) الى ان التسميد الحيوي بفطر المايكورايزا و بكتريا *B. subtilis* والتسميد العضوي بالكاربون الحيوي والتداخل بينهم احدث زيادة معنوية في حاصل الوحدة التجريبية لنبات الشمندر النامي ضمن ظروف الحقل ، كما تبين النتائج التأثير الايجابي لتداخل التسميد الحيوي والعضوي في زيادة حاصل الوحدة التجريبية مقارنة بمعاملات التسميد الحيوي بدون الكاربون الحيوي ، وعليه نجد من خلال الجدول ان معاملة التداخل الثلاثي حققت اعلى مستوى في حاصل الوحدة التجريبية وكانت 2279.70 غم.5م2 بنسبة زيادة مقدارها 500.24 % تليها معاملة التداخل بين الكاربون الحيوي و البكتريا ومعاملة التداخل بين الكاربون الحيوي وفطر المايكورايزا ومعاملة الكاربون الحيوي فقط وكانت 1913.10 غم.5م2 و 1893.00 غم.5م2 و 1383.00

غم.5م2على التوالي بنسبة زيادة مقدارها 403.71% و 398.42% و 264.14% على التوالي، من ثم تاتي معاملات التسميد الحيوي وتضمنت معاملة التداخل بين فطر المايكورايزا والبكتريا ومعاملة فطر المايكورايزا ومعاملة البكتريا وكانت 1260.30 غم.5م2 و1120.98 غم.5م2 و 1103.70 غم.5م2 على التوالي بنسبة زيادة مقدارها 231.83% و 195.15% و 190.60% على التوالي ، فيما حققت معاملة السيطرة اقل كمية لحاصل الوحدة التجريبية وكانت 379.80 غم.5م2 .

نلاحظ كذلك من نتائج الجدول (8) حصول زيادة معنوية في الحاصل الكلي لنبات الشمندر وهذه النتيجة هي انعكاس للزيادة الحاصلة في حاصل الوحدة التجريبية ، وعليه حققت معاملة التداخل الثلاثي اعلى مستوى في حاصل الوحدة التجريبية وكانت 1139.85 كغم.دونم-1 بنسبة زيادة مقدارها 500.24 % تليها معاملة التداخل بين الكاربون الحيوي و البكتريا ومعاملة التداخل بين الكاربون الحيوي وفطر المايكورايزا ومعاملة الكاربون الحيوي فقط وكانت 956.55 كغم.دونم-1 و 946.5 كغم.دونم-1و 691.5 كغم.دونم-^{1} بالتتابع بنسبة زيادة مقدارها 403.71% و 398.42% و 264.14% على التوالي ، من ثم تأتي معاملات التسميد الحيوي وتضمنت معاملة التداخل بين فطر المايكورايزا والبكتريا ومعاملة فطر المايكورايزا ومعاملة البكتريا وكانت 630.15 كغم.دونم-1 و560.49 كغم.دونم-^{1} و551.8 كغم.دونم-^{1} بالتتابع بنسبة زيادة مقدارها 231.83% و195.15% و 190.60% بالتتابع ،فيما حققت معاملة السيطرة اقل كمية لحاصل الوحدة التجريبية وكانت 189.90 كغم.دونم-^{1} .

الجدول (5) تأثير التسميد الحيوي بفطر المايكورايزا *G. mosseae* وبكتريا *B. subtilis* وتداخلهما مع الكربون الحيوي في الحاصل التسويقي لنبات الشمندر L *Beta vulgaris* .

التسميد العضوي / التسميد الكاربون الحيوي	بدون اضافة الكربون الحيوي		مع اضافة الكربون الحيوي	
	قطر الدرنة (سم)	مقياس الحاصل التسويقي	قطر الدرنة (سم)	مقياس الحاصل التسويقي
بدون تسميد	5.29 d	2	13.20 a	3
G. mosseae	6.03 d	3	9.76 b	3
B. subtilis	9.43 bc	3	9.50 c	3
G. mosseae* + *B. subtilis	8.56 c	3	9.90 b	3

*تدل الاحرف المتشابهة على عدم وجود فروق معنوية بين المتوسطات عند مستوى احتمالية 5% ($p\leq0.05$) بحسب اختبار دنكن متعدد الحدود .

