Journal of Horticultural Plants Nutrition
Vol.5, No.1, Spring & Summer 2022
Research Paper

DOI: 10.22070/HPN.2023.15912.1168

Investigation of the effects of biochar and wood vinegar on morpho-physiological traits of African marigold under salt stress

Nasibeh Abbaszadeh[1], Hassan Maleki Lajayer[2*], Mousa Torabi Giglı[3], Younes Poorbeyrami-e-Hir[4], Rsoul Azarmı[5], Ali Shahei Garehlar[6]

1- MS.C graduate, Department of Horticultural Science, University of Mohaghegh ardabili, Ardabil, Iran.
nasim.abbaszadeh64@gmail.com
2- Corresponding Author and Associate professor, Faculty of agricultural Science (Meshkin-Shahr Campus), University of Mohaghegh ardabili, , Ardabil, Iran.
malekih135@gmail.com
3- Associate professor, Department of Horticultural Science, Faculty of agricultural Science and Natural Resources, University of Mohaghegh ardabil, , Ardabil, Iran.
m.torabigiglou@gmail.com
4- Associate professor, Department of Horticultural Science, Faculty of agricultural Science and Natural Resources, University of Mohaghegh ardabili, Ardabil, Iran.
younes_ph62@yahoo.com
5- Associate professor, Department of Horticultural Science, Faculty of agricultural Science and Natural Resources, University of Mohaghegh ardabiil, , Ardabil, Iran.
r_azarmi@uma.ac.ir
6- ssistant professor, Faculty of agricultural Science (Meshkin-Shahr Campus), University of Mohaghegh ardabili, Ardabil, Iran.
ashahi.gh@gmail.com

Received Date: 2022/02/11 Accepted Date: 2023/01/18

Abstract

Introduction: Recently the addition of cheap and available organic compounds to soils has attracted the attention of many researchers. Mineral salts are an important plant stress factor, having adverse impacts on urban trees and road verges where salts are used for de-icing.

Material and methods: Here we investigated the effects of biochar 0, 5, 10 g/pot (0, 5, 10 ton/$_{ha}$) and wood vinegar 0, 2 and 4 ml/pot (0, 2000 and 4000 L/$_{ha}$) to mitigate salt-induced stress (0.4, 2.1 and 4.2 dS m^{-1}), simulating road salt additions in a factorial glasshouse experiment in the university of Mohaghegh Ardbili.

Results and discussion: Results showed that increasing slat stress reduced flower number, flower size, flowering period and total phenolic compound and leaf relative water content, whereas electrolytic leakage and total phenolic compound were increased. Wood vinegar reduced electrolyte leakage in comparison to biochar and control, increased relative water content, flower number and stem diameter, but wood vinegar did not affect flowering period and flower size. Plants treated with biochar showed an increase in all vegetative traits and relative water content, while there was a significant decline in electrolyte leakage. The highest plant dry weight was recorded in plants treated with 10 g/pot of biochar under 0.4dS m^{-1}. Under severe salt stress (4.2 dS m^{-1}) the highest dry weight was recorded in plants treated with biochar and 4 ml/pot of wood vinegar. Leaf chlorophyll content and chlorophyll stability index (RSI) under both normal and salt stress condition in biochar-treated plant were significantly higher than control plant. Increasing salt level significantly increased enzyme activity of peroxidase and ascorbate peroxidase. Under low stress conditions treatment did not affect enzyme activity, while under high salinity stress conditions biochar and wood vinegar reduced enzyme activity.

Conclusions: results of present experiment showed that biochar and wood vinegar are able to mitigate salt stress in marigold pants. It seems these compounds alleviate salt stress by optimizing plant water relations and soil conditions.

Keywords: abiotic stress, flowering period, organic compound, ornamental plants

نشریه علمی تغذیه گیاهان باغی
دوره ۵، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱، (ص ۱۶۱-۱۵۱)
مقاله پژوهشی

DOI: 10.22070/HPN.2023.15912.1168

بررسی تأثیر بیوچار و سرکه چوب بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گل جعفری آفریقایی تحت شرایط تنش شوری

نسیبه عباسزاده[۱]، حسن ملکی لجایر[۲*]، موسی ترابی گیگلو[۳]، یونس پوربیرامی هیر[٤]، رسول آذرمی[٥] ، علی شاهی قره لر[٦]

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
g nasim.abbaszadeh64@gmail.com

۲- نویسنده مسئول و دانشیار گروه علوم گیاهی. گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی مشگین شهر، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
malekih135@gmail.com

۳- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
m.torabigiglou@gmail.com

٤- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
m younes_ph62@yahoo.com

٥- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
r_azarmi@uma.ac.ir

٦- استادیار گروه علوم گیاهی. گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی مشگین شهر، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
ashahi.gh@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۲ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۸**

چکیده

افزودن ترکیبات آلی ارزان قیمت و قابل دسترس به خاک برای رفع اثرات تنش‌ها توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب کرده است. در این پژوهش اثرات بیوچار صفر، ۵ و ۱۰ گرم در هر گلدان (معادل صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) و سرکه چوب به مقدار صفر، ۲ و ٤ میلی‌لیتر در هر گلدان (معادل صفر، ۲۰۰۰ و ٤۰۰۰ لیتر در هکتار) بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گل جعفری آفریقایی تحت شرایط تنش شوری کم، متوسط و شدید (به ترتیب ۰/٤، ۲/۱ و ٤/۲ دسی زیمنس بر متر)، به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با پنج تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی بر روی گیاه جعفری آفریقایی انجام شد. با افزایش تنش شوری طول دوره گلدهی، قطر ساقه گل، اندازه گل، تعداد گل، رطوبت نسبی آب برگ به شدت کاهش یافت ولی میزان نشت یونی از برگ‌ها و میزان فنل کل افزایش چشمگیری داشت. کاربرد سرکه چوب اندازه گل، رطوبت نسبی آب برگ را افزایش و میزان نشت یونی را به طور معنی‌داری کاهش داد. استفاده از بیوچار نیز طول دوره گلدهی، قطر ساقه گل، اندازه گل، تعدا گل، روطبت نسبی آب برگ را افزایش ولی روی نشت یونی تاثیر معنی‌داری نداشت. بیشترین وزن خشک بوته (۱۸/۷ گرم) در تیمار ۱۰ گرم از بیوچار در شرایط تنش کم و کمترین وزن خشک (۸/۵ گرم) مربوط به تیمار شاهد در شرایط تنش شدید به دست آمد. گیاهان تیمار شده با بیوچار و سرکه چوب در شرایط تنش کم و متوسط پایداری کلروفیل برگ بیشتر و معنی‌داری نسبت به شاهد داشتند ولی در شرایط تنش شدید فقط تیمار بیوچار ۱۰ گرم شاخص پایداری کلروفیل را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌دار افزایش داد. با افزایش شدت تنش میزان فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز و پراکسیداز در گیاه افزایش یافت. در شرایط تنش کم بیوچار و سرکه چوب تاثیری روی فعالیت آنزیم‌ها نداشتند، درحالیکه در شرایط تنش شدید، فعالیت آنزیم‌ها را کاهش دادند. به نظر می‌رسد بیوچار و سرکه چوب با بهبود روابط آبی گیاه و یا بهبود شرایط خاک اثرات تنش شوری را کاهش می‌دهند.

