19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025

نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴

مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management
دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

بازآفرینی زیستی خاک‌های خشک با درختچه شورگز: نگاهی به کربن آلی و فعالیت میکروبی

بنفشه یثربی[1*]، ابوالفضل آزادی[2]، فرهاد نورمحمدی[3]

۱- استادیار بخش تحقیقات جنگلها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO) ؛ * پست الکترونیکی b.yasrebi@areeo.ac.ir
۲- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی(AREEO) ، ایران
۳- گروه مدل‌های هیدرواقلیم سازمان آب و برق خوزستان

چکیده

حضور گونه‌های درختچه‌ای در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌تواند نقش مهمی در بهبود کیفیت خاک و پایداری بوم‌سازگان ایفا نماید. در این پژوهش به‌منظور بررسی اثر درختچه شورگز (*Tamarix sp.*) بر ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیک خاک، نمونه‌برداری از دو تیمار پای تاج شورگز و شاهد در منطقه شادگان استان خوزستان انجام شد (هر تیمار با ۵ تکرار). برخی خصوصیات شیمیایی (شوری، و کربن آلی) و شاخص‌های بیولوژیک (تنفس پایه، تنفس برانگیخته، بایومس میکروبی کربن و پتانسیل نیتریفیکاسیون) اندازه‌گیری و داده‌ها با آزمون‌های آماری دونمونه‌ای تحلیل شدند نتایج نشان داد هدایت الکتریکی خاک در پای شورگز (105.66 dS/m) به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاهد (80.64 dS/m) بود. همچنین، کربن آلی خاک در پای شورگز ۰٫۴۵٪ و در شاهد ۰٫۲۸٪ برآورد شد($p<0.05$) . در شاخص‌های بیولوژیک، تنفس پایه بین دو تیمار تفاوت معنی‌داری نداشت (0.39) در برابر ۰٫۴۷($\mu g\ CO_2\ g^{-1}\ h^{-1}$) ، اما تنفس برانگیخته (SIR) در پای شورگز به‌طور قابل توجهی کمتر (۱۲٫۱۲) از شاهد (۲۱٫۰ $\mu g\ CO_2\ g^{-1}\ h^{-1}$) ؛ ($p<0.01$) بود. در مقابل، بیومس میکروبی کربن (MBC) در پای شورگز به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود .($p<0.01$) همچنین، پتانسیل نیتریفیکاسیون در خاک پای شورگز به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت و نسبت qCO_2(۰٫۰۶۷) در برابر ۰٫۰۹۶) نشان‌دهنده کارایی بالاتر جامعه میکروبی در شرایط شورگز بود. نتایج نشان می‌دهد که حضور شورگز با وجود افزایش شوری خاک، از طریق افزایش ماده آلی، بیومس میکروبی و پتانسیل نیتریفیکاسیون، کیفیت زیستی خاک را بهبود بخشیده و موجب پایداری نسبی اکوسیستم میکروبی می‌شود. با این حال، توسعه این گونه باید با در نظر گرفتن خطر تشدید شوری و حساسیت اکوسیستم منطقه مدیریت شود.

واژگان کلیدی: شورگز، بیومس میکروبی کربن، پتانسیل نیتریفیکاسیون، ماده آری، شوری، خوزستان.

مقدمه

اکوسیستم‌های بیابانی به‌دلیل شرایط سخت محیطی نظیر کمبود بارندگی، دمای بالا، تبخیر شدید و خاک‌های فقیر از نظر مواد غذایی، از شکننده‌ترین بوم‌سازگان‌های جهان به‌شمار می‌روند (Whitford, 2002). در این شرایط، گونه‌های گیاهی مقاوم که توانایی سازگاری با تنش‌های محیطی را دارند، نقش بسیار مهمی در پایداری و عملکرد این اکوسیستم‌ها ایفا می‌کنند. درختچه‌های جنس شورگز *(Tamarix spp.)* از جمله گونه‌های بومی و مقاوم به شوری و خشکی هستند که در نواحی خشک و نیمه‌خشک ایران و بسیاری از کشورهای آسیایی و آفریقایی پراکنش وسیعی دارند (Zaman et al., 2019).

