Iranian Journal of Cotton Researches
ISSN: 2345-5306

The Effects of Biochar On Improving the Tolerance to Salinity Stress and Some Growth Traits in Cotton

Ashkan Asgari[1*], Abbas Ghafori[2]

[1]Assistant Professor, Minab Higher Education Center, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran. Research Group of Agroecology in Dryland Areas, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran,
Email: Asgariashkan6@gmail.com ; A.asgari@hormozgan.ac.ir

[2] PhD student, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 16 - 2 - 2024
Accepted: 18 - 3 - 2024

Keywords:
Soil amendment
fiber weight
Resistance
number of bolls

ABSTRACT

Background and objectives: Today, soil and water salinization are among the most important limiting factors for agricultural production. Salt stress, a major environmental stress, adversely affects plant growth and development by causing the accumulation of excessive salt content in the soil. Like other abiotic stresses, salt stress negatively impacts plant growth and reproduction in various ways. Consequently, research on agronomic and physiological approaches is vital for improving salinity tolerance in crops. Management practices such as using biochar are essential in mitigating the adverse effects of salinity stress. Therefore, the present study was conducted to investigate the effect of biochar on certain growth traits of cotton plants under salt stress conditions.

Materials and methods: The experiment was conducted at the Minab Higher Education Center (University of Hormozgan), Iran, in 2023. According to the Köppen–Geiger climate classification, Minab features a hot desert climate (BWh). This experiment employed a factorial design based on a completely randomized layout with three replications. Treatments included three levels of biochar (0%, 1%, and 2%) and four salinity levels (control, 4, 8, and 12 dS/m). Six cotton seeds were sown on January 20, 2023, in pots (30 cm in height and 20 cm in diameter) containing a soil and biochar mixture. The salinity levels were prepared by dissolving sodium chloride (NaCl) in water. Parameters measured included plant height, collar diameter, number of leaves, number of bolls, fiber weight, wet and dry weight of the plant, root length, and volume.

Results: The results showed that increasing levels of biochar significantly enhanced plant height, boll number, fiber weight, wet and dry weight, root length, and volume compared to the control. The study indicated that plant growth (plant height, number of bolls, fiber weight, dry and wet weight, root length, and volume) decreased significantly at the highest salinity level (12 dS/m) compared to the control. The interaction effect of biochar and salinity revealed that the highest number of bolls (9.6 bolls) and fiber weight (27.84 g) were obtained with the 2% biochar treatment and salinity control. In contrast, the

highest plant dry weight was observed in the salinity control treatment across all biochar levels.

Conclusion: The application of biochar increased the values of growth traits, while salinity decreased these traits. Furthermore, under salinity conditions, the highest number of favorable traits was observed in the biochar treatments. Therefore, biochar effectively increased the salinity tolerance of cotton. It can be concluded that biochar can be used as a soil amendment to improve growth and reduce the adverse effects of salinity on cotton, potentially increasing cotton production in saline conditions.

Cite this article: Asgari, A., Ghafori, A. (2022). Evaluation the effect of salinity stress on the protein and micronutrient elements content of quinoa seeds. *Iranian Journal Cotton Researches*, 11 (1), 1-12.

© The Author(s).
DOI: 10.22092/ijcr.2024.365015.1208
Publisher: Cotton Research Institute of Iran

مجله پژوهش‌های پنبه ایران

شاپا: ۲۳۴۵-۵۳۰۶

اثر بیوچار بر بهبود تحمل تنش شوری و برخی صفات رشدی در گیاه پنبه

اشکان عسگری[1*]، عباس غفوری[2]

[1] استادیار گروه مهندسی کشاورزی، مجتمع آموزش عالی میناب، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس. عضو هسته پژوهشی اگرواکولوژی در مناطق خشک، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، رایانامه: asgariashkan6@gmail.com; a.asgari@hormozgan.ac.ir

[2] دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: 1402/11/27
تاریخ پذیرش: 1402/12/28

واژه‌های کلیدی:
اصلاح کننده خاک
وزن الیاف
مقاومت
تعداد غوزه

چکیده

سابقه و هدف: امروزه شور شدن آب و خاک یکی از مهمترین عوامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی می‌باشد. تنش شوری یک تنش محیطی اصلی است که بر رشد و نمو گیاهان تأثیر می‌گذارد که در واقع تجمع بیش از حد نمک در خاک است و مانند سایر تنش‌های غیرزیستی، از بسیاری جهات تأثیر منفی بر رشد و تولید مثل گیاهان دارد. بنابراین، تحقیقات مرتبط با رویکردهای زراعی و فیزیولوژیکی برای بهبود تحمل به شوری در گیاهان زراعی حائز اهمیت است و برخی از اقدامات مدیریتی مانند استفاده از ماده بیوچار در کاهش اثرات منفی تنش شوری نقش دارد. لذا مطالعه حاضر به منظور بررسی اثر مصرف بیوچار بر برخی از صفات رشدی گیاه پنبه در شرایط تنش شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش در مجتمع آموزش عالی میناب (دانشگاه هرمزگان)، طی سال زراعی 1401-1402 صورت گرفت. شهرستان میناب بر اساس طبقه بندی اقلیمی کوپن-گیگر دارای اقلیم گرم بیابانی می‌باشد. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با 3 تکرار بود که بیوچار حاصل از کهور پاکستانی در سه سطح (0، 1 و 2 درصد) و شوری آب آبیاری نیز در چهار سطح (شاهد، 4، 8 و 12 دسی زیمنس بر متر) استفاده شد. شش بذر پنبه در تاریخ 30 دی ماه 1392 در گلدان‌ها (ارتفاع 30 سانتی‌متر و قطر 20 سانتی‌متر و حاوی مخلوط خاک و بیوچار) کاشته و پس از استقرار گیاهچه‌های اضافی تنک شدند. در ضمن سطوح شوری آب آبیاری با حل کردن کلرید سدیم تهیه شد. صفات اندازه‌گیری شده عبارت از ارتفاع بوته، قطر طوقه، تعداد برگ، تعداد غوزه، وزن الیاف، وزن تر و خشک گیاه، طول و حجم ریشه بودند.

