نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و سوم، شماره دوم، ۱۳۹۵
http://jwsc.gau.ac.ir

بررسی تأثیر گچ و ضایعات آلی مختلف بر ویژگی‌های شیمیایی و تنفس میکروبی یک خاک سدیمی

*مصیب وفایی[۱]، احمد گلچین[۲] و سعید شفیعی[۳]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه خاک‌شناسی، دانشگاه زنجان، [۲]استاد گروه خاک‌شناسی، دانشگاه زنجان،
[۳]استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشگاه جیرفت

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۹/۲۹

چکیده

سابقه و هدف: با رشد روزافزون جمعیت و افزایش تقاضا برای آب و منابع غذایی باعث استفاده از آب و خاک فقیرتر برای تولید غذا شده است. در همین راستا بهره‌گیری از منابع حاشیه‌ای و غیرمتعارف از جمله خاک‌های شور و سدیمی در دستور کار اغلب کشورهای جهان که دارای این منابع بوده قرار گرفته است. برای این‌که اراضی شور و سدیمی بتوانند مورد استفاده قرار بگیرند باید ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نامطلوب آن‌ها اصلاح گردد. گچ و مواد آلی برخی از اصلاح‌کننده‌های مورد استفاده در خاک‌های سدیمی هستند. گچ به‌دلیل حفظ سطح الکترولیت و بهبود خواص فیزیکی برای اصلاح خاک‌های سدیمی استفاده می‌شود. مواد آلی با تجزیه تدریجی در خاک موجب افزایش حلالیت گچ و بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک سدیمی می‌شود. به همین دلیل هدف این پژوهش بررسی تأثیر مواد آلی با نسبت‌های مختلف C:N به تنهایی و توأم با گچ بر ویژگی‌های شیمیایی و تنفس میکروبی یک خاک سدیمی می‌باشد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی اثر گچ (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز گچی) به تنهایی و همراه با مواد آلی از بقایای گیاهی یونجه، گیاه ذرت، ضایعات خرما و خاک اره (۱/۵ و ۳ درصد کربن آلی) بر ویژگی‌های شیمیایی و تنفس میکروبی یک خاک سدیمی آزمایش گلخانه‌ای با ۲۷ تیمار و سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی به اجرا درآمد. نمونه‌های خاک پس از اعمال تیمارها به‌مدت دو ماه در رطوبت ظرفیت زراعی در دمای مناسب خوابانیده شدند. دو ماه پس از اعمال تیمارها از گلدان‌های آزمایشی نمونه خاک تهیه و ویژگی‌های شیمیایی خاک قبل و بعد از آبشویی اندازه‌گیری شدند. برای آبشویی ضخامت آب معادل ضخامت لایه مورد شست و شوی خاک بود همچنین تنفس میکروبی بلافاصله پس از اعمال تیمارها مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

نتایج: نتایج نشان که قبل از آبشویی، تیمار گچ به‌میزان ۱۰۰ درصد نیاز گچی توأم با ۳ درصد کربن آلی از منبع خرما دارای بیش‌ترین تأثیر در افزایش هدایت الکتریکی و کاهش pH خاک بود. همچنین پس از آبشویی، pH خاک و مقدار هدایت الکتریکی در همه تیمارها کاهش یافت. بیش‌ترین مقدار کاهش نسبت جذب سدیم قبل از آبشویی از تیمار گچ بدون مواد آلی به‌دست آمد که مقدار نسبت جذب سدیم را از ۲۹/۱۲ در تیمار شاهد به ۱۷/۷۸ کاهش داد و

* مسئول مکاتبه: vafaee.mosayeb67@gmail.com

پس از آبشویی بیش‌ترین مقدار کاهش نسبت جذب سدیم از مصرف ۳ درصد کربن آلی از منبع خرما همراه با ۱۰۰ درصد نیاز گچی به‌دست آمد که مقدار نسبت جذب سدیم را از ۱۲/۶۹ به ۹/۳۶ کاهش داد. بیش‌ترین مقدار تنفس میکروبی نیز از مصرف ۳ درصد کربن آلی از منبع ضایعات خرما بدون مصرف گچ حاصل شد که برابر با ۲۹۶/۳۴ میلی‌گرم کربن بود و کم‌ترین مقدار تنفس میکروبی از تیمارهای بدون کربن آلی مصرفی و خاک اره به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری کلی: نتایج این مطالعه نشان داد به‌طور کلی مواد آلی و گچ زمانی بیش‌ترین تأثیر را در اصلاح خاک سدیمی دارند که پس از افزودن گچ و مواد آلی و خوابانیدن خاک به‌مدت ۲ ماه، آبشویی صورت گیرد. در این صورت می‌توان میزان شوری و سدیم تبادلی خاک را به مقدار قابل‌توجهی کاهش داد. زمانی که پس از خوابانیدن خاک آبشویی انجام نشود مواد آلی منجر به افزایش ویژگی‌های نامطلوب خاک از جمله نسبت جذب سدیم می‌شود. ضایعات خرما با توجه به C:N بالا نسبت به بقایای یونجه و خرما دارای سرعت تجزیه بیش‌تر و اثر مطلوب‌تری در اصلاح خاک سدیمی داشت که مصرف هم‌زمان آن با گچ موجب تشدید اصلاح خاک سدیمی شد.

واژه‌های کلیدی: آبشویی، خاک سدیمی، ضایعات آلی، نسبت جذب سدیم

مقدمه

خاک از مهم‌ترین منابع پایدار در تولید مواد غذایی مورد نیاز بشر است. امروزه شور و سدیمی شدن خاک‌های کشاورزی که منجر به تخریب اراضی می‌گردد، به یک معضل جهانی در اراضی تحت آبیاری تبدیل شده است (۲۲). شناخت رفتار خاک‌های سدیمی و اثرات آن بر کشاورزی و محیط زیست، به‌منظور مدیریت مناسب خاک‌های سدیمی برای تولید محصول و حفظ کشاورزی پایدار در سراسر جهان امری ضروری است. وجود سدیم تبادلی بالا سبب تخریب ساختمان خاک، کاهش نفوذپذیری و کاهش سرعت حرکت آب در خاک و در نهایت کاهش عملکرد محصولات می‌شود (۱۸). در خاک‌های سدیمی، کاتیون سدیم با قرار گرفتن در محل‌های تبادلی رس‌ها، باعث افزایش ضخامت لایه الکتریکی دوگانه پخشیده شده که این عمل منجر به آماس رس‌ها و در نهایت تخریب خاکدانه‌ها می‌شود. در ادامه این فرآیند، هماوری و انعقاد جای خود را به پخشیدگی و پراکندگی می‌دهد که تشکیل سله، کاهش نفوذپذیری و فشردگی خاک را باعث می‌شود (۲۴).

گزارش‌های زیادی در خصوص اضافه کردن مواد آلی مختلف شامل کود سبز، کود دامی در اصلاح خاک‌های سدیمی ارائه شده است (۲۰، ۳۴). مواد آلی با تجزیه تدریجی در خاک و با تولید انواع ترکیبات شیمیایی و اسیدهای آلی باعث چسبندگی بیش‌تر ذرات خاک شده و از طرف دیگر با افزایش فشار جزیی گاز دی‌اکسیدکربن موجب افزایش حلالیت ترکیبات معدنی حاوی کلسیم در خاک شده، که نتیجه آن کاهش نسبت جذب سدیم و pH خاک است (۴). ونگ و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که مصرف ترکیبات آلی توأم با گچ نسبت به کاربرد جداگانه آن تأثیر بیش‌تری در کاهش درصد سدیم و افزایش نفوذپذیری خاک دارد (۳۶). هانای و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که تأثیر مواد آلی بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک‌های سدیمی ناچیز بود ولی بر نسبت جذب سدیم آن‌ها اثر منفی داشت (۲۰). برای کاهش اثرات مضر سدیم تبادلی بالا در خاک‌های سدیمی، گچ به‌دلیل داشتن قابلیت انحلال متوسط، هزینه کم و سهولت مصرف اغلب مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳). کاربرد گچ در خاک‌های

