

مطالعه تأثیر گونه‌های استبرق و ارزن بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تپه‌های ماسه‌ای (مطالعه موردی: منطقه باشی استان بوشهر)*

فائقه هوشیار^۱، محسن فراهی^۲، علیرضا شهریاری^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۰۱

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی اثرات گونه‌های گیاهی (*Panicum amarum* (ارزن) و (*procera Calotropis* (استبرق) بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک تپه‌های ماسه‌ای و همچنین تثبیت و اصلاح ماسه‌زارها در منطقه باشی انجام شده است. دو محدوده مجزا با پوشش دو گونه گیاهی انتخاب و در مجاورت هریک از این دو محدوده، عرصه‌ای فاقد هر نوع گونه گیاهی به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شده است. نمونه‌برداری خاک به روش تصادفی-سیستماتیک در طول ۴ ترانسکت ۵۰۰ متری با فاصله ۲۵۰ متر و در دو عمق ۰ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر انجام شد. نتایج نشان داد که میانگین نیتروژن در خاک پای این گونه‌ها حدود ۱۰٪ بیشتر از منطقه شاهد بود. همچنین، درصد مواد آلی در لایه سطحی خاک پای گونه‌های ارزن و استبرق تقریباً ۲۳٪ بیشتر از لایه زیرین و ۱۰٪ بیشتر از منطقه شاهد بود. غلظت پتاسیم در خاک پای ارزن بیشتر از دو ناحیه دیگر بود؛ هرچند که این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نبود. میزان اسیدیته خاک پای گونه ارزن کمی بیشتر از سایر مناطق بود، اما این افزایش معنی‌دار نبود. همچنین، خاک پای گونه ارزن نسبت به دو گونه دیگر دارای شوری کمتری بود. میزان فسفر در لایه سطحی خاک پای استبرق بیشتر از ارزن و همچنین بیشتر از منطقه شاهد بود. به‌طورکلی، نتایج تحقیق نشان‌دهنده تأثیر مثبت کشت این گونه‌ها بر بهبود ویژگی‌های خاک در مقایسه با منطقه شاهد است. بنابراین گونه‌های استبرق و ارزن می‌توانند در تثبیت تپه‌های ماسه‌ای نقش مؤثری داشته باشند.

کلیدواژه‌ها: تثبیت ماسه‌زارها، فرسایش بادی، تجمع رس، نیتروژن، مواد آلی.

* این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه سراوان است.

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مدیریت و کنترل بیابان، دانشگاه سراوان، ایران؛ faegheh.hoshiar@gmail.com

۲. استادیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه سراوان، ایران؛ Mohsen.farahi62@gmail.com

۳. دانشیار گروه فضای سبز، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان؛ ali_shahriari@eco.usb.ac.ir

مقدمه

پوشش گیاهی به دلایل متعددی از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا نقش مهمی در تأمین علوفه برای دام‌ها ایفا می‌کند و همچنین در تطیف هوا و بهبود کیفیت آن مؤثر است. علاوه بر این، پوشش گیاهی مراتع در حفاظت از آب و خاک نقش حیاتی دارد و از فرسایش خاک جلوگیری می‌کند (هائو^۱ و همکاران، ۲۰۲۳). یکی از مهم‌ترین عوامل در جهت استقرار کامل گیاهان و کاهش اثرات بیابان‌زایی، انتخاب گونه‌های گیاهی سازگار و مقاوم با شرایط بیابانی در راستای اهداف احیا و ایجاد پوشش گیاهی است و موفقیت در این راستا منوط به شناسایی نیازهای بوم‌شناختی این گیاهان است. از سوی دیگر، همین گونه‌ها با ویژگی‌های خاص خود دارای تأثیرات ویژه‌ای بر محیط رشد خود هستند و با مطالعه ارتباطات بین خاک و گیاه می‌توان به این اثرات پی برد (قلی‌پور سلووشی و همکاران، ۲۰۲۲). از جمله مهم‌ترین گونه‌های مرتعی، استبرق (*Calotropis procera*) است. این گیاه، بومی مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری در آفریقا، آسیا و خاورمیانه است (نژاد علیمرادی و رضانژاد، ۲۰۲۱). این گیاه در برابر نمک و خشکسالی مقاومت بالایی دارد و قادر به زنده ماندن در طیف وسیعی از انواع خاک‌ها از جمله خاک‌های شور و قلیایی و ترجیحاً شنی است (فراحت^۲ و همکاران، ۲۰۱۵؛ وادوانی^۳ و همکاران، ۲۰۲۱). برگ، ساقه و ریشه این گیاه در طب سنتی مورد استفاده قرار می‌گیرد (بانسال^۴ و همکاران، ۲۰۲۳). همچنین در بسیاری از نقاط دنیا از این گیاه به‌عنوان علوفه استفاده می‌شود (دژالیگوئه^۵ و کلوتیلد، ۲۰۲۴). ارزن (*Panicum amarum*) نیز یکی از غلات سنتی در نواحی خشک و نیمه‌خشک مناطق گرمسیری محسوب می‌شود که از تحمل بالایی در برابر تنش خشکی و شوری برخوردار است (نوروزی و همکاران، ۲۰۱۳).

تثبیت تپه‌های ماسه‌ای در مناطق بیابانی و خشک از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است (کردوانی و همکاران،

۲۰۱۳). این تپه‌ها به راحتی تحت تأثیر باد و فرسایش قرار گرفته و می‌توانند منجر به آسیب‌های محیطی و اقتصادی گسترده شوند. استفاده از گیاهان بومی و مقاوم به خشکی برای تثبیت این تپه‌ها یک راهکار مؤثر و سازگار با محیط‌زیست است (غلامی طبسی و همکاران، ۲۰۱۳).

گیاهان مناسب برای تثبیت تپه‌های ماسه‌ای می‌توانند با ریشه کردن در خاک و ایجاد پوشش گیاهی، از فرسایش و حرکت ماسه‌ها جلوگیری کنند. این امر نه تنها باعث حفاظت از محیط‌زیست می‌شود، بلکه می‌تواند در بهبود کیفیت خاک و ایجاد شرایط مناسب برای رشد سایر گیاهان نیز مؤثر باشد (جیانگ^۶ و همکاران، ۲۰۲۳). بنابراین، شناسایی و استفاده از گونه‌های گیاهی مناسب برای تثبیت تپه‌های ماسه‌ای یک ضرورت تحقیقاتی و عملیاتی مهم است که می‌تواند به حفاظت از محیط‌زیست و توسعه پایدار در این مناطق کمک کند.

تسوار و مولر^۷ (۲۰۲۰) مناسب‌ترین روش در کاهش سرعت باد و تثبیت ماسه‌های روان را ایجاد پوشش گیاهی بر روی تپه‌های ماسه‌ای عنوان کردند. پوشش گیاهی به‌طور مؤثری حرکت ماسه‌های روان را کاهش داده، بنابراین تحرکات ماسه‌ها در سطح زمین کم شده و ماسه‌زار تثبیت می‌شود. سازگاری به خشکی، مقاومت در برابر شوری و قلیائیت خاک، دارا بودن سیستم ریشه‌ای عمیق و قوی، دارا بودن قدرت ذخیره آب در اندام هوایی و تولید تاج‌پوشش زیاد و متراکم، از ویژگی‌های گیاهان مناسب احیای ماسه‌زارهای مناطق خشک است (وانگ^۸ و همکاران، ۲۰۲۳).

جهانتیغ و جهانتیغ (۲۰۲۱) در بررسی تأثیر چند گونه گیاهی مرتعی و کشاورزی بر برخی خصوصیات خاک، نشان داد که گونه‌های گیاهی روی خصوصیات خاک تأثیر معنی‌داری دارند. تمرتاش و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقات خود به این نتیجه دست یافت که میزان عناصر غذایی قابل جذب در گیاهان بیشتر از خاک است. این میزان در مورد عناصر کم‌مصرف در اندام‌های زیرزمینی بیشتر از اندام‌های

1. Hao
2. Farahat
3. Wadhvani
4. Bansal
5. Djaligué and Clautilde

6. Jiang
7. Tsoar and Møller
8. Wang

تپه‌های ستارهای خطی و سهمی هستند که هریک ویژگی‌های خاص خود از قبیل ارتفاع، عرض و فاصله را دارد (زو^۳ و همکاران، ۲۰۱۵).

