نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۷، ص. ۱۰۰۱-۹۸۷

Journal of Water and Soil
Vol. 32, No. 5, Nov.-Des. 2018, p. 987-1001

کارایی صمغ عربی در بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک‌های شور– سدیمی و غیرشور– سدیمی اطراف دریاچه ارومیه

زهرا حبیبی[۱]– مهدی رحمتی[۲*]– علی اصغر علیلو[۳]– اسماعیل کریمی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۱۸/۱

چکیده

استفاده از بهبود دهنده‌های خاک برای بهبود ویژگی‌های فیزیکی و ساختمانی خاک بسیار متداول می‌باشد. به همین جهت پژوهش حاضر به مطالعه اثرات صمغ عربی بر چندین ویژگی خاک‌های شور –سدیمی و غیرشور– سدیمی تهیه شده از حاشیه جنوب شرقی دریاچه ارومیه پرداخته است. سه سطح متفاوت از صمغ عربی (صفر، ۵ و ۱۰ گرم بر کیلوگرم) در خاک‌هایی با هدایت الکتریکی مختلف از ۱ تا ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر و SAR ۱ تا ۵۸ اضافه گردید. نتایج نشان داد که کاربرد صمغ عربی تأثیر معنی‌داری بر بسیاری از خصوصیات اندازه‌گیری شده در هر دو خاک شور– سدیمی و غیرشور– سدیمی داشت. صمغ عربی خصوصیات بیولوژیکی خاک را حتی در خاک‌های شور– سدیمی بهبود بخشید به طوری‌که تنفس خاک از ۶۷ تا ۲۷۵ ($mg\ CO_2\ kg^{-1}\ day^{-1}$) در خاک‌های تیمار شده افزایش یافته بود در حالی‌که نرخ تنفس خاک در تیمار شاهد بین ۷ تا ۷۷ ($mg\ CO_2\ kg^{-1}\ day^{-1}$) بود. همچنین نتایج مشابهی برای مقدار کربن آلی خاک به دست آمد به طوری‌که در اثر افزایش بالاترین مقدار صمغ عربی (۱۰ گرم بر کیلوگرم)، کربن آلی خاک از ۰/۲۱ به ۰/۳۳ درصد افزایش یافت. در حالی که اثرات صمغ عربی بر روی خصوصیات خاکدانه‌ها فقط در خاک‌های غیرشور– سدیمی معنی‌دار شد، تغییرات مثبت خاک تیمار شده با ۱۰ گرم بر کیلوگرم صمغ عربی در مقابل تیمار شاهد در پایداری خاکدانه‌ها (۲۱ درصد در مقابل ۵ درصد)، میانگین وزنی قطرخاکدانه‌ها (۰/۳ در مقابل ۰/۰۶ میلی‌متر) و بعد فراکتال جرمی خاکدانه‌ها (۱/۶۷ در مقابل ۱/۳۷) مشاهده شد. صمغ عربی همچنین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک‌های تیمار شده را افزایش و اسیدیته خاک‌های مورد آزمایش را کاهش داد. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی به منظور بررسی اثرات صمغ عربی در خاک‌های شور– سدیمی از مقادیر بالاتر صمغ عربی (بیشتر از ۱۰ گرم بر کیلوگرم) استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: بهبود دهنده‌های خاک، بعد فرکتالی، بیوپلیمر، پایداری خاکدانه‌ها، تنفس خاک

مقدمه

شوری خاک به عنوان یکی از تهدیدات جهانی و مهم در مناطق خشک و نیمه‌خشک (۱۴) از فاکتورهای بسیار مهم و مؤثر بر کیفیت خاک می‌باشد در حالی‌که اثر لحظه‌ای و سریع ندارد (۲۶) و از نظر محققان به دلیل پیامد آن در زندگی بشر به عنوان خطر محیطی نابهنجار مطرح شده است (۴۲).

دریاچه ارومیه، واقع در شمال غرب ایران یکی از بزرگترین دریاچه‌های شور جهان و بزرگترین دریاچه شور خاورمیانه می‌باشد (۱۹). طبق گزارشات موجود، کاهش در حجم آب دریاچه که به دلایل مختلف رخ داده است منجر به تجمع نمک (عمدتا سدیم کلراید) تا غلظت ۳۰۰ گرم بر لیتر یا بیشتر در بستر یا اطراف دریاچه و ایجاد بیابان‌های شور با مساحت ۴۰۰ کیلومتر مربع شده است (۱۶). اگرچه بهبود تراکم پوشش گیاهی یک راه حل اساسی و اصلی برای حفاظت از خاک‌های متأثر از شوری به نظر می‌رسد اما این راهکار عملی به دلیل کیفیت پایین خاک‌های شور محدود شده است. بنابراین به سایر راه‌کارهای بهبود کیفیت خاک برای برقراری بهتر پوشش گیاهی نیاز می‌باشد.

در کشاورزی کاربردی، مواد اصلاح‌کننده‌ای وجود دارند که با اضافه شدن در خاک، شرایط فیزیکی خاک را بهبود می‌بخشند که چنین موادی بهبود دهنده‌های خاک[5] نامیده می‌شوند. این مواد می توانند به‌صورت سنتز شده یا طبیعی، آلی یا غیرآلی باشند. پلیمرهای طبیعی علاوه بر اینکه موجب بهبود شرایط فیزیکی خاک می‌شوند،

۱، ۲ و ۴– به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیاران گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
(*– نویسنده مسئول: Email: mehdirmti@gmail.com)
۳– دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
DOI: 10.22067/jsw.v32i5.71169

5- Soil conditioners

ارزش غذایی زیادی نیز به خاک اضافه می‌کنند. این مواد چون محصولی طبیعی هستند می‌توانند در مقایسه با پلیمرهای سنتز شده ارزان‌تر بوده و قابل دسترس‌تر باشند (۱۲).

صمغ عربی یا صمغ اقاقیا، هیدروکلوئیدی که در حضور آب خاصیت ژله کنندگی ایجاد می‌کنند یک زنجیر منشعب پلی‌ساکاریدی، با وزن مولکولی بالا به همراه نمک‌های کلسیم، منیزیم و پتاسیم است که ممکن است خنثی بوده یا کمی اسیدی با pH برابر ۵/۵ – ۴/۵ باشد (۲). به دلیل حضور گروه‌های هیدروکسیل در صمغ و خاصیت آب‌دوستی آن، می‌تواند ویسکوزیته را متراکم کرده یا حالت ژل کنندگی یا ژل مانند در محیطی که وجود دارد را ایجاد کند (۳۹). در چندین تحقیق از صمغ عربی به عنوان تهویه کننده خاک استفاده شده است. به طور مثال، کلمن و همکاران (۲۲) دریافتند که ظرفیت نگهداشت آب در خاک‌های تیمار شده با صمغ عربی به‌طور قابل توجهی بیشتر از خاک‌های آلی است. طبق گزارش الجک (۱۲) ظرفیت نگهداشت آب در خاک‌های تیمار شده با صمغ، به‌طور قابل توجه ولی غیرمعنی‌دار بیشتر از خاک‌های دیگر بود، که نشان‌دهنده پاسخ مثبت آن‌ها به کاربرد صمغ می‌باشد. این افزایش غیرمعنی‌دار نگهداشت آب ممکن است به دلیل اثر صمغ در بهبود و اصلاح ساختمان خاک باشد که منجر به جذب آب بیشتری می‌گردد. تحقیقت مختلف (۱۲ و ۲۷) همچنین نشان داد که کاربرد صمغ عربی به‌طور معنی‌داری ($p < 0.05$) پایداری خاکدانه‌ها را نسبت به خاک‌های بدون صمغ افزایش داد. به نظر می‌رسد که پلی‌ساکاریدها در حضور آنیون‌های خاص به‌عنوان عوامل اتصال بین ذرات خاک عمل می‌کنند (۲۳ و ۳۴). نتایج تحقیق الجک (۱۲) نشان داده است که صمغ عربی به طور غیرمعنی‌داری هدایت هیدرولیکی اشباع خاک‌های تیمار شده را در مقایسه با خاک‌های تیمار نشده کاهش داده است. آنها دلیل کاهش هدایت هیدرولیکی در اثر افزایش صمغ را به کاهش در اندازه و حجم خلل و فرج و کاهش درصد تخلخل مرتبط دانسته‌اند. با این وجود به نظر می‌رسد که تغییر در هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در اثر افزایش صمغ عربی به دلیل مسدود شدن منافذ عبور آب باشد زیرا کاهش در حجم منافذ در حالی که در پایداری خاکدانه‌ها افزایش پیدا کرده باشد منطقی به نظر نمی‌رسد.

تا به حال گزارشی از کاربرد صمغ عربی در خاک‌های شور وجود ندارد. به نظر می‌رسد که اثرات صمغ عربی در خاک‌های شور و شور– سدیمی به دلیل برهمکنش بین صمغ عربی و شوری و یون سدیم با آنچه که در خاک‌های غیرشور و غیرشور– سدیمی اتفاق می‌افتد متفاوت باشد. بنابراین تحقیق حاضر با هدف بررسی اثرات صمغ عربی به عنوان جایگزینی از پلی ساکاریدهای برون سلولی بر جرم مخصوص ظاهری، رطوبت اشباع خاک، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، پایداری و میانگین وزنی قطر و بعد فرکتالی خاکدانه‌ها، اسیدیته خاک، مقدار کربن آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و تنفس میکروبی خاک‌های شور– سدیمی و غیرشور جمع‌آوری شده از حوضه آبخیز دریاچه ارومیه واقع در شمال غرب ایران انجام شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این مطالعه با استفاده از خاک‌های جمع‌آوری شده از روستای قره‌چپق که در حاشیه جنوب شرقی دریاچه ارومیه، در دشت بناب در آذربایجان شرقی و در پایین‌دست دامنه‌ی کوه سهند و در جلگه‌ی حاصلخیز، با مختصات جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵۹ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی واقع شده است، انجام گرفت.

