تاثیر پوسته‌های زیستی خزه و گلسنگ بر برخی خصوصیات خاک دشت سرهای دامنه‌ای منطقه حفاظت شده تخت سلطان، خراسان رضوی

آتوسا غلامحسینیان [۱]، عادل سپهر [*۲]، محمد سهرابی [۳]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

۲-استادیار ژئومورفولوژی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

۳-استادیار گروه زیست فناوری، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱۰/۲۱

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۳/۵

چکیده

پوسته‌های زیستی خاک، جوامع فراوان و گوناگونی هستند که شامل مجموعه‌ای از میکروارگانیسم‌ها مانند سیانوباکتری‌ها، جلبک‌های سبز، گلسنگ‌ها، قارچ‌ها، خزه‌ها و ذرات خاک مرتبط با آنها هستند. در این پژوهش به بررسی اثر پوسته‌های خزه و گلسنگ بر پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک در منطقه خشک و نیمه‌خشک تخت سلطان در خراسان رضوی پرداخته شده است. نمونه‌برداری در فصل تابستان در طول ترانسکت و با استفاده از پلات ۰/۵ مترمربعی در دو عمق (۵-۰)، (۲۰-۵) سانتی‌متری با سه تکرار صورت گرفت. در مجموع ۶۰ نمونه جهت اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد. بررسی نتایج به‌دست آمده از آنالیز واریانس و آزمون توکی نشان داد که حضور پوسته‌های زیستی بر تخصیص پارامترهای خاک اثر گذاشته است. از جمله کاهش pH و EC در خاک‌های فاقد پوسته و افزایش کربن‌آلی و کربنات کلسیم در حضور خزه و گلسنگ در عمق ۵-۰ سانتی‌متری خاک می‌باشد. نتایج پژوهش، نشان از تفاوت قابل توجه در ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک در حضور یا عدم حضور پوسته‌های خزه و گلسنگ در چشم‌انداز بیابان دارد.

واژه‌های کلیدی: پوسته‌های زیستی خاک، خزه، گلسنگ، ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک، تخت سلطان.

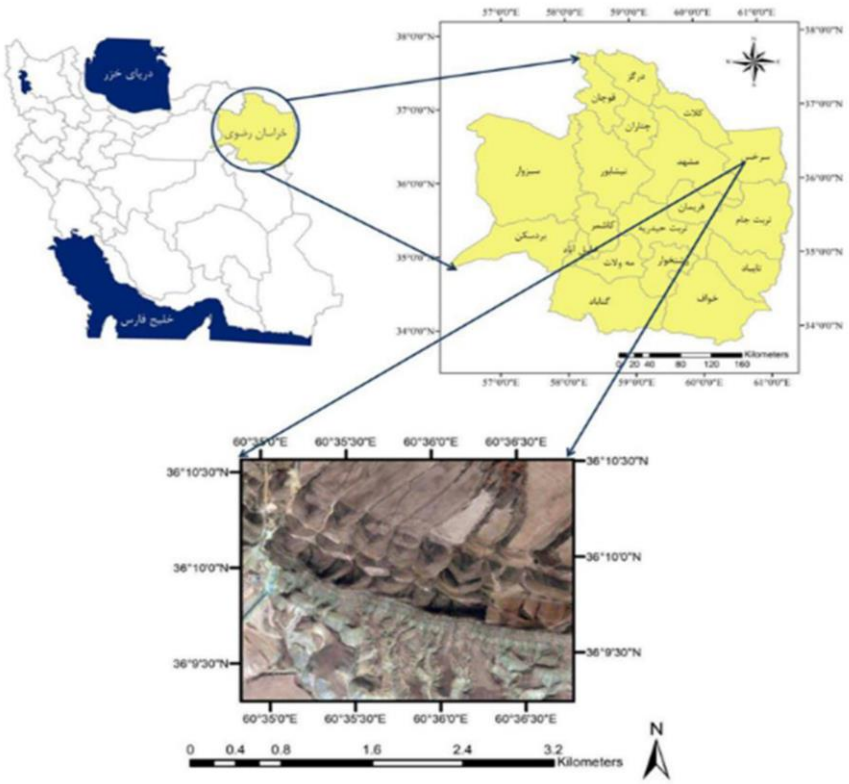
*- نویسنده مسئول: ۰۹۱۵۵۰۸۵۷۳۲ Email: adelsepehr@um.ac.ir

مقدمه

یکی از مشخصات بارز مناطق خشک و نیمه‌خشک پراکندگی پوشش گیاهی است، با این وجود در فضای آزاد بین گیاهان آوندی، سطح خاک به طور کلی بدون زندگی اتوتروفی نیست، بلکه این فضاها به وسیله جامعه‌ای از موجودات زنده بسیار خاص پوشیده شده‌اند، که این جوامع به عنوان پوسته‌های زیستی خاک شناخته شده است (بلنپ و پترسون، ۲۰۰۱). پوسته‌های زیستی خاک[1]، جوامع فراوان و گوناگونی هستند که شامل مجموعه‌ای از میکروارگانیسم‌ها مانند سیانوباکتری‌ها، جلبک‌های سبز، گلسنگ‌ها، قارچ‌ها، خزه‌ها و ذرات خاک مرتبط با آنها هستند، که یک لایه افقی چسبناک را در سطح خاک ایجاد می‌کنند (لی و همکاران،۲۰۱۰). به‌عنوان مؤلفه‌های اصلی مناطق خشک، پوسته‌های زیستی خاک نقش مهمی در تنظیم واکنش‌های عملکرد چندگانه اکوسیستم به تغییرات محیط زیست در مقیاس جهانی دارند (باکوریزو و همکاران، ۲۰۱۶). تنوع میکروبی خاک نقش کلیدی در حفظ اکوسیستم، با حمایت از فرآیندهایی مانند تجزیه بقایای آلی، چرخه مواد و کانی‌سازی دارد که اجازه انتقال ماده و انرژی بین جوامع سطحی و عمقی خاک را می‌دهد (باکوریزو و همکاران، ۲۰۱۶). هم‌چنین پوسته‌های زیستی با تحت‌تاثیر قرار دادن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، به‌طور غیر مستقیم خصوصیات زیستی خاک را نیز متاثر می‌سازند. در این راستا سوو و همکاران (۲۰۱۱)، در بیابان گوربانتونگوت[2] چین نشان دادند که در عمق ۳-۰ سانتیمتر بالایی، خاک تحت پوسته‌های خزه، سیانوباکتری-گلسنگ نسبت به خاک بایر مقدار ماده آلی بیشتری دارد. این پوسته‌ها نقش مهمی در چرخه نیتروژن، گوگرد، فسفر و کربن آلی از طریق تجزیه باقی مانده‌های موادآلی دارند (هوسمن و همکاران، ۲۰۱۱). ترشح پلی‌ساکاریدهای حاصل از پوسته‌های زیستی می‌تواند مواد آلی و ذرات خاک را برای تشکیل لایه‌ای مقاوم آماده سازد، به گونه‌ای که در میزان نفوذ، نگهداری و تبخیر آب، کاهش فرسایش و ظهور گیاهان اثرگذار است (ویلیامز و همکاران، ۲۰۱۳). مطالعات متعدد نقش سیانوباکتری‌ها را به‌عنوان عامل مفید بیولوژیک در کاهش خطرات زیست محیطی و بهبود محیط خاک تایید کرده است (پرسانا و همکاران، ۲۰۰۸؛ بلنپ، ۲۰۰۶، سپهر و همکاران، ۲۰۱۸). با توجه به گسترش روند تخریب مراتع، افزایش نرخ بیابان‌زایی (سپهر و پرویان، ۱۳۹۲) و افزایش طوفان‌های گرد و غبار که موجب هدررفت خاک، کاهش مواد آلی، آسیب به گیاهان و کاهش محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک شده است (گریوانی و همکاران، ۲۰۱۷)، نقش پوسته‌های زیستی خاک در بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و اثر آن بر حاصلخیزی، می‌تواند در راستای حفظ، بازسازی و احیاء اکوسیستم مفید باشد. هدف از این پژوهش، بررسی ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک‌های دارای پوسته خزه و گلسنگ و مقایسه آن با خاک بدون پوسته و بررسی اثر آن در دو عمق (۵-۰)، (۲۰-۵) در منطقه تخت سلطان واقع در استان خراسان رضوی می‌باشد. در این پژوهش به مطالعه و بررسی اثر وجود پوسته-های زیستی خاک با تاکید بر برخی ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک در منطقه حفاظت شده با تیپ ژئومورفولوژیک دشت سر خشک و نیمه خشک واقع در شمال شرقی ایران پرداخته شده است.

