Effect of adding biochar and spraying Salicylic acid on the growth and production of *Solanum melongena L.* eggplant to reduce drought stress

Dr. Dima khrmashow*

(Received 6 / 4 / 2026. Accepted 17 / 6 /2026)

□ ABSTRACT □

This research aimed to study the effect of adding biochar made from Washingtonia fan palm trees at a concentration of 500 g/m² and spraying salicylic acid at a concentration of 1.5 mM on the vegetative growth and yield of eggplant (*Solanum melongena L.*) under drought stress. This was achieved by irrigating the plants at different levels (100% and 50%) of their water requirements

This study was conducted at Latakia University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, and the laboratories of the General Commission for Agricultural Scientific Research. Field experiments were carried out in the village of Al-Dabiqa, Tarjano subdistrict, Al-Haffah district, Latakia Governorate, Syria..

The results showed that the combined treatment (biochar + salicylic acid spray at T6) resulted in the best vegetative and fruiting performance. T6 recorded the highest values for height (119.11 cm), leaf area (12458.17 cm²), average number of flowers (67.84 flowers), and average number of fruits (33.21 fruits/plant). The experiment also demonstrated that reducing irrigation to 50% significantly decreased plant growth and yield, while adding biochar and spraying salicylic acid helped mitigate the effects of drought and increase growth and fruiting efficiency.

The results also showed that biochar reduced drought stress on eggplant plants when only 50% of the plant's water requirements were met.

Keywords: Biochar, Salicylic acid, *Solanum melongena* L. (Eggplant), Water stress

Copyright **:**Latakia University journal (formerly Tishreen) -Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* **Work Supervisor – Faculty of Agricultural Engineering - Latakia University(formerly Tishreen) Latakia, Syria.**

تأثير إضافة الفحم الحيوي وحمض الساليسيليك على نمو وإنتاج نبات الباذنجان *Solanum melongena L* للحد من إجهاد الجفاف.

د. ديما خرماشو*

(تاريخ الإيداع 6 / 4 / 2026. قبل للنشر في 17 / 6 / 2026)

ملخّص

هدف هذا البحث إلى دراسة تأثير كل من إضافة الفحم الحيوي المصنع من أشجار النخيل المروحي Washingtonia بكمية (500غ/م2)، ورش حمض الساليسليك بتركيز (1.5) mM في النمو الخضري والإنتاجي لنبات الباذنجان *Solanum melongena L*، وذلك تحت إجهاد الجفاف وذلك من خلال ري النبات بمستويات مختلفة (50،100%) من احتياجاته المائية.

أجريت هذه الدراسة في جامعة اللاذقية، كلية الزراعة قسم البساتين ومخابر الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية. تمت التجارب الحقلية في قرية الدبيقة – ناحية طرجانو –منطقة الحفة، محافظة اللاذقية، سوريا.

أظهرت النتائج أن المعاملة المركبة (فحم حيوي + رش S A عندT6) أعطت أفضل أداء خضري وثمري؛ سجلت T6 أعلى قيم للارتفاع (119.11 سم)، المساحة الورقية (12458.17 سم2)، متوسط الأزهار (67.84 زهرة)، ومتوسط الثمار (33.21 ثمرة/نبات). كما بيّنت التجربة أن تخفيض الري إلى 50% قلّص بشكل كبير نمو وإنتاجية النباتات، في حين ساعدت إضافة الفحم الحيوي ورش الساليسليك على تقليل آثار الجفاف وزيادة كفاءة النمو والإثمار.

كما بينت النتائج أن الفحم الحيوي قد حد من إجهاد الجفاف على نبات الباذنجان وذلك عند تأمين 50% فقط من الاحتياجات المائية للنبات.

الكلمات المفتاحية: الفحم الحيوي، حمض الساليسليك، نبات الباذنجان *Solanum melongena L*، إجهاد نقص الاحتياجات المائية

حقوق النشر : مجلة جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً)- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

*مشرف على الأعمال- كلية الهندسة الزراعية- جامعة اللاذقية(تشرين سابقاً) - اللاذقية- سوريا.

مقدمة:

الباذنجان (*Solanum melongena*) نبات عشبي من الفصيلة الباذنجانية، يُزرع بشكل رئيسي في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية لثماره الصالحة للأكل، ويُعدّ الباذنجان خامس أهم محصول من بين الفصيلة الباذنجانية اقتصاديًا على مستوى العالم بعد البطاطا والبندورة والفليفلة والتبغ حسب إحصائيات FAO 2024 [1]، ويُلاحظ في السنوات الأخيرة تزايد الطلب على ثماره نتيجة ارتباطه الوثيق بالمأكولات الشعبية والتراثية، خاصةً في المطبخ السوري والعربي، مما يؤدي إلى ارتفاع أسعاره في الأسواق خارج مواسم إنتاجه الطبيعية .وفي ظل هذا الطلب المتزايد، يواجه المزارعون تحديات جسيمة تُهدد استدامة إنتاج هذا المحصول.

يُمثل الجفاف أحد أهم الضغوط البيئية التي قد تؤثر سلبًا على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للتربة، بالإضافة إلى نمو وإنتاجية المحاصيل، بما في ذلك الباذنجان[2] وفي العديد من المناطق خاصةً في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، يرتبط إجهاد الجفاف عمومًا بزيادة ملوحة التربة وتدهورها، ويعزى ذلك أساسًا إلى ارتفاع معدل التبخر [3]ومن ناحية أخرى، يُمكن أن تُفيد إضافة المواد العضوية ومحسنات التربة العديد من خصائص التربة، بما في ذلك احتباس الماء وزيادة إنتاجية المحاصيل.

أُشير إلى أن تعديل التربة بالفحم الحيوي يُحسّن خصائصها الفيزيائية والكيميائية، بما في ذلك سعة تبادل الكاتيونات، ودرجة الحموضة، واحتباس المغذيات والماء، بالإضافة إلى تأثيره الإيجابي على المجتمعات الميكروبية في التربة [4–8] يعتبر الفحم الحيوي مادة كربونية يتم إنتاجها من خلال عملية التبخير الحراري للنفايات العضوية، يعتمد حجم الفحم الحيوي الناتج على نوع المواد الخام المستخدمة وظروف عملية التبخير، يُضاف الفحم الحيوي إلى التربة لأغراض عديدة منها احتجاز الكربون وتقليل انبعاثات غازات الدفيئة وتحسين إنتاجية المحاصيل من خلال زيادة خصوبة التربة وإزالة الملوثات الضارة ومكافحة الجفاف، وتختلف نسبة الكربون وتركيبته الكيميائية باختلاف مصدر المادة الخام حيث يتم تصنيع الفحم الحيوي من مواد خام مختلفة، بما في ذلك المخلفات الزراعية ونفايات الخشب ونفايات الماشية وحمأة الصرف الصحي [9]، يمكن إنتاج الفحم الحيوي باستخدام عمليات كيميائية حرارية مختلفة، بما في ذلك التسييل، والتحلل الحراري، والكربنة الحرارية المائية [10–11].