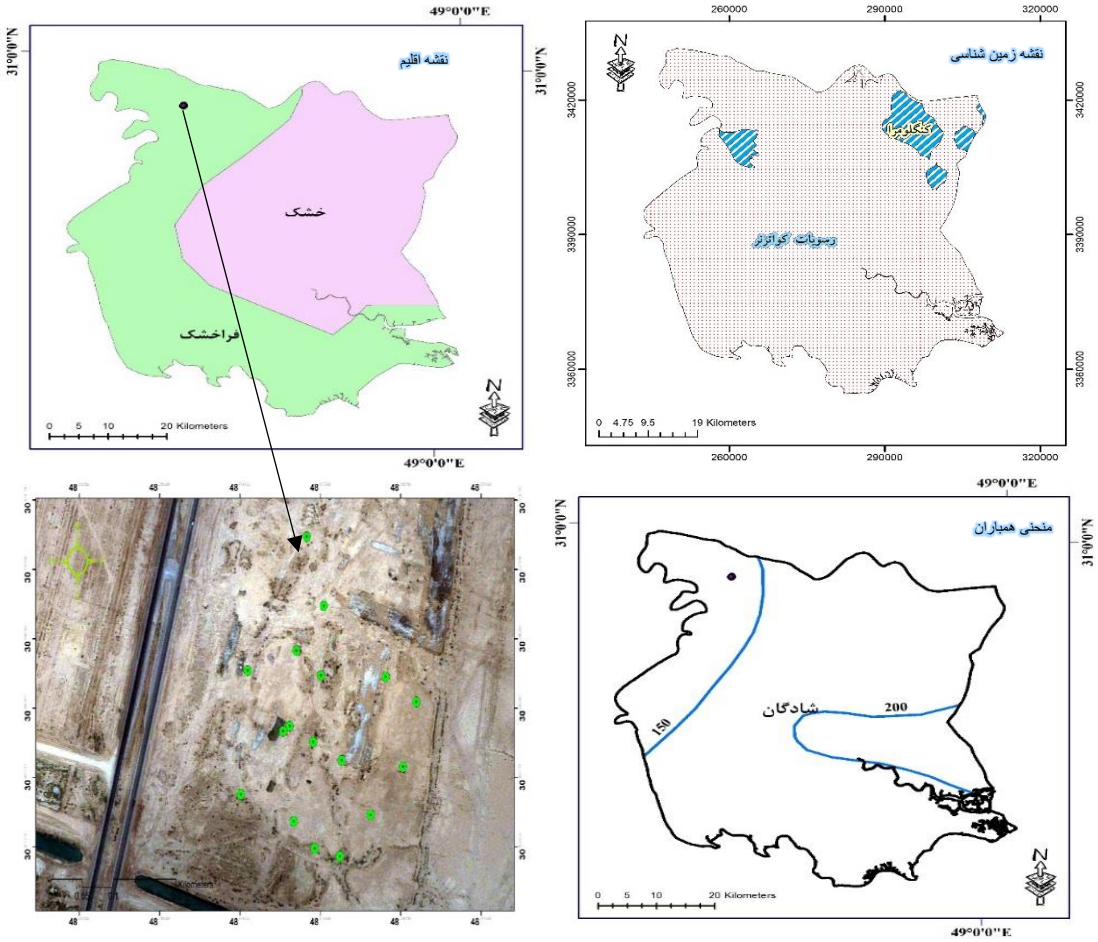
این گونه‌ها با داشتن ویژگی‌هایی همچون سیستم ریشه‌ای عمیق، توانایی ترشح نمک از طریق غدد اپیدرمی و تحمل شرایط سخت محیطی، نه‌تنها در بقا و توسعه پوشش گیاهی نقش دارند، بلکه می‌توانند در کاهش فرسایش بادی و آبی، تثبیت خاک، افزایش کربن آلی خاک و بهبود چرخه مواد غذایی مؤثر باشند (Sharma & Gairola, 2011; Ma et al., 2020) علاوه بر این، شورگز به‌عنوان گونه‌ای کلیدی می‌تواند با ایجاد تغییر در ریزاقلیم اطراف خود، شرایط زیست‌مندی برای سایر گونه‌های گیاهی و جانوری فراهم نماید و بدین ترتیب به افزایش تنوع زیستی و پایداری اکوسیستم‌های بیابانی کمک کند (Gaskin & Schaal, 2002). با توجه به گسترش پدیده بیابان‌زایی و تخریب سرزمین در بسیاری از مناطق خشک کشور، بررسی نقش گونه‌های بومی نظیر شورگز در پایداری و بازسازی اکوسیستم‌های بیابانی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این گیاهان به واسطه ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی خاص از جمله ترشح نمک از غدد برگی، توانایی ریشه‌دوانی عمیق و تجمع بقایای گیاهی شور، می‌توانند تغییرات قابل‌توجهی در خاک ایجاد کنند (Erfanifard & Khosravi, 2019) .