تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲ (ص ۴۰۳-۳۹۷)

بررسی تأثیر پوسته‌های زیستی بر ویژگی‌های هیدرولوژیکی خاک در مراتع قره‌قیر استان گلستان

جلیل کاکه[۱]، منوچهر گرجی[۲]*، علی طویلی[۳]، محمد سهرابی[۴]، احمدعلی پوربابایی[۵]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲. دانشیار گروه علوم خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳. دانشیار دانشکدهٔ منابع طبیعی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۴. استادیار گروه بیوتکنولوژی سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

۵. استادیار گروه علوم خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱/۲۱ ـ تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۹/۶)

چکیده

پوسته‌های زیستی خاک اجتماعی تنگاتنگ بین ذرات خاک و موجودات زنده، از قبیل سیانوباکتری و جلبک و قارچ و گلسنگ و خزه، در نسبت‌های مختلف‌اند که بر سطح خاک یا داخل چند میلی‌متر فوقانی آن مستقر می‌شوند. در نتیجه پوشش پوسته‌های زیستی همچون لایه‌ای منسجم سطح زمین را می‌پوشانند و فرایندهای ابتدایی زیست‌بوم، از جمله تثبیت کربن و نیتروژن آتمسفری، و وضعیت آبی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر پوسته‌های زیستی بر شاخص‌های هیدرولوژیکی خاک در مراتع قره‌قیر استان گلستان انجام شد. بدین منظور سرعت نفوذپذیری با استفاده از استوانهٔ مضاعف، درصد رطوبت وزنی و قابل دسترس خاک، کربن آلی خاک، و بافت خاک در دو عمق ۰ تا ۵ و ۵ تا ۱۵ سانتی‌متری دو تیمار پوسته‌دار و بدون پوسته در چهار ناحیه اندازه‌گیری شدند. سپس داده‌ها در قالب طرح آشیانه‌ای تجزیه‌وتحلیل و میانگین داده‌ها با آزمون دانکن مقایسه شد. نتایج نشان داد درصد توزیع ذرات خاک بین دو تیمار تفاوت معنادار ندارد؛ اما کربن آلی و درصد رطوبت وزنی و قابل دسترس خاک در دو عمق مذکور در تیمار پوسته‌دار نسبت به تیمار بدون پوسته به‌طور معنادار بیشتر است. همچنین سرعت نفوذپذیری در تیمار پوسته‌دار دو برابر تیمار بدون پوسته (به‌ترتیب ۰٫۱۶ و ۰٫۰۸۱ سانتی‌متر بر دقیقه) است. در کل می‌توان نتیجه گرفت پوسته‌های زیستی موجب بهبود وضعیت آبی خاک می‌شوند.

کلیدواژگان: پوسته‌های زیستی، رطوبت قابل دسترس، نفوذپذیری، وضعیت آبی خاک

مقدمه

خاک سطحی مناطق خشک و نیمه‌خشک، با وجود پوشش گیاهی کم، در برابر نیروهای مخرب بیشترین آسیب‌پذیری را دارند و پس از بارش در نتیجهٔ خیس‌شدن خاک‌دانه‌ها از هم پاشیده می‌شوند که با خشک‌شدن دوباره پوستهٔ فیزیکی تشکیل می‌دهند که با ساختاری متفاوت نسبت به خاک تحتانی منافذ لایهٔ فوقانی را مسدود می‌کنند و مانع نفوذپذیری آب، جوانه‌زنی بذر، و تبادل گاز بین خاک و آتمسفر می‌شود (Hillel, 2003). اما در این مناطق با وجود پوشش گیاهی پراکنده بین فضای آزاد گیاهان آوندی سطح خاک به‌طور کلی بدون زندگی اتوتروفی نیست و به‌وسیلهٔ جامعه‌ای از موجودات زندهٔ بسیار خاص پوشیده شده است. این جوامع پوسته‌های زیستی خاک شناخته شده‌اند (Rosentreter *et al*, 2007; Belnap *et al*, 2001). این پوسته‌ها اجتماعی تنگاتنگ از ذرات خاک و موجودات زنده، از قبیل سیانوباکتری و جلبک و قارچ و گلسنگ و بریوفیت، در نسبت‌های مختلف‌اند که بر سطح خاک یا داخل چند میلی‌متر فوقانی آن زندگی می‌کنند. ذرات پراکندهٔ خاک به‌سبب حضور و فعالیت این موجودات زنده به هم متصل می‌شوند (Belnap *et al*, 2001). اگرچه این پوسته‌ها بخش ناچیزی از پروفیل خاک‌اند (کمتر از ۱ تا چند میلی‌متر ضخامت)، نقش مهمی، به‌ویژه در مناطق خشک و کم‌آب، دارند (Maestre *et al*, 2011). این لایه‌ها نقشی اساسی در نفوذپذیری و کاهش روان‌آب، تبخیر، و رطوبت خاک به عهده دارند (Belnap, 2006). همچنین قابلیت دسترسی و توزیع دوبارهٔ آب را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Belnap *et al*, 2003; Chamizo *et al*, 2012 a). پوسته‌های زیستی بر بسیاری از خصوصیات مؤثر بر الگوهای هیدرولوژی، از جمله بافت خاک و دانه‌بندی و زبری سطح خاک، تأثیر می‌گذارند (Rodríguez-Caballero *et al*,

