



(OPEN ACCESS)

Impact of plant species on some physicochemical properties of wetland soils affected by aeolian processes in a hyper arid region

Hafaseh Shoja Hormozzaie¹, Ebrahim Shirmohammadi^{*2}, Ali Shahriari³,
Vahid Rahdari⁴, Abolfazl Bameri⁵

1. M.Sc. Graduate of Soil Science and Engineering, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: shoja1234hr@gmail.com
2. Corresponding Author, Assistant Prof., Dept. of Soil Science and Engineering, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: eshirmohammadi@uoz.ac.ir
3. Associate Prof., Dept. of Soil Science and Engineering, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: shahriari.uz@gmail.com
4. Assistant Prof., Dept. of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: vrahdari@uoz.ac.ir
5. Instructor, Dept. of Soil Science and Engineering, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: a_bameri@yahoo.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 02.04.2024
Revised: 12.29.2024
Accepted: 01.01.2025

Keywords:
Hamoun International
Wetland,
Salinization,
Sodification,
Soil degradation,
Soil texture change

ABSTRACT

Background and Objectives: Plant species influence soil properties, while soil conditions in turn affect plant growth and distribution. However, these interactions in wetland ecosystems-particularly in arid regions subject to aeolian processes-have been less frequently studied. The present research aimed to investigate and compare selected physical and chemical soil characteristics under dominant plant species in the Hamoun International Wetland, including *Tamarix stricta*, *Cyperus rotundus*, *Aeluropus lagopoides*, *Halocnemum strobilaceum*, and *Phragmites communis*, relative to unvegetated control soils.

Materials and Methods: Soil samples (0-20 cm depth) were collected from beneath each of the five plant species and from adjacent unvegetated areas (control), with 25 samples per treatment, totaling 150 samples. Sampling was performed using a stratified random approach. The measured soil properties included texture, bulk density, saturated moisture content, pH, electrical conductivity (EC), soluble calcium, magnesium, and sodium concentrations, and the sodium adsorption ratio (SAR). Standard laboratory methods were employed. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) in a completely randomized design, and mean comparisons were conducted with the least significant difference (LSD) test in Statistix 10.

Results: Soils under *P. communis* showed the highest clay content (16.36%), *H. strobilaceum* had the highest silt content (84.55%), and *T. stricta* soils had the highest sand content (84.26%). Despite variations in particle-size distribution, the overall texture classes were: clay loam (control), silt loam (*A. lagopoides* and *T. stricta*), and silty clay loam (*C. rotundus*, *H. strobilaceum*, *P. communis*). This indicates a shift toward coarser soil textures under plant cover. Soils beneath *C. rotundus* had the highest saturated moisture content (49.38%) and lowest bulk density

(1.49 g cm^{-3}). In contrast, unvegetated soils (control) exhibited the highest EC (23.07 dS m^{-1}), pH (8.69), and SAR (51.17).

Conclusion: Overall, the presence of plant cover significantly improved soil physical and chemical properties. The observed variations in soil particle size were strongly influenced by wind erosion processes in the region, producing unusual yet consistent patterns. Removal of vegetation accelerates soil salinization and sodification in the Hamoun Wetland due to the combined effects of arid climate, strong winds, and flat geomorphology. This process ultimately leads to soil degradation. Therefore, maintaining vegetation cover in arid-zone wetlands is essential to protect soil quality and prevent environmental deterioration.

Cite this article: Shoja Hormozzaie, Hafaseh, Shirmohammadi, Ebrahim, Shahriari, Ali, Rahdari, Vahid, Bameri, Abolfazl. 2025. Impact of plant species on some physicochemical properties of wetland soils affected by aeolian processes in a hyper arid region. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 15 (2), 99-119.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/ejsms.2025.22167.2137

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources



انجمن علوم خاک ایران

نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار

شاپا چاپی: ۱۳۶۷-۲۳۲۲

شاپا آنلاین: ۱۳۷۵-۲۳۲۲



دانشگاه گلستان و منابع طبیعی

تأثیر گونه‌های گیاهی بر برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک‌های تالابی تحت تأثیر فعالیت‌های بادی در یک منطقه فوق خشک

حفصه شجاع هرمز زائی^۱، ابراهیم شیرمحمدی^{۲*}، علی شهریاری^۳، وحید راهداری^۴، ابوالفضل بامری^۵

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی خاک، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: shoja1234hr@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: shirmohammadi@uoz.ac.ir
۳. دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: shahriari.ali.uoz@gmail.com
۴. استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: vrahdari@uoz.ac.ir
۵. مربی گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: a_bameri@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۵ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۱۰/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۲	سابقه و هدف: پوشش‌های گیاهی از ویژگی‌های خاک تأثیر می‌پذیرد و متقابلاً بر همان ویژگی‌های خاک نیز تأثیر دارد؛ با این وجود بررسی این اثرات در تالاب‌ها به‌ویژه در مناطق خشک و تحت تأثیر فرایندهای بادی کم‌تر مورد توجه پژوهش‌گران قرار گرفته است. این پژوهش با هدف بررسی و تعیین برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تحت پوشش گونه‌های گیاهی غالب در تالاب بین‌المللی هامون شامل: گز (<i>Tamarix stricta</i>)، اشک (<i>Cyperus rotundus</i>)، بونی (<i>Aeluropus lagopoides</i>)، شور (<i>Halocnemum strobilaceum</i>)، نی (<i>Phragmites communis</i>) و مقایسه آن‌ها با خاک شاهد انجام شد.
واژه‌های کلیدی: تالاب بین‌المللی هامون، تخریب خاک، تغییر بافت خاک، سدیمی شدن، شور شدن	مواد و روش‌ها: بدین منظور از خاک هر یک از پوشش‌گونه‌های گیاهی مذکور و خاک بدون پوشش گیاهی (شاهد) تعداد ۲۵ نمونه، در مجموع ۱۵۰ نمونه خاک، از عمق ۰-۲۰ سانتی‌متری با روش نمونه‌برداری تصادفی نظارت شده، تهیه گردید. سپس ویژگی‌های خاک شامل: بافت، جرم مخصوص ظاهری، درصد رطوبت اشباع، پ‌هاش (pH)، قابلیت هدایت الکتریکی (EC)، کلسیم، منیزیم و سدیم محلول و نسبت جذب سطحی سدیم (SAR) به روش‌های استاندارد اندازه‌گیری و تعیین گردید. تجزیه واریانس داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین داده‌ها نیز با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) با استفاده از نرم‌افزار Statistix 10 انجام شد.
	یافته‌ها: نتایج نشان داد که خاک‌های تحت پوشش گونه‌های <i>P. communis</i> بیش‌ترین درصد رس (۳۶/۱۶٪)؛ <i>H. strobilaceum</i> بیش‌ترین درصد سیلت (۵۵/۸۴٪)؛ <i>T. stricta</i> بیش‌ترین

درصد شن خاک (۲۶/۸۴٪) را داشتند. علی‌رغم تفاوت درصد اندازه ذرات خاک پوشش‌های مختلف گیاهی و شاهد، کلاس بافت خاک شاهد (لوم رسی)، *T. stricta* و *A. lagopoides* (لوم سیلتی)، *C. rotundus*، *H. strobilaceum* و *P. communis* (لوم رس سیلتی) تعیین شد؛ که نشان‌دهنده سوق یافتن بافت خاک‌های تحت پوشش گیاهی به سمت بافت‌های سبک‌تر است. علاوه بر این خاک تحت پوشش *C. rotundus* بیش‌ترین درصد رطوبت اشباع (۴۹/۳۸٪) و کم‌ترین جرم مخصوص ظاهری ($1/49 \text{ g cm}^{-3}$)؛ خاک فاقد پوشش گیاهی نیز بیش‌ترین مقادیر EC ($23/07 \text{ dS m}^{-1}$)، pH (۸/۶۹) و SAR (۵۱/۱۷) را دارا بود.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی می‌توان گفت که حضور پوشش‌های گیاهی مورد مطالعه نقش مثبت و کلیدی در بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک دارد. تغییرات اندازه ذرات خاک بسیار تحت تأثیر فرسایش بادی حاکم در منطقه بود و به صورت غیر معمول اما منطقی رخ داده است. هم‌چنین به علت شرایط اقلیمی (خشکی و باد شدید) و ژئومورفولوژیکی (اراضی پست مسطح) حاکم بر تالاب هامون، با از بین رفتن پوشش گیاهی فرایند شور و سدیمی شدن با سرعت و در سطح وسیع‌تری از خاک تالاب هامون اتفاق خواهد افتاد که در نهایت تخریب خاک آن اجتناب‌ناپذیر خواهد شد. از این‌رو حفظ پوشش گیاهی در بستر تالاب‌های مناطق خشک برای پیشگیری از تخریب اراضی و متعاقباً پیامدهای زیست محیط آن‌ها بسیار ضروری و مهم است.

استناد: شجاع هرمزائی، حفصه، شیرمحمدی، ابراهیم، شهریاری، علی، راهداری، وحید، بامری، ابوالفضل (۱۴۰۴). تأثیر گونه‌های گیاهی بر برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک‌های تالابی تحت تأثیر فعالیت‌های بادی در یک منطقه فوق‌خشک. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، ۱۵ (۲)، ۹۹-۱۱۹.