گزارش‌ها نشان می‌دهد که حضور شورگز در بسیاری از مناطق منجر به شکل‌گیری «جزایر حاصلخیزی» در زیر تاج گیاه شده است؛ به‌گونه‌ای که میزان مواد مغذی همچون نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کربن آلی در این نواحی به‌طور معنی‌داری بیشتر از خاک‌های فاقد پوشش گیاهی است (Sun et al., 2023). این پدیده در مناطقی مانند دلتای رود زرد در چین یا بیابان‌های ایران نقش مهمی در بهبود کیفیت خاک‌های شور و قلیایی داشته و در برخی طرح‌های احیای اراضی شور، گونه‌هایی از جنس *Tamarix* نظیر *T. chinensis* به‌کار گرفته شده است (Yang et al., 2021). با این حال، نقش شورگز همواره مثبت گزارش نشده است. در برخی رویشگاه‌ها، تجمع نمک ناشی از ترشحات برگی و بقایای گیاه منجر به افزایش شوری خاک و کاهش تنوع گونه‌ای شده است . (Ohrtman et al., 2012)برای نمونه، در بیابان‌های مرکزی ایران افزایش شوری خاک زیر تاج شورگز تا ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر سبب محدودیت پراکنش گونه‌هایی مانند *Seidlitzia rosmarinus* شده است (یوسفی و همکاران،۱۳۹۸). بنابراین، این گیاه در عین برخورداری از توانایی ارتقای حاصلخیزی و بهبود کیفیت خاک، می‌تواند با پیامدهای منفی زیست‌محیطی نیز همراه باشد.