سدیمی باعث جایگزینی کلسیم محلول با سدیم تبادلی شده که نتیجه آن تولید سولفات سدیم که توسط آبشویی از خاک خارج می‌شود و باعث کاهش نسبت جذب سدیم خاک می‌شود (۳۷). بسیاری از محققان، تکنولوژی ترکیب مواد آلی و معدنی را به‌عنوان بهترین راهکار برای اصلاح ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک‌های سدیمی معرفی نموده‌اند (۳۵، ۳۴، ۱۲). احمد و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که کاربرد مواد اصلاحی در خاک سدیمی زمانی می‌تواند مؤثر باشد که پس از کاربرد این مواد، خاک در فواصل معینی آبشویی شود تا سدیم بتواند از پروفیل خاک خارج شود (۲). جلالی و همکاران (۲۰۰۹) با کاربرد گچ در خاک‌های شور و سدیمی دارای نسبت جذب سدیم بالا به این نتیجه رسیدند که درصد سدیم تبادلی پس از اعمال آبشویی شدید به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (۲۱). بر اساس گزارش‌های فائو وسعت خاک‌های سدیمی در حدود ۴۳۴ میلیون هکتار است (۲۵). با توجه به وسعت زیاد خاک‌های شور و سدیمی در ایران (بیش از ۳۵ میلیون هکتار) اصلاح و بهسازی این خاک‌ها از طریق کاربرد مواد معدنی ارزان‌قیمت مانند گچ به همراه ضایعات آلی نیاز به مطالعه و بررسی بیش‌تری دارد بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر ضایعات آلی با نسبت‌های مختلف C:N با و بدون گچ بر برخی ویژگی‌های شیمیایی یک خاک سدیمی به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر متقابل گچ و ضایعات آلی با نسبت‌های C:N مختلف از بقایای گیاه یونجه، بقایای گیاه ذرت، ضایعات خرما و خاک اره (جدول ۱). بر برخی ویژگی‌های شیمیایی و تنفس میکروبی یک خاک سدیمی یک آزمایش گلدانی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۲۷ تیمار و ۳ تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه زنجان به اجرا درآمد. نمونه خاک سدیمی از غرب شهرستان ملایر در شمال رودخانه حرم‌آباد (۴۸ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی) و از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری به‌صورت مرکب تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه خاک قبل از اعمال تیمارهای آزمایشی در جدول ۲ گزارش شده است. بقایای گیاهی پس از تهیه و اندازه‌گیری درصد کربن آلی، به‌میزان ۱/۵ و ۳ درصد کربن آلی از هر کدام از چهار نوع بقایا و یک تیمار هم بدون کربن آلی که در مجموع ۹ سطح کربن آلی به تنهایی و همراه با مصرف گچ به‌میزان صفر، ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز گچی در مجموع سه سطح گچ به گلدان‌های آزمایشی اضافه شدند. ۱۰۰ درصد نیاز گچی از رابطه ۱ حساب شد.

$$GR = \frac{ESP_i - ESP_f}{CEC} \times 100 \qquad (۱)$$

که در آن، GR معادل نیاز گچی بر حسب میلی‌اکی‌والان درصد گرم خاک، ESP_f درصد سدیم تبادلی مورد انتظار که در این آزمایش ۸ در نظر گرفته شد، ESP_i درصد سدیم تبادلی اولیه و CEC ظرفیت تبادلی کاتیونی خاک بر حسب میلی‌اکی‌والان درصد گرم خاک است (۶). نمونه‌های ۵ کیلوگرمی از خاک سدیمی با مواد آلی و گچ مخلوط و به‌مدت ۲ ماه در رطوبت ظرفیت مزرعه خوابانیده شدند.

دو ماه پس از اعمال تیمارها قبل و پس از آبشویی خاک مورد مطالعه برای تعیین تأثیر تیمارهای اعمال شده بر ویژگی‌های شیمیایی خاک مورد مطالعه، pH گل اشباع توسط pH متر، میزان هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع توسط EC متر (۱۰) و اندازه‌گیری سدیم، کلسیم و منیزیم محلول (۲۳) با دستگاه

فلیم‌فتومتر و دستگاه جذب اتمی و نسبت جذب سدیم با استفاده از رابطه ۲ به‌دست آمد.

$$SAR = \frac{Na}{0.5[Ca + Mg]^{\frac{1}{2}}} \qquad (۲)$$

که در آن، غلظت کاتیون‌های محلول بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر است، قبل و پس از آبشویی انجام شد. ظرفیت تبادل کاتیونی به روش جایگزینی با استات سدیم و استات آمونیوم (۸) و میزان کربن آلی به روش والکلی و بلاک (۲۸) و پس از هضم گیاه میزان نیتروژن کل به روش برمنر و ملونسی (۹) اندازه‌گیری شد. همچنین تنفس میکروبی بلافاصله پس از اضافه کردن بقایا به خاک و به‌مدت ۱۵۳ روز به روش پیچ و همکاران (۲۷) اندازه‌گیری شد. برای آبشویی خاک برای همه تیمارها عمق آب مورد استفاده معادل ضخامت خاک بود که از آب مقطر استفاده گردید و تعداد دفعات آبشویی یک بار بود. برای محاسبه آماری و تجزیه واریانس داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS و همچنین از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد برای مقایسه میانگین داده‌ها و از نرم‌افزار Excel برای مرتب کردن داده‌ها و رسم نمودارها استفاده گردید.

جدول ۱- مقدار کربن آلی، نیتروژن کل، نسبت C:N و غلظت بعضی از عناصر غذایی مواد آلی مورد مطالعه.

Table 1. The Content of organic carbon, total nitrogen, C:N ratio and concentration of some of the nutrients of the organic materials under study.

مواد آلی Organic matter	کربن آلی OC	نیتروژن کل N	سدیم Na	کلسیم Ca	منیزیم Mg	فسفر P	نسبت کربن به نیتروژن C:N
	(%)						
یونجه	39.29	2.52	0.072	0.42	0.22	0.34	15.59
ذرت	44.15	0.985	0.097	0.34	0.13	0.28	44.83
خرما	46.9	0.480	0.063	0.29	0.163	0.49	95.76
خاک اره	49.48	0.112	0.014	0.054	0.035	0.059	441.78

جدول ۲- برخی از ویژگی‌های خاک مورد مطالعه قبل از اعمال تیمارها.

Table 2. Selected properties of the examined soil before application of treatments.

شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	بافت خاک Soil texture	EC (dsm^{-1})	کربن آلی (٪) %OC	آهک کل(٪) $CaCO_3$٪	نسبت جذب سدیم SAR	CEC (cmolckg-1)
	(%)							
23.9	36.4	39.7	Clay	3.93	0.198	17.68	30.12	22.21

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای آزمایشی و اثر متقابل آن‌ها بر ویژگی‌های شیمیایی یک خاک سدیمی پس از دو ماه قبل از آبشویی در جدول ۳ و پس از آبشویی در جدول نمایش داده شده است.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف بر ویژگی‌های شیمیایی خاک سدیمی قبل از آبشویی.

Table 3. Results from variance analysis of the impact of different treatments on chemical properties of the sodic soil before leaching.

منابع تغییرات (Source)	درجه آزادی (DF)	میانگین مربعات (Mean Squares)		
		pH	EC (dsm^{-1})	نسبت جذب سدیم (SAR)
کربن آلی (A)	8	0.474**	6.17**	11.17**
گچ (B)	2	3.20**	253.917**	578.15**
اثر متقابل کربن آلی و گچ (AB)	16	0.026**	0.166**	2.36*
خطا (Error)	54	0.005	0.043	1.05
ضریب تغییرات (CV)	-	0.86	2.51	4.11

* و ** به‌ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار می‌باشند و ns معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف بر ویژگی‌های شیمیایی خاک سدیمی پس از آبشویی.

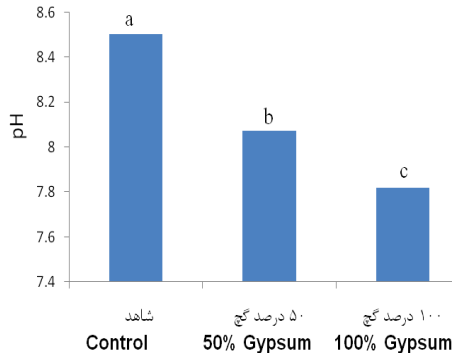
Table 4. Results from variance analysis of the impact of different treatments on chemical properties of the sodic soil after leaching.

منابع تغییرات (Source)	درجه آزادی (DF)	میانگین مربعات (Mean Squares)		
		pH	EC (dsm^{-1})	نسبت جذب سدیم (SAR)
کربن آلی (A)	8	9.403**	207.379**	1617.32**
گچ (B)	2	0.352**	1.245**	21.94**
اثر متقابل کربن آلی و گچ (AB)	16	0.019**	0.112*	1.93*
خطا (Error)	54	0.007	0.062	1.04
ضریب تغییرات (CV)	-	1.1	7.16	6.62

* و ** به‌ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار می‌باشند و ns معنی‌دار نمی‌باشد.

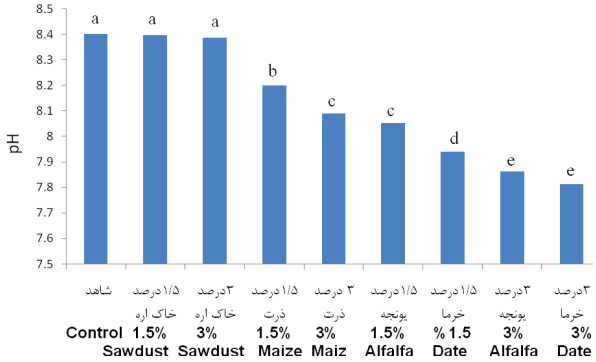
pH خاک قبل از آبشویی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر سطوح مختلف گچ بر pH گل اشباع خاک قبل از آبشویی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مصرف گچ به اندازه ۱۰۰ درصد نیاز گچی باعث بیش‌ترین مقدار کاهش در pH خاک شد به‌طوری‌که مقدار این کاهش نسبت به تیمار شاهد ۸/۰۲ درصد بود (شکل ۱). قدیر و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که گچ یک منبع کلسیم‌دار است که می‌تواند به سهولت در آب خاک حل شده و کلسیم آزاد شده از آن جایگزین هیدروژن و سدیم تبادلی شود و این امر ضمن افزایش میزان هدایت الکتریکی محلول خاک باعث کاهش واکنش نیز خاک می‌گردد (۲۹). اثر نوع و مقدار کربن آلی بر pH خاک قبل از آبشویی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین مقدار کاهش در pH خاک از مصرف ۳ درصد کربن آلی از منبع ضایعات خرما به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۶/۷۸ درصد کاهش داشت (شکل ۲). دلیل کاهش

