فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۲، شماره ۵۷، آذر و دی‌ماه ۱۴۰۲ صفحه: ۳۸۵-۴۰۱
https://doi.org/10.22034/12.57.385

مقاله پژوهشی

# بررسی اثرات کاربرد بیوچار بر خصوصیات بیوشیمیایی و غلظت برخی از عناصر غذایی در شرایط تنش آب شور در گل رز (*Rosa hybrida*)

**سنا انصاری، سیدحسین نعمتی*، محمود شور و یحیی سلاح ورزی**

گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۰، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۰۱/۲۹)

## چکیده

شوری خاک از مهمترین عوامل غیرزیستی است که بر رشد گیاه اثر نامطلوب دارد. با وجود تفاوت در میزان تحمل به نمک در بین ارقام و گونه‌های مختلف گل رز، خاک‌های شور حاوی غلظت قابل توجهی از نمک هستند که می‌توانند به گونه‌های گل رز موجود در فضای سبز آبیاری شده با آب شور، آسیب برسانند. این پژوهش به منظور بررسی اثر سطوح مختلف بیوچار درخت پسته بر برخی از خصوصیات بیوشیمیایی رز بر پایه آزمایش فاکتوریل با آرایش ۳×۴ و در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. این تحقیق شامل دو عامل بیوچار در چهار سطح (عدم کاربرد، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ گرم در یک کیلوگرم خاک گلدان) و شوری حاصل از نمک کلرید سدیم در سه سطح (صفر، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار) بود. نتایج بیانگر کاهش آنتوسیانین گلبرگ و همچنین افزایش پرولین و فنول کل در پی افزایش شوری بود. اما استفاده از بیوچار به مقدار ۵۰ گرم در تنش ۷۵ میلی‌مولار موجب افزایش آنتوسیانین گلبرگ، پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم به ترتیب به مقدار ۱/۱۷، ۱/۰۲ و ۱/۲۶ برابر و کاهش پرولین، فنول کل و سدیم به ترتیب به مقدار ۰/۸۷، ۰/۴۱ و ۰/۸۱ برابر نسبت به تیمار شاهد گردید. شوری ۷۵ میلی‌مولار باعث افزایش کربوهیدرات، آنتی‌اکسیدان و فلاونوئید به ترتیب به مقدار ۱/۰۳، ۱/۰۲ و ۱/۰۲ برابر و کاهش کلسیم و آهن به ترتیب به مقدار ۰/۹۲ و ۰/۷۱ برابر نسبت به شاهد (عدم استفاده از بیوچار) شد. از سویی بیوچار در سطح ۵۰ گرم باعث کاهش معنی‌دار فلاونوئید به مقدار ۰/۹۹ برابر و افزایش آهن ۱/۲۲ برابر نسبت به شاهد گردید. به طور کلی می‌توان گفت بیوچار ۵۰ گرم تأثیر قابل توجهی در کاهش اثرات منفی تنش شوری حاصل از آبیاری روی گیاه گل رز داشته است. به همین علت استفاده از بیوچار به منظور کاهش اثرات سو تنش شوری در گیاهان حساس به شوری از جمله رز و با توجه به گسترش اراضی شور در دنیا و به خصوص در ایران حائز اهمیت است و در جبران خسارات حاصله نقش به سزایی دارد. از این رو پیشنهاد می‌گردد که در مقیاس وسیع‌تر (سطح مزرعه) و نیز سایر عوامل تنش‌زا نظیر سرما، گرما و خشکی مورد آزمون قرار گیرد.

کلمات کلیدی: آنتوسیانین، تنش غیرزیستی، پرولین، کلرید سدیم

## مقدمه

شوری تحت عنوان غلظت نمک‌های محلول موجود در آب یا محلول‌های خاک گفته می‌شود. شوری خاک اغلب در مناطق خشک و نیمه‌خشک که یون‌های نمک‌های محلول در خاک تجمع می‌کنند، مشکل‌ساز می‌شود. هنگامی که گیاهان در این مناطق آبیاری می‌شوند، تبخیر و تعرق، آب

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: nemati@um.ac.ir

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27 ]

خالص را به عنوان بخار از خاک خارج کرده و املاح در خاک غلیظ می‌شوند. با ادامه آبیاری بدون فرصتی برای تخلیه نمک‌های انباشته انباشته‌شده توسط سیستم زهکشی، شوری خاک افزایش می‌یابد. بنابراین شوری زیاد خاک یک مشکل رایج در مناطق خشک و نیمه نیمه‌خشک است که در آن آبیاری انجام می‌شود و تبخیر و تعرق اغلب بیشتر از مقدار آبیاری است. آب بی بی‌کیفیت می‌تواند مشکل شوری خاک را تشدید کند. آب‌های زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه نیمه‌خشک همیشه دارای مقادیر زیادی نمک هستند. با کاهش عرضه آب شیرین در برخی مناطق، رقابت شدیدی بین کشاورزی، صنعت و تقاضای آب خانگی وجود دارد (Fox *et al*., 2005; Tanji *et al*., 2008 ~~(Fox *et al*., 2005; Tanji *et al*., 2008~~). استفاده از آب آب‌های زیرزمینی شور برای آبیاری نهالستان‌ها و گلخانه‌ها در کشورهای کم آب اجتناب اجتناب‌ناپذیر است (Nirit *et al*., 2006) ~~(Nirit *et al*., 2006)~~. علاوه بر این، نهالستان‌ها و گلخانه‌های پرورش پرورش‌دهنده گل رز به دلیل محدودیت تامین تأمین آب، هزینه‌های تولید و مقررات حفاظت از محیط محیط‌زیست با فشارهایی برای بازیافت یا استفاده مجدد از شیرابه و محلول رواناب مواجه هستند (Cabrera *et al*., 2009; Nirit *et al*., 2006; Raviv *et al*., 1998 ~~(Cabrera *et al*., 2009; Nirit *et al*., 2006; Raviv *et al*., 1998)~~. در این شرایط نمک‌ها به راحتی در زهکشی و رواناب جمع می‌شوند (Sonneveld *et al*., 1999) ~~(Sonneveld *et al*., 1999)~~. گل رز (Rosa spp.) ~~(Rosa spp.)~~ محبوب‌ترین و از نظر اقتصادی مهمترین گونه زینتی در سراسر جهان است. با توجه به سابقه طولانی کشت و محبوبیت آن‌ها، اطلاعات فوق‌العاده‌ای برای گل رز در مورد پرورش، مدیریت بیماری و آفات، کشت و تکثیر، انتخاب پایه و مدیریت پس از برداشت وجود دارد. هزاران هیبرید و رقم برای استفاده در باغ به عنوان گیاهان گلدار پرورش داده شده است. با این حال، مطالعات بسیار محدودی در مورد پاسخ گیاه به تنش‌های محیطی، مانند شوری و خشکی انجام شده است. همانطور که در بالا ذکر شد، گل رز باغی و تولید گل رز شاخه بریده در گلخانه با مشکلات شوری مواجه هستند. به منظور حفظ ظاهر زیبایی در گل رز باغی و تولید گل رز با کیفیت بالا، اطلاعاتی در مورد تحمل به شوری ارقام و پایه‌های گل رز مورد نیاز است (Niu and Sun, 2017). بیوچار یک ماده متخلخل و غنی از کربن است که معمولاً با تجزیه در اثر حرارت زیست‌توده در شرایط محدود اکسیژن تولید می‌شود (Blackwell *et al*., Lehmann *et al*., 2006 2009; Wang *et al*., 2019;). این ماده متخلل غنی از کربن، با سطح ویژه بزرگ و گروه‌های عاملی غنی (Blanco-Canqui 2017)،در بهسازی و اصلاح خاک توجه زیادی را از سوی محققان به خود جلب کرده است (Wang *et al*., 2019; Wang *et al*., 2020). تحقیقات در ارتباط با بیوچار نشان از کاهش انتشار $Co_2$ و $CH_4$ در خاک کشاورزی را می‌دهد (Kavitha *et al*., 2018). بنابراین، بیوچار پتانسیل این را دارد که بهترین روش مدیریتی برای خاک‌های با حاصلخیزی پایین باشد (El-Naggar *et al*., 2019). اضافه کردن بیوچار در بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک‌های متأثر از نمک مؤثر است (Saifullah *et al*., 2018; He *et al*., 2020). کاربرد بیوچار در ارتباط با آبیاری خاک متأثر از نمک به طور بالقوه قادر به کاهش شوری است (Saifullah *et al*., 2018; Baiamonte *et al*., 2019). تخلخل خوب و سطح ویژه بزرگ بیوچار می‌تواند تخلخل و نفوذ خاک را افزایش دهد تا آبشویی نمک را در طول آبیاری افزایش دهد (Di Lonardo *et al*., 2017). با توجه به برخی از محتویات $K^+$ و $Ca^{2+}$، بیوچار می‌تواند ترکیب یونی را تنظیم کرده و اثر منفی شوری خاک بر رشد گیاه را با تبادل $Ca^{2+}$ با $Na^+$ در محلول خاک کاهش دهد (Lashari *et al*., 2015; Zheng *et al*., 2018). بیوچار یک ماده چند منظوره به دلیل دارا بودن کربن غنی (Lehmann *et al*., 2006)، وجود برخی از مواد مغذی گیاهی (Ajayi *et al*., 2016) و گروه‌های عملکردی حاوی اکسیژن فراوان (Nguyen *et al*., 2017) است که قادر به افزایش کربن و محتوای مواد مغذی خاک و همچنین حفظ مواد مغذی است (Usman *et al*., 2016; Yu *et al*., 2019; He *et al*., 2020). بنابراین، تأثیر

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27 ]

بیوچار بر خاک شور دارای خواص چندگانه می‌باشد (Liu *et al.*, 2017; Saifullah *et al.*, 2018). از این رو استفاده از بیوچار به عنوان ماده‌ای در کاهش اثرات تنش شوری اعمال شده بر گیاهان حساس به شوری حائز اهمیت و مورد بررسی است. از آن جایی که بیشتر اطلاعات موجود در مورد تأثیرات بیوچار بر روی گیاهان زراعی و صیفی متمرکز شده است بنابراین نیاز به بررسی تأثیر بیوچار بر روی گیاهان زینتی از جمله رز که حساس به شوری نیز می‌باشد غیرقابل اغماض است.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور بررسی تأثیر بیوچار بر برخی از خصوصیات بیوشیمیایی گیاه رز در شرایط تنش شوری انجام پذیرفت. طرحی گلدانی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با دو عامل در چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۴۰۰ به اجرا در آمد.