يتميز الفحم الحيوي بمساحات سطحية واسعة [12]، وكثافات شحنة عالية [13]، وكثافات حجمية منخفضة [6] و[14]، وتركيبات مسامية عالية [15]، ومحتوى عالٍ من الكربون العضوي [14]، وقد ثبت أن الفحم الحيوي يُحسّن الخصائص البيولوجية والكيميائية للتربة وذلك وفقًا لتقارير عديدة [16].

عزز الفحم الحيوي المياه المتاحة للنباتات (PAW) حيث يزيد الفحم الحيوي من المياه المتاحة في 72% من الحالات، وكان هناك ارتفاع بنسبة تتراوح بين 4 إلى 130٪ في المياه المتاحة للنباتات مع الفحم الحيوي وبما أن الفحم الحيوي يزيد من كمية المياه المتاحة للنباتات فإن استخدامه في الأراضي الزراعية قد يقلل من وتيرة الري ويكتسب هذا أهمية خاصة في المناطق شحيحة المياه أو شبه القاحلة [17].

أظهرت نتائج [18] أن استخدام الفحم الحيوي من نخيل التمر بكمية 500 غ/م^2 وتحت إجهاد جفاف (ريّ 50% من الاحتياجات المائية) زاد من إنتاج الباذنجان وذلك عند مقارنتها مع المعاملات التي لم يستخدم فيها الفحم الحيوي تحت نفس الإجهاد مما يدل على أنه رفع من كفاءة استخدام المياه، كما حسّن استخدام الفحم الحيوي من تركيز النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والحديد والمنغنيز في الأوراق، وقد وُجدت زيادة في تراكيز مستقلبات الإجهاد المهمة فسيولوجيًا، كأنزيمات مالونديالدهيد، وبيروكسيديز الغاياكول، وديسموتاز الفائق، والكاتالاز في المعاملات التي

استخدم فيها الفحم الحيوي عند مقارنها مع المعاملات التي لم يستخدم الفحم الحيوي والتي تعرضت لإجهادات الجفاف ذاتها.

ولزيادة نمو النباتات، والإزهار، وعقد الثمار، والإنتاج الإجمالي لمحاصيل الخضراوات في ظل ظروف الملوحة، يُولى اهتمام كبير حاليًا لفكرة استخدام بدائل طبيعية وآمنة. ونتيجة لذلك، طُبقت استراتيجيات مختلفة للتخفيف من الآثار الضارة للكبريت على النباتات، مثل رش منظمات النمو على الأوراق [19]، يُعد حمض الساليسيليك (SA) منظم نمو داخليًا يحفز تحمل النبات لمختلف الضغوطات اللاأحيائية كالكبريت [20].

يُوصى بشدة باستخدام المواد الواقية من الضوء لتعزيز نمو العديد من أنواع النباتات وزيادة إنتاجيتها في ظل ظروف الإجهاد اللاأحيائي. ومن بينها، يلعب حمض الساليسيليك (SA) دورًا هامًا في حماية النباتات من ظروف الإجهاد الأحيائي واللاأحيائي على حد سواء[21–22]. وقد ثبت أن تطبيق حمض الساليسيليك خارجيًا يؤثر على نطاق واسع من العمليات النباتية، بما في ذلك إنبات البذور، وإغلاق الثغور، وامتصاص الأيونات، ونفاذية غشاء الخلية، ومعدل التمثيل الضوئي[23] ، بما في ذلك محتوى الصبغات، ومعدل النمو، وإنتاجية الثمار [24]. كما أنه يعزز نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة ومحتوى البرولين .

أظهرت الدراسات أن حمض الساليسيليك (SA) يُحسّن قدرة النباتات على تحمل الإجهادات اللاأحيائية الرئيسية، مثل الإجهاد الناتج عن المعادن [25]، والملوحة [26]، والإجهاد الأسموزي [27]، والجفاف [28]، وأضرار البرودة [29]، والإجهاد الحراري [30].

وقد أشارت التقارير إلى أن إضافة حمض الساليسيليك من مصادر خارجية إلى النباتات المُجهدة، سواءً عن طريق نقع البذور، أو إضافته إلى المحلول المغذي، أو الري [31]، أو الرش، يُحفز آليات تحمل الإجهادات اللاأحيائية الرئيسية [32]، ويؤثر حمض الساليسيليك على وظائف النبات بطريقة تعتمد على الجرعة، حيث يمكن تحفيز وظائف النبات أو تثبيطها بتركيزات منخفضة وعالية من حمض الساليسيليك، على التوالي. وقد أثبتت الدراسات الجزيئية الحديثة أن حمض الساليسيليك قادر على تنظيم العديد من جوانب النباتات على المستوى الجيني، وبالتالي تحسين قدرة النبات على تحمل الإجهادات اللاأحيائية.

أظهرت دراسات عديدة أن حمض الساليسيليك (SA) يُخفف من الإجهاد الملحي في الفواكه والخضراوات، مثل الفلفل الحلو [33]، واليقطين [34]، والطماطم [35]. مع ذلك، يختلف هذا التأثير باختلاف الأنواع، وطرق التطبيق، وتركيز حمض الساليسيليك، وبيئة النمو. قيّم Ribeiro وآخرون (2020) [36] خصائص البطيخ وعلاقتها بالكبريت في الماء والمعالجة الخارجية بحمض الساليسيليك، ولاحظوا أن حمض الساليسيليك لم يُخفف من الأثر الضار للملوحة، بل حسّن من وظائف النبات حتى تركيز 0.85 ملي مولار. في ضوء ما سبق، أدى رش حمض الساليسيليك على أوراق نباتات الفاصوليا إلى زيادة سُمك الوريقات نتيجةً لزيادة سُمك النصل عند العرق الوسطية [37].

في تقرير [38]، أدى استخدام حمض الساليسيليك إلى تحسين قطر الساق، وعدد الأوعية في كل حزمة من العروق الوسطى، وسماكة صفيحة الوريقة، بالإضافة إلى متوسط قطر أوعية الخشب في نباتات الفول المعرضة للإجهاد الناتج عن الجفاف. علاوة على ذلك، أفادوا بأن الرش الورقي بحمض الساليسيليك قلل من آثار الإجهاد الناتج عن الجفاف وعزز تحمل نبات الفول للجفاف.

كما حسّن العلاج الخارجي بحمض الساليسيليك من سماكة الأنسجة العمادية والإسفنجية، وسماكة العرق الوسطي وصفيحة الوريقة، إلى جانب زيادة في حجم حزمة العروق الوسطى [39].