نمونه‌برداری خاک و طرح آزمایشی

به منظور ارزیابی اثر شوری خاک بر کارایی صمغ عربی، یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی (CRD) با دو فاکتور شامل سطوح مختلف شوری و سدیمی و مقادیر مختلف صمغ عربی و سه تکرار در خاک بافت لومی (دارای ۱۶ تا ۲۰ درصد رس، حدود ۳۶ درصد سیلت و ۴۴ تا ۵۲ درصد شن) انجام گرفت. فاکتور اول دربرگیرنده سه سطح شوری و سدیمی مختلف شامل ۱) خاکی با EC ≈ 1 dS m^{-1}، pH ≈ 7.4 و SAR ≈ 1.3 (mmole L^{-1})$^{0.5}$ (خاک غیرشور)، ۲) EC ≈ 6 dS m^{-1}، pH ≈ 8.5 و SAR ≈ 16.5 (mmole L^{-1})$^{0.5}$ (خاک شور و سدیمی) و ۳) EC ≈ 30 dS m^{-1}، pH ≈ 8.0 و SAR ≈ 58 (mmole L^{-1})$^{0.5}$ (خاک شدیداً شور و سدیمی) در نظر گرفته شد. بعد از اینکه خاک‌ها از هر کلاس شوری – سدیمی نمونه‌برداری و به آزمایشگاه انتقال داده شدند، گلدان‌ها آماده شده و با سطوح مختلف صمغ عربی شامل ۰، ۵ و ۱۰ گرم بر کیلوگرم با سه تکرار تیمار شدند و به مدت یک ماه، با مقدار آب خاک متفاوت بین یک دوم ظرفیت مزرعه و ظرفیت مزرعه نگهداری شدند. سپس پارامترهای مختلفی از خاک‌های تیمار شده بررسی و آنالیز شدند. نتایج با استفاده از نرم‌افزار SAS و آنالیزهای روش‌های واریانس، تجزیه و تحلیل شدند. برای مقایسات میانگین نیز از آزمون چند دامنه دانکن استفاده شد. مقادیر ۵ و ۱۰ گرم بر کیلوگرم خاک به این دلیل انتخاب شده است که اکثرا در تحقیقات مربوط به ارزیابی اثرات بیوپلیمرهای مختلف حداکثر مقدار مصرف شده ۱ درصد بوده و به ندرت از مقادیر بالای ۱ درصد استفاده شده است. لذا در این تحقیق نیز مقدار ۱ درصد (۱۰ گرم بر کیلوگرم) به عنوان بالاترین مقدار مصرفی و ۰/۵ درصد (۵ گرم بر کیلوگرم) به عنوان مقدار حدوسط مد نظر قرار گرفت.

اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی

برای ارزیابی تغییرات خاک تیمار شده در اثر کاربرد صمغ عربی،

چندین پارامتر در خاک‌های تیمار شده آنالیز شدند. برای این منظور پس از اتمام مرحله انکوباسیون یک ماهه خاک‌های تیمار شده، نمونه‌های خاک دست‌خورده و دست‌نخورده از گلدان‌ها جمع‌آوری و برای آنالیزهای بعدی آماده شدند: با استفاده از نمونه‌های دست‌نخورده با ابعاد ۵/۵ در ۴ سانتی‌متر، جرم مخصوص ظاهری خاک (D_b) با روش گروسمن و رینش (۱۸) و رطوبت اشباع خاک به روش حجمی (θ_v) و وزنی (θ_m) ، از روش دان و هوپمن (۱۱) اندازه‌گیری شد. به دلیل نرخ پایین خروج آب از نمونه‌های خاک، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (K_S) نیز به روش بار افتان (۲۰) اندازه‌گیری شد. از طرف دیگر با استفاده از نمونه خاک‌های دست‌خورده، پایداری خاکدانه‌های ۱ تا ۲ میلی‌متر باقیمانده بر روی الک ۰/۲۵ میلی‌متر در حالت خیس (WAS) با استفاده از دستگاه الک مرطوب (۲۹)، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) براساس روش یودر (۴۱) و بعد فرکتال جرمی خاکدانه‌ها (D_m) با روش تیلر و ویتکرافت (۳۵) اندازه‌گیری شد. در آزمایشات MWD و بعد فرکتالی از سری الک‌های ۴/۷۵، ۲، ۱، ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌متر با دامنه نوسان ۳۰ مرتبه در هر دقیقه و به مدت ۱۰ دقیقه استفاده شد. برای محاسبه بعد فرکتالی نیز از رابطه $M(x<X)/M_t=(x/X_L)^{3-D_m}$ استفاده شد که M(x<X) جرم تجمعی خاکدانه‌ها بر روی غربال‌ها با اندازه‌های کوچک‌تر از X (گرم)، M_t جرم کل خاکدانه‌های باقی‌مانده بر روی تمام غربال‌ها (گرم)، X_L بالاترین اندازه روزنه غربال که برابر با ۸ میلی‌متر است، X اندازه بزرگ‌ترین خاکدانه در هر کلاس و x میانگین قطر خاکدانه‌ها در هر کلاس (میلی‌متر) می‌باشد. اسیدیته خاک (pH) با روش روآدز (۳۲) در گل اشباع خاک، مقدار کربن آلی خاک با روش نلسون و سامرس (۲۸)، ظرفیت تبادل کاتیونی با روش باور و همکاران (۴)، و تنفس میکروبی خاک، توسط اندازه‌گیری دی‌اکسید کربن نمونه خاک با روش آندرسون (۱) در پنج مرحله مختلف به ترتیب ۲، ۴، ۷، ۱۳ و ۲۷ روز پس از تیمار خاک‌ها با صمغ عربی اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

جدول‌های ۱ تا ۳ گزارش نتایج آنالیز واریانس، پارامترهای خاک آزمایش شده می‌باشد. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری (۰/۰۵و ۰/۰۱ > p) بین نسبت سطوح شوری– سدیمی برای همه پارامترهای خاک آزمایش شده به استثناء هدایت هیدرولیکی اشباع وجود داشت. علاوه بر آن صمغ عربی اثرات معنی‌داری بر تمامی پارامترهای خاک آزمایش شده به استثناء مقدار رطوبت جرمی و رطوبت حجمی و جرم مخصوص گلدان‌ها داشت. همچنین اثرات متقابل شوری– سدیمی خاک و صمغ عربی برای کربن آلی، میانگین وزنی قطرخاکدانه، بعد فراکتال جرمی خاکدانه، درصد پایداری خاکدانه و تنفس خاک در زمان‌های متفاوت بعد از تیمار کردن خاک، معنی‌دار بودند (جدول ۱، ۲ و ۳).

جدول ۱- تجزیه واریانس خصوصیات خاک مورد بررسی

Table 1- Analysis of variance of examined soil characteristics

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات Mean square				
		کربن آلی (٪) OC (%)	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی‌مول بار بر کیلوگرم) CEC ($Cmole+.kg^{-1}$)	اسیدیته pH	رطوبت اشباع Saturated water content	
					وزنی (٪) Gravimetric (%)	حجمی (٪) Volumetric (%)
شوری –سدمی Salinity - Alkalinity	2	0.015^{**}	376.3^{**}	2.816^{**}	463.09^{**}	428.10^{**}
صمغ عربی Gum Arabic	2	0.034^{**}	0.212^{ns}	0.411^{**}	15.899^{ns}	11.175^{ns}
اثرات متقابل Interaction	4	0.0028^{*}	2.726^{ns}	0.075^{ns}	13.288^{ns}	14.660^{ns}
خطا Error	18	0.0145	0.979	0.0452	19.361	14.141

** معنی‌دار درسطح یک درصد ، * معنی‌دار درسطح پنج درصد و ns غیر معنی‌دار

** and *: significant at probability levels of 1 and 5 %, respectively; ns: insignificant

OC: کربن آلی؛ CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی

OC: organic carbon; CEC: cation exchange capacity

جدول ۲- تجزیه واریانس خصوصیات خاک مورد بررسی (ادامه جدول ۱)

Table 2- Analysis of variance of examined soil characteristics (continued from Table 1)

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square				
		جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) D_b ($g.cm^{-3}$)	میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (میلی‌متر) MWD (mm)	بعد فرکتالی (میلی‌متر) D_m (mm)	پایداری خاکدانه‌ها (٪) WAS٪	هدایت هیدرولیکی (سانتی‌متر بر ساعت) K_s ($cm.h^{-1}$)
شوری –سدیمی Salinity - Alkalinity	2	0.045^{*}	5.055^{**}	4.612^{**}	3674.6^{**}	0.0002^{ns}
صمغ عربی Gum Arabic	2	0.009^{ns}	1.263^{*}	0.110^{*}	601.95^{**}	0.0014^{*}
اثرات متقابل Interaction	4	0.004^{ns}	1.094^{*}	0.194^{**}	504.3^{**}	0.0010^{ns}
خطا Error	18	0.0078	0.256	0.0291	79.05	0.0005

** معنی‌دار درسطح یک درصد ، * معنی‌دار درسطح پنج درصد و ns غیر معنی‌دار

** and *: significant at probability levels of 1 and 5 %, respectively; ns: insignificant

D_b: جرم مخصوص ظاهری؛ MWD: میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها؛ D_m: بعد فرکتال جرمی؛ WAS: پایداری خاکدانه‌ها در حالت خیس؛ K_s: هدایت هیدرولیکی اشباع خاک

D_b: bulk density; MWD: mean weight diameter; D_m: mass fractal dimension; WAS: wet-aggregate stability; K_s: saturated hydraulic conductivity

جدول ۳- تجزیه واریانس تنفس خاک در خاک‌های مورد بررسی در زمان‌های مختلف بعد از اعمال تیمارها

Table 3- Analysis of variance of soil respiration at different times after treatment

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square				
		روز دوم Second day	روز چهارم Fourth day	روز هفتم Seventh day	روز سیزدهم 13^{th} day	روز بیست و هفتم 27^{th} day
شوری – سدیمی Salinity - Alkalinity	2	32946.7^{**}	82338.3^{**}	28539.2^{**}	7905.5^{**}	10506.0^{**}
صمغ عربی Gum Arabic	2	55708.2^{**}	91372.9^{**}	34548.9^{**}	10122.4^{**}	8508.5^{**}
اثرات متقابل Interaction	4	8985.4^{**}	16299.2^{**}	8375.89^{**}	1988.9^{**}	2286.7^{**}
خطا Error	18	499.69	2101.8	339.5	20.121	14.09

