نقش پوشش گلسنگ در حفاظت خاک‌های لسی شمال استان گلستان از دیدگاه فیزیکوشیمیایی و میکرومورفولوژیکی

محمد عجمی* و فرهاد خرمالی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۵/۱۸)

چکیده

پوشش‌های بیولوژیکی سطح خاک مانند گلسنگ‌ها نقش‌های بسیار بحرانی در پایداری خاک و ممانعت از فرسایش بر عهده دارند. لذا به منظور مطالعه تأثیر پوشش بیولوژیک گلسنگ بر پایداری خاکدانه‌ها و حفاظت خاک، تپه‌های لسی پوشیده از گلسنگ و بدون پوشش در شمال استان گلستان انتخاب گردید. پنج نمونه از عمق صفر تا ۵ سانتی‌متری خاک هر دو ناحیه برای آنالیزهای فیزیکوشیمیایی برداشته شد. تعدادی خاک دست نخورده نیز به منظور مطالعات میکرومورفولوژیکی نمونه‌برداری گردید. تجزیه خاک منطقه نشان داد میزان کربن آلی خاک در اراضی تحت پوشش گلسنگ به میزان قابل توجهی در مقایسه با خاک بدون پوشش افزایش یافته است. میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها نیز نزدیک به سه برابر افزایش پیدا کرده است. رشته‌های هیف قارچی و پلی‌ساکاریدهای ترشح شده از گلسنگ با پیوند ذرات خاک به یکدیگر سبب افزایش اندازه خاکدانه‌ها می‌شوند. مطالعه میکرومورفولوژیکی مقاطع نازک نشان داد خاک‌های بدون پوشش دارای ساختمان ضعیف و متراکم بوده ولی خاک‌های تحت پوشش گلسنگ ساختمان دانه‌ای متخلخل و هم‌چنین بلوکی زاویه‌دار با جداشدگی خوب همراه با سهم بالایی از حفرات را دارا هستند. به دلیل تأثیر گلسنگ در حرکت رو به بالای کربنات کلسیم، بی- فابریک کریستالیتیک در لایه سطحی خاک و بی- فابریک لکه‌ای در بخش زیرین آن به وجود آمده است. بقایا و فضولات موجودات خاکزی از رایج‌ترین پدوفیچرها در خاک‌های پوشیده از گلسنگ می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: گلسنگ، پایداری خاکدانه‌ها، حفاظت خاک، میکرومورفولوژی، لس

۱. به ترتیب کارشناس ارشد و دانشیار علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: m_ajami2004@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

گلسنگ (Lichen) به عنوان یکی از پوشش‌های بیولوژیکی سطح خاک (Biological soil crusts)، ترکیب و ساختار پیچیده‌ای است متشکل از قارچ‌ها، جلبک‌ها و سیانوباکترها که در سطح یا لایه‌های نزدیک به سطح زمین رشد می‌کند (۹). این پوشش بیولوژیکی با اسامی گوناگونی مانند میکروفلورال (Microfloral)، میکروفیتیک (Microphytic)، کریپتوبیوتیک (Cryptobiotic) و کریپتوگامیک (Cryptogamic) شناخته می‌شود.

اهمیت فراوان پوشش‌های بیولوژیکی سبب گردیده تا طی دهه‌های اخیر به بررسی نقش آنها در خاک و فرایندهای اکولوژیکی انجام شده توسط آنها به خصوص در نواحی خشک و نیمه خشک پرداخته شود (۲۸). ساختار و عملکرد این پوشش‌ها به عنوان پیشتازان تثبیت نیتروژن در مناطق خشک از مسائل مورد علاقه اکولوژیست‌هاست (۳۲). علاوه بر انجام فرایند تثبیت نیتروژن و تأمین کربن خاک (۶)، پایداری خاک و ممانعت از فرسایش نیز از دیگر نقش‌های مهم آنها به شمار می‌آید (۱۱). لالی و همکاران (۱۸) با تأکید بر نقش مؤثر گلسنگ در انجام تمامی این نقش‌های مذکور، از آنها به عنوان «جزایر حاصل‌خیزی» (Islands of fertility) در شرایط بسیار خشک مانند بیابان‌های عاری از گیاهان عالی یاد نموده‌اند.

پوشش‌های بیولوژیکی سطح خاک عامل تشدیدکننده در هم‌آوری ذرات خاک و پایداری خاکدانه‌ها (Aggregate stability) و در نتیجه جلوگیری از فرسایش خاک محسوب می‌شوند. محققین مختلفی از جمله الدریج و گرین (۱۰) و بلنپ و ژیلت (۴) نشان داده‌اند که پوشش گلسنگ موجود در سطح خاک می‌تواند از هدررفت خاک به وسیله آب و باد جلوگیری به عمل آورد. آنها معتقدند نقش گلسنگ از سایر پوشش‌های بیولوژیکی مانند سیانوباکترها یا جلبک‌ها بیشتر است. پوشش‌های توسعه یافته گلسنگ در سطح خاک‌های سیلتی و شنی میزان مقاومت خاک را به فرسایش ۲ تا ۱۳۰ برابر در مقایسه با خاک‌های بدون پوشش یا با پوشش‌های ضعیف بیولوژیکی افزایش می‌دهد (۳ و ۲۳). بلنپ و همکاران (۵) میکروتوپوگرافی ناهموار ایجاد شده توسط پوشش بیولوژیکی را عامل مؤثر در جلوگیری از فرسایش بادی می‌دانند.

پلی‌ساکاریدهای مترشحه از این پوشش‌ها موجب پیوند ذرات خاک به یکدیگر و افزایش اندازه و وزن خاکدانه‌ها می‌شوند. بسیاری از دانشمندان بر این عقیده‌اند که این پوشش‌ها در حفظ خاک‌های شنی بی ثبات موجود در اراضی شیبدار و هم‌چنین خاک‌های کم عمق نقش مهمی ایفا می‌نمایند. حضور چنین پوشش‌هایی در سطح خاک می‌تواند نقش بسیار مؤثری در پایداری خاکدانه‌ها ایفا کند (۱۴ و ۲۶).