یافته‌ها: نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که با افزایش سطوح بیوچار میانگین ارتفاع بوته، تعداد غوزه، وزن الیاف، وزن تر و خشک، طول و حجم ریشه نسبت به تیمار عدم استفاده از بیوچار به طور معنی‌داری افزایش یافت. از طرف دیگر در سطح شوری 12 دسی زیمنس بر متر مقادیر ارتفاع بوته، تعداد غوزه، وزن الیاف، وزن تر و خشک، طول و حجم ریشه نسبت به تیمار شاهد شوری کاهش معنی‌داری نشان دادند. همچنین نتایج اثر متقابل بیوچار و شوری نشان داد که بیشترین تعداد غوزه (9/6 غوزه) و وزن الیاف (27/84 گرم) در تیمار بیوچار 2 درصد و شاهد شوری به دست آمد درحالیکه بیشترین وزن خشک بوته در تیمار شاهد شوری در کلیه سطوح بیوچار مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: باتوجه به نتایج حاصـــل از این مطالعه کاربرد بیوچار افزایش مقادیر صـــفات مورد مطالعه را به همراه داشـــت در حالیکه شـــوری موجب کاهش صـــفات گردید. همچنین در کلیه سطوح شوری بیشترین مقدار صفات در تیمارهای مصرف بیوچار مشاهده گردید. لذا مصرف بیوچار در افزایش تحمل به شـــوری گیاه پنبه موثر بود و می‌توان بعنوان یک روش برای افزایش تولید پنبه در شرایط شور مورد استفاده قرار داد. نتیجه گیری می شود که استفاده از بیوچار به عنوان یک اصلاح کننده خاک برای بهبود رشد و کاهش اثر شوری تحت تنش شوری نقش دارد.

استناد: عسگری، اشکان؛ غفوری، عباس. (۱۴۰۲). اثر بیوچار بر بهبود تحمل تنش شوری و برخی صفات رشدی در گیاه پنبه. *مجله پژوهش‌های پنبه ایران*، ۱۱ (۱)، ۱۲-1.

DOI: 10.22092/ijcr.2024.365015.1208

ناشر: موسسه تحقیقات پنبه کشور

© نویسندگان.

مقدمه

گیاهان طی دوران رشد خود با تنش‌های متعدد محیطی مواجه می‌شوند، که هر یک از آن‌ها می‌توانند با توجه به میزان حساسیت و مرحله‌ی رشدی گیاه اثرات متفاوتی بر رشد و عملکرد داشته باشند. شوری و خشکی رایج‌ترین تنش‌های غیرزیستی محسوب می‌گردند و گیاهان اغلب در معرض آنها بوده و موجب تاثیر منفی بر بهره‌وری محصولات کشاورزی می شوند. شوری یکی از چالش برانگیزترین عوامل محیطی است که رشد و نمو طبیعی گیاهان را محدود می‌کند (احمد و همکاران، 2015). شوری باعث خشکی فیزیولوژیکی، عدم تعادل یونی و تولید گونه های فعال اکسیژن می‌شود که به نوبه خود موجب ایجاد چندین واکنش فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و متابولیکی می گردد (احمد و همکاران، 2015؛ لین و همکاران، 2017). همچنین تشدید سمیت یونی و اختلال در تعادل عناصر غذایی را به همراه دارد (مگویس و همکاران، 2012؛ هانین و همکاران، 2016) از طرف دیگر شوری بر جنبه‌های مختلف رشد اثر گذاشته و موجب کاهش و به تأخیرافتادن جوانه‌زنی، کاهش رشد اندام‌های هوایی و کاهش تولید ماده خشک می‌گردد. قابل ذکر است که کاهش سطح برگ سریع‌ترین پاسخ گیاه به شوری بوده و با افزایش سطح شوری توسعه برگ‌ها متوقف می‌گردد (مانس و همکاران، 2008).

پنبه *Gossypium hirstam* L. گیاهی دولپه از خانواده Malvaceae می باشد و یکی از مهمترین محصولات لیفی بوده که از نظر تولید روغن جزء گیاهان روغنی با اهمیت در جهان محسوب می‌شود. بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که پنبه نسبت به شوری در مراحل اولیه رشد و گل‌دهی در مقایسه با سایر مراحل رشد حساس‌تر است (وانگ و همکاران، 2016). در مطالعه انجام شده توسط اشرف و همکاران (2008) مشخص شد که تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار وزن غوزه و تعداد غوزه در بوته و کوتاه شدن دوره گلدهی گردید. طبق مطالعات وانگ و همکاران (2018) با افزایش تنش شوری، میزان عملکرد پنبه و تعداد غوزه در بوته کاهش می‌یافت. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که تنش شوری، رشد رویشی و زایشی پنبه را تحت تاثیر قرار داد، به طوریکه با افزایش شوری آب آبیاری، ارتفاع کاهش یافته و دوره گلدهی کوتاه‌تر گردید (اشرف 2002).