أهمية البحث وأهدافه:

تشهد المنطقة تغيرات مناخية متسارعة في السنوات الأخيرة تمثلت بارتفاع درجات الحرارة وتقلب الأنماط المطرية، مما أدى إلى انخفاض كميات الأمطار السنوية وتراجع مناسيب المياه في السدود والخزانات. وقد انعكس ذلك مباشرةً على انخفاض مردودية المياه الزراعية وتراجع كميات المياه المتاحة للري، مما يُفاقم من حدة الضغوط الجفافية على المحاصيل الحقلية، ولكون الجفاف أحد أهم الضغوط البيئية التي قد تؤثر سلبًا على خصائص التربة ونمو النباتات فان استخدام الفحم الحيوي من مخلفات النخيل المروحي يمثل احد الحلول المستدامة الذي يجمع بين الإدارة البيئية للمخلفات وتحسين خصائص التربة الفيزيائية والكميائية كما ان معاملة النباتات بحمض الساليسيلك لدوره في تحسين تحمل النباتات للاجهادات البيئية يعد إجراء مفيد ومستدام لما له آثار إيجابية هامة على النبات من هنا تأتي أهمية البحث في تحسين انتاج نباتات الباذنجان تحت الضغوط البيئية المختلفة.

ونظرا لأهمية الفحم الحيوي حيث أثبتت الدراسات أن استخدام الفحم الحيوي وحمض الساليسيليك –كل على حدة أو مجتمعين– يُحسّن من قدرة النباتات على تحمل الإجهاد اللاأحيائي، غير أن الأبحاث التي تناولت التأثير التآزري بينهما تحت إجهاد الجفاف في محصول الباذنجان لا تزال محدودة. وبناءً عليه، يهدف هذا البحث إلى تقديم إجراء زراعي متكامل يُتيح الحفاظ على إنتاجية الباذنجان رغم تقليص الري إلى 50% من الاحتياجات المائية، مما يكتسب أهمية بالغة في ظل تزايد شح المياه وتغير المناخ وارتفاع تكاليف الإنتاج

أهداف البحث:

نظراً لأهمية نبات الباذنجان في السوق المحلية والعربية والعالمية وتأثير إجهاد الجفاف (انخفاض السعة الحقلية عن 75%) في جودة وكمية انتاج هذا النبات، فهذا ومما تقدم يهدف البحث إلى تحقيق الغايات التالية:

1– اختبار كفاءة استخدام الفحم الحيوي وحمض الساليسليك في الحد من تأثيرات الجفاف وذلك من خلال تأثيرهما في نمو وتطور وإنتاج نبات الباذنجان.

2– تحديد الكمية الأمثل لاستخدام الفحم الحيوي والتركيز الأمثل من حمض الساليسليك على نبات الباذنجان.

طرائق البحث ومواده:

– موقع الدراسة:

أجريت هذه الدراسة في جامعة اللاذقية، كلية الزراعة قسم البساتين ومخابر الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية. تمت التجارب الحقلية في قرية الدبيقة – ناحية طرجانو –منطقة الحفة، التي ترتفع على ارتفاع 105م عن سطح البحر، بخط طول 35°58'52.0 شرقاً وخط عرض 35°31'05.1 شمالاً، يبلغ متوسط الأمطار السنوي 760 ملم، للموسم زراعي (2022).

– إعداد الأرض وتجهيزها للزراعة:

تم إعداد الأرض بإجراء حراثة عميقة (40 سم) لتربة الموقع مرتين متتاليتين وبشكل متعامد ثم تنعيم التربة وتسوية سطحها تم تخطيطها إلى خطوط أحادية تتباعد عن بعضها مسافة (90) سم. وزُرعت الشتول في الأرض الدائمة بعمر (40) يوماً مرحلة (4 أوراق حقيقية) على مسافة (40) سم بين الشتلة والأخرى على نفس الخط وبكثافة (2.77) نبات/م^2 وذلك في 10 من شهر أيار، تم خلط الأسمدة العضوية وتنعيم التربة ضمن الأحواض بحيث أصبحت مستوية وجاهزة للزراعة، حيث أضيفت الأسمدة العضوية والمعدنية وفق الكميات التالية:

1- سماد عضوي جاف ومعقم (سماد المزيرعة) وهو خليط من مخلفات حيوانية (دواجن ابقار اغنام) مخمر ومخصب حيوياً غني بالعناصر المعدنية بمعدل 2 كغ \م ² (يبين الجدول (1) مكونات السماد المستخدم)

2- سماد ذواب متوازن 20:20:20 بمعدل (9 غ \م²) وذلك على ثلاث دفعات الأولى بعد زراعة الشتول بأسبوعين ومن ثم بفاضل زمني شهر لكل من الدفعة الثانية والثالثة.

جدول (1): تركيب السماد العضوي المستخدم في التجربة حسب المعلومات المرفقة بأكياس التغليف لـ(سماد المزيرعة).

الرطوبة %	% Na	%P	%k
14	3.4	1.8	4.6

- تحليل التربة:

حللت تربة موقع التجربة قبل الزراعة في مخابر الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية باللاذقية، حيث تم التحليل الميكانيكي للتربة وتقدير درجة حموضة التربة PH، الناقلية الكهربائية (EC)، تقدير الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم المتاح، تقدير نسبة كربونات الكالسيوم الكلية، الكلس الفعال، نسبة المادة العضوية، بينت النتائج المبينة بالجدول رقم(2) أنها تربة طينية سلتية ، ذات درجة PH مائلة للقلوية، محتواها جيد من المادة العضوية، والكلس الفعال وكربونات الكالسيوم، في حين تعتبر ضعيفة المحتوى من العناصر المعدنية لذلك تم إضافة الأسمدة بالنسب التي تضمن النمو الأفضل للنبات.

جدول (2): نتائج تحليل تربة موقع التجربة.

عجينة مشبعة		غرام\100 غرام تربة			جزء بالمليون P.P.M			التحليل الميكانيكي		
pH	EC ميليموز \سم	كربونات الكالسيوم	الكلس الفعال	المادة العضوية	الآزوت المعدني	الفوسفور	البوتاسيوم	رمل	سلت	طين
7.87	0.818	41.08	18.4	2.825	24.6	15	267	12.6	36.2	51.2

- الفحم الحيوي المستخدم بالبحث:

المواد العضوية المستخدمة في هذه الدراسة هي فحم النخيل المروحي الحيوي(WB) تم إنتاج الفحم الحيوي في مفحمة خاصة لإنتاج الفحم عن طريق التحلل الحراري البطيء لأعناق وأوراق أشجار نخيل المروحي عند درجة حرارة 560 درجة مئوية في فرن حلقي قابل للنقل، وضغط جوي، ومدة بقاء 4 ساعات، يوضح الجدول 3 الخصائص الفيزيائية والكيميائية لفحم نخيل المروحي الحيوي.

جدول (3): الخصائص الفيزيائية والكيميائية لفحم نخيل المروحي الحيوي.