کلمات کلیدی: ترکیبات آلی، گیاهان زینتی، طول دوره گلدهی، تنش غیریزیستی

مقدمه

گل جعفری آفریقایی (*Tagetes erecta*) یکی از مهم‌ترین گل‌های تجاری متعلق به خانواده Compositae است که بومی جنوب و آمریکای مرکزی به ویژه مکزیک بوده و در سراسر جهان پرورش داده می‌شود. بومی جنوب و آمریکای مرکزی به ویژه مکزیک است (Singh et al., 2019). این گیاه به عنوان گل تابستانه، در اکثر مناطق کشور به‌دلیل دلیل داشتن گل‌های بزرگ و زیبا و همچنین طول دوره گل‌دهی بلند مدت کشت و کار می‌شود.

تجمع نمک‌های معدنی در ناحیه ریشه یکی از عوامل مهم تنش‌زا برای گیاهان هستند، که رشد درختان، درختچه‌ها، گیاهان پوششی و زینتی اطراف خیابان‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهند. تجمع نمک در بسترهای کشت اطراف خیابان‌ها بیشتر به دلیل استفاده مکرر از نمک برای یخ‌زدایی خیابان‌ها می‌باشد. طبق آمارهای منتشر شده حدود ۳۰ درصد از مزارع کشاورزی با مشکل شوری مواجه هستند. شوری رشد گیاهان را دچار اختلال می‌کند، همچنین با اختلال در رشد گیاهان، گیاهان نمی‌توانند قابلیت‌های خود از لحاظ زیبایی را در فضای سبز نشان دهند. علاوه براین طول دوره گلدهی و زیبایی گیاهان به دلیل تنش شوری کوتاه می‌شود. (Sean et al., 2013). تغذیه گیاهی و کاربرد ترکیبات آلی به‌صورت ترکیب با خاک یا به صورت محلول‌پاشی به طور مؤثری می‌تواند در بهبود کارآیی گیاه در شرایط تنش‌های زیستی و غیرزیستی ایفای نقش کند. گزارش‌هایی زیادی مبنی بر کاربرد ترکیبات آلی از جمله بیوچار در رفع تنش شوری و خشکی وجود دارد (Ranjbar et al., 2020).

بیوچار یک نوع ماده زیستی است که از سوختن مواد آلی در حضور اکسیژن کم یا شرایط بدون اکسیژن به وجود می‌آید (Fiazet et al., 2014). تحقیقات متعدد آزمایشگاهی و مزرعه‌ای نشان داده است که اضافه کردن ذغال زیستی به خاک شور باعث تعدیل اثرات منفی تنش شوری شده و رشد گیاه را به صورت مستقیم با رهاسازی عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف و غلبه بر اثرات منفی املاح اضافی در محلول خاک بهبود می‌بخشد (Kim et al., 2016). در خاک‌های شور ذغال زیستی با اثرگذاری بر محتوای کربن آلی، عناصر غذایی به ویژه کاتیون‌ها (مانند پتاسیم، کلسیم، منیزیم، روی و منگنز)، افزایش سطح ویژه و ظرفیت تبادل کاتیونی و آنیونی، استقرار ساختمان خاک، بهبود خواص فیزیکی خاک با تنظیم محتوای آب و منافذ هوایی، افزایش بازیابی کاتیون‌های چند ظرفیتی و جایگزینی سدیم در محلول خاک با تأمین کلسیم کافی، می‌تولند محدودیت‌های ویژه این خاک‌ها را تا حد زیادی مرتفع سازد (Zhang et al., 2017).

سرکه چوب نوعی ترکیب مایع است که از فرآیند تغییرات شیمیایی مواد لیگنوسلولزی در اثر حرارت به دست می‌آید. در واقع در طی فرآیند تولید زغال، دود حاصل از سوختن ناقص ترکیبات آلی در اثر میعان به صورت مایع جمع آوری می‌شود، و بعد از نگهداری به مدت معینی، دو فاز در مایع تشکیل می شود که فاز بالایی به‌عنوان سرکه چوب شناخته می‌شود. این ماده از مواد شیمیایی قطبی و غیرقطبی و با وزن مولکولی و ترکیبات مختلف تشکیل شده است. قسمت عمده آن (۸۰ الی ۹۰ درصد) را آب تشکیل داده است. اسیدیته آن حدود ۲ الی ٤ است، چون بعد از آب، اسید استیک مهمترین ترکیب موجود در آن می‌باشد. علاوه بر این حدود ۲۰۰ ترکیب آلی نیز از آن گزارش شده است که شامل الکل‌ها، قندها ، آلدهیدها و کتون‌ها است. این ماده به‌عنوان یک ترکیب طبیعی در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد و در تولید محصولات کشاورزی به‌عنوان آفت‌کش و علف‌کش، بهبود دهنده رشد گیاه، تسریع کننده جوانه‌زنی بذر استفاده می‌شود. علاوه براین در صنایع غذایی برای فرآوری و نگهداری محصول و در صنعت دامداری و دامپزشکی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Marleena et al., 2013).