رویکردهای مختلفی برای کاهش اثرات تنش شوری بر گیاهان استفاده شده است. از جمله می‌توان به کشت ارقام متحمل به شوری، استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و تلقیح بذر با ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاهی (اشرف و همکاران، 2008؛ شهباز و اشرف، 2013) اشاره نمود. از روش های کاهش اثر شوری بر محصولات زراعی می‌توان به استفاده از ترکیبات آلی کربنی (بیوچار) که باعث کاهش اثرات منفی تنش شوری و افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود اشاره نمود. بیوچار، یک ماده آلی غنی از کربن که می‌تواند رشد ریشه‌های گیاه را تحریک کند. مطالعات قبلی نشان داده است که کاربرد بیوچار زیست توده، طول، تعداد و چگالی ریشه‌های گیاه را افزایش می‌دهد (یانگ و همکاران، 2016؛ فار و همکاران، 2021). بیوچار یک ترکیب جامد غنی از کربن (65 تا 90 درصد) عمدتا پایدار و مقاوم است که از حرارت دادن زیست توده در دمای 300 تا 1000 درجه سانتی‌گراد تحت شرایط بدون اکسیژن تولید می‌شود (لهمان و همکاران، 2006) و به طور فزاینده‌ای در کشاورزی با هدف بهبود حاصلخیزی خاک، افزایش خواص فیزیکو شیمیایی در خاک، افزایش فعالیت میکروبی خاک، کاهش شستشوی مواد مغذی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای استفاده می‌گردد. یکی از مهمترین پارامترهای فیزیکی خاک که به شدت تولید محصول را تحت تاثیر قرار می‌دهد آب قابل دسترس می‌باشد که از اثرات بیوچار افزایش آب قابل دسترس به دلیل افزایش سطح ویژه ذرات و افزایش تخلخل در خاک را می‌توان نام برد. در تحقیقی مشخص شد که افزودن بیوچار سبب کاهش چگالی ظاهری خاک می‌شود و همچنین مطالعات اخیر نشان

می‌دهد که اســـتفاده از بیوچار ســـبب افزایش ظرفیت نگهداری آب می‌گردد (مارتینســـن و همکاران 2014، باسو و همکاران، 2013).

در مطالعه‌ای عنوان شـد که اسـتفاده از بیوچار در خاک‌هایی با ساختمان ضعیف در مقایسه با خاک‌هایی با ســـاختمان توســـعه یافته، در بهبود خصـــوصـــیات فیزیکی، شـیمیایی و بیولوژیکی خاک موثرتر می‌باشـد (لهمان و همکاران، 2009). اختر و همکاران (2015) گزارش کردند که ترکیب بیوچار در خاک شور می‌تواند اسـترس شـوری را در گیاه سـیب زمینی کاهش دهد. بررسی فرآیندهای فیزیولوژیک و مورفولوژیک در پاسخ به تنش جهت مدیریت گیاه زراعی در شرایط شوری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار اســـت. لذا این تحقیق نیز به منظور بررســـی اثر بیوچار بر افزایش تحمل شـــوری در گیاه پنبه با برر سی ویژگی‌های ر شدی این گیاه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررســـی و مقایســـه تاثیر بیوچار در شـرایط تنش شـوری بر ویژگی‌های رشـدی پنبه صورت گرفت. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با 3 تکرار طی سال زراعی 1401-1402 در مجتمع آموزش عالی مینـاب (دانشـــگاه هرمزگان) انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل بیوچار در سه سطح (صفر، 1 درصد و 2 درصد) و شوری در چهار سطح (شاهد، 4، 8 و 12 د سی زیمنس بر متر) بود. مشخصات محل اجرای آزمایش شهرستان میناب در اســـتان هرمزگان با طول 27/09 درجه شـــمالی و عرض 57/09 شرقی و ارتفاع 16 متر از سطح دریا با اقلیم گرم بیابانی که میانگین دمای ســـالانه حدود 28 درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

بیوچار مورد نیاز از چوب درخت کهور پاکســـتانی (*Prosopis juliflora*) تهیه شـــد. کهور پاکســـتانی گونه‌های مهاجم می‌باشـد که در اســـتان های جنوبی کشور می‌روید گیاهی همیشه سبز و مقام به شوری و خشکی تلقی می‌گردد. برای تهیه بیوچار ابتدا شاخه‌ها به قطعات کوچکتر تبدیل شـــدند و در داخل ورقه‌های آلومینیومی قرار داده شـــدند ســـپس به کمک کوره الکتریکی در معرض دمای 300 درجه ســـانتیگراد به مدت 4 ساعت قرار گرفتند. در ادامه بیوچار تهیه شده برای خرد و یکنواخت شـدن پس از سـرد نمودن مورد آ سیاب قرار گرفتند و با ا ستفاده از الک ذرات در شت موجود در آن جدا شدند.

گلـدان‌هـای مورد اســـتفـاده دارای ارتفـاع 30 سانتی‌متر و قطر دهانه 20 سانتی‌متر بود که گلدان‌ها با خاک زراعی، کود دامی و ما سه (به نسبت 60-10-30 درصد) پر شدند. بذرهای پنبه (رقم گلستان) مورد استفاده در این مطالعه از موسسه تحقیقات پنبه کشور تهیه و در بهمن ماه 1401 در گلدان های مورد نظر کشـت گردید. در هر گلدان 6 عدد بذر کشـت شـد و پس از اطمینان از سبز شدن و ا ستقرار، گیاهچه‌های اضـافی تنک شـدند. مبارزه با آفات طی دو مرحله در ابتدا و انتهای غوزه‌دهی با استفاده از سم ایمیداکلوپراید صورت گرفت. برای اعمال تیمارهای شوری، آبیاری با آب شور مورد نظر هر تیمار صورت گرفت. مخازن آب 1000 لیتری با شـوری‌های مورد نظر تهیه و در طول فصل ر شد آبیاری از این مخازن انجام شد. نمک مورد ا ستفاده برای تهیه محلول‌های شوری مورد نظر کلرید ســـدیم بود. در این مطالعه صـــفات ارتفاع بوته، قطر طوقه، تعداد برگ، تعداد غوزه، وزن الیاف در بوته، وزن تر و خشـــک، طول و حجم ریشـــه مورد بررســـی قرار گرفتند. این صفات بعد از انتقال گلدان‌ها به آزمایشگاه اندازه‌گیری شدند. همچنین صفات مربوط به ریشه در پایان آزمایش با تخلیه گلدان‌ها و شـــستشـــو ریشـــه‌ها صورت گرفت. توزین صفات مورد نظر در یک روز انجام شد و برای بد ست آوردن وزن خشک نمونه‌ها به مدت 72 ســـاعت در دمای 70 درجه ســـانتیگراد در آون الکتریکی قرار گرفتند. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایســـات میانگین‌ها با اســـتفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در ســـطح آماری 5 درصد انجام گردید همچنین برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل استفاده شد.