بیش‌تر pH خاک در اثر کاربرد ضایعات خرما تجزیه بیش‌تر این ترکیب و تولید گاز دی‌اکسیدکربن بیش‌تر بود. تجزیه بقایای گیاهی علاوه بر تولید اسیدهای آلی مختلف باعث افزایش مقدار دی‌اکسید کربن و در نتیجه مقدار اسید کربنیک در محلول و کاهش pH خاک می‌شود (۲۰، ۳۴). اثر متقابل نوع و مقدار کربن آلی و میزان گچ بر pH خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین مقدار کاهش pH خاک مربوط به مصرف ۳ درصد کربن آلی از منبع ضایعات خرما به همراه ۱۰۰ درصد نیاز گچی به‌دست آمد که pH خاک در تیمار شاهد از ۸/۹ به ۷/۴۷ کاهش داد (جدول ۵). چرم و رنگاسمی (۱۹۹۷) گزارش کردند که pH خاک‌های قلیایی در اثر کاربرد توأم گچ و کود سبز در مقایسه با کاربرد گچ یا کود سبز به تنهایی، کاهش بیش‌تری یافت که علت آن تولید پروتون‌های بیش‌تر در محلول خاک بود (۱۳). ونگ و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعات خود روی یک خاک شور و سدیمی نشان دادند که مقدار pH خاک در اثر کاربرد گچ کاهش یافت و تأثیر توأم گچ با مواد آلی باعث کاهش بیش‌تر این ویژگی شد (۳۵). کاهش pH خاک در اثر کاربرد گچ و یا کاربرد توأم آن با مواد آلی احتمالاً به‌علت افزایش غلظت کاتیون کلسیم و در نتیجه افزایش غلظت املاح در محلول خاک است.



شکل ۱- تأثیر سطوح گچ بر pH خاک قبل از آبشویی.

Figure 1. The effect of gypsum levels on soil pH before leaching.

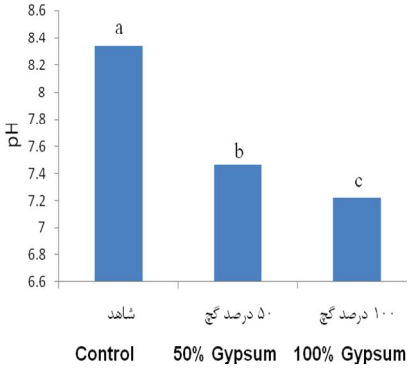


شکل ۲- اثر نوع و مقدار کربن آلی بر pH خاک قبل از آبشویی.

Figure 2.The effect of the type and amount of organic carbon on soil pH before leaching.

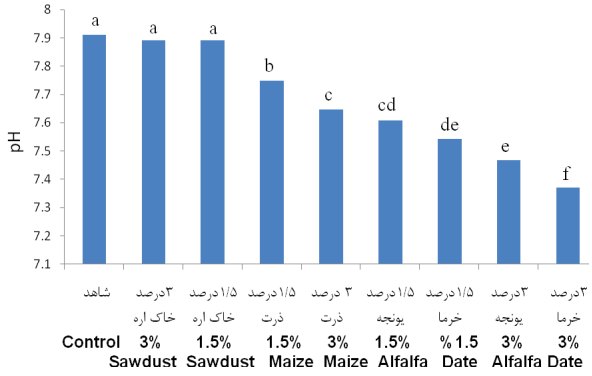
pH خاک پس از آبشویی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر سطوح مختلف گچ بر pH گل اشباع پس از آبشویی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). مصرف گچ به اندازه ۱۰۰ درصد نیاز گچی باعث بیش‌ترین مقدار در کاهش pH خاک پس از آبشویی شد به‌طوری‌که مقدار این کاهش نسبت به تیمار شاهد ۱۴/۵۱ درصد بود (شکل ۳). دلیل کاهش pH خاک پس از آبشویی می‌توان به جایگزینی یون کلسیم محلول با سدیم تبادلی و تشکیل سولفات سدیم و خارج شدن آن از محلول خاک نسبت داد. اثر نوع و مقدار کربن آلی مصرفی بر pH گل اشباع خاک پس از آبشویی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار کاهش در pH خاک از مصرف ۳ درصد کربن آلی از منبع ضایعات خرما حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد pH خاک را ۶/۰۸ درصد کاهش داد (شکل ۴). اثر متقابل نوع و مقدار کربن آلی و سطوح مختلف گچ بر pH خاک پس از آبشویی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بیش‌ترین مقدار کاهش pH خاک از مصرف ۳ درصد

کربن آلی از منبع ضایعات خرما به‌دست آمد که مقدار pH خاک را در تیمار شاهد از ۸/۷۰ به ۶/۹۴ کاهش داد (جدول ۵). مواد آلی و گچ با بهبود ساختمان خاک خروج نمک‌های مضر از خاک را تسهیل و موجب کاهش pH خاک می‌شود. قانعی‌مطلق و همکاران (۲۰۱۰) پس از اضافه کردن تیمارهای گچ، گوگرد و اسید سولفوریک به یک خاک شور و سدیمی کاهش pH خاک پس از آبشویی را در ۶۰ سانتی‌متری فوقانی خاک گزارش کردند که تیمار گچ و اسید سولفوریک مؤثرترین تیمارها در کاهش pH خاک گزارش گردید (۱۷). لبرون و همکاران (۲۰۰۲) نیز کاهش pH و اصلاح یک خاک سدیمی را در کوتاه‌مدت با کاربرد گچ و پس از آبشویی در دفعات زیاد گزارش کردند (۲۴).



شکل ۳- تأثیر سطوح گچ بر pH خاک پس از آبشویی.

Figure 3. The effect of gypsum levels on soil pH after leaching.



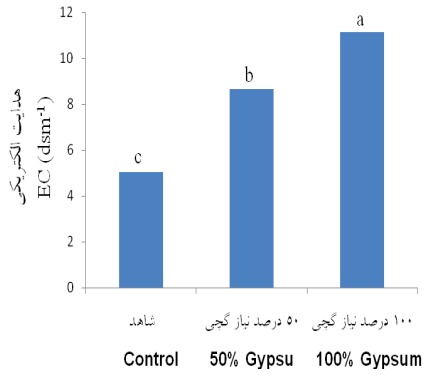
شکل ٤- اثر نوع و مقدار کربن آلی بر pH خاک پس از آبشویی.

Figure 4. The effect of the type and amount of organic carbon on soil pH after leaching.

هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک قبل از آبشویی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر سطوح گچ بر میزان هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک قبل از آبشویی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مصرف گچ به اندازه ۱۰۰ درصد نیاز گچی باعث بیش‌ترین مقدار افزایش در میزان هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک قبل از آبشویی شد به‌طوری‌که مقدار این افزایش نسبت به تیمار شاهد ۱۲۱/۰۳ درصد بود (شکل ۵). افزایش میزان هدایت الکتریکی در اثر کاربرد گچ را می‌توان به حل شدن تدریجی گچ و ورود یون‌های حاصل از آن به محلول خاک نسبت داد. ونگ و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که مقدار هدایت الکتریکی خاک در اثر کاربرد گچ ۵ برابر افزایش یافت (۳۵). فرنزن و ریچاردسون (۲۰۰۰) نیز در پژوهش‌های خود به نقش گچ در اصلاح و بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک از جمله افزایش هدایت الکتریکی خاک اشاره نموده‌اند (۱۶). اثر نوع و مقدار کربن آلی مصرفی بر میزان هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین میزان افزایش در میزان هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک از مصرف ۳ درصد کربن آلی ضایعات خرما حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد ۳۰/۳۱ درصد افزایش داشت (شکل ۶). ونگ و همکاران (۲۰۰۹) مشاهده کردند که مقدار هدایت الکتریکی خاک در اثر کاربرد مواد آلی به تنهایی یا کاربرد توأم با گچ افزایش یافت (۳۶). افزایش میزان هدایت الکتریکی نمونه‌های تیمار شده

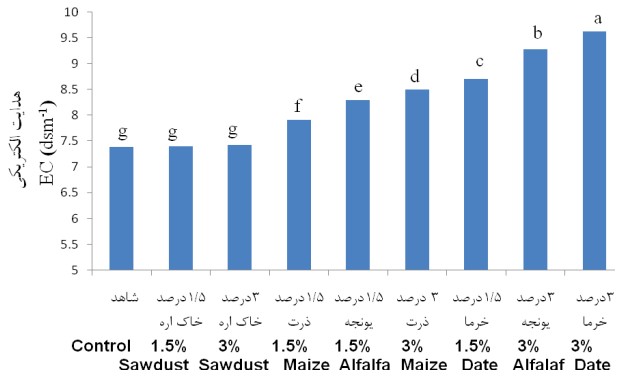
با مواد آلی احتمالاً به‌علت آزاد شدن یون‌های مختلف از مواد آلی در اثر تجزیه از یک طرف و افزایش انحلال مواد معدنی خاک در اثر افزایش فشار دی‌اکسیدکربن یا تولید اسیدهای آلی از طرف دیگر باشد (۳۱). اثر متقابل نوع و مقدار کربن آلی مصرفی و سطوح گچ بر میزان هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مؤثرترین تیمار در افزایش میزان هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در تیمار ۳ درصد کربن آلی از منبع ضایعات خرما توأم با ۱۰۰ درصد نیاز گچی مشاهده شد. این تیمار مقدار هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک را از ۳/۸۹ دسی‌زیمنس بر متر در تیمار شاهد به ۱۲/۶۹ دسی‌زیمنس بر متر افزایش داد (جدول ۵). ونگ و همکاران (۲۰۱۰) مشاهده کردند که کاربرد توأم گچ و کود سبز در مقایسه با کاربرد جدگانه هر یک از این مواد، هدایت الکتریکی خاک را به مقدار بیش‌تری افزایش داد (۳۶).