استان خوزستان به‌عنوان یکی از کانون‌های بحرانی کشور، با چالش‌هایی همچون شوری خاک، کمبود پوشش گیاهی، فرسایش بادی و روند رو به گسترش بیابان‌زایی مواجه است. کاشت یا گسترش طبیعی شورگز در این استان می‌تواند تأثیرات دوگانه‌ای بر پایداری منابع خاکی داشته باشد. از این رو، بررسی علمی و دقیق اثر این گونه بر ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی خاک ضرورتی انکارناپذیر است. پژوهش‌های گذشته بیشتر بر تغییرات کلی خصوصیات شیمیایی خاک تحت تأثیر شورگز تمرکز داشته‌اند و کمتر به نقش این گیاه در بهبود کربن آلی و فعالیت‌های زیستی خاک در شرایط فراخشک پرداخته‌اند (Rouhi Moghadam et al., 2015؛ Tembon et al., 2022 ؛ بازگیر و مقصودی، ۱۳۹۸).

هدف مطالعه حاضر بررسی نقش درختچه شورگز در تغییر ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی خاک با تأکید بر کربن آلی و فعالیت‌های زیستی خاک در یکی از رویشگاه‌های استان خوزستان است. این پژوهش تلاش دارد با مقایسه خاک‌های زیر تاج شورگز و خاک‌های شاهد، به پرسش‌هایی پیرامون تأثیر این گونه بر چرخه کربن و پویایی زیستی خاک پاسخ دهد. نوآوری پژوهش در تمرکز همزمان بر کربن آلی و شاخص‌های بیولوژیکی خاک در شرایط فراخشک جنوب ایران است؛ موضوعی که کمتر در مطالعات پیشین مورد توجه قرار گرفته است. نتایج این تحقیق می‌تواند مبنایی برای مدیریت بهینه شورگز در طرح‌های احیای اراضی شور و بیابانی و نیز تصمیم‌گیری در خصوص کاشت یا کنترل این گونه در استان خوزستان فراهم آورد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در شهرستان شادگان واقع در جنوب استان خوزستان (شکل ۱)، در عرض ۳۰/۹۰۶۵ تا ۳۹/۹۰۸۴ و طول ۴۸/۵۱۴۰ تا ۴۸/۵۱۵۷ و ارتفاع ۸ متر از سطح دریا در مجاورت تالاب بین‌المللی شادگان قرار دارد. از نظر اقلیمی، منطقه دارای آب‌وهوای گرم و خشک از نوع بیابانی است که بر اساس طبقه‌بندی دومارتن در گروه اقلیمی خشک تا فرا خشک جای می‌گیرد. میانگین دمای سالیانه منطقه حدود ۲۶ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد است و در ماه‌های تابستان، دما به بیش از ۵۰ درجه سانتی‌گراد نیز می‌رسد. بارندگی سالیانه بسیار محدود و عمدتاً در فصول پاییز و زمستان (به‌ویژه دی و بهمن) رخ می‌دهد و میانگین آن حدود ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر برآورد می‌شود (سازمان هواشناسی کشور،۲۰۲۰). در مقابل، میزان تبخیر و تعرق بالقوه سالیانه در این منطقه بیش از ۲۵۰۰ میلی‌متر است که نشان‌دهنده کمبود شدید آب و تنش رطوبتی بالا در طول سال است.



شکل ۱- مشخصات مکان اجرای مطالعه و نقاط نمونه برداری خاک

در تحقیق پیش رو ابتدا یک قطعه ۱۰۰ متر در ۱۰۰ متر در رویشگاه شورگز در ناحیه رویشی صحارا-سندی انتخاب گردید. سپس در این قطعه به صورت تصادفی پایه های کنار به منظور برداشت نمونه‌های خاک در زیر تاج پوشش و مناطق شاهد در جایی که کنار وجود ندارد اقدام شد. جهت برداشت نمونه‌های همگن ازخاک از عمق ۰-۱۵ سانتی‌متر در زیر تاج درختان (در فاصله میان تنه تا لبه انتهایی تاج) در جهت شرق با استفاده از اوگر اقدام شد. در ادامه با حمل نمونه‌های برداشت شده با استفاده از یخدان و بطری‌های یخ زده به آزمایشگاه حمل شدند. از نمونه‌های برداشت شده ۲۰۰ گرم جداسازی شده و برای اندازه‌گیری مشخصات بیولوژیکی شامل تنفس پایه، تنفس برانگیخته، بایومس میکروبی کربن و پتانسیل نیتریفیکاسیون

در یخچال نگهداری شد. اندازه‌گیری تنفس پایه به روش تیتراسیون انجام پذیرفت. در این روش به ۲۰ گرم خاک مرطوب ۲۰ میلی‌لیتر محلول هیدروکسی سدیم اضافه می‌شود و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شود سپس با اضافه شدن کلریدباریم دی اکسید کربن به صورت کربنات باریم رسوب می‌کند و در نهایت باقیمانده هیدروکسید سدیم با اسید کلریدریک تیتر می شود و میزان تنفس با استفاده از رابطه ۱ محاسبه می شود.