تیسدال و اودس (۳۰) نشان دادند که هیف قارچ‌های موجود در ساختار گلسنگ با پیوند خاکدانه‌هایی به اندازه کوچک‌تر از ۲۵ میلی‌متر به یکدیگر و تشکیل ذراتی به بزرگی ۴۰ میلی‌متر از میزان فرسایش خاک می‌کاهد. علاوه بر هیف‌های قارچ، پلی‌ساکاریدهای ترشح شده از بخش فتوبیونت گلسنگ (سیانوباکتر یا جلبک) نیز ذرات خاک را به یکدیگر پیوند داده و اندازه خاکدانه‌ها را افزایش می‌دهند. همگام با بزرگ‌تر شدن اندازه خاکدانه‌ها بر وزن آنها نیز افزوده شده و بنابراین مقاومت بیشتری در مقابل فرسایش از خود نشان می‌دهند (۵). برونیک و لعل (۷) مواد آلی مترشحه از موجودات زنده خاک را عامل بسیار مؤثری در استحکام و مقاومت خاکدانه‌ها معرفی کرده‌اند. آنها معتقدند رشته‌های هیف قارچ‌ها با در برگرفتن ذرات و آزاد کردن ترکیبات آلی به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل پیوند دهنده ذرات خاک، سبب تشکیل خاکدانه می‌شوند. آستا و همکاران (۱) با مشاهده میکروسکوپی مقاطع نازک خاک‌های پوشیده از گلسنگ اظهار داشتند که بیشترین تماس میان خاک و گلسنگ از طریق بخش قارچی آن صورت گرفته است. هم‌چنین پلی‌ساکاریدهای مترشحه از گلسنگ نقش مهمی در تشکیل خاکدانه ایفا می‌کنند.

به طور کلی گلسنگ‌ها قادر به رشد در خاک‌های فقیر از نظر عناصر غذایی هستند. خاک‌های کم عمق زیستگاه مناسبی

Archive of SID
www.SID.ir

برای گلسنگ یا سایر پوشش‌های بیولوژیکی محسوب می‌شوند. خاک دارای بافت لوم سیلتی و حاوی گچ یکی از انواع خاک‌های ایدآل برای رشد گلسنگ است، در حالی که خاک‌های درشت بافت از پوشش بیولوژیکی محدودی در سطح خود برخوردارند (۱۳). بلنپ و همکاران (۵) نیز اظهار می‌دارند که خاک‌های آهکی و گچی دارای پوشش‌های وسیع‌تری از گلسنگ در سطح خود هستند.

فلور گلسنگ در ایران به لحاظ تنوع آب و هوایی، زمین شناسی و توپوگرافی فراوان، بسیار غنی بوده و از بیابان‌های خشک تا جنگل‌های سرد مناطق کوهستانی گسترده است (۱۴). بخشی از خاک‌های استان گلستان واقع در شمال ایران خشک می‌باشند و به دلیل وجود مواد لسی و شبه لسی در معرض تلفات از طریق فرسایش آبی و بادی هستند، بنابراین استفاده از راه‌کارهایی جهت کاهش یا جلوگیری از فرسایش خاک در این مناطق از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از این رو پژوهش حاضر با هدف بررسی نقش پوشش بیولوژیکی گلسنگ در تشکیل ساختمان و وضعیت پایداری خاکدانه‌ها با تأکید بر مکانیسم‌های فیزیکی و شیمیایی مؤثر در حفاظت خاک و کاهش فرسایش انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه تپه‌های لسی موجود در نزدیکی مرز ایران و ترکمنستان واقع در شمال استان گلستان و حواشی تالاب بین المللی آلاگل می‌باشد (عرض شمالی ۳۷ درجه و ۲۰ دقیقه و طول شرقی ۵۴ درجه و ۳۴ دقیقه) (شکل ۱). منطقه مطالعاتی با متوسط بارندگی سالیانه کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر از اقلیم خشک برخوردار است. متوسط دمای روزانه منطقه ۱۷/۴ درجه سانتی‌گراد تخمین زده شده است. اراضی مورد مطالعه متشکل از تپه های لسی است. تصور می‌شود که منشاء رسوبات لسی منطقه دشت قره قوم در ترکمنستان است که توسط باد به ایران آورده شده‌اند و تا بخش‌هایی از مرز شمالی و مراوه تپه نیز امتداد یافته‌اند (۱۴).

عملیات صحرایی و نمونه‌برداری خاک

به منظور شناسایی علمی خاک‌های منطقه یک نیمرخ به عنوان شاهد حفر و تشریح شد. بر اساس سیستم طبقه‌بندی خاک آمریکایی (Soil survey staff) (۲۷) خاک‌های منطقه مورد مطالعه در زیرگروه تیپیک توری اورتنتز (Typic Torriorthents) قرار می‌گیرند (شکل ۲). با توجه به وجود پوشش گلسنگ در برخی نواحی منطقه، از خاک لایه سطحی (تا عمق ۵ سانتی‌متر) مناطق دارای پوشش (شکل ۳) و فاقد پوشش گلسنگ نمونه‌برداری انجام شد (پنج نمونه از هر منطقه). جعفری و همکاران (۱۴) معتقدند پوشش‌های بیولوژیکی، بیشترین تأثیر را در عمق صفر تا پنج سانتی‌متری بر جای می‌گذارند. هم‌چنین با استفاده از قالب‌های مخصوص (با ابعاد ۵×۱۲×۱۲ سانتی‌متر) چند نمونه خاک دست نخورده جهت انجام مطالعات میکرومورفولوژیکی نیز برداشته شد. عملیات نمونه‌برداری در فصل بهار صورت پذیرفت. شرایط خاک‌های شور منطقه موجب شده تا به جز برخی گیاهان نمک‌دوست که به صورت پراکنده ملاحظه می‌شوند اثری از رستنی‌های عالی دیده نشود.