* نویسنده مسئول: mgorji@ut.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

(2012. آن‌ها همچنین با تشکیل منافذ ریز و درشت و جذب و نگهداری آب و الگوهای نفوذ و اثرگذاری بر ترکیب و ساختار جوامع گیاهان آوندی بر نحوهٔ حرکت آب در خاک‌ها اثر می‌گذارند (Belnap, 2006). تاکنون تحقیقات صورت‌گرفته در سراسر جهان دربارهٔ نفوذپذیری خاک تحت پوشش پوسته‌های زیستی، با توجه به عوامل پیچیده، نتایج متناقضی به‌دست داده‌اند. Xiao *et al* (2011) اعلام کردند پوسته‌های زیستی باعث افزایش نفوذپذیری و کاهش روان‌آب می‌شوند (Eldridge and Greene, 1994; Eldridge *et al*, 1999; Belnap and Harper, 2005) یا اینکه روان‌آب را با کاهش نفوذپذیری افزایش می‌دهند (Graetz and Tongway, 1986; Eldridge and Leys, 2003; Xiao *et al*, 2007). برخی مطالعات دیگر نیز نشان داده‌اند پوسته‌های زیستی هیچ تأثیری بر نفوذپذیری ندارند (Belnap and Gardener, 1993; Williams *et al*, 1999).

Xiao *et al* (2011) نشان دادند با افزایش درصد پوشش خزه‌ها (۰ و ۲۹ و ۶۱ درصد) میزان روان‌آب کمتر می‌شود و رطوبت قبل و بعد از بارندگی در آن‌ها به‌ترتیب در اعماق ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر و بیشتر بیانگر افزایش قابل توجه نفوذپذیری پوسته‌های خزه است. Chamizo *et al* (2012 a) در اسپانیا نفوذپذیری کل را در دو بافت ریز و درشت در انواع پوسته‌ها مقایسه کردند. پوسته‌های فیزیکی حداقل (۱۳٫۳ میلی‌متر بر ساعت) و پوسته‌های خزه‌ای حداکثر (۴۴٫۴ میلی‌متر بر ساعت) نفوذپذیری را دارند. همچنین نفوذپذیری در پوسته‌های گلسنگی با بافت درشت ۳۳٫۵ و در بافت ریز ۱۳٫۷ و سیانوباکتری در بافت درشت ۲۰٫۱ و در بافت ریز ۲۳٫۲ میلی‌متر بر ساعت است. پوسته‌های زیستی، علاوه بر نفوذپذیری، بر مقدار آب قابل دسترس در خاک نیز تأثیری به‌سزا دارند؛ طوری که همهٔ موجودات زندهٔ آن‌ها با درجات مختلف می‌توانند آب جذب کنند. سیانوباکتری‌ها ۸ تا ۱۲ برابر حجم و وزن خشک خود آب جذب می‌کنند. برخلاف پوسته‌های سیانوباکتری، خزه‌ها قادرند مقدار بیشتری از آب باران را جذب و از ایجاد روان‌آب جلوگیری کنند و شرایط را برای رشد دیگر گیاهان بهبود بخشند (Fischer *et al*, 2010; Lichner *et al*, 2012). این افزایش جذب آب به‌وسیلهٔ ریزجانداران پوسته‌های زیستی باعث ذخیرهٔ مقدار رطوبت بیشتر در خاک تحتانی می‌شود. Chamizo *et al* (2012 b) تأثیر پوسته‌های زیستی را بر مقدار آب در منطقهٔ الکاتیوو در جنوب غربی اسپانیا با استفاده از دستگاه صفحهٔ فشاری در دو فشار ۳۳- و ۱۵۰۰- کیلوپاسکال و در دو لایهٔ ۰ تا ۱ و ۱ تا ۵ سانتی‌متری تحت پوشش پوسته‌ها مطالعه کردند. آن‌ها در فشار ۳۳- به‌ترتیب از پوسته‌های با حداقل توسعه‌یافتگی در جهت پوسته‌های با بیشترین توسعه‌یافتگی در همهٔ لایه‌ها افزایشی معنادار در مقدار آب مشاهده کردند و در فشار ۱۵۰۰- کیلوپاسکال انواع پوسته مقدار آب مشابهی داشتند. Tavili (2005) اعلام کرد مقدار آب نفوذیافته در خاک دارای پوشش خزه و گلسنگ بیش از دو برابر خاک بدون پوشش خزه و گلسنگ است و رطوبت وزنی و حجمی در دو عمق ۰ تا ۵ و ۵ تا ۲۰ سانتی‌متر تحت پوشش خزه و گلسنگ نسبت به بدون پوسته بیشتر است.