**تیمارهای آزمایش:** عامل‌های آزمایش از جمله ماده آلی بیوچار در چهار سطح (عدم کاربرد، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ گرم در یک کیلوگرم خاک هر گلدان) و آبیاری با آب شور در سه سطح شوری (صفر، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) بود. سطوح مختلف بیوچار تولید شده در کوره صنعتی واقع در شهرستان تربت حیدریه (جدول ۱) به خاک (جدول ۲) مورد نظر اضافه و به طور کامل مخلوط شد.

**تهیه و کشت گیاهان:** گیاهچه‌های رز رقم Rain bow از گلخانه دانشگاه فردوسی مشهد تهیه و در گلدان‌های پلاستیکی پنج کیلویی حاوی بستر کشت خاک با نسبت‌های مختلف بیوچار کاشته شدند.

**استقرار گیاهچه‌ها و اعمال تیمارها:** گلدان‌ها در گلخانه با دمای ۲۵–۱۸ درجه سانتی‌گراد (روز– شب) و میانگین رطوبت نسبی گلخانه ۷۰ تا ۸۵ درصد مستقر و همچنین برای اعمال سطوح شوری مورد نظر، پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها، آبیاری با آب به همراه نمک کلرید سدیم (NaCl) در غلظت‌های ذکرشده، هر دو روز یکبار انجام شد به طوری که محتوای آب گلدان به حد ظرفیت زراعی خود برسد. البته باید خاطر نشان کرد که در تیمار شاهد از آب معمولی استفاده گردید که بر طبق جدول ۳ میزان شوری آن برابر با ۱/۲ دسی زیمنس بر متر بود که در این حالت مقدار آن را به عنوان شاهد برابر با صفر در نظر گرفته شد و تیمارهای بعدی نیز مقدار نمک مورد نظر با آب معمولی مخلوط گردید و به صورت محلول به خاک هر یک از گلدان‌ها افزوده شد. از سویی به منظور جلوگیری از تجمع نمک آبشویی گلدان‌ها هر دو هفته یکبار با همان غلظت آب شور در هر تیمار صورت گرفت.

**اندازه‌گیری صفات:** بررسی صفات پس از بروز اولین علایم تنش روی تیمار شاهد در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار صورت گرفت که به مدت یک ماه و ۲۳ روز به طول انجامید و گیاهان در مرحله زایشی خود وقتی حداقل یک گل روی آن‌ها نمایان شد برداشت صورت گرفت. هر مرحله نمونه‌برداری، چهار تکرار از هر تیمار گزینش و صفات مورد نظر بررسی شدند. برای سنجش قند کل ۲۰۰ میکرولیتر عصاره متانولی با ۳ میلی‌لیتر معرف آنترون مخلوط شد و به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و در نهایت میزان جذب نور پس از سرد شدن با استفاده از اسپکتروفتومتر (Jenway Model 6305) در طول موج ۶۲۰ نانومتر قرائت شد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH اندازه‌گیری شد به گونه‌ای که ۱۰۰ میلی‌گرم برگ گیاه مورد نظر با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۶٪ مخلوط سپس به مدت دو دقیقه در سانتریفیوژ با دور ۲۰۰۰ گذاشته و بعد از گذاشتن نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی در طول‌موج ۵۱۷ نانومتر و بر اساس معادله زیر قرائت شد.

$$DPPH= [(A_0-A_1)\div A_0]\times 100$$

که طبق فرمول DPPH = درصد تخریب رادیکال‌های آزاد، $A_0$= جذب نمونه شاهد و $A_1$= جذب نمونه مورد ارزیابی است (Yi et al., 2008). سنجش پرولین مطابق روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) با استفاده از اسپکتروفتومتر (Jenway Model 6305) در طول موج ۵۲۰ نانو متر صورت پذیرفت. فنل کل در

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27 ]

عصاره برگ، با معرف فولین سیکاتو با روش Sinleton و Rossi (۱۹۶۵) اندازه‌گیری شد. منحنی کالیبراسیون با استفاده از محلول‌های اتانولی اسید گالیک تهیه و سپس نتایج به صورت معادلات اسید گالیک (میلی‌گرم اسید گالیک/ یک گرم وزن تر) بیان شد. روش رنگ سنجی کلرید آلومینیوم گزارش

**جدول ۱- نتایج آنالیز بیوچار مورد استفاده در این تحقیق**

| کربن آلی | مواد آلی | جرم مخصوص ظاهری | EC | pH | ظرفیت تبادل کاتیونی | پتاسیم | فسفر | نیتروژن | کلسیم | منیزیم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (درصد) | | ($g/cm^3$) | (ds/m) | | ($Cmol(+)\ Kg^{-1}$) | (mg/kg) | | (درصد) | | |
| ۷/۴۱ | ۱۲/۷۷ | ۰/۳۹ | ۱/۵ | ۸/۲ | ۶/۳ | ۰/۲۲۶ | ۰/۰۷۴ | ۶/۵ | ۱/۲ | ۰/۰۳۶ |

**جدول ۲- نتایج آزمون خاک مورد استفاده در این تحقیق**

| بافت خاک | رس | سیلت | شن | مواد آلی | EC | pH | ظرفیت تبادل کاتیونی | پتاسیم | فسفر | نیتروژن |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (درصد) | | | | (ds/m) | | ($Cmol(+)\ Kg^{-1}$) | (mg/kg) | | (ppm) |
| لومی | ۲۲ | ۳۶ | ۴۲ | ۰/۱۷۵ | ۴/۵ | ۷/۸ | ۸/۶۴ | ۶۶ | ۱۰/۸۲ | ۲۱۰۸ |

**جدول۳- نتایج آنالیز آب آبیاری مورد استفاده در این تحقیق**

| بی‌کربنات | کلر | سدیم | کلسیم | منیزیم | pH | EC | نسبت جذبی سدیم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (meq/I) | | | | | | (ds/m) | |
| ۱/۶ | ۴ | ۱/۹ | ۹/۵ | ۳ | ۷/۵۳ | ۱/۲ | ۰/۱۵ |

شده توسط Dutta و Maharia (۲۰۱۲)، برای استخراج فلاونوئید کل استفاده گردید. منحنی کالیبراسیون کوئرستین تهیه و نتایج به صورت (میلی‌گرم/ یک گرم وزن تر) بیان شد. آنتوسیانین گلبرگ به وسیله روش Wagner (۱۹۷۹) اندازه گیری صورت پذیرفت. جهت اندازه‌گیری عناصر از دستگاه ICP- AES (spectroscopy, Agilent, United State 1500, Inductively coupled plasma atomic emission ) استفاده گردید.

آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزار minitab17 و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ انجام شد. رسم نمودارها با نرم افزار Excel 2017 صورت گرفت.

## نتایج

**فنول کل و پرولین:** بر طبق داده‌های جدول ۴ اثرات متقابل بیوچار و تنش شوری در سطح احتمال ۱٪ برای شاخص‌های فنول کل و پرولین معنی‌دار بود. کمترین میزان پرولین در سطح ۵۰ گرم بیوچار تحت عدم تنش شوری به میزان ۰/۳۴µmol $g^{-1}$DW و نیز کمترین میزان فنول کل مربوط در ۵۰ گرم بیوچار بدون تنش به میزان ۱۷/۶۲mg GA $g^{-1}$FW بود اما در تنش ۷۵ میلی‌مولار بیوچار ۵۰ گرم موجب کاهش فنول کل به میزان۰/۸۷ mg GA $g^{-1}$FW (شکل ۱a) و پرولین به میزان ۰/۴۱ (شکل ۱b) برابر نسبت به شاهد در همان مقدار تنش شد.

**فلاونوئید:** بیوچار و تنش شوری اثر معنی داری بر میزان شاخص فلاونوئید کل بر طبق جدول ۴ در پی نداشته اما اثرات ساده برای این شاخص در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. کمترین میزان فلاونوئید در تنش شوری مربوط به تیمار عدم تنش شوری به میزان ۳/۱۴ mg $g^{-1}$ FW و از طرفی تنش ۷۵ میلی‌مولار موجب افزایش این شاخص به مقدار ۱/۰۲ برابر نسبت به شاهد گردید (شکل ۱c). کمترین مقدار فلاونوئید

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27 ]

تحت تیمار بیوچار ۵۰ گرم به میزان ۳/۱۸ mg $g^{-1}$ FW مربوط بود که بیوچار ۵۰ گرم سبب کاهش مقدار فلاونوئید به میزان ۰/۹۹ برابر نسبت به عدم کاربرد بیوچار شد (شکل 1d).

**کربوهیدرات‌های محلول و فعالیت آنتی‌اکسیدانی:** بر طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) اثرات متقابل تنش شوری و بیوچار برای شاخص کربوهیدرات‌های محلول

**جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس برخی صفات بیوشیمیایی گل رز تحت سطوح مختلف بیوچار و تنش شوری**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | پرولین (µmol $g^{-1}$DW) | فنول کل (mg GA $g^{-1}$FW) | فلاونوئید (mg $g^{-1}$ FW) | کربوهیدرات‌های محلول (mg $g^{-1}$ FW) | فعالیت آنتی اکسیدانی (درصد) | آنتوسیانین گلبرگ (µmol$g^{-1}$FW) |
| بیوچار | ۳ | ۲۰۹/۶۹** | ۳۳۴۷۹** | ۰/۰۱۴۳** | ۱۷/۱۹ns | ۰/۰۰۰۷ns | ۲۷۴/۵۵** |
| تنش شوری | ۲ | ۲۰۸۹/۹۹** | ۱۲۱۶۰۵** | ۰/۱۰۸۸** | ۸۸/۰۰* | ۰/۰۰۹۲** | ۳۱۰۴/۹۳** |
| شوری × بیوچار | ۶ | ۵۴/۳۴** | ۱۰۶۴۱** | ۰/۰۰۱۸ns | ۱/۷۲ns | ۰/۰۰۰۲ns | ۸۶/۳۳** |
| خطا | ۳۶ | ۰/۱۳ | ۲۱۸ | ۰/۰۰۱۳ | ۲۴/۸۸ | ۰/۰۰۰۴ | ۰/۰۱ |

***، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم تفاوت معنی‌داری**

**جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس برخی عناصر غذایی گل رز تحت سطوح مختلف بیوچار و تنش شوری**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | سدیم (ppm) | پتاسیم (ppm) | نسبت پتاسیم به سدیم | کلسیم (ppm) | آهن (ppm) | فسفر (ppm) |
| بیوچار | ۳ | ۹۹۱۳۵۴۴** | ۲۵۷۳۹۲۴** | ۰/۷۷۹۹** | ۲۹۴۴۵۵۷ns | ۱۳۲۳۴/۷** | ۱۴۷۵۹۵** |
| تنش شوری | ۲ | ۷۷۳۷۰۳۹۳۹** | ۳۵۸۹۷۵۲۴** | ۲۹/۸۳۳۷** | ۸۰۵۵۹۰۲۶** | ۹۵۴۱۲/۸** | ۱۵۳۴۰۱۰** |
| شوری × بیوچار | ۶ | ۱۵۱۹۰۳۳** | ۴۶۸۱۹۴* | ۰/۴۲۴۲** | ۶۵۴۸۰۷ns | ۷۴۷/۵ns | ۴۷۶۴۴ |
| خطا | ۳۶ | ۳۹۴۷۹۳ | ۱۷۰۷۶۵ | ۰/۰۴۰۷ | ۱۴۳۴۴۹۷ | ۲۱۶۲/۶ | ۲۲۹۳۶ |

***، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم تفاوت معنی‌داری**

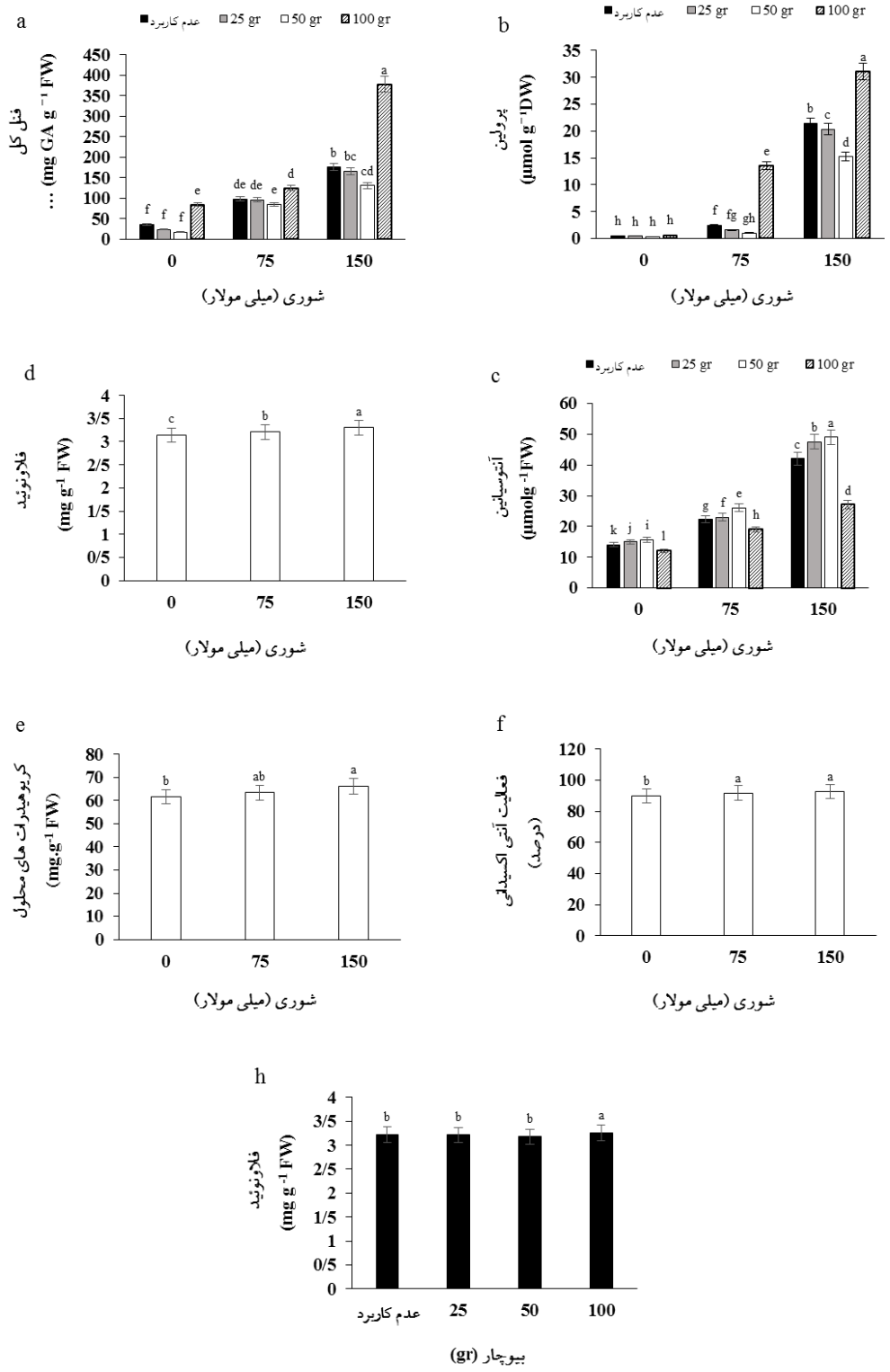
و فعالیت آنتی‌اکسیدانی معنی‌دار نبوده و فقط اثر ساده تنش شوری شاخص کربوهیدرات‌های محلول در سطح احتمال ۵٪ و نیز اثر ساده تنش شوری شاخص فعالیت آنتی‌اکسیدانی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. کمترین میزان کربوهیدرات محلول در تیمار شاهد به میزان ۶۱/۵۳ mg $g^{-1}$ FW بود اما تنش شوری ۷۵ میلی‌مولار موجب افزایش این شاخص به میزان ۱/۰۳ برابر نسبت به شاهد شد (شکل 1e). کمترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به تیمار شاهد به مقدار ۹۰/۰۲ درصد بود. تنش شوری ۷۵ میلی‌مولار موجب افزایش میزان این شاخص به مقدار ۱/۰۲ برابر نسبت به عدم تنش شوری شد (شکل 1f).

**آنتوسیانین گلبرگ:** مطابق با جدول (۴) اثرات متقابل تنش شوری و بیوچار شاخص آنتوسیانین گلبرگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. بیشترین میزان این شاخص در به سطح ۵۰ گرم بیوچار در گیاه ۱۵۰ میلی‌مولار به میزان ۴۹ µmol$g^{-1}$FW بود. از طرفی در تنش ۷۵ میلی‌مولار نیز موجب افزایش شاخص مربوطه به مقدار ۱/۱۷ برابر نسبت شاهد شد (شکل 1h).

**عناصر:** اثر متقابل بیوچار و تنش شوری برای عنصر پتاسیم

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27 ]

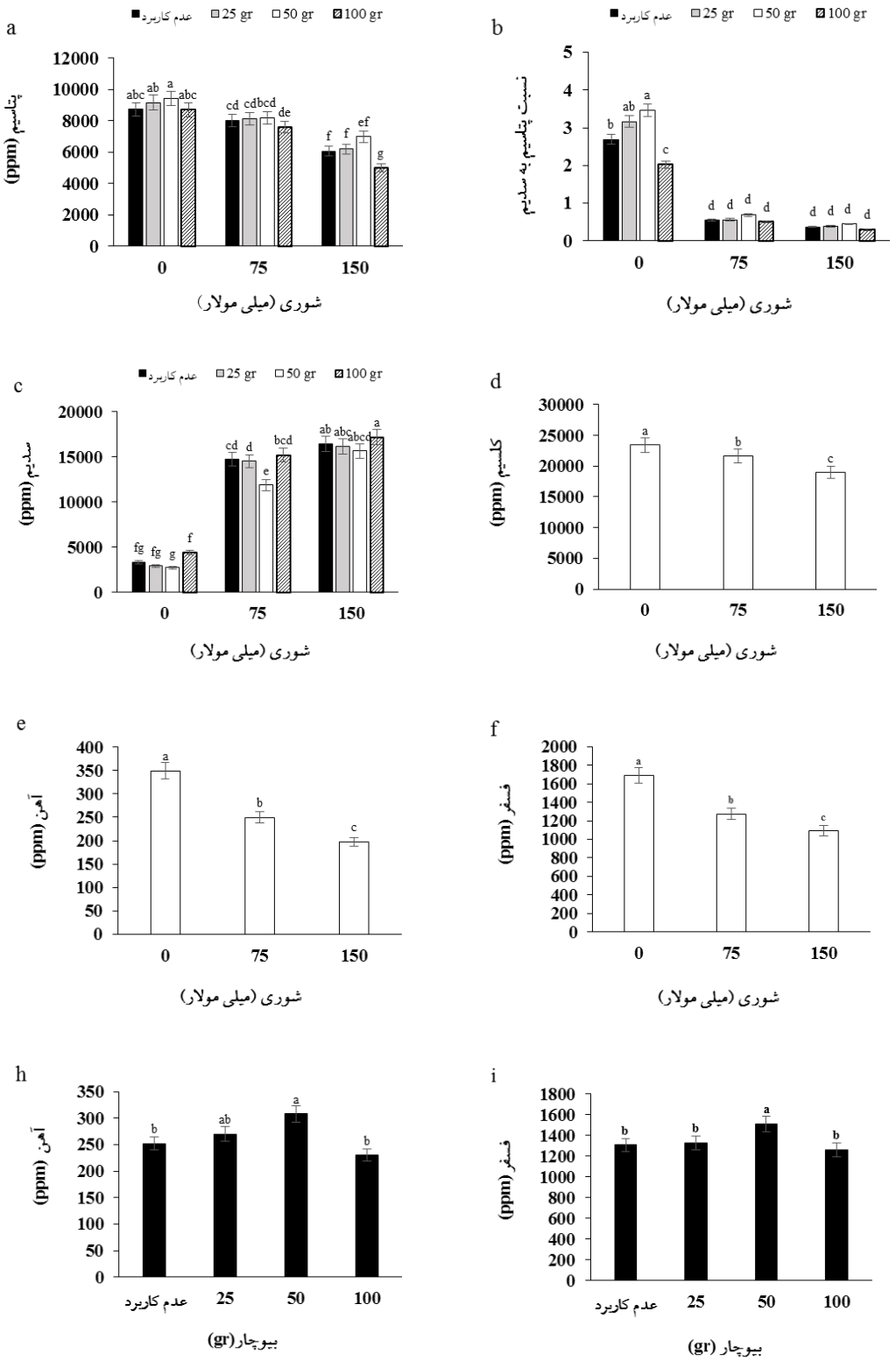
در سطح ۵٪ و برای عناصر سدیم و نسبت پتاسیم به سدیم در سطح احتمال ۱٪ معنادار شد (جدول ۵). بیشترین میزان پتاسیم در شرایط عدم تنش شوری و بیوچار سطح ۵۰ گرم (شکل ۲a) به میزان ۹۴۲۷/۹۶ ppm بود از سویی تنش شوری ۷۵ میلی‌مولار موجب کاهش عنصر پتاسیم نسبت به شاهد گردید اما بیوچار در سطح ۵۰ گرم سبب افزایش مقدار عنصر پتاسیم به میزان ۱/۰۱ برابر نسبت به شاهد شد. بیشترین مقدار




