مجله علمی‌پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان

دورهٔ ۱۳، شمارهٔ ۴ (پیاپی ۴۵)، زمستان ۱۴۰۳، صفحه ۶۳ـ۷۶

مقاله پژوهشی

تأثیر پوسته‌های زیستی بر برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (مطالعهٔ موردی: تپه‌های مشرف بر تالاب آجی‌گل در استان گلستان)

راشین محمدی،[۱] محسن حسینعلی‌زاده،[۲*] علی محمدیان بهبهانی،[۳] نرگس کریمی‌نژاد،[۴] واحدبردی شیخ،[۵] جهانگیر محمدی[۶]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۱۹ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۲۰**

چکیده

گسترش روزافزون بیابان و فرایند بیابان‌زایی در ایران پدیده‌ای چالش‌برانگیز است که سبب شده ۷۵ درصد از بوم‌سازگان مناطق خشک و نیمه‌خشک با مشکل مواجه شوند. جمعیت‌های زیستی خاک این مناطق نقش مهمی در بهبود خواص خاک و بازسازی سرزمین‌های تخریب‌شده ایفا می‌کنند. یکی از جوامع زیستی بسیار مهم این بوم‌سازگان‌ها، پوسته‌های زیستی هستند. لذا این تحقیق با هدف بررسی تأثیر استقرار پوسته‌های زیستی خاک موجود روی تپه‌های مشرف به تالاب بین‌المللی آجی‌گل بر خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک انجام شد. در این پژوهش برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک در دو عمق (۰-۱ و ۱-۵ سانتی‌متر) شامل کربن آلی، هدایت الکتریکی، اسیدیته، SAR، ESP و مقدار سدیم، کلسیم، پتاسیم و منیزیم اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که پوسته‌های زیستی تنها درخصوص کربن آلی تفاوت معنی‌داری در دو عمق خاک مورد مطالعه ایجاد نموده است. افزایش مادهٔ آلی در خاک به‌دلیل وجود پوسته‌های زیستی در ترسیب کربن اتمسفر و تثبیت آن اتفاق می‌افتد. همچنین غلظت پتاسیم و منیزیم در محدودهٔ زیرسطح پوسته‌های زیستی بیشتر است و با افزایش عمق خاک، مقدار غلظت سدیم، کلسیم، SAR و ESP افزایش می‌یابد. لذا حفاظت از پوسته‌های زیستی و جلوگیری از تخریب آن‌ها، به‌منظور حفظ آب و خاک و همچنین هشدار در مورد تخریب فیزیکی آن‌ها و چرای بیش از حد به ساکنان و دامداران ضرورت دارد. این تحقیق می‌تواند به بهبود فهم ما از تأثیر پوسته‌های زیستی در منطقهٔ تالاب آجی‌گل در استان گلستان به‌عنوان یک کانون گردوغبار در روزهای گرم و خشک کمک نماید.

کلیدواژه‌ها: پوسته‌های زیستی، خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، کربن آلی، تالاب آجی‌گل، استان گلستان.

۱. دانشجوی دکترای مدیریت و کنترل بیابان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲. دانشیار گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، نویسنده مسئول، Mhalizadeh@gau.ac.ir

۳. دانشیار گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، Ali.mohammadian@gau.ac.ir

۴. استادیار بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، narges.karimi991@gmail.com

۵. استاد گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، Sheikh@gau.ac.ir

۶. دانشیار گروه جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، mohamadi.jahangir@gau.ac.ir

DOI: 10.22052/DEEJ.2025.255397.1074

مقدمه

توسعهٔ بوم‌سازگان بیابان در ایران معضلی بزرگ بوده و سطح وسیعی از اراضی کشور را محیط‌های خشک و نیمه‌خشک شکننده و آسیب‌پذیر به خطر بیابانی شدن احاطه کرده است. حدود ۷۵ درصد از بوم‌سازگان‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور، با آثار و پیامدهای بیابانی شدن روبه‌رو هستند (ایلدرمی[۷] و همکاران، ۲۰۱۸). آثاری چون خشک شدن دریاچه‌های داخلی، طوفان‌های ماسه، گردوغبار و تشدید فرسایش بادی، جلوهٔ بارزی از نرخ رو به رشد بیابانی شدن در سال‌های اخیر در کشور است (بوعلی و محمدیان، ۲۰۲۰).

ازآنجاکه بوم‌سازگان‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک از دامنهٔ انعطاف (تاب‌آوری) کمتری در برخورد با تغییرات محیط برخوردارند، آسیب‌پذیری بالاتری در برابر اغتشاشات محیطی داشته و پاسخ آن‌ها به این تغییرات با ظهور چشم‌اندازهای بیابانی به‌عنوان نمودی از تغییر حالات تعادلی، بروز می‌نماید (حسن‌زاده و همکاران، ۲۰۱۸). بنابراین، مقابله و کنترل این پدیده در مناطق خشک و نیمه‌خشک حائز اهمیت است. در حال حاضر، حدود ۸۵ درصد از خاک ایران را مناطق خشک و نیمه‌خشک تشکیل می‌دهد که این مناطق از دامنه‌های زاگرس و البرز شروع شده و انتهای آن به مرزهای شرقی کشور می‌رسد. در این فاصله زیستگاه‌های بسیار فراوانی برای جوامع زیستی خاک موجود است. سیانوباکتری‌ها، جلبک‌های سبز، گلسنگ‌ها و خزه‌ها به‌طور معمول نخستین ساکنان خاک‌های لخت و تخریب‌یافته محسوب می‌شوند (همتی دایو و همکاران، ۲۰۲۳). این گونه‌ها نسبت به گیاهان آوندی با سرعت بیشتری گسترش می‌یابند و می‌توانند سبب تشکیل پوسته‌های محافظتی در سطح خاک شوند (رودریگز،[۸] ۲۰۱۹؛ کریمی‌نژاد و همکاران، ۲۰۲۱). در بیابان‌ها، بارش‌های کم و متغیر، تغییرات زیاد دمای روزانه و بادهای فصلی شدید، بهره‌وری گیاهان را محدود کرده و باعث فرسایش خاک می‌شود و این عوامل می‌توانند به تخریب سرزمین منجر شوند که برای بوم‌سازگان مضر است. بااین‌حال فرسایش سطوح خاک را می‌توان با پوشش زیستی دوباره تثبیت کرد (بوکر[۹] و همکاران، ۲۰۱۶). پوسته‌های زیستی خاک به‌محض ایجاد، می‌توانند جذب آب و مواد مغذی را افزایش دهند و روی جوامع پوشش گیاهی بسیار تأثیرگذار باشند (فایست[۱۰] و همکاران، ۲۰۱۷). بنابراین جوامع زیستی متشکل از سیانوباکتری‌ها، گلسنگ‌ها و سایر میکروارگانیسم‌ها یک دیدگاه مهم تحقیقاتی در بازسازی سرزمین‌های تخریب‌شدهٔ مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب شده و تکامل پوسته‌ها نقش مهمی در بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک دارد.

پوسته‌های زیستی علاوه‌بر بهبود خصوصیات فیزیکی خاک، باعث تغییراتی در خصوصیات شیمیایی خاک نیز می‌شوند (قیطاسی و همکاران، ۲۰۱۸؛ مطبوع و همکاران، ۲۰۲۴). پوسته‌های زیستی به‌ویژه گلسنگ‌ها دارای خاصیت زیست‌انباشتگی هستند (هاوریلا[۱۱] و همکاران، ۲۰۲۰). به عبارت دیگر، به‌خاطر نوع ساختاری که دارند، از توانایی بالایی برای جذب عناصر از خاک، آب و همچنین هوا برخوردار بوده و به‌دلیل فرایندهای متابولیکی، مقدار عناصر جذب‌شده در آنان نسبت به محیط افزایش می‌یابد؛ درنتیجه براثر خشک و مرطوب شدن پی‌درپی، عناصر را به خاک برمی‌گردانند (الدریج[۱۲] و همکاران، ۲۰۲۰). با توجه به مطالب بیان‌شده، پوسته‌های زیستی بسیاری از خصوصیات خاک مانند شوری و سدیمی را تغییر می‌دهند و از این لحاظ دارای اهمیت هستند. نتایج تحقیقات مختلف نشان داده است که استفاده از پوسته‌های زیستی می‌تواند بهبود معنی‌داری در خصوصیات شوری و سدیمی خاک داشته باشد. این اثرات شامل کاهش سطح شوری و میزان سدیم در خاک، افزایش نرخ نفوذپذیری خاک و افزایش مقدار مادهٔ آلی در خاک هستند (علی‌نژاد و همکاران، ۲۰۲۲).