گزارش‌هایی در زمینه کاربرد این ماده به‌عنوان نماتدکش در غلظت‌های مختلف برای کنترل نماتد در گوجه‌فرنگی،

توت‌فرنگی و فلفل سیاه، کنترل حشرات مضر در مزارع کلم و ذرت، کنترل بیماری‌های قارچی خیار و گوجه‌فرنگی وجود دارد. که به صورت محلول‌پاشی، مصرف خاکی و یا جایگزین آبیاری با رقیق سازی (۱ به ۲۰۰ الی ۱ به ۱۵۰۰) وجود دارد. علاوه بر این کاربرد آن در جلوگیری از ریزش گل فلفل خوراکی، بهبود طعم محصولات نیز گزارش شده است. کاربرد آن برای بهبود حاصلخیزی خاک با رقیق سازی با نسبت ۱ به ۱۰ تا ۱ به ۳۰ با مقدار ٦ لیتر در مترمربع نیز توصیه شده است. (Kunmiao et al., 2021). در بهبود جوانه‌زنی بذر نیز گزارش‌هایی وجود دارد (Atchima et al., 2018). لذا هدف از پژوهش، بررسی اثرات بیوچار و سرکه چوب در رفع تنش شوری با توجه به قابلیت دسترسی آسان و هزینه کم این ترکیبات بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش گلخانه‌ای در دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی در قالب طرح فاکتوریل برپایه طرح کامل تصادفی انجام شد. فاکتور اول شامل سطوح مختلف تنش شوری و فاکتور دوم شامل استفاده از غلظت‌های مختف بیوچار و سرکه چوب بود. تنش شوری با اعمال سطوح ٠/٤، ٢/١ و ٤/٢ دسی‌زیمنس بر متر از نمک کلرید سدیم اعمال شد (Sean et al., 2013). بیوچار با سه سطح صفر، ۵ و ۱۰ گرم در هر گلدان (معادل صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) و سرکه چوب با سه سطح صفر، ۲ و ٤ میلی‌لیتر در هر گلدان (معادل صفر، ۲۰۰۰ و ٤۰۰۰ لیتر در هکتار) مورد استفاده قرار گرفت. وزن مخصوص ظاهری خاک ١/٤ گرم در سانتی‌مترمربع بود و حجم خاک گلدان‌ها ۲۰۰۰ سانتی‌متر مربع درنظر گرفته شد. بیوچار فقط یکبار و در زمان کشت، ولی سرکه چوب در دو مرحله، یکبار در زمان کاشت و یکبار به مدت یکماه بعد از کشت مورد استفاده قرار گرفت.

برای آماده‌سازی بستر کشت، مقادیر مساوی از خاک، کود دامی و ماسه کاملاً با هم مخلوط شده و سپس در هر گلدان با حجم یکسان ۲۸۰۰ گرم از بستر آماده ریخته شد. البته در تیمارهایی که بیوچار و سرکه چوب وجود داشت، این مواد نیز به دقت وزن شده و بستر کشت اضافه شد. سپس نشاءها (بعد از یکماه رشد در گلدان‌های کوچک) به آرامی از گلدان‌ها خارج و به گلدان‌های جدید منتقل شد و برای زهکشی بهتر در داخل گلدان‌ها لیکا قرار داده شد. بعد از یک هفته از انتقال گیاهان، سطوح مختلف تنش شوری با استفاده از کلرید سدیم اعمال شد.

مقدار آب مورد نیاز برای آبیاری گلدان‌ها به صورت وزنی و با توجه به ظرفیت مزرعه محاسبه شد. به طوریکه ۲ عدد گلدان کاملا با آب اشباع شده و بعد از ۱۲ ساعت و پس از خروج آب اضافی، دوباره وزن شدند، که به عنوان وزن گلدان در شرایط ظرفیت مزرعه در نظر گرفته شد. سپس وزن اولیه گلدان و خاک بدون آبیاری (۲۸۰۰ گرم) از آن کسر شد و به عنوان محتوی رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه ثبت شد. در هر بار آبیاری دو گلدان وزن شده و مقدار کاهش وزن نسبت به وزن گلدان در ظرفیت مزرعه به عنوان مقدار آب مورد نیاز برای آبیاری مدنظر قرار گرفته شد. آبیاری هر ۲ روز یکبار انجام شد.

اندازه‌گیری صفات

شروع گلدهی از زمان کشت گیاه تا شروع گلدهی ۵۰ درصد بوته‌های کشت شده در هر تیمار و طول دوره گلدهی از شروع گلدهی تاپژمردگی آخرین گل مدنظر قرار داده شد. قطر گل و قطر ساقه گل‌دهنده با کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. تعداد گل و تعداد شاخه‌های خانبی به صورت چشمی شمارش شد.

وزن خشک بوته

برای اندازه‌گیری اندام هوایی را از طوقه جدا کرده، توسط ترازو وزن شده و هر بوته را جداگانه داخل پاکت گذاشته و در آون به مدت ٤٨ ساعت با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد خشک کرده و دوباره وزن آنها اندازه‌گیری شد.

نشت یونی (Electrolyte leakage)

به منظور اندازه‌گیری پایداری غشای سلولی از روش اندازه‌گیری نشت یونی استفاده شد. به این صورت که ابتدا ده عدد برگ از بوته‌های هر گلدان جدا و در داخل فالکون قرار گرفت. مقدار ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر داخل آن ریخته و ۱۲ ساعت بعد، هدایت الکتریکی نمونه‌ها به وسیله دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد (EC1). سپس نمونه‌ها به مدت نیم ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد جوشانده شده و پس از سرد شدن مجدداً هدایت الکتریکی آن‌ها (EC2) اندازه‌گیری شد. مقدار نشت الکترولیت از رابطه زیر به دست آمد (John, 1999).

$$\text{Electrolyte leakage} = \frac{EC1}{EC2} \times 100$$

کلروفیل

ابتدا ۵۰ میلی‌گرم از بافت تازه برگ با یک میلی‌لیتر استون (۸۰٪) مخلوط و به مدت ده دقیقه با سرعت rpm ۶۰۰۰ سانتریفیوژ شده و در نهایت عصاره استونی شفاف از آن جدا شد. پس از نیم ساعت تاریکی مقدار کلروفیل با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Genway 6705 و در طول‌موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. مقدار کلروفیل‌های a و b و کلروفیل کل با استفاده از رابطه‌های زیر تعیین شد (Minguez-Mosquera & Perez-Galvez, 1998).