الخاصية / Property	بيوغار النخيل مروحي
المحتوى الرطوبي (%) / Moisture Content	2.5-4.0
الكربون الكلي (%) / Total Carbon (C)	62-70
الكربون العضوي (%) organic carbon	72.0 ± 4.1
pH-KCl	9.0 ± 0.2
التوصيل الكهربائي (EC) / Electrical Conductivity (dS/m)	7.5 ± 0.8
سعة التبادل الكاتيوني (CEC) / Cation Exchange Capacity (cmol/kg)	18-28
قدرة الاحتفاظ بالماء (%) / Water Holding Capacity (WHC)	10-15
الكالسيوم (%) / Calcium (Ca)	5.9 ± 0.2
المغنيسيوم (%) / Magnesium (Mg)	3.3 ± 0.2
البوتاسيوم (%) / Potassium (K)	8.3 ± 0.4
الفوسفور (%) / Phosphorus (P)	0.3 ± 1.5
نسبة C:N	102.8 ± 6.2

- المادة النباتية:

استخدم في الدراسة الهجين Emerald F1 من الباذنجان وهو هجين هولندي المنشأ، نباتاته قوية النمو، غزيرة الإنتاج، الثمار اسطوانية متطاولة بلون أسود بنفسجي.

-تحديد الاحتياجات المائية للنبات:

الموصى بها دولياً لحساب احتياجات المحاصيل المائية FAO Penman-Monteith حيث تم اتباع الخطوات التالية:

الخطوة 1: جمع البيانات المناخية: *درجة الحرارة القصوى والدنيا *الرطوبة النسبية القصوى والدنيا *درجة حرارة نقطة الندى *سرعة الرياح على ارتفاع 2 متر *ساعات الإشعاع الشمسي اليومية.

الخطوة 2: حساب **Eto** (النتح-التبخر الحقيقي)

Evapotranspiration Reference=Eto (النتح-التبخر المرجعي للمحصول أو الكامن) حيث تم حساب ETo باستخدام برنامج CROPWAT التابع لمنظمة FAO

الخطوة 3: تحديد معامل المحصول **(Kc)** للباذنجان وفق الجدول التالي:

جدول (4): يبين معامل Kc حسب كل مرحلة من مراحل النمو لنبات الباذنجان

مرحلة النمو	المدة (يوم)	Kc
مرحلة الشتلات الأولية	20-30	0.4 - 0.5
مرحلة النمو الخضري	30-45	0.7 - 0.8
مرحلة الإزهار وعقد الثمار	20-30	1.0 - 1.1
مرحلة نمو الثمار الكامل	30-45	1.0 - 1.05
مرحلة النضج والحصاد	20-30	0.8 - 0.9

الخطوة :4 حساب حساب **Eto** (النتح-التبخر الحقيقي)

المعادلة: $Kc \times Eto = ETc$

حيث: ETc= النتح-التبخر الفعلي للباذنجان، Eto= النتح-التبخر الحقيقي، Kc= معامل محصول الباذنجان.

الخطوة :5 حساب صافي وإجمالي عمق الري

صافي عمق الري= **ETc**- الأمطار الفعالة ومنه يتم حساب إجمالي عمق الري من المعادلة:

إجمالي عمق الري= صافي عمق الري/ كفاءة الري، حيث أن كفاءة نظام الري (بالتنقيط)= 85-90%.

الخطوة :6 حساب الفاصل الزمني بين الريات

الفاصل الزمني = صافي عمق الري / معدل استهلاك الماء اليومي

عدد مرات الري = طول موسم النمو / الفاصل الزمني

الخطوة :7 حساب الحجم الإجمالي للرية الواحدة

الحجم الإجمالي (لتر/يوم) = عمق الري × مساحة الحقل

تم التأكد من عدم وجود مصادر رطوبة أخرى غير الري خلال فترة الدراسة، وان كمية المياه التي تخرج من النقاطة الموضوعة بجانب كل نبات استخدمت كمقياس لاستهلاك الماء الفعلي، وقد تبين عند إجراء الحسابات السابقة أن استهلاك الماء كان عند مستوى 100% من احتياجات النبات تطلبت 5 (لتر/ نبتة/ يوم) بزمن تشغيل لنظام الري

75 (دقيقة)، في حين عند مستوى 50% من احتياجات النبات تطلبت 2.5 (لتر/ نبتة/ يوم) بزمن تشغيل 37.5 (دقيقة).

- **معاملات التجربة:**

وزعت كما هو مبين في الشكل (1) وفق التالي:

معاملة الشاهد T0 : سقي النبات بماء الصنبور 100% من احتياجات النبات.

المعاملة الثانيةT1 : سقي النبات بماء الصنبور 50% من احتياجات النبات.

المعاملة الثالثةT2 : T0 + إضافة فحم حيوي 500 غ/م^2

المعاملة الرابعةT3 : T1 + إضافة فحم حيوي 500 غ/م^2

المعاملة الخامسةT4: T0 + رش 1.5 mM حمض الساليسيليك

المعاملة السادسةT5: T1 + رش 1.5 mM حمض الساليسيليك

المعاملة السابعة T6: T2 + رش 1.5 mM حمض الساليسيليك

المعاملة الثامنة T7: T3 + رش 1.5 mM حمض الساليسيليك

- تم توزيع السماد الحيوي مع زراعة الشتول مباشرةً في تربة الموقع.
- تم رش النباتات بحمض الساليسليك مرة واحدة بعد شهر من زراعة الشتول

R1	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
R2	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T0
R3	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T0	T1

الشكل (1): مخطط تصميم التجربة وتوزيع الوحدات التجريبية.

- **عمليات الخدمة:**

- **الترقيع:** تم استبدال النباتات الميتة والضعيفة بعد الزراعة بأربعة أيام بنباتات سليمة وجيدة النمو ومتوافقة في الطول وعدد الأوراق ومعدل الري مع النباتات المزروعة سابقاً.

- **الري:** رُويت النباتات باستخدام نظام التنقيط، حيث وُضِعَت أداة تنقيط (4 لترات/ساعة) بجانب كل نبتة لقياس استهلاكها من الماء، بكميات السابقة الذكر ووفقًا لطريقة Penman Monteith التابعة لمنظمة الأغذية والزراعة [40]،

- **العزيق:** تم عزق أرض التجربة بشكل يدوي لإزالة الأعشاب الضارة كلما دعت الحاجة لذلك.

– **المكافحة الوقائية:** تم رش النباتات بالمبيد بيماكتان (2 مل/ ل) بمعدل رشة كل 15 يوماً اعتباراً من بداية ظهور البراعم الزهرية حتى نهاية الإزهار.