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

**: significant at probability levels of 1 %

مقایسات میانگین فقط برای اثرات متقابل صمغ عربی و شوری– سدیمی برای پارامترهای خاک با اثرات متقابل معنی‌دار ذکر شده است؛ در حالی‌که برای سایر پارامترها با اثرات متقابل غیرمعنی‌دار، مقایسه میانگین برای هر دو فاکتور (شوری– سدیمی و صمغ عربی) آورده شده است. اثر متقابل شوری– سدیمی خاک و صمغ عربی بر روی کربن آلی خاک، پایداری خاکدانه‌ها در حالت خیس و میانگین وزنی قطر خاکدانه و بعد فراکتال جرمی خاکدانه‌های خاک در شکل ۱ و ۲ نمایش داده شده است. شکل A–۱ نشان می‌دهد که مقدار کربن آلی خاک برای تمامی سطوح شوری– سدیمی با افزایش مقدار صمغ عربی افزایش یافت. بیشترین مقدار کربن آلی خاک (۰/۳ تا ۰/۳۵ ٪) در بالاترین سطح صمغ عربی استفاده شده، مستقل از شوری– سدیمی خاک مشاهده شده است. کمترین مقدار کربن آلی خاک در خاک‌های شور– سدیمی (هدایت الکتریکی بیشتر از ۶ دسی‌زیمنس بر متر و SAR بیشتر از ۱۵) بدون کاربرد صمغ عربی مشاهده شد. به طور کلی افزودن ۵ و ۱۰ گرم صمغ عربی در یک کیلوگرم خاک به ترتیب منجر به افزایش کربن آلی از ۰/۲۶ درصد به ۰/۳ و ۰/۳۶

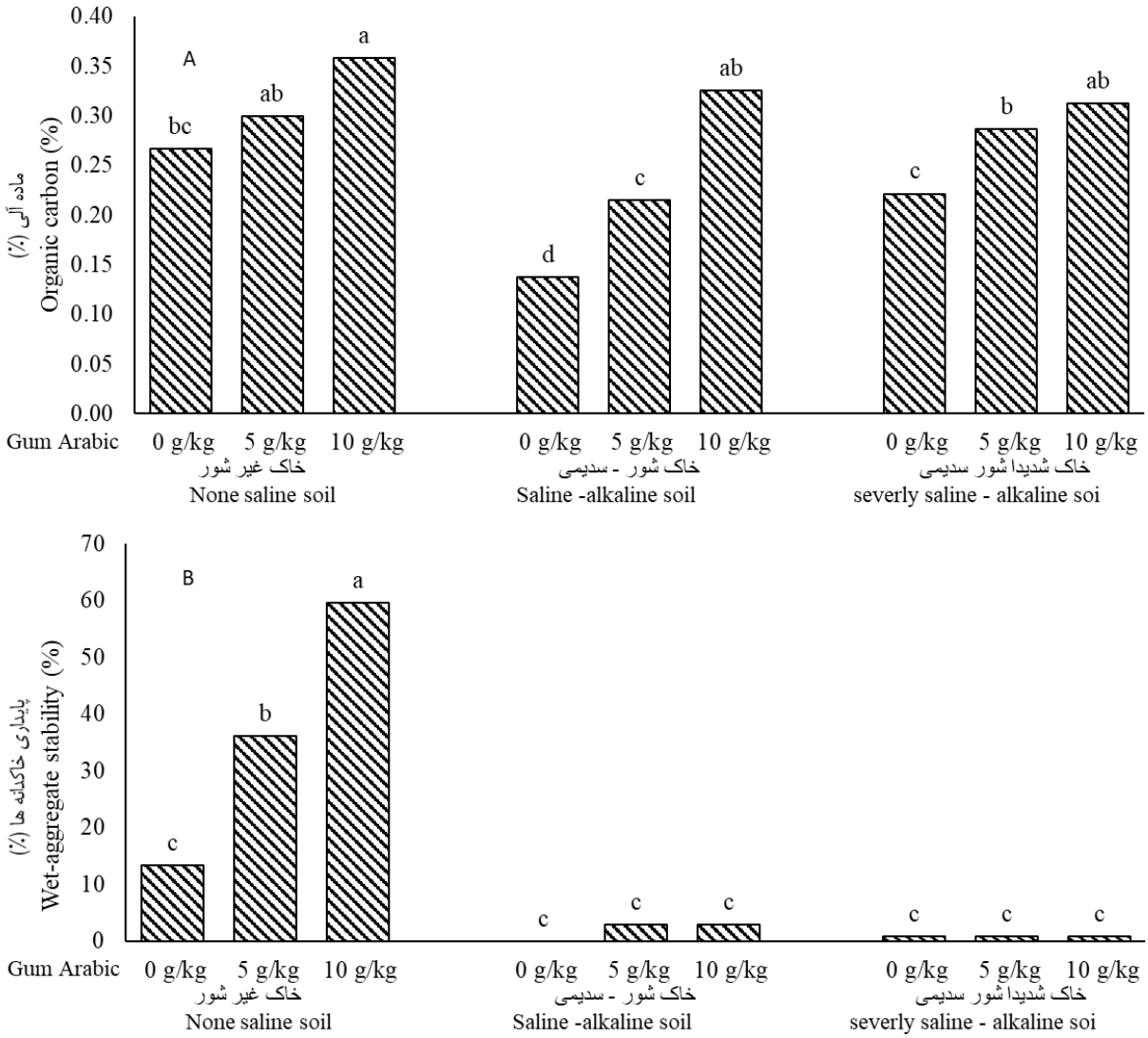
درصد در خاک غیرشور، از ۰/۱۴ درصد به ۰/۲۲ و ۰/۳۳ درصد در خاک شور- سدیمی و از ۰/۲۲ درصد به ۰/۲۹ و ۰/۳۱ درصد در خاک شدیداً شور- سدیمی شد (شکل A-۱). با توجه به اینکه صمغ عربی یک پلیمر آلی است، افزایش کربن آلی خاک در اثر کاربرد آن در این تحقیق قابل پیش‌بینی بود.

اثرات متقابل شوری- سدیمی خاک و صمغ عربی بر روی پایداری خاکدانه‌های مرطوب (B-۱) نشان داد که کاربرد صمغ عربی در خاک غیرشور- سدیمی (هدایت الکتریکی ۱ دسی‌زیمنس بر متر و SAR حدود ۱) به طور معنی‌داری پایداری خاکدانه را از ۱۵ درصد در خاک تیمار نشده به ۶۰ درصد در خاک تیمار شده با بالاترین سطح (۱۰ گرم بر کیلوگرم) صمغ عربی افزایش داد. همچنین شکل B-۱ نشان می‌دهد که اگرچه صمغ عربی به صورت جزئی پایداری خاکدانه را در خاک‌های شور- سدیمی (هدایت الکتریکی ۶ دسی‌زیمنس بر متر و SAR حدود ۱۶) افزایش داد (۳ درصد در مقابل صفر) ولی این افزایش قابل توجه و معنی‌دار نبود. کاربرد صمغ عربی هیچ تغییری (۰/۹ درصد در مقابل ۰/۹ درصد) در پایداری خاکدانه‌ها در خاک‌های شدیداً شور- سدیمی (هدایت الکتریکی ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر و SAR حدود ۵۸) ایجاد نکرد. به نظر می‌رسد اثر شوری و بخصوص سدیمی بر پایداری خاکدانه در خاک‌های شور- سدیمی نسبت به اثر صمغ عربی بسیار تعیین کننده باشد که می‌تواند به دلیل نسبت جذب سدیم بالا در خاک‌های شور باشد (۳ و ۳۱). افزایش پایداری خاکدانه در خاک‌های غیرشور با کاربرد صمغ عربی، توسط الجک (۱۲) و موحامد (۲۷) گزارش شده است. به نظر می‌رسد که افزایش پایداری خاکدانه‌ها با کاربرد صمغ عربی به دلیل خصوصیات سیمانی کنندگی پلی‌ساکاریدها در سیمانی کردن ذرات خاک است. زارنس و همکاران (۱۰) و چنو و استوتزکی (۸) گزارش کرده‌اند که به دام انداختن ذرات خاک توسط پلیمرهای زیستی (پلی‌ساکاریدهای برون سلولی)، نقش بسیار مهمی در تشکیل خاکدانه‌های ریز خاک (ریزدانه‌ها) داشته و در پایداری آن‌ها بسیار مهم هستند (شکل B-۱).