در طول دو دههٔ گذشته، توجه بسیاری از پژوهشگران به نقش پوسته‌های زیستی در بوم‌سازگان خشک و نیمه‌خشک

7. Ildoromi
8. Rodríguez
9. Bowker
10. Faist
11. Havrilla
12. Eldridge

جلب شده است. پوسته‌های زیستی اطراف تالاب آجی‌گل نقش بسیار مهم و کلیدی در حفاظت از این منطقهٔ حیاتی را بر عهده دارند. این پوشش‌ها به‌عنوان محافظان طبیعی تنوع زیستی تالاب عمل می‌کنند و از فرسایش خاک و تبخیر از سطح خاک جلوگیری می‌کنند (حسن‌زاده بشتیان و همکاران، ۲۰۱۸)؛ همچنین در تصفیهٔ آب و کنترل کیفیت آن نقش دارند. با توجه به نقش پوسته‌های زیستی سطح خاک و نبود اطلاعات کافی درزمینهٔ تأثیر این پوسته‌ها بر حفاظت از خاک اراضی بیابانی شمال استان گلستان، این پژوهش می‌تواند در راستای درک مکانیسم و عملکرد مؤثر این پوسته‌ها مفید باشد. همچنین این تحقیق می‌تواند به درک بهتر از بوم‌سازگان تالابی منجر شده و به مدیریت بهتر منابع آب و خاک در این مناطق کمک نماید. پوسته‌های زیستی مانند گلسنگ، خزه و پوسته‌های فیزیکی ازجمله پوشش‌دهنده‌های مهمی هستند که در استان گلستان و به‌طور کلی در مناطق خشک و نیمه‌خشک یافت می‌شوند. این جوامع دارای اهمیت زیادی در حفظ خاک، تثبیت کربن و نیتروژن، تنظیم رطوبت و درجه‌حرارت و حفظ و بهبود تنوع زیستی منطقه هستند؛ به‌نحوی‌که کاهش فرسایش خاک، افزایش نگهداشت آب و کاهش رواناب، و سلامت بوم‌سازگان را به دنبال دارد. بنابراین، بررسی تغییرات در پوشش سطح خاک این منطقه و تأثیرات آن بر خصوصیات خاک سطحی و زیرسطحی می‌تواند بهترین روش‌ها برای حفظ و بهبود این جوامع زیستی را شناسایی کرده و توسعهٔ پایدار و مقاومت در برابر تخریب اراضی را در پی داشته باشد. به‌علاوه، این تحقیق می‌تواند به مدیران استانی و جوامع محلی کمک کند تا محیط‌زیست و منابع طبیعی خود را بهتر مدیریت کرده و از عوامل مخرب مانند چرای بیش از حد و آتش زدن کاه و کلش اراضی زراعی و اراضی مرتعی مجاور آن‌ها جلوگیری نماید. لذا هدف از این تحقیق مطالعه اثر پوسته‌های زیستی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک در دامنه‌های مشرف به تالاب آجی‌گل در شمال استان گلستان است.

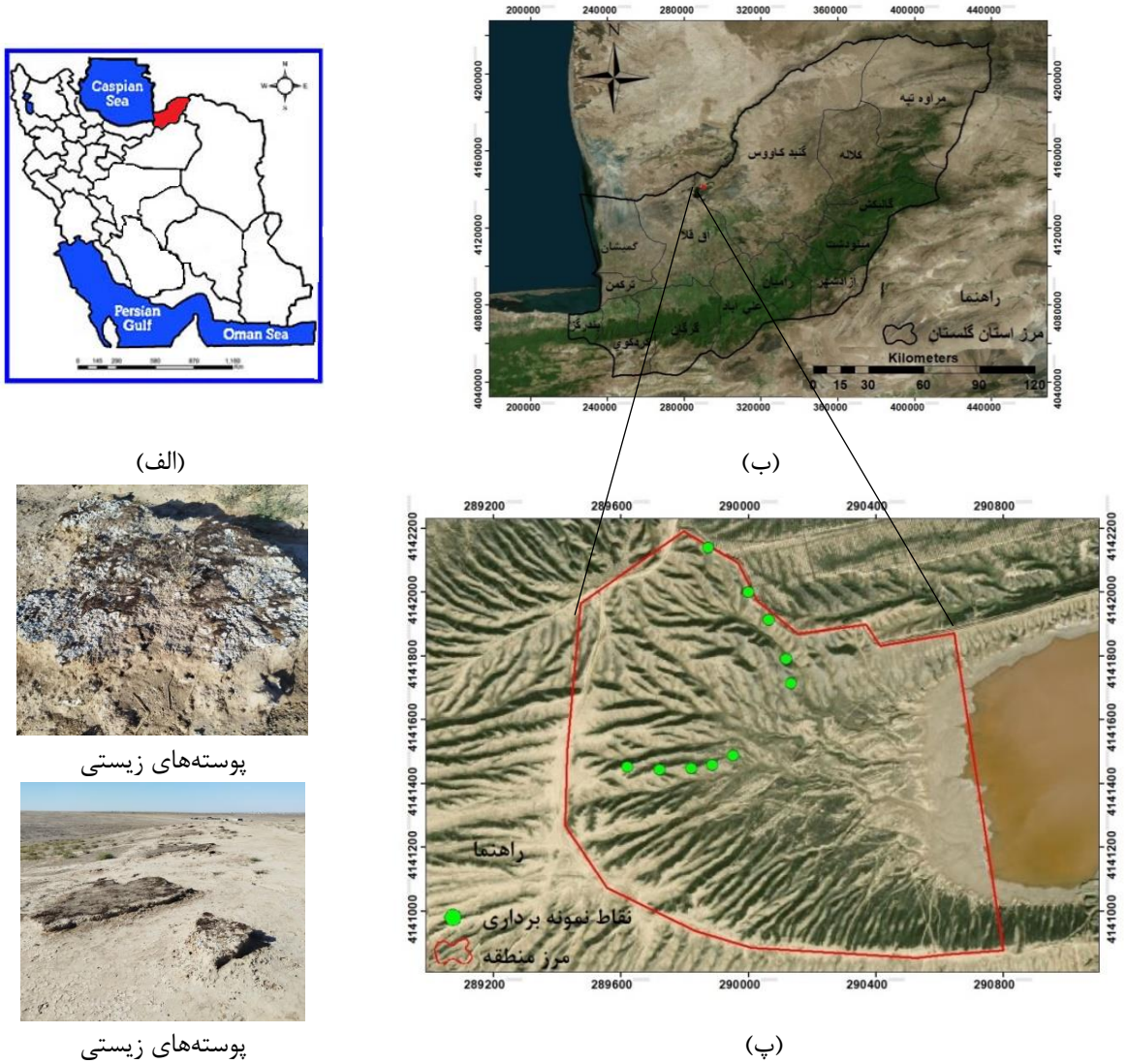
مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد بررسی

منطقهٔ مورد مطالعه، تالاب آجی‌گل در جنوب رودخانهٔ مرزی اترک و در شمال شهر آق‌قلا در استان گلستان قرار دارد. از نظر موقعیت جغرافیایی تالاب آجی‌گل با حدود ۳۲۰ هکتار مساحت در محدودهٔ ۳۷ درجه و ۲۴ دقیقهٔ عرض شمالی و ۵۴ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی قرار دارد. این منطقه دارای آب‌وهوای مدیترانه‌ای گرم با تابستان‌های خشک و گرم و زمستان‌های ملایم هست و بر پایهٔ تقسیمات اقلیمی دومارتن، این منطقه در ناحیهٔ خشک قرار می‌گیرد. بارندگی سالانهٔ منطقه، ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر، رطوبت بین ۲۶ تا ۱۰۰ درصد و متوسط دما حداقل ۵- و حداکثر ۴۲ درجهٔ سانتی‌گراد است. منطقهٔ مورد مطالعه از مجموعه‌ای از تپه‌های لسی تشکیل شده و وجه تمایز این مراتع از مناطق شوره‌زار اطراف وجود پوشش‌های زیستی همراه با گیاهان آوندی است. میانگین تبخیر از سطح آزاد آب منطقه حدود ۱۰۶۸ میلی‌متر است و ارتفاع از سطح آب‌های آزاد، ۴- متر است (سفیدیان و همکاران، ۲۰۲۲). وجود دوره‌های طولانی خشکی از ویژگی‌های بارز اقلیم این منطقه است. شکل (۱) منطقهٔ مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه

این تحقیق برای مطالعه و مقایسهٔ خصوصیات خاک در سطح و زیر سطح پوسته‌های زیستی، در منطقهٔ مورد مطالعه از ده موقعیت انتخاب شده که به نظر می‌رسد شرایط کلی منطقه را نمایان می‌کنند و ازنظر زمین‌شناسی و توپوگرافی یکسان‌اند، برای انجام نمونه‌برداری استفاده شده است. در هریک از این موقعیت‌ها و در قسمت‌های دارای پوستهٔ زیستی در دو عمق ۰-۱ و ۱-۵ سانتی‌متری نمونه‌برداری انجام شده است. درمجموع ۱۰ نمونه از پوسته‌های زیستی برای انجام آنالیزهای SEM و EDAX و ۱۰ جفت نمونه خاک در دو عمق ذکر شده در بالا برای انجام تعیین اندازهٔ ذرات (PSD) به آزمایشگاه تحویل داده شد.