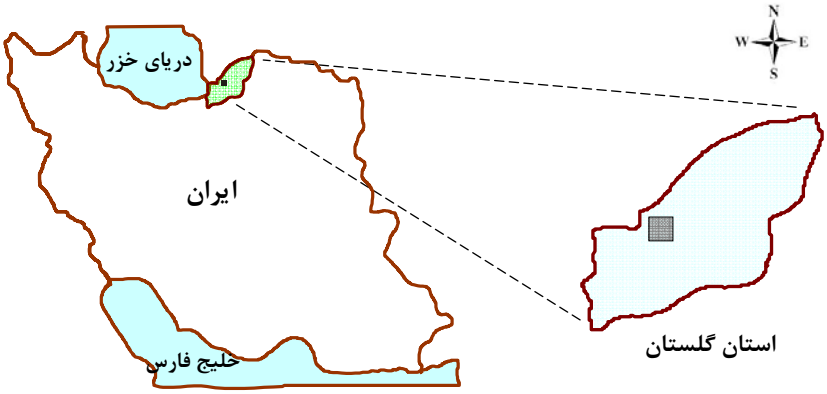
تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک و مقایسه آماری داده‌ها

نمونه‌های خاک تهیه شده از منطقه به آزمایشگاه منتقل شدند و پس از هوا خشک شدن و عبور از الک شماره ۱۰ مورد آزمایش قرار گرفتند و برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها به صورت زیر تعیین شد:

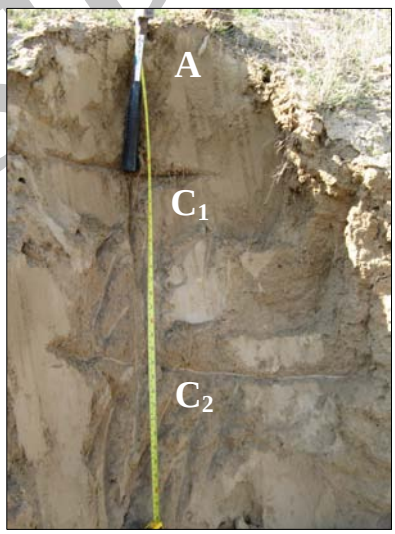
بافت خاک به روش هیدرومتری تعیین و اسیدیته خاک در حالت گل اشباع و با استفاده از دستگاه pH متر اندازه‌گیری شد. هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی، در عصاره اشباع انجام شد (۲۵). کربن آلی با اکسیداسیون توسط دی کرومات پتاسیم اندازه‌گیری شد (۲۴). آهک به روش خنثی کردن مواد خنثی شونده با اسیدکلریدریک و تیتراسیون اسید

Archive of SID

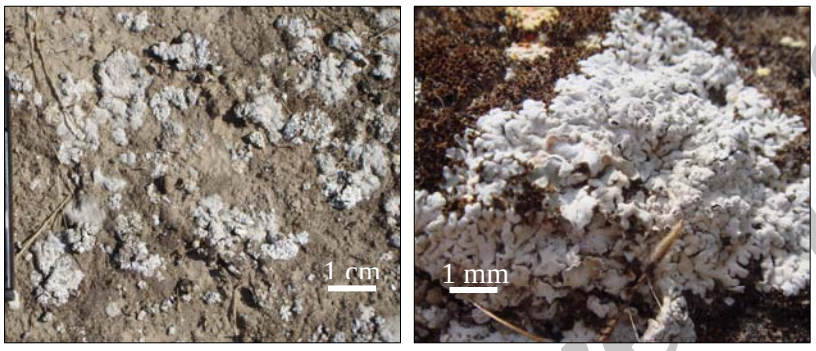
www.SID.ir



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و در استان گلستان



شکل ۲. نیمرخ خاک منطقه مورد مطالعه



شکل ۳. تصاویری از خاک‌های پوشیده از گلسنگ سفید در منطقه

اضافی با سود صورت پذیرفت (۲۵). ظرفیت تبادل کاتیونی از روش جانشین کردن یون سدیم به جای کلیه کاتیون‌های قابل تبادل با استفاده از محلول استات سدیم (pH=۸/۲) و جدا نمودن یون‌های سدیم جانشین شده توسط محلول استات آمونیوم (pH=۷) و اندازه‌گیری میزان سدیم جمع‌آوری شده در محلول (معادل کلیه کاتیون‌های قابل تبادل) با دستگاه فلیم فتومتر تعیین گردید (۸). پایداری خاکدانه‌ها به روش الک مرطوب اندازه‌گیری و کمیت آن به عنوان میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (Mean weight diameter, MWD) بیان شد (۱۶).

داده‌های به دست آمده از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد آنالیز قرار گرفتند و جهت مقایسه آماری داده‌ها از آزمون تی- تست (T-test) استفاده گردید.