تجدا و گونزالز (۲۰۰۶) گزارش کردند که کاربرد مواد آلی به تنهایی و همراه با گچ در اصلاح خاک‌های سدیمی منجر به افزایش هدایت الکتریکی در این خاک‌ها شده است (۳۲).



شکل ۵- تأثیر سطوح گچ بر هدایت الکتریکی خاک قبل از آبشویی.

Figure 5. The effect of gypsum levels on soil electrical conductivity before leaching.



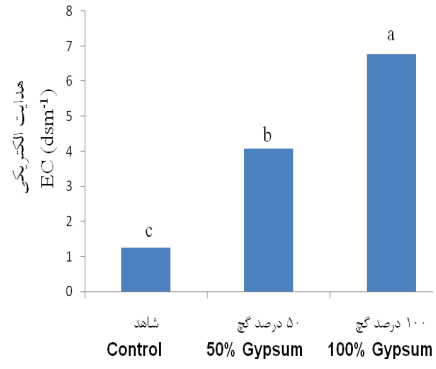
شکل ٦- اثر نوع و مقدار کربن آلی بر هدایت الکتریکی خاک قبل از آبشویی.

Figure 6. The effect of the type and amount of organic carbon on soil electrical conductivity before leaching.

هدایت الکتریکی عصاره اشباع پس از آبشویی:

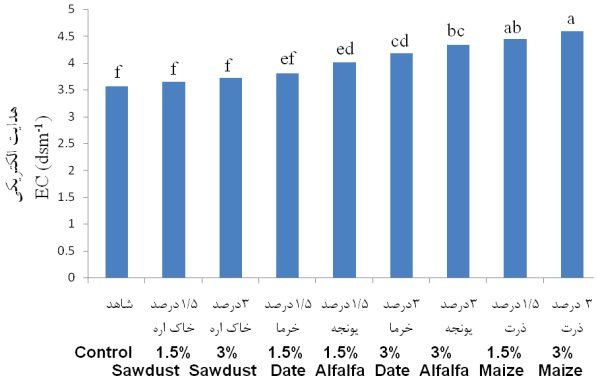
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر سطوح مختلف گچ بر میزان هدایت الکتریکی عصاره اشباع پس از آبشویی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). مصرف گچ به اندازه ۱۰۰ درصد نیاز گچی باعث بیش‌ترین مقدار در افزایش هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک پس از آبشویی شد به‌طوری‌که مقدار این افزایش نسبت به تیمار شاهد ۴۴۶/۷۷ درصد بود (شکل ۷). هدایت الکتریکی در همه تیمارها پس از آبشویی کاهش یافت با این حال این ویژگی در همه تیمارها بیش‌تر از تیمار شاهد بود دلیل اصلی کاهش میزان هدایت الکتریکی خاک خارج شدن املاح اضافی و احتمالاً نمک‌های کربنات، بی‌کربنات سدیم و سولفات سدیم از خاک بود. اثر نوع و مقدار کربن آلی بر میزان هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک پس از آبشویی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار افزایش هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک پس از آبشویی از مصرف ۳ درصد کربن آلی از منبع بقایای ذرت حاصل شد که نسبت به

تیمار شاهد هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک را ۲۸/۵۷ درصد افزایش داد (شکل ۸). اثر متقابل نوع و مقدار کربن آلی مصرفی و سطوح مختلف گچ بر میزان هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک پس از آبشویی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بیش‌ترین مقدار افزایش هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک از مصرف ۳ درصد کربن آلی از منبع بقایای ذرت توأم با ۱۰۰ درصد نیاز گچی به‌دست آمد که با تیمار ۱/۵ درصد کربن آلی از منبع بقایای ذرت توأم با ۱۰۰ درصد نیاز گچی اختلاف معنی‌داری نداشت و این دو تیمار مقدار هدایت الکتریکی خاک را به‌ترتیب از ۱/۰۳ دسی‌زیمنس بر متر در تیمار شاهد به‌ترتیب به ۷/۶۱ و ۷/۴۰ دسی‌زیمنس بر متر افزایش دادند (جدول ۵). یزدان‌پناه و همکاران (۲۰۱۱) گزارش نمودند که آبشویی خاک‌های شور و سدیمی پس از افزودن گچ و اسید سولفوریک به همراه کود گاوی و تفاله پسته موجب کاهش ۶۶/۲ تا ۸۴/۹ درصدی در هدایت الکتریکی خاک شد (۳۸). لبرون و همکاران (۲۰۰۲) گزارش نمودند که پس از کاربرد گچ و آبشویی خاک، مقدار EC خاک به زیر ۲ دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافت (۲۴).



شکل ۷- تأثیر سطوح گچ بر هدایت الکتریکی خاک پس از آبشویی.

Figure 7. The effect of gypsum levels on soil electrical conductivity after leaching.

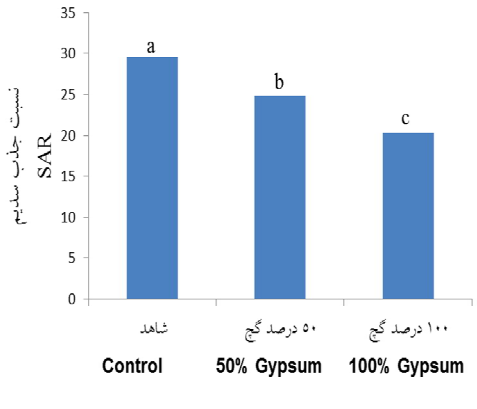


شکل ۸- اثر نوع و مقدار کربن آلی بر هدایت الکتریکی خاک پس از آبشویی.

Figure 8. The effect of the type and amount of organic carbon on soil electrical conductivity after leaching.

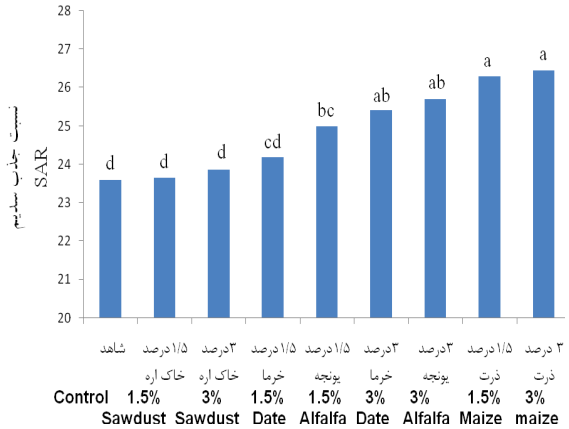
نسبت جذب سدیم قبل از آبشویی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر سطوح مختلف گچ بر نسبت جذب سدیم عصاره اشباع خاک قبل از آبشویی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مصرف گچ به اندازه ۱۰۰ درصد نیاز گچی باعث بیش‌ترین مقدار کاهش در نسبت جذب سدیم عصاره اشباع خاک شد به‌طوری‌که مقدار این کاهش نسبت به تیمار شاهد ۳۱/۳۲ درصد بود (شکل ۹). دلایل کاهش نسبت جذب سدیم در اثر کاربرد گچ را می‌توان به حل شدن تدریجی یون کلسیم و ورود آن به محلول خاک دانست که با سدیم تبادلی خاک جایگزین شده و باعث کاهش نسبت جذب سدیم محلول خاک می‌شود. تأثیر گچ در کاهش نسبت سدیم توسط پژوهشگران زیادی به اثبات رسیده است (۱۶، ۷). تأثیر نوع و مقدار کربن آلی بر نسبت جذب سدیم قبل از آبشویی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نسبت جذب سدیم در همه تیمارها نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار افزایش در نسبت جذب سدیم عصاره اشباع از مصرف ۳ درصد کربن