کلروفیل کل= Cha+Chb

Cha= (19.3*A633-0.86*A645) V / 100W

Chb = (19.3*A645-3.6*A663) V / 100W

که در روابط بالا A645 و A663، به ترتیب جذب نور در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ می‌باشد و V و W به ترتیب حجم عصاره صاف شده و وزن تر نمونه برحسب گرم است. شاخص پایداری کلروفیل با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Sairaam et al.,2001).

$$CSI=\frac{Chs}{Chn} \times 100$$

Chs = کلروفیل در شرایط تنش

Chn =کلروفیل در شرایط بدون تنش

فنل کل

برای اندازه‌گیری فنل کل ابتدا ۰/۱ میلی‌لیتر نمونه‌های رقیق شده همراه با دو میلی‌لیتر کربنات سدیم در لوله آزمایش به مدت دو دقیقه در دمای اتاق نگهداری شدند. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از واکنش‌گر فولین سیوکالتو (۵۰٪) به آن افزوده شد. مخلوط واکنش به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق و در تاریکی نگهداری و سپس میزان جذب در طول موج ۷۲۰ نانومتر خوانده شد. منحنی کالیبراسیون با استفاده از اسید گالیک به عنوان استاندارد به دست آمد (Tabart et al., 2009).

محتوی نسبی آب برگ (RWC)

برای این منظور نیم گرم برگ تازه (Wf) وزن و به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر قرار گرفت. پس از پایان این مدت نمونه مجدداً توزین شد (Ws)، سپس نمونه‌ها در پاکت‌هایی در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفت تا کاملاً خشک شوند (Wd) و در پایان از رابطه زیر محتوای نسبی آب برگ محاسبه گردید (Volaire et al., 1998).

$$RWC= =\frac{wf-wd}{Ws-wd} \times 100$$

استخراج آنزیم‌ها

برای استخراج و اندازه‌گیری آنزیم‌ها، برگ‌های فریز شده در هاون چینی به وسیله ازت مایع به خوبی کوبیده شد تا کاملاً خرد شوند. نیم گرم از برگ آسیاب شده به میکروتیوب‌های ۲ میلی‌لیتری منتقل و یک میلی‌لیتر از بافر استخراج ورتکس شده و سپس به مدت ۱۵ دقیقه با دور rpm ۱۴۰۰۰ در دمای چهار درجه سانتی‌گراد، سانتریفیوژ شدند. سپس عصاره رویی با استفاده از سمپلر برداشته و به میکروتیوب‌های ۱/۵ میلی‌لیتری منتقل و مجدداً به مدت ده

دقیقه با دور ۱٤۰۰۰ در دمای چهار درجه سانتی‌گراد، سانتریفیوژ شدند. پس از اتمام، محلول رویی با استفاده از سمپلر به میکروتیوب‌های نو منتقل و از این عصاره برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌ها استفاده شد (Giannopolitis, 1977).

برای تعیین فعالیت آنزیم ابتدا مقدار ٤۹۵ میکرولیتر بافر H_2O_2، همان مقدار بافر گایاکول در دمای پایین (ظرف حاوی یخ) با هم مخلوط و ۱۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی به آن‌ها اضافه و منحنی جذب در طول موج ٤۷۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Genway 6705 قرائت شد. در محلول بلانک به جای عصاره آنزیمی، ۱۰ میکرولیتر از بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH= ۷) استفاده شد. فعالیت آنزیمی به وسیله فرمول بیر-لامبرت و ضریب خاموشی ترکیب گایاکول پراکسیداز که عبارت از ٦/۲٦ µM-1-cm1 است، محاسبه گردید.

سنجش فعالیت آنزیم از طریق اندازه‌گیری اکسیداسیون آسکوربات توسط اسپکتروفتومتر در مدت زمان یک دقیقه در طول موج ۲۹۰ نانومتر انجام شد، محلول بلانک نیم میلی‌لیتر (حاوی ٤۹۰ میکرولیتر بافر شماره ۲ و ۱۰ میکرولیتر بافر فسفات، نمونه (با حجم نیم میلی‌لیتر) حاوی ٤۹۰ میکرولیتر از بافر فسفات و ۱۰ میکرولیتر از عصاره آنزیمی و پس از به هم زدن، سرعت واکنش آنزیمی به صورت تغییرات جذب در طول زمان (OD/min) در طول موج ۲۹۰ nm برای یک دقیقه ثبت شد Nakano and (Asada, 1981).

تجزیه آماری

داده‌های حاصل از این تحقیق با نرم‌افزارهای آماری SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیلی قرار گرفته و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج

وزن خشک بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی و متقابل تنش شوری و بیوچار و سرکه چوب بر صفت وزن خشک بوته گیاه زینتی جعفری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

جدول ۱. تجزیه واریانس اثرات ترکیبات آلی (بیوچار و سرکه چوب) بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه جعفری آفریقایی

Table 2. Analysis of variance of the effects of organic compounds (OC) e.g. biochar and wood vinegar on morphological and physiological traits in marigold plant

S.O.V	df	Flower size	Flower number	Flowering period	Chlorophyll content	Chlorophyll stability index	Dry weight	Electrolyte leakage	RWC	Total phenol	Ascorbate peroxidase	Peroxidase
Salinity	2	6.9**	6.8**	1837**	10.5**	25985**	278**	49.3**	8967**	10.29**	81**	8.8**
Organic compound (OC)	4	7.6*	2.8**	40**	2.25**	1334**	15.5**	8.47**	176**	0.41**	1.4**	0.37**
Salinity* OC	8	1.4ns	0.2ns	4.9ns	6.8*	434**	3.4*	2.6ns	14.8ns	0.07ns	0.6**	0.16**
Error	60	2.2	0.21	8	0.29	135.9	1.5	1.2	41	0.08	0.13	0.042
C.V		7.8	17.7	6.6	11.27	9.9	9	24.7	10	23	13	23

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی داری، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد را نشان می‌دهد.

ns, (*) and (**) non-significant and significant at $p<0.05$ and $p<0.01$, respectively

بیشـــترین وزن خشـــک بوته با میانگین ۱۸/۷٤ گرم در بوته مربوط به تیمار تنش شـوری کم (۰/٤ دسـی‌زیمنس بر مترمربع) و کاربرد ۱۰ گرم بیوچار حاصـــل شـــد که با همه تیمارها به جز تیمار ٤ میلی‌لیتر از ســـرکه چوب اختلاف معنی‌دار داشـــت. کمترین میزان نیز با میانگین ۸/٤۷ گرم در بوته از تیمار تنش شـــوری شـــدید (٤/۲ دســـی‌زیمنس بر مترمربع) و عدم مصـرف بیوچار و سـرکه چوب به دسـت آمد. در شـرایط تنش کم بیوچار و سـرکه چوب در هر دو سـطح رشـد گیاهان را نسـبت به شـاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد. در شـــرایط تنش شـــدید نیز بیوچار در هر دو ســـطح و ســـرکه چوب در ســـطح ٤ میلی‌لیتر اثر مثبت و معنی‌داری روی رشد بوته‌ها نشان داد (جدول ۱).