مطالعات میکروسکوپی مقاطع نازک خاک

نمونه‌های دست نخورده خشک شده ابتدا با رزین پلی‌استری که توسط استون رقیق شده بود تلقیح و پس از سخت شدن برش داده شدند. قطعات به دست آمده با استفاده از چسب رزین غلیظ به اسلایدهای شیشه‌ای چسبانده شده و سپس با کمک دستگاه برش به مقاطع نازکی با ضخامت نهایی ۳۰ میکرون تبدیل شدند. مطالعه میکرومورفولوژیکی روی مقاطع نازک

www.SID.ir

خاک با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان، زیر نور قطبی شده ساده (Plain) و متقاطع (Cross) و بر اساس روش‌ها و تعاریف استوپس (۲۹) صورت پذیرفت. طی مطالعات میکروسکوپی، وضعیت ریزساختمان (Microstructure)، حفرات (Voids) و میزان تخلخل (Porosity)، بی-فابریک (b-fabric) و پدوفیچر (Pedofeature) بیشتر از سایر موارد مورد تأکید قرار گرفت. جهت کمی کردن پارامترهای میکرومورفولوژیک به خصوص حفرات، تصویر مقاطع با استفاده از نرم‌افزار Image tools مورد آنالیز قرار گرفتند (۳۱) (شکل ۴). در این روش پس از وارد نمودن تصاویر در نرم‌افزار ابتدا آنها را به وضعیت مقیاس خاکستری (Grayscale) تبدیل نموده و سپس با ورود به مسیرهای فرایندسازی (Processing)، تعیین حد بحرانی (Threshold) و آنالیز (Analysis) حدود حفرات تعیین شد.

نتایج و بحث

تجزیه‌های فیزیکوشیمیایی خاک و مقایسه تغییرات

برخی از نتایج حاصل از تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک‌های منطقه مطالعاتی در جدول‌های ۱ و ۲ آمده است. اطلاعات موجود در جدول شماره ۱ بیانگر تکامل بسیار ضعیف خاک منطقه است و همان‌گونه که پیش‌تر نیز اشاره شد این خاک در زیرگروه تیپیک توری اورتنتز طبقه‌بندی گردید. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه‌های آزمایشگاهی، میزان شوری خاک منطقه بالا بوده و در چنین شرایطی به دلیل استقرار پوشش‌های گیاهی بسیار ضعیف، نقش پوسته‌های بیولوژیک در سطح خاک از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد.

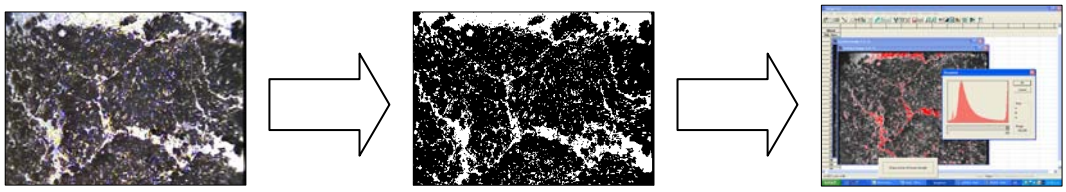
همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود میزان کربن آلی خاک در اراضی تحت پوشش گلسنگ به میزان معنی‌دار و قابل توجهی در مقایسه با خاک بدون پوشش افزایش یافته بطوریکه مقدار آن از ۰/۰۷٪ در خاک بدون پوشش به ۰/۵۳٪ در خاک با پوشش گلسنگ رسیده است ($P\leq$۰/۰۱). جعفری و همکاران (۱۴) افزوده شدن بقایای پوشش گلسنگ را عامل اصلی تفاوت در میزان مواد آلی خاک بین دو منطقه می‌دانند. کلاینر و هارپر (۱۷) نیز مشاهده کردند که خاک‌های بدون پوشش بیولوژیکی از میزان مواد آلی کمتری برخوردارند. درصد رطوبت اشباع نیز در خاک‌های دارای پوشش گلسنگ بیشتر از خاک‌های فاقد گلسنگ است ($P\leq$۰/۰۱). تحقیقات نشان داده است که درصد رطوبت اشباع خاک با درصد مواد آلی و مقدار رس رابطه مستقیم دارد به طوری‌که با افزایش عوامل مذکور درصد رطوبت اشباع خاک نیز افزایش می‌یابد. ارتقاء این پارامتر نشانگر کاهش پتانسیل خاک در مقابله با وقوع رخداد فرسایش است. هم‌چنین میزان رطوبت در زمان نمونه‌برداری در خاک بدون پوشش و دارای پوشش گلسنگ به ترتیب ۲۷/۴ و ۳۶/۳ درصد محاسبه شد که حاکی از توانایی بیشتر خاک دارای پوشش در حفظ و نگه‌داری رطوبت می‌باشد (جدول ۲).

علاوه بر میزان مواد آلی در خاک دارای پوشش گلسنگ، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) نیز به میزان قابل توجهی ارتقاء یافته و مقدار آن از ۰/۴۵ میلی‌متر در ناحیه بدون پوشش به ۱/۲۳ در خاک با پوشش افزایش پیدا کرده است ($P\leq$۰/۰۱) (جدول ۲). دلیل اصلی این افزایش نزدیک به سه برابری را باید عمدتاً به حضور مواد آلی بیشتر در نواحی پوشیده از گلسنگ نسبت داد. مواد آلی حاصل از گلسنگ موجب پیوند هرچه قوی‌تر بین ذرات خاک و ایجاد خاکدانه‌های پایدارتر در اراضی منطقه شده است.