آلی بقایای ذرت حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد ۱۲/۰۴ درصد افزایش داشت (شکل ۱۰). برزگر و همکاران (۱۹۹۷)، یودیاسوریان و همکاران، (۲۰۰۹) و ونگ و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که افزودن مواد آلی به خاک‌هایی با مقدار سدیم بالا، باعث افزایش نسبت جذب سدیم عصاره اشباع خاک شد (۵، ۳۴، ۳۵). هانای و همکاران (۲۰۰۴) بیان نمودند که تأثیر ماده آلی به تنهایی روی ویژگی‌های شیمیایی خاک‌های سدیمی ناچیز بود و افزایش آن بر بعضی از خصوصیات خاک مانند نسبت جذب سدیم تأثیر منفی داشت (۲۰). افزودن بقایای گیاهی و ضایعات آلی به خاک سدیمی در این مطالعه باعث افزایش جزیی نسبت جذب سدیم اشباع گردید. اثر متقابل نوع و مقدار کربن آلی و سطوح مختلف گچ بر نسبت جذب سدیم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). کم‌ترین مقدار نسبت جذب سدیم از تیمار ۱۰۰ درصد نیاز گچی بدون کربن آلی به‌دست آمد این تیمار نسبت جذب سدیم را عصاره اشباع خاک را از ۲۹/۱۲ در تیمار شاهد به ۱۷/۷۸ کاهش داد (جدول ۶). نتایج این پژوهش به اثر دوگانه مواد آلی در کاهش نسبت جذب سدیم خاک اشاره دارد. مواد آلی از یک طرف با کمپلکس کردن یون کلسیم و رسوب دادن آن باعث کاهش مقدار کلسیم محلول خاک و افزایش نسبت جذب سدیم شده و از طرف دیگر با افزایش مقدار دی‌اکسیدکربن هوای خاک باعث افزایش حلالیت کربنات کلسیم موجود در خاک و افزایش غلظت یون کلسیم محلول خاک و کاهش نسبت جذب سدیم می‌شود و تأثیر نهایی آن بر نسبت جذب سدیم حاصل برآیند این دو فرآیند است. بررسی‌های انجام شده در خصوص اصلاح خاک‌های سدیمی در کشور اسپانیا نشان داد که با مصرف کمپوست چغندرقند به‌عنوان ماده اصلاح‌کننده علی‌رغم افزایش ماده آلی خاک، به‌دلیل افزایش درصد سدیم تبادلی خاک، پایداری ساختمان خاک کاهش و مقدار فرسایش‌پذیری خاک افزایش یافته بود (۳۲). ونگ و همکاران (۲۰۱۰) در خصوص اصلاح خاک‌های شور و سدیمی توسط مواد آلی نتیجه گرفتند که افزودن ماده آلی باعث افزایش نسبت جذب سدیم در این خاک‌ها شد (۳۶).



شکل ۹- تأثیرسطوح گچ بر نسبت جذب سدیم قبل از آبشویی.

Figure 9. The effect of gypsum levels on sodium absorption ratio before leaching.

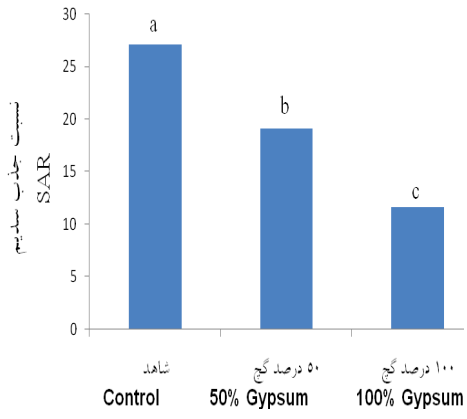


شکل ۱۰- اثر نوع و مقدار کربن آلی بر نسبت جذب قبل از آبشویی.

Figure 10. The effect of the type and amount of organic carbon on sodium absorption ratio before leaching.

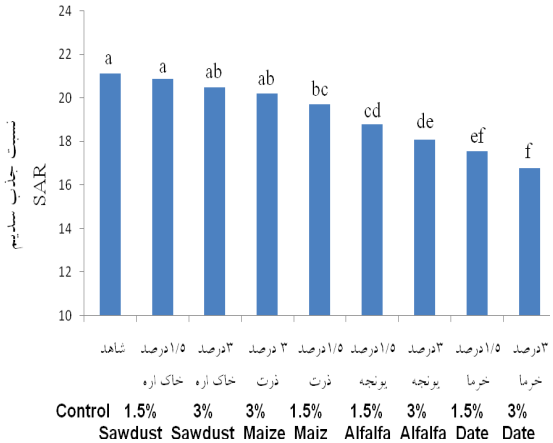
نسبت جذب سدیم عصاره اشباع خاک پس از آبشویی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح گچ بر نسبت جذب سدیم خاک پس از آبشویی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). مصرف گچ به اندازه ۱۰۰ درصد نیاز گچی باعث بیش‌ترین مقدار کاهش در نسبت جذب سدیم خاک پس از آبشویی شد به‌طوری‌که مقدار این کاهش نسبت به تیمار شاهد ۵۷/۱۱ درصد بود (شکل ۱۱). لبرون و همکاران (۲۰۰۲) گزارش نمودند که پس از کاربرد گچ و آبشویی خاک، مقدار SAR کاهش یافت (۲۴). اثر نوع و مقدار کربن آلی مصرفی بر نسبت جذب سدیم عصاره اشباع خاک پس از آبشویی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بیش‌ترین مقدار کاهش نسبت جذب سدیم پس از آبشویی از مصرف ۳ درصد کربن آلی از منبع ضایعات خرما حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد نسبت جذب سدیم را ۱۶/۸۳ درصد کاهش داد (شکل ۱۲). یزدان‌پناه و همکاران (۲۰۱۱) گزارش نمودند که آبشویی خاک‌های شور و سدیمی پس از افزودن گچ و مواد آلی موجب شسته شدن مقادیر زیاد سدیم از خاک شد که باعث کاهش نسبت جذب سدیم خاک گردید (۳۸). اثر متقابل نوع و مقدار کربن آلی و سطوح مختلف گچ بر نسبت جذب سدیم عصاره اشباع خاک پس از آبشویی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. مؤثرترین تیمار در کاهش نسبت جذب سدیم پس از آبشویی، تیمار ۳ درصد کربن آلی از منبع ضایعات خرما توأم با ۱۰۰ درصد نیاز گچی بود که نسبت جذب سدیم خاک را پس آبشویی از ۲۹/۹۲ در تیمار شاهد به ۹/۳۶ کاهش داد (جدول ۵).

مواد آلی با بهبود وضعیت ساختمان خاک موجب تسریع عمل آبشویی و خروج نمک‌های مضر از خاک می‌شود و مصرف هم زمان مواد آلی و گچ این ویژگی را بهبود می‌بخشد. کاربرد مواد اصلاحی زمانی می‌تواند مؤثر باشد که خاک در فوصل زمانی معینی آبشویی شود تا سدیم بتواند از پروفیل خاک شسته شود در غیر این صورت کاربرد مواد اصلاحی ممکن است بی‌فایده باشد (۱۵، ۲). میشرا و همکاران (۲۰۰۳) نیز کاهش SAR توسط آبشویی را گزارش نمودند (۲۶).



شکل ۱۱- تأثیرسطوح گچ بر نسبت جذب سدیم پس از آبشویی.

Figure 11. The effect of gypsum levels on sodium absorption ratio after leaching.



شکل ۱۲- اثر نوع و مقدار کربن آلی بر نسبت جذب پس از آبشویی.

Figure 12. The effect of the type and amount of organic carbon on sodium absorption ratio after leaching.

جدول ۵- اثرات متقابل سطوح گچ و نوع و مقدار کربن آلی بر ویژگی‌های شیمیایی خاک سدیمی قبل و پس از آبشویی.

Table 5. The interactive effects of gypsum levels and type and amount organic carbon on sodic soil chemical properties before and after leaching.

پس از آبشویی (After leaching)			قبل از آبشویی (Before leaching)			نوع و مقدار کربن آلی (Type and amount of organic carbon)	سطوح گچ (Gypsum levels)
نسبت جذب سدیم (SAR)	EC	pH	نسبت جذب سدیم (SAR)	EC	pH		
29.92^{a}	1.03^{j}	8.70^{a}	29.12^{a}	3.89^{p}	8.90^{a}	بدون ماده آلی (Without organic carbon)	بدون گچ (Without Gypsum)
25.09^{c-d}	1.14^{j}	8.13^{c-d}	29.60^{a}	5.58^{n}	8.28^{c-e}	۱/۵ درصد خرما 1.5% Date	
24.04^{d}	1.29^{j}	7.95^{e}	28.80^{a}	6.47^{m}	8.13^{f-i}	۳ درصد خرما 3% Date	
25.66^{b-d}	1.23^{j}	8.21^{c}	29.29^{a}	5.28^{n}	8.35^{c-d}	۱/۵ درصد یونجه 1.5% Alfalfa	
25.69^{b-d}	1.37^{j}	8.06^{d-e}	29.90^{a}	6.14^{m}	8.19^{e-h}	۳ درصد یونجه 3% Alfalfa	
26.78^{b-c}	1.42^{j}	8.39^{b}	30.05^{a}	4.80^{o}	8.49^{b}	۱/۵ درصد ذرت 1.5% Maize	
27.29^{b}	1.50^{j}	8.28^{b-c}	30.35^{a}	5.39^{n}	8.38^{b-c}	۳ درصد ذرت 3% Maize	
29.64^{a}	1.06^{j}	8.69^{a}	29.25^{a}	3.91^{p}	8.88^{a}	۱/۵ درصد خاک اره 1.5% Sawdust	
29.77^{a}	1.12^{j}	8.66^{a}	29.60^{a}	3.93^{p}	8.89^{a}	۳ درصد خاک اره 3% Sawdust	
20.78^{e}	3.48^{i}	7.65^{f}	23.87^{e-d}	7.79^{l}	8.25^{d-f}	بدون ماده آلی (Without organic carbon)	۵۰ درصد گچ (50% gypsum)
17.33^{g}	3.86^{h-i}	7.36^{h-k}	24.20^{c-e}	9.22^{hi}	7.91^{k-m}	۱/۵ درصد خرما 1.5% Date	
16.90^{g}	4.31^{f-g}	7.22^{k-m}	25.41^{b-d}	9.73^{g}	7.86^{l-m}	۳ درصد خرما 3% Date	
19.22^{e-f}	4.13^{g-h}	7.42^{g-i}	24.87^{b-d}	8.71^{j}	8.21^{c}	۱/۵ درصد یونجه 1.5% Alfalfa	
17.91^{f-g}	4.40^{f-g}	7.27^{i-m}	25.47^{b-d}	9.47^{g-h}	8.90^{l-m}	۳ درصد یونجه 3% Alfalfa	
19.69^{e}	4.54^{f-g}	7.53^{g-h}	26.05^{b-c}	8.33^{k}	8.16^{e-i}	۱/۵ درصد ذرت 1.5% Maize	
2.11^{e}	4.66^{f}	7.43^{g-h}	26.16^{b}	8.99^{i-j}	8.07^{h-j}	۳ درصد ذرت 3% Maize	
20.44^{e}	3.61^{i}	7.62^{f}	23.91^{e-d}	7.84^{l}	8.24^{e-g}	۱/۵ درصد خاک اره 1.5% Sawdust	
19.86^{e}	3.72^{h-i}	7.67^{f}	24.07^{e-d}	7.78^{l}	8.21^{d-f}	۳ درصد خاک اره 3% Sawdust	