DOI: 10.22069/ejsms.2025.22167.2137



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

خاک به عنوان یک بستر برای رشد گیاهان می‌تواند چهار نیاز اساسی یعنی استقرار ریشه‌ها و تعادل گیاه، ذخیره عناصر غذایی و ذخیره آب و هوا را تأمین کند. علاوه بر این خاک‌ها یکی از عوامل مهم در توسعه پایدار و تولید می‌باشد. شناخت صحیح ویژگی‌های خاک نقش بسیار مهمی در تعیین درجه فرسایش‌پذیری خاک‌ها، تخریب خاکدانه‌های خاک، مدیریت طرح‌های مختلف مختلف و حفاظت از خاک در مناطق خشک و نیمه خشک دارد (۱). در مکان‌های مختلف ویژگی‌های خاک تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله اقلیم، رطوبت، بافت خاک، توپوگرافی و کاربری اراضی قرار می‌گیرد (۲). انواع گونه‌های گیاهی نیز می‌تواند بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک تأثیر بگذارد (۳). کشت برخی از گونه‌های گیاهی در درازمدت باعث بهبود ساختمان خاک، افزایش عناصر غذایی و حاصلخیزی خاک می‌شود. علاوه بر این گزارش شده است که در برخی اکوسیستم‌ها تغییرات پوشش‌های گیاهی به طور قابل توجهی کربن آلی خاک، شرایط فیزیکی خاک و تغذیه‌ای گیاهان را بهبود می‌بخشد. همچنین منجر به افزایش زیست‌توده میکروبی، تنوع فیلوژنتیکی و قابلیت کاتابولیکی جوامع باکتریایی خاک می‌شود. این موضوع می‌تواند در ترمیم اکوسیستم‌های تخریب شده بسیار مؤثر باشد (۴). البته تأثیر هر یک از گونه‌های گیاهی بر ویژگی‌های خاک غالباً متفاوت است و برخی از گونه‌های گیاهی ویژگی‌های خاک را بیش‌تر تحت تأثیر خود قرار می‌دهند (۳). در این راستا صادقی شاهرخت و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که از میان سه گونه گیاه مراتع استپی، گیاه گون بر میکرواقلیم و ویژگی‌های خاک بیش‌ترین تأثیر را داشت (۵). برخی از گونه‌های گیاهان مرتعی نیز توانایی بالایی در جذب فلزات سنگین و گیاه‌پالایی

خاک‌های آلوده به فلزات سنگین دارند (۶). نتایج پژوهش کوموله و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که خاک سایه‌انداز درخت کهور مخملی به‌طور معنی‌داری مواد آلی، نیتروژن کل، فسفر قابل دسترس، ظرفیت تبادل کاتیونی، پتاسیم، کلسیم و منیزیم تبادلی بیش‌تری داشت (۷). هان و همکاران (۲۰۲۱) پس از مطالعه تأثیر پوشش‌های مختلف گیاهی بر ویژگی‌های خاک؛ گونه‌های درختی سیاه کاج و نوئل سیاه را به‌عنوان بهبوددهندگان ویژگی حاصلخیزی خاک در اکوسیستم جنگل‌های کوهستانی مناطق نیمه‌خشک پیشنهاد دادند (۸). لی و همکاران (۲۰۲۱) نیز بیان کردند که پوشش گیاهی نخود درختی، با اضافه کردن بقایای آلی با کیفیت، به خاک باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود. ولی پوشش گیاهی سرو خمره‌ای در مقایسه با پوشش‌های علفی باعث کاهش حاصلخیزی خاک می‌گردد (۹). لازم به ذکر است که اغلب پوشش‌های گیاهی که مانع از تبخیر و تعرق شدید می‌شوند می‌توانند باعث کاهش قابلیت هدایت الکتریکی خاک شوند. برخی از گیاهان مانند علف شور علاوه بر اثرات کاهش‌دهندگی تبخیر و تعرق از سطح اراضی، توانایی تجمع مقادیر قابل توجه نمک را در اندام‌های خود دارند که می‌تواند در کاهش شوری خاک مؤثرتر باشند (۱۰).

به‌طور کلی می‌توان گفت که میان پوشش‌های گیاهی و ویژگی‌های خاک‌ها ارتباط پیچیده‌ای وجود دارد. پوشش‌های گیاهی از یک طرف از ویژگی‌های خاک تأثیر می‌پذیرند از طرف دیگر به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک تأثیر می‌گذارند (۹ و ۱۰). البته این تغییرات در ویژگی‌های خاک نهایتاً می‌تواند باعث تضعیف یا بهبود استقرار خود گیاهان و یا گیاهان دیگر شود. بنابراین با شناخت و آگاهی از تأثیر پوشش‌های گونه‌های مختلف گیاهی بر ویژگی‌های

خاک می‌توان در انتخاب گونه یا گونه‌های مؤثر و مفید در ترمیم و ازدیاد پوشش‌های گیاهی هر منطقه بهره جست. با این وجود اغلب مطالعات انجام شده در این خصوص بیش‌تر به بررسی تأثیر پوشش‌های گیاهی بر ویژگی‌های خاک در مناطق جنگلی و مرتعی متمرکز شده است ولی تأثیر پوشش‌های گیاهی بر ویژگی‌های خاک در تالاب‌ها کم‌تر مورد توجه پژوهش‌گران واقع شده است (۷، ۸ و ۹). این در حالی است که در دهه‌های اخیر به علت تغییر اقلیم جهانی، کاهش بارندگی و خشکسالی‌های مکرر، حفظ و ترمیم پوشش‌های گیاهی تالاب‌های مناطق خشک از جنبه‌های مختلف به‌خصوص جلوگیری از مخاطرات زیست‌محیطی بیش از پیش اهمیت یافته است (۱۱). به عنوان مثال پدیده گرد و غبار و مسائل و مشکلات وابسته به آن چندین سال است نقاط مختلف کشور به‌خصوص منطقه سیستان را درگیر خود کرده است (۱۲ و ۱۳). پژوهش‌گران معتقدند که بستر خشک تالاب بین‌المللی هامون عامل اصلی طوفان‌های گرد و غبار در این منطقه می‌باشد (۱۴).

بنابراین جهت مدیریت، حفظ و ترمیم پوشش‌های گیاهی تالاب بین‌المللی هامون، بررسی تأثیر گونه‌های گیاهی مذکور بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک ضروری به نظر می‌رسد؛ که پژوهش حاضر با این هدف طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه سیستان دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های بسیار گرم است و میانگین سالانه دما در این منطقه ۲۷ درجه سانتی‌گراد است (۱۵). بارندگی سالانه در این منطقه حدود ۵۰ میلی‌متر است. تبخیر سالانه این منطقه بین ۴۰۰۰-۵۰۰۰ میلی‌متر بوده و اقلیم منطقه طبق طبقه‌بندی دوارتن فوق خشک گزارش شده است (۱۶، ۱۷ و ۱۸). رژیم رطوبتی و

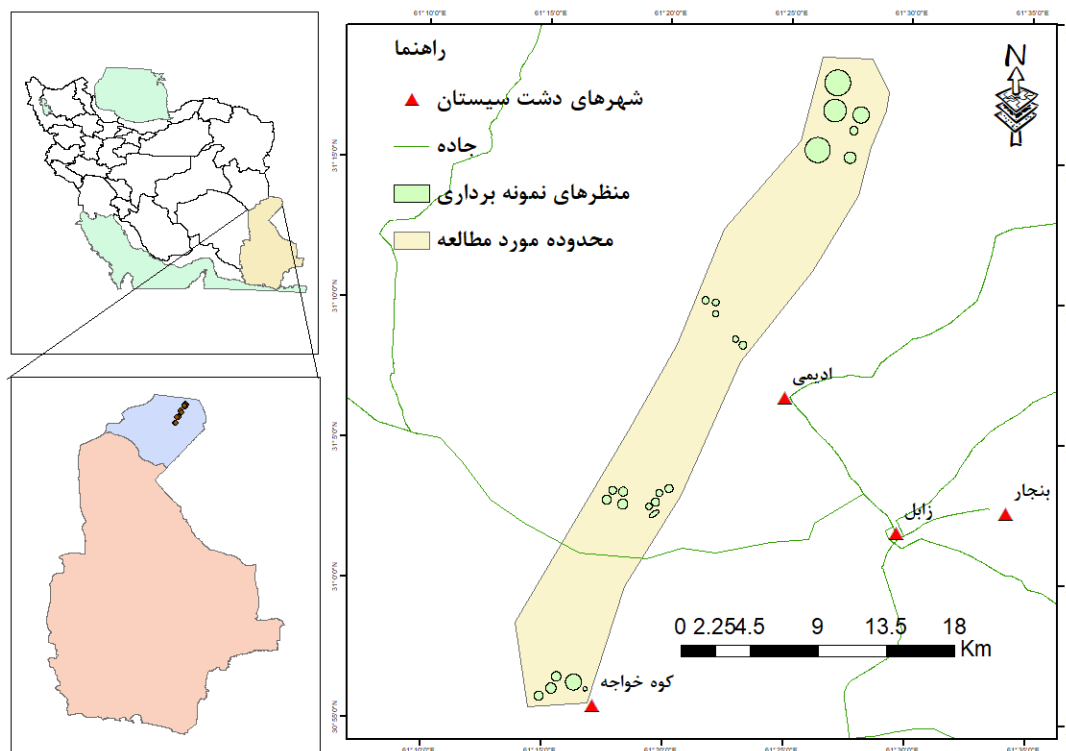
دمایی خاک‌های منطقه سیستان به ترتیب اریدیک و هایپر ترمیک می‌باشد (۱۹). هم‌چنین از خصوصیات بارز اقلیمی منطقه سیستان ورزش بادهای ۱۲۰ روزه است. منطقه مورد مطالعه تالاب بین‌المللی هامون بود که در دشت سیستان واقع شده است (شکل ۱) (۲۰). خشکسالی‌های دهه‌های اخیر باعث کاهش تنوع گونه‌های مختلف گیاهی منطقه سیستان شده است (۲۱). با این وجود اغلب گونه‌های موجود در آن مقاوم به تنش‌های خشکی و شوری هستند (۲۲). نی، بونی، گز، چمن شور، اشک از گونه‌های گیاهی غالب شناسایی شده در تالاب بین‌المللی هامون می‌باشد (۲۰، ۲۳ و ۲۴). لازم به ذکر است که تالاب بین‌المللی هامون از سه بخش اصلی پوزک، صابوری و هیرمند تشکیل شده است. هر چند در حال حاضر آب این تالاب خشک شده ولی در زمان پرآب بودن این سه قسمت به یکدیگر وصل می‌شوند. هامون پوزک یا سواران نام دریاچه‌ای در شمال و شمال شرقی منطقه سیستان واقع در مرز افغانستان و ایران با مساحت حدود ۱۶۰۰ کیلومتر مربع است. آب این بخش از دریاچه هامون از رودهای فصلی خاش رود و انشعابات شمالی رود هیرمند تأمین می‌شود که اغلب از کیفیت مناسبی برخوردار می‌باشد. پوزک در داخل خاک ایران به صورت چند برکه جدا از هم وجود دارد که در مواقع پرآبی به یکدیگر می‌پیوندند. هامون صابوری یا صابری نیز نام دریاچه‌ای در قسمت شمال و شمال غرب منطقه سیستان می‌باشد که در مرز افغانستان و ایران واقع شده است. این دریاچه به‌وسیله رودخانه‌های فراه، سیستان، نیاتک و ملکی تغذیه می‌شود و مساحت آن حدود ۱۰۰۰ کیلومتر مربع است. هم‌چنین هامون هیرمند یا هلمند نام دریاچه‌ای در قسمت غرب و جنوب غرب منطقه سیستان می‌باشد که این دریاچه خود از دو دریاچه کوچک‌تر (شمالی) و بزرگ‌تر (جنوبی) تشکیل شده