محدوده مورد مطالعه

این پژوهش در منطقه تخت سلطان واقع در جنوب غربی دشت سرخس با اقلیم خشک و نیمه‌خشک واقع در استان خراسان رضوی، انجام شده است. منطقه تخت سلطان در ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۵۸ دقیقه و ۲۰ ثانیه شرقی و ۶۰ درجه و ۵۹ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی واقع شده است. منطقه مورد مطالعه از لحاظ زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی مربوط به دوره کواترنری و سنوزوییک است. میانگین بارندگی سالانه ۲۰۲ میلی‌متر است. بالاترین و کمترین بارش به ترتیب در اسفند و تیر است. کمترین میانگین ماهانه درجه حرارت سالانه ۱ درجه سانتیگراد است. میانگین دما در ماه تیر ۲۸/۴ درجه سانتیگراد است. الگوهای باد غالب این منطقه شامل بادهای ۱۲۰ روزه است که معمولا از شمال و شمال شرق می‌وزند و باعث ایجاد گردوغبار می‌شود. بافت غالب خاک سیلتی- لوم است و سنگ‌ها عمدتا ماسه سنگ، سنگ آهک، کنگلومرا، شیل، سنگ گچ هستند (شکل ۱).

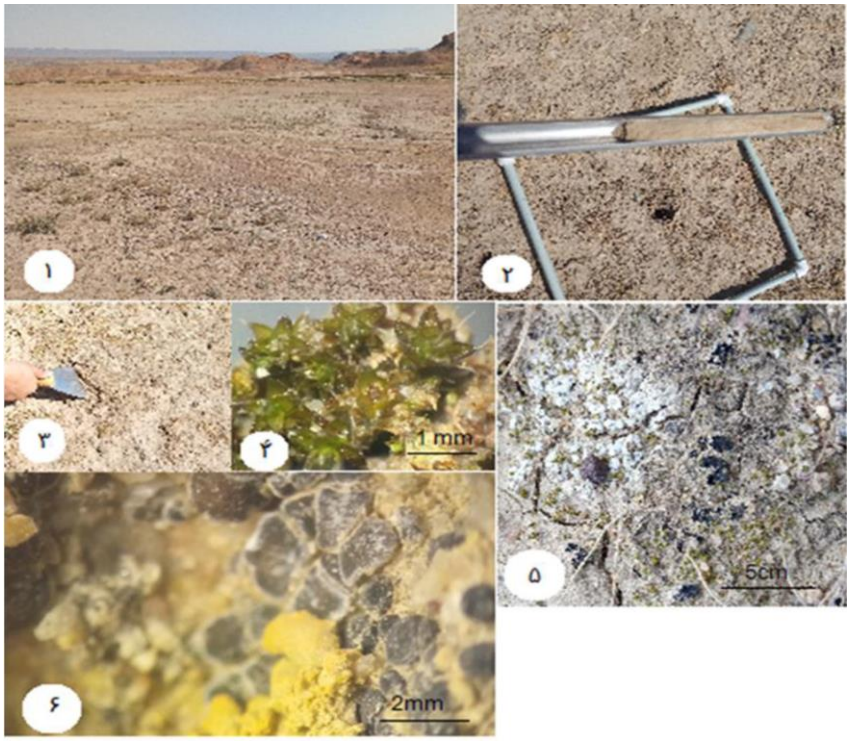


شکل ۱: محدوده مناطق مورد مطالعه در استان خراسان رضوی

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر پوسته‌های زیستی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، از کل منطقه مورد نظر دو ناحیه که گویای شرایط کلی منطقه بوده و از لحاظ اقلیم، زمین‌شناسی و توپوگرافی یکسان بودند، جهت انجام نمونه‌برداری انتخاب گردید. نمونه‌برداری در فصل تابستان و در هر یک از نواحی از قسمت‌های دارای پوسته و فاقد آن توسط پلات ۰/۵ مترمربعی آن در دو عمق (۵-۰)، (۲۰-۵) سانتیمتری با سه تکرار، صورت گرفت.

نمونه‌برداری عمقی توسط اوگر انجام پذیرفت. در مجموع ۶۰ نمونه جهت اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک تهیه شد و در دمای ۴ درجه سانتیگراد به آزمایشگاه انتقال یافتند و بلافاصله مورد آزمایش قرار گرفتند (شکل ۲).

