

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر کاربرد زئولیت کلینوپتیلولیت طبیعی ایران در بستر خاک بر روی کاهش میزان املاح موجود در شیرابه کارخانه کود آلی اصفهان

زهره ناظم^{۱*}، پیام نجفی^۲، شاپور حاج رسولی^۳ ها^۳ و سید حسن طباطبائی^۴

دریافت: ۱۳۸۶/۱۱/۶

چکیده

تصفیه زمینی شیرابه زباله یکی از راهکارهای مناسب جهت دفع این نوع پساب می‌باشد. هدف از این تحقیق بررسی تأثیر کاربرد زئولیت بر روی خصوصیات کیفی زهاب خروجی از ستون خاک در شرایط استفاده از شیرابه کارخانه کود آلی اصفهان است. این تحقیق در سال ۱۳۸۶ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان در قالب یک طرح آزمایشی بلوک کاملاً تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمارهای این تحقیق شامل: ۱- تیمار آبیاری خاک منطقه کارخانه کود آلی اصفهان با آب معمولی به عنوان شاهد، ۲- تیمار آبیاری خاک کارخانه کود آلی اصفهان با ۱۰۰٪ شیرابه، ۳- تیمار آبیاری خاک منطقه کارخانه کود آلی اصفهان به علاوه ۵٪ وزنی زئولیت سمنان با ۱۰۰٪ شیرابه و ۴- تیمار آبیاری خاک منطقه کارخانه کود آلی اصفهان به علاوه ۱۰٪ وزنی زئولیت سمنان با ۱۰۰٪ شیرابه بودند. تعداد ۱۲ آبیاری با عمق ۲۰ میلی‌متر و دور ثابت، سه روز انجام گرفت. نتایج نشان داد، آبیاری با شیرابه سبب افزایش معنی دار هدایت الکتریکی، غلظت کاتیون‌های سدیم، منیزیم، کلسیم محلول و آنیون‌های کلراید و بی‌کربنات محلول در زهاب خروجی از ستون خاک در مقایسه با تیمار شاهد گردید. البته کاربرد زئولیت باعث تنظیم پ-هاش خاک شده است. با افزایش تعداد دفعات آبیاری بازده حذف املاح موجود در زهاب خروجی کاهش یافته است.

واژه‌های کلیدی: شیرابه، تصفیه زمینی، زئولیت و املاح.

ارجاع: ناظم ز. نجفی پ. حاج رسولی‌ها ش. و طباطبائی س.ح. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر کاربرد زئولیت کلینوپتیلولیت طبیعی ایران در بستر خاک بر روی کاهش میزان املاح موجود در شیرابه کارخانه کود آلی اصفهان. مجله پژوهش آب ایران. (۱۱): ۴۳-۵۳

^۱ دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان

^۲ عضو هیأت علمی گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان

^۳ عضو هیأت علمی گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان

^۴ عضو هیأت علمی گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

* نویسنده مسئول zohreh_n59@yahoo.com

مقدمه

کاتیون‌های موجود در محلول خاک تبادل نماید (بل، ۲۰۰۱؛ میتوان، ۱۹۹۹). زئولیت‌ها کاربرد وسیعی در تبادل یونی، فیلتراسیون، گندزدایی، بوزدایی، الک شیمیایی، تصفیه آب، جذب گاز، پاکسازی فاضلاب‌ها، تنظیم پ‌هاش خاک، تصفیه پساب‌های آلوده شهری برای آبیاری مزارع و باغات را دارند (نوری صومعه، ۱۳۸۶؛ کندرلیک، ۲۰۰۵). یکی از دلایل بارز آلودگی آب‌های زیرزمینی کشور ما رخداد پدیده آبشویی است. خاک‌های منطقه شرق اصفهان دارای بافت متوسط تا سبک است. محل تخلیه زباله و کارخانه تولید کود کمپوست اصفهان در این منطقه قرار دارد. وجود شیرابه با غلظت بسیار بالای آلاینده‌ها، بافت خاک، شرایط توپوگرافی محل احتمال آلودگی سفره‌های آب‌های زیرزمینی را افزایش داده است. هدف از این تحقیق بررسی میزان توانایی زئولیت کلینوپتیلولایت در کاهش غلظت املاح موجود در زهاب خروجی از ستون خاک تحت شرایط تخلیه شیرابه کارخانه کود آلی اصفهان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد

این تحقیق در تابستان سال ۱۳۸۵ در یک خاک شن-رس-لومی محل دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان) انجام گرفت. خاک مورد استفاده، از منطقه‌ای نزدیک به آخرین استخر نگه داری شیرابه از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متری کارخانه کود آلی اصفهان و پساب نیز از آخرین استخر ذخیره شیرابه در کارخانه تهیه شد. جدول ۱، ۲ و ۳ به ترتیب برخی خصوصیات خاک، شیرابه و زئولیت مورد استفاده را نشان می‌دهد.