– **القراءات والقياسات المأخوذة:**

– **دراسة المجموع الخضري:**

تم أخذ القراءات خلال مرحلة الإزهار الأعظمي (بعد 90 يوماً من التشتيل) وسجل ما يلي:

- طول النبات (سم): تم قياس ارتفاع النبات اعتباراً من سطح التربة، حتى أعلى قمة نامية، باستخدام المتر القماشي. وذلك كمتوسط لـ 5 نباتات مختارة عشوائياً من كل مكرر في مرحلة الإزهار الأعظمي (بعد 90 يوماً من التشتيل).
- عدد الفروع الثمرية على النبات (فرع/النبات): تم أخذ عدد الأفرع الجانبية بطريقة العد المباشر كمتوسط لخمسة نباتات اختيرت عشوائياً من كل مكرر
- عدد الأوراق\النبات.
- مساحة المسطح الورقي(سم^2): وفقاً لطريقة [41] باستخدام برنامج Digimizer، حيث تم وزن المجموع الخضري وأخذ عينة خضرية منه وحساب وزنها ومن ثم حساب مساحتها عن طريق تصوير العينة وحساب مساحتها عن طريق برنامج Digimizer وحسبت مساحة المسطح الورقي للنبات من العلاقة التالية:
- مساحة المسطح الورقي (سم^2)= وزن المجموع الخضري × مساحة العينة الخضرية / وزن العينة الخضرية

– **دراسة المجموع الثمري والانتاجي:**

1. متوسط عدد الأزهار على النبات الواحد، (زهرة/نبات).
2. نسبة العقد، (%).
3. عدد الثمار على النبات الواحد، (ثمرة/نبات).

– **تصميم التجربة والتحليل الإحصائي:** تم تصميم التجربة بطريقة القطاعات الكاملة العشوائية، تضمنت التجربة ثمان معاملات، وكل معاملة مكونة من ثلاث مكررات، وتضمن كل مكرر (10 نبات) أي (30 نبات) في المعاملة الواحدة و(240 نبات) في التجربة، تم تحليل النتائج بواسطة البرنامج الإحصائي Genstat نسخة 12.1.0.388 ، حيث تم إخضاع جميع المتوسطات لتحليل التباين ANOVA مع تحديد أقل فرق معنوي (LSD) لتقدير درجة التباين بين المتوسطات عند درجة معنوية 5%.

النتائج والمناقشة:

1– المجموع الخضري: أظهرت النتائج المدونة بالجدول رقم (5) وجود فروق معنوية بين المعاملات المدروسة تبعا لتغير كل من الاحتياجات المائية المقدمة للنبات وإضافة السماد الحيوي ورش حمض الساليسليك من عدم إضافته، حيث بينت النتائج تفوقاً معنوياً للمعاملة (T3) على معاملة الشاهد (T1) مما يدل على تأثير الفحم الحيوي في الحد من تأثيرات إجهاد الجفاف (انخفاض السعة الحقلية عن 75%) وهذا يتوافق مع [26] على نبات الزينيا Zinnia elegance .

كما إن النتائج بينت أن هناك فروق معنوية بين المعاملة T2 ومعاملة الشاهد T0 لجميع المؤشرات الخضرية وهذا يدل على أن إضافة الفحم لم يحد من إجهاد الجفاف فقط عند إعطاء 50% من الاحتياجات المائية، بل حسن من المؤشرات الخضرية للنبات وهذا يتوافق مع [18] على نبات الباذنجان.

كما بينت النتائج تفوقاً معنوياً للمعاملة (T5) على معاملة الشاهد (T1) لجميع مؤشرات المجموع الخضري مما يدل على تأثير إيجابي لرش حمض الساليسليك في الحد من تأثير إجهاد الجفاف (انخفاض السعة الحقلية عن 75%) وهذا يتوافق مع نتائج [21,38] على نبات الفول.

كما بينت النتائج إلى أنه لم يكن هناك فرق معنوي بين المعاملة (T4) ومعاملة الشاهد T0 لجميع المؤشرات مما يبين أن رش الساليسليك لم يحسن من المؤشرات الخضرية للنبات وهذا لا يتوافق مع نتائج [37] على نبات الفاصولياء.

وقد أشارت النتائج تفوق المعاملة T7 على المعاملة T3 معنوياً مما يوضح أن رش الساليسيليك قد زاد من التأثير الإيجابي للفحم الحيوي في الحد من ظاهرة إجهاد الجفاف (انخفاض السعة الحقلية عن 75%) وهذا يتوافق مع نتائج [42]، بينما أشارت النتائج أن إضافة السماد الحيوي ورش حمض الساليسيليك مع توفير احتياجات النبات بشكل كامل والمتمثلة بالمعاملة T6 قد أعطى أفضل النتائج متفوقة على باقي المعاملات ولجميع المؤشرات الخضرية كارتفاع النبات (119.11 سم) وعدد الفروع الثمرية (15 فرع) وعدد الأوراق على النبات (107.72) كذلك على مساحة المسطح الورقي (12458.17) على التوالي مما يدل على أن هناك تأثير تآزري لكل من إضافة الفحم الحيوي ورش الساليسليك على تحسين نمو النبات وهذا يتوافق مع كل من نتائج [37] على نبات الفاصولياء و[43] على نبات البندورة.

جدول (5): تأثير إضافة السماد الحيوي في بعض المؤشرات الخضرية لنبات الباذنجان *Solanum melongena L*

المؤشرات / المعاملات	ارتفاع النبات (سم)	عدد الفروع الثمرية (فرع/النبات)	عدد الأوراق (ورقة/نبات)	مساحة المسطح الورقي (سم2 /نبات)
T0:100% احتياجات الماء	108.55^{c}	13.5^{b}	97.12^{c}	9895.69^{bc}
T1:50% احتياجات الماء	84.42^{e}	7.5^{e}	72.45^{e}	7423.86^{d}
T2: 100% +500غ فحم حيوي	116.95^{ab}	14.2^{a}	101.92^{b}	10074.28^{c}
T3 : 50% +500غ فحم حيوي	105.34^{cd}	12^{c}	99.23^{b}	9904.58^{bc}
T4: 1.5mM+T0 ساليسليك	107.21^{c}	13.44^{b}	95.88^{c}	9211.66^{c}
T5: 1.5mM+T1 ساليسليك	104.39^{cd}	12.1^{c}	91.21^{d}	9757.06^{bc}
T6: 1.5mM+T2 ساليسليك	119.11^{a}	15^{a}	107.72^{a}	12458.17^{a}
T7: 1.5mM+T3 ساليسليك	114.56^{b}	14^{a}	100.48^{b}	10178.65^{b}
Lsd	4.02	1.32	5.11	612.88

***تشير الأحرف المختلفة في العمود الواحد إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة % 95**

يمكن تفسير النتائج إلى أن إضافة الفحم الحيوي قد منح الاحتياجات المائية المفقودة بالري الناقص والضرورية لنمو أمثل للنبات وذلك لدوره الهام في تحسين خصائص هيكلة التربة وبنية التربة والمسامية في التربة الطينية بشكل ملحوظ

(كما في تربة التجربة) حيث إن المسامات الدقيقة تزيد من القوى الشعيرية وقوى الالتصاق وبالتالي الحفاظ على مياه التربة من الفقد [44].

كما يمكن تفسير زيادة نمو النبات التي تم تقديم الاحتياجات المائية الكافية إلى دور الفحم الحيوي في زيادة السطح النوعي للتربة مما يزيد من أعداد وأنواع الكائنات الحية الدقيقة والمفيدة في التربة والتي لها دور هام في تأمين العناصر الغذائية الهامة للنمو كالآزوت وغيرها والتي لها الدور المباشر في تعزيز نمو النبات [30].