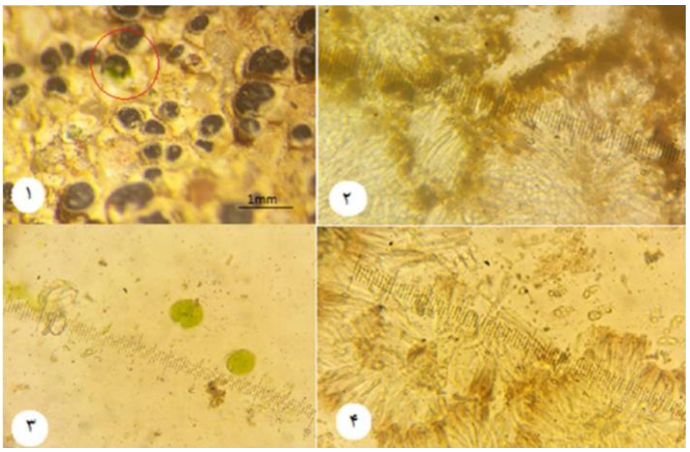


شکل ۲: ۱) نمای کلی از منطقه مورد مطالعه؛ ۲،۳) نمونه‌برداری از خاک‌های سطحی و عمقی؛ ۴) خزه را نشان می‌دهد که با استرئومیکروسکوپ تهیه گردیده است؛ ۵) پوسته‌های زیستی خاک که در حین بازدید میدانی از منطقه عکسبرداری شده‌اند؛ ۶) نمایی از گلسنگ‌ها که با استرئومیکروسکوپ تهیه شده است مشاهده می‌گردد.

جهت اندازه‌گیری پارامترهای خاک، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌های خاک برای اندازه‌گیری برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی هوا خشک شده و از الک ۲ میلی‌متر رد شدند، سپس پارامترهایی از قبیل میزان هدایت الکتریکی، قدرت هیدروژنی، درصد نسبی ذرات خاک (بافت خاک)، درصد کلسیم کربنات، درصد کربن آلی، میزان پتاسیم، سدیم، کلسیم، منیزیم و درصد رطوبت مورد بررسی قرار گرفتند. مطالعه و شناسایی گلسنگ‌ها از طریق بررسی مورفولوژی آنها توسط استرئومیکروسکوپ (Nicon SMZ-1) صورت گرفت. جهت تعیین فرم رویشی، رنگ تال و حضور یا عدم حضور قلمه‌های رویشی؛ تشریح تال و اندام بارده، جهت تعیین نوع جلبک، ویژگی-های حاشیه اندام بارده، جزئیات ساختار رأس آسک با استفاده از برش‌گیری دستی به وسیله تیغ تیز و مشاهده تحت میکروسکوپ نوری (Echo BD um-210) انجام گرفت؛ و با استفاده از کلیدهای معتبر، شناسایی گلسنگ‌ها صورت گرفت (حاجی منیری، ۱۳۸۷؛ زدا، ۲۰۰۰؛ روسنرتر و همکاران، ۲۰۰۷؛ توینا و نوو، ۲۰۰۹؛ مککین، ۲۰۱۲).

جدول ۱: پارامترهای شیمیایی، فیزیکی و زیستی اندازه‌گیری شده

خصوصیات زیستی	خصوصیات شیمیایی	خصوصیات فیزیکی
شناسایی خزه های غالب منطقه	EC	بافت خاک
شناسایی گلسنگ های غالب منطقه	pH	رطوبت خاک
	کربن آلی	
	کربنات کلسیم	
	کاتیون های تبادلی	
	ظرفیت کاتیون های تبادلی	



شکل ۳: ۱) برش گلسنگ برای تهیه لام، ۲و۴) بررسی آسک توسط میکروسکوپ نوری با بزرگ نمایی ×۱۰۰؛ ۳) شناسایی جلبک همزیست با گلسنگ برای شناسایی.

مطالعه و شناسایی خزه‌ها از طریق بررسی مورفولوژی آنها توسط استرئومیکروسکوپ (Nicon SMZ-1) و میکروسکوپ نوری (Echo um-210 BD) صورت گرفت؛ بدین طریق که نمونه مورد-نظر از لحاظ شکل کلی گامتوفیت خزه، ویژگی-های برگ، وضعیت تار، رنگ، شکل هاگدان، کلاهک، آرایش دندانه‌های پریستومی و هاگ بررسی گردید؛ سپس با استفاده از کلیدهای معتبر، شناسایی صورت گرفت (اسمیت، ۲۰۰۴؛ روسنرتر و همکاران، ۲۰۰۷؛ نایت و همکاران، ۲۰۰۹) (شکل ۴).

شکل ۴: اندازه‌گیری و بررسی مورفولوژی خزه‌ها توسط استرئومیکروسکوپ

جهت بررسی اثر پوسته خزه و گلسنگ، برخی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی قرار گرفت. برای اندازه‌گیری پارامترهای خاک نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌های خاک از نظر برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی از قبیل میزان هدایت الکتریکی، قدرت هیدروژنی، درصد نسبی ذرات خاک (بافت خاک)، درصد کلسیم کربنات، درصد کربن آلی، میزان پتاسیم، سدیم، کلسیم، منیزیم و درصد رطوبت مورد بررسی قرارگرفتند. اندازه‌گیری درصد ذرات خاک شامل رس، سیلت و ماسه به روش هیدرومتری توسط هیدرومتر (۱۵۲H) (بایوکاس، ۱۹۶۲)، درصد رطوبت به روش وزنی، میزان هدایت الکتریکی در عصاره‌ای با نسبت ۲/۵: ۱ با استفاده از دستگاه EC متر (Jenway Inc, England) (رامنت و لاینز، ۲۰۱۱) و قدرت هیدروژنی در عصاره‌ای با نسبت ۱:۵ توسط دستگاه (Jenway Inc, England) (مکلینز، ۱۹۸۲)، کلسیم کربنات خاک با دستگاه کلسیمتری شیبلر (نلسون، ۱۹۸۲)، میزان کربن‌آلی به روش اصلاح شده والکی-بلاک (۲۰۰۷) و کاتیون‌های تبادلی شامل پتاسیم توسط دستگاه فلیم فوتومتر (لانیون و هیلد، ۱۹۸۲)، سدیم توسط قرائت فلیم فوتومتر (رودز، ۱۹۸۲)، کلسیم و منیزیم به روش تیتراسون (لانیون و هیلد، ۱۹۸۲) و ظرفیت کاتیون‌های تبادلی با استفاده از استات آمونیوم و قرائت فلیم فوتومتر (میر همکاران، ۱۹۹۹) تعیین گردید. داده‌های حاصله با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۰ انجام گرفت. ابتدا پارامترها از نظر نرمال بودن با آزمون شاپیرو-ویلک بررسی گردید، سپس با استفاده از آزمون آنالیز T در سطح آماری ۵ درصد تفاوت معنی‌داری گروه‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