در فرآیند تبدیل زباله به کمپوست مقدار زیادی شیرابه تولید می‌شود و به دلیل آن که دارای مواد آلی، عناصر غذایی و عناصر کمیاب است، از نظر تقویت خاک و آلودگی حائز اهمیت بوده و استفاده از آن نیاز به بررسی دارد. ترکیب شیمیایی شیرابه حاصل از فرآیندهای تبدیل زباله شهری به کود کمپوست تابع ترکیب زباله تحویل داده شده به کارخانه است. شیرابه تولیدی ترکیبی از آب، مواد لیپیدی، اسیدهای آلی به همراه مواد محلول در این مایعات است که به صورت زهاب کود کمپوست خارج می‌شود (گندمکار، ۱۳۷۵). برای رفع این مشکل ممکن است بتوان از مواد سوپر جاذب مانند زئولیت استفاده کرد. بویژه در کشور ایران نیز معادن زئولیت با درصد بالای خلوص وجود دارد. در حال حاضر کشورهای ژاپن، ایتالیا، کوبا، بلغارستان، اسپانیا، ترکیه، روسیه و اروپای شرقی به طور گسترده‌ای از آن استفاده می‌کنند. عموماً کاربرد تجاری زئولیت تحت تأثیر سه فاکتور ساختار شیمیایی، در دسترس بودن و قیمت اقتصادی آن است (طباطبائی، ۱۳۷۹؛ میتوان، ۱۹۹۹).

زئولیت دارای ساختمان سیلیکاته آبدار بوده که ساختمان تترا هیدرال متشکل از یک اتم سیلیس و چهار اتم اکسیژن در گوشه‌های آن است (بل، ۲۰۰۱). یکی از فراوان ترین انواع آن، زئولیت کلینوپتیلولایت آلومینوسیلیکات سدیم و کلسیم هیدراته با فرمول شیمیایی $(\text{Na}_2\text{K}_2\text{Ca,Ba})((\text{AlSi})\text{O}_{22})\cdot n\text{mH}_2\text{O}$ است. اندازه منافذ زئولیت ۳ تا ۱۰ انگستروم است. زئولیت می‌تواند دسته‌های متنوع و وسیعی از کاتیون‌ها مانند سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم را در خود جای داده و آنها را به طور سریع با سایر

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های اولیه خاک

SAR	EC (dS/m)	pH	OM %	ρ_s (g/cm ³)	ρ_b (g/cm ³)	رس %	سیلت %	شن %	بافت
۲/۲۹	۰/۳۴	۶/۸۵	۰/۱۷	۲/۳۷	۱/۳۷	۲۵/۸۱	۸/۴۷	۶۵/۷۲	SCL

OM: ماده آلی، ρ_s : وزن مخصوص حقیقی خاک، ρ_b : وزن مخصوص ظاهری خاک

جدول ۲- برخی از ویژگی‌های شیرابه زباله کارخانه کود آلی اصفهان

SAR	Cr	Cd	Pb	Ni	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺	Mg ⁺²	Ca ⁺²	EC dS/m	pH
	mg/l				me/l						
۱۱/۸۸	۰/۷۴	۱/۲۴	۴/۲۸	۴/۴۴	۲۹۵	۶۹۵	۲۲۵	۳۰۱	۴۱۶	۳۳/۵۵	۴/۹

جدول ۳- برخی از خواص زئولیت سمنان مورد استفاده (منبع: گزارش آزمایشگاهی شرکت افرند توسکا ۱۳۸۶)

خصوصیات شیمیایی زئولیت سمنان											
عناصر	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	P ₂ O ₅	LOI
W/W%*	۶۶/۵	۱۱/۸	۳/۱	۰/۸	۲	۲/۱	۰/۳	۱/۳	۰/۰۴	۰/۰۱	۱۲
خصوصیات فیزیکی زئولیت سمنان											
ρ _b (g/cm ³)	ρ _s (g/cm ³)	CEC me / 100 g	درصد کانی های زئولیت	رنگ							
۱	۲/۴	۱۶۰-۱۸۰	۸۵-۹۵	سبز روشن							

* Loss on Ignition - **درصد وزنی/ وزنی بر حسب گرم اکسید ترکیبات در هر ۱۰۰ گرم زئولیت طبیعی

روش‌ها

اصفهان (عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری) و زئولیت سمنان (عبور داده از الک ۰/۲۷۹ میلی متری)، ۵۰ میلی متر بعدی، به منظور جلوگیری از به هم خوردن سطح خاک با فیلتر شنی پر شد و ۵۰ میلی متر برای آبیاری خالی نگه داشته شد.

ستون‌های خاک به منظور رسیدن به شرایط یکسان از لحاظ شوری و فشردگی خاک، ۳ مرتبه با آب مزرعه آبیاری گردیدند. آبیاری به روش کرتی توسط شیرابه با عمق و دور آبیاری ثابت به ترتیب ۲۰ میلی متر و ۳ روز یک بار و به تعداد ۱۲ بار، انجام شد. در ابتدای آزمایش، چهار ستون خاک، به منظور تعیین خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک و از دو عمق (۱۰ تا ۱۰ و ۱۰ تا ۲۵ سانتی متری) نمونه‌هایی گرفته شده و نمونه های خاک به آزمایشگاه انتقال یافت. جدول ۴ تجزیه های شیمیایی و فیزیکی انجام گرفته بر روی خاک و شیرابه را نشان می‌دهد.

این تحقیق با ۴ تیمار و ۳ تکرار به صورتی که آزمایش کاملاً تصادفی در قالب طرح آماری بلوک کاملاً تصادفی انجام شد. تیمارها عبارتند از: (T1) - تیمار آبیاری خاک منطقه کارخانه کود آلی اصفهان با آب معمولی به عنوان شاهد، (T2) - تیمار آبیاری خاک کارخانه کود آلی اصفهان با ۱۰۰٪ شیرابه، (T3) - تیمار آبیاری خاک منطقه کارخانه کود آلی حاوی ۵٪ وزنی زئولیت سمنان با ۱۰۰٪ شیرابه و (T4) - تیمار آبیاری خاک منطقه کارخانه کود آلی به حاوی ۱۰٪ وزنی زئولیت سمنان با ۱۰۰٪ شیرابه.