مجلة كلية التربية الاساسية
كلية التربية الاساسية – الجامعة المستنصرية
Journal of the College of Basic Education Vol.31 (NO. 130) 2025, pp. 220-232

الجدول (6) تأثير التسميد الحيوي بفطر المايكورايزا *G. mosseae* وبكتريا *B. subtilis* وتداخلهما مع الكربون الحيوي في وزن الدرنة لنبات الشمندر *Beta vulgaris* L (غم).

التسميد العضوي / التسميد الحيوي	-	
	بدون اضافة الكربون الحيوي	مع اضافة الكربون الحيوي
بدون تسميد	126.60 d	461.00 c
G. mosseae	373.66 c	631.00 b
B. subtilis	367.90 c	637.70 b
G. mosseae* + *B. subtilis	420.10 c	759.90 a

*تدل الاحرف المتشابهة على عدم وجود فروق معنوية بين المتوسطات عند مستوى احتمالية 5% ($p\leq0.05$) بحسب اختبار دنكن متعدد الحدود .

الجدول (7) تأثير التسميد الحيوي بفطر المايكورايزا *G. mosseae* وبكتريا *B. subtilis* وتداخلهما مع الكربون الحيوي في حاصل الوحدة التجريبية لنبات الشمندر *Beta vulgaris* L (غم.5م^2).

التسميد العضوي / التسميد الكاربون الحيوي		
	بدون اضافة الكربون الحيوي	مع اضافة الكربون الحيوي
بدون تسميد	379.80 e	1383.00 c
G. mosseae	1120.98d	1893.00 b
B. subtilis	1103.70 d	1913.10 b
G. mosseae* + *B. subtilis	1260.30 c	2279.70 a

*تدل الاحرف المتشابهة على عدم وجود فروق معنوية بين المتوسطات عند مستوى احتمالية 5% ($p\leq0.05$) بحسب اختبار دنكن متعدد الحدود .

الجدول (8) تأثير التسميد الحيوي بفطر المايكورايزا *G.mosseae* وبكتريا *B.subtilis* وتداخلهما مع الكربون الحيوي في الحاصل الكلي لنبات الشمندر *Beta vulgaris* L (كغم . دونم$^{-1}$).

التسميد العضوي / التسميد الكاربون الحيوي		
	بدون اضافة الكربون الحيوي	مع اضافة الكربون الحيوي
بدون تسميد	189.90 e	691.5 c
G. mosseae	560.49 d	946.5 b
B. subtilis	551.85 d	956.55 b
G. mosseae* + *B. subtilis	630.15 cd	**1139.85** a

*تدل الاحرف المتشابهة على عدم وجود فروق معنوية بين المتوسطات عند مستوى احتمالية 5% ($p\leq0.05$) بحسب اختبار دنكن متعدد الحدود .

المناقشة :