رابطه (۱) (C-S)*2.2*100/SW*%dm

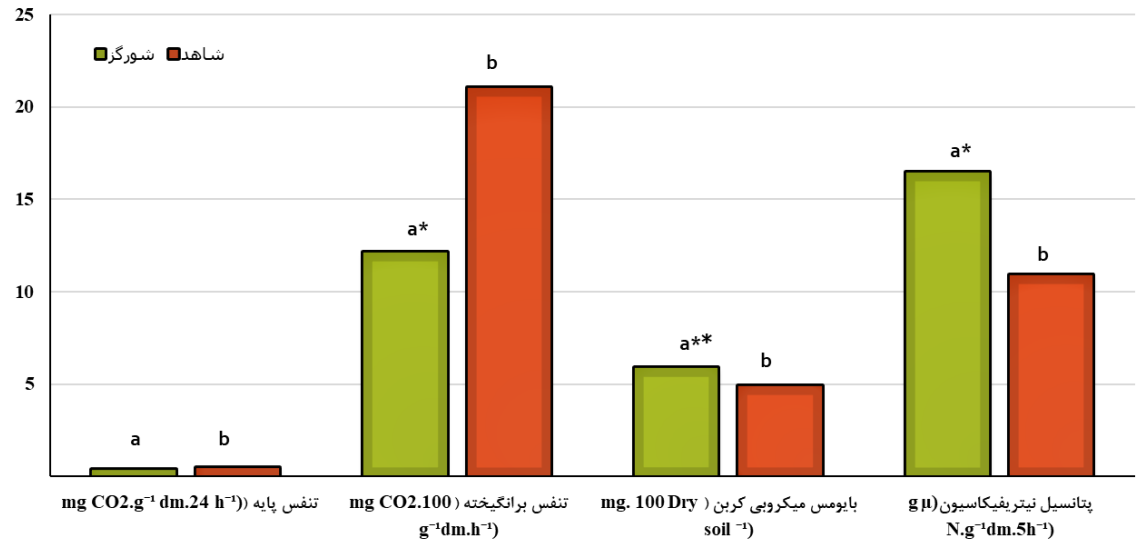
در این رابطه C میانگین حجم اسید HCl مصرفی توسط نمونه های شاهد(سی‌سی)،S میانگین حجم اسید مصرفی نمونه (سی‌سی)،2.2 فاکتور تبدیل، SW وزن اولیه خاک (گرم)، dm%/۱۰۰ فاکتور تبدیل برای خاک خشک است. برای اندازه‌گیری تنفس برانگیخته به ۱۰۰ گرم خاک مرطوب ۵ گرم گلوکز اضافه شده و سپس CO2 آزاد شده به طور مداوم در دمای ۲۲ درجه سانتی گراد در طی ۴ ساعت بر حسب CO2100gr-1dm.h-1 گزارش می شود و برای اندازه‌گیری پتانسیل نیتریفیکاسیون نیز به ۵ گرم خاک مرطوب سولفات آمونیوم و کلرات سدیم اضافه شده و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت نیتریت آزاد شده بوسیله کلرید پتاسیم و بر روش رنگ سنجی در طول موج ۵۲۰ نانومتر اندازه گیری می‌شود در ادامه برای اندازه‌گیری بیومس میکروبی کربن نیز از روش تدخین استخراج استفاده شد. در این روش نمونه‌های خاک با کلروفرم تدخین شده و با محلول سولفات پتاسیم عصاره‌گیری و کربن آلی موجود در عصاره اندازه گیری شده و در نهایت به کربن بیومس تبدیل می شود. در نهایت هم به منظور انجام تحلیل‌های آماری دو گروه نمونه ابتدا از آزمون کلموگروف اسمیرنوف برای آزمون نرمال بودن داده‌ها استفاده شد و سپس آزمون T مستقل برای مقایسه میانگین‌ها اجرا گردید. تحلیل های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به مقایسه میانگین های شوری و ماده آلی در نمونه های خاک پای درختچه شورگز و نمونه های شاهد در جدول ۱ و نتایج مقایسه شاخص‌های زیستی خاک در شکل ۱ آورده شده است.

جدول ۱- نتایج مقایسه میانگین های شوری و ماده آلی در نمونه های خاک

ویژگیهای شیمیایی		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
EC (dS/m)	شورگز	105.66**	6.03	2.70
	شاهد	80.64	12.11	5.42
OC (%)	شورگز	0.45*	0.12	0.06
	شاهد	0.28	0.05	0.02



شکل ۱ نتایج مقایسه مینگین های وییگی های بیولوژیک نمونه های خاک پای شور گز و نمونه های شاهد