با توجه به آنچه آمد پوسته‌های زیستی بسیاری از خصوصیات خاک، از جمله وضعیت آبی خاک، را تغییر می‌دهند. این تحقیق با هدف ارزیابی تأثیر پوسته‌های زیستی بر خصوصیات آبی خاک در مراتع قره‌قیر استان گلستان انجام شد. همچنین از آنجا که تاکنون کمتر پژوهشی در این زمینه در کشور انجام شده، نویسندگان این مقاله به ضرورت این بررسی توجه کردند.

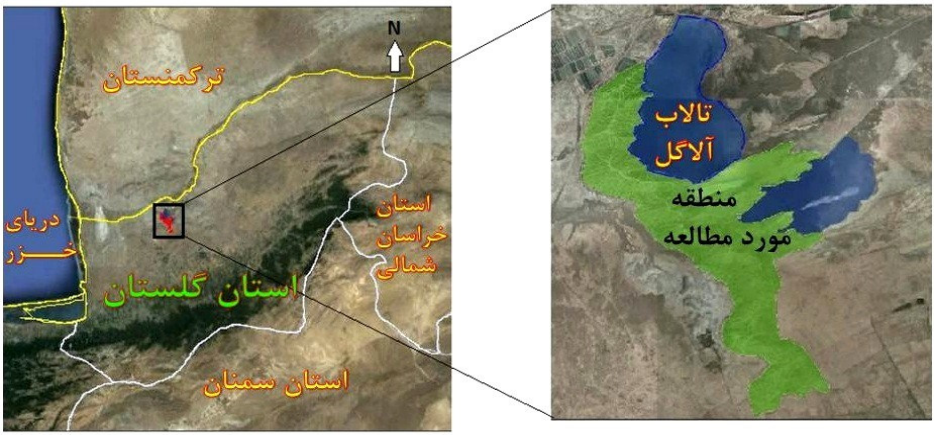
مواد و روش‌ها

منطقهٔ مطالعه‌شده

این پژوهش در مراتع قره‌قیر واقع در شمال شهرستان آق‌قلا، در استان گلستان، انجام شد. مختصات جغرافیایی منطقه عبارت است از ۵۴ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۴۰ دقیقهٔ طول شرقی، ۳۷ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲۲ دقیقهٔ عرض شمالی (شکل ۱). مراتع قره‌قیر شامل مجموعه‌ای از تپه‌های لسی به مساحت تقریبی ۸۵۶۰ هکتار است که وجه تمایز آن‌ها از مناطق شوره‌زار اطراف وجود پوسته‌های زیستی همراه گیاهان آوندی است. بر اساس آمار ۱۰ سال اخیر (۱۳۸۰ـ ۱۳۹۰) ایستگاه‌های هواشناسی موجود در منطقه (ایستگاه‌های کلیماتولوژی مزرعهٔ نمونهٔ ارتش و دشت گلستان) میزان متوسط بارش سالیانه ۲۷۳ میلی‌متر است. بیشترین مقدار بارندگی در ماه‌های بهمن و اسفند و کمترین آن در تیر و مرداد است. بر اساس تقسیم‌بندی اقلیمی آمبرژه، منطقه اقلیم نیمه‌خشک دارد (Tavili, 2005). این منطقه با وجود تپه‌های لسی، که از لحاظ فرسایش‌پذیری بسیار حساس‌اند و همچنین میزان بارندگی کم و تبخیر و تعرق بالا از لحاظ تخریب خاک و بیابان‌زایی مهم است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱. موقعیت منطقهٔ مطالعه‌شده در استان گلستان

نمونه‌برداری و تجزیه‌های آزمایشگاهی

به‌منظور بررسی و مقایسهٔ شاخص‌های هدایت هیدرولیکی اشباع و رطوبت قابل دسترس و رطوبت جرمی خاک در نواحی پوشیده از پوسته‌های زیستی خاک و نواحی فاقد آن، چهار ناحیه که گویای شرایط کلی منطقه بود برای نمونه‌برداری انتخاب شد. در هر یک از این نواحی چهارگانه در قسمت‌های دارای پوسته و فاقد آن در دو عمق ۰ تا ۵ و ۵ تا ۱۵ سانتی‌متری و در هر عمق در ۴ تکرار با استفاده از استوانه‌های فلزی با حجم ۹۸/۱۲۵ سانتی‌متر مکعب نمونهٔ دست‌نخورده تهیه شد و در مجموع از ۴ ناحیه ۶۴ نمونهٔ دست‌نخورده برای تعیین هدایت هیدرولیکی اشباع و رطوبت قابل دسترس و ۶۴ نمونهٔ دست‌نخورده دیگر برای تعیین رطوبت جرمی خاک برداشت شد. در آزمایشگاه با توزین نمونه‌ها و با استفاده از رابطهٔ ۱ درصد رطوبت جرمی محاسبه شد که در آن m_w جرم آب و m_S جرم خاک خشک و θm درصد رطوبت جرمی است.

$$\theta_m = \frac{m_w}{m_s} \times 100 \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