مورد مطالعه تهیه شدند. نمونه‌ها (در مجموع ۱۵۰ نمونه خاک) پس از هوا خشک شدن، کوبیده شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. سپس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شامل اندازه ذرات خاک (بافت خاک)، جرم مخصوص ظاهری، درصد رطوبت اشباع، قابلیت هدایت الکتریکی، پ‌هاس، و غلظت سدیم، کلسیم و منیزیم محلول خاک با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند (۲۹ و ۳۰). نسبت جذب سدیم (SAR) نیز از رابطه ۱ محاسبه شد. که Na^+ ، Ca^{2+} و Mg^{2+} به ترتیب غلظت یون‌های سدیم، کلسیم و منیزیم بر اساس میلی‌اکی‌والان بر لیتر می‌باشد (۳۱).

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{(Ca^{2+} + Mg^{2+})}{2}}} \quad (1)$$

است که از شاخه افضل‌آباد رودخانه سیستان، شور، رودبندان، سرریز هامون صابوری و رود هیرمند تغذیه می‌گردد. مساحت این دو دریاچه در کل بیش از ۱۵۰۰ کیلومترمربع است که این مقدار در فصل‌های پربارش به ۳۰۰۰ کیلومترمربع نیز می‌رسد (۲۵، ۲۶، ۲۷ و ۲۸).

نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌ها: بر اساس بررسی منابع و مشاهدات میدانی پنج گونه گیاه غالب تالاب بین‌المللی هامون انتخاب شد. با روش نمونه‌برداری تصادفی نظارت شده ۲۵ نمونه خاک از عمق ۰-۲۰ سانتی‌متری (سطحی) سایه‌انداز هر یک از پوشش گونه‌های گیاهی گز (*Tamarix stricta*)، اشک (*Cyperus rotundus*)، بونی (*Aeluropus*)، شور (*Halocnenum strobilaceum*)، نی (*Phragmites communis*) و هم‌چنین ۲۵ نمونه از خاک بدون پوشش گیاهی به عنوان شاهد از منطقه



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و منظرهای نمونه‌برداری‌شده.

Figure 1. The location of the study area and the sampled landscapes.

آنالیز آماری داده‌ها: این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار شامل پنج گونه گیاهی گز، اشک، بونی، شور، نی و شاهد (خاک فاقد پوشش گیاهی) و نیز ۲۵ تکرار (از هر یک از ۲۵ منظر منتخب، تعداد شش نمونه خاک به صورتی که از هر تیمار یک نمونه خاک تهیه شد)، در مجموع با ۱۵۰ واحد آزمایشی (نمونه خاک) طراحی و اجرا گردید. تجزیه واریانس داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون LSD در سطح معنی‌داری (بر اساس نتایج تجزیه واریانس) به وسیله نرم‌افزار Statistix 10 انجام شد.

نتایج و بحث

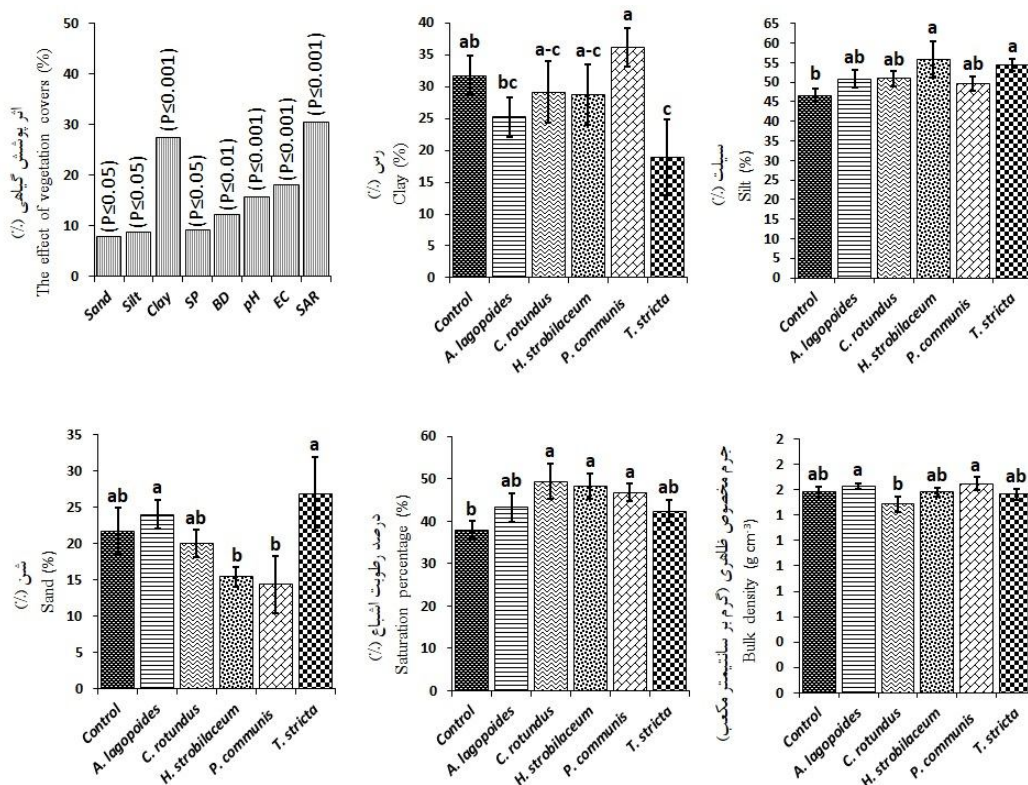
تأثیر پوشش گیاهی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک: نتایج نشان می‌دهد که تغییرات شن ۸٪، سیلت ۹٪، رس ۲۷٪، درصد رطوبت اشباع ۹٪، جرم مخصوص ظاهری ۱۲٪، قابلیت هدایت الکتریکی ۱۸٪، پهاش خاک ۱۶٪ و نسبت جذب سدیم ۳۰٪، متأثر از پوشش گیاهی می‌باشد. به طور کلی بیش‌ترین و کم‌ترین تأثیر پوشش گیاهی به ترتیب بر تغییرات نسبت جذب سدیم و درصد شن خاک بود. لازم به ذکر است که تأثیر پوشش گیاهی بر تغییرات تمام ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده معنی‌دار گردید (شکل ۲). تغییرات در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حتی زیستی خاک‌ها تحت تأثیر پوشش‌های مختلف گیاهی، موضوعی است که به وسیله پژوهش‌های متعدد تأیید شده است (۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۶ و ۳۷). البته تأثیر پوشش‌های گیاهی بر هر یک از صفات خاکی با تغییر جنس و گونه‌های گیاهی و همچنین شرایط محیطی متفاوت خواهد بود. به عنوان مثال نتایج پژوهش اکبری شهریاری و همکاران (۱۴۰۲) در منطقه جزینک دشت سیستان نشان می‌دهد که تغییرات شن ۸۱٪، سیلت

۷۱٪، رس ۶۸٪ و قابلیت هدایت الکتریکی ۳۷٪، متأثر از پوشش گیاهی می‌باشد. همچنین بر اساس نتایج ایشان درصد شن خاک و قابلیت هدایت الکتریکی از ویژگی مهم خاک هستند که به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین تأثیر را از وجود پوشش گیاهی می‌پذیرند (۳). تجزیه واریانس داده‌ها نیز نشان داد که اثر پوشش گونه‌های گیاهی بر درصد رس، پهاش خاک، قابلیت هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم در سطح احتمال یک هزارم ($P \leq 0.001$)؛ جرم ($P \leq 0.01$) مخصوص ظاهری در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) و همچنین درصد شن، سیلت و رطوبت اشباع خاک در سطح احتمال ۵ درصد ($P \leq 0.05$) معنی‌دار شد (جدول ۱).

اثر پوشش گونه‌های گیاهی بر بافت خاک: خاک پوشش گونه گیاهی *P. communis* با ۳۶/۱۶٪ بیش‌ترین درصد رس را دارا بود که با پوشش گونه‌های گیاهی *H. strobilaceum*، *C. rotundus* و شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت. خاک تحت پوشش گونه گیاهی *T. stricta* نیز با ۱۸/۴۸٪ کم‌ترین مقدار این صفت را داشت. علاوه بر این خاک تحت پوشش گونه گیاهی *T. stricta* تنها خاکی بود که نسبت به شاهد (۴۰/۶۱٪) به طور معنی‌داری درصد رس کم‌تری داشت (شکل ۲). خاک پوشش گونه گیاهی *H. strobilaceum* با ۵۵/۸۴ درصد بیش‌ترین درصد سیلت را داشت که با هیچ‌یک از چهار پوشش گونه گیاهی دیگر اختلاف معنی‌داری نداشت. هر چند خاک پوشش گونه‌های گیاهی *P. communis*، *A. lagopoides*، *C. rotundus* و شاهد از نظر این صفت اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند؛ ولی پوشش گونه‌های گیاهی *H. strobilaceum* و *T. stricta* نسبت به شاهد به ترتیب ۱۹/۷۳ و ۱۶/۴۷ درصد سیلت بیش‌تری داشت (شکل ۲). خاک پوشش گونه‌های گیاهی *T. stricta* با ۲۶/۸۴٪ و

بافت خاک به سمت بافت‌های سبک‌تر می‌شود. اغلب خاک‌های دارای پوشش گونه‌های گیاهی (به استثنای *P. communis*) درصد رس کم‌تری نسبت به خاک شاهد داشتند. البته این موضوع در مورد پوشش گونه‌های *A. lagopoides* و *T. stricta* که به طور معنی‌داری درصد رس کم‌تری نسبت به خاک شاهد دارند؛ بیش‌تر مشهود است. هم‌چنین افزایش درصد سیلت در خاک تمامی پوشش گونه‌های گیاهی به‌خصوص *H. strobilaceum* و *T. stricta* نسبت به خاک شاهد کاملاً مشهود است. باید توجه داشت که فرایندهای فرسایش بادی در بستر خشک تالاب هامون از اواخر دهه هشتاد شمسی (سال ۱۹۹۹ میلادی) فعال‌تر شده است (۱۲، ۱۳ و ۳۸).