جدول ۲. اثر متقابل مقادیر مختلف بیوچار و سرکه چوب و مقادیر مختلف نمک بر برخی صفات گل جعفری

Table 1. The interaction effect of Biochar (BC)and wood vinegar(WV) with salt level on some traits of marigold plant

Salt level	Treatments	Dry weight (g/pot)	CSI (%)	Chlorophyll (mg/gFW)	Ascorbate peroxidase activity (mg/ gFw min)	Peroxidase Activity (mg/ gFw min)
0/4 dS m−1	Ctrl	15c	129bc	4.8bcd	1.3d	0.5ef
	BC 5g/pot	16.9b	139bc	5.2bcd	1.25d	0.45ef
	BC 10g/pot	18.7a	154a	6.6a	1.22d	0.33f
	WV2ml/pot	17b	166a	5.3bc	1.6d	0.42ef
	WV4ml/pot	17.9ab	157a	5.33bc	1.27d	0.31f
2/1 dS m−1	Ctrl	12.6de	97d	4.7 bcd	2.7c	0.81d
	BC 5g/pot	13de	127bc	4.75 bcd	2.5c	0.72de
	BC 10g/pot	13.6cd	129bc	5.1 bcd	2.63c	0.79de
	WV2ml/pot	13.7cd	117c	4.9 bcd	2.73c	0.78de
	WV4ml/pot	13.8cd	124.5bc	4.3 cde	2.76c	0. 78de
4/2 dS m−1	Ctrl	8.5h	76ef	3.1de	5.3a	2.1a
	BC 5g/pot	11/6ef	92de	4f	4.4b	1.3c
	BC 10g/pot	11.9ef	94d	4.7bcd	4.2b	1.3c
	WV2ml/pot	9gh	75f	4.5ef	5.4a	1.8b
	WV4ml/pot	10fg	86def	4de	5.43a	1.67b

*BC= Biochar, WV= Wood vinegar

طول دوره گلدهی

نتایج تجزیه واریانس مربوط به صـــفت طول دوره گلدهی نشـــان داد که از بین عوامل مورد بررســـی تنها اثر اصلی تنش شوری و کاربرد بیوچار و سرکه بر این صفت معنی‌دار شـد و اثر متقابل این دو تأثیر معنی‌داری نداشـت (جدول ۱). نتایج مقایسـه میانگین اثر اصـلی تنش شـوری نشـان داد که بیشـترین طول دوره گلدهی با میانگین ۵۱/٤ روز مربوط به شـــوری کم بود و کمترین طول دوره برای گلدهی نیز با میانگین ۳٤ روز مربوط به تیمار تنش شوری شـدید (٤/۲ دسی‌زیمنس بر مترمربع) بود (جدول ۳). این

امر بیانگر آن است با اعمال تنش شوری خشکی شدن طول دوره رشد و طول دوره مراحل فنولوژیک می‌گردد. در خصوص نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی مصرف بیوچار و سرکه چوب نیز بیشترین طول دوره گلدهی با میانگین ٤٥ روز مربوط به کاربرد ١٠ گرم بیوچار بود و کمترین میزان نیز با میانگین ٤٠/٦ روز مربوط به تیمار عدم مصرف این ترکیبات بود.

قطر ساقه گل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها همچنین نشان داد که تنها اثر اصلی تنش شوری و کاربرد بیوچار و سرکه چوب بر صفات قطر ساقه گل معنی‌دار بود ولی اثر متقابل این دو معنی‌دار نبود (جدول ١). بیشترین میزان برای قطر ساقه گل با میانگین ٢٣/٥ میلی‌متر مربوط به تنش کم بود و کمترین میزان نیز با میانگین ١٣/٥ میلی‌متر مربوط به تنش شوری شدید بود. نتایج مقایسه میانگین مربوط به اثر اصلی کاربرد کودهای بیوچار و سرکه چوب نیز حاکی از آن بود که بیشترین قطر ساقه گل با میانگین ١٩/٣ میلی‌متر از تیمار کاربرد ١٠ و ٥ گرم به دست آمد، البته اختلاف معنی‌داری با تیمارهای مربوط به سرکه چوب نداشت ولی هر دو ترکیب به طور معنی‌داری قطر ساقه گل را نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ٣).

فیزیولوژیک در گیاه رخ می‌دهد و این امر موجب کوتاه‌تر

اندازه و تعداد گل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی تنش شوری و کاربرد بیوچار و سرکه چوب بر اندازه و تعداد گل جعفری زینتی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر متقابل این دو معنی‌دار نبودند (جدول ١). نتایج مقایسه میانگین مربوط به صفت اندازه گل نشان داد که بیشترین قطر گل با میانگین ٥١/٥ میلی‌متر مربوط به تیمار تنش شوری کم (٠/٤ دسی‌زیمنس بر مترمربع) و کمترین میزان نیز با میانگین ٣٩ میلی‌متر از تیمار تنش شوری شدید (٤/٢ دسی‌زیمنس بر مترمربع) به دست آمد. در خصوص اثر اصلی کاربرد بیوچار و سرکه چوب نیز بالاترین میزان با میانگین ٤٨ میلی‌متر از کاربرد ١٠ گرم بیوچار به دست آمد و کمترین میزان نیز با میانگین ٤٢/٣ میلی‌متر مربوط به تیمار عدم مصرف بیوچار سرکه چوب بود. در خصوص صفت تعداد گل نیز بیشترین تعداد گل با میانگین ٩/٤٥ عدد مربوط به تیمار عدم تنش شوری بود و کمترین میزان نیز همان‌طور که انتظار می‌رفت با میانگین ٣/٧٤ عدد در تیمار تنش شوری شدید ثبت شد. در خصوص اثر اصلی کاربرد بیوچار نیز بیشترین تعداد گل با میانگین ٩/٩ عدد مربوط به کاربرد ١٠ گرم بیوچار بود و کمترین میزان با متوسط ٤ عدد گل متعلق به تیمار عدم مصرف کود بود (جدول ٣).