برای اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی اشباع از روش بار ثابت (Klute and Dirksen, 1986) استفاده شد. حجم آب خارج‌شده از نمونه به مدت یک ساعت اندازه‌گیری شد و پس از آن با استفاده از معادلهٔ جریان دارسی (رابطهٔ ۲) مقدار جریان عمودی محاسبه گردید.

$$K_S = \frac{V.L}{h.A.t} \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

K_S: هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (سانتی‌متر در ساعت)، V: حجم آب خارج‌شده در زمان t، L: طول ستون خاک (سانتی‌متر)، A: سطح مقطع سیلندر (سانتی‌متر مربع)، h: بار آبی (سانتی‌متر)، t: مدت زمان خروج آب از نمونه (ساعت)

در نهایت نمونه‌هایی دست‌نخورده تهیه شد و با استفاده از دستگاه صفحهٔ فشاری تحت فشار یک‌سوم بار رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای و تحت فشار ۱۵ بار رطوبت پژمردگی دائم تعیین گردید. پس از پایان خروج آب از دستگاه، نمونه‌ها وزن و درصد وزنی رطوبت آن‌ها تعیین شد (Klute and Dirksen, 1986) و با استفاده از رابطهٔ ۳ درصد آب قابل دسترس نمونه‌های خاک نیز به‌دست آمد.

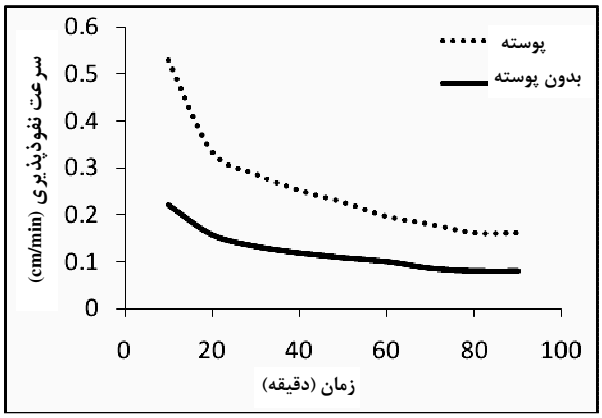
$$\theta_{AWC} = \theta_{FC} - \theta_{PWP} \qquad \text{(رابطه ۳)}$$

به‌منظور بررسی میزان نفوذپذیری خاک‌ها از روش استوانه‌های مضاعف استفاده شد (Bouwer, 1999). آزمایش‌های نفوذپذیری در هر ۴ ناحیه و در هر ناحیه در خاک‌های پوشیده از پوسته‌های زیستی و فاقد آن در ۳ تکرار در اواخر فروردین سال ۱۳۹۱ و در شرایط رطوبتی ظرفیت مزرعه‌ای انجام گرفت. قرائت‌ها با فواصل زمانی ۱ و ۲ و ۵ و۱۰ دقیقه، جمعاً ۱۰۰ دقیقه (زمان ثابت‌شدن مقدار نفوذ)، صورت پذیرفت و افت آب در حلقهٔ داخلی اندازه‌گیری شد. در این آزمایش از آب با هدایت الکتریکی ۰/۴۱ دسی‌زیمنس بر متر استفاده گردید. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در قالب طرح آزمایشی آشیانه‌ای و مقایسه‌های میانگین به روش آزمون دانکن انجام شد.

یافته‌ها و بحث

مطابق شکل ۲ در تیمار خاک پوشیده از پوستهٔ زیستی در ابتدای آزمایش سرعت نفوذ ۰/۵۲ سانتی‌متر بر دقیقه است و با گذشت زمان در دقایق ۷۰ تا ۹۰ ثابت می‌شود و به مقدار ۰/۱۶ سانتی‌متر بر دقیقه (۹/۶ سانتی‌متر بر ساعت) می‌رسد. در تیمار خاک بدون پوسته در ابتدای آزمایش سرعت نفوذ ۰/۲۲ سانتی‌متر بر دقیقه و در دقایق ۷۰ تا ۹۰ به مقدار ثابت ۰/۰۸۱ سانتی‌متر بر دقیقه (۴/۸۶ سانتی‌متر بر ساعت) می‌رسد. مقایسهٔ دو تیمار نشان می‌دهد نفوذپذیری در خاک دارای پوستهٔ زیستی نسبت به بدون پوسته در دقایق اولیه بیش از دو برابر و از دقایق ۷۰ به بعد، که روند نفوذپذیری در هر دو ثابت شده، حدود دو برابر است.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲. سرعت نفوذپذیری در خاک‌های دارای پوستهٔ زیستی و فاقد آن

جدول ۱ نتایج تجزیهٔ واریانس برخی از پارامترهای مؤثر در وضعیت هیدرولیکی خاک را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود بود یا نبود پوسته‌های زیستی تأثیری معنادار بر همهٔ شاخص‌های خاک ۰ تا ۵ سانتی‌متر، به‌جز درصد شن، دارد. اما تأثیر پوسته در عمق ۵ تا ۱۵ سانتی‌متر فقط برای درصد کربن آلی و رطوبت قابل دسترس معنادار است.