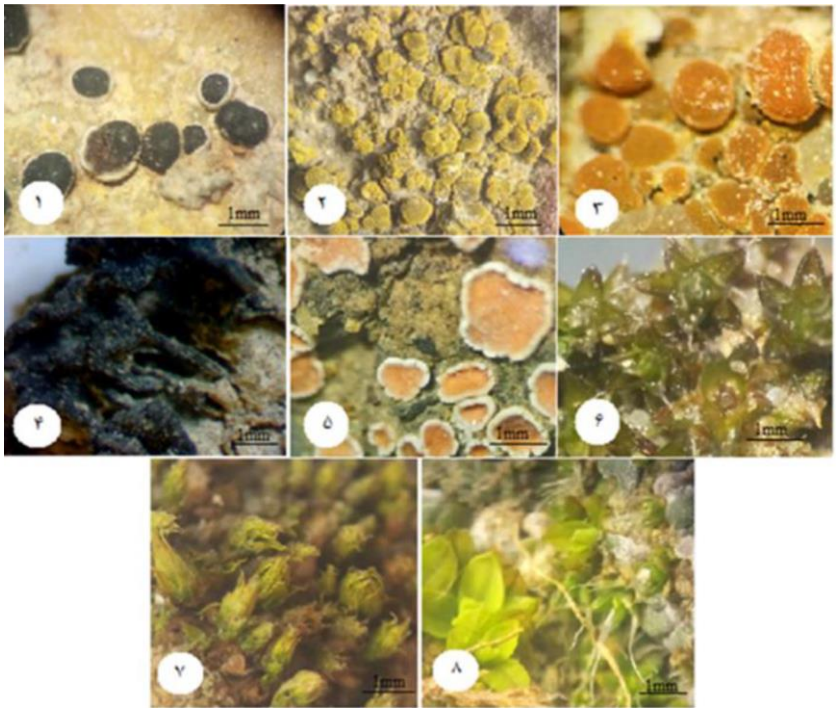
نتایج و بحث

جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک را نشان می‌دهد. براساس اطلاعات این جدول، وجود پوسته‌های خزه و گلسنگ، بر برخی خصوصیات خاک در سطح ۰/۰۵ تأثیر معنی‌داری داشته است. گونه‌های غالب پوسته‌های گلسنگ و خزه منطقه در جدول ۲ و نیز تصاویر تهیه شده از پوسته‌های زیستی خاک منطقه در شکل ۵ ارائه شده است.

جدول ۲: گونه‌های غالب خزه و گلسنگ مشاهده شده در منطقه مورد مطالعه

خزه ها	گلسنگ ها
bryum argenteum	*Sarcogyne privigna*
syntrichia caninervis	*Rinodina bischoffii*
syntrichia ruralis	*caloplaca microthallina*
tortula atrovirens	*Endocarpon unifoliatum*
	Caloplaca raesaenenii
	Circinaria mansourii
	Collema tenax
	Gyalolechia subbracteata
	Psora decipiens
	Toninia spp.
	Aspicilia spp.

کربن آلی از طریق تأثیر بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نقش کلیدی در خصوصیات خاک ایفا می‌کند (والن و چانگ، ۲۰۰۲). نتایج حاصل از آزمون t در سطح ۰/۰۵ معنی‌داری نشان می‌دهد میزان کربن آلی، در سطوح دارای پوسته‌های خزه و گلسنگ نسبت به سطوح بدون پوسته و هم‌چنین در سطح نسبت به عمق با اختلاف معنی‌داری ($p<0.05$) بیشتر می‌باشد. همانطور که در نمودار شکل ۶ مشاهده می‌شود، میزان کربن‌آلی در سطوح دارای خزه و گلسنگ از ۲/۴۴ ٪ به ۱/۴۳ ٪ در سطوح بدون پوشش کاهش داشته است. این نتایج، تحقیقات فیلیپ و بلنپ (۱۹۹۸) را تایید می‌کند. آنها معتقد بودند که تثبیت کربن در حضور گل سنگ و خزه افزایش می‌یابد. پوسته‌های زیستی خاک نقش بسزایی در تولید کربن آلی از طریق تثبیت کربن در خاک‌های خشک دارند (بایمر و کلوپاتک، ۱۹۹۱). هارپر و کلاینر (۱۹۸۸) نیز مشاهده کردند؛ خاک‌های بدون پوشش زیستی از میزان مواد آلی کم‌تری برخوردارند. فیلیپس و بولونیا (۱۹۹۸) معتقدند که تثبیت کربن در حضور گلسنگ و خزه افزایش می‌یابد. نتایج جدول ۳ تا ۵ حاکی از آن است که درصد کربنات کلسیم در خاک‌های با پوسته از ۴۹/۶۶٪ به ۳۶/۰۸٪ کاهش داشته، که این اختلاف از نظر آماری معنادار بوده است. همچنین مشاهده می‌شود که در خاک‌های فاقد پوشش نیز درصد کربنات کلسیم به میزان قابل توجهی از سطح به عمق کاهش داشته است. با توسعه پوسته‌های بیولوژیک خاک مقدار کربنات کلسیم و مواد آلی افزایش یافته است. این پوسته‌های موجود در خاک، در حاصلخیزی آن از طریق افزایش مواد مغذی، نیز نقش بسزایی دارند (هارپر و بلنپ، ۱۹۹۵).



شکل ۵: ۱-۵) گونه‌هایی از گلسنگ شناسایی شده در منطقه مورد پژوهش، ۱) *Rinodina bischoffii*، ۲) *Caloplaca microthallina*، ۳) *Caloplaca* raesaenenii، ۴) *Collema tenax*، ۵) *Psora decipiens*، ۶-۸) گونه‌هایی از خزه‌های منطقه مورد پژوهش، ۶) *Syntrichia ruralis*، ۷) *Tortula atrovirens*، ۸) *Syntrichia caninervis*.