به عقیده بسیاری از پژوهشگران، مواد آلی در تشکیل و پایداری خاکدانه‌ها نقش کلیدی دارند. کاودیر و همکاران (۱۵) میزان پایداری خاکدانه‌ها را بیش از هر عامل دیگری با ماده آلی خاک در ارتباط می‌دانند. مطالعات بسیاری از محققین از جمله بلنپ و همکاران (۵) نشان می دهد که ترکیبات آلی پلی‌ساکاریدی مترشحه از گلسنگ می‌توانند همانند چسب موجب پیوند هر چه قویتر بین ذرات خاک و ایجاد خاکدانه‌های پایدار شوند. لینچ و براگ (۱۹) و بار-اور و دنین (۲) اتصال فیزیکی ذرات خاک توسط رشته‌های هیف بخش قارچ را نیز عامل مهم دیگری در پیوند ذرات و تشکیل خاکدانه‌های پایدار معرفی می‌کنند. تیسدال و اودس (۳۰) نشان دادند که چگونه

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۴. مراحل آنالیز تصویر در نرم افزار Image tools

جدول ۱. نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی نیمرخ خاک مورد مطالعه

افق	عمق (cm)	pH	EC (dSm^{-1})	SP (%)	OC (%)	CCE (%)	CEC ($cmol(c)kg^{-1}$)	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)
A	۰-۳۰	۷/۵	۴۶/۹	۳۶/۸	۰/۴	۳۲	۵/۹	۲۰/۰	۴۲/۵	۳۷/۵
C_1	۳۰-۶۰	۸/۲	۲۱/۶	۳۴/۶	۰/۳	۲۴	۴/۸	۱۳/۳	۶۶/۶	۲۰/۱
C_2	۶۰-۱۲۰	۷/۸	۲۰/۰	۳۳/۹	۰/۲	۲۵/۵	۵/۱	۱۶/۶	۶۲/۵	۲۰/۹

جدول ۲. میانگین مقادیر برخی پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک‌های منطقه در عمق ۵-۰ سانتی‌متر سطحی

نمونه	pH	EC (dSm^{-1})	SP (%)	OC (%)	CCE (%)	CEC ($cmol(c)kg^{-1}$)	رطوبت (%)	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	MWD (mm)
بدون پوشش گلسنگ	۸/۱	۴/۰	۳۴/۱	۰/۰۷	۲۰/۸	۲/۱	۲۷/۴	۱۷/۲	۵۵/۶	۲۷/۲	۰/۴۵
با پوشش گلسنگ	۸/۲	۱/۴	۳۹/۱	۰/۵۳	۱۷/۱	۳/۵	۳۶/۳	۱۷/۵	۵۵/۵	۲۷/۰	۱/۲۳

هیف قارچ می‌تواند با تبدیل خاکدانه‌های ریز به انواع درشت‌تر باعث کاهش میزان فرسایش شود. الدریج و گرین (۱۰) بیان می‌دارند هیف قارچی مستقر در بخش زیرین گلسنگ، ذرات خاک را در بر می‌گیرند (Encapsulate) و آنها را به هم پیوند می‌دهد.

ترشح ترکیبات آلی به خاک به ویژه مواد پلی‌ساکاریدی چسب مانند و هم‌چنین به دام افتادن فیزیکی ذرات خاک توسط هیف‌های بخش قارچی گلسنگ را باید از مهم‌ترین مکانیسم‌های حفاظتی این نوع پوشش‌های بیولوژیکی در مقابله با فرسایش خاک منطقه مورد مطالعه برشمرد.

نتایج به دست آمده از این آزمایش نشان داد که از بین پارامترهای فیزیکوشیمیایی مقدار هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در حضور پوشش گلسنگ به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت ($P\leq ۰/۰۱$). به نظر می‌رسد پوشش‌های بیولوژیکی سطح خاک می‌توانند با سازوکارهای خاصی شوری خاک را به میزان قابل ملاحظه کاهش دهند. مطالعه این فرایند نیازمند پژوهش‌های بیشتری است. بافت خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی و کربنات کلسیم معادل پارامترهایی بودند که طبق نتایج این تحقیق از حضور پوسته‌های بیولوژیکی گلسنگ متأثر نشداند (جدول ۲).

مشاهدات میکروسکوپی و بررسی میکرومورفولوژیکی خاک

جدول ۳ به برخی از مهم‌ترین خصوصیات میکرومورفولوژیکی خاک‌های منطقه مطالعاتی اشاره می‌کند. با توجه به اهمیت مطالعات میکروسکوپی در بررسی هر چه دقیق‌تر تغییر و تحولات، این بخش را به لحاظ چند پارامتر مهم

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳. خصوصیات میکرومورفولوژیکی خاک‌های مورد مطالعه

نمونه	میکروساختمان	حفرات	بی- فابریک	c/f* نسبت	پدوفیچر	کانی‌های درشت
بدون پوشش‌گلسنگ	توده‌ای	-	کریستالیتیک (کلسیتیک)	پورفیریک	-	کوارتز، کلسیت
با پوشش گلسنگ	دانه‌ای، بلوکی زاویه‌دار (با جداشدگی خوب)	کانال (با پهنای ۲۰ تا ۳۰۰ میکرومتر) (۵۰٪>)، واگ	لکه‌ای و به طور جزیی کریستالیتیک (کلسیتیک)	پورفیریک	فضولات موجودات زنده	کوارتز، کلسیت

*: نسبت ذرات درشت به ریز

میکرومورفولوژیکی یعنی ریزساختمان و تخلخل، بی- فابریک و پدوفیچر مورد بررسی و ارزیابی قرار خواهیم داد.