یافته‌ها نشان داد که حضور این گیاه نقش یک مهندس اکوسیستم را ایفا می‌کند و خصوصیات فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی خاک را به طور قابل توجهی دگرگون می‌سازد .تجزیه و تحلیل داده‌ها مهم‌ترین این تغییرات، افزایش معنی‌دار کربن آلی خاک در زیر سایه‌بان شورگز بود. این پدیده را می‌توان عمدتاً ناشی از افزایش ورود مواد آلی به خاک از طریق برگ‌ریزی و سایر بقایای گیاهی دانست (Litter et al, 2022). همسو با این افزایش، فعالیت میکروبی مربوط به چرخه نیتروژن (پتانسیل نیتریفیکاسیون) نیز به طور معنی‌داری افزایش یافته بود که نشان‌دهنده حاصلخیزتر شدن خاک و فعال‌تر شدن فرآیندهای بیولوژیک در آن است. افزایش پتانسیل نیتریفیکاسیون معمولاً با افزایش در دسترس بودن نیتروژن معدنی در خاک مرتبط است .با این حال، یکی از نتایج به ظاهر متناقض، کاهش معنی‌دار تنفس برانگیخته در خاک پای شورگز بود. این موضوع می‌تواند توجیهات پیچیده‌ای داشته باشد؛ از جمله ممکن است جامعه میکروبی در این خاک‌ها به دلیل وفور نسبی ماده آلی، کارآیی بیشتری در مصرف سوبسترا پیدا کرده باشد و بنابراین پاسخ تنفسی کمتری به افزودن ماده آلی جدید نشان دهد. به طور متناوب، ممکن است عامل محدودکننده دیگری مانع از پاسخ کامل میکروارگانیسم‌ها شودنشان داد که تنفس پایه بین نمونه‌های خاک پای شورگز ($0.39\ \mu g\ CO_2\ g^{-1}\ h^{-1}$) و نمونه شاهد ($0.47\ \mu g\ CO_2\ g^{-1}\ h^{-1}$) تفاوت معنی‌داری نداشت. این یافته نشان می‌دهد که میزان فعالیت پایه میکروارگانیسم‌ها تحت تأثیر حضور درختچه شورگز قرار نگرفته و می‌توان گفت که جمعیت میکروبی توانسته است با شرایط خاص ریزوسفر این گیاه تطابق یابد. نتایج مشابهی توسط نیک‌نژاد و همکاران (۲۰۲۰) در خاک‌های شور مناطق خشک گزارش شده است، جایی که میکروارگانیسم‌ها با حفظ فعالیت پایه، از هزینه متابولیکی کاسته و به کارایی بالاتری دست می یابند. در مقابل، میزان تنفس ($CO_2\ g^{-1}\ h^{-1}$)به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($p < 0.05$).این کاهش ممکن است ناشی از کیفیت پایین‌تر منابع کربنی قابل تجزیه در ریزوسفر شورگز باشد، زیرا ترکیبات فنولی و نمکی موجود در برگ‌ریزه‌ها و ترشحات ریشه‌ای Tamarix می‌توانند دسترسی سریع به کربن قابل‌جذب را برای میکروارگانیسم‌ها محدود سازند (رحیمی و همکاران؛ ۲۰۲۱). همچنین، شوری خاک و فشار اسمزی حاصل از آن ممکن است موجب سرکوب فعالیت آنزیم‌های برون‌سلولی و محدودیت در پاسخ تنفسی سریع شده باشد (Liang et al, 2015). با وجود کاهش درSIR ، میزان بیومس میکروبی کربن (MBC) در خاک پای شورگز به‌طور معنی‌داری بالاتر از خاک شاهد بود ($p < 0.01$) این افزایش می‌تواند ناشی از ورود کربن از طریق ریزش برگ، ترشحات ریشه‌ای و تثبیت بهتر کربن در خاک باشد. از