کاربرد ۱۰ گرم بر کیلوگرم صمغ عربی در خاک غیرشور- سدیمی (هدایت الکتریکی برابر ۱ دسی‌زیمنس بر متر و SAR حدود ۱) میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های خاک را در مقایسه با خاک تیمار نشده ۵ برابر (۲/۵ و ۱ میلی‌متر در مقابل ۰/۵ میلی‌متر) افزایش داد (شکل A-۲)، در حالی‌که اثری بر میانگین وزنی قطر خاک‌های شور- سدیمی با هدایت الکتریکی برابر با ۶ دسی‌زیمنس بر متر و SAR برابر با ۱۶ (۰/۰۷ و ۰/۰۶ میلی‌متر در مقابل ۰/۰۲ میلی‌متر) و شدیداً شور- سدیمی با هدایت الکتریکی برابر با ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر و SAR برابر با ۵۸ (۰/۰۶ و ۰/۰۲ میلی‌متر در مقابل ۰/۰۱ میلی-متر) نداشت. برخلاف میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، با افزایش مقدار صمغ عربی، کاهش جزئی (۲/۳۲ و ۲/۰۹ در مقابل ۲/۴۳) در بعد فراکتال جرمی خاکدانه‌ها در خاک غیرشور- سدیمی مشاهده شد (شکل B-۲). در حالی‌که موجب افزایش معنی‌داری (۱/۸۶ و ۱/۸۵ در مقابل ۱/۲۳) در بعد فراکتال جرمی خاکدانه‌های خاک‌های شور- سدیمی (هدایت الکتریکی ۶ دسی‌زیمنس بر متر و SAR حدود ۱۶) شد. همچنین بعد فراکتال جرمی خاکدانه‌ها را در خاک‌هایی شدیداً شور- سدیمی (هدایت الکتریکی ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر و SAR حدود ۵۸) به طور غیر معنی‌دار افزایش داد (۰/۷۵ در مقابل ۰/۸۷ و ۰/۹۴) (شکل B-۲). کاهش اندازه و قطر خاکدانه‌ها در خاک‌های شور- سدیمی با هدایت الکتریکی ۶ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر که دارای مقادیر SAR بالای ۱۵ هستند می‌تواند به دلیل ویژگی‌های دیسپرس کنندگی سدیم خاک باشد که توسط اودیس و واترز (۳۰) و امداد و همکاران (۱۳) نیز تأیید شده است. گرینلند (۱۷) اشاره‌کرده است که حلقه‌ها و زنجیره‌های موجود در ساختمان پلیمرها می‌توانند چندین پل اتصال میان ذرات خاک ایجاد کنند. با توجه به اینکه صمغ عربی خاصیت چسبندگی و ژل کنندگی دارد بنابراین ذرات خاک را به هم چسبانده و خاکدانه‌سازی را تسهیل کرده و ساختمان خاک را بهبود می‌بخشد (۳۹). شانمگاندن و اودیس (۳۶) گزارش کرده‌اند که پلی‌ساکاریدها و پلیمرها نقش مهمی در پایداری خاکدانه‌های کوچک ایفا می‌کنند که این خاکدانه‌های کوچک به وسیله عوامل اتصال دهنده پلیمرها، خاکدانه‌های بزرگ را بوجود می‌آورند. اگرچه پژوهش تفصیلی دقیق برای تفسیر اثر شوری- سدیمی و صمغ عربی بر بعد فراکتال خاکدانه‌ها نیاز هست، به نظر می‌رسد که خاک‌های دارای خاکدانه‌های با قطر درشت‌تر و همچنین خاک‌های بدون ساختمان به دلیل پیچیدگی اندک سطح خارجی ، مقادیر پایینی از بعد فراکتال جرمی را به خود اختصاص دهند. بنابراین در خاک‌های غیرشور- سدیمی که به طور طبیعی از خاکدانه‌های درشت‌تر و بعد فراکتال جرمی نسبتاً بالایی برخوردار می‌باشند، افزایش بیش از حد قطر خاکدانه‌ها ممکن است موجب کاهش اندک در بعد فراکتال جرمی خاکدانه‌ها در نتیجه کاهش پیچیدگی در سطوح خارجی آن‌ها شود. در حالی‌که در خاک‌های شور - سدیمی که به طور طبیعی بعد فراکتال جرمی پایین و خاکدانه‌های ریزتری و نتیجتاً پیچیدگی کمتری در سطوح خارجی خود دارند، کاربرد صمغ عربی می‌تواند بعد فراکتال جرمی خاکدانه‌ها را حتی با افزایش کمی در قطر خاکدانه‌ها، افزایش دهد (شکل B-۲).

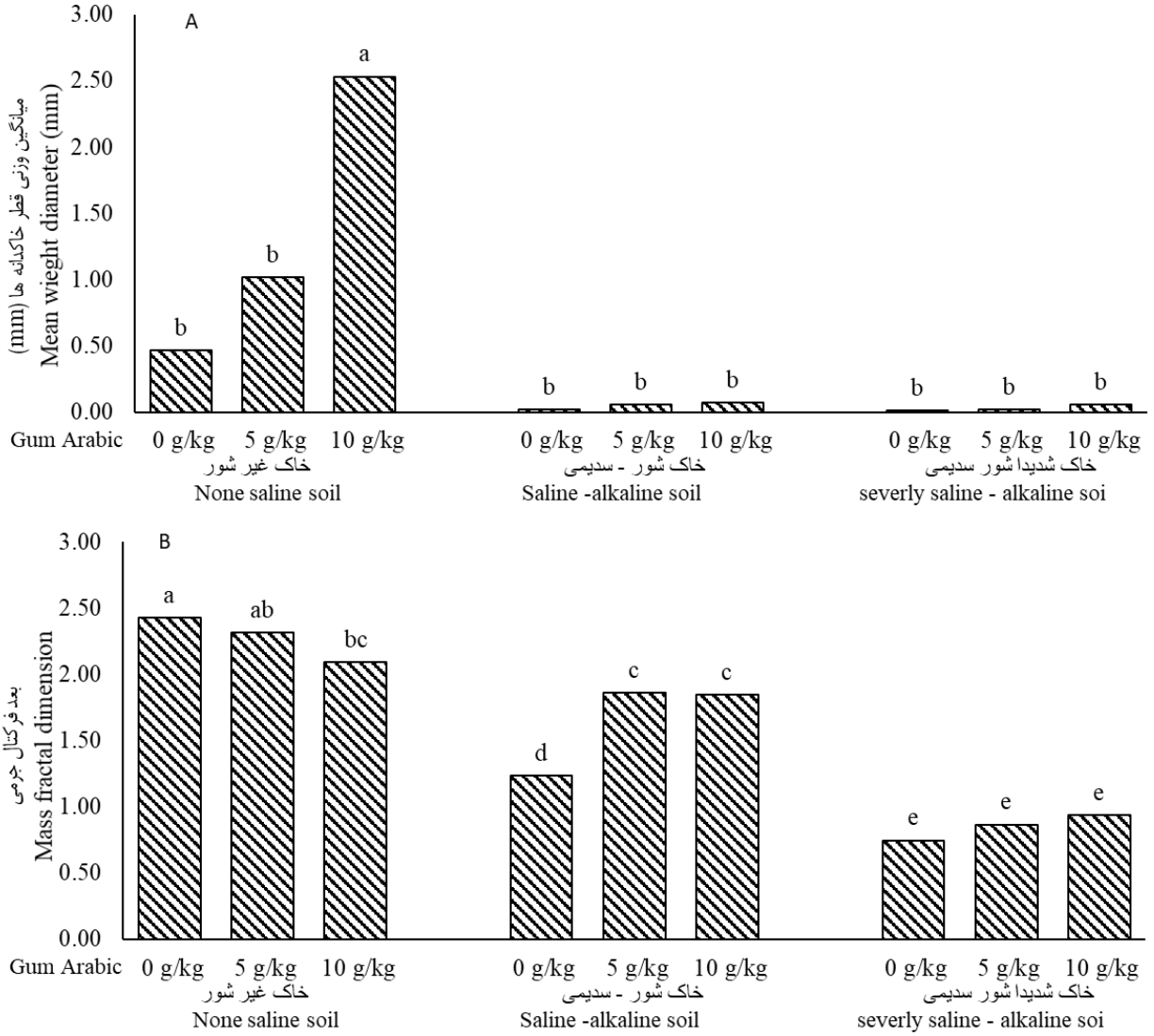
برهمکنش شوری- سدیمی و صمغ عربی بر روی تنفس خاک در زمان‌های مختلف بعد از تیمار خاک، در شکل ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که صمغ عربی به طور معنی‌داری تنفس خاک را در زمان‌های مختلف بعد از تیمار هم در خاک‌های شور- سدیمی و شدیداً شور- سدیمی (با هدایت الکتریکی ۶ و ۳۰ دسی زیمنس بر متر و SAR برابر با ۱۶ و ۵۸) و هم در خاک غیر شور- سدیمی (۱ دسی‌زیمنس بر متر و SAR برابر با ۱) افزایش داد. با این حال

افزایش در خاک غیرشور– سدیمی نسبت به خاک شور– سدیمی بسیار قابل توجه بود (شکل ۳). با در نظر گرفتن همه اندازه‌گیری‌ها در زمان‌های متفاوت بعد از تیمار خاک، بیشترین سطح تنفس خاک در خاک غیرشور با کاربرد ۱۰ گرم بر کیلوگرم صمغ عربی به طور معنی داری از سایر تیمارها بیشتر بود. به طور کلی افزودن ۵ و ۱۰ گرم صمغ عربی در یک کیلوگرم خاک به‌ترتیب منجر به افزایش تنفس تجمعی خاک در ۵ دوره اندازه‌گیری شده از ۲۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک در روز به ۹۰۲ و ۱۲۲۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک در روز در خاک غیرشور– سدیمی، از ۱۳۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک در روز به ۳۰۰ و ۲۸۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک در روز در خاک شور– سدیمی و از ۱۹۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک در روز به ۶۱۳ و ۸۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک در روز در خاک شدیداً شور– سدیمی شد. همچنین نتایج نشان داد که تنفس خاک (به عنوان شاخصی از فعالیت میکروبی خاک) با افزایش شوری– سدیمی خاک کاهش یافت که مطابق با نتایج ماووی و همکاران (۲۵) و و چاوودهاری و همکاران (۹) است. این محققان گزارش کردند که تنفس خاک تحت تأثیر شوری قرار گرفته و با افزایش شوری خاک، تنفس خاک کاهش می‌یابد. کاهش تنفس با افزایش شوری می‌تواند به‌وسیله پتانسیل اسمزی پایین توجیه شود. به نظر می‌رسد پتانسیل اسمزی پایین ایجاد شده توسط سطوح بالای شوری خاک، فعالیت میکروبی خاک و نتیجتاً تنفس خاک را کاهش می‌دهد (۲۴ و ۴۰).