**شکل ۱- (a) پرولین، (b) فنول کل و (c) آنتوسیانین گلبرگ به ازای هر گل رز تحت تأثیر سطوح مختلف بیوچار در چهار سطح صفر**

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27 ]

**(کنترل)، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ گرم به ازای ۱ کیلوگرم خاک گلدان و تنش شوری ناشی از غلظت‌های صفر (کنترل)، ۵۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم. (d) فلاونوئید، (e) کربوهیدرات‌های محلول و (f) فعالیت آنتی‌اکسیدانی تحت تأثیر تنش شوری ناشی از غلظت‌های صفر (کنترل)، ۵۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم. (h) فلاونوئید تحت تأثیر سطوح مختلف بیوچار در چهار سطح صفر (کنترل)، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ گرم به ازای ۱ کیلوگرم خاک گلدان. در هر نمودار میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، مطابق آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.**




[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27 ]

**شکل ۲- (a) پتاسیم، (b) نسبت پتاسیم به سدیم و (c) سدیم تحت تأثیر سطوح مختلف بیوچار در چهار سطح صفر (کنترل)، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ گرم به ازای ۱ کیلوگرم خاک گلدان و تنش شوری ناشی از غلظت‌های صفر (کنترل)، ۵۰ و ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم. (d) کلسیم، (e) آهن و (f) فسفر تحت تأثیر تنش شوری ناشی از غلظت‌های صفر (کنترل)، ۵۰ و ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم. (h) آهن و (i) فسفر تحت تأثیر سطوح مختلف بیوچار در چهار سطح صفر (کنترل)، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ گرم به ازای ۱ کیلوگرم خاک گلدان. در هر نمودار میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، مطابق آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.**

نسبت پتاسیم به سدیم (شکل ۲b) در شرایط عدم تنش و بیوچار ۵۰ گرم به میزان ppm ۳/۴۶ بود. از طرفی تنش ۷۵ میلی‌مولار موجب کاهش این شاخص نسبت به تیمار شاهد شد ولی بیوچار در سطح ۵۰ گرم در تنش شوری ۷۵ میلی‌مولار سبب افزایش این شاخص به میزان ۱/۲۶ برابر نسبت به شاهد شد. از سویی کمترین مقدار سدیم (شکل ۲c) مربوط به عدم تنش شوری و بیوچار ۵۰ گرم به میزان ppm ۲۷۲۴/۳ بود. از طرفی تنش ۷۵ میلی‌مولار موجب افزایش سدیم نسبت به تیمار شاهد شد ولی بیوچار در سطح ۵۰ گرم در تنش شوری ۷۵ میلی‌مولار سبب کاهش این شاخص به میزان ۰/۸ برابر نسبت به شاهد شد. از بین عناصر فسفر، آهن و کلسیم هر دو اثر ساده بیوچار و تنش شوری در سطح احتمال ۱٪ معنادار شد (جدول ۵) بجز کلسیم که فقط اثر ساده تنش شوری آن در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد، که بیشترین مقدار آن (شکل ۲d) مربوط به تیمار شاهد به میزان ppm ۲۳۴۱۹/۵ بود و تنش شوری ۷۵ میلی‌مولار موجب کاهش مقدار کلسیم به میزان ۰/۹ برابر شاهد گردید. بیشترین میزان آهن و فسفر، در تنش شوری (شکل ۲c و ۲e) مربوط به سطح عدم تنش به ترتیب به میزان ppm ۳۴۹/۱۷ و ppm ۱۶۹۵/۰۱ بود. تنش شوری ۷۵ میلی‌مولار موجب کاهش عناصر فسفر و آهن به میزان ۰/۷ برابر نسبت به شاهد گردید. در خصوص بیوچار، بیشترین میزان عناصر آهن و فسفر (شکل ۲f و ۲h) به ترتیب به میزان ppm ۳۰۸/۵۲ و ppm ۱۵۱۴/۴۶ بود. بیوچار سطح ۵۰ گرم سبب افزایش مقدار عناصر فسفر و آهن به میزان ۱/۲ برابر نسبت به شاهد شد.

## بحث

**پرولین:** پرولین ماده‌ای محافظ در برابر تنش است. بدین صورت که به طور مستقیم بر ماکرومولکول‌ها تأثیر حفاظتی دارد و به این طریق به حفظ و شکل ساختار طبیعی آن‌ها در شرایط تنش کمک می‌نماید (Iqbal *et al.*, 2014). مطابق با نتایج این تحقیق افزایش پرولین در شرایط تنش شوری در مریم‌گلی (آقایی و همکاران، ۱۳۹۳) و همیشه‌بهار (جبارزاده و همکاران، ۱۳۹۴) گزارش شد. بعلاوه، پرولین اسیدآمینه ذخیره‌ای در سیتوپلاسم می‌باشد که در سنتز دیواره سلولی دارای نقش می‌باشد. انباشت این اسیدآمینه در وقوع تنش در برگ‌ها سریع‌تر و بیشتر از سایر اندام‌ها می‌باشد. تجمع پرولین این فرصت را برای گیاه ایجاد می‌کند که بتواند پس از رفع تنش رشد خود را بازیابی کند و از این سو منجر به زنده‌مانی گیاه بعد از دوره کوتاهی از تنش می‌گردد. اما در تنش‌های طولانی مدت بر عکس عمل خواهد کرد و نیز تجمع آن مانعی برای فتوسنتز گیاه به حساب می‌آید و گیاه را به سمت مسیر و فرآیندهایی غیر از متابولیسم اولیه و بیوسنتز مولکول‌های آلی ضروری نظیر پروتئین‌ها و آنزیم‌ها سوق می‌دهد (Sanchez *et al.*, 1998). پرولین یکی از رایج ترین ترکیبات محافظ اسمزی است که در تنش شوری تجمع می‌یابد (Shinogi and Kanri, 2003). افزایش تجمع پرولین در شرایط شوری را می‌توان به کاهش میزان پرولین اکسیداز نسبت داد که باعث تجزیه پرولین می‌گردد. همچنین افزایش در میزان ۵- کربوکسیلات سنتتاز که سنتز پرولین را افزایش می‌دهد، می‌تواند از دیگر دلایل افزایش میزان پرولین دانست (شمس‌الدین سعید و رمرودی، ۱۴۰۰). در آزمایشی که بر روی انگور انجام دادند مشاهده کردند که با کاربرد بیوچار میزان پرولین کاهش می‌یابد (Rasouli *et al.*, 2009). کاربرد بیوچار برگ نخل خرما موجب افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت می‌شود و این افزایش موجب کاهش تنش و در نتیجه کاهش پرولین می‌گردد (Nowroozi *et al.*, 2017). در

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27 ]

پژوهشی استفاده از بیوچار در دماهای بالا موجب افزایش میزان پرولین به عنوان اسمولیت سازگار به منظور افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش شوری گردید (شمس‌الدین سعید و رمرودی، ۱۴۰۰) که با نتایج حاصل از این تحقیق همسو نیست.

**فنل کل، آنتی‌اکسیدان:** ترکیبات فنلی در سلول در شرایط طبیعی سنتز می‌شوند اما تنش‌های محیطی باعث تغییر در میزان ترکیبات فنلی می‌شوند. گزارش‌هایی مبنی بر انباشت ترکیبات فنلی در گیاهان در پاسخ به تنش‌های زیستی و غیرزیستی وجود دارد. در برخی از گونه‌های گیاهی تجمع فنل‌ها در اثر شرایط شوری انجام می‌گیرد (Kovacik and Backor, 2007; Ksouri *et al.*, 2007; Sonar *et al.*, 2011) که با نتایج این تحقیق مطابق است. افزایش تجمع ترکیبات فنلی در پاسخ به شوری بیانگر آن است که ترکیبات فنلی ممکن است در گیاه تحت شرایط تنش تحریک شوند. از جمله سازوکارهای دفاعی برای جمع‌آوری ROS، فنل‌ها می‌باشند. تنش شوری موجب افزایش سنتز فنل‌ها و ترکیبات اکسیدانی و در نهایت محافظت ساختمان سلولی از آسیب اکسیداتیو می‌گردد (Khan *et al.*, 2011). براساس گزارشات پیشین بین ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گونه‌های گیاهی همبستگی مثبت وجود دارد (Ksouri *et al.*, 2007; Sonar *et al.*, 2011) در نتیجه، افزایش محتوای فنل به عنوان یک راه حل حفاظتی قوی برای حذف ROS می‌باشد. افزایش جذب نمک، موجب اختلال در کارکرد سلولی و آسیب رساندن به فرآیندهای فیزیولوژیک در گیاه می‌گردد (وجودی مهربانی و همکاران، ۱۳۹۶). کاربرد بیوچار به همراه لجن فاضلاب سبب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه گندم گردید که این افزایش در نتیجه توانایی کلات سازی یون‌ها (۳۹/۸ درصد) و نیز رفع رادیکال‌های آزاد (۲۵ درصد) بوده است (تقی‌زاده طبری و همکاران، ۱۴۰۰).