در این تحقیق ۱۶ عدد ستون از جنس پی-وی - سی، به قطر ۱۱۰ و ارتفاع ۴۰۰ میلی متر در نظر گرفته شد. ۵۰ میلی متر از کف هر ستون با فیلتر شنی (سیلیس) ۲۵۰ میلی متر مطابق تیمارها با خاک منطقه کارخانه کود آلی

جدول ۴- تجزیه های شیمیایی و فیزیکی خاک و شیمیایی شیرابه

نوع آزمایش	ماده مورد بررسی	روش آزمایش	مرجع آزمایش
بافت خاک	خاک	هیدرومتر بایکوس مدل H-62	(لی و بوادر، ۱۹۸۶)
وزن مخصوص ظاهری	خاک	کلوخه و پارافین	(کلوت، ۱۹۸۶)
وزن مخصوص حقیقی	خاک	پیکنومتر	(کلوت، ۱۹۸۶)
هدایت الکتریکی	خاک و شیرابه	هدایت سنج مدل ۶۴۴	(پگ و همکاران، ۱۹۹۱)
پ-هاش	خاک و شیرابه	pH متر مدل F-12	(پگ و همکاران، ۱۹۹۱)
کلسیم و منیزیم محلول	خاک و شیرابه	کمپلکسومتری	(کلوت، ۱۹۸۶)
کلراید و بی کربنات محلول	خاک و شیرابه	تیتراسیون	(کلوت، ۱۹۸۶)
سدیم	خاک و شیرابه	شعله سنجی مدل ۴۰۰	(پگ و همکاران، ۱۹۹۱)
ماده آلی	خاک	اکسایش سرد	(نلسون و سامرز، ۱۹۸۷)

احتمال ۱٪ (سه دوره دوم) و در سطح احتمال ۵٪ سه دوره سوم) بین تیمارهایی که با شیرابه آبیاری گردیده بودند با تیمار شاهد وجود داشت. در طی سه دور چهارم تفاوت معنی‌داری از لحاظ پ-هش بین تیمارها وجود نداشت (جدول ۵). در حقیقت قابلیت تأثیر گذاری زئولیت و خاک بر کیفیت پ-هش شیرابه خروجی تا سه دور سوم بوده است. پ-هش شیرابه خروجی با افزایش تعداد دوره‌های آبیاری به سمت محدود خنثی و قلیائیت ضعیف رفت. متوسط ۱۲ دور آبیاری نیز نشان می‌دهد، پ-هش متوسط تیمار ۴ کمتر از تیمار ۳ و هر دو کمتر از تیمار ۲ بود، که با شیرابه آبیاری شده بودند (شکل ۱).

جمع آوری زهاب خروجی از ستون‌های خاک پس از گذشت ۲۴ ساعت از زمان آبیاری در طی ۱۲ بار آبیاری صورت گرفت. نمونه‌هایی از شیرابه ورودی و زهاب خروجی مورد تجزیه شیمیایی (جدول ۴) قرار گرفت. تجزیه آماری با کمک نرم‌افزار SPSS و توسط آزمون دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

ابتدا میانگین کیفیت شیمیایی شیرابه در سه دور آبیاری متوالی محاسبه گردید. شکل ۱ تغییرات پ-هش در اثر اعمال آبیاری را نشان می‌دهد. تفاوت معنی‌داری در سطح

جدول ۵- جدول تجزیه واریانس پارامترهای زهاب شیرابه

پارامتر	منابع تغییرات	درجه آزادی	معنی داری		
			سه دور اول	سه دور دوم	سه دور سوم
پ-هش	تیمار	۳			
	خطا	۸	۰/۰۳*	۰/۰۰۱**	۰/۰۹ ^{n.s}
	کل	۱۱			
هدایت الکتریکی	تیمار	۳			
	خطا	۸	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**
	کل	۱۱			
کلسیم	تیمار	۳			
	خطا	۸	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**
	کل	۱۱			
منیزیم	تیمار	۳			
	خطا	۸	۰/۰۰۲**	۰/۰۱*	۰/۰۰۰**
	کل	۱۱			
سدیم	تیمار	۳			
	خطا	۸	۰/۰۰۰**	۰/۰۲۳**	۰/۰۰۶**
	کل	۱۱			
کلراید	تیمار	۳			
	خطا	۸	۰/۰۰۳**	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۰**
	کل	۱۱			
بی‌کربنات	تیمار	۳			
	خطا	۸	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**
	کل	۱۱			
نسبت جذب سدیم	تیمار	۳			
	خطا	۸	۰/۰۰۱**	۰/۰۶۴*	۰/۰۱۴*
	کل	۱۱			