شکل ۱- اثر متقابل شوری خاک و صمغ عربی بر کربن آلی خاک (A) و پایداری خاکدانه‌ها (B)

Figure 1- The interaction effects of soil salinity and gum Arabic on soil OC (A) and WAS (B)

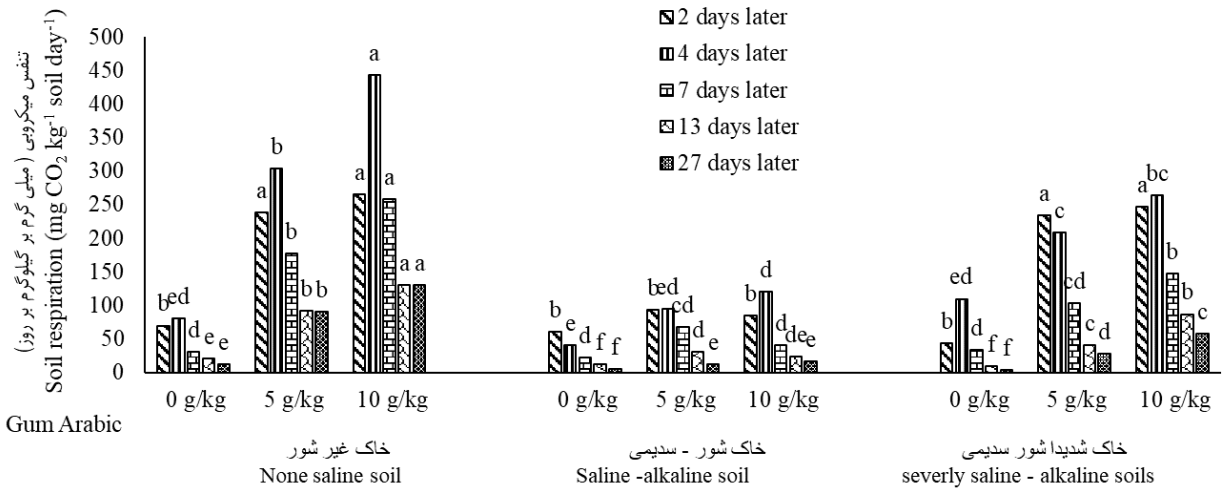


شکل ۲- اثر متقابل شوری خاک و صمغ عربی بر میانگین وزنی قطر خاکدانه (A) و بعد فراکتال جرمی خاکدانه (B)

Figure 2- The interaction effects of soil salinity and gum Arabic on soil MWD (A) and D_m (B)

گارسیا و هرناندز (۱۵) گزارش کرده‌اند که تغییر تنفس میکروبی ناشی از فعالیت میکروبی در اثر افزایش شوری کاملاً مشهود است و شدت کاهش تنفس میکروبی با افزایش غلظت نمک، افزایش می‌یابد. آن‌ها بر این عقیده هستند که به‌طورکلی شوری به‌ویژه زمانی که عامل شوری سدیم کلراید باشد، میزان فعالیت میکروبی را کاهش می‌دهد. از طرف دیگر به نظر می‌رسد که صمغ عربی می‌تواند مقدار ماده آلی حل شونده را افزایش داده و تنفس خاک را تحریک کند. با این حال گزارشی (پیش‌تر از مطالعه ما) از ارزیابی اثرات صمغ عربی بر تنفس خاک وجود ندارد. اگرچه اثر نهایی اصلاح کننده‌های آلی بر تنفس خاک توسط چندین محقق گزارش شده است. برای مثال کلیس و همکاران (۵ و ۶) با استفاده از اصلاح کننده‌های آلی مختلف، روی خاک‌های تخریب شده، با کاربرد ۱۵ تا ۱۵۰ تن بر هکتار لجن فاضلاب، اثر مثبت آن را روی تنفس میکروبی گزارش کرده‌اند. همچنین کلیس و همکاران (۷) افزایش تنفس میکروبی در خاک‌های شورسدیمی را توسط کاربرد لجن فاضلاب، گچ معدنی و گچ سنتزشده گزارش کرده‌اند (شکل ۳).

شکل ۴ تغییرات تنفس میکروبی خاک در زمان‌های مختلف پس از تیمار با ۰، ۵ و ۱۰ گرم صمغ عربی بر کیلوگرم خاک را در هر سه خاک با سطوح مختلف شوری– سدیمی نشان می‌دهد. نتایج نشان دهنده این است که در هر سه سطح مختلف شوری– سدیمی افزایش صمغ عربی موجب افزایش تنفس میکروبی خاک شد. با این وجود گذشت زمان موجب کاهش تنفس میکروبی خاک شده است که می تواند در اثر مصرف مواد قابل تجزیه توسط میکروب‌ها باشد.



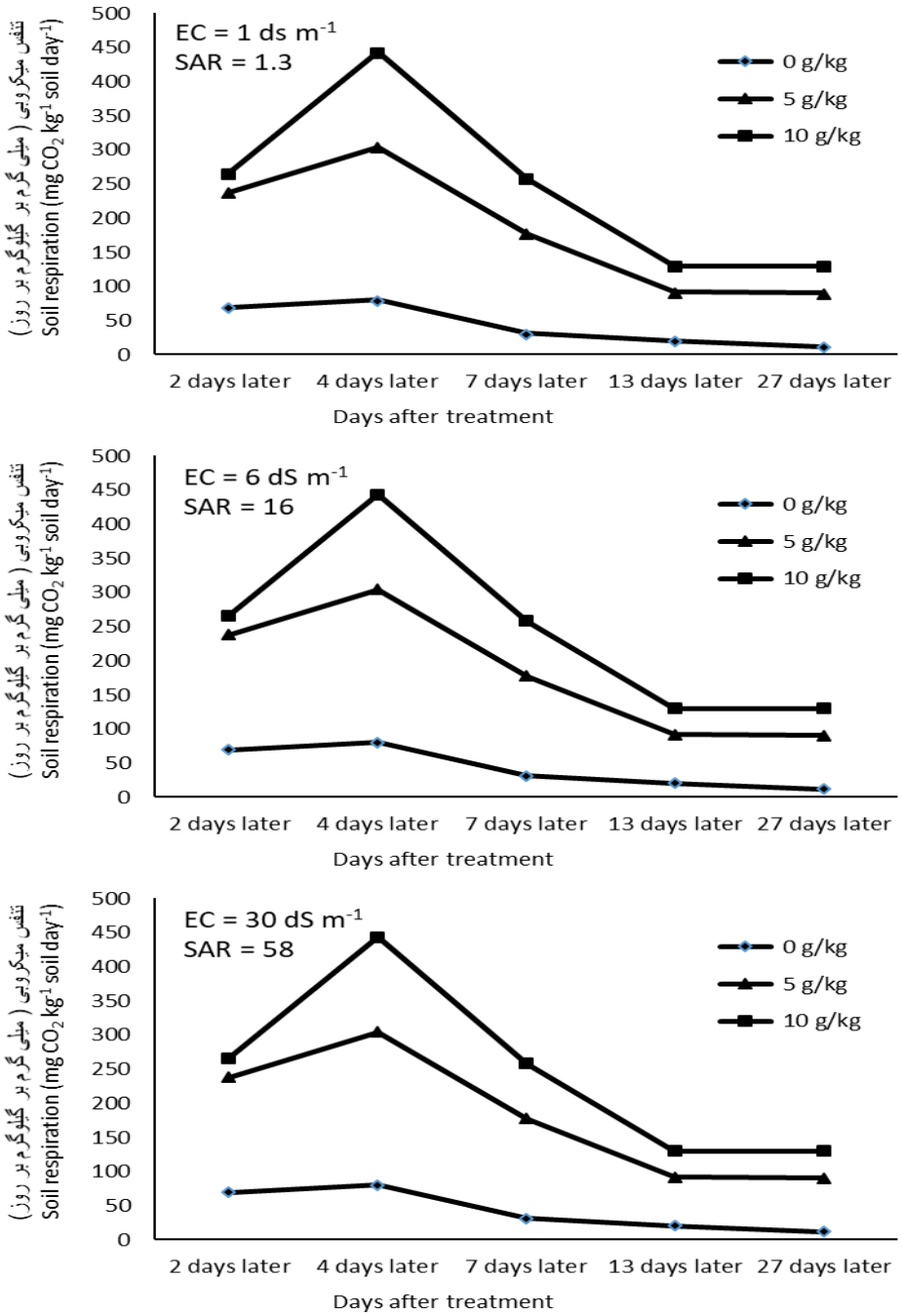
شکل ۳- اثرات متقابل شوری و صمغ عربی بر تنفس خاک در زمان‌های متفاوت

Figure 3- The interaction effects of soil salinity and gum Arabic on soil respiration at different times