برای بررسی دقیق تأثیر پوسته‌های زیستی بر ویژگی‌های مذکور در دو عمق مقایسهٔ میانگین با آزمون دانکن انجام شد که نتایج آن در جدول ۲ می‌آید.

جدول ۱. نتایج تجزیهٔ واریانس ویژگی‌های فیزیکی خاک

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	کربن آلی	رس	سیلت	شن	رطوبت جرمی	رطوبت قابل دسترس	هدایت هیدرولیکی اشباع
پوسته	۱	۰٫۰۹۳ **	۱۲۵٫۷۵ *	۱۴۵٫۲۳ **	۰٫۶۹ ns	۰٫۰۱۷ **	۲۶۶٫۶۱ **	۰٫۲۰ *
پوستهٔ داخل عمق	۲	۰٫۰۰۲۹ *	۱۳٫۵۶ ns	۲٫۹۰ ns	۵٫۴۰ ns	۰٫۰۰۸ ns	۱۶٫۷۱ **	۰٫۰۰۳۸ ns
خطا	۶۰	۰٫۰۰۰۷	۲۳٫۲۸	۱۲٫۳۷	۲۳٫۷۴	۰٫۰۰۴۲	۰٫۵۸	۰٫۰۰۷
ضریب تغییرات (٪)	-	۳٫۵۰	۲۳٫۱۵	۷٫۸۴	۱۴٫۲۰	۷٫۰۰	۹٫۹۰	۱۰٫۹۲

**: تفاوت معنادار در سطح ۱ درصد، *: تفاوت معنادار در سطح ۵ درصد، ns: غیر معنادار

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین شاخص‌های فیزیکی بین دو تیمار در دو عمق

تیمار	عمق (cm)	کربن آلی (٪)	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	رطوبت جرمی (٪)	رطوبت قابل دسترس (٪)	هدایت هیدرولیکی اشباع (cm/hr)
پوسته‌دار	۰ ـ ۵	۲٫۱۹±۰٫۲۲a	۱۸٫۲۱±۲٫۴a	۴۷٫۰۸±۳٫۳a	۳۴٫۷۰±۴٫۱۷a	۹٫۱۵±۰٫۱۴a	۱۰٫۴۱±۰٫۸۳a	۷٫۱۲±۰٫۱۴a
پوسته‌دار	۵-۱۵	۱٫۷۲±۰٫۱۷b	۲۰٫۲۲±۴٫۲a	۴۶٫۱۱±۴٫۷a	۳۳٫۶۰±۵٫۶a	۸٫۲۲±۰٫۱۷b	۸٫۶۱±۰٫۳۷b	۶٫۴۸±۰٫۱۵a
بدون پوسته	۰-۵	۱٫۰۷±۰٫۱۸c	۲۲٫۱۱±۲٫۳a	۴۳٫۰۳±۲٫۱a	۳۴٫۸۴±۴٫۲۰a	۴٫۱۴±۰٫۱۵d	۵٫۹۸±۱٫۰۹c	۳٫۴۲±۰٫۲۰b
بدون پوسته	۵-۱۵	۰٫۹۶±۰٫۱۶c	۲۲٫۸۰±۲٫۰a	۴۳٫۲۰±۳٫۳a	۳۴٫۰±۴٫۸۲a	۶٫۴۳±۰٫۱۸c	۵٫۸۴±۰٫۵۳c	۳٫۵۸±۰٫۱۳b

همان‌طور که در جدول ۲ دیده می‌شود در تیمار پوسته‌دار و بدون پوسته در دو عمق به‌ترتیب مقدار رس و سیلت و شن تفاوت معناداری نشان نمی‌دهد و بافت هر دو تیمار لومی است. بنابراین وجود پوسته تأثیری معنادار بر توزیع ذرات اولیهٔ خاک ندارد. کربن آلی در دو عمق ۰ تا ۵ و ۵ تا ۱۵ سانتی‌متری در تیمار پوسته‌دار نسبت به بدون پوسته به‌طور معنادار بیشتر است. درصد رطوبت جرمی نیز در تیمار پوسته‌دار نسبت به بدون پوسته به‌طور معنادار بیشتر است و در حالت مقایسهٔ دو عمق در هر تیمار نیز مشاهده می‌شود که در تیمار پوسته‌دار در عمق سطحی نسبت به عمق زیر سطحی رطوبت بیشتر است و تفاوتی معنادار دارند و در تیمار بدون پوسته در عمق زیر سطحی رطوبت نسبت به عمق سطحی بیشتر است و اختلاف معناداری دارد که می‌تواند به‌دلیل تبخیر و تعرق بیشتر در خاک سطحی باشد. رطوبت قابل دسترس در تیمار پوسته‌دار در مقایسه با تیمار بدون پوسته در دو عمق به‌طور معنادار بیشتر است. هدایت هیدرولیکی اندازه‌گیری‌شده تحت شرایط آزمایشگاهی در دو عمق هر تیمار تفاوت معناداری ندارند؛ اما در تیمار پوسته‌دار نسبت به بدون پوسته هدایت هیدرولیکی به‌طور معنادار بیشتر است.