شکل (۱): موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه در الف) ایران؛ ب) استان گلستان؛ پ) تالاب آجی‌گل

Figure (1): The location of the studied area in A- Iran, B- Golestan Province, C- Aji Gol wetland

۲-۲. عملیات آزمایشگاهی

در این تحقیق، خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک شامل کربن آلی، هدایت الکتریکی، اسیدیته، SAR، ESP و مقدار سدیم، کلسیم، پتاسیم و منیزیم اندازه‌گیری شدند. pH خاک با دستگاه pH متر، EC خاک با دستگاه EC سنج (وو[1] و همکاران، ۲۰۲۴)، کربن آلی خاک با روش والکی- بلک[2] (رابطهٔ ۱) تعیین شدند. برای ارزیابی SAR، مقدار سدیم با استفاده از دستگاه فلیم-فتومتر[3] مدل JENWAY اندازه‌گیری شد. همچنین، مقادیر کلسیم، پتاسیم و منیزیم در عصارهٔ اشباع توسط تیتراسیون با ورسین[4] تعیین شد و سپس نسبت جذب سدیم (SAR) با استفاده از رابطهٔ (۲) محاسبه شد. اندازه‌گیری ESP نیز براساس نسبت جذب سدیم صورت گرفت و با استفاده از رابطهٔ (۳)، مقدار آن محاسبه شد (وو و همکاران، ۲۰۲۴).

$$\%OC = \frac{(A + B) \times M \times 0.39}{s} \quad (۱)$$

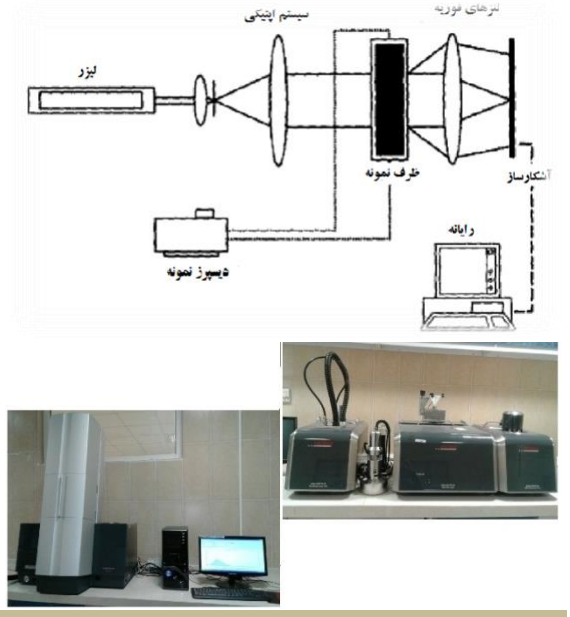
$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} \quad (۲)$$

$$ESP = \frac{0.0147 \times SAR}{1 + (0.0147 \times SAR)} \quad (۳)$$

1. Wu
2. Walkly- Black
3. Flame photometer
4. EDTA

تعیین و دانه‌بندی ذرات خاک به روش تجزیه‌وتحلیل پراش لیزر[1]

در این تحقیق برای تعیین دانه‌بندی ذرات خاک از روش تجزیه‌وتحلیل پراش لیزر استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل پراش لیزر، به‌عنوان طیف‌سنجی پراش لیزری نیز شناخته می‌شود. تجزیه‌وتحلیل پراش لیزر یک فناوری است که از الگوهای پراش پرتو لیزر برای اندازه‌گیری سریع ابعاد هندسی ذرات استفاده می‌کند (شریفی گرم‌دره و همکاران، ۲۰۱۸) (شکل ۲). تجزیه‌وتحلیل پراش لیزر براساس تئوری پراش Fraunhofer است. این تئوری بیان می‌کند که شدت نور پراکنده‌شده توسط یک ذره به‌طور مستقیم با اندازهٔ ذرات متناسب است (بیگانوفسکی[2] و همکاران، ۲۰۱۸). برای تعیین این مهم، نمونه‌ها بعد از آماده‌سازی به پارک علم و فناوری مشهد ارسال شدند.



شکل (۲): دستگاه اندازه‌گیری ذرات با روش پراکندگی استاتیک نور لیزر

Figure (2): Particle measuring device with laser light static scattering method

آنالیزهای آماری

به‌منظور بررسی تأثیر پوسته‌های زیستی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، پس از تعیین و محاسبهٔ تمامی متغیرهای ذکرشده، قبل از آنالیز داده‌ها ابتدا نرمال بودن داده‌ها به‌وسیلهٔ آزمون شاپیرو–ویلک بررسی شد. به‌منظور بررسی و مقایسهٔ خاک سطح زیرین پوسته‌های زیستی منطقه از آزمون t-test و ویلکاکسون استفاده شد که این آزمون‌ها در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ در محیط نرم‌افزار R (ایهاکا و جنتلمن،[3] ۱۹۹۴) اجرا شد (سهرابی‌زاده و همکاران، ۲۰۲۰).

نتایج و بحث

خصوصیات خاک: براساس نتایج به‌دست‌آمده از مقایسهٔ خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک در عمق ۱–۰ و ۱–۵ سانتی‌متری زیر سطح پوسته‌های زیستی موجود در منطقهٔ مورد مطالعه با آزمون t مستقل مشخص شد که بین پارامترهای هدایت الکتریکی، اسیدیته، سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، SAR و ESP در دو سطح اندازه‌گیری‌شده تفاوت معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد وجود ندارد و تنها مقدار کربن آلی خاک به‌صورت معنی‌داری در ۱ سانتی‌متری بالایی سطح خاک بیشتر از سطح ۱–۵ سانتی‌متری است (جدول ۱). این مهم در شکل (۲) به‌صورت گرافیکی نمایش داده شده است. نتایج این بخش از تحقیق با نتایج توکلی و همکاران (۲۰۱۴) درخصوص تفاوت میزان مادهٔ آلی در لایهٔ سطحی و زیرسطحی مطابقت دارد. این مهم نشان‌دهندهٔ آن است که پوسته‌های زیستی با تأثیری که بر لایهٔ زیرین خود می‌گذارند، موجب افزایش مادهٔ آلی در محیط خود شده و با افزایش عمق از مقدار مادهٔ آلی در خاک زیرین پوسته‌ها کاسته می‌شود. همچنین نتایج نشان داد مقدار پتاسیم و منیزیم نیز در محدودهٔ سطح پوسته‌های زیستی در منطقه مقدار بیشتری نسبت به خاک زیرین دارند. هرچند این مقدار اختلاف، معنی‌دار نیست، میانگین این متغیرها در نزدیک سطح و تحت‌تأثیر پوسته‌های زیستی بالاتر از خاک زیر سطحی قرار گرفت. مقدار اسیدیته در عمق ۰–۱ سانتی‌متری سطح خاک از مقدار آن در عمق ۱–۵ سانتی‌متری، مقدار کمتری داشت. با افزایش مادهٔ آلی، اسیدهای آلی و معدنی تولید می‌شوند که در خاکی که در آن تراکم ریشه زیاد است باعث کاهش اسیدیته می‌گردد (فیتزر[4] و همکاران، ۲۰۱۸). مقدار سدیم، کلسیم، SAR و ESP نشان داد که این متغیرها بین دو عمق مورد بررسی در محدودهٔ پوسته‌های زیستی تفاوت معنی‌داری ندارند، ولی غلظت این متغیرها با افزایش عمق زیاد شده و مقدار آن‌ها در سطح ۱–۵ سانتی‌متری از سطح ۰–۱ بیشتر است.