تپه‌های ماسه‌ای منبع بالقوه گردوغبار ناشی از فرسایش بادی هستند که به شدت بر فرایندهای بیوژئوشیمیایی و اکولوژیکی با تأمین مواد مغذی برای اکوسیستم‌های دریایی و زمینی تأثیر می‌گذارد (سوئت^۴ و همکاران، ۲۰۲۰). تپه‌های ماسه‌ای همواره از جهت تهدیدات انسانی مهم هستند؛ از این رو مطالعه این تپه‌ها به دلیل تأثیراتی که بر منابع آب و خاک و حیات گیاهی و جانوری و تأسیسات و راه‌های ارتباطی دارند، ضروری است (ییزهانگ و اشکنازی، ۲۰۲۲).

با توجه به تحقیقات انجام شده و اثرات گونه‌های گیاهی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک هدف از این تحقیق بررسی تأثیر و ارزیابی گونه‌های *Panicum amarum* و *Calotropis procera* بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی در تثبیت و اصلاح تپه‌های شنی است.

مواد و روش‌ها

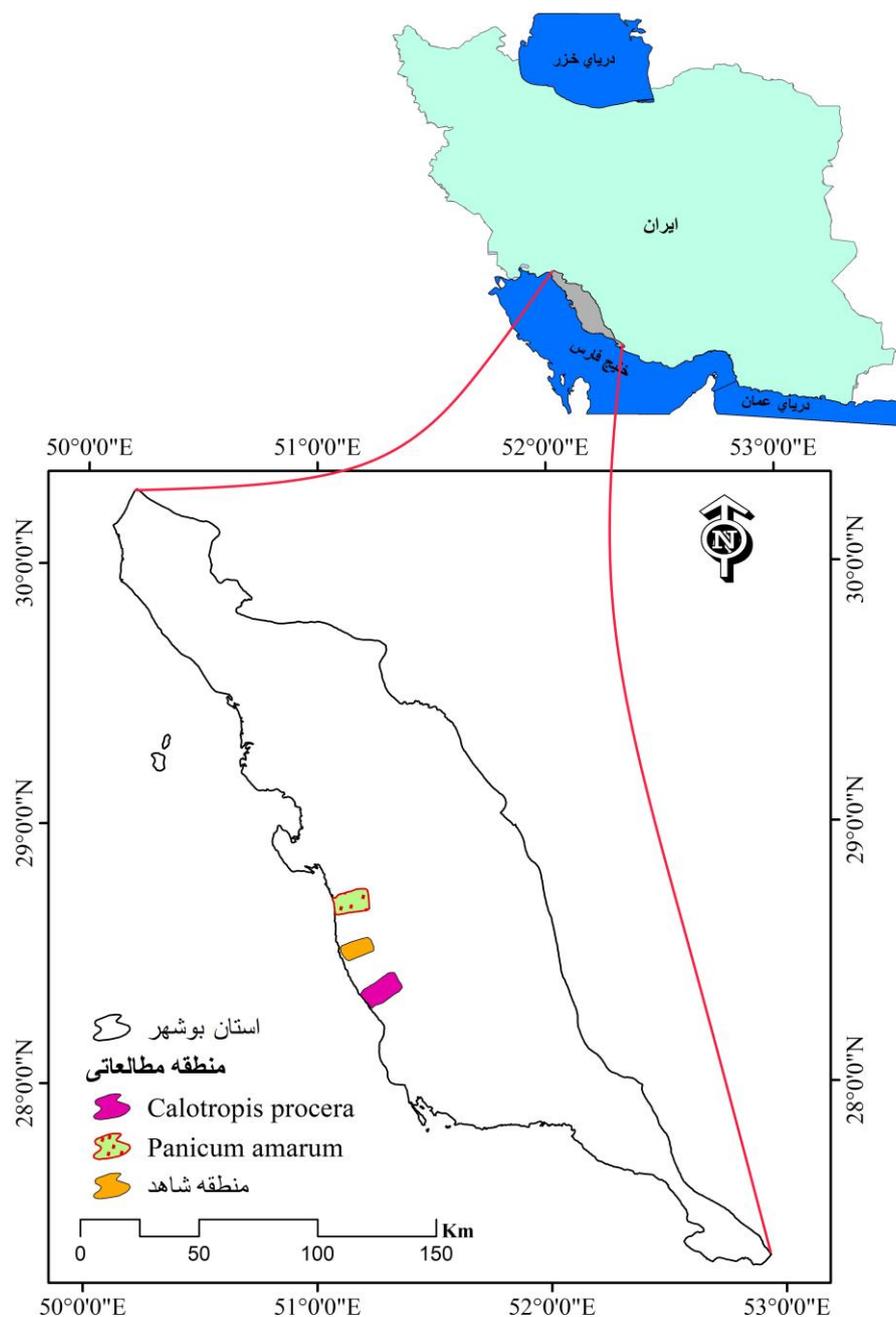
منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در منطقه باشی و تپه‌های ماسه‌ای اطراف آن که در حوزه ساحلی و قسمت غربی استان بوشهر می‌باشد، انجام شده است. مختصات جغرافیایی این محدوده در طول شرقی ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۰ دقیقه و عرض شمالی ۲۸ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۲۸ درجه و ۴۵ دقیقه است. متوسط بارندگی سالیانه این منطقه ۳۰۸ میلی‌متر در سال و متوسط درجه حرارت سالانه ۲۴ درجه سانتی‌گراد است. بادهای موسمی این منطقه نیز به دلیل اختلاف فشار بین بیابان عربستان و ارتفاعات جنوب ایران در فصول مختلف سال بادهای شدیدی را به وجود می‌آورد. شکل (۱) موقعیت منطقه مطالعاتی را در استان بوشهر نشان می‌دهد.

هوایی گیاهان بوده در حالی که در عناصر پرمصرف عکس این حالت وجود داشته است.

در مراتع کشور هند گونه *P. juliflora Prosopis* در کاهش pH و مقدار یون سدیم خاک و همچنین افزایش کربن آلی خاک و مقدار عناصر غذایی مؤثر بوده است (کاور و شارما،^۱ ۲۰۲۱). جمشیدی و همکاران (۲۰۲۲) به مطالعه ارتباط گونه‌های همی کریپتوفیت مقاوم به ترکیبات نمکی متناسب با عوامل ادافیکی در بیابان‌های هم‌جوار خلیج فارس پرداختند و نتایج آنان نشان داد بین صفات مختلف پوشش گیاهی (درصد پوشش، ارتفاع و تراکم) با ویژگی‌های خاک (اسیدیته، بافت و مجموع کلسیم و منیزیم) بیشترین همبستگی وجود دارد و عامل تراکم گیاهی با ویژگی‌های کلسیم و منیزیم عمق دوم بیشترین ارتباط را داشته و سایر ویژگی‌های پوشش گیاهی با مقدار سدیم، پتاسیم و هدایت الکتریکی عمق اول و منیزیم و کلسیم عمق دوم لایه‌های خاک دارای ارتباط مستقیم بوده‌اند. آنان بیان داشتند که پارامترهایی از قبیل بافت خاک، هدایت الکتریکی و اسیدیته، مجموع کلسیم و منیزیم و نسبت جذب سدیم از عوامل مؤثر بر تفکیک و یا تشکیل جوامع گیاهی در این منطقه با خاک شور هستند که مدیریت این عرصه‌ها را برای بهره‌برداری کمی پیچیده می‌کنند.

شرایط خشک و فراخشک حاکم بر بخش وسیعی از ایران با بارندگی حدود ۲۰۰ میلی‌متر در سال باعث شده که بخش وسیعی از کشور را مناطق بیابانی، تپه‌های ماسه‌های و مناطقی با پوشش گیاهی کم پوشش دهد (زرهی و رضایی، ۲۰۲۲). شرایط سخت در مناطق بیابانی از جمله خشکی، بارش کم و تابش آفتاب موجب کاهش رویش و تراکم پوشش گیاهی می‌شود. در این مناطق وزش بادهای شدید باعث جدا شدن ذرات خاک و در نتیجه وقوع پدیده گردوغبار و تشکیل تپه‌های ماسه‌ای می‌شود (عباسی، ۲۰۲۱). تپه‌های ماسه‌ای یکی از انواع مخاطرات طبیعی است که هر ساله سبب وارد آمدن خسارات زیادی به ویژه در مناطق خشک و بیابانی دنیا می‌شود (ییزهانگ و اشکنازی،^۲ ۲۰۲۲) بسته به رژیم باد و عرضه ماسه، تپه‌ها شامل چندین شکل مانند بارخان، تپه‌های عرضی،



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در ایران و استان بوشهر
Figure (1): Geographic location of the study area in Iran and Bushehr province

روش تحقیق

از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای IRS منطقه مورد مطالعه مشخص شده و دو محدوده مجزا با پوشش گیاهی *Panicum amarum* و *Calotropis procera* برای مطالعه اثر انتخاب شدند. عملیات تثبیت ماسه و کاشت پوشش گیاهی و گونه‌های نامبرده برای اولین بار در سال ۱۳۵۱ در ۱۱۰ هکتار از تپه‌های ماسه‌ای منطقه انجام شده است.