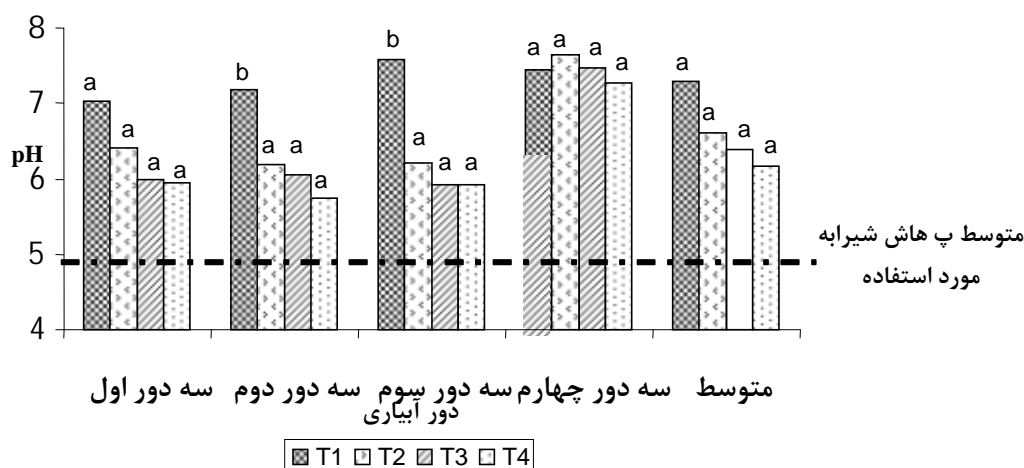
** معنی دار در سطح ۱ درصد

* معنی دار در سطح ۵ درصد

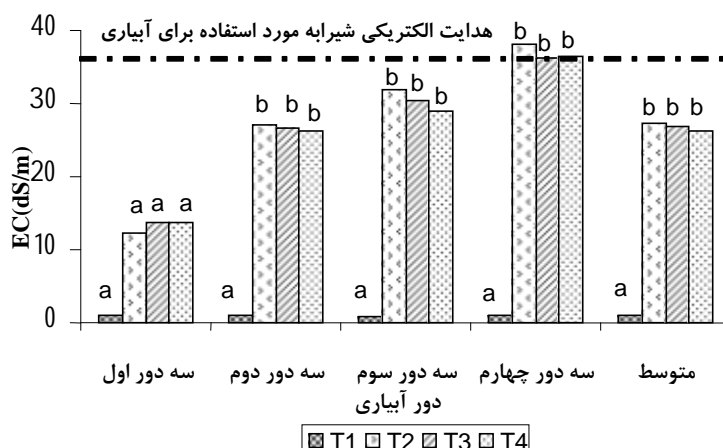
^{n.s} عدم معنی داری

زئولیت در تیمارهای مورد تحقیق، توانایی خود را برای تصفیه از دست دادند، به طوری که در دوره‌های آخر آبیاری هدایت الکتریکی زهاب به هدایت الکتریکی شیرابه نزدیک شده است. وجود زئولیت همراه خاک در تیمارهای ۳ و ۴ سبب شده املاح بیشتری جذب شود و در نتیجه هدایت الکتریکی زهاب خروجی تیمار ۴ کاهش بیشتری نسبت به تیمار ۲ نشان داد. شکل ۳ تغییرات غلظت کلسیم را در زهاب خروجی از ستون‌های خاک نشان می‌دهد. آبیاری با شیرابه سبب افزایش معنی‌دار (۱ درصد) غلظت کلسیم زهاب خروجی در تیمارهای ۲، ۳ و ۴ در مقایسه با تیمار شاهد گردید (جدول ۵).

شکل ۲ تغییرات هدایت الکتریکی زهاب خروجی از ستون‌های خاک را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که آبیاری با شیرابه سبب افزایش معنی‌دار هدایت الکتریکی زهاب خروجی (دسی‌زیمنس بر متر) در طی ۱۲ دور آبیاری در تیمارهای ۲، ۳ و ۴ نسبت به تیمار شاهد در سطح احتمال ۱٪ گردید، ولی سه تیمار ۲، ۳ و ۴ که با شیرابه آبیاری گردیده بودند تفاوتی نشان ندادند (جدول ۵). با افزایش دوره‌های آبیاری، هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) زهاب خروجی به طور مرتب به مقدار اندکی افزایش یافت. به نظر می‌رسد با ادامه آبیاری با شیرابه، خاک و