P. communis با ۱۴/۳۶٪ به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین درصد شن را داشتند. با این وجود خاک هیچ‌یک از پوشش‌های گیاهی با شاهد از نظر این صفت اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۲). علی‌رغم تفاوت درصدهای ذرات شن، سیلت و رس در خاک پوشش‌های مختلف گیاهی و شاهد، کلاس بافت خاک شاهد (لوم رسی)، *A. lagopoides* و *T. stricta* (لوم سیلty)، *C. rotundus* و *H. strobilaceum* (لوم رس سیلty) تعیین شد. با توجه به جایگاه تلاقی محورهای درصد ذرات شن، سیلت و رس روی مثلث بافت خاک یا به عبارت دیگر تعیین کلاس بافت خاک پوشش گونه‌های مختلف گیاهی می‌توان بیان نمود که وجود پوشش گونه‌های گیاهی نسبت به عدم وجود آن (شاهد) باعث سوق دادن



شکل ۲- اثر کلی پوشش گیاهی بر ویژگی‌های خاک و تأثیر هر یک از گونه گیاهی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک.

Figure 2. The overall impact of plant cover on soil properties and the influence of each plant species on soil physical properties.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر پوشش گیاهی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک.

Table 1. ANOVA of the impact of plant cover on soil physical and chemical properties.

ضریب تغییرات (%)	خطا	پوشش گیاهی	منابع تغییر	میانگین مربعات Mean square (MS)
Coefficient of variation (CV)	Error	Vegetation cover	Source of variation	
(%)	144	5	درجه آزادی Degree of freedom (df)	
25.43	0.10	0.24*	شن (%) Sand (%)	
24.61	0.02	0.05*	سیلت (%) Silt (%)	
16.72	0.06	0.60***	رس (%) Clay (%)	
7.75	0.02	0.05*	درصد رطوبت اشباع (%) Saturation percentage (%)	
8.89	0.02	0.08**	جرم مخصوص ظاهری Bulk density (g cm ⁻³)	
2.73	0.05	0.29***	پ‌هاش خاک pH	
16.05	0.10	0.63***	قابلیت هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dS m ⁻¹)	
26.05	0.18	2.23***	نسبت جذب سدیم Sodium adsorption ratio	

***، ** و * به ترتیب معنی‌دار در سطوح یک هزارم، یک درصد، پنج درصد

***, **, and * are significant at (P≤0.001), (P≤0.01) and (P≤0.05) respectively

پتانسیل حمل ذرات به وسیله باد، بخشی از آن‌ها رسوب می‌کنند (۴۴، ۴۵، ۴۶ و ۴۷). البته اثر هر یک از گونه‌های گیاهی با توجه به ویژگی‌هایی مانند شکل، تخلخل، ارتفاع و عرض پوشش گیاهی در میزان رسوب‌گذاری ذرات در سایه‌انداز خود متفاوت خواهد بود (۴۷ و ۴۸). بر این اساس هر پنج گونه گیاه مورد مطالعه (*T. stricta*, *A. lagopoides*, *P. communis* و *H. strobilaceum*, *C. rotundus*) اثرات مثبت در کاهش فرسایش، سرعت باد و افزایش رسوب‌گذاری ذرات حمل شده به وسیله آن را خواهد داشت. با این وجود گیاه *T. stricta* (گز) به‌علت

از طرفی دیگر ذرات سیلت به علت نداشتن وزن زیاد هم‌چنین چسبندگی ضعیف مستعدترین ذرات خاک برای فرسایش هستند (۳۹). به همین دلیل بخش قابل‌توجهی از ذرات گرد و غبار مربوط به ذرات سیلت می‌باشد (۴۰ و ۴۱). بر اساس مدل کوک و همکاران (۲۰۱۲) این ذرات با توجه به اندازه‌شان پس از برداشت از قسمت سطحی خاک مستعد فرسایش می‌توانند برای مدت زمان کوتاه یا حتی طولانی‌مدت در هوا معلق بمانند (۴۲ و ۴۳). با این وجود وقتی که ذرات معلق با پوشش‌های گیاهی برخورد می‌کنند؛ به‌علت تغییر شکل پروفیل سرعت باد و نیز کاهش

مقاومت بالای آن به شرایط سخت آب و هوایی مانند خشکی و شوری، رشد سریع (به‌خصوص از نظر ارتفاع)، شاخه‌های ریز و برگ‌های کوچک و نیز تراکم قابل توجه آن‌ها باعث شده تا این گیاه به‌صورت یک بادشکن مؤثر در کنترل باد و جریان رسوبات در مناطق خشک مانند سیستان عمل کند (۴۹ و ۵۰). ویژگی‌های مذکور *T. stricta* را قادر می‌سازد تا ذرات گرد و غبار موجود در پروفیل مرتفع‌تری از هوا را نسبت به چهار گونه گیاهی مورد مطالعه دیگر، به دام بیندازد و رسوب دهد. گیاه *A. lagopoides* (بونی) نیز از طریق ریزوم‌ها (ساقه‌های زیرزمینی) به سرعت گسترش می‌یابد و کلونی‌های این گیاه را تشکیل می‌دهد؛ هم‌چنین تولید موم اپیکوتیکول، غدد ترشح نمک، برگچه‌های کوچک مومی و ساختار ریشه قوی *A. lagopoides* به آن کمک می‌کند تا در شرایط سخت محیطی مانند خاک‌های شور و خشک به خوبی رشد کرده و از فرسایش خاک نیز جلوگیری کند (۵۱ و ۵۲). این گیاه به علت اندام هوایی کوتاه در پروفیل کوتاه‌تری از هوا سبب ترسیب ذرات حمل شده به وسیله باد می‌شود. ولی چون پوشش این گونه گیاهی به شدت متراکم بوده بنابراین در محدوده ارتفاعی کوتاه‌تر سرعت باد را به شدت کاهش داده و ذرات حمل شده بیش‌تری را ترسیب می‌نماید. به عبارتی دیگر در گیاه *T. stricta*، رسوب‌گذاری ذرات حمل شده به‌وسیله باد از محدوده ارتفاعی بیش‌تر و در گیاه *A. lagopoides* نیز راندمان بالای ترسیب ذرات حمل شده به وسیله باد، عامل برتری این گونه‌های گیاهی در مقایسه با گونه‌های گیاهی *C. rotundus* (اشک)، *H. strobilaceum* (شور) و *P. communis* (نی) است.

اثر پوشش گونه‌های گیاهی بر درصد رطوبت اشباع خاک: خاک *C. rotundus* با ۴۹/۳۸ درصد بیش‌ترین درصد رطوبت اشباع خاک را دارا بود که با پوشش گونه‌های گیاهی *P. communis*، *H. strobilaceum* و *A. lagopoides* تفاوت معنی‌داری نداشت. هم‌چنین کم‌ترین درصد رطوبت اشباع نیز در خاک شاهد با ۳۷/۹۰ درصد اندازه‌گیری شد که با پوشش گونه‌های گیاهی *T. stricta* و *A. lagopoides* تفاوت معنی‌داری نداشت. درصد رطوبت اشباع خاک در پوشش گونه‌های گیاهی *C. rotundus*، *H. strobilaceum* و *P. communis* نسب به شاهد به ترتیب ۳۰/۲۸، ۲۷/۰۴ و ۲۳/۵۳ درصد بیش‌تر بود (شکل ۲). با توجه به جدول همبستگی پیرسون درصد رطوبت اشباع خاک با درصد رس ($P \leq 0/01$) و سیلت ($P \leq 0/05$) همبستگی مثبت ولی با درصد شن همبستگی منفی و معنی‌دار ($P \leq 0/001$) داشت (جدول ۲). نتایج پژوهش عالی و همکاران (۲۰۰۹) نیز نشان می‌دهد که در تخمین درصد رطوبت اشباع خاک مؤثرترین عوامل به ترتیب درصد‌های شن، رس و سیلت خاک می‌باشد (۵۳) که با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد. علاوه بر این به نظر می‌رسد ترشح مواد جاذب رطوبت به خاک به‌وسیله ریشه گیاهان و میکروارگانیسم‌ها (مانند موسیژل، موسیلاژ و مواد پلیمری خارج سلولی که توان بالایی در جذب و نگهداری آب دارند) از دیگر عوامل مهم و مؤثر در افزایش میزان درصد رطوبت اشباع این خاک‌ها باشند (۵۴، ۵۵ و ۵۶). زیرا علی‌رغم سبک‌تر شدن بافت خاک در پوشش گونه‌های گیاهی *C. rotundus*، *H. strobilaceum* و *P. communis* نسبت به خاک شاهد (که فاقد موسیلاژ و موسیژل نیز هستند)، درصد رطوبت اشباع این خاک‌ها افزایش پیدا کرده است.