در این تحقیق اثر دو گونه گیاهی (*Panicum amarum* و *Calotropis procera*) شاخص منطقه که به صورت دست‌کاشت در تثبیت تپه‌های ماسه‌ای نقش مؤثری دارند (شکل ۲ و ۳)، بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک این مناطق مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور شناسایی مکان‌هایی که دارای این نوع پوشش گیاهی هستند، با استفاده

پوشش گیاهی (شاهد) با استفاده از آزمون تجزیه واریانس و آزمون t مستقل در محیط نرم‌افزار SPSS انجام شد.



شکل (۲): گونه ارزن در منطقه مورد مطالعه

Figure (2): *Panicum amarum* Species in the Study Area



شکل (۳): گونه استبرق در منطقه مورد مطالعه

Figure (3): *Calotropis procera* Species in the Study Area



شکل (۴): منطقه فاقد پوشش در منطقه مورد مطالعه

Figure (4): Uncovered areas in the study area

نتایج

مقایسه آماری خاک پای گونه استبرق (*Calotropis procera*) در دو عمق ۰ تا ۳۰ تا ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر (جدول ۱) نشان می‌دهد که فقط میزان فاکتور اسیدیته بین دو عمق از لحاظ آماری معنی‌دار نشده است، اما سایر فاکتورهای مورد بررسی در سطح آماری ($P \leq 0.01$) و سیلت در سطح آماری ($P \leq 0.05$) تحت تأثیر گونه گیاهی کشت شده بوده و خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک معنی‌دار شده‌اند. شوری خاک در لایه سطحی نسبت به لایه زیرین ۱۵٪ افزایش را نشان

همچنین در مجاورت این مناطق نیز عرصه‌ای که فاقد هر نوع پوشش گیاهی باشد و از نظر شرایط محیطی و فیزیوگرافی با مناطق یادشده مطابقت داشته باشد، به‌عنوان منطقه شاهد در نظر گرفته شد (شکل ۴). برای نمونه برداری از روش تصادفی - سیستماتیک استفاده شد (مصدیقی، ۲۰۰۵). در همین راستا نمونه برداری در فصل بهار و در امتداد چهار ترانسکت ۵۰۰ متری که براساس تغییرات منطقه و با توجه به پوشش گیاهی و وسعت منطقه معرف انتخاب شده بود، انجام شد. اولین ترانسکت به‌طور تصادفی و بقیه با فاصله ۲۵۰ متر به‌موازات یکدیگر استقرار پیدا کردند. برای عرصه تحت پوشش هر گونه گیاهی ۸ پروفیل خاک در مناطق دارای پوشش گیاهی حفر و نمونه برداری از پای هر گونه در هر پروفیل از اعماق ۰ تا ۳۰ و ۳ تا ۶۰ سانتی‌متر انجام شد که در مجموع تعداد ۴۸ نمونه خام از مناطق دارای پوشش گیاهی و منطقه شاهد جمع‌آوری گردید. نمونه‌ها در هوای آزاد خشک و آسیاب شده و در نهایت از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد و ویژگی‌های خاک شامل بافت خاک به روش هیدرومتری (بویوکوس، ۱۹۳۶^۱) اسیدیته (pH) با استفاده از pH متر (Model Oakan 11)، شوری خاک در عصاره اشباع با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (Ec) با استفاده از Ec متر (Model Oakan 11)، تعیین درصد مواد آلی خاک به روش کج‌دلال (برمنر، ۱۹۹۶^۲)، درصد مواد آلی به روش والکی بلک (والکلی و بلاک، ۱۹۳۴^۳)، فسفر به روش اولسن (اولسن^۴ و همکاران، ۱۹۵۴)، پتاسیم (K) با روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم (کاکس، ۱۹۹۶^۵) و اندازه‌گیری ذرات آهک از روش تراسیون (آدامز و ایوانز، ۱۹۶۲^۶) در آزمایشگاه گروه احیای مناطق خشک دانشکده منابع طبیعی مجتمع آموزش عالی سراوان اندازه‌گیری شد. در نهایت، مقایسه هریک از پارامترهای خاک شامل (اسیدیته، هدایت الکتریکی، درصد آهک، پتاسیم، نیتروژن، مواد آلی، فسفر و بافت خاک) بین خاک مناطق گونه‌های گیاهی استبرق و ارزن و منطقه فاقد

1. Bouyoucos
2. Bremner
3. Walkly and Black
4. Olsen
5. Cox
6. Adams and Evans

می‌دهد، همچنین بافت شنی خاک در لایه سطحی دارای میزان سیلت و رس نسبتاً بیشتری است. میزان نیتروژن، مواد آلی خاک، فسفر و درصد آهک خاک در لایه ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر به ترتیب ۲۳، ۲۳، ۹۱ و ۲ درصد بیشتر از لایه ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر است، اما میزان پتاسیم خاک در این زیراشکوب در لایه پایین از غنای بیشتری برخوردار است.

جدول (۱): نتایج آزمون (t) مقایسه ویژگی‌های خاک پای گونه استبرق (*Calotropis procera*)

Table (1): Results of t-test comparing soil characteristics under *Calotropis procera*

| فاکتور | عمق (cm) | میانگین | درجه آزادی | آزمون (t) | فاکتور | عمق (cm) | میانگین | درجه آزادی | آزمون (t) |
|-----------------------|----------|-----------|------------|---------------------|--------------|----------|------------|------------|----------------------|
| اسیدیته | ۰-۳۰ | ۶/۷۷±۰/۱۸ | ۷ | ۹۰/۴۰ ^{ns} | پتاسیم (ppm) | ۰-۳۰ | ۶۰/۷۵±۰/۹۱ | ۷ | ۱۸۶/۳۵ ^{**} |
| | ۳۰-۶۰ | ۶/۶۵±۰/۲۳ | ۷ | | | ۳۰-۶۰ | ۶۱/۲۵±۰/۹۵ | ۷ | |
| هدایت الکتریکی (ds/m) | ۰-۳۰ | ۱/۲۷±۰/۹۱ | ۷ | ۲۶/۹۴ ^{**} | آهک (%) | ۰-۳۰ | ۷۳/۲۵±۱/۷۱ | ۷ | ۱۲۱/۴۸ ^{**} |
| | ۳۰-۶۰ | ۱/۱۰±۰/۸۴ | ۷ | | | ۳۰-۶۰ | ۷۱/۵۰±۱/۲۳ | ۷ | |
| نیتروژن (ppm) | ۰-۳۰ | ۰/۲۱±۰/۰۰ | ۷ | ۲۵/۶۶ ^{**} | شن (%) | ۰-۳۰ | ۹۳/۰۰±۲/۱۶ | ۷ | ۱۵۱/۳۰ ^{**} |
| | ۳۰-۶۰ | ۰/۱۷±۰/۰۱ | ۷ | | | ۳۰-۶۰ | ۹۴/۴۰±۱/۰۰ | ۷ | |
| ماده آلی (%) | ۰-۳۰ | ۰/۲۱±۰/۰۰ | ۷ | ۲۵/۶۶ ^{**} | سیلت (%) | ۰-۳۰ | ۲/۵۷±۲/۲۰ | ۷ | ۳/۰۴ [*] |
| | ۳۰-۶۰ | ۰/۱۷±۰/۰۱ | ۷ | | | ۳۰-۶۰ | ۱/۲۰±۱/۰۲ | ۷ | |
| فسفر (ppm) | ۰-۳۰ | ۵/۲۷±۰/۱۷ | ۷ | ۸/۳۳ ^{**} | رس (%) | ۰-۳۰ | ۴/۴۲±۰/۹۲ | ۷ | ۷۳/۲۲ ^{**} |
| | ۳۰-۶۰ | ۲/۷۵±۰/۲۰ | ۷ | | | ۳۰-۶۰ | ۴/۳۰±۰/۲۴ | ۷ | |

**معنی دار سطح ۰.۰۵٪، *در سطح ۰.۰۱٪ و ns غیرمعنی دار

آزمون تجزیه واریانس و نتایج مقایسه میانگین خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر لایه سطحی خاک بین سه خاک منطقه کشت استبرق (*Calotropis procera*)، ارزن (*Panicum amarum*) و فاقد پوشش گیاهی به‌عنوان منطقه شاهد در جدول (۳) نشان داده شده است. نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان می‌دهد که کشت گونه‌های متفاوت در خاک منطقه بر روی اسیدیته و پتاسیم خاک از لحاظ آماری تأثیری نداشته و گونه‌های گیاهی از این نظر در یک گروه آماری قرار گرفته‌اند. اما سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک متأثر از نوع کشت بوده است. چنان‌که مشاهده می‌شود، هدایت الکتریکی در خاک منطقه استبرق نسبت به سایر مناطق بیشتر است و از لحاظ آماری در سطح (P≤0.05) معنی دار شده است.