ریزساختمان و تخلخل

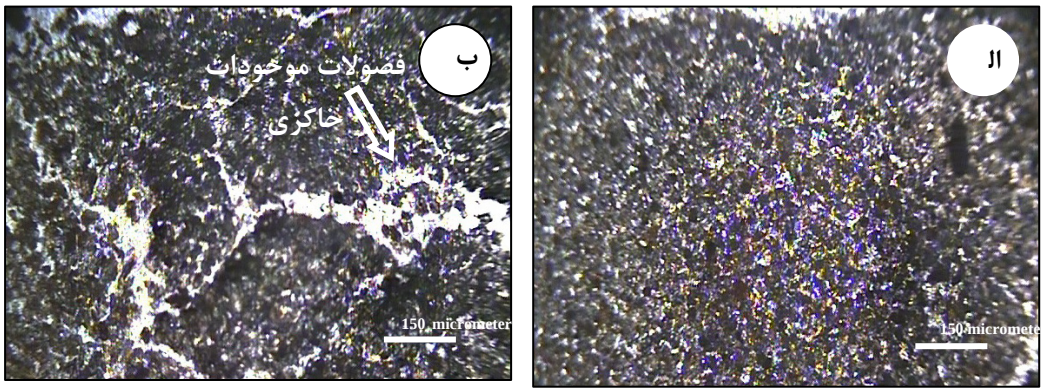
از بین پارامترهای میکرومورفولوژیک مورد مطالعه خاک ریزساختمان و تخلخل بیشترین تأثیرپذیری را از پوشش بیولوژیکی گلسنگ داشته‌اند. مطالعه مقاطع نازک خاک نشان داد که خاک بدون پوشش دارای ساختمان ضعیف و توده‌ای (Massive) بوده که این امر عمدتاً ناشی از عدم وجود مواد آلی قابل ملاحظه در این ناحیه از اراضی است. اما خاک‌های تحت پوشش گلسنگ ساختمان متخلخل قوی دانه‌ای (Granular) و بلوکی زاویه دار با جداشدگی خوب (Well separated angular blocky) دارند (شکل ۵). استوپس (۲۹) وجود ساختمان‌های دانه‌ای را در خاک با فعالیت‌های بیولوژیکی مرتبط می‌داند. بسیاری از مشاهدات نشان می‌دهد که پوسته‌های میکروبی سطح خاک از عوامل مهم ایجاد ساختمان‌های پایدار هستند (۱۰ و ۱۲). نتایج مطالعات میکروسکوپی نشان می‌دهد که در خاک‌های پوشش دار حفرات بیشتر از نوع کانال (Channel) و واگ (Vugh) می باشند.

مطالعات و مشاهدات میکروسکوپی آستا و همکاران (۱) نشان می‌دهد که اندام‌های ریشه مانند (Rhizomorphs) گلسنگ با ایجاد پیوند بین ذرات معدنی خاک موجب هرچه پایدارتر شدن ساختمان خاک می‌شوند این پژوهشگران معتقدند که تماس گلسنگ با خاک صرفاً از طریق بخش قارچی آن رخ می‌دهد و هم‌چنین بخش قارچی با عملکرد مکانیکی خود و از طریق نفوذ یک شبکه میسلیومی ۲ تا ۳ میلی‌متری به درون مواد خاکی، ضمن فراهم نمودن شرایط جهت رخداد هوادیدگی شیمیایی، در تشکیل ساختمان‌های پایدار خاک نیز مؤثر واقع می شود. باز آرایی ذرات معدنی منجر به تشکیل خاکدانه‌های پایدار زیست- معدنی (Bio-mineral) خواهد شد. مالام ایسا و همکاران (۲۰) نیز طی بررسی‌های میکرومورفولوژیکی دریافتند که پوسته‌های بیولوژیکی سطح خاک می‌توانند نقش حساس و برجسته‌ای در تشکیل ساختمان ایفا نمایند.

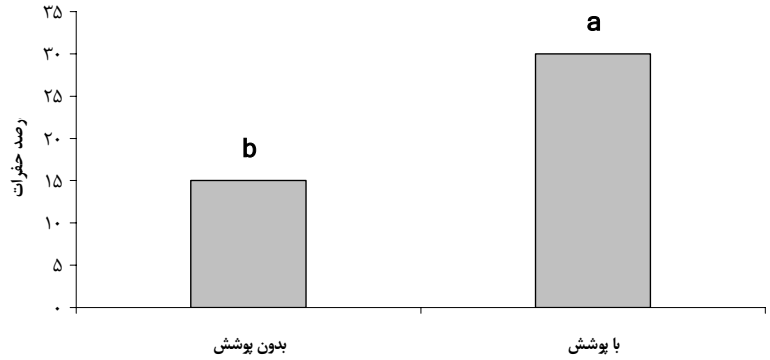
آنالیز تصویری مقاطع با استفاده از نرم افزار نیز نشان داد که میزان درصد نسبی حفرات در سطح خاک‌های دارای پوشش گلسنگ و خاک‌های بدون پوشش به ترتیب ۳۰ و ۱۵ درصد است (شکل ۶). مالام ایسا و همکاران (۲۱) بر اساس نتایج مطالعات خود اظهار می دارند که پلی ساکاریدها و پلیمرهای آب گریز (Hydrophobic) مترشحه از پوشش‌های بیولوژیک خاک تأثیر مهمی بر ایجاد تخلخل خواهد گذاشت. آنها مشاهده کردند که خاک‌های با پوشش متراکم‌تر بیولوژیکی از میزان تخلخل بالاتر در مقایسه با سایر خاک‌ها برخوردارند (۲۲) در نتیجه قدرت نگهداری آب نیز در این گونه خاک‌ها بیشتر است و خصوصیات مذکور به میزان قابل توجهی با طبیعت آب گریز بودن ترکیبات ترشح شده بیولوژیکی مرتبط است (۲۱).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۵. تصاویر میکروسکوپی از ساختمان و حفرات خاک بدون پوشش (الف) و با پوشش گلسنگ (ب)
(شکل الف ساختمان متراکم را نشان می دهد در حالی که در شکل ب ساختمان بلوکی با جداشدگی خوب دیده می شود)