ادامه جدول ۵-

Continue Table 5.

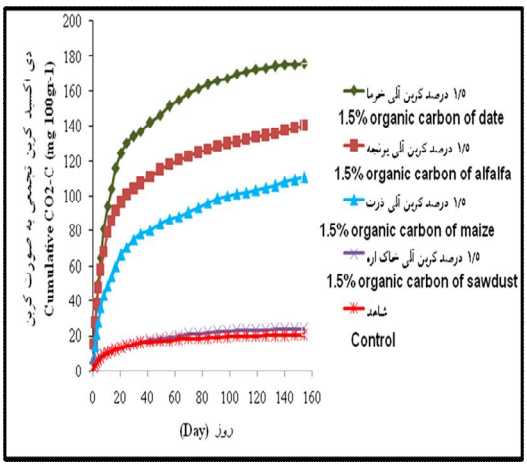
سطوح گچ (Gypsum levels)	نوع و مقدار کربن آلی (Type and amount of organic carbon)	قبل از آبشویی (Before leaching)			پس از آبشویی (After leaching)		
		pH	EC	نسبت جذب سدیم (SAR)	pH	EC	نسبت جذب سدیم (SAR)
۱۰۰ درصد گچ (100% gypsum)	بدون ماده آلی (Without organic carbon)	8.04^{i-j}	10.48^{f}	17.78^{i}	7.39^{g-j}	6.18^{e}	12.69^{h}
	۱/۵ درصد خرما 1.5% Date	7.63^{n}	11.31^{c}	19.56^{i-h}	7.13^{m-n}	6.41^{d-e}	10.19^{i-j}
	۳ درصد خرما 3% Date	7.47^{o}	12.69^{a}	21.27^{f-h}	6.94^{o}	6.91^{c-b}	9.36^{j}
	۱/۵ درصد یونجه 1.5% Alfalfa	7.78^{r-m}	10.87^{e-d}	20.79^{g-h}	7.20^{l-n}	6.68^{c-d}	11.48^{h-i}
	۳ درصد یونجه 3% Alfalfa	7.52^{n-o}	12.22^{b}	21.73^{-g}	7.06^{n-o}	7.06^{a-b}	10.67^{i-j}
	۱/۵ درصد ذرت 1.5% Maize	7.95^{j-l}	10.60^{e-f}	22.78^{e-f}	7.32^{h-l}	7.40^{a}	12.59^{h}
	۳ درصد ذرت 3% Maize	7.82^{l-m}	11.12^{c-d}	22.84^{e-f}	7.23^{j-m}	7.61^{a}	13.22^{h}
	۱/۵ درصد خاک اره 1.5% Sawdust	8.09^{g-i}	10.49^{f}	17.91^{i}	7.36^{h-k}	6.27^{d-e}	12.53^{h-i}
	۳ درصد خاک اره 3% Sawdust	8.06^{i-j}	10.51^{f}	17.96^{i}	7.35^{h-l}	6.33^{d-e}	11.85^{h}

حروف مشابه هر ردیف نشانگر عدم تفاوت در سطح ۵ درصد می‌باشد.

Means followed by the same letters in each row are not significantly different ($P<0.05$).

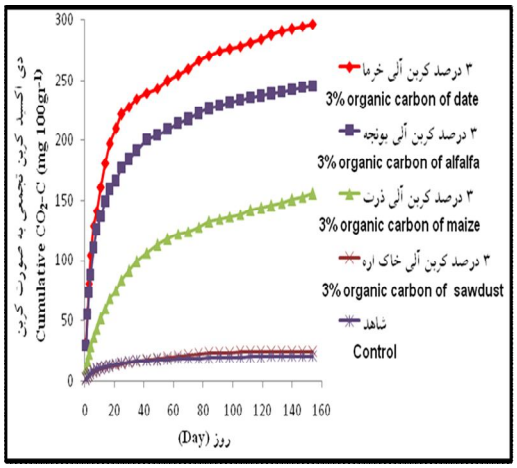
تنفس میکروبی: اشکال ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷ و ۱۸ مقدار کربن متصاعد شده به‌صورت گاز دی‌اکسیدکربن به‌مدت ۱۵۳ روز و پس از افزودن ضایعات آلی مختلف (در سطوح ۱/۵ و ۳ درصد کربن آلی) به تنهایی و همراه با ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز گچی در خاک سدیمی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود مقدار کربن متصاعد شده به‌صورت گاز دی‌اکسیدکربن که بیانگر تنفس میکروبی یا مقدار معدنی شدن کربن آلی خاک است، با گذشت زمان افزایش می‌یابد. میزان تنفس میکروبی در ۸ روز اول زیاد ولی با گذشت زمان از مقدار آن کاسته شد. که علت آن احتمالاً مقاوم شدن ترکیبات آلی به تجزیه بود. تجزیه مواد آلی افزوده شده به خاک در هر عمقی از خاک در اوایل دوره با سرعت بیش‌تری انجام می‌شود، که احتمالاً به‌دلیل وجود مواد سهل‌التجزیه در مواد آلی می‌باشد، ولی به مرور زمان به‌دلیل کاهش این مواد سرعت تجزیه کاهش می‌یابد (۱۴). بیش‌ترین مقدار تنفس میکروبی از مصرف ۳ درصد کربن آلی از منبع ضایعات خرما به‌دست آمد که برابر با ۲۹۶/۳۴ میلی‌گرم کربن بود که علت آن غنی بودن خرما از کربوهیدرات‌ها می‌باشد که مقاومت کمی در برابر تجزیه میکروبی از خود نشان می‌دهد (شکل ۱۴). اغلب مشاهده شده است که بقایای گیاهی غنی از هیدرات‌های کربن با سرعت زیاد و برعکس بقایای

گیاهی غنی از لیگنین با سرعت کم تجزیه می‌شوند (۱). کم‌ترین مقدار تنفس میکروبی از تیمار شاهد یا بدون بقایا و همچنین از تیمارهای ۱/۵ و ۳ درصد کربن آلی از منبع خاک اره به‌دست آمد. وجود مواد غذایی کافی یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در افزایش تعداد ریز جانداران خاک به حساب می‌آید و زمانی که مواد غذایی خاک پاسخگوی جامعه میکروبی نباشد ریزجانداران حساس از بین خواهند رفت (۱۱). همچنین با افزایش میزان مصرف کربن آلی از ۱/۵ به ۳ درصد میزان دی‌اکسیدکربن متصاعد شده افزایش چشم‌گیری داشت (شکل‌های ۱۴، ۱۶ و ۱۸). با افزایش میزان مصرف گچ مقدار دی‌اکسیدکربن متصاعد شده کاهش یافت که دلیل آن افزایش میزان هدایت الکتریکی خاک و کاهش فعالیت میکروبی بود. ونگ و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی اثر گچ و مواد آلی بر میزان تنفس میکروبی در یک خاک شور- سدیمی کم‌ترین میزان تنفس میکروبی را در خاک شور- سدیمی بدون مواد آلی و بیش‌ترین میزان تنفس میکروبی را در تیمارهای حاوی مواد آلی گزارش نمودند (۳۵). تریپاتای و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که شوری موجب کاهش تنفس میکروبی هنگام تجزیه گلوکز نشاندار و تجزیه بقایای گیاه ذرت شد (۳۳). با مقایسه تنفس میکروبی تیمارهای حاوی گچ به تنهایی و حاوی ضایعات آلی همراه با گچ مشاهد شد که ضایعات آلی از تأثیر سوء شوری ایجاد شده توسط گچ می‌کاهد. ساردینها و همکاران (۲۰۰۳) و تریپاتای و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که شوری باعث کاهش تنفس میکروبی شد ولی عوامل دیگری از جمله فراهمی سوبسترا اثر چشمگیری بر میزان تنفس میکروبی خاک در سطوح بالای شوری داشت و از کاهش تنفس میکروبی در اثر شوری، جلوگیری کرد (۳۰، ۳۳).