شکل ۱- تغییرات پ- هاش زهاب ستون‌های خاک در طی ۱۲ دور آبیاری

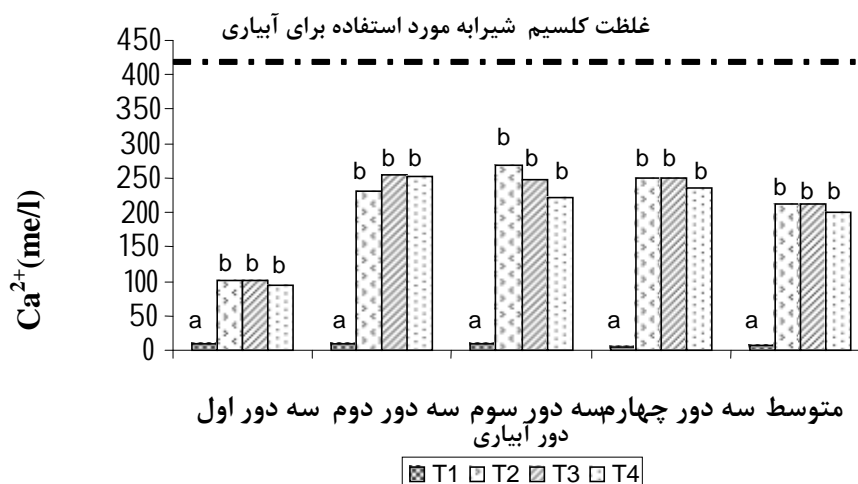


شکل ۲- تغییرات هدایت الکتریکی زهاب ستون‌های خاک در طی ۱۲ دور آبیاری

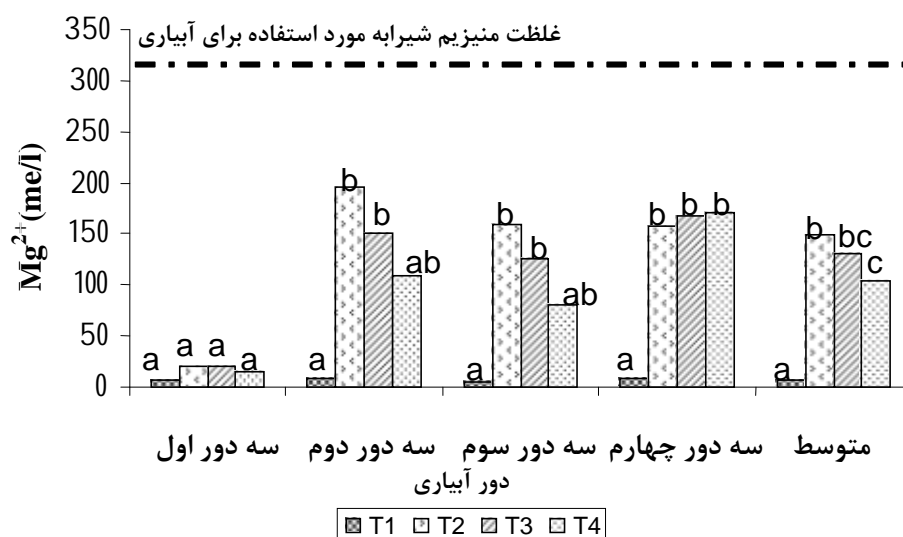
به نظر می رسد با مقایسه متوسط ۱۲ دور آبیاری، اضافه کردن مقدار ۱۰٪ وزنی زئولیت به خاک سبب افزایش نسبی قدرت تصفیه کنندگی خاک برای کاتیون های کلسیم و منیزیم گردیده است. این مسئله بیانگر تمایل زئولیت در جذب کاتیون های کلسیم و منیزیم است. نتایج همچنین نشان می دهد اضافه کردن زئولیت به خاک در تیمارهای ۳ و ۴ سبب افزایش نسبی تمایل این تیمارهای خاک در جذب کاتیون منیزیم نسبت کلسیم شده است. در حقیقت می توان گفت اندازه منافذ زئولیت (۳-۱۰ انگستروم) تناسب بیشتری با جذب منیزیم دارد (بل، ۲۰۰۱).

منیزیم زهاب از دور چهارم آبیاری دارای افزایش ناگهانی (کاهش جذب در تیمارهای آبیاری شده با شیرابه) شد، در صورتی که مقدار کلسیم زهاب در دوره های سوم آبیاری افزایش ناگهانی یافت. این موضوع نیز می تواند تایید کننده توانایی و تمایل بیشتر خاک و زئولیت در جذب بیشتر منیزیم باشد.

با ادامه آبیاری با شیرابه، مقدار کلسیم زهاب تیمارها افزایش اندکی را نشان داد، ولی قدرت تصفیه کلسیم زهاب خروجی را تا پایان ۱۲ دور آبیاری حفظ کرد (شکل ۳). در اکثر دوره های آبیاری مقدار کلسیم زهاب خروجی تیمار ۴ کمتر از تیمار ۳ بود. در حقیقت اضافه کردن ۱۰٪ وزنی زئولیت به خاک سبب گردید قدرت تصفیه کنندگی خاک افزایش یابد. شکل ۴ تغییرات غلظت منیزیم را در زهاب خروجی نشان می دهد. آبیاری با شیرابه (به غیر از دوره های اول) سبب افزایش معنی دار (۱ درصد) مقدار منیزیم زهاب خروجی در تیمارهای ۲، ۳ و ۴ در مقایسه با تیمار شاهد گردید (جدول ۵). با ادامه آبیاری با شیرابه، مقدار منیزیم زهاب تیمارها افزایش اندکی را نشان داد و از قدرت جذب خاک و زئولیت تیمارهای تحقیق کاسته شد. این مسئله بیانگر اشباع شدن سطوح تبادل خاک و زئولیت از کاتیون های کلسیم و منیزیم است. مقدار متوسط منیزیم زهاب تیمار ۴ کمتر از تیمار ۳ و هر دو کمتر از تیمار ۲ بودند.



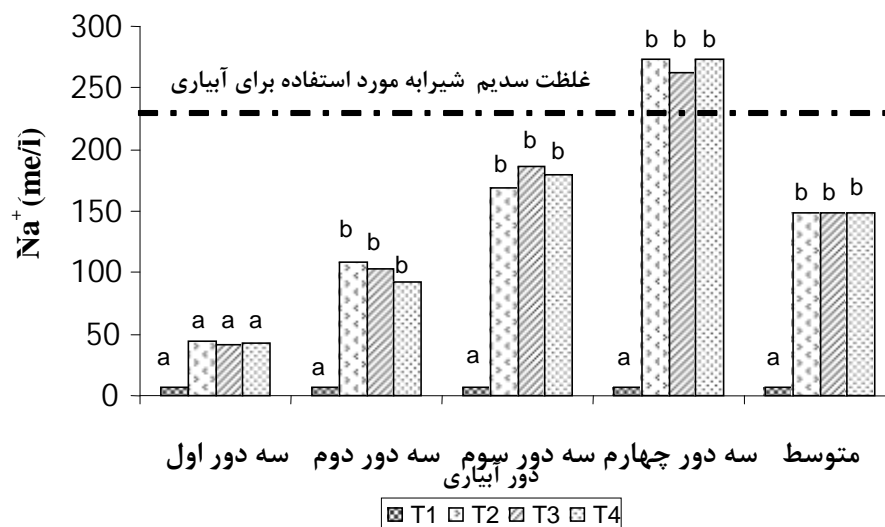
شکل ۳- تغییرات غلظت کلسیم زهاب ستون های خاک در طی ۱۲ دور آبیاری