نتایج همچنین نشان داد که اگرچه برهمکنش صمغ عربی و شوری- سدیمی برای ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، اسیدیته خاک (pH)، مقدار رطوبت وزنی و رطوبت حجمی و جرم مخصوص گلدان ها، غیرمعنی‌دار بود، اثرات اصلی شوری- سدیمی خاک روی خصوصیات ذکر شده معنی‌دار بود. شکل ۵ مقایسه میانگین ظرفیت تبادل کاتیونی، اسیدیته خاک، مقدار رطوبت جرمی و رطوبت حجمی و جرم مخصوص گلدان‌های تحت تأثیر سطوح مختلف شوری- سدیمی را نشان می‌دهد. شکل A-5 نشان می‌دهد که ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، اسیدیته خاک، مقدار رطوبت جرمی و رطوبت حجمی به استثنای pH برای خاک شدیداً شور- سدیمی، با افزایش شوری خاک افزایش یافته است. برعکس، جرم مخصوص گلدان‌ها با افزایش شوری- سدیمی خاک کاهش یافته بود. بالاترین مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی خاک ۲۰ و ۲۱ سانتی‌مول بار مثبت بر کیلوگرم به ترتیب در خاک‌های شور— سدیمی و شدیداً شور- سدیمی با هدایت الکتریکی ۶ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر و SAR برابر با ۱۶ و ۵۸ ثبت شده است. در حالی‌که مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی از ۹ سانتی‌مول بار مثبت بر کیلوگرم برای خاک غیرشور- سدیمی به طور معنی‌داری از مقدار آنها در خاک شور— سدیمی و شدیداً شور- سدیمی کمتر است (شکل A-۵). بالاترین مقدار pH نیز در خاک‌های شور - سدیمی و شدیداً شور- سدیمی ثبت شده بود (بالاتر از ۸) که به طور معنی‌داری بالاتر از خاک‌های غیرشور (pH برابر ۷/۴) بود (شکل B-۵). افزایش pH ممکن است به دلیل مقدار زیاد کربنات‌های آزاد که در مقابل هر نوع کاهش pH مقاومت می‌کنند، باشد (۳۳). تحقیقات تدسچی و همکاران (۳۶) نیز حاکی از این مطلب است که شوری خاک، pH آن را تحت تأثیر قرار داده، به‌طوری‌که در عمق ۱۵ سانتی‌متری لایه‌های خاک با افزایش شوری، pH خاک افزایش‌یافته بود. بالاترین مقدار رطوبت اشباع جرمی (۴۳ درصد) و حجمی (۵۳ درصد)، در شوری ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر و پایین‌ترین مقدار رطوبت اشباع جرمی و حجمی به ترتیب ۳۰ درصد و ۴۱ درصد در شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر ثبت شده است. که تفاوت معنی‌داری با سطح احتمال ۱ درصد را نشان داد (شکل C-۵). افزایش میزان رطوبت اشباع خاک با افزایش شوری می‌تواند به دلیل افزایش تخلخل خاک به دلیل کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک باشد که بخش قبلی اشاره شد. تدسچی و همکاران (۳۶) گزارش کرده‌اند که مقدار آب ذخیره و نگه‌داشته شده در تیمارهای خاک‌های شور نسبت به خاک‌های غیرشور بیشتر بود. آن‌ها مشاهده کردند که تیمار شوری ۱ درصد، مقدار آب بیشتری نسبت به تیمارهای 0.25 درصد و ۰,۵ درصد داشت، بااین‌وجود آن‌ها گزارش کردند که مقدار آب قابل دسترس در تیمارهای شور کاهش یافته بود. نتایج مقایسه میانگین برای سطوح مختلف شوری— سدیمی (شکل D-۵) نشان می‌دهد که بالاترین جرم مخصوص ظاهری (۱/۳۷ گرم بر ساتی‌متر مکعب) در خاک‌های غیرشور- سدیمی بود که به طور معنی‌داری از مقدار آن در خاک‌های شور— سدیمی و شدیداً شور- سدیمی (۱/۲۳ و ۱/۳۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب) بالاتر بود. این کاهش در مقدار جرم مخصوص ممکن است به دلیل اثر فلوکوله کنندگی (هم‌آوری کنندگی) عناصری چون کلسیم و منیزیم در شوری‌های بالا و افزایش میزان تخلخل در اثر فولکوله شدن باشد. کلسیم و منیزیم به دلیل اینکه در اشغال فضاهای مشابه بین رس‌ها با سدیم رقابت می‌کنند عموماً خاک را هم آوری می‌کنند (۲۱ و ۳۸). این نتایج مطابق با یافته‌های تدسچی و همکاران (۳۶) بود، به‌طوری‌که این محققان گزارش کردند در شوری‌های متفاوت با

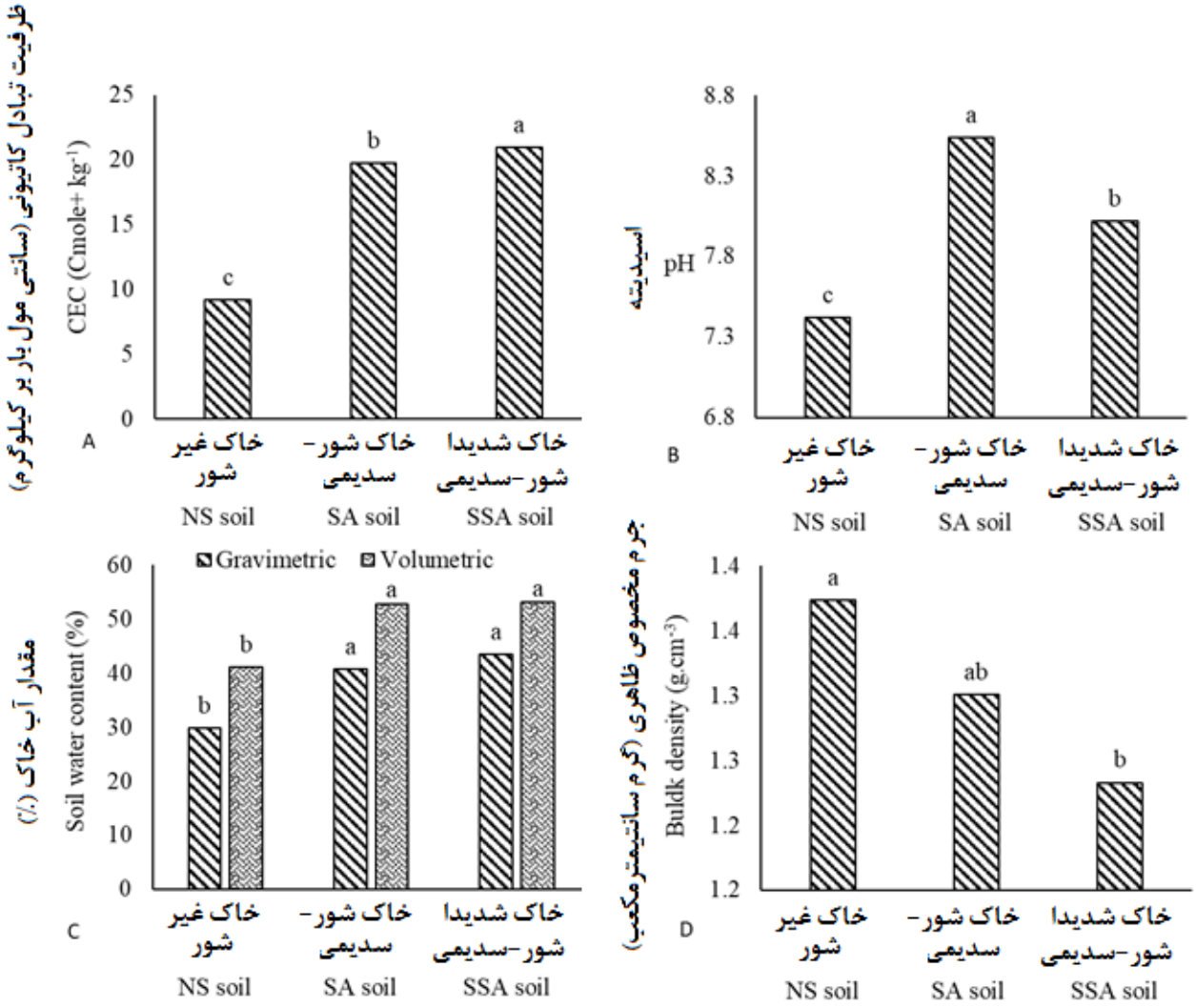
افزایش شوری جرم مخصوص ظاهری کاهش پیدا می‌کند (شکل D–۵).

شکل A–۶ نشان دهنده تفاوت‌های معنـی‌دار صـمغ عربـی روی هدایت هیدرولیکی اشباع و اسیدیته خاک می‌باشـد. بیشـترین میـزان هدایت هیدرولیکی اشباع (۰/۰۶ ساتی‌متر بـر دقیقـه) در خـاک تیمـار شده با ۱۰ گرم بر کیلوگرم صمغ عربی ثبت شده است. برخلاف نتایج ما، الجک (۱۲) بیان کرده است که تیمار خاک با صمغ عربی به دلیل کاهش تخلخل خاک، هدایت هیدرولیکی اشباع را به طور معنـی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد کاهش می‌دهد.



شکل ٤- تغییرات تنفس میکروبی خاک در زمان‌های مختلف بعد از تیمار خاک با صمغ عربی

Figure 4- Soil microbial respiration changes at different times after treatment with Arabic gum

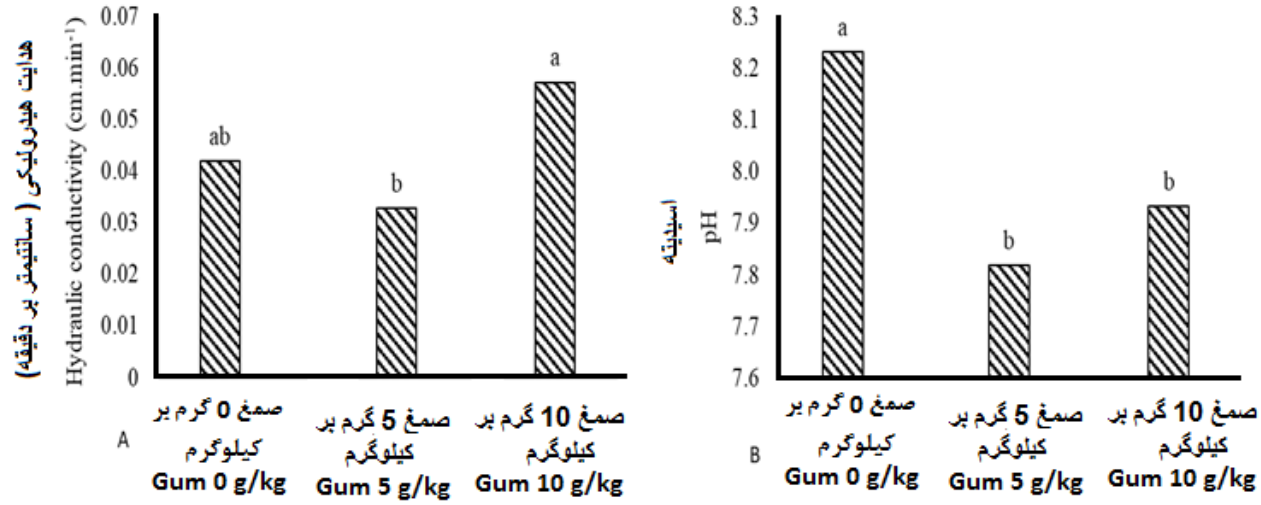


شکل ۵- اثرات شوری بر ظرفیت تبادل کاتیونی (A)، اسیدیته خاک (B)، مقدار آب خاک (C) و جرم مخصوص ظاهری (D) (NS: خاک غیر شور، SA: خاک شور– سدیمی و SSA: خاک شدیدا شور– سدیمی)

Figure 5- Salinity effects on soil CEC (A), pH (B), water content (C), and bulk density (D) (NS: none saline soil, SA: saline–alkaline soil, and SSA: severely saline – alkaline soil)