ان الزيادة الحاصلة في الصفات الفيسيولوجية وصفات الحاصل لنبات الشمندرتعزى الى التأثير الايجابي للتسميد الفطري والبكتيري والتسميد العضوي بالكربون الحيوي والذي انعكس بشكل واضح على الصفات المدروسة اذ نجد من خلال النتائج حصول زيادة معنوية في صبغة البيتاسيانين التي تعد من الصبغات المهمة ويمكن أن تعزى الزيادة الحاصلة في تركيز الصبغة في الأوراق لنبات البنجر الأحمر إلى وجود عوامل التسميد الحيوي وهذا ماكدته دراسة AL Erwy (2016) والتي بينت أن التسميد الحيوي لنبات الحنطة أدات إلى حصول زيادة في صيغة الكاروتين والكلورفيل aوbلذا ان زيادة تركيزها نتيجة للتسميد الحيوي الفطري والبكتيري والتسميد العضوي بالكاربون الحيوي يعد ذا اهمية اقتصادية لإنتاج بكميات كبيرة ، من العوامل التي تؤدي إلى تركيز هذه الصبغة في جذور نبات البنجر الأحمرجاهزية النتروجين وهذه ماأكدته دراسة Roviq وآخرون (2022) التي بينت أن زيادة تركيز النتروجين الى تربة الزراعة أدت إلى زيادة الوزن الطري للجذور ، بالرغم من عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات الا ان جميع معاملات التسميد الحيوي والعضوي كانت نسبة الكاربوهيدرات فيها اكثر من معاملة السيطرة وهذه ربما يرجع الى انخفاض الكلوروفيل الكلي في الأوراق والذي أثر بالتالي علي تركيز الكاربوهيدرات في جذور نبات البنجر الأحمر وهذا يتفق مع دراسة Yadav واخرون (2023) التي بينت ان معاملة نبات الشمندر بانواع من فطر المايكورايزا لم تؤثر معنويا في محتوى الجذر من الكاربوهيدرات ، الا انه ارتفع عند المعاملة بجميع الانواع لفطر المايكورايزا .ان الزيادة الحاصلة في تركيز البروتين الكلي نتيجة للمعاملة بعوامل التسميد الحيوي والتسميد العضوي يعزى على قدرتها على زيادة جاهزية النتروجين الذي يلعب دورلاً مهما في بناء اليروتينات في النبات وهذه يتفق مع (Zhangواخرين، 2021 ؛ Khanواخرين، 2022 ؛ Gouواخرين، 2024). كما يمكن ان يعزى سبب الزيادة الحاصلة في وزن الدرنة وحاصل نبات الشمندرالى تراكم الكاربوهيدرات والعناصر المعدنية والماء والبروتينات بسبب زيادة كفاءة عملية البناء الضوئي والتي تزيد من المركبات الكربوهيدراتية كالنشا والتي تنتقل إلى الدرنات وترفع من وزنها(Millard و Marshall،1986) . كما يرجع السبب الزيادة الحاصلة في حاصل النبات الى زيادة جاهزية العناصر المغذية كالبوتاسيوم والنتروجين والفسفور وبعض العناصر الصغرى كالزنك والحديد والمنغنيز من خلال زيادة حامضية وسط الزراعة (Kwizera واخرون ، 2023) .تتفق هذه النتائج مع دراسات Yadav واخرين (2023) التي اكدت حصول زيادة معنوية في وزن درنات نبات البنجر ***Beta vulgaris L*** وحصول زيادة في محتواه من العناصر الغذائي نتيجة للتسميد الحيوي بانواع مختلفة من فطريات المايكورايزا . كما تتفق النتائج مع دراسة (Zhangواخرين ، 2020) و دراسة (Lastochkinaواخرين ،2018). ان النتائج اعلاه ترتبط بالزيادة التي حصلت في وزن الدرنة لنبات الشمندر.

استنتاجات:

نستنتج من نتائج الدراسة حصول زيادة معنوية في تركيز صبغة البيتاسيانين والبروتين الكلي وذلك نتيجة للتسميد الحيوي والتسميد العضوي والتداخل بينهم ، كما حصلت زيادة معنوية في صفات حاصل نبات الشوندر التسويقية والكمية عند التسميد الحيوي بفطر المايكورايزا او البكتريا كما ازدادت هذه الصفات عند تداخل التسميد الحيوي مع اضافة الكاربون الحيوي وكانت افضل معاملة هي التداخل الثلاثي .

المصادر :

عبد، رباب مجيد (2024). تقييم دور الكربون الحيوي و الفطر الميكوريزي *Glomus mosseae* في انبات ونمو نبات الفاصولياء الشائعة(*Phaseolus vulgaris*)المصاب بالفطر *Rhizoctonia solani* . مجلة وقاية النبات العربية ، 42 (2):215-223 .

Ahmad, J., Patuzzi, F., Rashid, U., Shahabz, M., Ngamcharussrivichai, C. and Baratieri, M., (2021). Exploring untapped effect of process conditions on biochar characteristics And applications. Environmental Technology & Innovation, 21, p.101310.

AL Erwy, A.S.,(2016). Effect of chemical, organic and bio fertilizers on photosynthetic pigments, carbohydrates and minerals of wheat (Triticum aestivum L.) irrigated with sea water.

AOAC ,Association of Official Analytical Chemists and Association of Official Agricultural Chemists (US), (1980). Official and Tentative Methods of Analysis (Vol. 13).