1. Laser diffraction analysis
2. Bieganowski
3. Ihaka and Gentleman
4. Fitzer

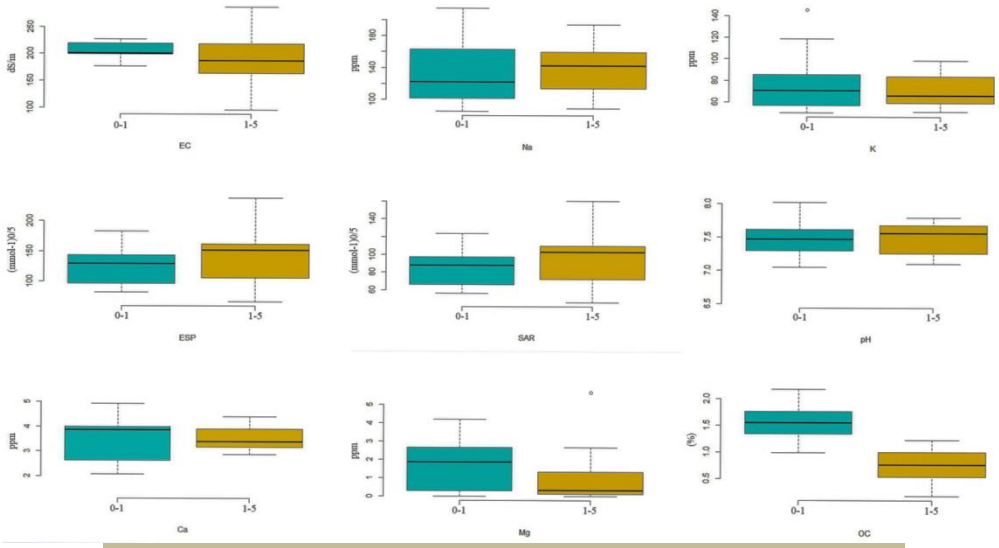
جدول (۱): نتایج آزمون t مستقل برای مقایسهٔ خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک عمق ۰–۱ و ۱–۵ سانتی‌متری

Table (1): Independent t-test results for comparing the physical and chemical properties of the soil at depth 0-1 and 1-5

متغیر	عمق ۰–۱ سانتی‌متر				عمق ۱–۵ سانتی‌متر				P-Value
	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف‌معیار	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف‌معیار	
هدایت الکتریکی (dS/m)	۱۲۷/۰۹	۲۲۷	۱۹۹/۸۷	۲۶/۴۵	۹۵/۸	۲۸۷	۱۹۴/۵۱	۵۰/۱	۰/۹۹
اسیدیته	۶/۵	۸/۰۲	۷/۴۱	۰/۳۸	۷/۱	۷/۷۹	۷/۴۸	۰/۲۳	۰/۹۹
Na(ppm)	۸۵/۵	۲۱۴/۵	۱۳۲/۷۳	۳۸/۹۱	۸۸/۸۷	۱۹۴/۲۸	۱۳۷/۶۳	۳۲/۳	۰/۹
K(ppm)	۵۰/۱۱	۱۴۵/۶۳	۷۸/۲۹	۲۸/۶۶	۵۰/۶۹	۹۸/۴	۷۱/۴۸	۱۴/۶۷	۰/۹۹
Ca(ppm)	۲/۰۷	۴/۹۳	۳/۴۲	۰/۹۲	۱/۲۷	۵/۴	۳/۵	۰/۹۸	۰/۹۹
Mg(ppm)	۰	۴/۲	۱/۷۵	۱/۴۵	۰	۵/۶۷	۱/۱۲	۱/۶۴	۰/۸۱
ESP (mmol-1)0/5	۸۲/۲۳	۱۸۳/۱۱	۱۲۳/۳۸	۳۰/۱۶	۶۷/۲۵	۲۳۷/۷۲	۱۴۲/۶۵	۴۸/۰۳	۰/۹۵
SAR(mmol-1)0/5	۵۶/۰۵	۱۲۳/۷۷	۸۳/۶۷	۲۰/۲۵	۴۵/۹۹	۱۶۰/۴۲	۹۶/۶۱	۳۲/۲۴	۰/۹۹
OC (%)	۰/۹۹	۲/۱۸	۱/۵۸	۰/۳۵	۰/۱۸	۱/۲۳	۰/۷۷	۰/۳۲	۰/۰۰۰۰*

* معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد

*Significance at the 95% level



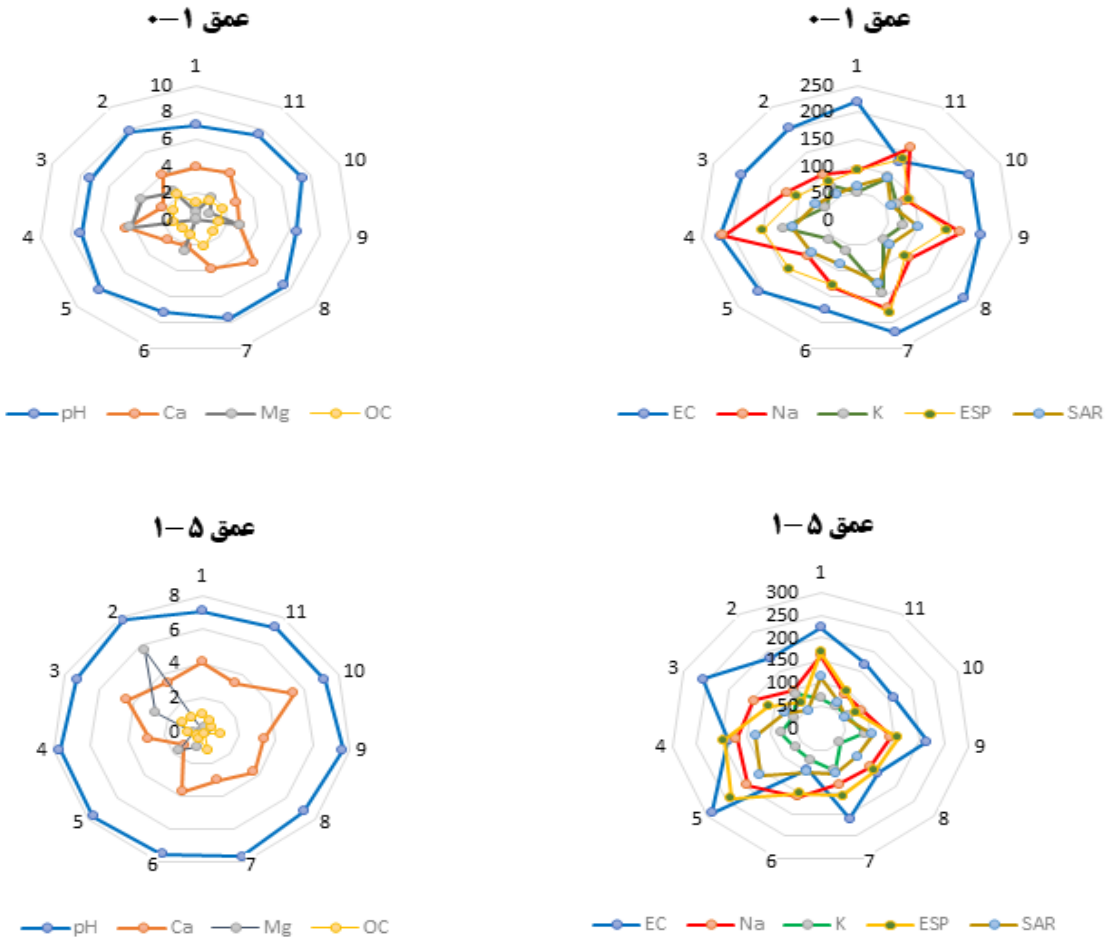
شکل (۳): مقایسهٔ میزان خصوصیات خاک در دو عمق ۰–۱ و ۱–۵ سانتی‌متر در منطقهٔ مطالعاتی

Figure (3): Comparison of soil characteristics at two depths of 0-1 and 1-5 cm in the study area

خصوصیات خاک در دو عمق مختلف (۰–۱ سانتی‌متری و ۱–۵ سانتی‌متری) نشان داد که در عمق ۰–۱ سانتی‌متری، مقادیر EC بین ۱۲۷/۹تا ۲۲۷ dS/m متغیر است که نشان می‌دهد میزان شوری خاک در این عمق متفاوت است. مقادیر سدیم (Na) از ۸۵/۴۹ تا ۲۱۴/۴۹۷ ppm و نسبت جذب سدیم (SAR) از ۵۶/۰۵ تا ۱۲۳/۷۷ $(mmol\text{-}1)^{0/5}$ متغیر است که نشان می‌دهد سطح سدیم در این عمق بالاست و می‌تواند به مشکلات شوری و سدیمی شدن خاک منجر شود. درصد سدیم تبادلی (ESP) نیز بین ۸۲/۲۳ تا ۱۸۳/۱۱ متغیر است که تأییدکنندهٔ سطح بالای سدیم در این عمق است. مقادیر pH بین ۶/۵ تا ۸/۰۲ متغیر است که نشان می‌دهد شرایط خاک از اندکی اسیدی تا قلیایی متغیر است. مقادیر Ca، Mg و OC نیز در بین نمونه‌ها متفاوت است. در عمق ۱–۵ سانتی‌متری، مقادیر EC بین ۹۵.۸ تا ۲۸۷ dS/m متغیر است که نشان می‌دهد میزان شوری خاک در این عمق بیشتر از عمق ۰–۱ سانتی‌متری است. مقادیر سدیم (Na) از ۸۸/۸۷ تا ۱۹۴/۲۸ppm و نسبت جذب

سدیم (SAR) از ۴۵/۹۹ تا ۱۶۰/۴۲ (mmol-1)0/5 متغیر است که نشان می‌دهد سطح سدیم در این عمق بسیار بالاست و می‌تواند به مشکلات شوری و سدیمی شدن خاک منجر شود. درصد سدیم تبادلی (ESP) نیز بین ۶۷/۲۴ تا ۲۳۷/۷۲ (٪-1)0/5 متغیر است که تأییدکنندهٔ سطح بسیار بالای سدیم در این عمق است. مقادیر pH بین ۷/۱ تا ۷/۷۹ متغیر است که نشان می‌دهد شرایط خاک در این عمق قلیایی است. مقادیر Ca، Mg و OC نیز در بین نمونه‌ها متفاوت است (شکل ۴).