نتایج

ارتفاع بوته، قطر طوقه و تعداد برگ: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر شوری بر صفات ارتفاع بوته و تعداد برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود از طرف دیگر نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در این مطالعه اثر سطوح مختلف بیوچار و اثرمتقابل بیوچار و شوری بر ارتفاع بوته و تعداد برگ پنبه معنی‌دار نبود (جدول 1).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد با افزایش سطوح شوری ارتفاع بوته و تعداد برگ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و بیشترین ارتفاع بوته (59/4 و 59/5 سانتی‌متر) و تعداد برگ (25/4 و 23/6 برگ) در تیمارهای شاهد و 4 دسی زیمنس بر متر به دست آمد (جدول 3). کمترین ارتفاع بوته (32/8 سانتی‌متر) و تعداد برگ (14/3 برگ) مربوط به تیمار 12 دسی زیمنس بر متر بود (جدول 3).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فقط اثر اصلی شوری تاثیر معنی‌دار بر قطر طوقه داشت (جدول 1). بطوریکه نتایج مقایسه میانگین همانند صفات قبلی نشان داد که با افزایش مقدار شوری قطر طوقه گیاه به‌طور معنی‌دار کاهش می یابد و کمترین مقدار در سطح شوری 12 دسی زیمنس بر متر یا میانگین 7/2 میلی‌متر و بیشترین نیز در شرایط شاهد شوری با میانگین 12 میلی‌متر مشاهده شد و اختلاف بین تیمارها نیز معنی‌دار بود (جدول 3).

جدول 1- نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در گیاه پنبه

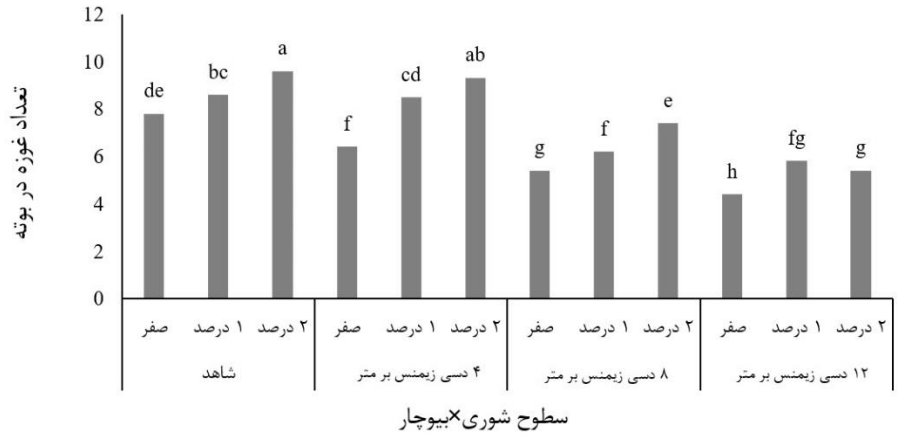
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	قطر طوقه	تعداد برگ	تعداد غوزه	وزن پنبه در بوته	وزن تر بوته	وزن خشک بوته	طول ریشه اصلی	حجم ریشه
بیوچار	2	71/61^{ns}	1/61^{ns}	18/56^{ns}	11/54**	174/91**	1487/09*	182/29**	186/3**	60/17**
شوری	3	1439/26**	37/75**	215/72**	22/74**	253/64**	5841/33**	680/58**	402/91**	139/52**
بیوچار* شوری	6	30/72^{ns}	0/36^{ns}	8/35^{ns}	0/75**	7/00*	205/56^{ns}	46/49*	23/88^{ns}	5/20^{ns}
خطا	24	38/58	0/89	7/84	0/207	1/80	278/87	11/19	16/48	3/30
CV	-	12/47	9/52	13/33	6/44	6/83	14/81	9/05	11/51	12/60

جدول 2:- مقایسه میانگین اثرات بیوچار بر صفت های رشدی و عملکردی

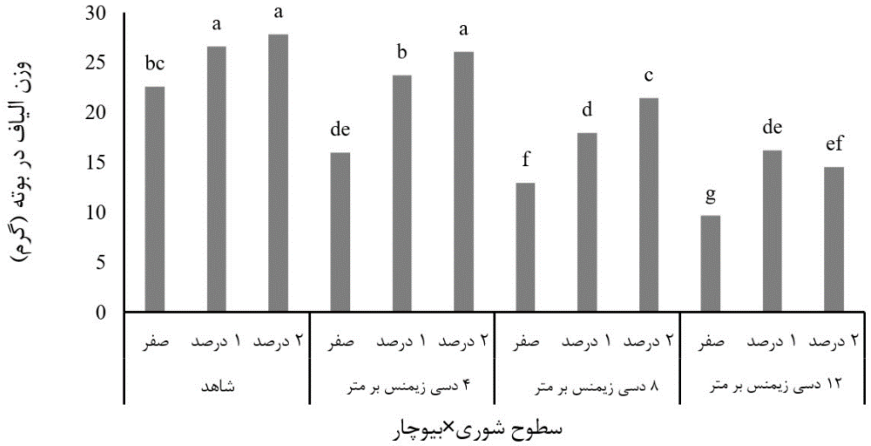
بیوچار (٪)	ارتفاع (cm)	قطر طوقه (mm)	تعداد برگ	تعداد کل غوزه	وزن الیاف (gr)	وزن تر (gr)	وزن‌خشک (gr)	طول‌ریشه (cm)	حجم ریشه (cm)
صفر	47/8^{a}	9/5^{a}	19/9^{b}	6/0^{c}	15/3^{c}	101/1^{b}	32/8^{c}	31/2^{c}	11/9^{b}
یک	49/1^{a}	10/0^{a}	20/6^{ab}	7/2^{b}	21/1^{b}	113/7^{ab}	37/3^{b}	35/3^{b}	14/9^{a}
دو	52/5^{a}	10/2^{a}	22/3^{a}	7/9^{a}	22/4^{a}	123/3^{a}	40/6^{a}	39/1^{a}	16/3^{a}