با افزایش توسعهٔ پوسته‌های زیستی میزان زبری سطح افزایش می‌یابد که از نظر تأثیر بر ویژگی‌های سطح خاک از قبیل جذب و نگه‌داشت ذرات گردوغبار، تخلخل، نفوذپذیری، روان‌آب، تولید رسوب، و ایجاد منافذ ریز و درشت اهمیت دارد و این ویژگی‌ها می‌توانند بر وضعیت هیدرولوژی خاک مؤثر باشند و وضعیت قابلیت دسترسی و جریان آب در خاک را به‌وسیلهٔ فرایندهای عمودی (تبخیر و نفوذپذیری) و افقی (روان‌آب) سطح خاک تحت تأثیر قرار دهند (Rodríguez-Caballero *et al*, 2012). با توجه به نتایج می‌توان دریافت که پوسته‌های زیستی نفوذپذیری اولیهٔ خاک را افزایش می‌دهند که این موضوع می‌تواند به‌دلیل وجود زبری ناشی از پوسته‌ها باشد. اما پوسته بر نفوذپذیری نهایی نیز مؤثر است؛ طوری که سرعت نفوذپذیری تیمار دارای پوسته نسبت به تیمار بدون پوسته دو

Archive of SID
www.SID.ir

برابر است و این نمی‌تواند از زبری سطحی ناشی شود؛ بلکه متأثر از سایر خصوصیات خاک است. با توجه به متفاوت‌نبودن بافت خاک در دو تیمار، نمی‌توان گفت بافت خاک دلیل تفاوت نفوذپذیری است. مقدار کربن آلی در دو تیمار نشان می‌دهد که در تیمار پوسته‌های زیستی کربن آلی بیشتر است و باعث بهبود وضعیت خاک از لحاظ خاک‌دانه‌سازی می‌شود که می‌تواند عاملی مؤثر بر افزایش نفوذپذیری باشد. پلی‌ساکاریدهای برون‌سلولی هدایت هیدرولیکی را افزایش می‌دهند. ترشحات پلی‌ساکاریدها به‌وسیلهٔ موجودات زندهٔ پوسته‌ها ترک‌های سطحی خاک‌های ریزبافت را افزایش می‌دهند که منجر به نفوذ بیشتر می‌شود (Belnap, 2006). Rossi *et al* (2012)، جهت آزمودن این موضوع، پلی‌ساکارید برون‌سلولی را با حفظ ساختار دست‌نخوردهٔ پوسته‌ها حذف کردند و سپس هدایت هیدرولیکی را قبل و بعد از حذف پلی‌ساکارید اندازه گرفتند. با این کار مقدار کربوهیدرات کاهش یافت و این تیمار منجر به کاهش معنادار حدود ۱٫۷ تا ۴٫۷ برابر در هدایت هیدرولیکی نمونه‌ها شد.

Coppola *et al* (2011) اعلام کردند ساختار فراهم‌شده به‌وسیلهٔ فعالیت پوسته‌های زیستی، از طریق افزودن کربن آلی، هدایت هیدرولیکی خاک را افزایش می‌دهد. هیف قارچی، رشته‌های سیانوباکتری، و ساختارهای مهارکنندهٔ خزه و گلسنگ شبکه‌ای در لایه‌های بالای خاک تشکیل می‌دهند که عمدتاً پایداری خاک را افزایش می‌دهد و همچنین از طریق افزودن کربن آلی خاک باعث تشدید خاک‌دانه‌سازی و به‌وجودآمدن منافذ ریز و افزایش نفوذ آب می‌شوند. کانال‌های منافذ ریز همچنین به‌وسیلهٔ موجودات زندهٔ پوسته تثبیت می‌شوند و هنگامی که خاک در معرض بارش باران یا جریان روان‌آب قرار دارد تخریب نمی‌شوند. هر چه تعداد رشته‌های سیانوباکتری و ساختارهای نگه‌دارنده افزایش یابد پتانسیل تبخیر و تعرق کم می‌شود و شمار خاک‌دانه‌ها و منافذ ریز افزایش می‌یابد (Belnap, 2006).