شکل ۴- تغییرات غلظت منیزیم زهاب ستون‌های خاک در طی ۱۲ دور آبیاری

سدیم‌های قبلی نیز شده است (شکل ۵). نتایج متوسط ۱۲ دور آبیاری نشان می‌دهد، اضافه کردن زئولیت به خاک سبب افزایش مقدار جذب سدیم در تیمارهای ۳ و ۴ نسبت به تیمار ۲ نگردیده و در اکثر دوره‌های آبیاری میزان جذب سدیم روند تقریباً ثابتی داشته است، بلکه آبیاری با شیرابه سبب افزایش غلظت سدیم زهاب نسبت به تیمار شاهد آبیاری شده با آب مزرعه گردیده است. با افزایش تعداد دوره‌های آبیاری غلظت سدیم زهاب افزایش یافت (شکل ۵).

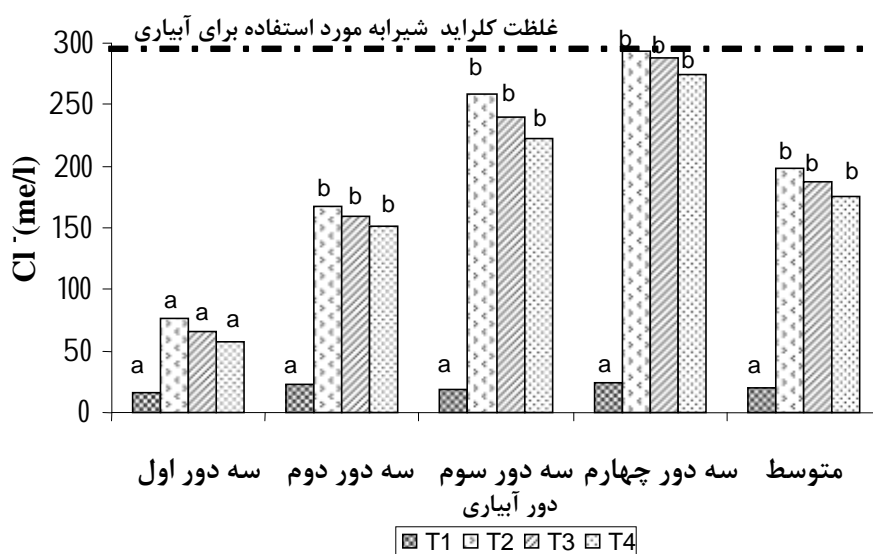
شیرابه به علت دارا بودن سدیم، طی ۱۲ دور آبیاری سبب افزایش معنی‌دار سدیم زهاب خروجی تیمارهای تحقیق نسبت به تیمار شاهد در سطح احتمال ۰/۱ (سه دوره دوم و متوسط ۱۲ دور آبیاری) و در سطح احتمال ۰/۵ (سه دوره سوم و چهارم) گردید (جدول ۵). به نظر می‌رسد، در طی سه دوره چهارم آبیاری تیمارهای مورد بررسی ۲، ۳ و ۴ به طور کامل توانایی جذب خود را از دست داده و انجام عمل آبیاری سبب گردیده، علاوه بر این که هیچ مقدار سدیمی جذب نشده، بلکه ادامه کار سبب آبخوئی



شکل ۵- تغییرات غلظت سدیم زهاب ستون‌های خاک در طی ۱۲ دور آبیاری

در طی ۱۲ دور آبیاری همواره توانسته مقدار بیشتری کلراید نسبت به تیمارهای ۲ و ۳ را جذب کنند در نتیجه غلظت کلراید زهاب تیمار ۴ کمتر از تیمارهای ۲ و ۳ گردیده است. لازم به ذکر است، اضافه کردن زئولیت به خاک در تیمارهای ۳ و ۴ بخوبی توانسته در این مدت از آبخوئی کلراید جلوگیری کنند.