درمجموع، خصوصیات خاک در این منطقه نشان داد که خاک با مشکلات شوری و سدیمی شدن مواجه است و با افزایش عمق، این مشکلات تشدید می‌شود. این شرایط می‌تواند بر رشد و توسعهٔ گیاهان تأثیر بگذارد. شایان ذکر است که نتایج نشان داد پوسته‌های زیستی در سطح خاک می‌توانند تا حدی از تأثیرات منفی شوری و سدیمی شدن خاک جلوگیری کنند. این پوسته‌ها می‌توانند با تثبیت سطح خاک و افزایش نفوذپذیری آب‌وهوا، شرایط را برای رشد گیاهان بهبود بخشند. بنابراین، با توجه به سطح بالای شوری و سدیمی شدن خاک در این منطقه، به‌ویژه در عمق ۱–۵ سانتی‌متری، احتمالاً پوسته‌های زیستی با تأثیر خود بر عمق ۱–۰ سانتی‌متری خاک موجب بهبود خصوصیات شیمیایی خاک شده‌اند.



شکل (۴): نمودار راداری خصوصیات شیمیایی خاک در دو عمق ۰–۱ و ۱–۵ سانتی‌متری سطح خاک

Figure (4): Radar diagram of soil chemical properties at the depth of 0-1 and 1-5 cm of soil

بررسی توزیع اندازهٔ ذرات (PSD[1]) یکی از مهم‌ترین تجزیه‌وتحلیل‌ها در مطالعات رسوب‌شناسی به شمار می‌رود. توزیع اندازهٔ ذرات نمونه‌ها گاهی بسیار کوچک نیاز به تعیین دقیق با استفاده از روشی سریع و قابل اعتماد با وضوح بالا دارد (بیگانوفسکی و همکاران، ۲۰۱۸). در این پژوهش دانه‌بندی رسوبات با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری قطر ذرات با لیزر انجام شد. شیب منحنی گرانولومتریک نمایانگر نسبت بین مقدار

1. Particle Size Distribution

ذرات با اندازه‌های مختلف به‌عنوان تابعی از اندازهٔ ذرات است. به‌طور معمول، اندازهٔ ذرات به‌صورت لگاریتمی روی محور افقی نمایش داده می‌شود و مقدار نسبی (معمولاً وزن یا حجم) به‌عنوان تابع توزیع ذرات به‌صورت عمودی نمایش داده می‌شود. شیب منحنی نشان می‌دهد که چه تعداد ذرات با اندازه‌های مختلف در نمونه موجود است. اگر منحنی گرانولومتریک به‌شکل عمودی رو به بالا باشد، این نشان‌دهندهٔ وجود ذرات بزرگ‌تر است که در نمونه دیده می‌شوند. اگر به‌شکل میله‌ای و افقی باشد، این نشان‌دهندهٔ وجود ذرات کوچک‌تر در نمونه است. بنابراین، منحنی گرانولومتریک برای ذرات در عمق ۰–۱ سانتی‌متری (شکل ۵) به‌صورت عمودی تا مقدار بالاتری (Q3 ۱۰۰) نسبت به عمق ۱–۵ سانتی‌متری قرار گرفته است و نشان می‌دهد اندازهٔ ذرات عمق ۰–۱ سانتی‌متری بزرگ‌تر از عمق ۱–۵ سانتی‌متری هستند.

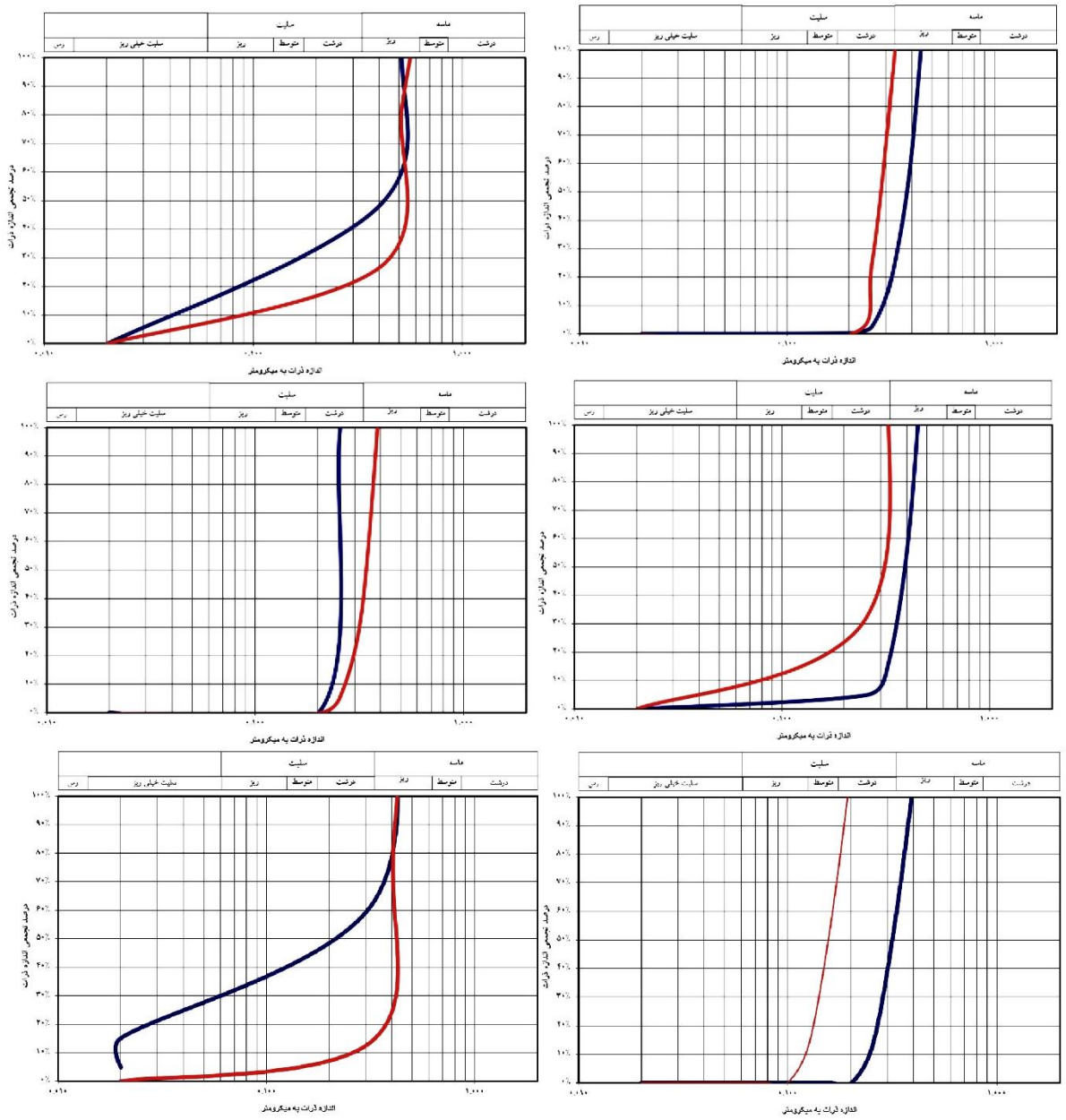
با بررسی توزیع اندازهٔ ذرات خاک در عمق ۰–۱ سانتی‌متر مشخص شد که ذرات با قطر ۴۰ تا ۸۰ میکرومتر بیشترین کلاس فراوانی را دارند. همچنین توزیع اندازهٔ ذرات خاک در عمق ۱–۵۱ سانتی‌متری نیز نشان داد که ذرات با قطر ۵۰ تا ۱۳۰ میکرون فراوانی زیادی دارد. سیلت از ذرات سنگی و معدنی با قطر بین ۲ تا ۵۰ میکرومتر تشکیل شده که بزرگ‌تر از رس اما کوچک‌تر از ماسه است و ماسهٔ ریز نیز قطری بین ۱۲۵ تا ۲۵۰ میکرومتر دارد و کوچک‌تر از ماسهٔ معمولی و بزرگ‌تر از سیلت است. بنابراین سیلت به‌دلیل ذرات ریزتر و سطح ویژهٔ بالاتر، نسبت به فرسایش آبی و بادی حساس‌تر از ماسهٔ ریز است. همچنین ذرات سیلت به‌راحتی توسط جریان آب و باد جابه‌جا می‌شوند و باعث فرسایش خاک می‌گردند. درمجموع، سیلت به‌دلیل ذرات بسیار ریز و سطح ویژهٔ بالا، حساسیت بیشتری به فرسایش نسبت به ماسهٔ ریز دارد و در طبقه‌بندی خاک‌ها به‌عنوان یک ذرهٔ بسیار ریز و فرسایش‌پذیر محسوب می‌شود (تانر[1] و همکاران، ۲۰۲۳). این نتایج در توجیه مطالب قبلی درخصوص منشأ ذرات گردوغبار عمق ۰–۱ سانتی‌متری بیانگر انتقال این ذرات از مسافت‌های طولانی و دور است و با مطالعهٔ فراهی و همکاران (۲۰۲۳)، درخصوص انتقال ذرات ریز خاک از مسافت‌های دورتر مطابقت دارد. توزیع اندازهٔ ذرات خاک نشان داد که بیشترین درصد ذرات رس در محدودهٔ ۰/۴۰۹ تا ۰/۶۵ میکرون قرار دارند و ذرات ریزتر از این محدوده با درصد کمتری در خاک وجود دارند (شکل ۵). با مقایسهٔ میزان رس خاک در دو عمق مطالعه‌شده مشخص گردید که در عمق ۰–۱ سانتی‌متری در مقایسه با عمق ۱–۵ سانتی‌متری ذرات با اندازه‌های بزرگ‌تر وجود دارند. لذا توزیع اندازهٔ ذرات رس در این دو عمق خاک نشان می‌دهد که خاک دارای بافت ریزدانه و سنگین است. بنابراین می‌توان بیان نمود که حضور ذرات رس در این محدودهٔ اندازه، می‌تواند بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مانند ظرفیت تبادل کاتیونی، نگهداری آب و مواد مغذی تأثیر بگذارد.