وقد أعزى آخرون زيادة نمو النبات عند إضافة الفحم الحيوي لدوره في زيادة محتوى التربة من العناصر الغذائية كالكربون والنيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والمواد العطرية المتطايرة والتي تؤثر بشكل مباشر في زيادة نمو النبات [45]، كما يقلل الفحم الحيوي من عناصر O وH مما يسبب في تحسين pH التربة وهذا ما ينتج عنه نمو أكبر للجذور والنبات بشكل عام [46].

قد يعزى الدور الإيجابي للساليسليك في الحد من الإجهاد الملحي لكونه يلعب دورًا حيويًا في تنظيم بعض العمليات الفيزيولوجية في النباتات [47]، حيث يعمل كآلية إشارات بين الخلايا [48]، كما يعمل على تنظيم مسار الأسكوربات–الجلوتاثيون [49]، وتحسين تحمل النباتات لسمية الأيونات [50]، بالإضافة إلى تثبيط التراجع المفاجئ في النمو [51]، وقد أعزى آخرون أن حمض الساليسيليك يعمل على تحسين ضغط الامتلاء في خلايا النبات المجهدة [21]، وتنشيط الإنزيمات المضادة للأكسدة مع زيادة مستويات المواد الواقية من الضغط الأسموزي [52].

وقد تُعزى تحسين المؤشرات الخضرية عند رش الساليسليك لدور الحمض في زيادة سُمك نصل الأوراق من خلال زيادة سُمك الطبقات العمادية، والأنسجة الإسفنجية، والحزمة الوعائية [37].

2- المجموع الثمري:

انسجمت نتائج المجموع الخضري مع المجموع الثمري والانتاجي كما في الجدول رقم (5) حيث تبين وجود فروق معنوية بين المعاملتين T3 وT1 وهذا يشير إلى دور الفحم الحيوي في الحد من ظاهرة إجهاد الجفاف (انخفاض السعة الحقلية عن 75%) على نبات الباذنجان وهذا يتوافق مع نتائج [18] على نبات الباذنجان و[43] على نبات البندورة، في حين إن النتائج بينت عدم وجود فروق معنوية بين المعاملة T2 ومعاملة الشاهد T0 لجميع المؤشرات الثمرية وهذا يدل على أن إضافة الفحم لم يحسن من المؤشرات الخضرية للنبات وهذا لم يتوافق مع [18] على نبات الباذنجان.

كما بينت النتائج فروق معنوية بين المعاملة T5 وT1 وهذا يشير إلى أن السالسيليك له تأثير واضح على الحد من الحد من ظاهرة الجفاف عند رشه بشكل منفرد.

كما بينت النتائج إلى أنه لم يكن هناك فرق معنوي بين المعاملة (T4) ومعاملة الشاهد T0 لجميع مؤشرات النمو الثمري مما يبين أن رش الساليسليك لم يحسن من المؤشرات الثمرية للنبات وهذا لا يتوافق مع نتائج [37] على نبات الفاصولياء.

جدول (5): تأثير إضافة السماد الحيوي في بعض المؤشرات الثمري

لنبات الباذنجان *Solanum melongena L*

المؤشرات / المعاملات	متوسط عدد الأزهار الكلية (زهرة/نبات)	عدد الثمار (ثمرة/نبات)	نسبة العقد %
T0:100% احتياجات الماء	63.57[b]	21.52[cd]	33.85 [cd]
T1:50% احتياجات الماء	45.77[c]	12.89[e]	28.16[d]
T2: 100% +500غ فحم حيوي	64.99[b]	23.98[c]	36.90[c]
T3 : 50% +500غ فحم حيوي	62.78[b]	22.21[c]	35.38[c]
T4: T0+1.5mM سالسيليك	62.99[b]	20.72[d]	32.89[cd]
T5: T1+1.5mM سالسيليك	63.55[b]	23.62[c]	37.16[c]
T6: T2+1.5mM سالسيليك	67.84[a]	33.21[a]	48.95[a]
T7: T3+1.5mM سالسيليك	64.21[b]	26.37[b]	41.07[b]
Lsd	2.45	3.97	4.08

*** تشير الأحرف المختلفة في العمود الواحد إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة % 95 ولتداخل العاملين المدروسين**

وقد أشارت النتائج تفوق المعاملة T7 على المعاملة T3 معنوياً وكما تفوقت المعاملة T6 معنوياً على جميع المعاملات ولمؤشرات عدد الثمار (33.21 ثمرة للنبات الواحد) ونسبة العقد (48.95%) مع مقارنتها مع الشاهد T0 لنفس المؤشرات بواقع (21.52، 33.85) على التوالي مما يدل على تأثير الفحم الحيوي الإيجابي في زيادة تطور المجموع الثمري وهذا يتوافق مع نتائج [18] على نبات الباذنجان ونتائج [5] على نبات الذرة.

قد تعزى هذه النتائج أن تأثير الفحم الحيوي وحمض الساليسليك على المجموع الخضري قد انعكس على تطور المجموع الثمري حيث إن تأمين العناصر الغذائية اللازمة وتعويض فقد الاحتياجات المائية من قبل الفحم الحيوي قد ساهم في نمو طبيعي للنبات كذلك تطور نمو الكائنات الحية المفيدة بالتربة قد عزز من توفر العناصر الغذائية للنبات كالآزوت والبوتاسيوم والهرمونات النباتية مما له دور مباشر في تحسين نمو النبات وزيادة انتاجه.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1- أدى إضافة الفحم الحيوي بتركيز 500 غرام والرش بحمض الساليسليك بتركيز 1.5 ميليمول للحد من ظاهرة الإجهاد الجفافي (انخفاض السعة الحقلية عن 75%) لنبات الباذنجان.

3- ساهم إضافة الفحم الحيوي بتركيز 500 غرام والرش بحمض الساليسليك بتركيز 1.5 ميليمول في تحسن النمو الخضري والثمري لبنات الباذنجان.

التوصيات:

يقترح وفي ظروف مشابهة لظروف البحث:

1- إضافة الفحم الحيوي الناجم عن مخلفات شجر النخيل المروحي للتربة عند زراعة الشتول لنبات الباذنجان بكمية 500 غرام للمتر المربع ورش النبات بحمض الساليسليك بتركيز 1.5 ميليمول لتحسين نمو النبات وخاصة في الأراضي القاحلة وشبه القاحلة.

2- استخدام الفحم الحيوي مع رش حمض الساليسليك في شروط زراعية أخرى (زراعة محمية، ومواعيد زراعية مختلفة، أنواع وأصناف مختلفة ....).

References:

[1] FAO Statistics Division, Food and Agriculture Organization of The United Nations, "FAOSTAT," 2020. http://www.fao.org/faostat/ar/#data/QC

[2] Q. S. Fu, R. C. Yang, H. S. Wang, B. Zhao, C. L. Zhou, S. X. Ren, et al., "Leaf morphological and ultrastructural performance of eggplant (Solanum melongena L.) in response to water stress," *Photosynthetica*, vol. 51, pp. 109, 2013.