مقایسه تحلیل آماری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک پای گونه *Panicum amarum* نشان‌دهنده تأثیر گونه گیاهی کشت‌شده در خاک منطقه در لایه سطحی است (جدول ۲)، به‌طوری‌که به‌استثنای اسیدیته خاک که از لحاظ آماری معنی‌دار نشده است، سایر خصوصیات مورد اندازه‌گیری در لایه سطحی خاک شامل هدایت الکتریکی، نیتروژن، درصد مداد آلی، درصد آهک، شن و رس از لحاظ آماری در سطح (P≤0.01) و میزان پتاسیم و سیلت خاک در سطح آماری (P≤0.05) معنی‌دار شده‌اند. تأثیر این گونه در بافت خاک متفاوت از گونه استبرق بوده به‌طوری‌که میزان درصد رس و سیلت در لایه ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر به ترتیب ۱۱ و ۲۱ بیشتر از لایه سطحی است. همچنین لایه سطحی نسبت به لایه پایین‌تر خاک، دارای ۲۱ درصد مواد آلی بیشتر و ۹۱ درصد فسفر بیشتر است. میزان پتاسیم نیز ۰/۴ درصد افزایش نسبت به لایه ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر را نشان می‌دهد.

جدول (۲): نتایج آزمون (t) مقایسه ویژگی‌های خاک پای گونه ارزن (*Panicum amarum*)Table (2): Results of t-test comparing soil characteristics under *Panicum amarum*

| آزمون (t) | درجه آزادی | میانگین (cm) | عمق | فاکتور | آزمون (t) | درجه آزادی | میانگین (cm) | عمق | فاکتور |
|-----------|------------|--------------|-------|----------|-----------|------------|--------------|-------|-----------------------|
| ۹۹/۸۰* | ۷ | ۶۲/۵۰±۲/۰۸ | ۰-۳۰ | پتاسیم | ۲۶۰/۸۸ns | ۷ | ۶/۸۷±۰/۰۹ | ۰-۳۰ | اسیدپته |
| | | ۶۲/۲۵±۱/۷۰ | ۳۰-۶۰ | (ppm) | | | ۶/۸۵±۰/۰۵ | ۳۰-۶۰ | |
| ۴۲/۸۸** | ۷ | ۷۱/۷۵±۱/۷۰ | ۰-۳۰ | آهک (%) | ۲۳/۹۱** | ۷ | ۰/۹۰±۰/۰۸ | ۰-۳۰ | هدایت الکتریکی (ds/m) |
| | | ۶۹/۵۰±۶/۶۵ | ۳۰-۶۰ | | | | ۰/۸۵±۰/۱۲ | ۳۰-۶۰ | |
| ۳۵۴/۹۶* | ۷ | ۹۳/۷۵±۰/۵۰ | ۰-۳۰ | شن (%) | ۱۷/۲۴** | ۷ | ۰/۲۰±۰/۰۰ | ۰-۳۰ | نیترژن (ppm) |
| | | ۹۳±۰/۰۰ | ۳۰-۶۰ | | | | ۰/۱۶±۰/۰۰ | ۳۰-۶۰ | |
| ۷/۵۱* | ۷ | ۰/۳۷±۰/۱۵ | ۰-۳۰ | سیلت (%) | ۱۷/۲۴** | ۷ | ۰/۲۱±۰/۰۰ | ۰-۳۰ | ماده آلی (%) |
| | | ۰/۴۵±۰/۱۷ | ۳۰-۶۰ | | | | ۰/۱۶±۰/۰۲ | ۳۰-۶۰ | |
| ۲۳/۳۳** | ۷ | ۵/۸۷±۰/۹۹ | ۰-۳۰ | رس (%) | ۷/۶۶** | ۷ | ۴/۵۰±۰/۲۱ | ۰-۳۰ | فسفر (ppm) |
| | | ۶/۵۵±۰/۱۷ | ۳۰-۶۰ | | | | ۲/۳۵±۰/۱۲ | ۳۰-۶۰ | |

**معنی دار سطح ۵٪ * در سطح ۱٪ و ns غیر معنی دار

جدول (۳): مقایسه میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده در خاک اطراف گونه‌های گیاهی و منطقه شاهد در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر

Table (3): Comparison of the mean values of measured parameters in the soil around plant species and the control area at a depth of 0-30 cm

| سطح معنی داری | درجه آزادی | مجموع مربعات | مقایسه میانگین | نمونه | فاکتور | سطح معنی داری | درجه آزادی | مجموع مربعات | مقایسه میانگین | نمونه | فاکتور |
|---------------|------------|--------------|----------------|--------|----------|---------------|------------|--------------|----------------|--------|-----------------|
| | ۲ | ۱۰۰۷.۷۹۲ | a۶۲/۵۰±۲/۰۸ | ارزن | پتاسیم | | ۲ | ۱۱۵. | a۶/۸۷±۰/۰۹ | ارزن | اسیدپته |
| **...۰۰۰ | ۴۵ | ۲۰۱۶.۱۲۵ | a۶۰/۴۵±۰/۹۵ | استبرق | (ppm) | ۴۸۴. | ۴۵ | ۳.۵۲۴ | a۶/۷۷±۰/۱۸ | استبرق | |
| | ۴۷ | ۳۰۲۳.۹۱۷ | a۶۰/۷۵±۰/۹۵ | شاهد | | | ۴۷ | ۳.۶۴۰ | a۶/۷۷±۰/۰۸ | شاهد | |
| | ۲ | ۱۰۶.۵۴۲ | b۷۱/۷۵±۱/۷۰ | ارزن | آهک | | ۲ | ۱.۰۶۵ | c۰/۹۰±۰/۰۸ | ارزن | هدایت |
| **...۰۰۰ | ۴۵ | ۱۷۰.۱۲۵ | ab۷۳/۲۵±۱/۷۱ | استبرق | (%) | *.۰۱۹ | ۴۵ | ۵.۵۲۴ | a۱/۲۷±۰/۹۱ | استبرق | الکتریکی (ds/m) |
| | ۴۷ | ۲۷۶.۶۶۷ | a۷۵/۵۰±۱/۲۹ | شاهد | | | ۴۷ | ۶.۵۹۰ | b۱/۰۷±۰/۹۷ | شاهد | |
| | ۲ | ۱۸.۳۷۵ | a۹۳/۷۵±۰/۹۵ | ارزن | شن (%) | ۰.۸۳. | ۲ | ۰.۰۰. | a۰/۲۱±۰/۰۰ | ارزن | نیترژن (ppm) |
| .۰۶۶ | ۴۵ | ۱۴۲.۸۷۵ | a۹۳/۰۰±۲/۱۶ | استبرق | | | ۴۵ | ۰.۰۱. | ab۰/۲۱±۰/۰۰ | استبرق | |
| | ۴۷ | ۱۶۱.۲۵۰ | a۹۳/۵۰±۰/۵۷ | شاهد | | | ۴۷ | ۰.۰۱. | b۰/۱۹±۰/۰۰ | شاهد | |
| | ۲ | ۳.۴۹۶ | b۰/۳۷±۰/۱۵ | ارزن | سیلت (%) | ۰.۸۳. | ۲ | ۰.۰۶. | ab۰/۲۱±۰/۰۰ | ارزن | ماده آلی (%) |
| **...۰۰۰ | ۴۵ | ۲.۴۵۴ | a۲/۵۷±۲/۲۰ | استبرق | | | ۴۵ | ۰.۵۲. | a۰/۲۱±۰/۰۱ | استبرق | |
| | ۴۷ | ۵.۹۵۰ | ab۰/۵۵±۰/۱۰ | شاهد | | | ۴۷ | ۰.۵۸. | b۰/۱۹±۰/۱۲ | شاهد | |
| | ۲ | ۲۴.۳۳۲ | a۵/۸۷±۰/۹۹ | ارزن | رس (%) | **...۰۰۲ | ۲ | ۷۲.۱۶۵ | b۴/۵۰±۰/۲۱ | ارزن | فسفر (ppm) |
| **...۰۰۰ | ۴۵ | ۲۱.۳۳۸ | b۴/۴۲±۰/۹۲ | استبرق | | | ۴۵ | ۲۲۴.۱۹۴ | a۵/۲۷±۰/۱۷ | استبرق | |
| | ۴۷ | ۴۵.۶۷۰ | a۵/۹۵±۰/۹۱ | شاهد | | | ۴۷ | ۲۹۶.۳۵۹ | c۳/۹۷±۱/۷۰ | شاهد | |