سرعت نفوذپذیری نهایی به‌طور تقریبی معادل هدایت هیدرولیکی اشباع در نظر گرفته می‌شود که مطابق شکل ۲ در تیمار پوسته‌دار و بدون پوسته به‌ترتیب ۹٫۶ و ۴٫۸۶ سانتی‌متر در ساعت است. اما در شرایط آزمایشگاهی به‌ترتیب ۶٫۸ و ۳٫۵ سانتی‌متر در ساعت است که با توجه به لسی‌بودن خاک منطقه و عدم تشکیل ساختمان بسیار محکم و منسجم این اختلاف می‌تواند به‌دلیل کوبیده‌شدن نمونه‌ها و دست‌خوردگی جزئی در حین نمونه‌برداری و حمل نمونه به آزمایشگاه باشد. از آنجا که نفوذپذیری به‌تنهایی نمی‌تواند بیانگر وضعیت رطوبت داخل خاک و قابل استفاده بودن آن برای گیاهان باشد، میزان رطوبت جرمی خاک و رطوبت قابل دسترس گیاه در دو تیمار بررسی شد. با توجه به نتایج، رطوبت جرمی و رطوبت قابل دسترس برای تیمار پوسته‌دار به‌طور معنادار بیشتر از تیمار بدون پوسته است که این موضوع می‌تواند از برخی عوامل نشئت بگیرد؛ مثلاً بود یا نبودِ زبری سطح خاک می‌تواند تأثیر زیادی بر زمان نگهداری آب در یک مکان معین داشته باشد. زبری ناشی از پوسته‌های زیستی زمان نگهداری آب را تا حد زیادی افزایش می‌دهد که موجب افزایش نفوذپذیری و کاهش روان‌آب می‌گردد. این موضوع به‌دلیل افزایش طول مسیر حرکت آب بر پوسته‌ها در مقایسه با سطوح صاف است (Belnap, 2006). همچنین ریزجانداران پوسته‌ها می‌توانند چندین برابر حجم و وزن خود آب جذب کنند و مانند مالچ زنده عمل کنند؛ مثلاً خزه‌ها می‌توانند به طور مستقیم آب جذب کنند و آن را در برگ‌های با ساختار تخصصی و ساقه‌هایشان نگه دارند (Belnap, 2006) و بعد از بارش باران به‌سرعت عمل آب‌پوشی در آن‌ها صورت می‌گیرد و حجم قابل توجهی از آب ذخیره می‌شود (Eldridge *et al*, 2010). پلی‌ساکاریدهای برون‌سلولی ناشی از سیانوباکتری در بسیاری موارد لایه‌های لزج در اطراف سلول‌ها تشکیل می‌دهند که می‌توانند آب را جذب و از هدررفت آن در خاک‌ها جلوگیری کنند. این حفظ رطوبت و فراهم‌کردن آب در دسترس در ایجاد زیستگاه مناسب برای حیات جوامع میکروبی خاک نقشی به‌سزا دارد (Xu *et al*, 2012; Rossi *et al*, 2012). Fischer *et al* (2010) از Chenu (1993) نقل کردند که پلی‌ساکارید خالص قادر به نگهداری بیش از ۵۰ تا ۷۰ گرم آب بر گرم مادهٔ خشک است و پیوستگی ساختاری را نیز حفظ می‌کند.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی پوسته‌ها با ترشح مواد پلی‌ساکاریدی و ساختارهای مهارکنندهٔ خزه، که تا ۱۰ سانتی‌متر زیر سطح خاک یافت می‌شوند، زیست توده را افزایش و پتانسیل تبخیر و تعرق را کاهش می‌دهند. با توجه به اینکه همهٔ جانداران پوسته‌های زیستی (سیانوباکتری و خزه و گلسنگ) آب جذب می‌کنند و همچنین آثار مثبتی بر سایر خصوصیات خاک می‌گذارند، انتظار می‌رود افزایش زیست توده و پوشش این جانداران توانایی جذب آب در پوسته‌ها را افزایش دهد (Belnap, 2006).

سپاس‌گزاری

این تحقیق با حمایت قطب علمی بهبود کیفیت خاک برای تغذیهٔ متعادل گیاه دانشگاه تهران انجام شد. ضمن تشکر از مسئولان محترم قطب علمی و به‌ویژه استاد گرامی مرحوم غلامرضا ثواقبی برای ایشان غفران الهی آرزو می‌کنیم.

Archive of SID
www.SID.ir

REFERENCES

Belnap, J. (2003). Comparative Sturcture of Physical and Biological Soil Crusts. In: J. Belnap and O.L. Lange (eds). *Biological Soil Crust: Structure, Function, and management.* Springer-Verlag Berlin Hildberg. 2nd edition.

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

Belnap, J., and Gardner, J. S., (1993). Soil microstructure in soils of the Colorado Plateau: The role of the cyanobacterium Microcoleus vaginatus: Great Basin Naturalist, v. 53, p. 40-47.

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

Belnap, J., Laxalt, M., and Peterson, P. (2001). *Biological soil crusts: ecology and management*: Bureau of Land Management, National Science and Technology Center.

Bouwer H; Back J T; and Oliver J M.(1999). Predicting infiltration and ground-water mounds for artificial recharge. *Journal of Hydrologic Engineering, ASCE*, 4(4), 350–357.

Chamizo, S., Cantón, Y., Lázaro, R., Solé-Benet, A., and Domingo, F. (2012 a). Crust composition and disturbance drive infiltration through biological soil crusts in semiarid ecosystems. *Ecosystems*, 15(1), 148-161.

Chamizo, S., Cantón, Y., Miralles, I., and Domingo, F. (2012 b). Biological soil crust development affects physicochemical characteristics of soil surface in semiarid ecosystems. *Soil Biology and Biochemistry*, 49(0), 96-105.