جدول ۳: مقایسه میانگین حاصل از آزمون t در عمق ۵-۰ سانتی‌متری سطوح پوسته‌دار و فاقد پوسته

Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			Mean Difference	Std. Error Difference	پارامترها
آزمون F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)			
۱۰/۴۶۰	۰/۰۰۵	-۱/۵۳۹	۱۱/۴۷۷	۰/۱۵۱	-۰/۴۸۸	۰/۳۱۷	EC ds/m
۴/۲۷۶	۰/۰۵۳	-۱/۹۷۴	۱۸/۰۰۰	۰/۰۶۴	-۰/۲۰۷	۰/۱۰۵	pH
۲/۱۵۶	۰/۱۵۹	۵/۸۸۸	۱۸/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱/۰۲۵	۰/۱۷۴	درصد کربن آلی*
۱/۱۹۴	۰/۲۸۹	۲/۸۴۷	۱۸/۰۰۰	۰/۰۱۱	۱۳/۵۷۷	۴/۷۶۹	درصد کربنات کلسیم*
۰/۰۱۴	۰/۹۰۸	۰/۲۹۹	۱۸/۰۰۰	۰/۷۶۸	۰/۰۸۲	۰/۲۷۴	سدیم (mg/kg)
۰/۲۸۵	۰/۶۰۰	۰/۵۰۱	۱۸/۰۰۰	۰/۶۲۲	۲/۰۸۰	۴/۱۴۹	پتاسیم (mg/kg)
۰/۲۸۳	۰/۶۰۱	-۱/۱۸۷	۱۸/۰۰۰	۰/۲۵۱	-۰/۳۲۶	۰/۲۷۵	کلسیم (mg/kg)
۰/۰۰۶	۰/۹۴۱	۱/۱۴۵	۱۸/۰۰۰	۰/۲۶۷	۰/۳۹۶	۰/۳۴۶	منیزیم (mg/kg)
۱/۲۵	۰/۲۱	۴/۵۲	۱۸/۰۰	۰/۰۰	-۲۰/۷۳۰	۰/۲۴	نیتروژن(mg/kg)*
۲/۳۱	۰/۱۵	۳/۸۶	۱۸/۰۰	۰/۰۱	۱۳/۵۷۷	۰/۱۸	فسفر(mg/kg)*
۰/۲۰۳	۰/۶۵۸	-۰/۴۳۹	۱۸/۰۰۰	۰/۷۳۹	-۰/۰۸۵	۰/۲۵۱	نسبت جذب سدیم (SAR)
۰/۵۶۹	۰/۴۶۰	۰/۲۰۲	۱۸/۰۰۰	۰/۸۴۲	۰/۰۵۴	۰/۲۶۷	سدیم قابل تبادل ESP
۰/۱۲۷	۰/۷۲۵	-۱/۱۹۴	۱۸/۰۰۰	۰/۲۴۸	-۰/۶۰۰	۰/۵۰۲	CEC
۵/۲۷۸	۰/۰۳۴	-۱/۱۳۶	۱۲/۴۳۴	۰/۲۷۷	-۰/۱۹۴	۰/۱۷۱	درصد رطوبت*
۱/۹۴۴	۰/۱۸۰	-۲/۷۹۲	۱۸/۰۰۰	۰/۰۱۲	-۲۱/۷۷۳	۷/۷۹۸	درصد شن*
۶/۴۰۸	۰/۰۲۱	۳/۷۲۸	۱۱/۹۰۹	۰/۰۰۳	۲۷/۷۰۴	۷/۴۳۱	درصد سیلت *
۰/۱۵۶	۰/۶۹۷	-۲/۱۲۷	۱۸/۰۰۰	۰/۰۴۷	-۶/۷۰۴	۳/۱۵۲	درصد رس*

*نشان دهنده معنی‌داری بین گروه‌ها می‌باشد.

جدول ۴: مقایسه میانگین حاصل از آزمون t سطح (۵-۰) و عمق (۲۰-۵) خاک پوسته‌دار

Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			Mean Difference	Std. Error Difference	پارامترها
آزمون F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)			
۱۵/۲۷۴	۰/۰۰۱	-۲/۰۶۲	۱۰/۰۲۰	۰/۰۶۶	-۰/۸۵۲	۰/۴۱۳	EC ds/m
۴/۲۷۶	۰/۰۵۳	-۱/۹۷۴	۱۸/۰۰۰	۰/۰۶۴	-۰/۲۰۷	۰/۱۰۵	pH*
۲/۱۵۵	۰/۱۵۹	۵/۸۸۹	۱۸/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱/۰۲۵	۰/۱۷۴	درصد کربن آلی*
۱/۱۹۴	۰/۲۸۹	۲/۸۴۷	۱۸/۰۰۰	۰/۰۱۱	۱۳/۵۷۷	۴/۷۶۹	درصد کربنات کلسیم*
۰/۶۱۴	۰/۴۴۴	۰/۱۷۰	۱۸/۰۰۰	۰/۸۶۷	۱/۲۵۵	۷/۳۶۴	سدیم (mg/kg)
۰/۲۸۵	۰/۶۰۰	۰/۵۰۱	۱۸/۰۰۰	۰/۶۲۲	۲/۰۸۰	۴/۱۴۹	پتاسیم (mg/kg)
۱/۷۱۰	۰/۲۰۷	-۱/۴۵۷	۱۸/۰۰۰	۰/۱۶۲	-۱۹۱/۷۷۰	۱۳۱/۵۸۴	کلسیم (mg/kg)
۰/۰۶۰	۰/۸۰۹	۱/۱۰۳	۱۸/۰۰۰	۰/۲۸۵	۰/۴۹۰	۰/۴۴۵	منیزیم (mg/kg)
۰/۱۰۸	۰/۷۴۶	-۰/۲۵۹	۱۸/۰۰۰	۰/۷۹۹	-۰/۱۱۹	۰/۴۵۹	نسبت جذب سدیم (SAR)
۰/۳۷۳	۰/۵۴۹	۰/۳۱۲	۱۸/۰۰۰	۰/۷۵۹	۰/۱۴۳	۰/۴۵۸	سدیم قابل تبادل ESP
۰/۴۸۳	۰/۴۹۶	-۱/۲۲۲	۱۸/۰۰۰	۰/۲۳۸	-۱/۱۲۹	۰/۹۲۴	CEC
۱/۱۲۰	۰/۰۳۶	۰/۳۵۸	۱۸/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱.۲۶۵	۰/۲۵۹	درصد رطوبت*
۰/۷۵۲	۰/۴۵۲	۰/۱۴۵	۱۸/۰۰۰	۰/۰۷۰	۰/۴۸۵	۰/۴۸۵	درصد شن
۲/۱۹۰	۰/۱۲۴	۱.۴۸۵	۱۸/۰۰۰	۰/۰۸۷	-۱.۳۲۵	۰/۱۲۴	درصد سیلت *
۳.۲۶۷	۰/۰۴۲	۲.۸۳۷	۱۸/۰۰۰	۰/۰۱۰	۱.۰۲۵	۰/۸۷۵	درصد رس*

*نشان دهنده معنی‌داری بین گروه‌ها می‌باشد.