**معنی دار در سطح ۵٪ *معنی دار در سطح ۱٪

بین دو گونه گیاهی از این لحاظ مشاهده نمی‌شود. بیشترین و کمترین میزان درصد آهک هم به ترتیب در خاک شاهد و منطقه کشت ارزن مشاهده می‌شود که باعث ایجاد اختلاف

میزان نیترژن و درصد مواد آلی خاک نیز از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با شاهد داشته و افزایش ۱۰ درصدی را نسبت به منطقه فاقد پوشش گیاهی نشان می‌دهد، اما تفاوتی

جدول (۴) نیز نتایج تحلیل آماری خواص شیمیایی فیزیکی خاک در گونه‌های گیاهی و منطقه شاهد در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی متر را نشان می‌دهد. طبق نتایج به دست آمده، همانند لایه سطحی در لایه زیرین نیز اسیدیته خاک و میزان پتاسیم از نوع پوشش گیاهی تأثیر نپذیرفته‌اند. همچنین درصد آهک خاک و درصد سیلت نیز در این لایه از لحاظ آماری تفاوتی با یکدیگر نداشته و در یک گروه آماری قرار گرفته‌اند.

معنی‌دار آماری ($P \leq 0.05$) در بین سه منطقه شده است. بیشترین میزان فسفر خاک نیز در پای گونه استبرق مشاهده می‌شود که به ترتیب ۱۷ و ۳۲ درصد بیشتر از خاک ارزن و شاهد است. در مورد بافت خاک نیز نتایج نشان‌دهنده عدم معنی‌داری درصد شن به عنوان جزء غالب بافت خاک سه منطقه است، اما در مورد رس و سیلت نتایج حاکی از تأثیر مثبت گونه گیاهی ارزن در افزایش رس و استبرق در افزایش سیلت در بافت خاک پای گیاه شده‌اند که منجر به تفاوت آماری بین این گونه و شاهد شده است.

جدول (۴): مقایسه میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده در خاک اطراف گونه‌های گیاهی و منطقه شاهد در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی متر

Table (4): Comparison of the mean values of measured parameters in the soil around plant species and the control area at a depth of 30-60 cm

| فاکتور | نمونه | مقایسه میانگین | مجموع مربعات | درجه آزادی | سطح معنی‌داری | فاکتور | نمونه | مقایسه میانگین | مجموع مربعات | درجه آزادی | سطح معنی‌داری |
|-----------------|--------|------------------|--------------|------------|---------------|--------------|--------|--------------------|--------------|------------|---------------|
| ارزن | ارزن | $a6/85 \pm 0/05$ | ۱۴۰ | ۲ | | پتاسیم (ppm) | ارزن | $a6/25 \pm 1/70$ | ۲۰۷۱۱ | ۲ | |
| استبرق | استبرق | $a6/65 \pm 0/23$ | ۱۷۷ | ۴۵ | ۰۰۷* | شاهد | استبرق | $a6/25 \pm 0/95$ | ۹۵۰۷۸۹ | ۴۵ | |
| شاهد | شاهد | $a6/65 \pm 0/08$ | ۱۸۹۰ | ۴۷ | | شاهد | شاهد | $a6/25 \pm 2/16$ | ۹۸۰۵۰۰ | ۴۷ | |
| ارزن | ارزن | $b0/85 \pm 0/12$ | ۱۰۵۷۸ | ۲ | | آهک (%) | ارزن | $a6/9/50 \pm 6/65$ | ۳۰۵۰۰ | ۲ | |
| الکتریکی (ds/m) | استبرق | $a1/10 \pm 0/84$ | ۱۰۹۵۲ | ۴۵ | ۰۰۰* | شاهد | استبرق | $a7/50 \pm 1/23$ | ۵۳۴۹۰۷۵۰ | ۴۵ | ۰۹۸۵ |
| شاهد | شاهد | $a1/07 \pm 0/09$ | ۳۰۵۳۰ | ۴۷ | | شاهد | شاهد | $a7/50 \pm 1/82$ | ۵۳۵۳۰۲۵۰ | ۴۷ | |
| ارزن | ارزن | $a0/16 \pm 0/00$ | ۰۰۰ | ۲ | | شاهد | ارزن | $a93/00 \pm 0/00$ | ۸۰۷۹۲ | ۲ | |
| نیتروژن (ppm) | استبرق | $a0/17 \pm 0/01$ | ۰۰۰ | ۴۵ | ۰۰۰* | شاهد | استبرق | $b94/40 \pm 1/00$ | ۱۷۶۰۱۸۸ | ۴۵ | ۰۳۳۴ |
| شاهد | شاهد | $b0/13 \pm 0/00$ | ۰۰۰ | ۴۷ | | شاهد | شاهد | $a93/00 \pm 0/14$ | ۱۸۴۰۹۷۹ | ۴۷ | |
| ارزن | ارزن | $a0/16 \pm 0/02$ | ۰۰۹ | ۲ | | سیلت (%) | ارزن | $a0/45 \pm 0/17$ | ۰۱۶ | ۲ | |
| ماده آلی (%) | استبرق | $a0/17 \pm 0/01$ | ۰۲۱ | ۴۵ | ۰۰۰* | شاهد | استبرق | $a1/20 \pm 1/02$ | ۲۸۴ | ۴۵ | ۰۲۸۶ |
| شاهد | شاهد | $b0/14 \pm 0/18$ | ۰۳۰ | ۴۷ | | شاهد | شاهد | $a0/47 \pm 0/05$ | ۳۰۰ | ۴۷ | |
| ارزن | ارزن | $c2/35 \pm 0/12$ | ۲۰۷۱۱ | ۲ | | رس (%) | ارزن | $a6/55 \pm 0/17$ | ۱۳۰۹۹ | ۲ | |
| فسفر (ppm) | استبرق | $b2/75 \pm 0/20$ | ۹۵۰۷۸۹ | ۴۵ | ۰۲۷* | شاهد | استبرق | $b4/30 \pm 0/24$ | ۷۵۰۱۴ | ۴۵ | |
| شاهد | شاهد | $a3/95 \pm 0/17$ | ۹۸۰۵۰۰ | ۴۷ | | شاهد | شاهد | $a6/55 \pm 0/12$ | ۸۸۰۱۱۲ | ۴۷ | |

**معنی‌دار در سطح ۵٪ *معنی‌دار در سطح ۱٪

در این لایه هدایت الکتریکی خاک در گونه گیاهی استبرق همانند لایه سطحی بیشترین میزان و ارزن دارای کمترین میزان شوری است و در سطح ۵ درصد ($P \leq 0.05$) تفاوت آماری مشاهده می‌شود. از لحاظ میزان نیتروژن و مواد آلی خاک، گونه گیاهی استبرق مؤثرتر بوده و به ترتیب ۶ و ۱۳ درصد افزایش نسبت به ارزن و شاهد داشته است. اما میزان

در این لایه هدایت الکتریکی خاک در گونه گیاهی استبرق همانند لایه سطحی بیشترین میزان و ارزن دارای کمترین میزان شوری است و در سطح ۵ درصد ($P \leq 0.05$) تفاوت آماری مشاهده می‌شود. از لحاظ میزان نیتروژن و مواد آلی خاک، گونه گیاهی استبرق مؤثرتر بوده و به ترتیب ۶ و ۱۳ درصد افزایش نسبت به ارزن و شاهد داشته است. اما میزان

تثبیت‌کننده نیتروژن سبب افزایش نیتروژن و درصد مواد آلی در پای گونه‌ها نسبت به منطقه شاهد شده است (کاوانا و همکاران، ۲۰۲۳؛ جلیلود و همکاران، ۲۰۰۶). علاوه بر این تبدیل کربن معدنی تثبیت‌شده به صورت مواد آلی بر اثر فتوسنتز است (فراهی و همکاران، ۲۰۱۴). درصد مواد آلی منطقه کشت استبرق و ارزن در لایه سطحی حدوداً ۲۳٪ بیشتر از لایه زیرین است که بر اثر ریزش اندام هوایی گونه‌های گیاهی در افق اول است که در درازمدت این عامل سبب بهبودی ساختار خاک می‌گردد. نتایج این تحقیق با مطالعات مهدوی و همکاران (۲۰۱۱) و کاور و شارما (۲۰۲۱) مطابقت دارد.