۱۰/۸۷ درصد جرم مخصوص ظاهری کم‌تری داشت (شکل ۱). این شاخص نشان دهنده نسبت جرم خاک خشک بر واحد حجم همان خاک است؛ که می‌تواند به‌عنوان شاخصی برای فشردگی خاک‌ها در نظر گرفته شود. هم‌چنین جرم مخصوص ظاهری خاک با فشردگی و دیگر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک همبستگی دارد (۶۰، ۶۱ و ۶۲). افزایش بیش از حد این شاخص نیز می‌تواند مشکلات جدی برای رشد ریشه و استقرار گیاهان در خاک ایجاد کند (۶۳). وانگ و همکاران (۲۰۱۳) بیان می‌کنند پوشش‌های مختلف گیاهی اثرات متفاوت بر جرم مخصوص ظاهری خاک‌ها دارند که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد (۶۴). با این وجود اثرات پوشش‌های مختلف گیاهی بر این شاخص در حدی نبوده که باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار نسبت به شاهد شود که این موضوع به‌وسیله اتحادی آباری و همکاران (۲۰۱۷) نیز تأیید شده است (۶۵). باید توجه داشت که تغییرات اندازه ذرات در اثر فرسایش بادی می‌تواند بر جرم مخصوص ظاهری اثر بگذارد. معمولاً با افزایش ذرات درشت خاک (به‌خصوص شن)، به‌علت کاهش میزان تخلخل، جرم مخصوص ظاهری نیز افزایش می‌یابد و با افزایش ذرات ریز خاک (به‌خصوص رس)، به‌علت افزایش میزان تخلخل، جرم مخصوص ظاهری کاهش می‌یابد. البته این موضوع همیشه صادق نیست و به شکل ذرات، زاویه قرارگیری ذرات در کنار یکدیگر و ساختمان خاک بستگی دارد (۶۶، ۶۷ و ۶۸). به نظر می‌رسد که معنی‌دار نبودن همبستگی میان جرم مخصوص ظاهری خاک با درصد ذرات شن، سیلت و رس خاک (جدول ۲)، متأثر از همین موضوع باشد.

البته باید توجه داشت که تحت‌تأثیر عوامل متنوع ژنتیکی و محیطی میزان این ترشحات در ریزوسفر گونه‌های مختلف گیاهی متفاوت خواهد بود (۵۴ و ۵۷). علاوه بر این فعالیت ریشه و تنوع میکروارگانیسم‌های موجود در ریزوسفر آن، که می‌توانند در تولید مواد جاذب رطوبت مؤثر باشند، در بافت‌های سبک‌تر خاک بیش‌تر می‌شود (۵۸ و ۵۹). به‌طورکلی به نظر می‌رسد که برآیند فاکتورهای بافت خاک و هم‌چنین مواد آلی کل به‌خصوص مواد جاذب رطوبت ترشح شده به وسیله ریشه و میکروارگانیسم‌های موجود در ریزوسفر *H. strobilaceum*, *C. rotundus* و *P. communis* باعث افزایش درصد رطوبت اشباع خاک در پوشش گونه‌های گیاهی مذکور شده است. به عبارت دیگر بافت و مواد آلی خاک نقش کلیدی را در میزان و تغییرات درصد رطوبت اشباع خاک داشته‌اند.

اثر پوشش گونه‌های گیاهی بر جرم مخصوص

ظاهری خاک: خاک پوشش گونه گیاهی *P. communis* با ۱/۶۵ بیش‌ترین جرم مخصوص ظاهری را دارا بود که با پوشش گونه‌های گیاهی *H. strobilaceum*, *T. stricta*, *A. lagopoides* و شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت. هم‌چنین کم‌ترین مقدار جرم مخصوص ظاهری مربوط به پوشش گونه گیاهی *C. rotundus* با ۱/۴۹ می‌باشد که با پوشش گونه‌های گیاهی *H. strobilaceum*, *T. stricta* و شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت. به طور کلی خاک هیچ‌یک از پوشش گونه‌های گیاهی با خاک شاهد از نظر این صفت تفاوت معنی‌داری نداشتند؛ ولی خاک پوشش گونه‌های گیاهی *C. rotundus* نسبت به *A. lagopoides* و *P. communis* به ترتیب ۹/۴۴ و

جدول ۲- همبستگی پیرسون میان ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک.

Table 2. Pearson correlation among soil physical and chemical characteristics.

قابلیت هدایت الکتریکی EC	ب‌هاش خاک pH	جرم مخصوص ظاهری BD	درصد رطوبت اشباع SP	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay
					-0.33***	سیلت Silt
					-0.61***	شن Sand
				-0.39***	0.20*	درصد رطوبت اشباع SP
			-0.06 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	جرم مخصوص ظاهری BD
		-0.18 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	-0.07 ^{ns}	0.06 ^{ns}	ب‌هاش خاک pH
	0.12 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	-0.05 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	0.02 ^{ns}	قابلیت هدایت الکتریکی EC
0.34***	-0.02 ^{ns}	0.01 ^{ns}	-0.14 ^{ns}	0.02 ^{ns}	-0.12 ^{ns}	نسبت جذب سدیم SAR

***, **, * و ^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطوح یک هزارم، یک درصد، پنج درصد و غیرمعنی‌دار

***, **, * and ns are significant at ($P \leq 0.001$), ($P \leq 0.01$), ($P \leq 0.05$) and non-significant ($P > 0.05$) respectively

مقادیر به دست آمده در مورد EC خاک تالاب هامون بسیار بیش‌تر از میانگین EC خاک‌های دشت سیستان بود (۷۰ و ۷۱) و نشان از شور بودن خاک در مناطق برداشت رسوبات گرد و غبار در تالاب‌های هامون داشت. امینی و همکاران (۱۳۹۹) بیان کردند که شوری خاک ارتباط نزدیکی با شرایط اقلیمی (مانند درجه حرارت و بارندگی) مناطق مختلف دارد (۷۲). هم‌چنین ایشان بیان نمودند که فقدان پوشش گیاهی منطقه باعث تبخیر و تعرق شدید از سطح خاک می‌گردد که باعث افزایش قابلیت هدایت الکتریکی خاک به‌خصوص خاک شاهد شده است. در پژوهش حاضر نیز با توجه به وقوع خشکسالی‌های چند دهه گذشته در منطقه سیستان و هم‌چنین پتانسیل بالای تبخیر و تعرق در منطقه سیستان به‌علت شرایط اقلیمی حاکم بر منطقه مانند متوسط دمای سالیانه بالا و وجود

اثر پوشش گونه‌های گیاهی بر قابلیت هدایت الکتریکی خاک: خاک شاهد و *A. lagopoides* با ۲۳/۰۷ و ۴/۵۴ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین قابلیت هدایت الکتریکی را داشتند. هیچ‌یک از خاک‌های تحت پوشش گونه‌های گیاهی *T. stricta*, *P. communis*, *H. strobilaceum* و *C. rotundus* با یکدیگر از نظر این صفت تفاوت معنی‌داری نداشتند؛ ولی خاک همه پوشش‌های گیاهی مذکور نسبت به خاک شاهد به‌طور معنی‌داری قابلیت هدایت الکتریکی کم‌تری داشتند. با این وجود تمامی خاک‌های مورد مطالعه جزء خاک‌های شور طبقه‌بندی می‌شوند (شکل ۳). علی‌صوفی و شهریاری (۱۳۹۹) میانگین مقدار شوری خاک در تالاب هامون ۲۱/۶۰ دسی‌زیمنس بر متر گزارش کردند (۶۹). هم‌چنین آن‌ها بیان نمودند که

بادهای محلی به خصوص بادهای ۱۲۰ روزه (۱۸ و ۷۳)، باعث شده تا املاح در سطح خاک تجمع یافته و در نهایت سبب شور شدن خاک این تالاب گردد. البته فقدان پوشش گیاهی در خاک شاهد باعث تشدید این فرایند شده و EC خاک را حتی تا حدود ۶ برابر بعضی از پوشش‌های گیاهی (مانند *A. lagopoides*) افزایش داده است که نشان از تخریب خاک در اثر فرایند شور شدن در این مناطق دارد و با نتایج پژوهش‌های علی‌صوفی و شهریاری (۱۳۹۹) و امینی و همکاران (۱۳۹۹) مطابقت دارد (۶۹ و ۷۲).

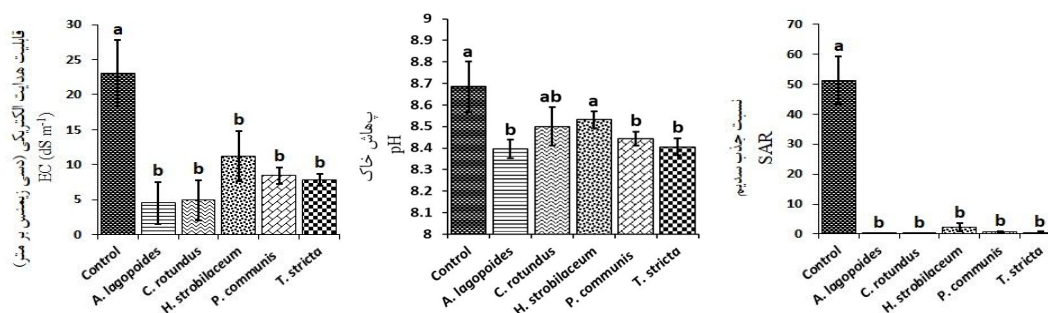
اثر پوشش گونه‌های گیاهی بر پ‌هاش خاک: خاک شاهد با ۸/۶۹ بیش‌ترین pH خاک را داشت که با پوشش گونه‌های گیاهی *H. strobilaceum* و *C. rotundus* تفاوت معنی‌داری نداشت. کم‌ترین pH خاک نیز در خاک *A. lagopoides* با مقدار ۸/۴۰ ثبت شد که با پوشش گونه‌های گیاهی *C. rotundus*، *P. communis*، *T. stricta* و *H. strobilaceum* تفاوت معنی‌داری نداشت. به‌طور کلی پوشش گونه‌های گیاهی *P. communis*، *T. stricta* و *A. lagopoides* در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ۲/۷۹، ۳/۲۲ و ۳/۳۴ درصد، pH خاک کم‌تری داشتند (شکل ۳). احمدی و همکاران (۱۳۸۶) بیان کردند که تیپ‌های رویشی از نظر خصوصیات خاک با هم متفاوت هستند و پ‌هاش خاک به‌طور معنی‌داری متأثر از تیپ رویشی ساری پتو است (۷۴). به‌طور کلی خاک‌های مناطق خشک به دلیل دارا بودن مقادیر زیادی کاتیون‌های بازی به‌خصوص سدیم، پتاسیم و کلسیم، معمولاً pH قلیایی بالایی دارند (۷۵). اکبرلو و همکاران (۱۳۹۱) نیز پ‌هاش خاک منطقه قره تپه ساوه را بالاتر از ۸ گزارش نمودند (۷۶) که با توجه به درصد سدیم بالای منطقه با نتایج این پژوهش همخوانی داشت. البته افزوده شدن بقایای آلی، ترشح ترکیبات اسیدی به‌وسیله گیاهان و

میکروارگانیسم‌های موجود در ریزوسفر آن‌ها، هم‌چنین افزایش فعالیت‌های تنفسی ریشه و میکروارگانیسم‌ها (که منجر به تولید اسید کربنیک می‌شود) و نیز ممانعت از تجمع املاح قلیایی (به‌خصوص سدیم) در خاک سایه‌انداز با کاهش تبخیر و تعرق از سطح خاک و نیز تا حدودی جذب این املاح به‌وسیله گیاهان در خاک‌هایی که دارای پوشش گیاهی هستند؛ معمولاً باعث می‌شود تا pH این خاک‌ها کم‌تر از خاک فاقد پوشش گیاهی باشد (۱۰، ۵۷، ۷۷ و ۷۸). با علم به تأثیر متفاوت پوشش گونه‌های گیاهی بر ویژگی‌های خاکی به‌خصوص pH خاک‌ها (۷۴ و ۷۹)، می‌توان گفت که از میان پوشش گونه‌های گیاهی مورد مطالعه در پژوهش حاضر تنها *A. lagopoides* و *T. stricta*، *P. communis* مؤثرترین گیاهان در کاهش pH خاک تالاب هامون بودند.