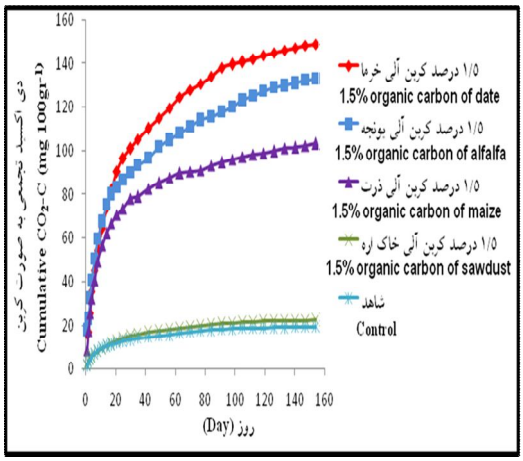
شکل ۱۳- میزان کربن متصاعد شده از تیمارهای حاوی ۱/۵ درصد کربن آلی از منابع مختلف.

Figure 13. The amount of carbon released from treatments containing 1.5% organic carbon from different sources.



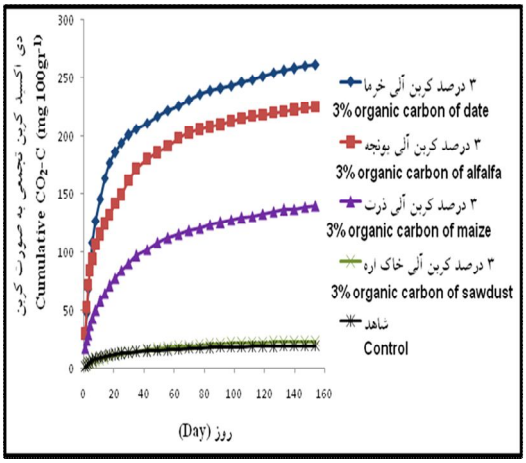
شکل ۱۴- میزان کربن متصاعد شده از تیمارهای حاوی ۳ درصد کربن آلی از منابع مختلف.

Figure 14. The amount of carbon released from treatments containing 3% organic carbon from different sources.



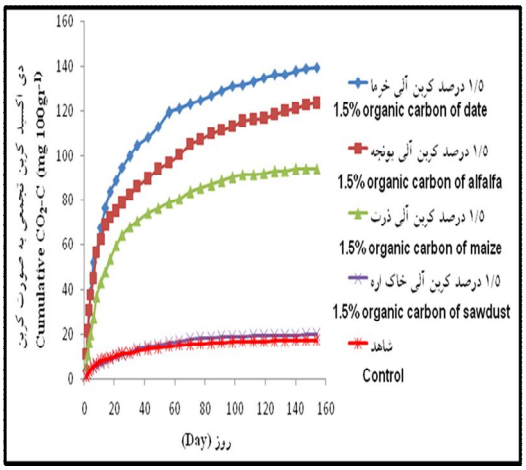
شکل ۱۵- میزان کربن متصاعد شده از تیمارهای حاوی ۱/۵ درصد کربن آلی از منابع مختلف همراه با گچ به‌میزان ۵۰ درصد نیاز گچی.

Figure 15. The amount of carbon released from treatments containing 1.5% organic carbon from different sources accompanied by gypsum at 50% gypsum requirement.



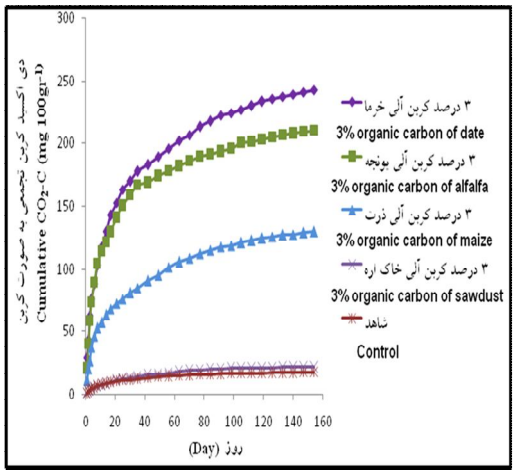
شکل ۱۶- میزان کربن متصاعد شده از تیمارهای حاوی ۳ درصد کربن آلی از منابع مختلف همراه با گچ به میزان ۵۰ درصد نیاز گچی.

Figure 16. The amount of carbon released from treatments containing 3% organic carbon from different source accompanied by gypsum at 50% gypsum requirement.



شکل ۱۷- میزان کربن متصاعد شده از تیمارهای حاوی ۱/۵ درصد کربن آلی از منابع مختلف همراه با گچ به‌میزان ۱۰۰ درصد نیاز گچی.

Figure 17. The amount of carbon released from treatments containing 1.5% organic carbon from different sources accompanied by gypsum at 100% gypsum requirement.



شکل ۱۸- میزان کربن متصاعد شده از تیمارهای حاوی ۳ درصد کربن آلی از منابع مختلف همراه با گچ به‌میزان ۱۰۰ درصد نیاز گچی.

Figure 18. The amount of carbon released from treatments containing 3% organic carbon from different source accompanied by gypsum at 100% gypsum requirement.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد مواد آلی مختلف اثرات متفاوتی در اصلاح خاک‌های سدیمی دارند. مواد آلی همراه و بدون گچ سبب بهبود ویژگی‌های مختلف خاک سدیمی گردید که مصرف توأم گچ و مواد آلی سبب تشدید این ویژگی شد. مواد آلی با تجزیه تدریجی و افزایش جزیی دی‌اکسیدکربن در خاک موجب افزایش حلالیت گچ و آزاد شدن بیش‌تر

کلسیم در خاک می‌شوند که با جانشین شدن کلسیم به‌جای سدیم تبادلی موجب کاهش نسبت جذب سدیم و واکنش خاک می‌شود. مصرف گچ با کاهش سرعت تجزیه مواد آلی اصلاح خاک سدیمی را در زمان طولانی تدوام می‌بخشد. مواد آلی و گچ زمانی بیش‌ترین تأثیر را در اصلاح خاک سدیمی دارند که پس از افزودن گچ و مواد آلی و خوابانیدن خاک به‌مدت ۲ ماه، آبشویی صورت گیرد در غیر این صورت ممکن است مواد آلی باعث افزایش ویژگی‌های نامطلوب خاک از جمله نسبت جذب سدیم خاک شود و اگر عمق آب مصرفی برای آبشویی برابر ضخامت خاک باشد می‌توان شوری و سدیمی بودن را تا حد زیادی کاهش داد و به یک خاک غیرشور و سدیمی تبدیل نمود. نتایج این پژوهش نشان داد که ضایعات خرما با توجه به C:N بیش‌تر نسبت به بقایای یونجه و ذرت، در زمان کوتاه‌تری تجزیه می‌شود و اثر بهتری در اصلاح خاک سدیمی دارد و ضایعات آلی مثل خاک اره تأثیری در اصلاح خاک سدیمی ندارد.

منابع

1.Abbott, L.K., and Murphy, D.V. 2003. Soil biological fertility: a key to sustainable land use in agriculture. Published by Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Natherlands.

2.Ahmad, S., Ghafoor, A., Qadir, M., and Aziz, M.A. 2006. Amelioration of a calcareous saline-sodic soil by gypsum application and different crop rotations. Inter. J. Agric. Biol. 8: 2. 142-146.

3.Amezketa, E., Aragues, R., and Gazol, R. 2005. Efficiency of sulfuric acid, mined gypsum and two gypsum by products in soil crusting prevention and sodic soil reclamation. Agron. J. 97: 983-989.

4.Barral, M.T., Bujan, E., Devesa, R., Iglesias, M.L., and Velasco-Molina, M. 2007. Comparison of the structural stability of pasture and cultivated soils. Science of the Total Environment. 378: 174-178.

5.Barzegar, A.R., Nelson, P.N., Oades, J.M., and Rengasamy, P. 1997. Organic matter, sodicity, and clay type: Influence on soil aggregation. Soil Sci. Soc. Amer. J. 61: 4. 1131-1137.

6.Barzegar, A.R. 2008. Salt affected soils: Diagnosis and Productivity. 2nd Edition, Shahid Chamran University. (In Persian)

7.Bednarz, C.W., Nichols, R.L., and Brown, S.M. 2007. Within-boll yield components of high yielding cotton cultivars. Crop Science. 47: 5. 2108-2112.

8.Bower, C.A., and Hatchea, J.T. 1966. Simultaneous determination of surface area and cation exchange capacity. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 30: 525-527.

9.Bremner, J.M., and Mulvaney, C.S. 1982. Nitrogen total. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. 9: 595-624.

10.Carter, M.R., and Gregorich, E.G. 2008. Soil Sampling and Methods Analysis. 2nd Edition. Canadian Society of Soil Science Publisher, 823p.

11.Chander, K., Goyal, S., and Kapoor, K.K. 1995. Microbial biomass dynamics during the decomposition of leaf litter of poplar and eucalyptus in a sandy loam. Biology and Fertility of Soils. 19: 4. 357-362.

12.Chaum, S., Pokasombat, Y., and Kirdmanee, C. 2011. Remediation of salt-affected soil by gypsum and farmyard manure importance for the production of Jasmine rice. Austr. J. Crop Sci. 5: 458-465.