در مورد اسیدیته نیز اختلاف معنی‌داری بین سه منطقه مشاهده نشد؛ در حالی که میزان اسیدیته خاک پای گونه ارزن نسبت به سایر مناطق به میزان کمی بیشتر بوده، معنی‌دار نیست. افزایش اسیدیته در خاک زیر این بوته‌ها به دلیل ریزش اندام گیاهی است (آبهیگنا^۳ و همکاران، ۲۰۲۴). هدایت الکتریکی خاک‌های مورد مطالعه در لایه سطحی بیشتر از لایه‌های زیرین، و بیانگر اختلاف معنی‌دار بین سه منطقه است. شوری از جمله عوامل محدودکننده بوده و فعالیت میکروارگانیسم‌ها را محدود می‌کند (گوا^۴ و همکاران، ۲۰۲۱). با توجه به سطح زیاد برگ‌های استبرق، نمک‌های بیشتری روی گونه تجمع یافته و البته املاح موجود در داخل برگ نیز از ریزش آن به خاک اضافه می‌شود (مهدوی و همکاران، ۲۰۱۱). اما خاک پای گونه ارزن نسبت به دو گونه دیگر دارای شوری کمتری است که به دلیل قابلیت جذب املاح به وسیله ریشه این گیاه است (کاور و شارما، ۲۰۲۱). همچنین لایه سطحی مناطق کشت گونه‌های گیاهی دارای شوری بیشتری نسبت به افق‌های پایینی است که بر اثر فعالیت ریشه‌ها و انتقال املاح از عمق به سطح است (فراهی و همکاران، ۲۰۱۴).

گرچه غلظت پتاسیم بین سه منطقه معنی‌دار نشده، میزان پتاسیم پای ارزن بیشتر از دو ناحیه دیگر است. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که محتوای پتاسیم خانواده گندمیان در

دارند. درصد رس نیز تابع این قاعده بوده و همانند درصد شن متغیر بوده است. به‌طور کلی، هدایت الکتریکی، نیتروژن، مواد آلی، فسفر و درصد شن و سیلت در سطح آماری ($P \leq 0.05$) در این لایه معنی‌دار شده‌اند.

بحث و نتیجه‌گیری

گونه استبرق و ارزن گونه‌های مقاوم به خشکی محسوب می‌شوند (فراهی و همکاران، ۲۰۱۵؛ نوروزی و همکاران، ۲۰۱۳)، این باعث شده است که این دو گونه در سطح وسیعی از تپه‌های ماسه‌ای استان بوشهر مشاهده شود که نشان‌دهنده امکان توسعه پوشش این گونه‌های گیاهی در مناطقی که دارای ماسه تثبیت‌شده است. نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش‌های خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک نشان می‌دهد که خاک پای گونه‌های ارزن، استبرق و شاهد باهم اختلاف معنی‌داری دارند، به‌استثنای اسیدیته و پتاسیم که اختلاف معنی‌داری بین سه منطقه مشاهده نشد.

تغییرات درصد مواد آلی و نیتروژن در خاک سه منطقه به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر در بهبود وضعیت فیزیکی و ساختاری خاک شناخته می‌شود خاک (قلی‌پور سلووشی و همکاران، ۲۰۲۲). این تغییرات به ایجاد شرایط مناسب برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها کمک می‌کند که در نتیجه منجر به افزایش ظرفیت نگهداری آب، عناصر غذایی و بهبود کلونیدهای آلی، سطح ویژه و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک می‌شود. این موارد به‌طور کلی شرایط فیزیکی خاک را بهبود می‌بخشند (لال^۱ و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین، نتایج نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار گونه‌های گیاهی کشت‌شده نسبت به شاهد هستند؛ به‌طوری‌که میانگین افزایش ماده آلی نسبت به منطقه شاهد ۱۰٪ در لایه سطحی است، که گونه‌های ارزن و استبرق به یک نسبت باعث این افزایش شده‌اند. علت این امر ریزش و برگشت بیوماس اندام‌های هوایی گیاهی به خاک و وجود ریشه‌های خشبی گونه‌های گیاهی در خاک است (اوتلوسکا^۲ و همکاران، ۲۰۲۰) که با تجزیه لاشبرگ‌ها و این ریشه‌ها و همچنین افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های

نتایج حاصل از این تحقیق نشان‌دهنده اثرات مثبت کشت گیاهان استبرق و ارزن بر خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک است. این گونه‌ها باعث افزایش معنی‌دار نیتروژن، مواد آلی و فسفر خاک نسبت به منطقه شاهد شده‌اند. همچنین شرایط بافت و درصد آهک خاک پای گونه‌ها نیز بهبود یافته است. گونه استبرق از لحاظ میزان افزایش مواد آلی و میزان فسفر نسبت به ارزن موفق‌تر بوده است ولی گونه ارزن به‌طور نسبی باعث اصلاح فیزیکی خاک شده که به دلیل تراکم بالای این گونه نسبت به استبرق است که منجر به کاهش فرسایش بادی و تجمع رس در بافت خاک شده است. به‌طور کلی مشاهده استبرق و ارزن همراه با سایر گونه‌های متعدد دیگر بر روی ماسه‌بادی‌ها یک خصوصیت مطلوب تلقی می‌شود و قابلیت استفاده از این گونه‌ها را همراه با سایر گونه‌های گیاهی شن‌دوست در احیا و متنوع کردن پوشش گیاهی شن‌زارها نوید می‌دهد. در ضمن، با این عمل می‌توان شکنندگی این اکوسیستم‌ها را کاهش داد. بنابراین در محدوده مورد مطالعه که خاک سبک است و نیاز به عملیات بیولوژیکی و حفاظت خاک دارد، گونه ارزن می‌تواند در این راستا مورد استفاده قرار گیرد. شایان ذکر است تراکم ۵۰ بوته در متر مربع برای ارزن بهترین عملکرد بیولوژیک را برای تثبیت تپه‌های ماسه‌ای نشان می‌دهد (نصیریور و ذاکرنژاد، ۲۰۱۹). در مجموع، استفاده از این گیاهان به همراه سایر گونه‌های گیاهی شن‌دوست می‌تواند به احیا و تنوع بخشیدن به پوشش گیاهی شن‌زارها کمک کند و شکنندگی این اکوسیستم‌ها را کاهش دهد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از استادان گران‌قدر در دانشگاه سراوان به‌خاطر حمایت‌های بی‌دریغشان صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

شاخسارها زیاد است (حسن الزمان^۱ و همکاران، ۲۰۱۸)، همچنین افزایش دما در ارزن موجب افزایش سرعت انتشار پتاسیم در خاک و به دنبال آن افزایش جذب پتاسیم می‌شود (دیلون^۲ و همکاران، ۲۰۱۹) و در نتیجه ریزش اندام‌های هوایی ارزن همراه با افزایش دمای خاک که باعث تسریع در فرایند معدنی شدن و افزایش رهاسازی پتاسیم می‌گردد (حسن الزمان و همکاران، ۲۰۱۸) دلیل بیشتر بودن غلظت پتاسیم پای این گونه است. فعالیت فسفر خاک وابسته به عمق و رطوبت است (مهدوی و همکاران، ۲۰۱۱). میزان این پارامتر در لایه سطحی در گونه استبرق بیشتر از ارزن و گونه ارزن بیشتر از منطقه شاهد است. افزایش فسفر نیز بر اثر تجزیه اندام‌های گیاهی در چند سال است (لو^۳ و همکاران، ۲۰۲۲). بافت شنی و سبک منطقه باعث تهویه مناسب و تجزیه لاشبرگ‌ها به وسیله میکروارگانیسم‌ها می‌شود که منجر به افزایش مواد آلی خاک، و در نتیجه افزایش حلالیت املاح فسفر و افزایش فسفر قابل جذب در خاک می‌شود. از این رو خاک پای گونه‌ها دارای فسفر بیشتری از شاهد در افق اول است (فراهی و همکاران، ۲۰۱۴). بافت خاک نیز متأثر از حضور گونه‌هاست که استبرق در تجمع سیلت و ارزن و تجمع رس در لایه سطحی موفق‌تر بوده‌اند و نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشته‌اند. طبق نتایج هوانگ و هارتمینک^۴ (۲۰۲۰) بالا بودن حضور گونه‌ها در جایی اتفاق می‌افتد که میزان سیلت بیشتری وجود داشته باشد. وجود شن نیز گرچه بین سه منطقه معنی‌دار نشده است، باعث بالا رفتن نفوذپذیری و خشک شدن سریع خاک می‌شود. در مورد آهک نیز گونه‌های گیاهی باعث کاهش درصد آهک از خاک سطحی به صورت معنی‌دار نسبت به شاهد شده‌اند.