اثر پوشش گونه‌های گیاهی بر نسبت جذب سدیم: خاک شاهد و خاک تحت پوشش گونه گیاهی *C. rotundus* با ۵۱/۱۷ و ۰/۱۴ به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین نسبت جذب سدیم را دارا بودند. هیچ‌یک از خاک‌های تحت پوشش گونه‌های گیاهی *H. strobilaceum*، *P. communis*، *T. stricta* و *A. lagopoides* با یکدیگر از نظر این ویژگی تفاوت معنی‌داری نداشتند؛ ولی به ترتیب دارای ۹۵/۵۷، ۹۸/۶۸، ۹۸/۸۵، ۹۹/۶۹ و ۹۹/۷۳ درصد، SAR کم‌تر نسبت به خاک شاهد بودند (شکل ۳). این موضوع فعال شدن شدید فرآیند سدیمی شدن خاک‌ها را در منطقه مورد مطالعه با از بین رفتن پوشش گیاهی نشان می‌دهد. علی‌صوفی و شهریاری (۱۳۹۹) معتقدند که با توجه به مقادیر بالای هدایت الکتریکی، pH و سدیم در نقاط مختلف تالاب‌های هامون فرایند هالومورفیک در بستر تالاب‌ها در حال وقوع است و نیز مقادیر پایین عناصر غذایی و ماده

خاک‌های شور و سدیمی تبدیل کند (۸۰، ۸۱ و ۸۲). با توجه به وسعت زیاد خاک‌های فاقد پوشش گیاهی در تالاب بین‌المللی هامون (۶۹) و نیز تأثیر منفی فرایند شور و سدیمی شدن خاک‌ها بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی آن (۸۰، ۶۹ و ۸۳)؛ پدید آمدن مشکلات جدی زیست‌محیطی به‌خصوص طوفان‌های گرد و غبار در این منطقه قابل درک‌تر می‌باشد. زیرا بستر خشک تالاب هامون منبع اصلی گرد و غبار موجود در هوای این منطقه می‌باشد (۳ و ۸۴).

آلی در تالاب‌های هامون نشان‌دهنده تخریب شدید پوشش گیاهی و خاک‌های تالاب‌های هامون در اثر خشکسالی و فرسایش بادی است (۶۹). با توجه به جدول ۲، EC خاک با میزان SAR همبستگی مثبت و معنی‌دار ($P \leq 0.001$) دارد؛ که از این نتایج نیز می‌توان غالبیت یون سدیم را نسبت به سایر یون‌های محلول خاک را استنباط کرد. به عبارتی سهم کاتیون سدیم در شور شدن خاک شاهد بسیار زیاد است و این موضوع می‌تواند خاک‌های بدون پوشش گیاهی را به



شکل ۳- اثر هر یک از گونه گیاهی بر ویژگی‌های شیمیایی خاک.

Figure 3. The impact of each plant species on soil chemical properties.

شن) و تبدیل آن‌ها به اجزاء کوچک‌تر می‌باشد که معمولاً در این مناطق محقق نمی‌شود. با این وجود حضور پوشش‌های گیاهی از نظر بهبود ویژگی‌هایی مانند جرم مخصوص ظاهری، درصد رطوبت اشباع، pH، EC و نسبت جذب سدیم کاملاً مشهود است. به‌طور کلی می‌توان گفت که پوشش گیاهی در بستر تالاب هامون به‌طور مستقیم با خصوصیات خاک مرتبط بوده و حضور پوشش‌های گیاهی مورد مطالعه نقش مثبت و کلیدی در بهبود اغلب ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک دارد و با از بین رفتن پوشش گیاهی، فرایند شور و سدیمی شدن خاک به دلیل شرایط اقلیمی و ژئومورفولوژیکی تالاب هامون بسیار فعال شده و به مرور زمان موجب تخریب اراضی می‌گردد.

نتیجه‌گیری کلی

علی‌رغم تفاوت در درصد اندازه ذرات خاک در پوشش گونه‌های مختلف گیاهی و شاهد، کلاس بافت خاک شاهد (لوم رسی)، *C. rotundus*، *H. strobilaceum* و *P. communis* (لوم رس سیلتی) و نیز *A. lagopoides* و *T. stricta* (لوم سیلتی) تعیین شد؛ که نشان از سوق یافتن بافت خاک دارای پوشش گونه‌های گیاهی مورد مطالعه (به‌خصوص در پوشش گونه‌های *A. lagopoides* و *T. stricta*) به سمت بافت‌های سبک‌تر است. این موضوع از نظر نقش پوشش گیاهی در مناطق فوق خشک که تحت تأثیر فرسایش بادی هستند با سایر مناطق متفاوت می‌باشد، زیرا با حضور پوشش گیاهی انتظار افزایش درصد ذرات رس در اثر فعالیت‌های ریشه گیاهان و هوادیدگی اجزاء درشت‌تر (سیلت و

IR-UOZ-GR-0605 و IR-UOZ-GR-2742

سیاسگزاری می‌گردد.

سیاسگزاری

بدین‌وسیله از حمایت‌های مالی معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه زابل در انجام بخشی از این پژوهش با منبع گرنت پژوهشی به شماره‌های

منابع

- Melendez-Pastor, I., Navarro-Pedreño, J., Gómez, I., & Koch, M. (2008). Identifying optimal spectral bands to assess soil properties with VNIR radiometry in semi-arid soils. *Geoderma*, 147 (4), 126-132. doi: 10.1016/j.geoderma.2008.08.004.
- Sidari, M., Ronzello, G., Vecchio, G., & Muscolo, A. (2008). Influence of slope aspects on soil chemical and biochemical properties in a Pinus laricio forest ecosystem of Aspromonte (Southern Italy). *European Journal of Soil Biology*, 44, 364-372. doi.org/10.1016/j.ejsobi.2008.05.001.
- Akbari-Shahriari, F., Boroomand, N., Shahriari, A., Shirmohammadi, E., & Fazeli-Nasab, B. (2023). The effect of land use changes on soil organic carbon and determination of the affecting soil factors in a bio-sequence (Case study: Jazink region of Sistan plain). *Journal of Water and Soil Conservation*, 30 (1), 131-150. doi: 10.22069/jwsc.2023.20864.3604. [In Persian]
- Zhu, H., He, X., Wang, K., Su, Y., & Wu., J. (2012). Interactions of vegetation succession, soil bio-chemical properties and microbial communities in a Karst ecosystem. *European Journal of Soil Biology*, 51, 1-7. doi:10.1016/j.ejsobi.2012.03.003.
- Sadeghi Shahrakht, T., Jankju, M., & Mesdaghi, M. (2013). Effects of shrub canopy on the microclimate and soil properties of steppe rangeland. *Jornal of Rangeland Science*, 3 (3), 213-222.
- Sahihi, T., Jafari, M., Javadi, S. A., & Tahmoures, M. (2020). Investigation of Phytoremediation Ability of Rangeland Species in Soils Contaminated with Copper and Manganese. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 51 (6), 1593-1604. doi:10.22059/ijswr.2020.293146.668417. [In Persian]
- Comole, A. A., Malan, P. V., & Tiawoun, M. A. P. (2021). Effects of Prosopis velutina invasion on soil characteristics along the riverine system of the Molopo river in north-west province, south Africa. *Hindawi International Journal of Ecology*, 6681577, 1-11. doi.org/10.1155/2021/6681577.
- Han, C., Liu, Y., Zhang, C., Li, Y., Zhou, T., Khan, S., Chen, N., & Zhao, C. (2021). Effects of three coniferous plantation species on plant-soil feedbacks and soil physical and chemical properties in semiarid mountain ecosystems. *Forest Ecosystems*, 8 (3), 1-13. doi:10.1186/s40663-021-00281-4.
- Li, Y., Han, C., Sun, S., & Zhao, C. (2021). Effects of tree species and soil enzyme activities on soil nutrients in dryland plantations. *Forests*, 12 (9), 1-23. doi.org/10.21203/rs.3.rs-681222/v1.
- Alam, H., Zamin, M., Adnan, M., Ahmad, N., Nawaz, T., Saud, S., Basir, A., Liu, K., Harrison, M. T., Hassan, S., Alharby, H. F., Alzahrani, Y. M., Alghamdi, S. A., Majrashi, A., Alharbi, B. M., Alabdallah, N. M., & Fahad, S. (2022). Evaluating the resistance mechanism of Atriplex leucoclada (Orache) to salt and water stress A potential crop for biosaline agriculture. *Frontiers in Plant Science (Sec. Crop and Product Physiology)*, 13, 1-12. doi.org/10.3389/fpls.2022.948736.
- Adib, A., Oulapour, M., & Chatroze, A. (2018). Effects of wind velocity and soil characteristics on dust storm generation