اگرچه در مطالعه ما به نظر می‌رسد اندازه و پایداری بالای خاکدانه‌های ایجاد شده در اثر کاربرد صمغ عربی، نسبت خلل و فرج درشت را افزایش داده که نتیجه آن هدایت هیدرولیکی اشباع بیشتر می‌باشد. همچنین می‌توان یادآور شد که افزایش شوری و سدیمی خاک به طور معنی‌داری هدایت هیدرولیکی اشباع خاک‌ها را در مقایسه با تیمارهای دیگر (۰/۰۳۸ در مقابل ۰/۰۴۶ و ۰/۰۴۸ سانتی‌متر بر دقیقه) کاهش داده بود. این نتایج مطابق با گزارشات وارنس و همکاران (۳۸) می‌باشد که گزارش کرده‌اند دیسپرس شدن خاک علاوه بر این‌که مقدار آب نفوذی در خاک را کاهش می‌دهد، روی هدایت هیدرولیکی خاک نیز اثر می‌گذارد. به نظر می‌رسد کاهش هدایت هیدرولیکی خاک‌های با غلظت سدیم بالا قابل پیش‌بینی و قابل توضیح باشد. زیرا وقتی سدیم دیسپرس می‌شود، ساختمان خاک تخریب شده و هدایت هیدرولیکی کاهش می‌یابد. در نتیجه اگر آب در خاک جریان نیابد لایه‌های بالایی منبسط شده، رشد گیاهان و تجزیه مواد آلی در شرایط غیرهوازی یا خاک‌های با زهکشی ضعیف را محدود کرده و یا کاهش می‌دهد. تدسچی و همکاران (۳۶) گزارش کرده‌اند، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک با افزایش شوری کاهش می یابد. این کاهش در هدایت هیدرولیکی در تیمارهای با بالاترین مقدار شوری (شوری ۱ درصد و ۰/۵ درصد) در همه لایه‌های خاک مشاهده شد. نتایج آن‌ها نشان داد زمانی که پایداری خاکدانه‌ها کاهش می‌یابد، هدایت هیدرولیکی نیز کاهش می‌یابد، زیرا افزایش شوری و درصد سدیم تبادلی (ESP) تأثیر منفی روی پایداری خاکدانه داشته، موجب تخریب ساختمان خاک می‌شود و مقدار آب قابل دسترس و هدایت هیدرولیکی را کاهش می‌دهد. برخلاف هدایت هیدرولیکی اشباع،

نتایج (شکل B-۶) نشان داد، کاربرد صمغ عربی (۵ و ۱۹ گرم بر کیلوگرم) به طور معنی‌داری اسیدیته خاک را در مقایسه با خاک‌های تیمار نشده (۷/۸ و ۷/۹ در مقابل ۸/۲) کاهش داد. کاهش اسیدیته خاک با کاربرد صمغ عربی به دلیل ساختار اسیدی آن قابل انتظار می‌باشد (5) (شکل B-۶).



شکل ٦- اثرات صمغ عربی بر روی هدایت هیدرولیکی خاک (A) و اسیدیته خاک (B)

Figure 6- Gum Arabic effects on soil hydraulic conductivity (A) and pH (B)

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر به منظور ارزیابی برهمکنش صمغ عربی (به عنوان جایگزینی از پلی ساکاریدهای برون سلولی) و شوری- سدیمی خاک بر چندین ویژگی خاک‌های شور- سدیمی و غیرشور- سدیمی جمع آوری شده از اطراف دریاچه ارومیه، واقع در شمال غرب ایران انجام شد. نتایج حاصل در زیر آورده شده است:

برهمکنش صمغ عربی و شوری- سدیمی خاک بر کربن آلی، فعالیت میکروبی و خصوصیات ساختمانی (میانگین وزنی قطرخاکدانه، شاخص پایداری خاکدانه‌ها و بعد فراکتال جرمی خاکدانه‌ها) معنی‌دار بود. صمغ عربی خصوصیات بیولوژیکی را حتی در خاک‌های شور- سدیمی بهبود داد به طوری‌که بیشترین فعالیت میکروبی (۱۶ تا ۴۴۳ در مقابل ۳ تا ۱۰۹ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن بر کیلوگرم خاک در روز) و مقدار کربن آلی (۰/۳۱ تا ۰/۳۶ در مقابل ۰/۱۴ تا ۰/۲۲ درصد) با بیشترین مقدار صمغ عربی در خاک‌های شور و غیرشور به دست آمد. در حالی که پایداری خاکدانه‌های خاک (۰/۸۸ تا ۶۰ در مقابل ۰/۹ تا ۱۳ درصد) و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (۰/۰۶ تا ۲/۵۳ در مقابل ۰/۰۰۹ تا ۰/۴۶ میلی‌متر) و بعد فراکتال جرمی (۰/۹۴ تا ۲/۰۹ در مقابل ۰/۷۵ تا ۲/۴۵ میلی‌متر) خاکدانه‌ها نسبت به خاک‌های شور- سدیمی در خاک‌های غیرشور- سدیمی تحت تأثیر صمغ عربی قرار گرفته بودند.

اثر اصلی شوری- سدیمی خاک در ظرفیت تبادل کاتیونی، اسیدیته خاک، مقدار رطوبت حجمی و رطوبت جرمی خاک معنی‌دار بوده و جرم مخصوص بالای گلدان‌ها در ظرفیت تبادل کاتیونی (۲۱ در مقابل ۹ سانتی‌مول بار مثبت بر کیلوگرم)، بالاترین pH خاک (۸/۵ در مقابل ۷/۴) و بالاترین مقدار رطوبت حجمی (۵۳ در مقابل ۴۱ درصد) و رطوبت جرمی (۴۳ در مقابل ۳۰ درصد) و جرم مخصوص پایین گلدان‌ها (۱/۳۷ در مقابل ۱/۲۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب) در کاربرد بالاترین مقدار (۱۰ گرم بر کیلوگرم) صمغ عربی ثبت شد.

اثر اصلی صمغ عربی بر هدایت هیدرولیکی اشباع معنی‌دار بوده و اسیدیته خاک نسبت بالایی از هدایت هیدرولیکی اشباع (۰/۰۶ در مقابل ۰/۰۴ سانتی‌متر بر دقیقه) بوده و اسیدیته پایین (۷/۹ در مقابل ۸/۲) در ۱۰ گرم بر کیلوگرم صمغ عربی ثبت گردید.

سپاسگزاری

نویسندگان از آقای دکتر بلیر مکنزی (Dr. Blair McKenzie) و خانم دکتر سارا ملا علی عباسیان به خاطر مشاوره‌های بی شائبه آنها در انجام آزمایشات آزمایشگاهی قدردانی می‌نمایند.

منابع

1- Anderson D. C., Harper K. T., and Holmgren R. C. 1982. Factors influencing development of cryptogamic soil crusts in Utah deserts. Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives, 35: 180-185.
2- Badreldin A., Ziada A., and Blunden G. 2009. Biological effects of gum arabic: A review of some recent research. Food and Chemical Toxicology, 47: 1–8.
3- Barzegar A. R., Oades J. M., Rengasamy P., and Giles L. 1994. Effect of sodicity and salinity on disaggregation and tensile strength of an Alfisol under different cropping systems. Soil and Tillage Research, 32: 329-345.
4- Bower C. A., Reitemeier R., and Fireman M. 1952. Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. Soil Science, 73: 251-262.
5- Celis J., Sandoval M., and Bello N. 2011. No-linear respiration dynamics in a degraded Alfisol amended with different dose of salmon sludges. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 11: 58-67.
6- Celis J., Sandoval M., and Zagal E. 2009. Actividad respiratoria de microorganismos en un suelo patagónico enmendado con lodos salmonícolas. Archivos de Medicina Veterinaria, 41: 275-279.
7- Celis J.E., Sandoval M., Martínez B., and Quezada C. 2013. Effect of organic and mineral amendments upon soil respiration and microbial biomass in a saline-sodic soil. Ciencia e Investigación Agraria, 40: 571-580.
8- Chenu C., and Stotzky G. 2002. Interactions between microorganisms and soil particles: an overview. Interactions between soil particles and microorganisms: Impact on the terrestrial ecosystem IUPAC John Wiley & Sons, Ltd, Manchester, UK:1-40.
9- Chowdhury N., Marschner P., and Burns R. G. 2011. Soil microbial activity and community composition: impact of changes in matric and osmotic potential. Soil Biology and Biochemistry, 43: 1229-1236.
10- Czarnes S., Hallett P., Bengough A., and Young I. 2000. Root-and microbial-derived mucilages affect soil structure and water transport. European Journal of Soil Science, 51: 435-443.
11- Dane J., and Hopmans J.W. 2002. Water Retention and Storage. Methods of Soil Analysis: Part 4 Physical Methods: 671-797.
12- El-Jack E.M.M. S. 2003. Effect of Gum Arabic on Some Soil Physical Properties And Growth Of Sorghum Grown On Three Soil Types. University of Khartoum.
13- Emdad M.R., Shahabifar M., and Fardad H. 2006. Effect of different water qualities on soil physical properties. Tenth International Water Technology Conference, Alexandria, Egypt, 647-652.
14- Farooq M., Hussain M., Wakeel A., and Siddique K. H. 2015. Salt stress in maize: effects, resistance mechanisms, and management. A review, Agronomy for Sustainable Development, 35: 461-481.
15- Garcia C., and Hernandez T. 1996. Influence of salinity on the biological and biochemical activity of a calciorthird soil. Plant and Soil, 178: 255-263.
16- Golabian H. 2010. Urumia Lake: hydro-ecological stabilization and permanence. In: Macro-engineering seawater in unique environments. Springer, pp 365-397.
17- Greenland D.J. 1972. Interactions between organic polymers and inorganic soil particles. Proceedings of International symposium on fundamentals of soil conditioning. Edited by M.F. DeBoodt. Ghent, Belgium, 37: 897-914.
18- Grossman R., and Reinsch T. 2002. 2.1 Bulk density and linear extensibility. Methods of Soil Analysis: Part 4 Physical Methods, 201-228.
19- Hassanzadeh E., Zarghami M., and Hassanzadeh Y. 2012. Determining the main factors in declining the Urmia Lake level by using system dynamics modeling. Water Resources Management, 26: 129-145.
20- Klute A., and Dirksen C. 1986. Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory methods. Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods, 687-734.
21- Krista E., Nikos J., and James W. 2003. Basics of Salinity and Sodicity Effects on Soil Physical Properties. Effects of Salinity on Plant Growth, 10.
22- Kullman A., Lehfeldt J., and Ben Kensten H. 1986. The effect of an organic gel on the physical and physiological properties of a sandy soil. Agrokemia Estalajan, 35: 39-47.
23- Mark H. F., Gaylord N. G., and Bikales N. M. 1969. Polysaccharides. In Encyclopedia of polymer science and technology. Wiley, New York, 11, 417.
24- Mavi M. S., and Marschner P. 2017. Impact of Salinity on Respiration and Organic Matter Dynamics in Soils is More Closely Related to Osmotic Potential than to Electrical Conductivity. Pedosphere, 27: 949-956.
25- Mavi M. S., Marschner P., Chittleborough D. J., Cox J. W., and Sanderman J. 2012. Salinity and sodicity affect soil respiration and dissolved organic matter dynamics differentially in soils varying in texture. Soil Biology & Biochemistry, 45: 8-13.
26- Metternicht G., and Zinck J. 2003. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints. Remote sensing of Environment, 85: 1-20.
27- Mohamed E.A. 1999. Effect of natural amendments on soil aggregate stability and water flow in different soils. M.