سوی دیگر، پایین بودن نسبت تنفس پایه به بیومس میکروبی (qCO_2) در پای شورگز (۰/۰۶۷ در برابر ۰/۰۹۶) نشان‌دهنده کارایی بیشتر جامعه میکروبی در مصرف انرژی است که معمولاً نشانه‌ای از پایداری اکوسیستم میکروبی و انطباق با شرایط تنش‌زا تلقی می‌شود (Anderson & Domsch, 1990) همچنین، میزان پتانسیل نیتریفیکاسیون به‌طور قابل‌توجهی در خاک پای شورگز بیشتر از شاهد بود برانگیخته (SIR) در نمونه‌های پای شورگز ($12.12\ \mu g\ CO_2\ g^{-1}\ h^{-1}$) نسبت به شاهد ($21\ \mu g\ p$ < 0.01) این موضوع می‌تواند ناشی از افزایش دسترسی به آمونیوم (NH_4^+) حاصل از تجزیه برگ‌ریزه‌های شورگز و نیز فراهم شدن شرایط مناسب‌تر برای فعالیت نیتریفایرها در ریزوسفر این گیاه باشد. گزارش‌هایی حاکی از آن است که گونه‌های شورپسند مانند Tamarix با افزایش تهویه خاک، کاهش فشردگی و بهبود ساختار خاک می‌توانند شرایط هوازی لازم برای فرآیند نیتریفیکاسیون را فراهم کنند (علیزاده و همکاران، ۲۰۲۳) همچنین، در خاک‌های شور، غالب شدن آرکی‌های نیتریفایر مقاوم به شوری می‌تواند دلیل افزایش کارایی این فرآیند باشد (Zhang et al,2021). این نتایج نشان می‌دهد که شورگز تأثیری دوگانه بر خاک دارد. از یک سو با افزایش کربن آلی، بیومس میکروبی و پتانسیل نیتریفیکاسیون به بهبود کیفیت زیستی خاک کمک می‌کند و می‌تواند نقش مهمی در افزایش حاصلخیزی و پایداری اکوسیستم ایفا کند. از سوی دیگر، با افزایش شوری خاک، به‌ویژه هدایت الکتریکی و غلظت منیزیم، خطر تشدید شوری در مناطق حساس را به همراه دارد. یافته‌های این پژوهش با گزارش‌های پیشین همخوانی دارد. به طوری که پژوهشگران دیگری نیز تأکید کرده‌اند که گونه‌های شورپسند ضمن بهبود شرایط زیستی خاک، موجب افزایش تجمع نمک‌ها می‌شوند. بنابراین، استفاده و گسترش شورگز در مدیریت اراضی باید با در نظر گرفتن شرایط اکولوژیکی منطقه و حساسیت آن به شوری صورت گیرد. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که شورگز گونه‌ای با اثرات مثبت بر زیست‌خاک ولی با پتانسیل افزایش شوری است و مدیریت کاربری آن نیازمند رویکردی متوازن میان مزایا و معایب آن خواهد بود .در مجموع می‌توان گفت که گرچه درختچه شورگز با افزایش شوری خاک ممکن است برخی شاخص‌های فعالیت میکروبی را تحت تأثیر قرار دهد، ولی به‌واسطه افزایش ماده آلی و عناصر غذایی، موجب افزایش بیومس میکروبی و کارایی اکوسیستم میکروبی در مقایسه با مناطق فاقد این گونه شده است.

نتیجه گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که حضور درختچه شورگز (*Tamarix spp.*) در اکوسیستم‌های فراخشک جنوب استان خوزستان تأثیر قابل‌توجهی بر برخی ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارد. اگرچه بافت خاک و pH در دو تیمار پای شورگز و شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند، اما پارامترهایی مانند هدایت الکتریکی، منیزیم، بی‌کربنات، فسفر قابل جذب و کربن آلی در نمونه‌های پای شورگز به‌طور معنی‌داری بالاتر بودند. این افزایش را می‌توان به اثرات ترشحی، ریزش اندام‌های گیاه و فعالیت‌های ریشه‌ای نسبت داد که موجب تجمع عناصر غذایی و یون‌های خاص در ریزوسفر گیاه می‌شود.

در بعد زیستی نیز، هرچند تنفس پایه تفاوتی نداشت و تنفس برانگیخته کاهش یافت، اما افزایش معنی‌دار بیومس میکروبی کربن و پتانسیل نیتریفیکاسیون در خاک پای شورگز حاکی از پایداری نسبی جامعه میکروبی در شرایط تنش‌زای شورگز و انطباق آن با شرایط خاص ریزوسفر این گونه است. نسبت پایین‌تر qCO_2 در پای شورگز نیز نشانگر بهره‌وری بالاتر زیست‌توده میکروبی از منابع انرژی بوده و پایداری اکوسیستم میکروبی را تأیید می‌کند.

در مجموع، حضور شورگز با وجود افزایش شوری خاک، به‌واسطه تأثیر مثبت بر عناصر غذایی و برخی شاخص‌های بیولوژیکی، نقش نسبتاً سازنده‌ای در بهبود کیفیت موضعی خاک‌های فقیر این منطقه ایفا کرده است. با این حال، با توجه به نتایج متناقض گزارش‌شده از سایر مناطق، پیشنهاد می‌شود.