[3] M. K. Souri, M. Hatamian, "Aminochelates in plant nutrition: a review," *Journal of Plant Nutrition*, vol. 42, no. 1, pp. 67–78, 2019.

[4] H. M. S. K. Herath, M. Camps-Arbestain, M. Hedley, "Effect of biochar on soil physical properties in two contrasting soils: An Alfisol and an Andisol," *Geoderma*, vol. 209, pp. 188–197, 2013.

[5] J. Vitkova, E. Kondrlova, M. Rodny, P. Surda, J. Horak, "Analysis of soil water content and crop yield after biochar application in field conditions," *Plant, Soil and Environment*, vol. 63, pp. 569–573, 2017.

[6] S. Jain, A. Singh, P. Khare, D. Chanda, D. Mishra, K. Shanker, T. Karak, "Toxicity assessment of Bacopa monnieri L. grown in biochar amended extremely acidic coal mine spoils," *Ecological Engineering*, vol. 108, pp. 211–219, 2017.

[7] J. Wang, G. Chen, P. Christie, M. Zhang, Y. Luo, Y. Teng, "Occurrence and risk assessment of phthalate esters (PAEs) in vegetables and soils of suburban plastic film greenhouses," *Science of the Total Environment*, vol. 523, pp. 129–137, 2015.

[8] Y. Zhang, J. Wang, Y. Feng, "The effects of biochar addition on soil physicochemical properties: A review," *Catena*, vol. 202, art. 105284, 2021.

[9] M. Tripathi, J. N. Sahu, P. Ganesan, "Effect of process parameters on production of biochar from biomass waste through pyrolysis: a review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 55, pp. 467–481, 2016.

[10] D. Mohan, A. Sarswat, Y. S. Ok, C. U. Pittman, "Organic and inorganic contaminants removal from water with biochar, a renewable, low cost and sustainable adsorbent—A critical review," *Bioresource Technology*, vol. 160, pp. 191–202, 2014.

[11] M. Sharma, J. Singh, C. Baskar, A. Kumar, "A comprehensive review on biochar formation and its utilization for wastewater treatment," *Pollut*. *Res*., vol. 37, pp. S1–S18, 2018.

[12] M. Ahmad, A. U. Rajapaksha, J. E. Lim, M. Zhang, N. Bolan, D. Mohan, M. Vithanage, S. S. Lee, Y. S. Ok, "Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: A review," *Chemosphere*, vol. 99, pp. 19–33, 2014.

[13] A. U. Rajapaksha, S. S. Chen, D. C. W. Tsang, M. Zhang, M. Vithanage, S. Mandal, B. Gao, N. S. Bolan, Y. S. Ok, "Engineered/designer biochar for contaminant removal/immobilization from soil and water: Potential and implication of biochar modification," *Chemosphere*, vol. 148, pp. 276–291, 2016.
[14] Y. Liu, J. Zhu, C. Ye, P. Zhu, Q. Ba, J. Pang, L. Shu, "Effects of biochar application on the abundance and community composition of denitrifying bacteria in a reclaimed soil from coal mining subsidence area," *Sci. *Total Environ.**, vol. 625, pp. 1218–1224, 2018.
[15] B. Singh, B. P. Singh, A. L. Cowie, "Characterisation and evaluation of biochars for their application as a soil amendment," *Soil * Res.*, vol. 48, pp. 516–525, 2010.
[16] K. Villagra-Mendoza, R. Horn, "Effect of biochar addition on hydraulic functions of two textural soils," *Geoderma *, vol. 326, pp. 88–89, 2018.
[17] S. Ahmad Bhat, A. Kuriqi, M. U. D. Dar, O. Bhat, S. S. Sammen, A. R. M. Towfiqul Islam, A. Elbeltagi, O. Shah, N. Al-Ansari, R. Ali, et al., "Application of biochar for improving physical, chemical, and hydrological soil properties: A systematic review," *Sustainability*, vol. 14, art. 11104, 2022.
[18] M. Ebrahimi, M. K. Souri, A. Mousavi, N. Sahebani, "Biochar and vermicompost improve growth and physiological traits of eggplant (Solanum melongena L.) under deficit irrigation," *Chem. Biol. Technol. Agric*., vol. 8, art. 19, 2021.
[19] T. Balasubramaniam, S. Guoxin, N. Esmaeili, H. Zhang, "Plants' response mechanisms to salinity stress," *Plants*, vol. 12, art. 2253, 2023.
[20] E. Horváth, M. Pál, G. Szalai, E. Páldi, T. Janda, "Exogenous 4-hydroxybenzoic acid and salicylic acid modulate the effect of short-term drought and freezing stress on wheat plants," *Biol. Plant*., vol. 51, pp. 480–487, 2007.
[21] A. A. Costa, E. P. Paiva, S. B. Torres, M. L. Souza Neta, K. T. O. Pereira, M. S. Leite, F. V. S. SÁ, C. P. Benedito, "Osmoprotection in Salvia hispanica L. seeds under water stress attenuators," *Brazilian Journal of Biology / Revista Brasileira de Biologia*, vol. 82, art. e233547, 2022.
[22] M. S. Jahan, Y. Wang, S. Shu, M. Zhong, Z. Chen, J. Wu, J. Sun, S. Guo, "Exogenous salicylic acid increases the heat tolerance in tomato (Solanum lycopersicum L.) by enhancing photosynthesis efficiency and improving antioxidant defense system through scavenging of reactive oxygen species," *Scientia Horticulturae*, vol. 247, pp. 421–429, 2019.
[23] S. M. N. Muthulakshmi, K. Lingakumar, "Role of salicylic acid (SA) in plants—A review," *International Journal of Applied Research*, vol. 3, pp. 33–37, 2017.
[24] O. Tohma, A. Esitken, "Response of salt stressed strawberry plants to foliar salicylic acid pre-treatments," *Journal of Plant Nutrition*, vol. 34, pp. 590–599, 2011.
[25] Y. Zhang, S. Xu, S. Yang, Y. Chen, "Salicylic acid alleviates cadmium-induced inhibition of growth and photosynthesis through upregulating antioxidant defense system in two melon cultivars (Cucumis melo L.)," *Protoplasma*, vol. 252, pp. 911–924, 2015.
[26] R. Nazar, S. Umar, N. A. Khan, "Exogenous salicylic acid improves photosynthesis and growth through increase in ascorbate–glutathione metabolism and S assimilation in mustard under salt stress," *Plant Signaling & Behavior*, vol. 10, art. e1003751, 2015.
[27] S. M. N. Alavi, M. J. Arvin, K. M. Kalantari, "Salicylic acid and nitric oxide alleviate osmotic stress in wheat (Triticum aestivum L.) seedlings," *Journal of Plant Interactions*, vol. 9, pp. 683–688, 2014.
[28] K. A. Fayez, S. A. Bazaid, "Improving drought and salinity tolerance in barley by application of salicylic acid and potassium nitrate," *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, vol. 13, pp. 45–55, 2014.