13.Chorom, M., and Rengasamy, P. 1997. Blue arrow e-Alerts. Austr. J. Soil Res. 35: 1. 149-162.

14.Collins, H.P., Elliott, L.F., and Papendick, R.I. 1990. Wheat straw decomposition and changes in decomposability during field exposure. Soil Sci. Soc. Amer. J. 54: 4. 1013-1016.

15.Conway, T. 2001. Plant materials and techniques for brine site reclamation (No. 26). Plant Materials Technical Note.
16.Franzen, D.W., and Richardson, J.L. 2000. Soil factors affecting iron chlorosis of soybean in the Red River Valley of North Dakota and Minnesota. J. Plant Nutr. 23: 1. 67-78.
17.Ghaneie Motlagh, Gh., Pashaee Aval, A., Khormali, F., and Mosaedi, A. 2010. Investigating effect of some amendments on soil chemical properties in a saline-sodic soil. Water. Manage. Res. J. 86: 24-31. (In Persian)
18.Gharaibeh, M.A., Eltaif, N.I., and Shraah, S.H. 2010. Reclamation of a calcareous saline-sodic soil using phosphoric acid and by-product gypsum. Soil Use and Management. 26: 93-195.
19.Gupta, R.K., and Abrol, I.P. 1990. Salt-affected soils: their reclamation and management for crop production. Advances in Soil Science. 11: 223-288.
20.Hanay, A., Buyuksonmez, F., Kiziloglu, F.M., and Canbolat, M.Y. 2004. Reclamation of saline-sodic soils with gypsum and MSW compost. Compost Science and Utilization. 12: 175-179.
21.Jalali, M., and Ranjbar, F. 2009. Effects of sodic water on soil sodicity and nutrient leaching in poultry and sheep manure amended soils. Geoderma. 153: 1. 194-204.
22.Katerji, N., Van Hoorn, J.W., Hamdy, A., Mastrorilli, M., and Oweis, T. 2005. Salt tolerance analysis of chickpea, faba bean and durum wheat varieties I. Chickpea and faba bean. Agricultural Water Management. 72: 177-194.
23.Lanyon, L.E., and Heald, W.R. 1982. Magnesium, calcium, strontium and barium. P 247-262, In: A.L. Page (ED), Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Guilford Rd., Madison, WI 53711, USA.
24.Lebron, I., Suarez, D.L., and Yoshida, T. 2002. Gypsum effect on the aggregate size and geometry of three sodic soils under reclamation. Soil Sci. Soc. Amer. J. 66: 92-98.
25.Mashali, M. 1999. Overview of FAO Global Network on soil management for sustainable use of salt affected soils. In Proceedings of International Workshop on integrated soil management for sustainable use of salt affected soils. Bureau of Soils and Water Management. 3: 1-36.
26.Mishra, A., Sharma, S.D., and Khan, G.H. 2003. Improvement in physical and chemical properties of sodic soil by 3, 6 and 9 years old plantation of Eucalyptus tereticornis: Biorejuvenation of sodic soil. Forest Ecology and Management. 184: 1. 115-124.
27.Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. 1986. Methods of Soil Analysis. Part II. 2nd. Agron. Monogr. 9. ASA. And SSSA, Madison, Wisconsin. USA.
28.Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. Methods of soil analysis. Part 2: 539-579.
29.Qadir, M., Steffens, D., Yan, F., and Schubert, S. 2003. Sodium removal from a calcareous saline–sodic soil through leaching and plant uptake during phytoremediation. Land Degradation and Development. 14: 3. 301-307.
30.Sardinha, M., Muller, T., Schmeisky, H., and Joergensen, R.G. 2003. Microbial performance in soils along a salinity gradient under acidic conditions. Applied Soil Ecology. 23: 3. 237-244.
31.Sekhon, B.S., and Bajwa, M.S. 1993. Effect of organic matter and gypsum in controlling soil sodicity in rice-wheat-maize system irrigated with sodic waters. Agricultural Water Management. 24: 1. 15-25.
32.Tejada, M., and Gonzalez, J.L. 2006. The relationships between erodibility and erosion in a soil treated with two organic amendments. Soil and Tillage Research. 91: 1. 186-198.
33.Tripathi, S., Kumari, S., Chakraborty, A., Gupta, A., Chakrabarti, K., and Bandyapadhyay, B.K. 2006. Microbial biomass and its activities in salt-affected coastal soils. Biology and Fertility of Soils. 42: 3. 273-277.
34.Udayasoorian, C., Sebastian, S.P., and Jayabalakrishnan, R.M. 2009. Effect of amendments on problem soils with poor quality irrigation water under sugarcane crop. Amer. - Eur. J. Agric. Environ. Sci. 5: 618-626.

35. Wong, V.N., Dalal, R.C., and Greene, R.S. 2009. Carbon dynamics of sodic and saline soils following gypsum and organic material additions: laboratory incubation. Applied Soil Ecology. 41: 1. 29-40.
36. Wong, V.N., Greene, R.S.B., Dalal, R.C., and Murphy, B.W. 2010. Soil carbon dynamics in saline and sodic soils: a review. Soil Use and Management. 26: 1. 2-11.
37. Wong, V.N., Greene, R.S., Murphy, B.W., Dalal, R., and Mann, S. 2005. Decomposition of added organic material in salt-affected soils, P 333-337. In: I.C. Roach (Ed), Regolith. Cooperative Research Centre for Landscape Environments and Mineral Exploration Regional Regolith Symposia. Western Australia: Bentley.
38. Yazdanpanah, N., and Mahmoodabadi, M. 2011. Time monitoring of leachate quality during reclamation process of saline-sodic soil using soil column. Elec. J. Soil Manage. Sust. Prod. 1: 1. 1-20. (In Persian)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 23(2), 2016
http://jwsc.gau.ac.ir

The effects of gypsum and different organic waste on chemical properties and microbial respiration of a sodic soil

***M. Vafaee[1], A. Golchin[2] and S. Shafiei[3]**
[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, Zanjan University, [2]Professor, Dept. of Soil Science, Zanjan University, [3]Assistant Prof., Dept. of soil Science, Jiroft University
Received: 01/25/2015; Accepted: 12/20/2015

Abstract

Background and Objectives: An ever-increasing growth in global population and in demand for water and nutrients has led to the use of less qualified water and soil for food production. Most countries have been utilizing uncommon, marginal sources like sodic and saline soils, which exist in abundance there. For usability of saline-sodic lands, their undesirable physicochemical properties must be amended. Gypsum and organic materials are utilized as amendments to sodic soils. Gypsum is used for reclamation of sodic soils owing to its conservation of electrolyte concentration at the surface and improvement of soil physical properties. Being gradually decomposed, organic materials cause an increase in gypsum solubility and ameliorate sodic soil physicochemical properties. For this reason, this work aimed at an evaluation of the impact of organic materials at different C:N ratios, both on their own and accompanied by gypsum, on chemical properties and microbial respiration of a sodic soil.

Materials and Methods: A pot experiment including 27 treatments with three replications and a completely randomized block design was conducted in order to evaluate the impact of gypsum (0, 50 and 100% of gypsum requirement) both alone and accompanied by organic materials obtained from alfalfa plant residues, maize plant, date wastes and sawdust (1.5 and 3% organic carbon) on chemical properties and microbial respiration of a sodic soil. After the treatments were conducted, soil samples were incubated in the field capacity moisture at an appropriate temperature for two months; afterwards, soil sample was prepared from the experimental pots and soil chemical properties were measured before and after leaching. For leaching, water thickness was equivalent to the thickness of the leached layer of the soil. Furthermore, microbial respiration was measured immediately after the treatments were imposed.

Results: According the results from this study, before leaching, treatment of gypsum at 100% gypsum requirement accompanied by 3% organic carbon from date source exerted a maximum effect, increasing the electrical conductivity and reducing the soil pH. Also, after leaching, a reduction occurred in the soil pH and electrical conductivity in all treatments. Maximum decrease in sodium absorption ratio (SAR) before leaching was obtained from the treatment of gypsum without organic materials, reducing the value of SAR from 29.12 in the control to 17.78. After leaching, the highest decrease in SAR was obtained with 3% organic carbon from date source accompanied by 100% gypsum requirement, the value of SAR decreased from 12.69 to 9.36. Maximum rate of microbial respiration (296.34 mg C) was obtained by consumption of 3% organic carbon taken from date wastes as the source without any application of gypsum. The lowest rate of microbial respiration arose from treatments without any application of organic carbon and sawdust.

Conclusions: According to our results, coexistence of organic materials and gypsum has a maximum effect on the amendment of the sodic soil, on the condition that leaching is carried out after addition of gypsum and organic materials and two-month soil incubation. This way, salinity level and sodium exchange rate in soil can be considerably diminished. When leaching is not carried out after soil incubation, organic materials cause a rise in the undesirable properties of the soil, e.g. SAR. The higher C:N ratio in date wastes makes them have a higher decomposition rate and a more pleasant effect on the amendment of the sodic soil, as compared to alfalfa residues; simultaneous consumption of date wastes and gypsum intensified sodic soil amendment.

Keywords: Leaching, Organic wastes, Sodic soil, Sodium absorption ratio

* Corresponding Author; Email: vafaee.mosayeb67@gmail.com