جدول 3- مقایسه میانگین اثرات شوری بر صفت های رشدی و عملکردی

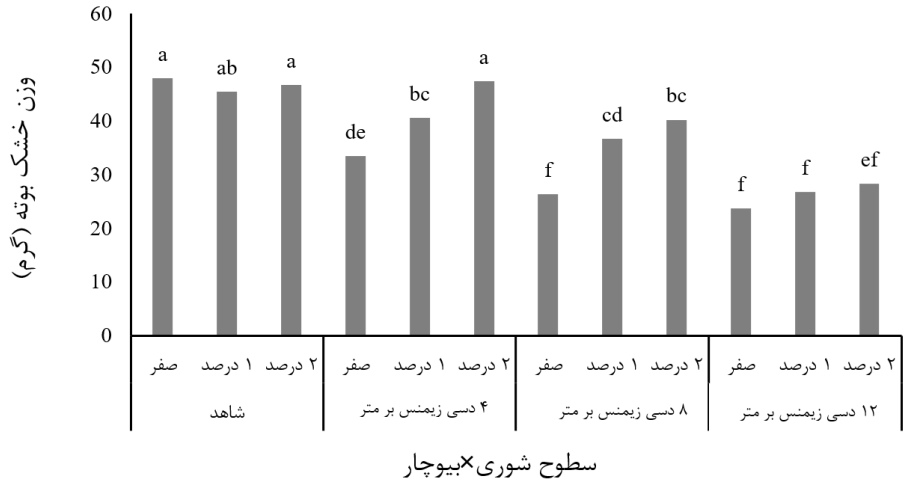
شوری (ds/m)	ارتفاع (cm)	قطر طوقه (mm)	تعداد برگ	تعداد غوزه	وزن الیاف (gr)	وزن تر (gr)	وزن‌خشک (gr)	طول‌ریشه (cm)	حجم‌ریشه (ml)
شاهد	59/4^{a}	12/0^{a}	25/4^{a}	8/6^{a}	25/7^{a}	146/4^{a}	46/6^{a}	42/6^{a}	17/9^{a}
4	59/5^{a}	10/8^{b}	23/6^{a}	8/0^{a}	21/9^{b}	111/7^{b}	40/4^{b}	38/0^{b}	17/5^{a}
8	47/3^{b}	9/6^{c}	20/6^{b}	6/3^{c}	17/4^{c}	108/2^{b}	34/4^{c}	33/3^{c}	12/1^{b}
12	32/8^{c}	7/2^{d}	14/3^{c}	5/2^{d}	13/5^{d}	84/7^{c}	26/2^{d}	27^{d}	10/0^{c}



شکل 1- میانگین اثر متقابل بیوچار و شوری بر تعداد غوزه در بوته پنبه (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند در سطح 5٪ تفاوت معنی‌داری ندارند).



شکل2- میانگین اثر متقابل بیوچار و شوری بر وزن الیاف در بوته پنبه (ستون هایی که دارای حروف مشترک هستند در سطح 5٪ تفاوت معنی‌داری ندارند)



شکل3- میانگین اثر متقابل بیوچار و شوری بر وزن خشک بوته پنبه (ستون هایی که دارای حروف مشترک هستند در سطح 5٪ تفاوت معنی داری ندارند)

تعداد غوزه و وزن الیاف: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مصرف بیوچار، سطوح شوری بر تعداد غوزه و وزن الیاف گیاه معنی‌دار بود (جدول 1). همچنین نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل سطوح بیوچار و شوری بر تعداد غوزه معنی‌دار بود (جدول 1) و مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین تعداد غوزه با میانگین 9/6 غوزه در بوته مربوط به تیمار بیوچار 2 درصد و شاهد شوری بود که نشان دهنده حساسیت بیشتر تعداد غوزه به شوری می‌باشد. همچنین نتایج حاکی از آن بود که در تمام سطوح شوری کاربرد 2 درصد بیوچار بیشترین مقدار تعداد غوزه را به همراه داشت در طرف مقابل کمترین مقادیر نیز در شرایط عدم مصرف بیوچار مشاهده گردید که اثرات مثبت بیوچار بر این صفت را در شرایط شوری نشان می دهد (شکل 1).

از طرف دیگر باتوجه به معنی‌داری اثر متقابل سطوح بیوچار و شوری بر وزن الیاف (جدول 1) نتایج نشان داد که بیشترین وزن الیاف در تیمار 2 درصد بیوچار و شاهد شوری با میانگین 27/84 گرم بدست آمد. همچنین کمترین وزن الیاف مربوط به تیمار عدم مصرف بیوچار و شوری 12 دسی زیمنس بر متر با میانگین 9/68 گرم بود و بخوبی می‌توان اثرات مثبت مصرف بیوچار بر افزایش وزن الیاف در سطوح مختلف شوری را مشاهده نمود زیرا در تمام سطوح شوری بیشترین مقدار وزن الیاف در تیمارهای مصرف بیوچار بدست آمد (شکل 2).