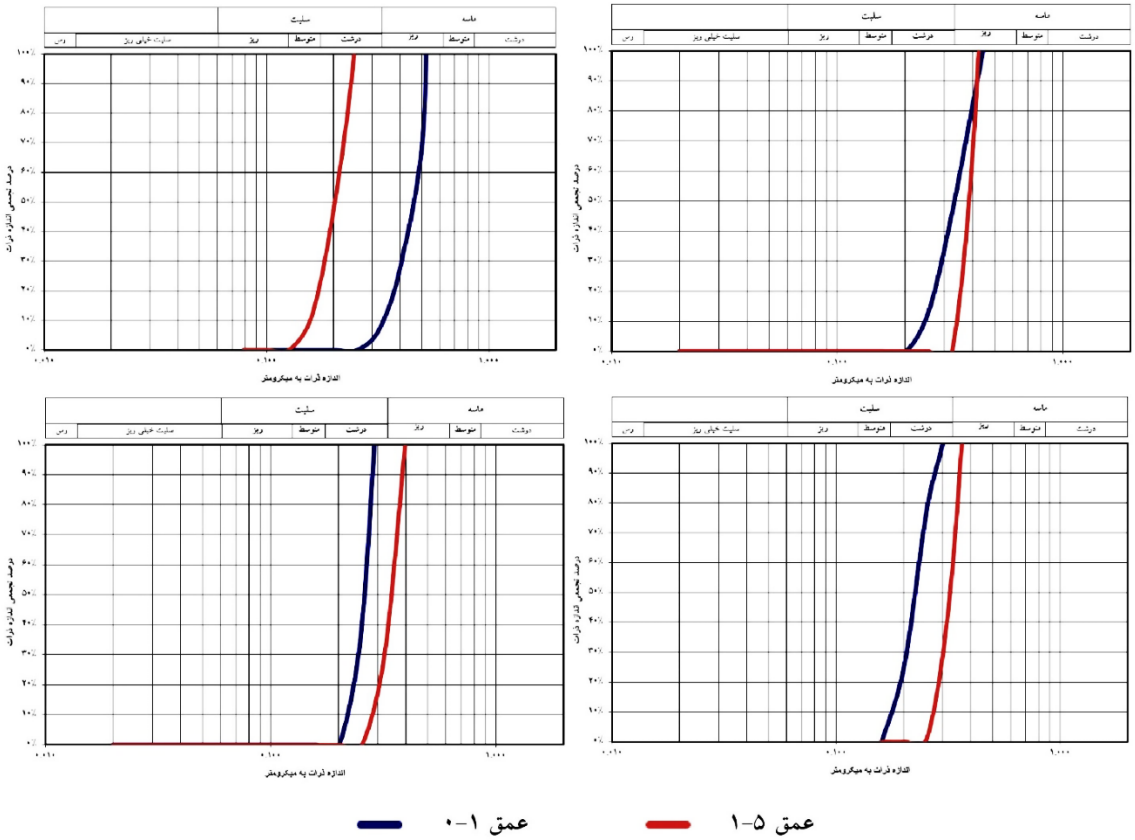
همچنین رس (Clay) نقش بسیار مهمی در تشکیل سله خاک دارد. سله یا crust خاک، لایه‌ای سطحی است که براثر فشردگی و تراکم ذرات خاک به وجود می‌آید و می‌تواند تأثیرات زیادی بر روی هیدرولوژی و کشاورزی داشته باشد. رس با داشتن ذرات ریز و چسبندگی بالا، در حضور آب به‌صورت خمیری درمی‌آید و باعث ایجاد پیوندهای محکم بین ذرات خاک می‌شود. این ویژگی‌ها منجر به تشکیل یک لایهٔ سطحی متراکم و غیرقابل نفوذ می‌شود که می‌تواند مانع از نفوذ آب‌وهوا به لایه‌های زیرین خاک شود. ازطرفی، تشکیل سله می‌تواند موجب کاهش جوانه‌زنی بذرها و کاهش میزان نفوذپذیری خاک گردد، که به‌نوبهٔ خود باعث کاهش عملکرد محصولات کشاورزی و افزایش فرسایش سطحی می‌شود؛ درنتیجه، درک نقش رس در تشکیل سلهٔ خاک برای مدیریت صحیح زمین‌های کشاورزی و بهبود شرایط خاک بسیار حائز اهمیت است.

با بررسی توزیع اندازهٔ ذرات خاک می‌توان انواع مختلف سیلت را در محدودهٔ ۴ تا ۶۳ میکرون از قبیل سیلت ریز (Fine Silt) محدودهٔ اندازه: ۴ تا ۲۰ میکرون، سیلت متوسط (Medium Silt) محدودهٔ اندازه: ۲۰ تا ۵۰ میکرون و سیلت درشت (Coarse Silt) محدودهٔ اندازه: ۵۰ تا ۶۳ میکرون را مورد بررسی قرار داد. نتایج توزیع اندازهٔ ذرات براساس اندازهٔ سیلت نشان داد که بیشترین فراوانی ذرات در هر دو عمق ۰–۱

1. Tanner

و ۱–۵ سانتی‌متری مربوط به ذرات سیلت ریزدانه است. بنابراین توزیع اندازهٔ ذرات سیلت در این داده‌ها نشان می‌دهد که خاک دارای بافت ریزدانه است و حضور انواع مختلف سیلت (ریز، متوسط و درشت) می‌تواند بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک تأثیر بگذارد. ذرات سیلت ریزدانه به‌عنوان جزء مهمی از تشکیلات خاک، نقشی بسیار حیاتی در فرسایش‌پذیری خاک ایفا می‌کنند. این ذرات به‌دلیل ابعاد کوچک و سطح بالای خود، به‌طور معمول حساس‌تر به فرسایش هستند. فرسایش‌پذیری ذرات سیلت ریزدانه به میزان زیادی به‌ازای تحریک‌های فیزیکی مانند باد و آب افزایش می‌یابد. به‌علاوه، این ذرات می‌توانند باعث بروز فرسایش سطحی شوند که منجر به کاهش حاصلخیزی خاک و افزایش خطرات اکولوژیکی مثل آب‌وهوایی و انتقال آب شوند.