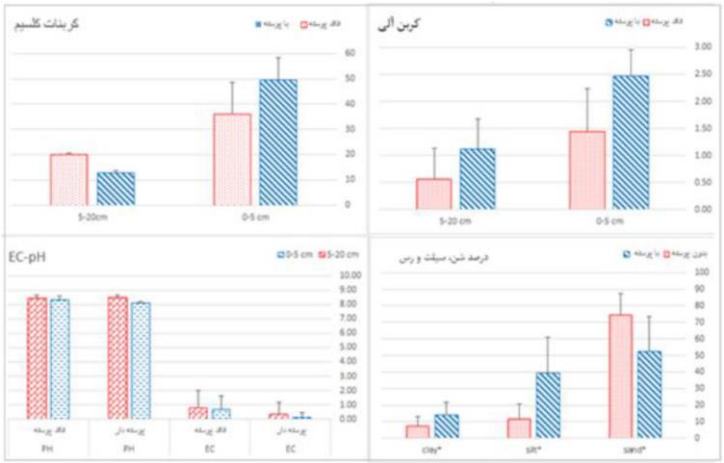
جدول ۵: مقایسه میانگین حاصل از آزمون t سطح (۵-۰) و عمق (۲۰-۵) خاک بدون پوسته

پارامترها	Std. Error Difference	Mean Difference	t-test for Equality of Means			Levene's Test for Equality of Variances	
			Sig. (2-tailed)	df	t	Sig.	Fآزمون
*EC ds/m	۰/۲۳۶	-۸/۶۹۴	۰/۰۰۰	۱۸/۰۰۰	-۳۶/۸۹۸	۰/۷۶۵	۰/۰۹۲
*pH	۰/۱۰۱	۰/۲۱۵	۰/۰۵۷	۱۱/۰۸۷	۲/۱۲۶	۰/۰۱۷	۶/۹۲۱
درصد کربن آلی*	۰/۱۹۴	-۱/۵۹۲	۰/۰۰۰	۱۸/۰۰۰	-۸/۲۲۰	۰/۵۶۷	۰/۳۴۱
درصد کربنات کلسیم*	۰/۲۹۰	-۲/۶۱۹	۰/۰۰۰	۱۸/۰۰۰	-۹/۰۴۴	۰/۰۶۰	۴/۰۱۶
سدیم (mg/kg)	۴/۱۵۱	-۸/۳۷۳	۰/۰۶۸	۱۱/۲۰۸	-۲/۰۱۷	۰/۰۱۰	۸/۲۲۰
پتاسیم (mg/kg)	۳/۶۰۹	-۳۰/۳۳۳	۰/۰۰۰	۱۸/۰۰۰	-۸/۴۰۴	۰/۴۰۷	۰/۷۲۲
کلسیم (mg/kg)	۳/۶۰۹	-۳۰/۳۳۳	۰/۰۰۰	۱۸/۰۰۰	-۸/۴۰۴	۰/۴۰۷	۰/۷۲۲
منیزیم (mg/kg)	۲۸۶/۲۹۶	-۲۴۹۳/۰۰۴	۰/۰۰۰	۱۳/۰۳۶	-۸/۷۰۸	۰/۰۰۹	۸/۴۹۸
نسبت جذب سدیم (SAR)	۰/۷۰۳	-۲/۰۹۷	۰/۰۰۸	۱۸/۰۰۰	-۲/۹۸۴	۰/۱۲۸	۲/۵۴۰
سدیم قابل تبادل ESP	۸۱/۹۹۹	-۹۸۶/۱۸۸	۰/۰۰۰	۹/۵۵۸	-۱۲/۰۲۷	۰/۰۰۰	۲۳/۷۲۷
CEC	۱۲۲/۱۵۸	-۱۴۶۹/۱۷۳	۰/۰۰۰	۹/۵۵۸	-۱۲/۰۲۷	۰/۰۰۰	۲۳/۷۲۷
درصد رطوبت	۳.۶۵۹	-۱۰.۲۶۵	۰/۰۶۷	۱۸.۰۰۰	۶.۱۲۵	۰/۰۰	۵/۱۲۰
درصد شن	۷.۵۹۴	-۸.۲۶۵	۰/۱۲۵	۱۸.۰۰۰	۸.۴۵۹	۰/۰۰	۳.۹۵۲
درصد سیلت	۸.۴۵۱	۵.۲۶۵	۰/۰۵۶	۱۳.۰۲۵	۱۲/۲۵	۰/۵۴۲	۲/۴۶۰
درصد رس	۱۰.۳۶۲	۴.۵۲۴	۰/۰۵۲	۱۲.۰۵۸	۱۰.۶۹۸	۰/۲۵۹	۷۵۹۴

*نشان دهنده معنی‌داری بین گروه‌ها می‌باشد.

قابلیت هدایت الکتریکی در هر دو عمق در سطوح پوسته‌دار نسبت به بدون پوسته کمتر است اما اختلاف آن معنی‌دار نمی‌باشد. علی‌رغم کمتر بودن pH در خاک‌های سطحی پوسته‌دار اختلاف آنها معنی‌دار نشد. اما کاهش pH در سطوح دارای خزه و گلسنگ نسبت به عمق آن تفاوت معنی-داری نشان می‌دهد. چامیزو و همکاران (۲۰۱۲) دریافتند که با توسعه پوسته از توالی‌های اولیه مانند سیانوباکتری های ابتدائی به سمت توالی های انتهایی مانند خزه و گلسنگ مقدار pH خاک کاهش می‌یابد، و همچنین میرالس و همکاران (۲۰۱۲) در مقایسه خاک بایر با خاک زیرپوسته‌ی سیانوباکتری و گلسنگی دریافتند که pH برای خاک بدون پوسته>سیانوباکتری >گلسنگ که بیانگر کاهش pH خاک در حضور و توسعه پوسته‌های زیستی است. حسن‌زاده بشتیان و همکاران (۱۳۹۷) نیز با بررسی توالی پوسته‌ها بر روی مخروط‌افکنه بینالود به نتایج مشابهی دست یافتند. آزمون مقایسه میانگین نشان داد مقدار سدیم در خاک سطحی پوسته‌دار نسبت به خاک بدون پوسته بیشتر بوده، اما در مقایسه خاک سطحی پوسته‌دار و بدون پوسته با عمق آن میزان سدیم کاهش یافته، اما هیچکدام از اختلافات معنی‌دار نیستند. میزان منیزیم در عمق ۵ سانتی‌متری خاک پوسته‌دار کمتر از خاک فاقد آن بوده، اما مقدار آن در سطح خاک بیشتر از عمق می‌باشد. نتایج آزمون T در دو نمونه دارای پوسته و فاقد آن نشان می‌دهد، مقدار پتاسیم خاک در خاک‌های دارای پوشش و سطح مقدار بالاتری داشته اما اختلاف آن معنی‌دار نیست. بر خلاف پتاسیم میزان کلسیم در خاک با پوسته ۲۳۴/۲۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ۴۲۵/۹۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک بدون پوسته افزایش داشته، اما این اختلاف نیز همانند پتاسیم معنی‌دار نمی‌باشد. بیمر و کلئوپاتک (۱۹۹۱) دلیل افزایش برخی عناصر خاک به خاطر حضور پوسته‌ها را به وجود عناصری چون مس، منیزیم، کلسیم، سدیم و روی که به سطح خارجی دیواره سلولی گلسنگ‌ها می‌چسبند مرتبط می‌دانند. هنگامی که گلسنگ خشک، خیس می‌شود، عناصر مذکور از دیواره گلسنگ شسته شده و به خاک وارد می‌شوند و به دلیل بار مثبتی که دارند توسط کلوئیدهای رس