**کربوهیدارت محلول:** غلظت قندهای محلول به طور معمول تحت تأثیر تنش یا بدون تغییر باقی می‌مانند یا افزایش می‌یابند (Pinheiro *et al.*, 2001) علت افزایش قند محلول در شرایط تنش شوری، تخریب پروتئین‌ها نیز اعلام شده است. سلول‌های گیاهان عالی برای گریز از پلاسمولیز و برقراری تورژسانس در شرایط تنش شوری، مجبور به تبدیل و تجزیه قندهای پیچیده به ساده می‌باشند. بدین ترتیب، فشار اسمزی سلول افزایش می‌یابد. در برگ‌های مریم‌گلی لبه‌دار تنش محیطی منجر به افزایش تجمع قندهای محلول در محل سیتوزول و کاهش پتانسیل آب برگ شده که می‌تواند در حفظ تورژسانس و تنظیم اسمزی نقش اصلی ایفا نماید (Cornic and Massacci, 1996). طی گزارشی افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول اندام هوایی تحت شرایط تنش شوری می‌تواند بیانگر این نکته باشد که انتقال کربوهیدرات‌های محلول از اندام هوایی به ریشه مختل می‌شود (Kafi *et al.*, 2012). مطابق با نتایج حاصل از این پژوهش، تنش شوری موجب افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول در مرزه تابستانه (امیری و مؤدنی، ۱۳۹۵؛ Najafi *et al.*, 2010) و مریم‌گلی (آقائی و همکاران، ۱۳۹۳) گردید. کربوهیدرات‌ها سبب تنظیم اسمزی و همچنین پایداری غشاها و پروتئین‌های موجود در سلول می‌گردند. این کار می‌تواند از طریق تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین گروه‌های کربوکسیل قندها و زنجیرهای قطبی پروتئین‌ها و در نهایت پایدارسازی پروتئین‌ها انجام پذیرد. به عنوان مثال تجمع ساکارز سبب حفظ فسفولیپیدهای غشا می‌گردد و از تغییرات ساختاری در پروتئین‌های محلول سلول نیز جلوگیری به عمل می‌آورد. گیاهانی که در شرایط تنش شوری دارای کربوهیدرات‌های محلول بیشتری باشند تحمل شوری بیشتری از خود نشان می‌دهند. تغییر در متابولیسم و تبدیل قندها در شرایط اسمزی برای تحمل تنش دارای نقش کلیدی می‌باشد. افزایش غلظت کربوهیدرات‌ها علاوه بر اینکه باعث منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی در سیتوپلاسم می‌گردد در حفاظت اسمزی غشاها و نیز جاروب کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن موثر می‌باشند (Kerepesi and Galiba, 2000).

**فلاونوئید:** در گیاهان یک سیستم دفاعی کاملاً توسعه‌یافته بر علیه ترکیبات واکنش گر وجود دارد که منوط به محدود کردن تشکیل و یا حذف آن‌ها می‌باشد. سیستم دفاعی در پاسخ به افزایش تشکیل ترکیبات فعال اکسیژن تحت شرایط تنش

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27 ]

آغاز به کار می‌کند (Kubi, 2005). به این منظور گیاه برای پیشگیری از آسیب‌های شدید حاصل از این ترکیبات، سیستم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدان آنزیمی و غیرآنزیمی را جهت سازگاری گیاه در شرایط تنش سر لوحه کار خود قرار می‌دهد. از جمله ترکیبات غیرآنزیمی می‌توان توکوفرول‌ها، کاروتنوئیدها و فلاونوئیدها را بیان کرد (Chowdhury and Choudhuri, 1985). فلاونوئیدها گروه پیچیده از متابولیت‌های ثانویه گیاهی با اعمال زیستی متنوع نظیر پیام‌رسانی در بر همکنش بین گیاهان و میکروارگانیسم‌ها، دفاع در برابر گیاه‌خواران و پاتوژن‌ها، محافظت در برابر نور UV، رنگدانه گرده گل‌ها برای جذب گرده افشان‌ها و یا تحریک جوانه‌زنی دانه گرده و رشد لوله گرده و همچنین سازگاری گیاه به شرایط تنش‌زای محیطی می‌باشند (Martin *et al.*, 1993; Zou *et al.*, 2004; Martens and Mithofer, 2005). خاصیت آنتی‌اکسیدانی فلاونوئیدها وابسته به ساختار شیمیایی آن‌ها می‌باشد (Rajalakshmi and Narasimhan, 1995). نتایج حاصل از این تحقیق نشان از افزایش میزان فلاونوئید در تنش‌های شوری را می‌دهد که در حقیقت این ترکیب جز آنتی‌اکسیدان‌هایی می‌باشد که در گیاه جهت مقاومت به شرایط تنش ایجادشده و اینگونه به تنش اعمال شده پاسخ می‌دهد (فیروزه و همکاران، ۱۳۹۷). اگر چه تأثیرات بیوچار بر روی خصوصیات بیوشیمیایی گیاهان کمتر مورد بررسی قرار گرفته با این وجود برخی از مطالعات افزایش فلاونوئید را در اثر استفاده از بیوچار بیان کردند (Rozylo *et al.*, 2017; Ghassemi-Golezani and Lotfi, 2015; Hashemi and Shahani, 2019). افزایش فلاونوئید در اثر کاربرد بیوچار تحت تأثیر رطوبت نسبی، پایداری غشای برگ و میزان نیتروژن برگ‌ها می‌باشد و از آن‌جایی که بیوچار با بهبود خصوصیات خاک در افزایش صفات ذکر شده مؤثر است، می‌تواند در افزایش فلاونوئید نیز تأثیر داشته باشد (تقی‌زاده طبری و همکاران، ۱۴۰۰).

**آنتوسیانین:** متداول‌ترین گروه فلاونوئیدهای رنگریزه‌ای آنتوسیانین‌ها است که مسئول بیشتر رنگ‌های قرمز، صورتی، بنفش و آبی مشاهده شده در قسمت‌های مختلف گیاه می‌باشند (کافی و زند، ۱۳۷۹). سیستم دفاعی غیرآنزیمی در گیاهان شامل ترکیبات آنتی‌اکسیدان نظیر آنتوسیانین‌ها، کاروتنوئیدها، توکوفرول‌ها، آسکوربیک اسید و ترکیبات فنلی است. مهمترین این ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، فلاونوئیدهای آنتوسیانی می‌باشند این ترکیبات نه تنها باعث از بین‌رفتن رادیکال‌های آزاد بلکه موجب توقف تولید بیشتر آن‌ها می‌شوند. آنتوسیانین‌ها احتمالاً موجب تسهیل ورود نمک به واکوئل سلول‌ها و در نهایت جمع‌آوری آن‌ها از سایر قسمت‌ها می‌گردد (سعادتمند و انتشاری، ۱۳۹۱). تحقیقات بیانگر این است که آنتوسیانین‌ها می‌توانند در هماهنگی با مولکول‌های حفاظتی در یاخته‌های گیاهی عمل کنند و برای جبران نقص در غلظت مولکول‌ها در مدت دوره تنش وارد عمل شوند. انباشتگی آنتوسیانین‌ها با محرک‌های محیطی گوناگون مانند (UV) (Reddy *et al.*, 1994)، دمای کم (Christie *et al.*, 1994)، حمله عوامل بیماری‌زا (Heim *et al.*, 1983; Hipskind *et al.*, 1996) و چندین تنظیم‌کننده رشد مانند سایتوکینین (Deikman and Hammer, 1995)، جیبرلین‌ها (Moalem-Beno *et al.*, 1997)، اتیلن (Woltering and Somhorst, 1990) و سالسیلیک اسید (Marschner, 1995) القا می‌گردد. تنش شوری از طریق القای اسمزی سبب تجمع آنتوسیانین‌ها می‌شود. همچنین تجمع آنتوسیانین‌ها تحت تنش شوری در ریشه‌های ذرت (Kaliamoortiiy and Rao, 1994)، آرابیدوبسیس (Mita *et al.*, 1997) و عشقه (Murata, 1998) گزارش شده است. اما در گیاه سیاه دانه (فاضلی و همکاران، ۱۳۹۶) نتیجه عکس حاصل شد. بر خلاف نتایج این پژوهش در مطالعه‌ای، بیوچار اثر معنی‌داری بر آنتوسیانین گیاه گاوزبان اروپایی نداشت (تقی‌زاده طبری و همکاران، ۱۴۰۰) ولی از سویی بیوچار باعث افزایش محتوای آنتوسیانین گیاه شنبلیه (*Trigonella corniculata*) شد (Younis *et al.*, 2015).

**عناصر:** تحت تنش شوری، به دلیل کاهش بیان آنزیم ATP سنتتاز، یکی از آنزیم‌های مهم در حفظ هموستازی یون در سلول گیاهی، تعادل یونی گیاه به هم می‌خورد و همچنین با تجمع یون‌های مضر در سیتوپلاسم، در متابولیسم سایر عناصر

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27 ]