شکل (۵: منحنی تجمعی (گرانولومتریک (Q3) توزیع فراوانی رسوبات (*Q3) عمق ۰-۱ و ۱-۵ سانتی‌متری خاک (۱۰ نمونه)

Figure (4): Cumulative curve (granulometry (Q3) distribution of abundance of sediments (Q3*) depth 0-1and 1-5 soil (10 samples)

نتایج بررسی توزیع اندازهٔ ذرات در نمونه‌های اندازه‌گیری‌شده نشان داد که در اکثر نمونه‌ها، اندازهٔ ذرات در عمق ۱-۵ سانتی‌متری به‌سمت ذرات درشت‌دانه‌تر و ماسه‌ای تمایل دارد و در عمق ۰-۱ سانتی‌متری در اندازه‌های مختلف سیلت قرار دارند. توزیع اندازهٔ ذرات خاک در دو عمق ۰-۱ و ۱-۵ سانتی‌متر نشان می‌دهد در عمق ۰-۱ سانتی‌متر، اندازهٔ ذرات بزرگ‌تر اما درصد فراوانی ذرات بزرگ‌تر (بیش از ۱۰۰ میکرون) به‌طور قابل توجهی در عمق ۱-۵ سانتی‌متری بالاست و به‌تدریج با کاهش اندازه، درصد فراوانی این ذرات نیز کاهش می‌یابد. تفاوت اصلی بین دو عمق در اندازه و توزیع ذرات است. در عمق ۰-۱ سانتی‌متر، ذرات متنوع‌تری وجود دارد، درحالی‌که در عمق ۱-۵ سانتی‌متر، اندازهٔ ذرات به‌طور کلی بزرگ‌تر است. این تغییرات می‌تواند به‌دلیل فرایندهای طبیعی مانند فرسایش و رسوب‌گذاری باشد که در عمق‌های مختلف خاک اتفاق می‌افتد و تحت‌تأثیر پوسته‌های زیستی قرار دارند. در اکثر نمونه‌ها نیز منحنی گرانولومتریک به‌شکل عمودی رو به بالاست که نشان‌دهندهٔ وجود ذرات بزرگ‌تر است که در نمونه دیده می‌شوند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج ارائه‌شده ازطریق تحلیل خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک در عمق‌های مورد مطالعه، مشاهده شده که بین برخی از متغیرها همانند هدایت الکتریکی، اسیدیته، سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، SAR و ESP در دو عمق مورد بررسی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد؛ درحالی‌که مقدار کربن آلی خاک در عمق ۰-۱ سانتی‌متری بیشتر از عمق ۱-۵ سانتی‌متری است. افزون بر این، تأثیر مثبت پوسته‌های زیستی بر افزایش مادهٔ آلی خاک و کاهش مادهٔ آلی با افزایش عمق مشاهده شد. همچنین تحلیل توزیع اندازهٔ ذرات، نشان داد که ذرات با اندازهٔ متوسط ۴۰ تا ۸۰ میکرومتر در عمق ۰-۱ سانتی‌متری بیشترین فراوانی را دارند؛ درحالی‌که ذرات با قطر ۵۰ تا ۱۳۰ میکرومتر در عمق ۱-۵ سانتی‌متری فراوانی زیادی دارند. این نتایج نشان می‌دهد که ذرات رسوب‌یافته از فواصل

طولانی به این منطقه منتقل شده و در عمق ۱-۵ سانتی‌متری رسوب نموده‌اند. این نتایج قابلیت تطبیق با مطالعات قبلی را دارند و نشانگر این موضوع است که رسوبات از مناطق دیگر به این منطقه منتقل شده است. بنابراین نتایج نشان می‌دهند که پوسته‌های زیستی می‌توانند بهبود اندازهٔ ذرات خاک را تحت‌تأثیر قرار داده و در فرایندهای رسوبی نقش مهمی داشته باشند. همچنین، تحلیل اندازهٔ ذرات نشان داد که پوسته‌های زیستی تأثیر مهمی (یا معنی‌داری) بر توزیع اندازهٔ ذرات دارند و می‌توانند فرایندهای رسوبی را تحت‌تأثیر قرار دهند.

به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که پوسته‌های زیستی می‌توانند خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک را به‌طور مستقیم و غیرمستقیم تحت‌تأثیر مثبت قرار دهند و می‌توانند در فرایندهای رسوبی و توزیع ذرات گردوغبار در خاک نقش مهمی داشته باشند. بنابراین، مطالعهٔ حاضر با هدف تحلیل و مقایسهٔ تفاوت‌ها و تشابه‌های بین خصوصیات خاک در عمق‌های مختلف، تأثیر پوسته‌های زیستی بر خصوصیات خاک و تحلیل توزیع اندازهٔ ذرات، می‌تواند به بهبود فهم ما از خصوصیات خاک و فرایندهای رسوبی تحت‌تأثیر پوسته‌های زیستی در منطقهٔ تالاب آجی‌گل در استان گلستان کمک نماید.

منابع

1. Alinezhad, M., Hosseinalizadeh, M., Ownegh., M., & Mohammadian Behbahani, A. (2022). Geomorpho-Pedological Analysis of Nebka Landscape in Sufikam Plain, Golestan Province. *Desert Ecosystem Engineering*, 6(16), 59-70. 10.22052/6.16.59
2. Boali, A., & Mohammadian Behbahani, A. (2020). Comparative evaluation of wind erosion intensity modeling using WEHI and IRIFR models for presentation of Segazi Plain management in Isfahan. *Journal of Water and Soil Conservation*, 27(4), 129-147. 10.22069/jwsc.2020.17540.3305
3. Bowker, M.A., Belnap, J., Büdel, B., Sannier, C., Pietrasiak, N., & Eldridge, D.J., & Rivera-Aguilar, V. (2016). Controls on distribution patterns of biological soil crusts at micro-to global scales. In *Biological soil crusts: an organizing principle in drylands* (pp. 173-197). Springer, Cham.
4. Bieganowski, A., Ryżak, M., Sochan, A., Barna, G., Hernádi, H., Beczek, M., Polakowski, C., & Makó, A. (2018). Laser diffractometry in the measurements of soil and sediment particle size distribution. *Advances in agronomy*, 151, 215-279. 10.1016/bs.agron.2018.04.003
5. Eldridge, D.J., Reed, S., Travers, S.K., Bowker, M.A., Maestre, F.T., Ding, J., Havrilla, C., Rodriguez-Caballero, E., Barger, N., Weber, B., & Antoninka, A., (2020). The pervasive and multifaceted influence of biocrusts on water in the world's drylands. *Global change biology*, 26(10), 6003-6014. 10.1111/gcb.15232
6. Faist, A.M., Herrick, J.E., Belnap, J., Van Zee, J.W., & Barger, N.N. (2017). Biological soil crust and disturbance controls on surface hydrology in a semi-arid ecosystem. *Ecosphere*, 8(3), e01691. 10.1002/ecs2.1691
7. Farahi, M., Mohammadian Behbahani, A., Asgari, H.R., dahmardeh, B., & Kaskaoutis, D. (2022). Investigating the concentration of heavy elements in dust and evaluating human health risk (case study: Birjand city, South Khorasan province). Ph.D. Thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 167 p.
8. Fitzer, S.C., Torres Gabarda, S., Daly, L., Hughes, B., Dove, M., O'Connor, W., Potts, J., Scanes, P., & Byrne, M. (2018). Coastal acidification impacts on shell mineral structure of bivalve mollusks. Ecology and evolution, 8(17), 8973-8984. https://doi.org/10.1002/ece3.4416
9. Gheytasi, F., Mohammadian Behbahani, A., Hosseinalizadeh, M., & Asgari H. (2018). Comparative analysis of soil physico-chemical properties in erodibility of various desert crusts (Case study: hills around Aji-Gol lake, Golestan province, Iran). *Journal of Desert Ecosystem Engineering*, 7(21), 33–44. 10.22052/deej.2018.7.21.25
10. Hassanzadeh Bashtian, M., Sepehr, A., Farzam, M., & Bahreini, M. (2018). Distribution of biological soil crust along surface evolution of an arid alluvial fan. *Earth science research*, 9(1), 1-13. 10.29252/esrj.9.1.1
11. Hemati Daiv, A., Zare Garizi, A., Sheikh, V., & Mohammadian Behbahani, A. (2023). Effects of biological soil crusts on surface runoff quality. *Water and Soil Management and Modeling*, 3(4), 93-106. DOI: 10.22098/mmws.2022.11617.1151
12. Havrilla, C.A., Villarreal, M.L., DiBiase, J.L., Duniway, M.C., & Barger, N.N. (2020). Ultra-high-resolution mapping of biocrusts with Unmanned Aerial Systems. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 6(4), pp.441-456. https://doi.org/10.1002/rse2.180
13. Ildoromi, A., Moradi, M., & Ghorbani, M. (2018). Invest the Effect of the Intensity of Wind Erosion and Desertification on the Destruction of the Habitat of Hamedan Region. *Geography and Environmental Planning*, 29(1), pp.21-42. .22108/gep.2017.101162.100910