آمیو^۵ و همکاران (۲۰۱۹) آهک را مهم‌ترین عامل تغییر در خاک گزارش نمودند که بر روی اسیدیته و رویش گیاهان اثرگذار است. بنابراین از این لحاظ نیز گونه‌های گیاهی بر روی بهبود خصوصیات فیزیکی خاک مؤثر بوده‌اند.

1. Hasanuzzaman
2. Dhillon
3. Luo
4. Huang and Hartemink
5. Ameyu

1. Abbasi, H.M., 2021. Distribution of sand dunes of Iran. *Nature of Iran*, 6(2), 37-44. <https://doi.org/10.22092/irn.2021.352954.1320>.
2. Abhigna, D., Kalpana, R., Radhamani, S., Ravichandran, V., Janaki, P., & Geetha, P., 2024. Performance of Brown top millet (*Brachiaria ramosa* L.) grown under problematic soils. *Journal of Applied and Natural Science*, 16(2), 503-507. <https://doi.org/10.31018/jans.v16i2.5471>.
3. Adams, F., & Evans, C.E., 1962. A rapid method for measuring lime requirement of red-yellow podzolic soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc*, 26, 355-357.
4. Ameyu, T., 2019. A review on the potential effect of lime on soil properties and crop productivity improvements. *Journal of Environment and Earth Science*, 9(2), 17-23. <https://doi.org/10.7176/JEES>.
5. Bansal, P., Choudhary, S., Taneja, T., Sangwan, S., Gupta, B., Goyal, S., Kumar, R., & Sharma, P., 2023. Exploring the Potential of *Calotropis procera* in Pharmacological Approaches. In *Medicinal Plants-Chemical, Biochemical, and Pharmacological Approaches*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.113161>.
6. Bouyoucos, G.J., 1936. Directions for Making Mechanical Analysis of Soils by the Hydrometer Method. *Soil Science*, 4, 225 – 228.
7. Bremner, J.M., 1996. Nitrogen Total. In: Sparks, D.L., Ed., *Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods*, SSSA Book Series 5, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 1085-1122.
8. Cox, A., Joern, B., & Roth, C., 1996. Nonexchangeable ammonium and potassium determination in soils with a modified sodium tetraphenylboron method. *Soil Science Society American Journal*, 60, 114-120.
9. Dhillon, J.S., Eickhoff, E.M., Mullen, R.W., & Raun, W.R., 2019. World potassium use efficiency in cereal crops. *Agronomy Journal*, 111(2): 889-896. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.07.0462>.
10. Djaligué, A.L., & Clautilde, M., 2024. Farmers' Perception of *Calotropis procera* on the Soil and Productivity of Off-Season Sorghum (*Sorghum durra*) in Magoumai, Gawar and Laf, Far North Cameroon. *Journal of Experimental Agriculture International*, 46(7), 440-448. <https://doi.org/10.9734/jeai/2024/v46i72648>.
11. Farahat, E.A., Galal, T.M., El-Midany, M.M., & Hassan, L.M., 2015. Effect of urban habitat heterogeneity on functional traits plasticity of the invasive species *Calotropis procera* (Aiton) W.T. Aiton. *Rendiconti*, 26(2), 193–201.
12. Farahi, M., Mofidi, M., Mogiminejhad, F., Khatibi, R., & Jahantab, E., 2014. Investigation on the effects of *Haloxylon* and *Tamarix* on soil properties in Niatak region of Sistan. *Iranian Journal of Range and Desert Reseach*, 21(2), 207-316.
13. Gholami Tabasi, J., Jafary, M., & Azarnivand, H., 2013. Assessing the Implications of Planting aloxylon aphyllum on the Vegetation and Soil Properties of Stabilized Sandy Desert (Samad Abad, Sarakhs). *Quarterly Journal of Environmental Erosion Researches*, 9, 35-44.
14. Gholipour soloshi, M., Dianati Tilaki, G.A., & Abedi, M., 2022. Comparison of Vegetation Characteristics under Three Management Treatments (Heavy Grazing, Exclusion and Exclusion with Restoration Practices) in Kiasar Chardange Rangeland of Sari. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 11(3), 61-76. <http://dorl.net/dor/20.1001.1.24763128.2022.11.3.5.5>.
15. Guo, F., Luo, H., Shi, Z., Wu, Y., & Liu, H., 2021. Substrate salinity: A critical factor regulating the performance of microbial fuel cells, a review. *Science of the Total Environment*, 763, 143021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143021>.
16. Hao, D.C., Li, C.X., Xiao, P.G., Xie, H.T., Bao, X.L., & Wang, L.F., 2023. Conservation Tillage in Medicinal Plant Cultivation in China: What, Why, and How. *Agronomy*, 13(7), 1890. <https://doi.org/10.3390/agronomy13071890>.
17. Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M.B., Nahar, K., Hossain, M.S., Mahmud, J.A., Hossen, M.S., Masud, A.A., Moumita, C., & Fujita, M., 2018. Potassium: a vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. *Agronomy*, 8(3), 31. <https://doi.org/10.3390/agronomy8030031>.
18. Huang, J., & Hartemink, A.E., 2020. Soil and environmental issues in sandy soils. *Earth-Science Reviews*, 208, 103295. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103295>.
19. Jahantigh, M., & Jahantigh, M., 2021. Classification of related vegetation with some physical and chemical properties of soil in Sistan plain rangelands using multivariate regression. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of*

- Biology). 36(1), 1-17. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23832592.1402.36.1.6.7>.
20. Jalilvand, H., Tamartash, R., & Heydarpour, H., 2006. Grazing impact on vegetation and some soil chemical properties in Kojour rangelands, Noushahr, Iran. *Iranian Journal of Range*, 1(1), 53-66.
21. Jamshidim, A., Moradim, N., & Rezai, M., 2022. Relationship of salt-resistant hemicyptophyte species in proportion to edaphic factors in coastal desert near Persian Gulf. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 29(1), 158- 178. <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2022.126009>.
22. Jiang, S., Xiong, K., Xiao, J., Yang, Y., Huang, Y., & Wu, Z., 2023. Agroforestry ecosystem structure and the stability improvement strategy in control of karst desertification. *Forests*, 14(4), 845. <https://doi.org/10.3390/f14040845>.
23. Kardovani, P., Alaei, A., Moshiri, R., & Rahimi, N., 2013. Investigating the effect of oil mulch application in stabilization of quicksands and development of vegetation in Aran and Bidgol region. *Plant and Environment*, 9(37), 101-112.
24. Kaur, V., & Sharma, P., 2021. Effect of prosopis juliflora biochar on physico-chemical properties of naphthalene and phenanthrene contaminated soil. *Polycyclic Aromatic Compounds*, 41(7), 1406-1417. <https://doi.org/10.1080/10406638.2019.1678185>.
25. Kavana, P.Y., Kija, B.J., Reuben, E.P., Nkwabi, A.K., Mbwambo, B.N., Maijo, S.P., Moshi, S.R., Matwili, S., Kakengi, V.A., & Nindi, S.J., 2023. Impact of Agro-pastoralism on Grasslands in Serengeti and Ugalla Ecosystems, Tanzania. <https://doi.org/10.5772/intechopen.113800>.
26. Lal, R., Bouma, J., Brevik, E., Dawson, L., Field, D.J., Glaser, B., Hatano, R., Hartemink, A.E., Kosaki, T., Lascelles, B., & Monger, C., 2021. Soils and sustainable development goals of the United Nations: An International Union of Soil Sciences perspective. *Geoderma Regional*, 25, p.e00398. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00398>.
27. Luo, R., Kuzyakov, Y., Zhu, B., Qiang, W., Zhang, Y., & Pang, X., 2022. Phosphorus addition decreases plant lignin but increases microbial necromass contribution to soil organic carbon in a subalpine forest. *Global Change Biology*, 28(13), 4194-4210. <https://doi.org/10.1111/gcb.16205>.
28. Mahdavi Ardakani, R., Jafari, M., Zargham, N. M., Zare Chahouki, M. A., Baghestani Meybodi, N., & Tavili, A., 2011. Investigation on the effects of *Haloxylon aphyllum*, *Seidlitzia rosmarinus* and *Tamarix aphylla* on soil properties in Chah Afzal-Kavir (Yazd), *Iranian Journal of Forest*, 2(4), 357-365.
29. Mesadaghi, M., 2005. *Plant ecology*. Publications University of Mashhad. 184 p.
30. Naseirpour, M., & Zakernejad, S., 2019. The effect of planting density and different irrigation regimes on the forage yield of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) under climatic conditions of Ahvaz, *Journal of Plant Breeding Science*, 8(2), 171-182.
31. Nejad-Alimoradi, F., & Rezanejad, F., 2021. Morphological study of ovary, fruit, seed and seed hairs (fibers) in *Calotropis procera*. *Iranian Journal of Plant Biology*, 12(4), 43-58. <https://doi.org/10.22108/ijpb.2021.125085.1226>.
32. Nowrozi, H., Ronsheker, H., Hasibi, P., & Mesgar Bashi, M., 2013. Evaluation of some photosynthetic characteristics of two millet cultivars under salinity stress conditions. *Plant process and function*. 2(4), 85-75. <http://dorl.net/dor/20.1001.1.23222727.1392.2.4.7.7>.
33. Olsen, R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., & La, d., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *USDA Circular No. 939 USDQ* pp. 1-19, Government printing office: Washington DC.
34. Otlewska, A., Migliore, M., Dybka-Ściepień, K., Manfredini, A., Struszczyk-Świta, K., Napoli, R., Białkowska, A., Canfora, L., & Pinzari, F., 2020. When salt meddles between plant, soil, and microorganisms. *Frontiers in plant science*, 11, 553087. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.553087>.
35. Swet, N., Kok, J.F., Huang, H., Yizhaq, H., & Ktra, I., 2020. Low dust generation potential from active sand grains by wind abrasion.
36. Tamartash, R., Jafari, M., Heydari Sharifabad, H., Zahedi Amiri, Gh., & Zehtabian, Gh., 2013. Investigation of the Relationship Between the Nutrient Elements in Soil and Plant in Lar Basin. *Journal of Watershed Management Research*, 4(7), 46-57.
37. Tsoar, H., & Møller, J.T., 2020. The role of vegetation in the formation of linear sand dunes. In *Aeolian geomorphology*, 75-96.
38. Wadhvani, B.D., Mali, D., Vyas, P., Nair, R., & Khandelwal, P., 2021. A review on phytochemical constituents and pharmacological potential of *Calotropis procera*. *RSC advances*, 11(57), 35854-35878. <https://doi.org/10.1039/D1RA06703F>.