- in Hawr-al-Azim Wetland, Southwest Iran. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 16 (4), 333-374. doi: 10.22124/cjes.2018.3202.
12. Miri, A., Shirmohammadi, A., & Sorooshian, A. (2023). Impacts of dust storms on indoor and outdoor bioaerosol concentration in the Sistan region of Iran. *Journal of Building Engineering*, 76, 1-17. doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.107302.
13. Rashki, A., Middleton, N. J., & Goudie, A. S. (2021). Dust storms in Iran – Distribution, causes, frequencies and impacts. *Aeolian Research*, 48, 1-17. doi.org/10.1016/j.aeolia.2020.100655.
14. Akbari, M., Mirchi, A., Roozbahani, A., Gafurov, A., Kløve, B., & Torabi Haghighi, A. (2022). Desiccation of the transboundary Hamun lakes between Iran and Afghanistan in response to hydro-climatic droughts and anthropogenic activities. *Journal of Great Lakes Research*, 48 (4), 876-889. doi.org/10.1016/j.jglr.2022.05.004.
15. Rashki, A., Kaskaoutis, D. G., Rautenbach, C., Eriksson, P. G., Qiang, M., & Gupta P. (2012). Dust storms and their horizontal dust loading in the Sistan region, Iran. *Aeolian Research*, 5, 51-62. doi.org/10.1016/j.aeolia.2011.12.001.
16. Siasar, H., Salari, A., Mohamadrezapour, O., & Piri, H. (2022). Estimating Daily Reference Evapotranspiration in Sistan Plain Using Ultra-Innovative Algorithms. *Desert Ecosystem Engineering*, 10 (32), 85-96. doi: 10.22052/deej.2021.10.32.49. [In Persian]
17. Lalozaei, A., Dahmardeh Ghaleno, M., & Ebrahimi, M. (2015). Effect of the tree windbreakers of Tamarix and Eucalyptus on some physical and chemical properties of soil in Hamoon Plain. *Watershed Engineering and Management*, 7 (4), 536-542. doi.org/10.22092/ijwmse.2015.103140. [In Persian]
18. Shahmohammadi, Z. & Maleki, S. (2011). The Life of Hamun. Zabol University Publications. 250p. [In Persian]
19. Mirakzehi, K., Pahlavan-Rad, M., Shahriari, A., & Bameri, A. (2018). Digital soil mapping of deltaic soils: a case of study from Hirmand (Helmand) river delta. *Geoderma*, 313, 233-240. doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.10.048.
20. Jahantigh, M. (2015). Compare forage product of Aeluropus lagopides in Hamoun wetland in normal year and drought. *Wetland Ecobiology*, 6 (4), 73-83. [In Persian]
21. Pirozi, N., Kohandel, A., Jafari, M., Tavili, A., & Mortezaei Farizhendi, G. (2017). Distribution pattern of oak species (*Quercus brantii*) and its relationship with some soil factors (case study: in Khanmirza region, Chaharmahal va Bakhtiari). *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 5 (10), 101-117. [In Persian]
22. Bidarnamani, F. & Shabanipour, M. (2019). Evaluation of species diversity and spatial distribution characteristics of five dominant plant species in Hamoon wetlands. *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 7 (14), 67-86. [In Persian]
23. Iranmanesh, M., Najafi, S., & Yosefi, M. (2010). Studies on Ethnobotany of important medicinal plants in Sistan. *Journal of Medicinal Herbs*. "Journal of Medicinal Herbs" (Formerly known as *Journal of Herbal Drugs or J. Herb Drug*), 1 (2), 58-65. [In Persian]
24. Shafei, H., & Hosseini, S. M. (2011). A study of vegetation in Sistan region through satellite data. *Journal of Plant Ecophysiology*, 3 (9), 91-104. [In Persian]
25. Ebrahimzadeh, I. (2009). Analysis of the Recent Droughts and Lack of Water in Hamoon Lake on Sistan Economic Functions. *Iran-Water Resources Research*, 5 (2), 71-76. [In Persian]
26. Shahrabi, M. (2011). Hamoun lake. *Journal of development of geoscience education*, 65, 18-23. [In Persian]
27. Behrouzirad, B. (2008). Iranian Wetlands. Tehran: Geographical Organization of the Armed Forces Publications. 812 p. [In Persian]

28. Nouri, G., Arbabi, T., & Nouri, S. (2007). Hamoun Wetland: The Life of Sistan. Sepehr Publishing Center. 152 p. [In Persian]
29. Dane, J. H., & Topp, G. C. (Eds.) (2002) Methods of Soil Analysis, Part 4, Physical Methods. Soil Science Society of America Book Series, No. 5, Soil Science Society of America, Madison, 1692 p.
30. Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., & Loeppert, R. H. (1996). Methods of Soil Analysis Part 3- Chemical Methods. Soil Science Society of America Book Series 5.3. Madison, WI: Soil Science Society of America, American Society of Agronomy. 1387 p.
31. Hem, J. D. (1985) Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. 3rd Edition, US Geological Survey Water-Supply Paper 2254, University of Virginia, Charlottesville, 263 p.
32. Assefa, F., Elias, E., Soromessa, T., & Ayele, G. T. (2020). Effect of changes in land-use management practices on soil physicochemical properties in kabe watershed, Ethiopia. *Air, Soil and Water Research*, 13, 1-16. doi.org/10.1177/1178622120939587.
33. Andrade, E. M., Valbrun, W., Almeida, A. M. M., Rosa, G., & Silva, A. G. R. (2020). Land-use effect on soil carbon and nitrogen stock in a seasonally dry tropical forest. *Agronomy*, 10 (2), 1-14. doi.org/10.3390/agronomy10020158.
34. Panday, D., Ojha, R. B., Chalise, D., Das, S., & Twanabasu, B. (2019). Spatial variability of soil properties under different land use in the Dang district of Nepal. *Cogent Food and Agriculture*, 5, 1-19. doi.org/10.1080/23311932.2019.1600460.
35. Szoboszlai, M., Dohrmann, A. B., Poeplau, C., Don, A., & Tebbe, C. C. (2017). Impact of land-use change and soil organic carbon quality on microbial diversity in soils across Europe. *FEMS Microbiology Ecology*, 93 (12), 1-12. doi.org/10.1093/femsec/fix146.
36. Kopittke, P. M., Menzies, N. W., Wang, P., McKenna, B. A., & Lombi, E. (2019). Soil and the intensification of agriculture for global food security. *Environment International*, 132, 1-8. doi.org/10.1016/j.envint.2019.105078.
37. Willy, D. K., Muyanga, M., Mbuvi, J., & Jayne, T. (2019). The effect of land use change on soil fertility parameters in densely populated areas of Kenya. *Geoderma*, 343, 254-262. doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.02.033.
38. Behrooz, R. D., Mohammadpour, K., Broomandi, P., Kosmopoulos, P. G., Gholami, H., & Kaskaoutis, D. G. (2022). Long-term (2012–2020) PM10 concentrations and increasing trends in the Sistan Basin: The role of Levant wind and synoptic meteorology. *Atmospheric Pollution Research*, 13 (7), 101460. doi.org/10.1016/j.apr.2022.101460.
39. Neyshabouri, M. R., Ahmadi, A. Rouhipour, H., Asadi, H., & Irannajad, M. (2011). Soil texture fractions and fractal dimension of particle size distribution as predictors of interrill erodibility. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35 (1), 1-9. doi.org/10.3906/tar-0911-30.
40. Opp, C., Groll, M., Abbasi, H. R., & Ahmadi Foroushani, M. (2021). Causes and effects of sand and dust storms: What has past research taught us? A survey. *Journal of Risk and Financial Management*, 14, 1-25. doi.org/10.3390/jrfm14070326.
41. Attiya, A. A., & Jones, B. G. (2020). Assessment of mineralogical and chemical properties of airborne dust in Iraq. *SN Applied sciences*, 2, 1-21. doi.org/10.1007/s42452-020-03326-5.
42. Tegen, I., & Fung, I. (1994). Contribution to the Atmospheric Mineral Aerosol Load from Land Surface Modification. *Journal of Geophysical Research*, 100, 18707-18726. [doi:10.1029/95JD02051](https://doi.org/10.1029/95JD02051).
43. Kok, J. F., Parteli, E. J. R., Michaels, T. I., & Karam, D. B. (2012). The physics of wind-blown sand and