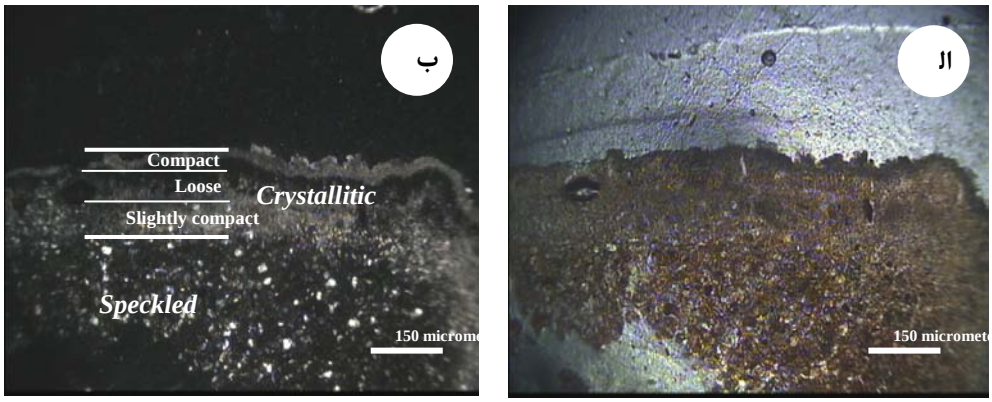


شکل۶. نمایش مقایسه مقادیر حفرات خاک بر اساس نتایج حاصل از آنالیز تصویری
(حروف غیرمشابه حاکی از تفاوت معنی‌دار دو نوع خاک به لحاظ مقدار حفرات می‌باشد)

بی- فابریک

نگاه میکروسکوپی دقیق‌تر به لایه نازک پوشش گلسنگ در سطح خاک‌های منطقه حاکی از ایجاد دو نوع بی- فابریک متفاوت در زمینه خاک است به طوریکه تنها در ضخامت حدود ۱ میلی‌متری لایه فوقانی خاک بی-فابریک کریستالیتیک (Crystallitic) و در بخش زیرین آن بی- فابریک لکه ای (Speckled) شکل گرفته است (شکل ۷). بی-فابریک کریستالیتیک پدید آمده در سطح ناشی از حضور مقادیر قابل توجه ترکیبات آهکی است که توسط گلسنگ به صورت یک لایه نازک متراکم تجمع یافته است. این لایه می‌تواند ابزار محافظتی مناسبی در جهت جلوگیری از فرسایش خاک در منطقه فراهم آورده و به پایداری ساختمان خاک کمک شایانی نماید. پیدایش بی- فابریک لکه‌ای در نواحی ریسه قارچ مؤید حرکت رو به بالای آهک بوده و ایجاد چنین شرایطی نیز درست در لایه‌های نزدیک به سطح خاک می‌تواند با قوی‌تر نمودن نقش چسبندگی ذرات رس در اتصال هرچه بیشتر ذرات خاک به یکدیگر از تلفات خاک به نحو قابل توجهی ممانعت به عمل آورد. مکانیسم دقیق تشکیل این پوسته آهکی در سطح خاک مشخص نیست ولی شاید یکی از دلایل مهم آن را انحلال آهک (به دلیل افزایش گاز CO_2 حاصل از تنفس گلسنگ) و جذب متعاقب آن دانست. در خاک بدون پوشش گلسنگ بی- فابریک تماماً کریستالیتیک بوده و مناطق تجمع آهک دیده نمی‌شود (شکل ارائه نشده است).

www.SID.ir



شکل ۷. تصاویر میکروسکوپ پلاریزان از پوشش گلسنگ در دو نور ساده (الف) و متقاطع (ب)

پدوفیچر

همان‌گونه که در جدول ۳ و در شکل ۵- ب نیز دیده می‌شود بقایا و فضولات موجودات خاکزی (Excremental pedofeatures) در زمره رایج‌ترین پدوفیچرهای خاک‌های با پوشش گلسنگ هستند به طوری‌که وجود آنها تأییدی بر فعالیت‌های بیولوژیکی قابل توجه در این خاک‌هاست. پوشش‌های بیولوژیک گلسنگ توانسته‌اند با فراهم آوردن ابتدایی‌ترین شرایط اکولوژیکی امکان زندگی و فعالیت برخی موجودات خاکزی را فراهم نمایند. همان‌گونه که پیشتر اشاره شد پایداری خاکدانه‌ها و حفاظت خاک از یک سو به واسطه مکانیسم‌های فیزیکوشیمیایی خاصی است که پوشش گلسنگ بر خاک اعمال می‌کند و از سویی حمایت این پوشش‌های بیولوژیکی از فعالیت سایر جانداران خاک است که می‌تواند آن را تقویت نماید. مطالعات بسیاری در زمینه تشکیل ساختمان در خاک نشان داده است که فعالیت‌های بیولوژیک یکی از عوامل مؤثر در شکل‌گیری ساختمان‌های پایدار است. اما در خاک‌های بدون پوشش گلسنگ هیچ‌گونه پدوفیچر بیولوژیک در مطالعات میکرومورفولوژیکی دیده نشد.

نتیجه‌گیری

حضور پوشش گلسنگ به عنوان یک میکروارگانیسم پیشتاز در فرایند خاکسازی، از یکسو موجبات هوادیدگی را فراهم نموده و سرعت روند تشکیل خاک در منطقه را افزایش می‌دهد و از سویی دیگر بر اساس اعمال مکانیسم‌های بیولوژیکی خاص خود ضمن ارتقاء پایداری خاکدانه‌ها می‌تواند نقش بسیار مؤثری در حفاظت و پیشگیری از تلفات خاک‌های منطقه ایفا نماید.

منابع مورد استفاده

1. Asta, J., F. Orry, F. Toutain, B. Sonchier and G. Villemin. 2001. Micromorphological and ultrastructural investigations of the lichen-soil interface. Soil Biol. & Biochem. 33: 323-337.
2. Bar-Or, Y. and A. Danin. 1989. Mechanisms of cyanobacterial crust formations and soil stabilization in the northwestern Negev. Soc. Microbiol. 13: 55–64.
3. Belnap, J. and D.A. Gillette. 1997. Disturbance of biological soil crusts: impacts on potential wind erodibility of sandy desert soils in southeastern Utah, USA. Land Degradation and Development, 8: 355-362.
4. Belnap, J. and D.A. Gillette. 1998. Vulnerability of desert soil surfaces to wind erosion: impacts of soil texture and disturbance. J. Arid Environ. 39: 133-142.
5. Belnap, J., J.H. Kaltenecker, R. Rosentreter, J. Williams, S. Leonard and D. Eldridge. 2001. Biological soil crusts: ecology and management. United States Department of the Interior, Bureau of Land Management, Printed Materials Distribution Center, BC-650-B, P.O. Box 25047 Denver, Colorado 80225-0047.