Ceclu, L. and Nistor, O.V., (2020). Red beetroot: Composition and health effects-A review. J. Nutr. Med. Diet Care, 6(1), pp.1-9.

Chandra, S. and Bhattacharya, J., (2019). Influence of temperature and duration of pyrolysis on the property heterogeneity of rice straw biochar and optimization of pyrolysis conditions for its application in soils. Journal of cleaner production, 215, pp.1123-1139.

Chaudhary, P., Xu, M., Ahamad, L., Chaudhary, A., Kumar, G., Adeleke, B.S., Verma, K.K., Hu, D.M., Širić, I., Kumar, P. and Popescu, S.M., (2023). Application of synthetic consortia for improvement of soil fertility, pollution remediation, and agricultural productivity: a review. Agronomy, 13(3), p.643.

Gou, X., Hu, Y., Ni, H., Wang, X., Qiu, L., Chang, X., Shao, M., Wei, G. and Wei, X., (2024). Arbuscular mycorrhizal fungi alleviate erosional soil nitrogen loss by regulating nitrogen cycling genes and enzymes in experimental agro-ecosystems. Science of The Total Environment, 906, p.167425.

Harman, G., Khadka, R., Doni, F. and Uphoff, N.,(2021). Benefits to plant health and productivity from enhancing plant microbial symbionts. Frontiers in Plant Science, 11, p.610065.

Jiang, Y., Wang, X., Zhao, Y., Zhang, C., Jin, Z., Shan, S. and Ping, L.,(2021). Effects of biochar application on enzyme activities in tea garden soil. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 9, p.728530.

Joslyn, M.A., (1970). Ash content and ashing procedures. Methods in Food Analysis. Physical, Chemical and Instrumental Methods of Analysis, 2nd Edition, Academic Press, New York, pp.109-140.

Khan, Z., Zhang, K., Khan, M.N., Bi, J., Zhu, K., Luo, L. and Hu, L.,(2022). How biochar affects nitrogen assimilation and dynamics by interacting soil and plant enzymatic activities: quantitative assessment of 2 years potted study in a rapeseed-soil system. Frontiers in Plant Science, 13, p.853449.

Kikkert, J.R., Reiners, S. and Gugino, B.K., (2010). Row width, population density, and harvest date effects on marketable yield of table beet. HortTechnology, 20(3), pp.560-567.

Kotby, R.A., Mohamed, H.M., Gomah, H.H. and Usman, A.R., (2023). Application Effect of Biochar, Activated Carbon and Microorganisms on Reducing the Phytotoxicity of Cd and Pb. Assiut Journal of Agricultural Sciences, 54(4), pp.304-316.

Kwizera, E., Opiyo, A.M. and Mungai, N.W., (2023). Effects of biochar and inorganic fertiliser on the growth and yield of beetroot (*Beta vulgaris* L.) in Kenya. International Journal of Horticultural Science, pp.37-45.

Lastochkina, O., Pusenkova, L., Yuldashev, R., Ilyasova, E.Y. and Aliniaeifard, S., (2018). Effect of *Bacillus subtilis* based micrrobials on physiological and biochemical parameters of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) plants infected with *Alternaria alternata*. Sel'Skokhozyaistvennaya Biologiya, 53, pp.958-968.

Millard, P. and Marshall, B., (1986). Growth, nitrogen uptake and partitioning within the potato (*Solatium tuberosum* L.) crop, in relation to nitrogen application. The Journal of Agricultural Science, 107(2), pp.421-429.

Naji, N.S., Dhiyab, N.S. and Abed, R.M., (2024). Efficiency of some local isolates of arbuscular mycorrhizae in the growth and productivity of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) in plastic pots. Plant Science Today, 11(1), pp.274-280.

Pahalvi, H.N., Rafiya, L., Rashid, S., Nisar, B. and Kamili, A.N., (2021). Chemical fertilizers and their impact on soil health. Microbiota and Biofertilizers, Vol 2: Ecofriendly tools for reclamation of degraded soil environs, pp.1-20.