- dust. *Reports on Progress in Physics*, 75 (10), 1-120. doi: 10.1088/0034-4885/75/10/106901.
44. Mayaud, J. R., Wiggs, G. F., & Bailey, R. M. (2016). Dynamics of skimming flow in the wake of a vegetation patch. *Aeolian Research*, 22, 141-151. doi.org/10.1016/j.aeolia.2016.08.001.
45. Wolfe, S. A., & Nickling, W. G. (1993). The protective role of sparse vegetation in wind erosion. *Progress in Physical Geography. Earth and Environment*, 17 (1), 50-68. doi.org/10.1177/030913339301700104.
46. Hesp, P. A. (1981). The formation of shadow dunes. *Journal of Sedimentary Research*, 51 (1), 101-112. doi.org/10.1306/212F7C1B-2B24-11D7-8648000102C1865D.
47. Miri, A., Dragovich, D., & Dong, Z. (2017). Vegetation morphologic and aerodynamic characteristics reduce aeolian erosion. *Scientific Reports*, 7 (1), 1-9. doi.org/10.1038/s41598-017-13084-x.
48. Miri, A., Dragovich, D., & Dong, Z. (2018). The response of live plants to airflow—Implication for reducing erosion. *Aeolian Research*, 33, 93-105. doi.org/10.1016/j.aeolia.2018.06.002.
49. Torshizi, M. R., Miri, A., Shahriari, A., Dong, Z., & Davidson-Arnott, R. (2020). The effectiveness of a multi-row Tamarix windbreak in reducing aeolian erosion and sediment flux, Niatak area, Iran. *Journal of Environmental Management*, 265: 1-12. doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110486.
50. Rouhi-Moghaddam, E., Sargazy, E., & Gholamalizadeh, A. (2015). Ecological Properties of Tamarix Habitats in Sistan Plain, Iran. *ECOPERSIA*, 3 (4), 1201-1211. dor/20.1001.1.23222700.2015.3.4.7.7.
51. Mohsenzadeh, S., Malboobi, M. A., Razavi K., & Farrahi-Ashtiani, S. (2006). Physiological and molecular responses of *Aeluropus lagopoides* (Poaceae) to water deficit. *Environmental and Experimental Botany*, 56, 314-322. doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.03.008.
52. Dar, B. A., Assaeed, A. M., Al-Rowaily, S. L., Al-Doss, A. A., Habib, M. M., Malik, J. A., & Abd-ElGawad, A. M. (2024). Effect of Simulated Grazing on Morphological Plasticity and Resource Allocation of *Aeluropus lagopoides*. *Agronomy*, 14, 1-16. doi.org/10.3390/agronomy1401014.
53. Aali, K. A., Parsinejad, M., & Rahmani, B. (2009). Estimation of saturation percentage of soil using multiple regression, ANN, and ANFIS techniques. *Computer and Information Science*, 2 (3), 127-136. doi.org/10.5539/cis.v2n3p127.
54. Gentry, T. J., Fuhrmann, J. J., & Zuberer, D. A. (2021). Principles and Applications of Soil Microbiology (Third Edition). Elsevier, 742p.
55. Pereira, S. I. A., Abreu, D., Moreira, H., Vega, A., & Castro, P. M. L. (2020). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) improve the growth and nutrient use efficiency in maize (*Zea mays* L.) under water deficit conditions. *Heliyon*, 6 (10), 1-9. doi:10.1016/j.heliyon.2020.e05106.
56. Cui, S. W., Nie, S., & Roberts, K. T. (2011). Functional Properties of Dietary Fiber. *Comprehensive Biotechnology*, 517-525. doi:10.1016/b978-0-08-088504-9.00315-9.
57. Pinton, R., Varanini, Z., & Nannipieri, P. (2007). The Rhizosphere Biochemistry and Organic Substances at the Soil-Plant Interface. CRC Press Taylor & Francis Group. LLC. 438 p.
58. Chau, J. F., Bagtzoglou, A. C., & Willig, M. R. (2011). The effect of soil texture on richness and diversity of bacterial communities. *Environmental Forensics*, 12 (4), 333-341. doi:10.1080/15275922.2011.622348.
59. Kroener, E., Holz, M., Zare, M., Ahmed, M., & Carminati, A. (2018). Effects of mucilage on rhizosphere hydraulic functions depend on soil particle size. *Vadose Zone Journal*, 17 (1), 1-11. doi:10.2136/vzj2017.03.0056.

60. Han, Y. Z., Zhang, J. W., Mattson, K. G., Zhang, W. D., & Weber, T. A. (2016). Sample sizes to control error estimates in determining soil bulk density in California forest soils. *Soil Science Society of America Journal*, 80, 756-764. doi:10.2136/sssaj2015.12.0422.
61. Walter, K., Don, A., Tiemeyer, B., & Freibauer, A. (2016). Determining soil bulk density for carbon stock calculations: A systematic method comparison. *Soil Science Society of America Journal*, 80, 579-591. doi.org/10.2136/sssaj2015.11.0407.
62. Al-Shammary, A. A. G., Kouzani, A. Z., Kaynak, A., Khoo, S. Y., Norton, M., & Gates, W. (2018). Soil bulk density estimation methods: A Review. *Pedosphere*, 28 (4), 581-596. doi.org/10.1016/S1002-0160(18)60034-7.
63. Mukhopadhyay, S., Masto, R. E., Tripathi, R. C., & Srivastava, N. K. (2019). Application of Soil Quality Indicators for the Phytorestoration of Mine Spoil Dumps. *Phytomanagement of Polluted Sites, Elsevier*, 361-388. doi.org/10.1016/B978-0-12-813912-7.00014-4.
64. Wang, C., Zhao, C., Xu, Z., Wang, Y., & Peng, H. (2013). Effect of vegetation on soil water retention and storage in a semi-arid alpine forest catchment. *Journal of Arid Land*, 5, 207-219. doi.org/10.1007/s40333-013-0151-5.
65. Etehad Abari, M., Majnounian, B., Malekian, A., & Jourgholami, M. (2017). Effects of forest harvesting on runoff and sediment characteristics in the Hyrcanian forests, northern Iran. *European Journal of Forest Research*, 136, 375-386. doi.org/10.1007/s10342-017-1038-3.
66. Ahad, T., Kanth, T. A., & Nabi, S. (2015). Soil bulk density as related to texture, organic matter content and porosity in kandi soils of district kupwara (Kashmir Valley), India. *International Journal of Scientific Research*, 4 (1), 2277-8179.
67. Robinson, D. A., Thomas, A., Reinsch, S., Lebron, I., Feeney, C. J., Maskell, L. C., Wood, C. M., Seaton, F. M., Emmett, B. A., & Cosby, B. J. (2022). Analytical modelling of soil porosity and bulk density across the soil organic matter and land-use continuum. *Scientific Reports*, 12 (1), 1-13. doi.org/10.1038/s41598-022-11099-7.
68. García-Orenes, F., Guerrero, C., Mataix-Solera, J., Navarro-Pedreño, J., Gómez, I., & Mataix-Beneyto, J. (2005). Factors controlling the aggregate stability and bulk density in two different degraded soils amended with biosolids. *Soil and Tillage Research*, 82 (1), 65-76. doi.org/10.1016/j.still.2004.06.004.
69. Ali-Soufi, M., & Shahriari, A. (2020). Investigation of some chemical properties and amounts of some nutrient elements associated with dust in Sistan Plain. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 9 (23), 99-116. doi.org/10.22111/jneh.2019.29207.1504. [In Persian]
70. Gholamalizadeh Ahangar, A., Sarani, F., Hashemi, M., & Shabani, A. (2016). Comparison of Linear Regression Methods, Geostatistical and Artificial Neural Network Modeling of Organic Carbon in Dry Land of Sistan Plain. *Water and Soil*, 28 (6), 1250-1260. doi.org/10.22067/jsw.v0i0.32714. [In Persian]
71. Hashemi, M., Gholamalizadeh Ahangar, A., Bameri, A., Sarani, F., & Hejazizadeh, A. (2016). Survey and Zoning of Soil Physical and Chemical Properties Using Geostatistical Methods in GIS (Case Study: Miankangi Region in Sistan). *Water and Soil*, 30 (2), 443-458. doi.org/10.22067/jsw.v30i2.25950. [In Persian]
72. Amini, D., Tavakoli, M., & faramarzi, M. (2020). Investigation of the Relationship Between Soil Salinity Trend, Land Use and Climatic Factors Change (Case Study: Shadegan, Khuzestan). *Journal of Environmental Science and Technology*, 22 (9), 43-58. doi.org/10.22034/jest.2021.21834.3089. [In Persian]

73. Miri, A. (2020). Dust storms analysis in the Sistan region using DDI and DSI indices and wind speed, visibility and PM10 parameters. *Journal of Water and Soil Conservation*, 27 (1), 1-23. **doi.org/10.22069/jwsc.2020.16883.3225**. [In Persian]
74. Ahmadi, A., Zahedi Amiri, G., Mahmoodi, S., & Moghiseh, E. (2007). Soil-vegetation relationships in saliferous and gypsiferous soils in winter rangelands (Eshtehard). *Journal of the Iranian Natural Research*, 60 (3), 1049-1058. [In Persian]
75. Hag Husein, H., Lucke, B., Bäuml, R., & Sahwan, W. (2021). A contribution to soil fertility assessment for arid and semi-arid lands. *Soil Systems*, 5 (42), 1-13. **doi.org/10.3390/soilsystems5030042**.
76. Akbarlou, M., Yar, S., & Mohammad Esmaili, M. (2012). Study on the relationship between soil physico-chemical properties and plant communities parameters (Case Study: Ghareh Tappeh Area, Saveh). *Journal of Water and Soil Conservation*, 19 (2), 193-199. [In Persian]
77. McNear, Jr., D.H. (2013). The Rhizosphere-Roots, Soil and Everything In Between. *Nature Education Knowledge*, 4 (3), 1-16.
78. Molnár, Z., Solomon, W., Mutum, L., & Janda, T. (2023). Understanding the mechanisms of Fe deficiency in the rhizosphere to promote plant resilience. *Plants (Basel)*, 12 (10), 1-13. **doi.org/10.3390/plants12101945**.
79. Akhtaruzzaman, Md., Roy, S., Mahmud, M. S., & Shormin, T. (2020). Soil properties under different vegetation types in chittagong university campus, bangladesh. *Journal of Forest and Environmental Science*, 36 (2), 133-142. **doi.org/10.7747/JFES.2020.36.2.133**.
80. Sparks, D. L. (2024). The Chemistry of Saline and Sodic Soils. P 411-438, In *Environmental Soil Chemistry* (3rd Edition), Academic Press. **doi.org/10.1016/B978-0-443-14034-1.00010-1**.
81. Zhao, Y., Zhang, Z., Li, Z., Yang, B., Li, B., Tang, X., & Lai, Y. (2023). Comprehensive study on saline-alkali soil amelioration with sediment of irrigation area in northeast China. *Arabian Journal of Chemistry*, 16 (4), 104608. **doi.org/10.1016/j.arabjc.2023.104608**.
82. Li, F. Z., Huang, Z. B., Ma, Y., & Sun, Z. J. (2018). Improvement effects of different environmental materials on coastal saline-alkali soil in yellow river delta. *Materials Science Forum*, 913 (1), 879-886. **doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.913.879**.
83. Sharifi, P., Shorafa, M., & Mohammadi, M. H. (2019). Comparison of the effect of Cow manure, vermicompost and Azolla on safflower growth in a saline-sodic soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50 (12), 1417-1424. **doi.org/10.22069/ejsms.2020.16189.1868**. [In Persian]
84. Khashi, K., Azhdary Moghaddam, M., & Hashemi Monfared, A. (2022). Water Demand Investigation in Sabouri Hamoon Wetland to Reduce Dust Propagation in Zabol City Using Satellite Images. *Iranian journal of Ecohydrology*, 9 (4), 761-770. **doi.org/10.22059/ije.2023.351438.1699**. [In Persian]