Archive of SID
www.SID.ir

6. Beymer, R.J. and J.M. Klopatek. 1991. Potential contribution of carbon by microphytic crusts in Pinyon–Juniper Woodlands. Arid Soil Res. and Rehabilitation 5: 187–198.
7. Bronick, C.J. and R. Lal. 2005. Soil structure and management: a review. Geoderma 124: 3 –22.
8. Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity. Methods of Soil Analysis. Part 2. *In*: Black, C.A. (Ed.), American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
9. Eldridge, D. 2000. Ecology and management of biological soil crusts: recent development and future challenges. The Bryologist 103: 742-747.
10. Eldridge, D.J. and R.S.B. Greene. 1994. Microbiotic soil crusts: a review of their roles in soil and ecological processes in the rangelands of Australia. Austr. J. Soil Res. 32: 389-415.
11. Eldridge, D.J. and J.F. Leys. 2003. Exploring some relationships between biological soil crust, soil aggregation and wind erosion. J. Arid Environ. 53: 457–466.
12. Greene, R.S.B., C.J. Chartres and K.H. Hodgkinson. 1990. The effect of fire on the soil in a degraded semi-arid woodland. I. Cryptogam cover and physical micromorphological properties. Aust. J. Soil Res. 28: 755-770.
13. Hansen, D.J., W.K. Ostler and D.B. Hall. 1999. The transition from Mojave Desert to Great Basin Desert on the Nevada Test Site. PP. 148-158. *In*: McArthur, E.D., Ostler, W.K. and Wambolt compilers, C.L. (Eds.), Proceedings: Shrubland Ecotones. Proceedings RMRS-P- 11. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Ogden, UT.
14. Jafari M., A. Tavili, N. Zargham, Gh.A. Heshmati, M.A. Zare Chahouki, S. Shirzadian, H. Azarnivand, Gh.R. Zehtabian and M. Sohrabi. 2004. Comparing some properties of crusted and uncrusted soils in Alagol region of Iran. Pakistan J. Nutr. 3(5): 273-277.
15. Kavdir, Y., H. Ozcan, H. Ekinci and Y. Yigini. 2004. The influence of clay content, organic carbon and land use types on soil aggregate stability and tensile strength. Turk. J. Agric. 28: 155-162.
16. Kemper, W.D. and R.C. Rosenau. 1986. Aggregate stability and size distribution. PP. 425-442. *In*: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part I: Physical Analysis. SSSA. Madison, WI.
17. Kleiner, E.F. and Harper, K.T. 1972. Environment and community organization in grasslands on Canyonlands National Park. Ecology 53(2): 299-309.
18. Lalley, J.S., H.A. Viles, J.R. Henschel and V. Lalley. 2006. Lichen-dominated soil crusts as arthropod habitat in warm deserts. J. Arid Environ. 67: 579–593.
19. Lynch, J.M. and E. Bragg. 1985. Microorganisms and soil aggregate stability. PP. 135-171. *In*: Stewart, B.A. (Ed.), Advances in Soil Science. Springer-Verlag, New York.
20. Malam Issa, O., Y. Le Bissonnais, C. Défarge and J. Trichet. 2001. Role of a microbial cover on structural stability of a sandy soil in Sahelian part of western Niger. Geoderma 101: 15–30.
21. Malam Issa, O., C. Défarge, J. Trichet, C. Valentin and J.L Rajot. 2009. Microbiotic soil crusts in the Sahel of Western Niger and their influence on soil porosity and water dynamics. Catena 77: 48–55.
22. Malam Issa, O., J. Trichet, C. Defarge, A. Coute and C. Valentin. 1999. Morphology and microstructure of microbiotic soil crusts on a tiger bush sequence (Niger, Sahel). Catena 37: 175–196.
23. McKenna-Neuman, C., C.D. Maxwell and J.W. Boulton. 1996. Wind transport of sand surfaces crusted with photoautotrophic microorganisms. Catena 27: 229-247.
24. Nelson, R.E. 1982. Carbonate and gypsum. *In*: Page, A. L. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part II. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
25. Page, M.C., D.L. Sparks, M.R. Noll and G.J. Hendricks. 1987. Kinetics and mechanisms of potassium release from sandy Middle Atlantic Coastal Plain soils. Soil Sci. Soc. Amer. J. 51: 1460-1465.
26. Pendleton, R.L., B.K. Pendleton, G.L. Howard and S.D. Warren. 2003. Growth and nutrient content of herbaceous seedlings associated with biological soil crusts. Arid land Res. and Manag. 17: 271-281.
27. Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy. 11th ed., U. S. Department of Agriculture.
28. St. Clair, L.L. and J.R. Johansen. 1993. Introduction to the symposium on soil crust communities. Great Basin Naturalist 53(l): l-4.
29. Stoops, G. 2003. Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith thin Sections. SSSA. Inc., Madison, Winsconsin.
30. Tisdall, J.M. and J.M. Oades. 1982. Organic matter and water stable aggregates in soils. J. Soil Sci. 33: 141–163.
31. UTHSCSA. Dental Diagnostic Science, 2002. http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/download.html
32. Zaady, E., P. Groffman and M. Shachak. 1998. Nitrogen fixation in macro- and microphytic patches in the Negev Desert. Soil Biol. & Biochem. 30: 449–454.

www.SID.ir