فهرست منابع

بازگیر، م. و مقصودی، ز(۱۳۹۸) .ویژگی‌های زیستی خاک در زیر تاج پوشش شورگز طبیعی (*Tamarix ramosissima*) در ایلام . *مجله ایرانی مهندسی آب و خاک*، ۳۳(۲): ۱۴۲-۱۳۱.

سازمان هواشناسی کشور، (۱۴۰۰)، گزارش هواشناسی خوزستان،

یوسفی، م.، طویلی، ع.، جعفری، م.، و زارع چاهوکی، م. ا. (۱۳۹۸) رابطه بین گونه‌های غالب و خصوصیات شیمیایی خاک در منطقه گرمسار .*مجله تحقیقات مرتع و بیابان*۱۹ (۴): ۷۸-۸۸.

Alizadeh, H., Yousefi Lalimi, A., & Hosseini, M. (2023). Root-induced porosity under halophytic shrubs improves nitrification in saline soils. Applied Soil Ecology, 190, 104572.

Anderson, T.H., & Domsch, K.H. (1990). Application of eco-physiological quotients (qCO_2 and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. Soil Biology and Biochemistry, 22(2), 251–255

Bazgir, M., & Maghsoudi, Z. (2019). Soil biological properties under canopy of natural Tamarix ramosissima in Ilam. Iranian Journal of Soil and Water Engineering, 33(2), 131–142.

Erfanifard, Y., & Khosravi, E. (2019). Saltcedar (Tamarix mscatensis) inhibits growth and spatial distrbution of eshnan (Seidlitzia rosmarinus) by enrichment of soil salinity in a semi-arid desert. Plant and Soil, 440, 219–231. https://doi.org/10.1007/s11104-019-04064-3

Gaskin, J. F., & Schaal, B. A. (2002). Hybrid Tamarix widespread in U.S. invasion and undetected in native Asian range. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(17), 11256–11259.

Liang, C., Schimel, J.P., & Jastrow, J.D. (2015). The importance of anabolism in microbial control over soil carbon storage. Nature Microbiology, 1, 15013.

Litter, M. I., González, M., Pérez, A., Rodríguez, L., & López, J. (2022). Vegetation indices and soil organic carbon: Relationships with microbial activity in semi-arid ecosystems. *Ecological Indicators, 142*, 109220. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109220

Ma, Y., Li, Q., & Yu, F. (2020). Effects of Tamarix shrubs on soil properties and vegetation patterns in desert ecosystems. *Catena*, 193, 104637.

Ohrtman, M. K., Sher, A. A., & Lair, K. D. (2012). Quantifying soil salinity in areas invaded by Tamarix spp. Journal of Arid Environments, 85, 114–121. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2012.04.009

Rouhi-Moghaddam, E., Sargazy, E., & Gholamalizadeh, A. (2016). Ecological properties of Tamarix habitats in Sistan Plain. International Journal of Environmental Studies, 73(4), 581–594.

Sharma, C. M., & Gairola, S. (2011). Plant diversity, community structure and regeneration potential of a temperate mixed broad-leaved forest of Garhwal Himalaya, India. *Journal of Forestry Research*, 22(4), 533–544.

Sun, J., Xia, J., Zhao, X., et al. (2023). Enrichment of soil nutrients and salt ions with different salinities under Tamarix chinensis shrubs in the Yellow River Delta. Catena, 232, 107433. https://doi.org/10.1016/ j.catena. 2023.107433

Tambone, F., et al. (2022). Contribution of Tamarix aphylla to soil organic matter evolution in a natural semi-desert area in Tunisia. Journal of Arid Environments, 196, 104639.

Whitford, W. G. (2002). *Ecology of desert systems*. Academic Press.

Zaman, S., Al-Houty, W., & Shahid, S. A. (2019). Ecophysiology and biology of Tamarix species in arid environments. *Environmental Reviews*, 27(2), 239–252.

Zhang, X., Liu, Y., & Wang, J. (2020). Salt-tolerant ammonia-oxidizing archaea mediate nitrification in saline soils. ISME Journal, 15(11), 3608–3620.