[29] S. Makarova, A. Makhotenko, N. Spechenkova, A. J. Love, N. O. Kalinina, M. Taliansky, "Interactive responses of potato (Solanum tuberosum L.) plants to heat stress and infection with potato virus Y," **Frontiers in Microbiology**, vol. 9, art. 2582, 2018.
[30] S. Chen, L. Zimei, J. Cui, D. Jiangang, X. Xia, D. Liu, "Alleviation of chilling-induced oxidative damage by salicylic acid pretreatment and related gene expression in eggplant seedlings," **Plant Growth Regulation**, vol. 65, pp. 101–108, 2011.
[31] M. I. R. Khan, N. A. Khan, "Ethylene reverses photosynthetic inhibition by nickel and zinc in mustard through changes in PSII activity, photosynthetic nitrogen use efficiency, and antioxidant metabolism," **Protoplasma**, vol. 251, pp. 1007–1019, 2014.
[32] F. Palma, M. López-Gómez, N. A. Tejera, C. Lluch, "Salicylic acid improves the salinity tolerance of Medicago sativa in symbiosis with Sinorhizobium meliloti by preventing nitrogen fixation inhibition," **Plant Science **, vol. 208, pp. 75–82, 2013.
[33] A. A. Amirinejad, M. Sayyari, F. Ghanbari, S. Kordi, "Salicylic acid improves salinity-alkalinity tolerance in pepper (Capsicum annuum L.)," **Advances in Horticultural Science**, vol. 31, pp. 157–163, 2017.
[34] N. Rafique, S. H. Raza, M. Qasim, N. Iqbal, "Pre-sowing application of ascorbic acid and salicylic acid to seed of pumpkin and seedling response to salt," **Pakistan Journal of Botany**, vol. 43, pp. 2677–2682, 2011.
[35] H. Mimouni, S. Wasti, A. Manaa, E. Gharbi, A. Chalh, B. Vandoorne, S. Lutts, H. B. Ahmed, "Does salicylic acid (SA) improve tolerance to salt stress in plants? A study of SA effects on tomato plant growth, water dynamics, photosynthesis, and biochemical parameters," **OMICS: A Journal of Integrative Biology**, vol. 20, pp. 180–190, 2016.
[36] J. E. S. Ribeiro, L. V. Sousa, T. I. Silva, J. S. Nóbrega, F. R. A. Figueiredo, R. L. A. Bruno, T. J. Dias, M. B. Albuquerque, "Citrullus lanatus morphophysiological responses to the combination of salicylic acid and salinity stress," **Agrária**, vol. 12, pp. 1–13, 2020.
[37] K. A. M. Nour, N. T. S. Mansour, G. S. A. Eisa, "Effect of some antioxidants on some physiological and anatomical characters of snap bean plants under sandy soil conditions," **New York Science Journal**, vol. 5, pp. 1–9, 2012.
[38] K. A. A. Abdelaal, "Effect of salicylic acid and abscisic acid on morpho-physiological and anatomical characters of faba bean plants (Vicia faba L.) under drought stress," **Journal of Plant Production**, vol. 6, pp. 1771–1788, 2015.
[39] E. F. Gomaa, R. M. A. Nassar, M. A. Madkour, "Effect of foliar spray with salicylic acid on vegetative growth, stem and leaf anatomy, photosynthetic pigments and productivity of Egyptian lupine Plant (Lupinus termis Forssk.)," **International Journal of Advanced Research **, vol. 3, pp. 803–813, 2015.
[40] R. G. Allen, L. S. Pereira, D. Raes, M. Smith, "Crop evapotranspiration—Guidelines for computing crop water requirements," **FAO Irrigation and Drainage Paper** No. 56, Food and Agriculture Organization (FAO), 1998.
[41] K. Glozer, "The dynamic model and chill accumulation," *University of California*, Davis, Department of Plant Sciences, 2008.
[42] B. Taromi Aliabadi, M. R. Hassandokht, H. Etesami, H. A. Alikhani, H. Dehghanisanij, "Effect of mulching on some characteristics of tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) under deficit irrigation," **Journal of Agricultural Science and Technology**, vol. 21, no. 4, pp. 927–941, 2019.
[43] K. Keabetswe, G. C. Shao, J. Cui, J. Lu, T. A. Stimela, "Combination of biochar and regulated deficit irrigation improves tomato fruit quality: A comprehensive quality analysis," **Folia Horticulturae**, vol. 31, pp. 181–193, 2019.

[44] R. C. Devereux, C. J. Sturrock, S. J. Mooney, "The effects of biochar on soil physical properties and winter wheat growth," *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, vol. 103, pp. 13–18, 2012.
[45] A. Downie, A. Crosky, P. Munroe, "Physical properties of biochar," in Biochar for Environmental Management: *Science and Technology, Routledge, London, UK*, pp. 13–32, 2009.
[46] X. Tan, Y. Liu, G. Zeng, X. Wang, X. Hu, Y. Gu, Z. Yang, "Application of biochar for the removal of pollutants from aqueous solutions," *Chemosphere*, vol. 125, pp. 70–85, 2015.
[47] M. Simaei, R. A. Khavari-Nejad, F. Bernard, "Exogenous application of salicylic acid and nitric oxide on the ionic contents and enzymatic activities in NaCl-stressed soybean plants," *American Journal of Plant Sciences*, vol. 3, pp. 1495–1503, 2012.
[48] M. Jayakannan, J. Bose, O. Babourina, Z. Rengel, S. Shabala, "Salicylic acid in plant salinity stress signaling and tolerance," *Journal of Plant Growth Regulation*, vol. 76, p. 2540, 2015.
[49] M. Hasanuzzaman, M. H. M. B. Bhuyan, T. I. Anne, K. Parvin, K. Nahar, J. A. Maahmud, M. Fujita, "Regulation of ascorbate–glutathione pathway in mitigating oxidative damage in plants under abiotic stress," *Antioxidants*, vol. 8, art. 384, 2019.
[50] C. Kaya, M. Ashraf, M. N. Alyemeni, P. Ahmad, "The role of endogenous nitric oxide in salicylic acid-induced up regulation of ascorbate–glutathione cycle involved in salinity tolerance of pepper (Capsicum annuum L.) plants," *Plant Physiology and Biochemistry*, vol. 147, pp. 12–20, 2020.
[51] M. Asensi-Fabado, S. Munné-Bosch, "The aba3-1 mutant of Arabidopsis thaliana withstands moderate doses of salt stress by modulating leaf growth and salicylic acid levels," *Journal of Plant Growth Regulation*, vol. 30, pp. 456–466, 2011.
[52] W. F. Dutra, A. S. Melo, J. F. Suassuna, A. F. Dutra, D. C. Silva, J. M. Maia, "Antioxidative responses of cowpea cultivars to water deficit and salicylic acid treatment," *Agronomy*, vol. 109, pp. 895–905, 2017.