جدول ٣. تاثیر مقادیر مختلف بیوچار و سرکه چوب و سطوح مختلف نمک بر برخی صفات گل جعفری

Table 3. The effect of Biochar (BC)and wood vinegar (WV) and salt level on some traits of marigold plant

Salinity level	Electrolyte Leakage (%)	RWC (%)	Total phenol (mg/galic acid /L)	Flower number	Flower size (mm)	Stem Diameter (mm)	Flowering period(days)
0/4 dS m−1	13.6b	78.1a	0.65c	9.45a	51.5a	23.5a	51.4a
2/1 dS m−1	14.7b	55.8b	1.19b	5.85b	45.3b	20.4b	41b
4/2 dS m−1	36.6a	40.4c	1.93a	3.74c	39c	13.2c	34c
Treatments							
Ctrl	27a	53c	1.44a	4d	42.3c	18b	40.6b
BC 5g/pot	25a	57bc	1.2abc	5.9bc	46ab	19.3a	42b
BC 10g/pot	20a	62.2a	1c	9.9a	48.5a	19.3a	45a
WV2ml/pot	16bc	58.2ab	1.4ab	6.9bc	44bc	19a	41.6b
WV4ml/pot	9.8c	60ab	1.2c	6.95b	46.4bc	19.2a	42b

*BC= Biochar, WV= wood vinegar

شاخص پایداری کلروفیل و کلروفیل کل

نتایج تجزیه واریانس مربوط به صفت شاخص پایداری کلروفیل و کلروفیل کل نشان داد که اثرات اصلی و متقابل تنش شوری، کاربرد بیوچار و سرکه چوب به عنوان کود بر این صفات همگی معنی‌دار بودند (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل مربوط به شاخص پایداری کلروفیل نشان داد که بیشترین میزان برای این صفت با میانگین ۱٦٦، ۱۵۷ و ۱۵٤ به ترتیب مربوط به تیمار کاربرد ۱۰ گرم بیوچار، ۲ و ٤۰ میلی‌لیتر سرکه چوب و در شرایط شوری کم بود و کمترین میزان برای این صفت نیز با میانگین ۷۵ از تیمار عدم مصرف کود و در شرایط تنش شوری شدید به دست آمد. در شرایط تنش متوسط و تنش کم بیوچار در سطح ۱۰ گرم و سرکه چوب در سطوح ۲ و ٤ میلی‌لیتر اثر مثبتی روی پایداری کلروفیل گیاهان نسبت به شاهد نشان داد ولی در شرایط تنش شدید فقط بیوچار ۱۰ گرم به طور معنی داری شاخص پایداری کلروفیل را نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۲).

در خصوص اثر متقابل تنش شوری و کاربرد کود برای صفت کلروفیل کل نیز بالاترین میزان با میانگین ٦/۵۳ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر مربوط به تیمار عدم تنش شوری کم و کاربرد ۱۰ گرم بیوچار بود و کمترین میزان نیز با میانگین ۳/۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر مربوط به تیمار تنش شوری شدید و عدم مصرف بیوچار بود (جدول ۲)

فنول کل

همانطور که در جدول (جدول ۱) نشان داده شده است، فقط اثر اصلی تنش شوری و کاربرد کود (بیوچار و سرکه چوب) بر فنول کل معنی‌دار بود. همچنین مقایسه میانگین اثر اصلی تنش شوری نشان داد که بیشترین میزان فنول کل با میانگین ۱/۹۱ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر مربوط به تیمار تنش شوری ٤/۲ دسی زیمنس بر متر بود و کمترین میزان نیز مطابق انتظار با میانگین ۰/٦۵ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر مربوط به تیمار شوری۰/٤ دسی زیمنس بر متر بود. نتایج مقایسه میانگین مربوط به کاربرد ترکیبات آلی نیز نشان داد که بیشترین میزان برای فنول کل با میانگین ۱/٤٤ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر از تیمار عدم مصرف کود به دست آمد و کمترین میزان نیز با میانگین ۱/۰۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مربوط به تیمار کاربرد ۱۰ گرم بیوچار بود (جدول ۳).

محتوای آب نسبی برگ

نتایج تجزیه واریانس همچنین نشان داد که اثر اصلی تنش شوری و کاربرد ترکیبات آلی بر محتوای آب نسبی در برگ جعفری زینتی معنی‌دار بود ولی اثر متقابل این دو معنی‌دار نشد (جدول ۱). نتایج نشان داد که با افزایش شدت تنش شوری محتوی آب نسبی برگ در گیاه کاهش می‌یابد و کاربرد بیوچار در سطح ۱۰ گرم و سرکه چوب در مقدار ۲ و ٤ میلی‌لیتر قادر به کاهش اثرات تنش شوری و در نتیجه بهبود رطوبت نسبی آب برگ می شود. با توجه به مقایسه میانگین اثر اصلی تنش شوری، بیشترین میزان برای محتوای آب نسبی با میانگین ۷۸/۱ درصد مربوط به تیمار تنش شوری کم بود و کمترین میزان نیز با میانگین ٤۰/٤ درصد از تیمار تنش شوری ٤/۲ دسی زیمنس بر متر به دست آمد. مقایسه میانگین اثر اصلی کاربرد کود نیز نشان داد که بیشترین محتوای آب نسبی برگ با میانگین ٦۲/۲ درصد مربوط به کاربرد ۱۰ گرم بیوچار بود و کمترین میزان نیز با میانگین ۵۳ درصد از تیمار عدم مصرف کود به دست آمد (جدول ۳).