مورد نیاز گیاه اختلال ایجاد می‌شود (Misra and Gupta, 2006). غلظت بالای سدیم در محلول خاک منجر به کاهش جذب دیگر عناصر توسط گیاه می‌شود. به دلیل اینکه سدیم به طور مستقیم سبب تداخل در جذب و انتقال دیگر عناصر از طریق پالسمودسماتای سلول ریشه می‌گردد (حیدری و همکاران، ۱۳۸۶). گزارش شده است که با افزایش غلظت NaCl میزان عنصر سدیم افزایش و مقدار عناصر کلسیم و پتاسیم (Shabala *et al*., 2010; Wu and Wang 2012; Perez-Lopez *et al*., 2014) و نیز آهن و فسفر (De La Rosa-Ibarra and Maiti, 1995) در تعدادی از گیاهان کاهش می‌یابد. در شرایط شوری، یون سدیم جایگزین یون پتاسیم موجود در محلول خاک شده و این جایگزینی سبب می‌شود تا جذب پتاسیم در گیاه کاهش یابد (حیدرنژاد و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین در هنگام تنش شوری، یون فسفات با یون کلسیم موجود در خاک به سرعت رسوب میکند و از دسترس گیاه خارج می‌شود. بنابراین غلظت و جذب این عنصر در گیاه به شدت کاهش پیدا می‌کند (Giri *et al*., 2003). علاوه بر این، یک شاخص عملی درجه مقاومت گیاه به شوری نسبت K/Na است و نسبت بالای K/Na برای کاهش متابولیسم سلولی در شرایط تنش شوری حیاتی است (Wu and Wang, 2012). علاوه بر این، افزایش این یون‌ها می‌تواند دلیل اصلی کاهش جذب سدیم در گیاهان تیمار شده با بیوچار باشد (Farhangi-Abriz and Torabian, 2018). بیوچار باعث بهبود نسبت K/Na و کاهش جذب سدیم در گیاهان تحت تنش شوری شد (Hammer *et al*., 2015; Farhangi-Abriz and Torabian, 2018) بیوچار که با کاهش جذب سدیم در خاک کاملاً پایدار است. همچنین می‌توان از آن برای بهبود تنش شوری در گیاهان استفاده کرد (Thomas *et al*., 2013; Lashari *et al*., 2015) ادغام بیوچار در خاک متأثر از نمک به دلیل جذب بالای سدیم می‌تواند تنش شوری را در سیب‌زمینی (Thomas *et al*., 2013; Akhtar *et al*., 2015a) و لوبیا (Farhangi-Abriz and Torabian, 2018) به طور عمده کاهش دهد. بیوچار حاوی مقادیر بالایی از مواد مغذی ضروری گیاه از جمله پتاسیم، فسفر، کلسیم و منیزیم است. از سوی دیگر، افزایش دسترسی به این مواد معدنی در خاک ممکن است منجر به کاهش جذب سدیم شود که می‌تواند تنش شوری را در گیاهان کاهش دهد (Farhangi-Abriz and Torabian, 2018). کاربرد بیوچار در خاک‌های شور ممکن است با افزایش جذب و تجمع مواد مغذی معدنی در گیاهان تحمل گیاه را به تنش شوری افزایش دهد (Ali *et al*., 2017). کاربرد بیوچار غلظت فسفر را در بافت ذرت (Kim *et al*., 2016) و کاهو (Hammer *et al*., 2015) تحت تنش شوری افزایش داد. در مطالعه دیگری، بیوچار فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس را در گیاهان گوجه‌فرنگی با آبیاری شور در مقایسه با آبیاری غیرشور افزایش داد (Usman *et al*., 2016). یون کلسیم می‌تواند تأثیر منفی شوری بر رشد گیاهان را تنظیم و کاهش دهد (Farhangi-Abriz and Torabian, 2018).

## نتیجه‌گیری

یکی از رویکردهای مهم برای کاهش اثرات سوء تنش شوری در گیاهان، اصلاح کیفیت خاک می‌باشد. از آن‌جایی که مواد آلی از گذشته به عنوان عامل کلیدی در کیفیت خاک مطرح بوده، موجب افزایش و بهبود رشد گیاهان می‌شود. یکی از مواد آلی که به عنوان اصلاح‌کننده خاک شناخته می‌شود استفاده از بیوچار می‌باشد. البته مطالعات صورت گرفته بیشتر در حوضه صیفی‌جات و گیاهان زراعی صورت گرفته و کمتر روی گیاهان زینتی تمرکز شده است که نتایج بدست‌آمده از این پژوهش نشان دهنده تأثیر مثبت بیوچار در کاهش اثرات تنش شوری اعمال شده به گیاه می‌باشد به طوریکه استفاده از بیوچار ۵۰ گرم به صورت پودری در یک خاک لومی موجب بهبود صفات مورد بررسی تحت‌تأثیر تنش شوری گردید. از آن‌جا که رز گیاهی حساس به تنش شوری می‌باشد و همچنین روز به روز به خاک و آب‌های شور خصوصاً در ایران افزوده می‌شود به نظر می‌آید که استفاده از بیوچار راهکاری عملی و کاربردی در جهت کاهش اثرات سوء تنش شوری می‌باشد. البته نتایج این تحقیق نشان از اثرات معکوس و سمیت استفاده

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27 ]

از بیوچار ۱۰۰ گرم تحت تأثیر تنش‌شوری می‌دهد که باید خاطر نشان کرد، کاربرد مقدار مناسب و غیرسمی بیوچار برای گیاه حائز اهمیت می‌باشد. اما در کل ثابت شد که بیوچار چوب پسته می‌تواند یک اصلاح‌کننده مؤثر و همچنین یک راهکار امید بخش برای افزایش تولید کشاورزی مخصوصاً تحت شرایط تنش شوری عنوان گردد. با این وجود، برای حصول نتایج قطعی‌تر در شرایط واقعی، مطالعات بیشتری در شرایط مزرعه و خارج از گلدان مدنظر قرار گیرد.

## منابع


آقایی، کیوان، طایی، نجمه، کنعانی، محمدرضا، و یزدانی، مهناز (۱۳۹۳). اثر تنش شوری بر برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دو گونه مریم‌گلی. *مجله فرآیند و کارکرد گیاهی*، ۹، ۸۵-۹۶. DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.9.8.5

امیری، حمزه، و مؤدنی، لیلا (۱۳۹۵). اثر متقابل شوری و اسید آسکوربیک بر برخی از ویژگی‌های بیوشیمیایی مرزه خوزستانی. *مجله یافته‌های نوین در علوم زیستی*، ۳(۱)، ۶۹-۷۹. DOR:20.1001.1.24236330.1395.3.1.7.1

جبارزاده، مریم، تهرانی‌فر، علی، و عابدی، بهرام (۱۳۹۴). بررسی نقش حفاظتی نیتریک اکسید در کاهش صدمات ناشی از تنش شوری در گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L. cv. Gitan Orange). *نشریه علوم باغبانی*، ۳۰(۲)، ۱۸۵-۱۹۱. DOR:20.1001.1.20084730.1395.30.2.19.6

حیدرنژاد، سمیه، رنجبر فردویی، ابوالفضل، و ولی، عباسعلی (۱۳۹۴). بررسی تغییرات محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی، پارامترهای فلورسنس کلروفیلی و عناصر غذایی در گیاه اشنان (*Seidlitza rosmarinus* L.) تحت تنش شوری. *مجله فرآیند و کارکرد گیاهی*، ۴(۱۳)، ۳۷-۴۵. DOR:20.1001.1.23222727.1394.4.13.6.8

حیدری، مصطفی، نادیان، حبیب الله، بخشنده، عبدالمهدی، عالمی‌سعید، خلیل، و فتحی، قدرت‌الله (۱۳۸۶). بررسی اثرات سطوح مختلف شوری و نیتروژن بر تنظیم کننده‌های اسمزی و جذب عناصر غذایی در گندم. *نشریه علوم آب و خاک*، ۱۱(۴۰)، ۱۹۳-۲۱۱. DOR:20.1001.1.22518517.1386.11.40.16.1

کافی، محمد، و زند، اسکندر (۱۳۷۹). فیزیولوژی گیاهی. ترجمه انتشارات جهاد دانشگاهی. مشهد.

تقی‌زاده طبری، زهرا، اصغری، حمیدرضا، عباسدخت، حمید، و باباخانزاده، اسماعیل (۱۴۰۰). تأثیر کاربرد بیوچار و اسید سالسیلیک بر برخی صفات فیزیولوژیکی، زیست- شیمیایی و عملکرد گل گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) در دورهای آبیاری مختلف. *پژوهش‌های تولید گیاهی (علوم کشاورزی و منابع طبیعی)*، ۲۸(۱)، ۹۳-۱۱۳. DOR:98.1000/1735-0905.1398.36.98.99.1.1576.1610

سعادتمند، مهشید، و انتشاری، شکوفه (۱۳۹۱). اثر طول زمان پیشتیمار با سیلیکون بر تحمل شوری در گیاه گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum* Fisch & C.A. mey). *علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای*، ۳(۱۲)، ۴۵-۵۷. DOR:20.1001.1.20089082.1391.3.4.4.8

شمس‌الدین سعید، محدثه، و رمرودی، محمود (۱۴۰۰). ارزیابی تأثیر بیوچار حاصل از دماهای مختلف پیرولیز بر رشد گیاه همیشه بهار تحت تنش شوری. *نشریه علوم باغبانی*، ۳۵(۴)، ۵۹۱-۶۰۴. DOR:20.1001.1.20084730.1400.35.4.11.7

فاضلی، آرش، زارعی، بتول، و طهماسبی، زهرا (۱۳۹۶). تأثیر تنش شوری و سالسیلیک اسید بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی سیاه دانه (*Nigella sativa* L.). *زیست‌شناسی گیاهی ایران*، ۹(۴)، ۶۹-۸۱. DOR:20.1001.1.20088264.1396.9.4.6.8


[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27 ]

فیروزه، رعنا، خاوری‌نژاد، رمضانعلی، نجفی، فرزانه، و سعادتمند، سارا (۱۳۹۷). اثرات جیبرلین بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، پرولین، فنل و فلاونوئید در گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) تحت تنش شوری. *مجله پژوهش‌های گیاهی (علمی)*، ۳۱(۴)، ۹۰۱-۸۸۹. DOR:20.1001.1.23832592.1397.31.4.12.4

وجودی مهربانی، لمیا، حسن‌پور اقدم، محمدباقر، و ولیزاده کامران، رعنا (۱۳۹۶). بررسی رشد و برخی صفات فیزیولوژیکی مرزه (*Satureja hortensis* L.) تحت تنش شوری. *اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی*، ۱(۴۱)، ۹۹-۱۱۰.

Ajayi, A. E., Holthusen, D., & Horn, R. (2016). Changes in microstructural behaviour and hydraulic functions of biochar amended soils. *Soil and Tillage Research*, 155, 166-175. https://doi.org/ 10.1016/j.still.2015.08.007

Akhtar, S. S., Andersen, M. N., & Liu, F. (2015a). Biochar mitigates salinity stress in potato. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *201*(5), 368-378. https://doi.org/10.1111/jac.12132

Ali, S., Rizwan, M., Qayyum, M. F., Ok, Y. S., Ibrahim, M., Riaz, M., & Shahzad, A. N. (2017). Biochar soil amendment on alleviation of drought and salt stress in plants: A critical review. *Environmental Science and Pollution Research*, *24*(14), 12700-12712.

Baiamonte, G., Crescimanno, G., Parrino, F., & De Pasquale, C. (2019). Effect of biochar on the physical and structural properties of a sandy soil. *Catena*, *175*, 294-303. https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.12.019.

Bates, L. S., Waldren, R. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Journal of Plant and Soil*, *39*(1), 205-207. https://doi.org/10.1007/BF00018060

Blackwell, P., Reithmuller, G., & Collins, M. (2009). Biochar application to soil. In: Biochar for Environmental Management: Science and Technology (eds. Lehmann, J. and Joseph, S.) Pp. 207-226. Earthscan. London.