که دارای بار منفی هستند جذب می‌شوند، در نتیجه مقدار آنها در چنین خاک‌هایی افزایش می‌یابد. ظرفیت کاتیون‌های تبادلی نیز برای خاک‌های پوسته دار کمتر از خاک فاقد پوشش است، اما این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نیست. درصد رطوبت در خاک دارای خزه و گلسنگ به میزان چشم‌گیری بیشتر از خاک فاقد پوسته است. این نتایج با مطالعات لی و همکاران (۲۰۰۲) و بوکر (۲۰۰۷) که بر روی اثر غیر مستقیم ژئومورفولوژی بر الگوی توزیع تنوع زیستی است، مطابقت دارد. آنها نشان دادند که در میان گونه‌های پوسته‌های زیستی خاک، سیانوباکتری‌ها و جلبک‌های سبز اغلب در اولین مراحل توالی از پوسته‌ها، سپس گلسنگ‌ها رخ داده است، سرانجام خزه‌ها در مراحل بعدی به تدریج ظاهر شده‌اند. آب به عنوان عامل غالب بر عملکرد ساختار صحرا در تنوع زیستی می‌باشد (وایتفورد، ۲۰۰۲). هر چه رطوبت خاک بالاتر، توسعه خزه به جای سیانوباکتری‌ها و گلسنگ‌ها تسهیل می‌گردد (لی و همکاران، ۲۰۰۲). افزایش رطوبت در سطوح پوسته‌دار را می‌توان اینگونه نیز تفسیر کرد که در طی بارندگی، صفحات پلی ساکاریدی موجود در سیانوباکترها و جلبک‌ها می‌توانند به سرعت چندین برابر وزن خود آب جذب کنند (بلنپ و گاردنر، ۱۹۹۳). بافت خاک فراوانی نسبی ذرات شن، رس و سیلت را در نمونه خاک نشان می‌دهد. بافت خاک در ترکیب و توزیع گونه‌هایی از اجتماع پوسته‌های زیستی تأثیر می‌گذارد، به‌طورکلی خاک‌هایی با بافت لوم سیلتی به میزان بیش‌تری جمعیت‌های مختلفی از سیانوباکترها، گل سنگ‌ها و خزه‌ها را درمقایسه با خاک‌های با بافت شنی نرم و رسی ریز نگه می‌دارند (کلینر و هارپر، ۱۹۹۷). بافت خاک‌ها در منطقه مورد مطالعه به طور عموم سبک تا متوسط بوده و به کلاس بافتی لوم تعلق دارد. در خاک‌هایی که دارای سیلت بیشتری می‌باشند، میزان پوشش پوسته‌های زیستی افزایش می‌یابد. مقایسه میانگین درصد شن و سیلت و رس بین دو سایت با پوسته و بدون پوسته معنی‌دار شد. میزان سیلت در خاک پوسته‌دار بیشتر از خاک فاقد پوسته است و رس در خاک فاقد پوشش بیشتر می‌باشد که با سایر نتایج محققین تطابق دارد (شکل ۶).



شکل ۶: نمودار مقایسه اثر پوسته خزه و گلسنگ بر کربن آلی، کربنات کلسیم، EC، pH و درصد ماسه و سیلت و رس (براساس مقایسات میانگین آزمون T در سطح اطمینان ۹۵٪ و با استفاده از خطای استاندارد رسم شده است).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به بررسی ارتباط پراکنش میان پوسته‌های خزه و گلسنگی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک در منطقه خشک و نیمه‌خشک پرداخته شده است. با کاهش EC و pH در خاک شاهد افزایش پوسته‌های خزه و گلسنگی هستیم. حضور پوسته‌ها در سطح (۵-۰) و عمق (۲۰-۵) سانتی‌متری باعث افزایش کربن‌آلی و کربنات‌کلسیم در خاک شده است. با افزایش میزان سیلت و بافت لومی خاک، نگهداشت رطوبت بیشتر در خاک و در نتیجه توسعه خزه و گلسنگ‌ها را به همراه دارد. اثرات زیست محیطی پوسته‌های زیستی خاک مانند تثبیت کربن و افزایش کربنات کلسیم توسطخزه‌ها و گلسنگ‌ها باعث حاصل‌خیزی خاک می‌گردد. در سطوح مختلف، حضور پوسته‌های زیستی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را دستخوش تغییر می‌کند. این پوسته‌ها با اثرگزاری بر خصوصیات و بهبود ساختار خاک نقش موثری در حاصل‌خیزی و افزایش غنای زیستی دارد.

سپاس‌گزاری

این پژوهش، بخشی از تحقیقات طرح پژوهشی شماره ۴۴۲۰۱-۳ در قالب پایان‌نامه تحصیلات تکمیلی می‌باشد که با حمایت مادی و معنوی دانشگاه فردوسی مشهد انجام یافته است.

پانوشت

1-Biological Soil Crusts (BSCs)

2-Gurbantunggut

منابع

-سپهر، ع. و پرویان، ن.، ۱۳۹۲. تهیه نقشه آسیب پذیری بیابانزایی و اولویت‌بندی راهبردهای مقابله در اکوسیستم‌های استان خراسان رضوی بر پایه الگوریتم نارتبهای پرامسه، پژوهشهای دانش زمین، دوره ۲، ص ۵۸ – ۷۱.