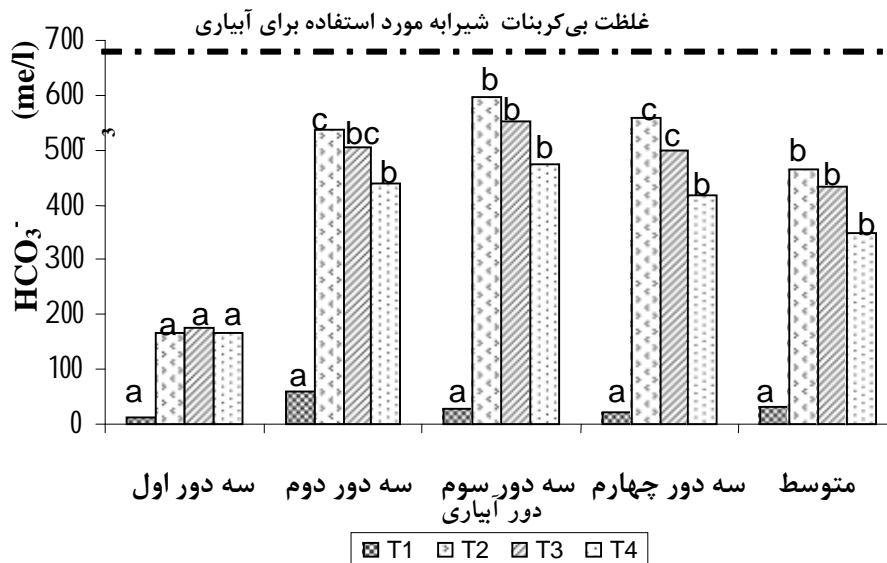
آبیاری با شیرابه سبب افزایش اختلاف معنی دار مقدار کلراید در تیمارهای ۲، ۳ و ۴ نسبت به تیمار شاهد گردید. تا سه دوره سوم آبیاری، تیمارهای مورد بررسی همچنان به خوبی توانسته قدرت جذب کلراید را داشته باشند، ولی با ادامه آبیاری از قدرت جذب آنیونی خاک و زئولیت در تیمارهای مورد نظر کاسته شد. بر اساس شکل ۶، تیمار ۴



شکل ۶- تغییرات غلظت کلراید زهاب ستون های خاک در طی ۱۲ دور آبیاری

بین غلظت بی کربنات در اثر آبیاری در سه دوره اول آبیاری تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۵). بر اساس جدول ۵ و شکل ۷ غلظت بی کربنات زهاب خروجی در اثر آبیاری با شیرابه، در تیمارها از دور چهارم تا دور دوازدهم آبیاری دارای تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت و با ادامه آبیاری همچنین بر مقدار بی کربنات در زهاب خروجی از ستون های خاک افزوده شد. بر اساس شکل ۷ از سه دوره دوم به بعد تفاوت قابل توجهی

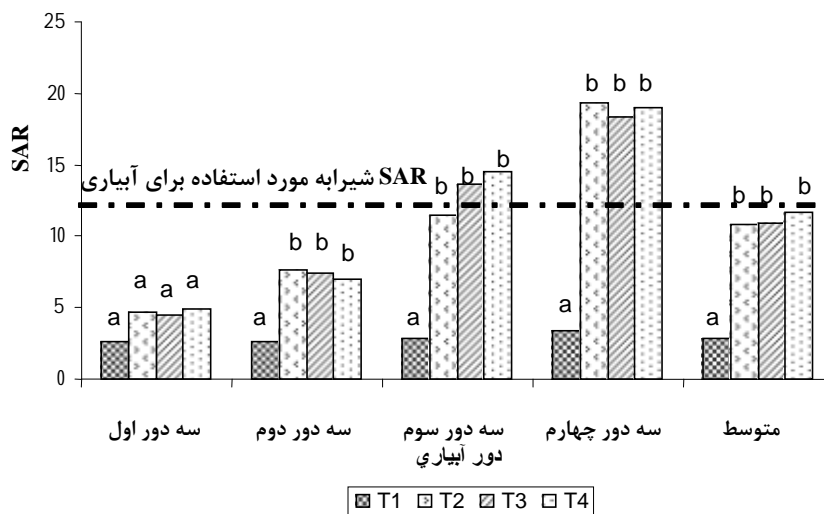
تغییرات غلظت بی کربنات در اثر آبیاری در سه دوره اول آبیاری تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۵). بر اساس جدول ۵ و شکل ۷ غلظت بی کربنات زهاب خروجی در اثر آبیاری با شیرابه، در تیمارها از دور چهارم تا دور دوازدهم آبیاری دارای تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت و با ادامه آبیاری همچنین بر مقدار بی کربنات در زهاب خروجی از ستون های خاک افزوده شد. بر اساس شکل ۷ از سه دوره دوم به بعد تفاوت قابل توجهی



شکل ۷- تغییرات غلظت بی‌کربنات زهاب ستون‌های خاک در طی ۱۲ دور آبیاری

مقدار افزایش غلظت کلسیم و منیزیم زهاب با افزایش دوره های آبیاری تقریباً ثابت بودند ولی غلظت سدیم زهاب با افزایش تعداد دوره های آبیاری همواره افزایش نشان داد. می توان گفت افزایش نسبت جذب سدیم بیشتر تحت تأثیر سدیم شیرابه بوده است.

مقدار نسبت جذب سدیم در تیمارهایی که با شیرابه آبیاری شدند، نسبت به تیمار شاهد که توسط آب مزرعه آبیاری گردید، در طول ۱۲ دور آبیاری (بجز سه دوره اول که هیچ گونه تفاوت معنی‌داری نداشت و سه دوره دوم آبیاری که در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود) در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بودند.



شکل ۸- تغییرات نسبت جذب سدیم زهاب ستون‌های خاک در طی ۱۲ دور آبیاری

کمیوست اصفهان را در دو عمق (۰ تا ۱۰ و ۱۰ تا ۲۵ سانتی متری) را نشان می دهد.