Chenu, C., (1993). Clay or sand polysaccharide associations as models for the interface between micro-organisms and soil: water related properties and microstructure. *Geoderma*, 56, 143–156.

Coppola, A., Basile, A., Wang, X., Comegna, V., Tedeschi, A., Mele, G., and Comegna, A. (2011). Hydrological behaviour of microbiotic crusts on sand dunes: Example from NW China comparing infiltration in crusted and crust-removed soil. *Soil and Tillage Research*, 117(0), 34-43.

Eldridge, D., Bowker, M., Maestre, F., Alonso, P., Mau, R., Papadopoulos, J., and Escudero, A. 2010. Interactive Effects of Three Ecosystem Engineers on Infiltration in a Semi-Arid Mediterranean Grassland. *Ecosystems,* 13(4), 499-510.

Eldridge, D., Greene, R. (1994). Microbiotic soil crusts - a review of their roles in soil and ecological processes in the rangelands of Australia. Soil Research, 32(3), 389-415.

Eldridge, D. J. (1999). Distribution and floristics of moss-and lichen-dominated soil crusts in a patterned Callitris glaucophylla woodland in eastern Australia. *Acta Oecologica*, 20(3), 159-170.

Eldridge, D.J., and Leys, J.F. (2003). Exploring some relationships between biological soil crusts, soil aggregation and wind erosion. *Journal of Arid Environments*, 53(4), 457-466.

Fischer, T., Veste, M., Wiehe, W., and Lange, P. (2010). Water repellency and pore clogging at early successional stages of microbiotic crusts on inland dunes, Brandenburg, NE Germany. *Catena,* 80(1), 47-52.

Graetz, R. D. and Tongway, D. J. (1986). Influence of grazing management on vegetation, soil structure and nutrient distribution and the infiltration of applied rainfall in a semi-arid chenopod shrubland. *Austr. J. Ecol*. 11, 347–360.

Hillel, D. (2003). Introduction to environmental soil physics: Academic press.

Klute A., and Dirksen C.(1986). *Hydraulic conductivity and diffusivity.* In: Klute A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods, second Ed. Agronomy Monographs, 9. ASA-SSA, Madison, WI, 687–734.

Klute, A., and Dirksen, C. (1986). *Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory methods.* Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods(methodsofsoilan1), 687-734.

Lichner, L., Hallett, P. D., Drongová, Z., Czachor, H., Kovacik, L., Mataix-Solera, J., and Homolák, M. (2012). Algae influence the hydrophysical parameters of a sandy soil. *CATENA*, In Press, Corrected Proof, Available online 13 March.

Maestre, F. T., Bowker, M. A., Cantón, Y., Castillo-Monroy, A. P., Cortina, J., Escolar, C., Escudero, A., Lázaro, R., and Martínez, I. (2011). Ecology and functional roles of biological soil crusts in semi-arid ecosystems of Spain. *Journal of Arid Environments*, 75(12), 1282-1291.

Rodríguez-Caballero, E., Cantón, Y., Chamizo, S., Afana, A., and Solé-Benet, A. (2012). Effects of biological soil crusts on surface roughness and implications for runoff and erosion. *Geomorphology*, 145/146, 81-89.

Rosentreter, R., M. Bowker, and J. Belnap. (2007). *A Field Guide to Biological Soil Crusts of Western U.S. Drylands*. U.S. Government Printing Office, Denver Colorado.

Rossi, F., Potrafka, R. M., Pichel, F. G., and De Philippis, R. (2012). The role of the exopolysaccharides in enhancing hydraulic conductivity of biological soil crusts. *Soil Biology and Biochemistry*, 46(0), 33-40.

Tavili, A. (2005). *Study of some moss and lichen species effects on range soil and plants properties, case study: Qara Qir ranges, Golestan province, Iran*. thesis for degree Ph.D. Natural Resources Faculty, University of Tehran. (In Farsi).

Williams, J.D., Dobrowolski, J.P., and West, N.E. (1999). Microbiotic Crust Influence on

Archive of SID

www.SID.ir

Unsaturated Hydraulic Conductivity. *Arid Soil Research and Rehabilitation,* 13(2), 145-154.

Xiao, B., Wang, Q.-h., Zhao, Y.-g., and Shao, M.-A. (2011). Artificial culture of biological soil crusts and its effects on overland flow and infiltration under simulated rainfall. *Applied Soil Ecology*, 48(1), 11-17.

Xiao, B., Zhao, Y., and Shao, M. (2007). Effects of biological soil crustonsaturated hydraulic conductivity in water-wind erosion crisscross region, North of Shaanxi Province, China. Trans. CSAE 23, 35–40 (in Chinese, with English abstract).

Xu, Y., Rossi, F., Colica, G., Deng, S., Philippis, R., and Chen, L. (2012). Use of cyanobacte polysaccharides to promote shrub performances in desert soils: a potential approach for the restoration of desertified areas. *Biology and Fertility of Soils*, 1-10.

Archive of SID

www.SID.ir