نشت یونی

نتایج نشان داد که اثر اصلی تنش شوری و تیمار با بیوچار و سرکه چوب بر میزان نشت یونی در برگ گیاه جعفری زینتی معنی‌دار بوده است، در حالی که اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۱). در این مطالعه با افزایش شدت تنش نشت یونی در برگ گیاهان بیشتر شد و

بیشترین میزان این صفت با میانگین ۳٦/٦ دسی زیمنس در سانتی‌متر مربع از تیمار تنش شوری ٤/۲ دسی زیمنس بر متر به دست آمد و بین گیاهان تیمار شده با شوری برابر با ۲/۱ دسی زیمنس بر متر و شاهد تفاوت معنی‌داری از لحاظ نشت یونی وجود نداشت، این نشان می‌دهد که گیاه جعفری قادر به تحمل تنش‌های شوری متوسط است. کمترین میزان نیز با میانگین ۱۳/٦ دسی زینمس بر سانتی‌متر مربع مربوط به تیمار شوری کم بود (جدول ۲). تیمارهای مورد استفاده علیرغم اینکه نشت یونی کمتری نسبت به شاهد داشتند، ولی فقط سرکه چوب در هر دو سطح توانست نشت یونی را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری کاهش دهد. به نظر می‌رسد این ترکیب با رفع اثرات تنش از آسیب به سلول‌های برگ جلوگیری می‌کند.

فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز

نتایج نشان داد که اثرات اصلی و متقابل کاربرد بیوچار در رفع تنش شوری بر میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۱). نتایج نشان داد که با افزایش شدت تنش میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز افزایش پیدا می‌کند. در شرایط تنش کم و متوسط تیمارها تاثیر معنی‌داری روی فعالیت این آنزیم نداشتند ولی در شرایط تنش شدید، بیوچار در هردو سطح فعالیت آنزیم را نسبت به شاهد کاهش داد، ولی سرکه چوب تاثیری روی فعالیت آنزیم نداشت. بیشترین میزان برای فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز مربوط به تیمار تنش شوری ٤/۲ دسی زیمنس بر متر و عدم مصرف کود بود و کمترین میزان فعالیت آنزیم مربوط به تیمار کاربرد ۱۰ گرم بیوچار در شرایط شوری برابر با ۰/٤ دسی زیمنس بر متر بود (جدول ۲).

فعالیت آنزیم پراکسیداز

همانطور که در جدول (۲) آمده است، اثرات اصلی تنش شوری و کاربرد ترکیبات آلی بیوچار و سرکه چوب و همچنین اثر متقابل تنش شوری و کاربرد این ترکیبات بر میزان پراکسیداز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز در گیاهان تیمار نشده و در و در شرایط تنش شوری اعمال شده با شوری معادل ٤/۲ دسی زیمنس بر متر به دست آمد و کمترین میزان نیز متعلق به تیمار عدم تنش شوری و کاربرد ۱۰ گرم بیوچار بود. در این مطالعه نتایج نشان داد که در شرایط تنش کم و متوسط این ترکیبات اثر معنی‌داری در میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز ندارد ولی در شرایط تنش شدید فعالیت آنزیم در گیاهان تیمار شده با سرکه چوب و بیوچار به طور معنی‌داری کمتر از شاهد بود (جدول ۲).

بحث

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که گیاه جعفری از جمله گیاهان نسبتا مقاوم در برابر تنش شوری است، به طوری که تنش شوری شوری معادل ۲/۱ دسی زیمنس بر متر را با کمترین کاهش در رشد تحمل می کند. البته نتایج نشان داد که خصوصیات مورفولوژیک گیاه با افزایش شدت تنش به شدت دچار اختلال شده و رشد و گلدهی گیاه تحت تاثیر قرار می‌گیرد. به طوریکه طول دوره گلدهی، تعداد و اندازه گل، وزن خشک بوته به شدت با افزایش تنش کاهش پیدا می‌کند. علاوه‌براین کاربرد سرکه چوب و بیوچار تا حدودی اثرات تنش خشکی را کاهش داده و از آسیب خیلی جدی به گیاه جلوگیری می‌کند. علاوه براین نتایج نشان داد که این ترکیبات باعث کاهش نشت یونی، افزایش رطوبت نسبی آب برگ در شرایط تنش شوری می‌شود. همچنین ترکیبات مورد استفاده باعث تغییر در فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز و میزان فنول کل در گیاه شد. به نظر می‌رسد که ترکیبات مورد استفاده با بهبود شرایط رطوبتی خاک و در نتیجه بهبود جذب آب توسط ریشه، از کاهش شدید رشد گیاه جلوگیری می‌کند. خاصیت جذب کنندگی به

نظر می‌رسد که در بیشتر موارد باعث می شود که اثر تنش به گیاه کاهش یابد که این نقش را با کاهش درمعرض قرار گرفتن گیاه نسبت به عامل تنش یا با تغییر واکنش گیاه نسبت به تنش به خوبی ایفا می‌کند. البته خاصیت جذب کنندگی این ماده بیشتر در تنش‌های فلزات سنگین خود را نشان می‌دهد (Sean et al., 2013). بیوچار علاوه براین می‌تواند ظرفیت نگهداری آب را در بستر افزایش دهد، لذا وضعیت آبی گیاه را به طور پایداری در شرایط تنش شوری و خشکی بهبود می‌بخشد. با توجه به اینکه نمک‌ها از طریق اثر اسمزی و سمیت یونی به گیاه خسارت وارد می‌کند، لذا هر عاملی که قابلیت دسترسی گیاه به آب را بهبود بخشد، سمیت یون سدیم و تنش اسمزی به گیاه را کاهش می‌دهد. بنابراین، قابلیت بیوچار در افزایش دسترسی گیاه به آب می‌تواند اثر مثبت بیوچار را در افزایش رشد رویشی و کاهش نشت یونی و همچنین افزایش رطوبت نسبی آب برگ را توجیه کند. علاوه‌براین بیوچار قادر است نمک خاک را در سطح خود نگه دارد که قبلا نیز به اثبات رسیده است. هرچند در آزمایشی که قبلا انجام شده بود نشان دادند که بیشترین اثر بیوچار در رفع تنش مربوط به افزایش قابلیت دسترسی آب می‌باشد (Buss et al.,2011). همچنین در این مطالعه گزارش شده بود که بهتر است بیوچار به جای مخلوط شدن با عمق خاک در خاک سطحی به عنوان اصلاح کننده استفاده شود تا در بسترهای کشت کنار خیابان‌ها به راحتی مورد استفاده قرار گیرد. مطالعات قبلی نشان داده است که اثر مثبت بیوچار در بهبود رشد گیاه بیشتر در خاک‌های فقیر، با قابلیت نگهداری آب کم و خاک‌های اسیدی بیشتر است. هر چند در خاک‌های غنی نیز گزارشاتی موجود است که باعث افزایش رشد گیاهان شده است، لذا با توجه به این امر که درفضای سبز معمولا اصلاح بستر کشت مقرون به صرفه نیست، لذا کاربرد بیوچار هم در رفع تنش شوری و خشکی و هم در بهبود رشد گیاه در خاک‌های فقیر می‌تواند موثر باشد. اثر مثبت بیوچار در خصوصیات اکوفیزیولوژیکی گیاه نیز به اثبات رسیده است، ولی در مقایسه با اثرات مستقیم روی رشد گیاه ناچیز است. در این مطالعه نیز مشاهده شد که بیوچار می‌تولند میزان کلروفیل برگ و شاخص پایداری در شرایط تنش شوری نسبت به گیاهان تیمار نشده افزایش دهد. علاوه بر موارد ذکر شده بیوچار با افزایش pH، بهبود نگهداری عناصر غذایی و تغییر خصوصیات بیولوژیکی خاک می‌تولند شرایط رشدی گیاه را بهبود بخشد (Atkinson et al., 2010)