Sc. (Agric) thesis, University of Khartoum, Sudan.
28- Nelson D., and Sommers L. E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. Methods of soil analysis Part 2 Chemical and microbiological properties, 539-579.
29- Nimmo J.R., and Perkins K.S. 2002. 2.6 Aggregate Stability and Size Distribution. Methods of soil analysis: Part 4:317-328.
30- Oades J. M., and Waters A. G. 1991. Aggregate hierarchy in soils. Australian Journal Soil Research, 29: 815-828.
31- Postiglione L., Barbieri G., and Tedeschi A. 1995. Long-term effects of irrigation with saline water on some characteristics of a clay loam soil. Riv di Agron, 29: 24-30
32- Rhoades J., Manteghi N., Shouse P., and Alves W. 1989. Soil electrical conductivity and soil salinity: New formulations and calibrations. Soil Science Society of America Journal, 53: 433-439.
33- Salih S. A. 2011. Effect of ground water quantities and some tillage practices on soil reclamation. PhD thesis, University of Al-Neelain, Sudan.
34- Sandford P. A., and Baird J. 1983. Industrial utilization of polysaccharides. In The polysaccharides, G.O. Aspinall (ed). Academic Press, New York, 2: 414-465.
35- Shanmuganathan R., and Oades J. 1982. Effect of dispersible clay on the physical properties of the B horizon of a red-brown earth. Soil Research, 20: 315-324.
36- Tedeschi A., Angelino G., and Ruggiero C. 2006. Physical and chemical properties of long-term salinized soils. Italian Journal of Agronomy, 1: 263-270.
37- Tyler S.W., and Wheatcraft S.W. 1992. Fractal scaling of soil particle-size distributions: analysis and limitations. Soil Science Society of America Journal, 56: 362-369.
38- Warrence N. J., Bauder J. W., and Pearson K.E. 2002. Basics of salinity and sodicity effects on soil physical properties. Departement of Land Resources and Environmental Sciences, Montana State University-Bozeman, MT:1-29.
39- Whistler R., and Hymowitiz T. 1979. Guar agronomy, production, industrial use and nutrition, 1–96.
40- Wichern J., Wichern F., and Joergensen R. G. 2006. Impact of salinity on soil microbial communities and the decomposition of maize in acidic soils. Geoderma, 137: 100-108.
41- Yoder R. E. 1936. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. Agronomy Journal, 28: 337-351.
42- Yu R., Liu T., Xu Y., Zhu C., Zhang Q., Qu Z., Liu X., and Li C. 2010. Analysis of salinization dynamics by remote sensing in Hetao Irrigation District of North China. Agricultural Water Management, 97: 1952-1960

Journal of Water and Soil
Vol. 32, No. 5, Nov.-Des. 2018, p. 987-1001

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۷، ص. ۱۰۰۱-۹۸۷

The Efficiency of Arabic Gum on Improvement of Physical and Chemical Properties of Saline-Sodic and Non-Saline-Sodic Soils near Lake Urmia

Z. Habibi[1]- M. Rahmati[2*]- A. Alilou[3]- E. Karimi[4]

Received: 03-03-2018
Accepted: 09-09-2018

Introduction: The use of soil amendments more specifically bio-polymers is increasing nowadays. Arabic Gum is also one of the hydrogels that are capable for soil modification. It seems that the main usage of amendments in soils is to improve the structure of intended soils. Saline-sodic soils are among the poorly structured soils. The use of soil amendments in these soils may be of the most concern. The different conditions of saline-sodic soils in terms of microbial activity and sodium concentration imply that there should be differences in effects of different soil amendments in saline-alkaline and non-saline-alkaline soils. There is no report (up to our knowledge) about the application of Arabic gum in saline soils. However, it seems that the effects of Arabic gum in saline-sodic soils may differ from what in non-saline-alkaline soils due to the interactions between Arabic gum, salinity, and sodium. Therefore, the current research was aimed to investigate the effects of Arabic gum as an analogue of exopolysaccharides on several soil characteristics of saline-sodic and non-saline-sodic soils collected from Lake Urmia catchment, northwest of Iran.

Materials and Methods: The current research was carried out using loam soil samples collected from Qareh Chopogh village located on the southeastern border of Lake Urmia, Bonab plain, Northwest of Iran. In order to evaluate the effects of Arabic gum on properties of salin-sodic and non-saline-sodic soils, a factorial experiment based on completely randomized design (CRD) with two factors (salinity - sodicity levels and Arabic gum) and three replications was carried out. Salinity - sodicity levels, as first factor, included EC = 1 dSm^{-1} and SAR = 1.3 (non-saline-sodic soil), EC = 6 dSm^{-1} and SAR = 16 (saline - sodic soil), and EC = 30 dSm^{-1} and SAR = 58 (severely saline-sodic soil). When soils were sampled from each salinity-sodicity classe and transformed to laboratory, pots were prepared and treated with different levels of Arabic gum including 0, 5, and 10 g kg^{-1} and incubated for one month with varying soil water content between around 0.5FC and FC. After incubation time, disturbed and undisturbed soil samples were collected from pots and were prepared for further analysis. Undisturbed soil samples were used to determine bulk density of pots (D_b), volumetric (θ_v) and gravimetric (θ_m) saturated soil water contents, and saturated hydraulic conductivity (K_s). Disturbed soil samples were also used to determine wet-aggregate stability (WAS), mean weight diameter (MWD), and mass fractal dimension (D_m) of soil aggregates, soil pH, soil organic carbon (OC), soil cation exchange capacity (CEC), and soil respiration. Finally, results were subjected to analysis of variance in SAS software based on applied design.

Results and Discussion: The interaction of Arabic gum and soil salinity-sodicity was significant for organic carbon, microbial activity and soil structural characteristics (MWD, WAS, and mass fractal dimension). Arabic Gum improved biological soil properties even in saline-sodic soils. The higher microbial activity (16 to 443 mg CO_2 kg^{-1} soil day^{-1} in higher amount of Arabic gum vs. 3 to 109 mg CO_2 kg^{-1} soil day^{-1} in blank soil) and organic carbon content (0.31 to 0.36 % in higher amount of Arabic gum vs. 0.14 to 0.22 % in blank soil) were obtained in higher amount of Arabic gum in saline-sodic and non-saline soils. While, the stability (0.88 to 60 vs. 0.9 to 13 %), mean weight diameter (0.06 to 2.53 vs. 0.009 to 0.46 mm), and mass fractal dimensions (0.935 to 2.09 vs. 0.75 to 2.45) of soil aggregates were affected by Arabic gum in non-saline-sodic soils rather than saline-sodic soils. The main effect of soil salinity-sodicity was significant for soil cation exchange capacity, soil pH, gravimetric and volumetric soil water contents, and pots bulk density. The higher amounts of CEC (21 vs. 9 $Cmole+.kg^{-1}$), pH (8.0 vs. 7.4), volumetric (53 vs. 41 %) and gravimetric (43 vs. 30 %) water contents, and the lower pots bulk density (1.23 vs. 1.37 $g.cm^{-3}$) were recorded in severely saline-sodic soil compared to non-saline-sodic soil. The main effect of Arabic gum was significant for soil saturated hydraulic conductivity and soil pH where the higher rate of saturated hydraulic conductivity (0.06 $cm.min^{-1}$ in higher amount of Arabic gum vs. 0.04 $cm.min^{-1}$ in blank soil) and the lower pH (7.9 in higher amount of Arabic gum vs. 8.2 in blank soil) were recorded in 10 $g.kg^{-1}$ Arabic gum.

1, 2 and 4- Former M.Sc. Student and Assistant Professors in Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Maragheh University
(*- Corresponding Author Email: mehdirmti@gmail.com)
3- Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Maragheh University

Conclusion: Based on the results, we conclude that although the effectiveness of the Arabic gum is decreased in saline-sodic soils, it significantly affects different soil characteristics. However, it seems that we need to apply higher amount of Arabic gum (higher than 10 $g.kg^{-1}$) to gain the considerable effects of Arabic gum in saline – sodic soils. Since gradual drying of Urmia Lake, located in northwest of Iran, is leaving behind wide areas of saline and saline-sodic soils which is threatening habitant's health, modification of these salt-affected areas using Arabic gum can be a useful strategy. Although, improving vegetation density seems to be main key for this aim, application of soil amendments (more specifically Arabic gum) may support the establishment of vegetation in area. Our objective observation also points to this fact that Arabic gum (specifically in higher amount of 10 $g.kg^{-1}$) resulted in a crust like layer in soil surface specially in dry state that can prevent the removal of salt particles by the wind. However, the effectivity of Arabic gum in preventing the removal of salt particle by the wind (which is a common issue in area) needs to be evaluated through wind tunnel experiments.

Keywords: Amendment, Arabic gum, Saline–sodic soils, Urmia lake