Blanco-Canqui, H. (2017). Biochar and soil physical properties. *Soil Science Society of America Journal*, *81*(4), 687-711. https://doi.org/10.2136/sssaj2017.01.0017

Cabrera, R. I., Solis-Perez, A. R., & Sloan, J. J. (2009). Greenhouse rose yield and ion accumulation responses to salt stress as modulated by rootstock selection. *Hort Science*, *44*(7), 2000-2008. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.44.7.2000

Chowdhury, S. R. & Choudhuri, M. A. (1985). Hydrogen peroxide metabolism as an index of water stress tolerance in jute. *Journal of Physiologia Plantarum*, *65*(4), 476-480. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1985.tb08676.x

Christie, P. J., Alfenito, M. R., & Walbot, V. (1994). Impact of low-temperature stress on general phenylpropanoid and anthocyanin pathways: Enhancement of transcript abundance and anthocyanin pigmentation in maize seedlings. *Journal of Planta*, *194*(4), 541-549. https://doi.org/10.1007/BF00714468

Cornic, G. & Massacci, A. (1996). Leaf photosynthesis under drought stress. *Photosynthesis and the Environment*, 347-366. https://doi.org/10.1007/0-306-48135-9

Deikman, J. & Hammer, P. E. (1995). Induction of anthocyanin accumulation by cytokinins in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Plant Physiology*, *108*(1), 47-57. https://doi.org/10.1104/pp.108.1.47

De La Rosa-Ibarra, M. & Maiti, R. K. (1995). Biochemical mechanism in glossy sorghum lines for resistance to salinity stress. *Journal of Plant Physiology*, *146*(4), 515-519. https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)82017-1

Di Lonardo, S., Baronti, S., Vaccari, F. P., Albanese, L., Battista, P., Miglietta, F., & Bacci, L. (2017). Biochar-based nursery substrates: The effect of peat substitution on reduced salinity. *Urban Forestry and Urban Greening*, *23*, 27-34. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.02.007

Dutta, R. K. & Maharia, R. S. (2012). Antioxidant responses of some common medicinal plants grown in copper mining areas. *Food Chemistry*, *131*(1), 259-265. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.075

El-Naggar, A., Lee, S. S., Rinklebe, J., Farooq, M., Song, H., Sarmah, A. K., & Ok, Y. S. (2019). Biochar application to low fertility soils: A review of current status, and future prospects. *Geoderma*, *337*, 536-554. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.09.034

Farhangi-Abriz, S. & Torabian, S. (2018). Effect of biochar on growth and ion contents of bean plant under saline condition. *Environmental Science and Pollution Research*, *25*(12), 11556-11564. https://doi.org/10.1007/s11356-018-1446-z

Fox, L. J., Grose, J. N., Appleton, B. L., & Donohue, S. J. (2005). Evaluation of treated effluent as an irrigation source for landscape plants. *Journal of Environmental Horticulture*, *23*(4), 174-178. https://doi.org/10.24266/0738-2898-23.4.174

Ghassemi-Golezani, K. & Lotfi, R. (2015). The impact of salicylic acid and silicon on chlorophyll a fluorescence in mung bean under salt stress. *Russian Journal of Plant Physiology*, *62*(5), 611-616. https://doi.org/10.1134/S1021443715040081

Giri, B., Kapoor, R., & Mukerji, K. G. (2003). Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and salinity on growth, biomass, and mineral nutrition of *Acacia auriculiformis*. *Biology and Fertility of Soils*, *38*(3), 170-175. https://doi.org/10.1007/s00374-003-0636-z

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27 ]

Hammer, E. C., Forstreuter, M., Rillig, M. C., & Kohler, J. (2015). Biochar increases arbuscular mycorrhizal plant growth enhancement and ameliorates salinity stress. *Applied Soil Ecology*, 96, 114-121. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.07.014

Hashemi, A. & Shahani, A. (2019). Effects of salt stress on the morphological characteristics, total phenol and total anthocyanin contents of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Journal of Plant Physiology Reports*, 24(2), 210-214. https://doi.org/10.1007/s40502-019-00446-y

He, K., He, G., Wang, C., Zhang, H., Xu, Y., Wang, S., & Hu, R. (2020). Biochar amendment ameliorates soil properties and promotes Miscanthus growth in a coastal saline-alkali soil. *Applied Soil Ecology*, 155, 103674. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103674

Heim, D., Nicholson, R. L., Pascholati, S. F., Hagerman, A. E., & Billett, W. (1983). Etiolated maize mesocotyls: A tool for investigating disease interactions. *Journal of Phytopathology*, *73*(3), 424-428.

Hipskind, J., Wood, K., & Nicholson, R. L. (1996). Localized stimulation of anthocyanin accumulation and delineation of pathogen ingress in maize genetically resistant to *Bipolaris maydisrace* O. *Journal of Physiological and Molecular Plant Pathology*, *49*(4), 247-256. https://doi.org/10.1006/pmpp.1996.0052

Iqbal, N., Umar, S., Khan, N. A., & Khan, M. I. R. (2014). A new perspective of phytohormones in salinity tolerance: Regulation of proline metabolism. *Environmental and Experimental Botany*, *100*, 34-42. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.12.006

Kafi, M., Borzouei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., & Nabati, J. (2012). Physiology of plants to environmental stresses.

Kaliamoortiiy, S. & Rao, A. (1994). Effect of salinity on anthocyanin accumulation in the root of maize. *Journal of Science*, *248*, 1637-1638.

Kavitha, B., Reddy, P. V. L., Kim, B., Lee, S. S., Pandey, S. K., & Kim, K. H. (2018). Benefits and limitations of biochar amendment in agricultural soils: A review. *Journal of Environmental Management*, *227*, 146-154. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.082

Kerepesi, I. & Galiba, G. (2000). Osmotic and salt stress-induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedlings. *Journal of Crop Science*, *40*(2), 482-487. https://doi.org/10.2135/cropsci2000.402482x

Khan, T. A., Mazid, M., & Mohammad, F. (2011). Status of secondary plant products under abiotic stress: An overview. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, *7*(2), 75-98.

Kim, H. S., Kim, K. R., Yang, J. E., Ok, Y. S., Owens, G., Nehls, T., & Kim, K. H. (2016). Effect of biochar on reclaimed tidal land soil properties and maize (*Zea mays* L.) response. *Chemosphere*, *142*, 153-159. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.06.041

Kovacik, J. & Backor, M. (2007). Phenylalanine ammonia-lyase and phenolic compounds in chamomile tolerance to cadmium and copper excess. *Journal of Water, Air, and Soil Pollution*, *185*(1), 185-193. https://doi.org/10.1007/s11270-007-9441-x

Ksouri, R., Megdiche, W., Debez, A., Falleh, H., Grignon, C., & Abdelly, C. (2007). Salinity effects on polyphenol content and antioxidant activities in leaves of the halophyte *Cakile maritima*. *Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, *45*(3-4), 244-249. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2007.02.001

Kubi, J. (2005). The effect of exogenous spermidine on superoxide dismutase activity, $H_2O_2$ and superoxide radical level in barley leaves under water deficit conditions. *Journal of Acta Physiologiae Plantarum*, 27(3), 289-295. https://doi.org/10.1007/s11738-005-0005-7

Lashari, M. S., Ye, Y., Ji, H., Li, L., Kibue, G. W., Lu, H., & Pan, G. (2015). Biochar–manure compost in conjunction with pyroligneous solution alleviated salt stress and improved leaf bioactivity of maize in a saline soil from central China: A 2-year field experiment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *95*(6), 1321-1327. https://doi.org/10.1002/jsfa.6825

Lehmann, J., Gaunt, J., & Rondon, M. (2006). Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems–a review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, *11*(2), 403-427. https://doi.org/10.1007/s11027-005-9006-5

Liu, Z., Dugan, B., Masiello, C. A., & Gonnermann, H. M. (2017). Biochar particle size, shape, and porosity act together to influence soil water properties. *Plos One*, *12*(6), e0179079.

Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants 2nd edn. Institute of Plant Nutrition University of Hohenheim, Germany.

Martens, S. & Mithofer, A. (2005). Flavones and flavone synthases. *Journal of Phytochemistry*, *66*(20), 2399-2407. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2005.07.013

Martin, M., Miceli, F., Morgan, J. A., Scalet, M., & Zerbi, G. (1993). Synthesis of osmotically active substances in winter wheat leaves as related to drought resistance of different genotypes 1. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *171*(3), 176-184. https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.1993.tb00129.x

Misra, N. & Gupta, A. K. (2006). Effect of salinity and different nitrogen sources on the activity of antioxidant enzymes and indole alkaloid content in *Catharanthus roseus* seedlings. *Journal of Plant Physiology*, *163*(1), 11-18. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2005.02.011

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27 ]

Mita, S., Murano, N., Akaike, M., & Nakamura, K. (1997). Mutants of Arabidopsis thaliana with pleiotropic effects on the expression of the gene for β-amylase and on the accumulation of anthocyanin that are inducible by sugars. *Journal of The Plant Journal*, *11*(4), 841-851. https://doi.org/10.1046/j.1365-313X.1997.11040841.x

Moalem-Beno, D., Tamari, G., Leitner-Dagan, Y., Borochov, A., & Weiss, D. (1997). Sugar-dependent gibberellin-induced chalcone synthase gene expression in petunia corollas. *Journal of Plant Physiology*, *113*(2), 419-424. https://doi.org/10.1104/pp.113.2.419

Murata, Y., Yoshihashi, M., Obi, I., & Kakutani, T. (1998). $Ca^{2+}$ regulation of outward rectifying $K^+$ channel in the plasma membrane of tobacco cultured cells in suspension: A role of the $K^+$ channel in mitigation of salt-stress effects by external $Ca^{2+}$. *Journal of Plant and Cell Physiology*, *39*(10), 1039-1044. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a029300

Najafi, F. & Khavari-Nejad, R. A. (2010). The effects of salt stress on certain physiological parameters in summer savory (*Satureja hortensis* L.) plants. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 6(1), 13.