نتیجه گیری

در مطالعه حاضر مشخص شد که سرکه چوب نیز قادر به رفع اثرات منفی تنش شوری در گیاه جعفری است. به طوریکه گیاهانی که با سرکه چوب تیمار شده بودند، به طور قابل توجهی رشد بهتری نسبت به گیاهان تیمار شده داشتند. علاوه براین طول دوره گلدهی، اندازه گل را نیز در شرایط تنش نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد. استفاده از سرکه چوب در کشاورزی با توجه به ارزان بودن و قابلیت دسترس بودن آن خیلی مورد توجه است، به طوری که در کشور ژاپن استفاده ترکیبی از بیوچار و سرکه چوب در مزارع به یک امر معمول تبدیل شده است. اثرات مثبت سرکه چوب در بهبود رشد گیاه به کاهش pH، تغییر وضعیت میکروبی و همچنین افزایش غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیو و گوگرد در خاک نسبت می‌دهند. به نظر می‌رسد که سرکه چوب و بیوچار با مکانیسم‌های به غیر از تاثیر روی فیزیولوزی گیاه (تغییر pH، بهبود عناصر خاک، افزایش قابلیت نگهداری آب، جذب عناصر سمی و غیره) اثرات تنش شوری را در گیاه کاهش می‌دهد. لذا گیاهان با عدم درک تنش شوری تغییری در فعالیت آنزیم‌ها در آنها رخ نمی‌دهد.

منابع

Atchima, D., J. Sanitchon., P. Pongdontri., N. Jongrungklang., and D. Jothityangkoon. 2018. Potential of wood vinegar for enhancing seed germination of three upland rice varieties by suppressing malondialdehyde production. Agrivita Journal of Agricultural Science, 40(2): 371-380

Buss, W., C. Kammann., and H.W. Koyro. 2011. Biochar reduces copper toxicity in Chenopodium quinoa Willd. In a sandy soil. Journal of Environtal Quality, 40: 1-9.

Fiaz, K., S. Danish, U. Younis., S.A. Malik. M.H. Raza Shah., and S. Niaz, 2014. Drought impact on Pb/Cd toxicity remediated by biochar in Brassica campestris. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 14(4):845-854

Giannopolitis, C.N., and S.K. Reis.1997. Superoxide dismutase I. Occurrence in higher plants. Plant Physiology, 59: 309-314.

Johannes L., C. Matthias. B. Rillig., AJanice T., A. Caroline., C. Masiello., C. William. D. Hockaday., and D. Crowley. 2011. Biochar effects on soil biota - A review. Soil Biology & Biochemistry, 43: 1812-1836.

John, C. 1999. Low temperature tolerance of blackcurrant flower. Hort Science, 34: 855–859.

Kim, H.S., K.R. Kim., J.E. Yang., Y.S. Ok., G. Owens., T. Nehls., G. Wessolek., and K.H. Kim, 2016. Effect of biochar on reclaimed tidal land soil properties and maize (Zea mays L.) response. Chemosphere, 142:153-159.

Kunmiao, Zh., S. Gu., J. Liu., T. Luo., Z. Khan., K. Z., and L. Hu.2021. Wood Vinegar as a Complex Growth Regulator Promotes the Growth, Yield, and Quality of Rapeseed. Agronomy, 11: 5-10.

Marleena, H., O. Penttinen., K. Tiilikkala., and H. Setälä. 2013. The effects of biochar, wood vinegar on glyphosate leaching and degradation. European Journal of Soil Biology. 58: 1-7.

Minguez-Mosquera, M.I., and A. Perez-Galvez. 1998. Color quality in Paprika oleoresins. Journal of Agricultural and Food Chemistry 46: 5124-5127.

Nakano, Y., and K. Asada. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. Plant Cell Physiol. 22: 867-880.

Ranjbar,S,E. Chamani,H.M. Lajayer, Hadwl, Y. Poorbeyrami - Hir 2020. Effects of zinc fertilizers on growth and quality of petunia plant under drought stress condition. Journal of Horticultural Plant Nutrition. 3 (1): 161-172.

Sean, C., A. Thomas., S. Frye., N. Gale., M. Garmon., R. Launchbury., N. Machado., S. Melamed., M. Jessica., P. Alexandre., C. Winsborou. 2013. Biochar mitigates negative effects of salt additions on two herbaceous plant species. Journal of Environmental Management. 129: 62-68

Shafiee, M., and Azadi, P. 2013.the comparison of ornamental plants of Iran and other countries. Agricultural learning Press. 40 pp.

Singh, R., M.L. Meena, S., Verma, S.K., Mauriya, S., Yadav. V. Kumar., V. Singh. L. Kumar., and S.K. Maurya, 2019. A review on effect of pinching on growth, flowering, and flower yield of marigold. Indian Journal of Pure Applied Bioscience, 7 (4):493-501.

Tabart, J., C. Kevers., J. Pincemail., J. Dfraigne., and J. Dommesa. 2009. Comparative antioxidant capacities of phenolic compounds measured by various tests. Food Chemistry, 113: 1226 – 33.

Zhang, Z.Y., J. Abuduwaili., and F.Q. Jiang. 2015. Sources, pollution statue and potential ecological risk of heavy metals in surface sediments of Aibi Lake, Northwest China. Huan jing ke xue= Huanjing kexue, 36 (2): 490-496.