وزن تر و خشک بوته: بررسی نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر مصرف بیوچار بر مقادیر وزن تر در سطح 5 درصد و وزن خشک در سطح یک درصد در این مطالعه معنی‌دار بود (جدول 1) بنحوی که مقایسه میانگین حاکی از آن بود که بیشترین وزن تر و خشک بوته در تیمار مصرف 2 درصد بیوچار به ترتیب با میانگین 123/3 و 40/6 گرم حاصل گردید در طرف مقابل نیز کمترین مقدار صفات فوق الذکر در تیمار عدم مصرف بیوچار به ترتیب به میانگین 101/1 و 32/8 گرم بدست آمدکه بخوبی اثرات مثبت بیوچار بر مقادیر صفات نشان می‌دهد (جدول 2).

همچنین نتایج حاکی از اثر معنی‌دار شوری بر وزن تر و خشک بوته‌های پنبه در سطح یک درصد بود (جدول 1) که طبق نتایج مقایسه میانگین افزایش سطوح شوری موجب کاهش معنی‌دار مقدار صفات فوق گردید بطوریکه بیشترین مقدار وزن تر و خشک (به‌ترتیب 146/4 و 46/6 گرم) در شرایط شاهد شوری و کمترین مقدار وزن تر و خشک (به ترتیب 84/7 و 26/2 گرم) در تیمار شوری 12 دسی زیمنس بر متر حاصل گردید و اختلاف بین سطوح شوری در هر دو صفت مورد بررسی با یکدیگر معنی‌دار بود (جدول 3).

بررسی اثر متقابل بیوچار و شوری نیز نشان داد که فقط در صفت وزن خشک بوته اثرمتقابل معنی‌دار مشاهده شد (جدول 1)، بنحوی که بیشترین مقادیر وزن خشک بوته در تمام سطوح شوری در تیمارهای مصرف بیوچار و کمترین در عدم مصرف بیوچار حاصل گردید و اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف وجود داشت که تاثیر مثبت بیوچار بر وزن خشک بوته در شرایط شوری را بخوبی نشان می‌دهد. قابل ذکر است که بیشترین مقدار وزن خشک نیز در تیمار در تیمار شاهد شوری و شاهد بیوچار با میانگین 47/95 گرم و تیمار شاهد شوری و بیوچار 2 درصد با میانگین 47/66 گرم و تیمار شوری 4 دسی زیمنس بر متر و بیوچار 2 درصد با میانگین 47/40 گرم حاصل گردید که اختلاف بین آنها معنی‌دار نبود (شکل 3).

طول و حجم ریشه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثراصلی بیوچار و شوری بر طول و حجم ریشه معنی‌دار بود (جدول 1) و نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز حاکی از آن بود که با افزایش سطوح بیوچار افزایش معنی‌داری در طول و حجم ریشه مشاهده شد. بیشترین طول ریشه مربوط به تیمار بیوچار 2 درصد (39/1 سانتی‌متر) و اختلاف بین سطوح بیوچار معنی‌دار بود و بیشترین حجم ریشه در سطح بیوچار 2 درصد (16/3 میلی‌لیتر) حاصل شد با این تفاوت که اختلاف بین تیمارهای 1 و 2 درصد معنی‌دار نبود (جدول 2). همچنین با افزایش شوری رشد طولی و حجم ریشه دچار کاهش معنی‌داری گردید بطوریکه بیشترین طول

و حجم ریشه در تیمار شاهد شوری به ترتیب با میانگین‌های 42/6 سانتی‌متر و 17/9 میلی‌لیتر بدست آمد و کمترین مقادیر نیز در بالاترین سطح شوری یعنی 12 دسی زیمنس بر متر با میانگین‌های 27 سانتی‌متر و 10 میلی‌لیتر با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر سطوح شوری مشاهده شد (جدول 3).

بحث

در این مطالعه اثر بیوچار در چهار سطح شوری بر صفات رشدی پنبه بررسی شد. نتایج نشان دهنده کاهش مقادیر صفات رشدی مورد مطالعه در اثر اعمال شوری در این آزمایش بود. اثر شوری در کاهش رشد عمدتا به دلیل کاهش آب قابل دسترس می‌باشد (مونز و تستر، 2008). که این نوع تنش بلافاصله پس از آبیاری با آب شور یا قرار گرفتن ریشه گیاه در معرض شوری باعث کاهش رشد و عملکرد می شود در حالی که استرس یونی زمانی اتفاق می‌افتد که میزان Na^+ به سطوح سمی می‌رسد (تستور و مانز، 2008). این سطوح بالا منجر به اختلال در فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در سلول می‌شود که منجر به کاهش قابل توجه عملکرد می‌گردد (مانز، 2005). در مطالعه حاضر در سطوح شوری 4 تا 8 دسی زیمنس بر متر افزودن بیوچار بر افزایش آب قابل دسترس و کاهش اثر شوری موثرتر بود ولی در شوری 12 دسی زیمنس بر متر علارغم تاثیر مثبت به دلیل ایجاد استرس یونی میزان اثر بخشی بیوچار نسبت به سایر سطوح شوری کاهش یافت که نشان دهنده کارایی پایین‌تر بیوچار در غلظت‌های بالا می‌باشد. نتایج این مطالعه نشان دهنده کاهش اثر منفی شوری بر صفات مورد مطالعه در تیمارهای اعمال بیوچار 2 درصد بود. طبق آزمایشی مشابه بر روی سیب زمینی استفاده از بیوچار به جذب Na^+ از محلول خاک اثر منفی نمک کاهش یافت. در مطالعه حاضر کاهش ارتفاع بوته، قطر طوقه، تعداد برگ، تعداد کل غوزه، وزن الیاف، وزن تر، وزن خشک، طول و حجم ریشه تحت تنش شوری مشهود بود که می‌تواند به دلیل تنش اسمزی ناشی از شوری باشد و با اصلاح خاک توسط بیوچار مشاهده شد که صفات رشدی بهبود پیدا کردند. که ممکن است به دلیل افزایش دسترسی گیاه به آب به افزودن بیوچار نسبت داده شود (اختر و همکاران، 2015). طبق گزارش بسیاری از پژوهشگران با افزودن بیوچار رطوبت قابل دسترس در خاک افزایش می‌یابد (باسو و همکاران، 2013؛ نوواکاند و واتس، 2013). طبق نتایج بدست آمده توسط برخی دیگر از محققان استفاده از بیوچار تاثیر مثبتی بر رشد دارد که ممکن است به دلیل کاهش غلظت Na^+ در خاک باشد. برخی نیز معتقدند که استفاده از بیوچار باعث بهبود ماده آلی خاک، ساختار خاک، پایداری خاکدانه‌ها، ظرفیت نگهداری آب و مواد مغذی و فعالیت میکروب‌ها و قارچ‌های مفید می‌شود که در نهایت منجر به افزایش قابل توجهی در تحمل به تنش‌های مخرب و غیر زنده می‌شود (وو و همکاران، 2023).

همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که افزودن بیوچار اثرات منفی شوری بر شاخص‌های رشدی گیاه پنبه را کاهش می‌دهد که بیوچار به دلیل ظرفیت جذب بالا می‌تواند منجر به کاهش غلظت Na^+ در خاک شود و اثرات منفی ناشی از نمک که باعث کاهش رشد و اختلال فیزیولوژیکی در گیاه می‌گردند را به مراتب تعدیل نماید. همچنین با رقیق شدن غلظت نمک در خاک میزان سمیت یونی برای گیاهان کاهش می یابد. طبق مطالعات لیانگ و همکاران (2006) بیوچار اضافه شده به خاک باعث جذب 97 درصد Na^+ می شود و به بهبود ظرفیت تبادل کاتیونی خاک کمک می‌کند. از طرف دیگر افزودن بیوچار با حفظ نسبت بالای K^+/Na^+ پنبه، تحمل نمک پنبه را بهبود می‌دهد و ممکن است مکانیسم کاهش استرس شوری توسط بیوچار به ساختار کربن متخلخل آن نسبت داده شود (وانگ و همکاران، 2024). همچنین همانطور که قبلا اشاره شد افزودن بیوچار ظرفیت نگهداری آب را در خاک را افزایش داده که این حالت به ویژه در سیستم‌هایی با رژیم های آبیاری کاهش یافته موثرتر می باشد (اختر و همکاران، 2014). همچنین طبق مطالعات جین و وانگ (2012) بیوچار اغلب باعث رشد قابل توجه گیاه در خاک‌های فقیر، اسیدی و با

ظرفیت نگهداری پایین آب می گردد. در پایان نتایج لاشـــاری و همکاران (2013) بخوبی تاثیرات مثبت اســتفاده از بیوچار در افزایش رشــد و عملکرد را تحت شرایط تنش شوری نشان داد. همچنین هو و همکاران (2023) گزارش کردند که کاربرد بیوچار اثر منفی شــوری را کاهش داده و موجب بهبود رشــد گیاه پنبه می‌گردد و می‌تواند یک اســتراتژی امیدوار کننده برای تولید پایدار پنبه تحت تنش شوری و خشکی باشد.

نتیجه گیری

طبق نتایج بدســـت آمده از این آزمایش با افزایش شوری مقادیر صفات مورد مطالعه کاهش یافت بنحوی که کاهش چشمگیر در سطح شوری 12 دسی زیمنس متر بخوبی مشـــهود بود همچنین گیاه پنبه در اکثر صفات مورد مطالعه مقاومت مناسبی به شوری 4 دسی زیمنس بر متر داشت و کاهش زیادی نسبت به شاهد مشـــاهده نگردید. در طرف مقابل مصـــرف بیوچار در مقایســـه با عدم مصـــرف بیوچار تفاوت معنی‌داری در صفات مورد بررسی نشان داد که با مصرف بیوچار در مجموع موجب افزایش مقادیر صـــفات گردید و بخوبی بهبود رشد گیاه را بهمراه داشت. همچنین نتایج مربوط به اثر متقابل بیوچار و شوری تاثیرگذاری مثبت بیوچار بر رشـــد گیاه پنبه را نشـــان داد بنحوی که در تمام سطوح شوری بیشترین مقادیر تعداد غوزه، وزن الیاف و وزن خشک بوته در شرایط مصرف بیوچار مشاهده گردید و با مصرف بیوچار نسبت به عدم مصرف افزایش یافتند بعبارتی در این مطالعه بیوچار در افزایش تحمل به شـــوری گیاه پنبه موثر واقع گردید و اســـتفاده از بیوچار با تعدیل اثرات شـــوری یک رویکرد جدید برای بهبود بهره‌وری محصولات تحت شرایط شور می‌باشد.