14. Ihaka, R. & Gentleman, R. (1996). R: a language for data analysis and graphics. *Journal of computational and graphical statistics*, 5(3), 299-314. https://doi.org/10.2307/1390807
15. Kariminejad, N., Hosseinalizadeh, M., Pourghasemi, H.R., & Tiefenbacher, J.P. (2021). Change detection in piping, gully head forms, and mechanisms. *CATENA*, 206, p.105550. http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2021.105550
16. Rodríguez-Caballero, E., Román, J.R., Chamizo, S., Roncero Ramos, B., & Cantón, Y. (2019). Biocrust landscape-scale spatial distribution is strongly controlled by terrain attributes: Topographic thresholds for colonization in a semiarid badland system. *Earth Surface Processes and Landforms*, 44(14), pp.2771-2779. 10.1002/esp.4706
17. Matboo, A., Sheikh, V., Mohammadian Behbahani, A., & Zare Garizi, A. (2024). Effects of biocrusts on the hydrological components and sediment production at experimental plot scale in arid environments. *Watershed Engineering and Management*, 16(1), 117-134.
18. Sohrabizadeh, Z., Sodaiezadeh, H., Hakimizadeh, M., Taghizadeh Mehrjardi, R., & Ghanei Bafaqi, M. (2019). Evaluation of Heavy Metal Contamination in Soil Samples around the Lead-Zinc Mine of Kushk, Bafq, using Pollution Indicators and Principal Component Analysis. *Geography and environmental planning*, 31(1), 15-34. 10.22108/gep.2020.121263.1260
19. Sefidian, S., Salmanmahiny, A., & Sheikh, V. (2023). Effects of changes in land cover and hydro-climatic parameters on the extent and nature of Alagol, Ajigol and Ulmagol international importance wetlands in the last three decades. *Journal of natural environment*, 76(2), 245-258. http//doi.org/10.22059/jne.2022.349828.2481
20. Sharifi Garmdareh, J., khormali, F., Rolf, C., Martin, k., shahriari, A., & Frechen. M. (2018). Grain Size and Mineralogy Variations along the Climatic Gradient on the Surface Loess-Derived Soils in Northern Iran. *Journal of Water and soil*, 32(4), 723-736. 10.22067/jsw.v32i4.67072
21. Tanner, S., Ben-Hur, M., Argaman, E., & Katra, I. (2023). The effects of soil properties and aggregation on sensitivity to erosion by water and wind in two Mediterranean soils. *Catena*. 221.106787. https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106787
22. Tavakoli, Y., Yashti, & Khodashenas. A.R. (2014). Comparison of Plant Characteristics and Soil Organic Matter under Gharegh and Grazing Conditions (Case Study: Marginal Rangelands of Mashhad). *Range and Desert Research of Iran*. 21(3), 416-423. https://doi.org/10.22092/ijrdr.2014.12115
23. Wu, Z., Moayedi, H., Salari, M., Le, B.N., & Ahmadi Dehrashid, A. (2024). Assessment of sodium adsorption ratio (SAR) in groundwater: Integrating experimental data with cutting-edge swarm intelligence approaches. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 1-18. 10.1007/s00477-024-02727-x

Effects of Biological Soil Crusts on Some Soil Physico-Chemical Propertices (Case Study: Hilslopes of Agi-Gol Wetland, Golestan Province)

Rashin Mohmmadi,[1] Mohsen Hosseinalizadeh,[2]* Ali Mohammadian Behbahani,[3] Narges Kariminejad,[4] Vahedberdi Sheikh,[5] Jahangir Mohammadi[6]

Received: 09/11/2024 Accepted: 09/05/2025

Extended abstract

Introduction: The expansion of deserts in Iran poses a significant challenge, with 75% of the population in arid and semi-arid regions facing issues related to desertification. Within this ecosystem, biotic and abiotic environmental components and their interactions are of paramount importance. The soil biota in these areas plays a crucial role in improving soil properties and restoring degraded lands. Therefore, biological soil crusts (BSCs), as communities of living organisms on the uppermost few millimeters of the soil surface in dryland regions, perform various invaluable ecological functions and are highly susceptible to erosion. They can enhance soil physico-chemical characteristics, aid in natural resource management, and play an essential role in protecting wetlands, as well as in soil and water conservation. Hence, this study aims to assess the impact of biocrusts on the soil properties of the Ajigol wetland in the Inche Burun region of Gonbad Kavous, North of Golestan province, a hotspot of wind erosion during warm days and months north of Gorgan.

Materials and Methods: In this research, the physicochemical properties of both topsoil and subsurface samples were measured, including soil organic carbon (SOC), electrical conductivity (EC), pH, sodium adsorption ratio (SAR), exchangeable sodium percentage (ESP), and the concentrations of Sodium (Na), Calcium (Ca), Potassium (K), and Magnesium (Mg). Additionally, soil particle size distribution (SPSD) was determined using laser diffraction analysis. Finally, data analysis was conducted to investigate the impact of biological soil crusts on the physical and chemical properties of the soil using the t-test and Wilcoxon test within the R programming environment.

Here's an edited English version of the Results section:

Results: The analysis of soil chemical properties revealed notable differences between the two depths examined: 0-1 cm and 1-5 cm. The electrical conductivity (EC) measured 199.87 dS/m at 0-1 cm and 194.51 dS/m at 1-5 cm. Potassium (K) content was higher in the surface layer, recorded at 78.29 ppm compared to 71.48 ppm in the subsurface layer. Magnesium (Mg) levels also showed a similar trend, with 1.75 ppm at 0-1 cm and 1.12 ppm at 1-5 cm. The soil organic carbon (SOC) content was significantly higher at 1.58% for the 0-1 cm depth, compared to 0.77% at 1-5 cm. However, pH levels were slightly elevated in the deeper layer, measuring 7.41 at 0-1 cm and 7.48 at 1-5 cm. Sodium (Na) content increased with depth, with values of 132.73 ppm at 0-1 cm and 137.63 ppm at 1-5 cm. Calcium (Ca) levels were comparable at 3.42 ppm for the surface layer and 3.5 ppm for the subsurface layer. The sodium adsorption ratio (SAR) showed higher values at greater depth, with 83.67 ((mmol/L)0.5) at 0-1 cm and 96.61 ((mmol/L)0.5) at 1-5 cm. Similarly, exchangeable sodium percentage (ESP) values were also higher, recorded at 128.38 ((mmol/L)0.5) at the surface layer and 142.65 ((mmol/L)0.5) at the subsurface layer.

1. Ph.D. student of Desert Mangement and Control Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
2. Corresponding Author, Associate Prof, Dept. of Arid Zone Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: Mhalizadeh@gau.ac.ir
3. Associated Prof., Dept. of Arid Zone Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
4. Assistant Prof., Department of Natural Resources and Environment Engineering, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
5. Full Prof, Dept. of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
6. Associated Prof., Dept. of Forestry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

DOI: 10.22052/DEEJ.2025.255397.1074

The findings indicated that biological soil crusts in the studied area significantly influenced organic carbon levels at both depths, leading to an increase in organic matter. Furthermore, potassium and magnesium concentrations were greater in the surface layer of the biological soil crusts, while sodium, calcium, SAR, and ESP concentrations increased with soil depth. For all study depths, the predominant soil particle size was silt (2-50 microns), but in the subsurface layer, the particle size was generally larger than in the surface layer.

Discussion and Conclusion: Analysis of the soil's physicochemical properties at different depths did not reveal statistically significant differences across the various parameters studied. However, it was observed that biological soil crusts have a positive impact on increasing organic matter in the topsoil, with a subsequent decrease at greater depths. Soil particle size distribution was also influenced by the presence of BSCs. In general, biological soil crusts can directly and indirectly affect the physicochemical properties of the soil and play a significant role in sediment processes and the distribution of dust particles in the environment. These communities can stabilize the soil by increasing organic matter and overall soil stability, thereby contributing to soil conservation and erosion prevention. This research enhances our understanding of soil properties and sediment processes influenced by biological soil crusts in the Ajigol wetland area in Golestan province, highlighting the ecological value of this wetland ecosystem. Raising awareness among local residents regarding the importance of BSCs is crucial, and their degradation due to various factors, particularly overgrazing, should be carefully considered and mitigated.

Keywords: Biological Soil Crusts, Soil Physicochemical Properties, Soil Organic Carbon, Ajigol Wetland, Golestan Province.