Palansooriya, K.N., Ok, Y.S., Awad, Y.M., Lee, S.S., Sung, J.K., Koutsospyros, A. and Moon, D.H., (2019). Impacts of biochar application on upland agriculture: A review. Journal of environmental management, 234, pp.52-64.

Roviq, M., Nihayati, E., Sitawati, S. and Soemarno, S., (2022). Nitrogen Sources Take Roles on Different Growth Balance of Red Beet (Beta vulgaris). AGRIVITA Journal of Agricultural Science, 44(3), pp.447-458.

Vishwakarma, S.K., Ilyas, T., Shahid, M., Malviya, D., Kumar, S., Singh, S., Johri, P., Singh, U.B. and Singh, H.V., (2024). *Bacillus* spp.: Nature's Gift to Agriculture and Humankind. In Applications of *Bacillus* and *Bacillus* Derived Genera in Agriculture, Biotechnology and Beyond (pp. 1-36). Singapore: Springer Nature Singapore.

Yadav, V.K., Kumar, D., Jha, R.K., Bairwa, R.K., Singh, R., Mishra, G., Singh, J.P., Kumar, A., Vinesh, B., Jayaswall, K. and Rai, A.K., (2023). Mycorrhizae set the stage for plants to produce a higher production of biomolecules and stress-related metabolites: a sustainable alternative of agrochemicals to enhance the quality and yield of beetroot (*Beta vulgaris* L.). Frontiers in Microbiology, 14, p.1196101.

Zhang, M., Liu, Y., Wei, Q. and Gou, J., (2021). Biochar enhances the retention capacity of nitrogen fertilizer and affects the diversity of nitrifying functional microbial communities in karst soil of southwest China. Ecotoxicology and Environmental Safety, 226, p.112819.

Zhang, P., Yang, F., Zhang, H., Liu, L., Liu, X., Chen, J., Wang, X., Wang, Y. and Li, C.,(2020). Beneficial effects of biochar-based organic fertilizer on nitrogen assimilation, antioxidant capacities, and photosynthesis of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under saline-alkaline stress. Agronomy, 10(10), p.1562.

مجلة كلية التربية الاساسية
كلية التربية الاساسية – الجامعة المستنصرية
Journal of the College of Basic Education Vol.31 (NO. 130) 2025, pp. 220-232

The Effect of biofertilization with fungal *Glomus mosseae* and bacteria *Bacillus subtillus* and the addition of biocarbon on some physiological traits and the yield of beetroot *Beta vulgaris* L.

Ahmed Hamed Faleh [(1)]
Second Rusafa Education Directorate - Ministry of Education- Baghdad-Iraq.
ahmad77bio32@gmail.com

Rabab Majead Abed [(2)]
Department of Biology, College of Education and Pure Science, University of Diyala, Iraq..
rabab.abed@uodiyala.edu.iq

Abstract:

The experiment was conducted for the year (2023-2024) to determine the effect of biofertilization with Glomus mosseae mycorrhizal fungus and Bacillus subtillus bacteria and the addition of biocarbon on some physiological characteristics and yield and plant of beetroot. Beta vulgaris L. according to a randomized complete block design (RCBD) with three replicates for each treatment. The results were analyzed using the SPSS program. The results showed that the triple interaction treatment recorded the highest significant concentration of Betcyanins pigment in tubers, which was 40.45 mg. g-1 compared to the control treatment, which was 12.77 mg. g-1. The interaction treatment of biocarbon with bacteria achieved the highest concentration of total protein, which was 17.84%, compared to the control treatment, which was 11.16%. The results also show the positive effect of organic and biofertilization on the characteristics of the beetroot yield, as it was found that the diameter of the tubers was within the marketable yield scale, which ranged from 6.03 cm to 13.20 cm. The triple interaction treatment recorded the highest significant rate of tuber weight 759.90 g. plant-1 compared to the control treatment, which gave 126.60 g. plant-1, and the yield of the experimental unit 2279.70 g. plant-1 compared to the control treatment, which gave 379.80 g. plant-1, and the total yield is 1139.85 kg. dunum-1 compared to the control treatment, which gave 189.90 kg. Dunum-.

Keyword: Glomus mosseae, Bacillus subtillus bacterial fertilization, biocarbon, beets.