-حسن‌زاده، م. و سپهر، ع.، ۱۳۹۷. پراکنش پوسته‌های زیستی خاک در سطوح تحول سنی یک مخروط‌افکنه نیمه‌خشک، پژوهشهای دانش زمین، دوره ۹، ص ۱-۱۳.

-Belnap, J., Laxalt, M. and Peterson, P., 2001. Biological Soil Crusts: Ecology and Management, US Department of the Interior, Bureau of Land Management, National Science and Technology Center, Information and Communications Group.

-Belnap, J., 2006. The potential roles of biological soil crusts in dryland hydrologic cycles, Hydrological processes, v. 20(15), p. 3159-3178.

-Belnap, J. and Gardner, J.S., 1993. Soil microstructure in soils of the Colorado Plateau: the role of the cyanobacterium Microcoleus vaginatus, The Great Basin Naturalist, p.40-47.

-Belnap, J.A.Y.N.E. and Harper, K.T., 1995. Influence of cryptobiotic soil crusts on elemental content of tissue of two desert seed plants, Arid Land Research and Management, v. 9(2), p.107-115.

-Beymer, R. and Klopatek, J., 1991. Potential contribution of carbon by microphytic crusts in pinyon-juniper woodlands, Arid Land Research and Management, v. 5(3), p. 187-198.

-Bouyoucos, G.J., 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils, Agron, J, v. 54, p. 464-465.
-Bowker, M.A., 2007. Biological soil crust rehabilitation in theory and practice: an underexploited opportunity, Restoration Ecology, v. 15(1), p. 13-23.
-Chamizo, S., Cantón, Y., Lázaro, R., Solé-Benet, A. and Domingo, F., 2012. Crust composition and disturbance drive infiltration through biological soil crusts in semiarid ecosystems, Ecosystems, v. 15(1), p.148-161.
-Goudarzi, G., Daryanoosh, S.M., Godini, H., Hopke, P.K., Sicard, P., De Marco, A., Rad, H.D., Harbizadeh, A., Jahedi, F., Mohammadi, M.J. and Savari, J., 2017. Health risk assessment of exposure to the Middle-Eastern Dust storms in the Iranian megacity of Kermanshah, Public health, v. 148, p.109-116.
-Haussmann, N., 2011. Biogeomorphology: understanding different research approaches, Earth Surface Processes and Landforms, v. 36(1), p. 136-138.
-Harper, K.T. and Marble, J.R., 1988. A role for nonvascular plants in management of arid and semi arid rangelands. In: Tueller, P.T. (Ed.), Vegetation Science Applications for Rangeland Analysis and Management. Kluwer Academic, Dordrecht, p. 135–169.
-Kleiner, E.F. and Harper, K., 1977. Soil properties in relation to cryptogamic groundcover in Canyonlands National Park, Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives, v. 30(3), p. 202-205.
-Lanyon, L.E. and Heald, W.R., 1982. Magnesium, calcium, strontium and barium, Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, Madison, p. 247–262.
-Li, X.R., Jia, X.H., Long, L.Q. and Zerbe, S., 2002. Effects of biological soil crusts on seed bank, germination and establishment of two annual plant species in the Tengger Desert (N China), Plant and Soil, v. 277(1), p. 375-385.
- Li, X.R., He, M.Z., Zerbe, S., Li, X.J. and Liu, L.C., 2010"Micro-Geomorphology Determines Community Structure of Biological Soil Crusts at Small Scales," Earth Surface Processes and Landforms, v. 35, p. 932-940.
-Meier, L.P. and Kahr, G., 1999. Determination of the cation exchange capacity (CEC) of clay minerals using the complexes of copper (II) ion with triethylenetetramine and tetraethylenepentamine, Clays and Clay Minerals, v. 47 (3), p. 386e388.
-McCune, B., 2012. Key to the Lichen Genera of the pacific Northwest: B. McCune, 92 p.
-Miralles, I., Trasar-Cepeda, C., Leirós, M.C. and Gil-Sotres, F., 2012. Labile carbon in biological soil crusts in the Tabernas desert, SE Spain, Soil Biology and Biochemistry, v. 5, p. 1-8.
-Mclean, E., 1982. Soil pH and lime requirement, Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, Madison, v. 199–224.
-Nelson, D.W. and Sommers, L.E., 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter, In Methods of Soil Analysis Part 2, Chemical and Microbiological Properties, second edition, Page AL, Miller RH, Keeney DR (eds), American Society of Agronomy, Soil Science Society of America: Madison, WI, p. 539–577.

-Phillips, S.L. and Belnap, J., 1998. Shifting carbon dynamics due to the effects of Bromus tectorum invasion on biological soil crusts, Ecological Bulletin, v. 79, p. 205-222.
-Persona, A., Battini, D. and Rafele, C., 2008. Hospital efficiency management: the just-in-time and Kanban technique, International Journal of healthcare technology and management, v. 9(4), p.373-391.
-Rayment, G.E. and Lyons, D.J., 2011. Soil chemical methods: Australasia (v. 3). CSIRO publishing, 374 p.
-Rhoades, J., 1982. Soluble salts, Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, Madison, p. 167–179.
-Rosentreter, R., Bowker, M. and Belnap, J., 2007. A Field Guide to Biological Soil Crusts of Western U.S. Drylands, U.S. Government Printing Office, Denver, Colorado, 118 p.
-Smith, A.J.E., 2004. The moss flora of Britain and Ireland: Cambridge University Press, 324 p.
-Su, Y.G., Lin, W.U. and Zhang, Y.M., 2012. Characteristics of carbon flux in two biologically crusted soils in the Gurbantunggut Desert, Northwestern China, Catena, v. 96, p.41-48.
-Temina, M. and Nevo, E., 2009. Lichens of Israel: diversity, ecology and distribution, BIORISK-Biodiversity and Ecosystem Risk Assessment, v. 3, p. 127-136.
-Whitford, W.G., 2002. Ecology of desert systems: Academic Press, 343 p.
-Williams, A.J., Buck, B.J., Soukup, D. A. and Merkler, D.J., 2013. Geomorphic controls on biological soil crust distribution: a conceptual model from the Mojave Desert (USA), Geomorphology, v. 195, p. 99-109.
-Zedda, L., 2000. Lecanora leuckertiana sp. nov. (lichenized Ascomycetes, Lecanorales) from Italy, Greece, Morocco and Spain, Nova Hedwigia, v. 71(1-2): p. 107-112.