Nguyen, T. T. N., Xu, C. Y., Tahmasbian, I., Che, R., Xu, Z., Zhou, X., & Bai, S. H. (2017). Effects of biochar on soil available inorganic nitrogen: A review and meta-analysis. *Geoderma*, *288*, 79-96. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.11.004

Nirit, B., Asher, B. T., Haya, F., Pini, S., Ilona, R., Amram, C., & Marina, I. (2006). Application of treated wastewater for cultivation of roses (*Rosa hybrida*) in soil-less culture. *Scientia Horticulturae*, (*Amsterdam*), *108* (2), 185-193. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.02.001

Niu, G. & Sun, Y. (2017). Salt tolerance in roses-a review. In VII International Symposium on Rose Research and Cultivation 1232. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1232.22

Nowroozi, M. (2017). Short-term effects of biochar produced from date palm's leaves on moisture retention in sandy loam soil. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, *6*(2), 137-150. DOR: 20.1001.1.22517480.1395.6.2.10.5.

Perez-Lopez, U., Miranda-Apodaca, J., Mena-Petite, A., & Munoz-Rueda, A. (2014). Responses of nutrient dynamics in barley seedlings to the interaction of salinity and carbon dioxide enrichment. *Environmental and Experimental Botany*, *99*, 86-99. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.11.004

Pinheiro, C., Chaves, M. M., & Ricardo, C. P. (2001). Alterations in carbon and nitrogen metabolism induced by water deficit in the stems and leaves of *Lupinus albus* L. *Journal of Experimental Botany*, *52*(358), 1063-1070. https://doi.org/10.1093/jexbot/52.358.1063

Rajalakshmi, D. & Narasimhan, S. (1995). Food Antioxidants: Sources and Methods of Evaluation. CRC Press.

Rasouli, V. & Golmohammadi, M. A. J. I. D. (2009). Evaluation of drought stress tolerance in grapevine cultivars of Qazvin Province. *Seed and Plant Improvement Journal*, (2).

Raviv, M., Krasnovsky, A., Medina, S., & Reuveni, R. (1998). Assessment of various control strategies for recirculation of greenhouse effluents under semi-arid conditions. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *73*(4), 485-491. https://doi.org/10.1080/14620316.1998.11511003

Reddy, V. S., Goud, K. V., Sharma, R., & Reddy, A. R. (1994). Ultraviolet-B-responsive anthocyanin production in a rice cultivar is associated with a specific phase of phenylalanine ammonialyase biosynthesis. *Journal of Plant Physiology*, 105(4), 1059-1066. https://doi.org/10.1104/pp.105.4.1059

Rozylo, K., Swieca, M., Gawlik-Dziki, U., Stefaniuk, M., & Oleszczuk, P. (2017). The potential of biochar for reducing the negative effects of soil contamination on the phytochemical properties and heavy metal accumulation in wheat grain. *Journal of Agricultural and Food Science*, 26(1), 34-46.

Saifullah, S., Dahlawi, S., Naeem, A., Rengel, Z., & Naidu, R. (2018). Biochar application for the remediation of salt-affected soils: Challenges and opportunities. *Science of the Total Environment*, *625*, 320-335. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.257

Sanchez, F. J., Manzanares, M., de Andres, E. F., Tenorio, J. L., & Ayerbe, L. (1998). Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. *Journal of Field Crops Research*, 59(3), 225-235. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(98)00125-7

Shabala, S., Shabala, S., Cuin, T. A., Pang, J., Percey, W., Chen, Z., & Wegner, L. H. (2010). Xylem ionic relations and salinity tolerance in barley. *The Plant Journal*, *61*(5), 839-853. https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2009.04110.x

Shinogi, Y. & Kanri, Y. (2003). Pyrolysis of plant, animal and human waste: Physical and chemical characterization of the pyrolytic products. *Bioresource Technology*, *90*(3), 241-247. https://doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00147-0

Sinleton, V. L. & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, *16*, 144-158. https://doi.org/ 10.5344/ajev.1965.16.3.144

Sonar, B. A., Nivas, D., Gaikwad, D. K., & Chavan, P. D. (2011). Assessment of salinity-induced antioxidative defense system in *Colubrina asiatica* Brongn. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, *7*(3), 193-200.

Sonneveld, C., Baas, R., Nijssen, H. M. C., & De Hoog, J. (1999). Salt tolerance of flower crops grown in soilless culture. *Journal of Plant Nutrition*, *22* (6), 1033-1048. https://doi.org/10.1080/01904169909365692

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27 ]

Tanji, K., Grattan, S., Grieve, C., Harivandi, A., Rollins, L., Shaw, D., Sheikh, B., & Wu, L. (2008). A comprehensive literature review on salt management guide for landscape irrigation with recycled water in Coastal Southern California. 320. www.salinitymanagement.org.

Thomas, S. C., Frye, S., Gale, N., Garmon, M., Launchbury, R., Machado, N., & Winsborough, C. (2013). Biochar mitigates negative effects of salt additions on two herbaceous plant species. *Journal of Environmental Management*, *129*, 62-68. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.05.057

Usman, A. R. A., Al-Wabel, M. I., Abdulaziz, A. H., Mahmoud, W. A., EL-NAGGAR, A. H., AHMAD, M., & Abdulrasoul, A. O. (2016). Conocarpus biochar induces changes in soil nutrient availability and tomato growth under saline irrigation. *Pedosphere*, *26*(1), 27-38. https://doi.org/10.1016/S1002-0160(15)60019-4

Wagner, G. J. (1979). Content & vacuole/ extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids and anthocyanin in protoplasts. *Plant Physiology*, *64*, 88-93. https://doi.org/10.1104/pp.64.1.88

Wang, J. & Wang, S. (2019). Preparation, modification and environmental application of biochar: A review. *Journal of Cleaner Production*, *227*, 1002-1022. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.282

Wang, L., Chen, L., Tsang, D. C., Guo, B., Yang, J., Shen, Z., & Poon, C. S. (2020). Biochar as green additives in cement-based composites with carbon dioxide curing. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120678. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120678

Woltering, E. J. & Somhorst, D. (1990). Regulation of anthocyanin synthesis in Cymbidium flowers: Effects of emasculation and ethylene. *Journal of Plant Physiology*, *136*(3), 295-299. https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)80052-0

Wu, G. Q. & Wang, S. M. (2012). Calcium regulates $K^+/Na^+$ homeostasis in rice (*Oryza sativa* L.) under saline conditions. Plant, *Soil and Environment*, *58*(3), 121-127. https://doi.org/10.17221/374/2011-PSE

Yi, Z., Yu, Y., Liang, Y., & Zeng, B. (2008). In vitro antioxidant and antimicrobial activities of the extract of Pericarpium Citri Reticulatae of a new citrus cultivar and its main flavonoids. *LWT-Food Science and Technology*, *41*(4), 597-603. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.04.008

Younis, U., Malik, S. A., Qayyum, M. F., Shah, M. H. R., Shahzad, A. N., & Mahmood, S. (2015). Biochar affects growth and biochemical activities of fenugreek (*Trigonella corniculata*) cadmium polluted soil. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, *88*(1). https://doi.org/10.5073/JABFQ.2015.088.006

Yu, H., Zou, W., Chen, J., Chen, H., Yu, Z., Huang, J., & Gao, B. (2019). Biochar amendment improves crop production in problem soils: A review. *Journal of Environmental Management*, *232*, 8-21. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.117

Zheng, H., Wang, X., Chen, L., Wang, Z., Xia, Y., Zhang, Y., & Xing, B. (2018). Enhanced growth of halophyte plants in biochar-amended coastal soil: Roles of nutrient availability and rhizosphere microbial modulation. *Plant, Cell & Environment*, *41*(3), 517-532. https://doi.org/10.1111/pce.12944

Zou, Y., Lu, Y., & Wei, D. (2004). Antioxidant activity of a flavonoid-rich extract of *Hypericum perforatum* L. in vitro. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *52*(16), 5032-5039.

Woltering, E. J. & Somhorst, D. (1990). Regulation of anthocyanin synthesis in Cymbidium flowers: Effects of emasculation and ethylene. *Journal of Plant Physiology*, *136*(3), 295-299. https://doi.org/10.1021/jf049571r

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27 ]

# Investigating the effects of biochar application on the biochemical characteristics and concentration of some nutrients under saltwater stress in rose (*Rosa hybrida*)

**Sana Ansari, Seyed Hossein Nemati*, Mahmoud Shoor, Yahya Selahvarzi**

**Department of Horticultural Science and Green Space, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran**

**(Received: 2023/01/31, Accepted: 2023/06/20)**

**Abstract**

Soil salinity is one of the most important abiotic factors that has an adverse effect on plant growth. Despite the difference in salt tolerance among different varieties and species of roses, saline soils contain a significant concentration of salt, which can damage rose species in green spaces irrigated with saline water. This research was conducted in order to investigate the effect of different levels of pistachio tree biochar on some biochemical properties of rose, based on a factorial experiment with a 3x4 arrangement and a completely randomized design with four replications. This research included two factors: biochar at four levels (no application, 25, 50 and 100 gr per 1 kg of potting soil) and salinity from sodium chloride salt at three levels (0, 75 and 150 mM). The results showed a decrease in petal anthocyanin as well as an increase in proline and total phenol following the increase in salinity. However, the use of biochar in the amount of 3 kg at a stress of 75 mM increases petal anthocyanin, potassium, and the ratio of potassium to sodium by 1.17, 1.02, and 1.26 times, respectively, and decreases proline, total phenol, and sodium, respectively. It was found to be 0.87, 0.41 and 0.81 times higher compared to the control treatment. 75 mM salinity increases carbohydrates, antioxidants, and flavonoids by 1.03, 1.02, and 1.02 times, respectively, and decreases calcium and iron by 0.92 and 0.71 times, respectively, compared to the control (no use). from Biochar) On the other hand, biochar at the level of three kilograms caused a significant decrease in flavonoids by 0.99 times and an increase in iron by 1.22 times compared to the control. In general, it can be said that three kilograms of biochar had a significant effect on reducing the negative effects of salinity stress resulting from irrigation on rose plants. For this reason, the use of biochar in order to reduce the adverse effects of salinity stress in salinity-sensitive plants, including roses, and considering the expansion of saline lands in the world and especially in Iran, is important and plays a significant role in compensating for the resulting damage. Therefore, it is suggested that it be tested on a larger scale (farm level) as well as other stress factors such as cold, heat and drought.

**Keywords:** Anthocyanin, Abiotic stress, Pproline, Sodium chloride

Corresponding author, Email: nemati@um.ac.ir

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27 ]