منابع

1. Ahmad, P., Hashem, A., Abd-Allah E.F., Alqarawi, A.A., John, R., Egamberdieva, D., and Gucel, S. 2015. Role of Trichoderma harzianum in mitigating NaCl stress in Indian mustard (*Brassica juncea* L.) through antioxidative defense system. Frontiers in Plant Science, 6:868.
2. Akhtar, S.S., Andersen, M.N., and Liu, F. 2015. Biochar mitigates salinity stress in potato. Journal of Agronomy and Crop Science, 201: 368-378.
3. Akhtar, S.S., Li, G., Andersen M.N., and Liu, F. 2014. Biochar enhances yield and quality of tomato under reduced irrigation. Agricultural Water Management, 138: 37-44.
4. Ashraf, M. 2002. Salt tolerance of cotton: some new advances. Critical Reviews in Plant Sciences, 21:1-30.
5. Ashraf, M., Athar, H.R., Harris, P.J.C., and Kwon, T.R. 2008. Some Prospective Strategies for Improving Crop Salt Tolerance. pp. 45–110. *In:* L.S. Donald, (ed.), Advances in Agronomy. Academic Press.
6. Basso, A.S., Miguez, F.E., Laird, D.A., Horton, R., and Westgate, M. 2013. Assessing potential of biochar for increasing water-holding capacity of sandy soils. GCB Bioenergy, 5: 132–143.
7. Cheng, Y., Cai, Z., Chang, S., Wang, J., and Zhang, J. 2012. Wheat straw and its biochar have contrasting effects on inorganic N retention and N_2O production in a cultivated Black Chernozem. Biology and Fertility of Soils, 48: 941-946.
8. Farrar, M.B., Wallace, H.M., Xu, C.Y., Joseph, S., Dunn, P.K., Nguyen, T.T.N. 2021. Biochar co-applied with organic amendments increased soil-plant potassium and root biomass but not crop yield. Journal of Soils and Sediments, 21: 784-798.
9. Hanin, M., Ebel, C., Ngom, M., Laplaze, L., and Masmoudi, K. 2016. New insights on plant salt tolerance mechanisms and their potential use for breeding. Frontiers in Plant Science, 7:1-17.
10. Hou, J., Zhang, J., Liu, X., Ma, Y., Wei, Z., Wan, H., and Liu, F. 2023. Effect of biochar addition and reduced irrigation regimes on growth, physiology and water use efficiency of cotton plants under salt stress. Industrial Crops and Products, 198:116702.
11. Jien, S. H., and Wang, C.S. 2013. Effects of biochar on soil properties and erosion potential in a highly weathered soil. Catena, 110: 225–233.

12. Lashari, M.S., Liu, Y., Li, L., Pan, W., Fu, J., Pan, G., Zheng, J., Zheng, J., Zhang, X., and Yu, X. 2013. Effects of amendment of biochar-manure compost in conjunction with pyroligneous solution on soil quality and wheat yield of a salt-stressed cropland from Central China Great Plain. Field Crops Research, 144: 113-118.
13. Lehmann, J., Czimnik, C., Laird, B., and Sohi, S. 2009. Biochar for environmental management: science and technology. London: Earthscan, 976p.
14. Lehmann, J., Gaunt, J., and Rondon, M. 2006. Biochar sequestration in terrestrial ecosystems – a review. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 11: 395-419.
15. Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Kinyangi, J., Grossman, J., O'Neill, B., Skjemstad, J.O., Thies, J., Luizão, F.J., Petersen, J., and Neves, E.G. 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. Soil Science Society of America Journal, 70:1719–1730.
16. Lin, J., Wang, Y., Sun, S., Mu, C., and Yan, X. 2017. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the growth, photosynthesis and photosynthetic pigments of Leymus chinensis seedlings under salt-alkali stress and nitrogen deposition. Science of the Total Environment, 576:234–241.
17. Martinsen, V., Mulder, J., Shitumbanuma, V., Sparrevik. M., Børresen, T., and Cornelissen, G. 2014. Farmer led maize biochar trials: Effect on crop yield and soil nutrients under conservation farming. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 177: 681-695.
18. Mguis, K., Albouchi, A., Khadhri, A., Abassi, M., Yakoubi-Tej, M., Mahjoub, A., Ouerghi, Z., and Brahim, N.B. 2012. Adjustments in leaf water relations of wild wheat relative Aegilops geniculata Roth. and wheat (*Triticum durum* Desf.) plants grown in a salinity gradient. Australian Journal of Crop Science, 6:768-776.
19. Munns, R., 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. New Phytologist, 167: 645–663.
20. Munns, R., and Tester, M. 2008. Mechanism of salinity tolerance. The Annual Review of Plant Biology, 59: 651-681.
21. Novak, J.M., and Watts, D.W. 2013. Augmenting soil water storage using uncharred switchgrass and pyrolyzed biochars. Soil Use and Management, 29: 98–104.
22. Shahbaz, M., and Ashraf, M. 2013. Improving salinity tolerance in cereals. Critical Reviews in Plant Sciences, 32: 237–249.
23. Sohi, S.P., Krull, E., Lopez-Capel, E., and Bol, R. 2010. A review of biochar and its use and function in soil. Advances in Agronomy, 105: 47–82.
24. Wang, Q., Huo, Z., Zhang, L., Wang, J. and Zhao, Y. 2016. Impact of saline water irrigation on water use efficiency and soil salt accumulation for spring maize in arid regions of China. Agricultural Water Management, 163:125-138.
25. Wang, X., Riaz, M., Babar, S., Eldesouki, Z., Liu, B., Xia, H., Li, Y., Wang, J., Xia, X., and Jiang, C. 2024. Alterations in the composition and metabolite profiles of the saline-alkali soil microbial community through biochar application. Journal of Environmental Management, 352:120033.
26. Wu Y, Wang X, Zhang L, Zheng Y, Liu X and Zhang Y (2023). The critical role of biochar to mitigate the adverse impacts of drought and salinity stress in plants. Frontiers in Plant Science, 14:1163451.
27. Yang, X., Liu, J., McGrouther, K., Huang, H., Lu, K., and Guo, X. 2016. Effect of biochar on the extractability of heavymetals (Cd, Cu, Pb, and zn) and enzyme activity in soil. Environmental Science and Pollution Research, 23: 974–984.