39. Walkley, A., & Black, I.A., 1934. An Examination of Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. *Soil Sci.* 37, 29-37.
40. Wang, H., Liu, Y., Wang, Y., Yao, Y., & Wang, C., 2023. Land cover change in global drylands: A review. *Science of the Total Environment*, 863, 160943. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160943>.
41. Xu, Z., Mason, J.A., Xu, C., Yi, S., Bathiany, S., Yizhaq, H., Zhou, Y., Cheng, J., Holmgren, M., & Lu, H., 2015. "Climate-driven changes to dune activity during the last glacial maximum and deglaciation in the mu us dune field, North-Central China," *Earth Planet. Science Letters*, 427, 149–159.
42. Yizhaq, H., & Ashkenazy, Y., 2022. Spatiotemporal dynamics of biocrust and vegetation on sand dunes. *Chaos*, 32, 053103, <https://doi.org/10.1063/5.0087296>.
43. Zerehi, F. & Rezaei, M. (2022). Changes in sand dune expansion and surface cover under the influence of wind speed in deserts adjacent to wetland ecosystems. *Journal of Environmental Erosion Research*, 12(1), 95-112.

Investigating the Influence of *Calotropis procera* and *Panicum amarum* on the Physical and Chemical Properties of Sandy Hillside Soils: A Case Study of Bashi Region, Bushehr Province

Faegheh.Hoshiar,¹ Mohsen Farahi,^{2*} Alireza Shahriari³

Received: 16/08/2024

Accepted: 21/12/2024

Extended Abstract

Introduction: Vegetation is of paramount importance for various reasons. Taking restoration and creation of vegetation into account, it can be argued that selecting plant species that are adapted and resilient to arid conditions significantly contributes to the successful establishment of plants and the reduction of desertification effects. Moreover, possessing unique characteristics, such species exert a specific influence on their growth environment. Commonly known as "Malum Sodomiticum", *Calotropis procera* is a perennial shrub that thrives in arid and semi-arid regions, being considered an important plant due to its medicinal properties and economic uses, including fiber production and soil remediation on the other hand, *Panicum amarum*, also known as "Salt Grass," is a perennial grass primarily found in coastal areas and sandy soils, serving as a protective ground cover to prevent soil erosion and provide forage for livestock. Such effects could be identified through the investigation of the relationship between soil and plants. Considering the influence of plant species on the physical and chemical properties of the soil, this study sought to investigate the effect of *Panicum amarum* and *Calotropis procera* on the physical and chemical properties of sand dunes and their stabilization and reclamation.

Materials and methods: This study used topographic maps, aerial photographs, and satellite imagery to identify the best locations for the growth of *Panicum amarum* and *Calotropis procera*. In this regard, the required soil samples were collected from the depths of 0-30 cm and 30-60 cm using systematic random sampling along four 500-meter transects, each of which was 250 meters away from each other. Moreover, soil properties, including texture, pH, salinity, electrical conductivity, organic matter content, phosphorus, potassium, and lime were measured using various laboratory methods. Finally, each soil parameter was assessed in areas with saltbush and millet species and the areas without vegetation cover (control) using an independent t-test in the SPSS software environment.

Results: According to the results of the soil chemical and physical property analyses, the soil samples under millet, saltbush, and control areas showed significant differences, except for pH and potassium which did not display significant differences among the three sites. Moreover, it was found that the changes in organic matter and nitrogen percentages in the soil samples of the three areas were among the effective factors involved in improving the physical and structural conditions of the soil, providing a suitable substrate for the activity of microorganisms. This leads to increased water-holding capacity, nutrient availability, organic colloids, specific surface area, cation exchange capacity, and overall improvement of the physical conditions of the soil. These findings suggest a significant influence of the cultivated plant species compared to the control ones. On the other hand, the organic matter content in the surface layer of the saltbush and millet cultivation areas was found to be

1. MSc Graduate Department of Desert Management and Control, University of Saravan, Iran. faegheh.hoshiar@gmail.com

2. Assistant professor, faculty member of the Department of Natural Engineering, University of Saravan, Iran. Mohsen.farahi62@gmail.com

3. Associate Professor, Department of Green Space, Faculty of Geography and Environmental Planning, University of Sistan and Baluchistan. ali_shahriari@eco.usb.ac.ir

approximately 23% higher than the subsurface layer, which is due to the aboveground biomass deposition of the plant species in the top horizon, leading to the long-term improvement of soil structure.

The results also showed that the soil pH did not differ significantly among the three areas (saltbush, millet, and control), although it was slightly higher under millet but not statistically significant. The electrical conductivity (EC) of the studied soil samples was higher in the surface layer compared to the subsurface layers, and there was a significant difference among the three areas in this regard. Furthermore, the study found that the soil enjoyed lower salinity under the millet species compared to the other two species, likely due to the plant's ability to absorb the salts. It was also found that the potassium concentration was not significantly different among the three areas; However, the millet site possessed a higher potassium level than the other two areas. The soil texture was also affected by the presence of the plant species. In this regard, it was found that while millet led to increased clay accumulation in the surface layer, Saltbush performed more successfully in accumulating silt, both showing a significant increase compared to the control area. As for the lime content, the plant species caused a significant decrease in the percentage of lime in the surface soil compared to the control area. In summary, the results of the study indicated that the cultivation of saltbush and millet species exerted a significant positive influence on the chemical and physical properties of the sandy soil, with millet showing relatively better performance in improving soil salinity, potassium content, and physical structure compared to the saltbush.

Conclusion: The results of this study proved the positive influence of cultivating saltbush and millet on the chemical and physical properties of the soil. These species significantly increased the nitrogen, organic matter, and phosphorus content of the soil compared to the control area. Overall, it could be argued that the presence of saltbush and millet, along with other diverse species, may exert a positive influence on sandy dunes, indicating the potential of these species for the restoration and diversification of vegetation in sandy areas. Furthermore, this can help reduce the fragility of these ecosystems. Therefore, in the study area, which has light-textured soil and requires biological operations and soil conservation, the millet species can be utilized for such a purpose. Finally, it can be said that the use of these plants along with other sand-loving species can contribute to the rehabilitation and diversification of sandy vegetation and reduce the fragility of such ecosystems.

Keywords: Sand Dune Stabilization, Wind Erosion, Clay Accumulation, Nitrogen, Organic Matter.