جدول ۶ نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی خاک را قبل از آبیاری و بعد از اعمال ۱۲ دور آبیاری با شیرابه زباله کارخانه

جدول ۶- برخی از خصوصیات شیمیایی خاک مورد استفاده قبل و بعد از اعمال تیمارهای زئولیت و شیرابه

SAR	OM	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺	Mg ⁺²	Ca ⁺²	EC	pH	تیمار	عمق cm	شماره تیمار	دوره
	%	me/l (فاز محلول)					dS /m					
۲/۹۹	۰/۱۷	۳۰/۰۰	۲۷/۰۰	۲/۵۱	۰/۴	۱/۴۰	۰/۳۴	۶/۸۵	۱	۰ تا ۲۵		ابتدای دوره
۵/۴۷	۰/۲۴	۳۳/۳۳	۱۰/۰۰	۲۰/۱۰	۱۸/۷۳	۷/۷۳	۰/۷۹	۷/۸۱	۱			
۹/۷۹	۱/۵۶	۷۶/۶۷	۵۰/۰۰	۸۶/۹۶	۱۴۹/۴۰	۸/۴۰	۹/۸۷	۷/۹۴	۲			انتهای دوره
۱۰/۰۷	۱/۲۹	۱۱۶/۶۷	۵۰/۰۰	۹۷/۶۴	۱۷۷/۴۷	۹/۶۷	۱۳/۵۶	۸/۰۷	۳			
۱۱/۴۴	۱/۷۱	۱۴۳/۳۳	۶۳/۰۰	۹۷/۶۴	۱۵۶/۷۳	۲۷/۰۶	۱۴/۹۱	۷/۸۹	۴			
۵/۶۷	۰/۲۵	۵۰/۰۰	۱۳/۳۳	۱۹/۶۰	۱۸/۷۳	۶/۴۰	۰/۷۸	۷/۶۲	۱			
۹/۹۵	۰/۹۶	۸۶/۶۷	۲۳/۳۳	۸۶/۹۶	۱۴۴/۰۷	۱۱/۰۷	۱۶/۸۲	۸/۲۷	۲			
۱۰/۲۳	۱/۰۶	۱۲۶/۶۷	۲۳/۳۳	۹۷/۶۴	۱۱۷/۰۷	۱۱/۰۰	۱۳/۹۸	۸/۴۱	۳			انتهای دوره
۱۰/۶۵	۱/۴۴	۱۷۰/۰۰	۳۰/۰۰	۸۶/۹۶	۱۱۲/۴۳	۲۰/۴۰	۱۱/۴۹	۸/۰۵	۴			

داشته است. با افزایش تعداد دوره‌های آبیاری مقدار EC و غلظت کاتیون‌های و آنیون‌های همراه با زهاب خروجی از ستون‌های خاک افزایش یافت. ولی همواره غلظت این کاتیون‌ها و آنیون‌ها در زهاب خروجی از تیمار ۴ کمتر از سایر تیمارها بود. اضافه کردن زئولیت به تیمارها باعث جلوگیری از آبشویی آنیون‌های کلراید و بی کربنات گردید. با افزایش تعداد دوره‌های آبیاری مقدار هدایت الکتریکی زهاب خروجی از ستون‌های خاک افزایش یافت و همچنین مقدار EC در سه دوره چهارم آبیاری به علت اشباع شدن منافذ خاک و زئولیت بیشتر از شیرابه ورودی بود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان بدلیل حمایت‌های معنوی و مالی همچنین کارخانه کود آلی اصفهان بدلیل حمایت‌های مالی این طرح همکاری تشکر و تقدیر می گردد

منابع

۱- طباطبائی س. ح. ۱۳۷۹. حذف عناصر سنگین فاضلاب شهری بوسیله زئولیت طبیعی. سمینار دکتری. دانشگاه تهران. دانشکده کشاورزی.

آبیاری با شیرابه آبیاری سبب افزایش هدایت الکتریکی خاک و افزایش غلظت کاتیون‌های محلول کلسیم، منیزیم، سدیم محلول و آنیون‌های محلول کلراید و بی کربنات نسبت به تیمار ۱ گردید.

این افزایش غلظت معمولاً در تیمار ۴ بیشتر بود. نتایج همچنین نشان داد که مقدار پ-هاش تا پایان آزمایش تقریباً ثابت باقی ماند. اضافه کردن زئولیت به خاک سبب تنظیم پ-هاش در محدوده نزدیک خنثی گردیده است (نوری صومعه، ۱۳۸۶؛ کندرلیک، ۲۰۰۵). همچنین وزن مخصوص ظاهری و وزن مخصوص حقیقی در طول آزمایش ثابت و به ترتیب ۱/۳۷ و ۲/۳۷ گرم بر سانتیمتر مکعب باقی ماند.

نتیجه‌گیری

آبیاری با شیرابه سبب افزایش هدایت الکتریکی خاک و غلظت کاتیون‌های محلول خاک (Ca⁺², Mg⁺² و Na⁺¹) و آنیون‌های محلول خاک (HCO₃⁻ و Cl⁻) به ترتیب در تیمارهای ۳، ۴ و ۲ گردید. به عبارت دیگر تصفیه زمینی شیرابه در کاهش املاح خروجی مؤثر بوده است و اضافه کردن زئولیت در خاک مورد مطالعه در افزایش قابلیت تصفیه شیرابه تأثیر قابل توجهی

- ۹- Klute A. 1986. Methods of soil analysis. Part 1: Physical and mineralogical methods. (2nd ed.). Madison. Ws. USA. p:1189.
- 10- Lee. G.W. and Bauder. J.W. 1986. Particle size analysis. PP.383-411. In: A. Klute (ed). Methods of soil analysis, Part 1 (2nd ed.) Agron. Mongr. 9, ASA and SSSA. Madison. WS. USA.
- 11- Mumpton. F.A. 1999. Laroca magica: uses of natural zeolites in agriculture and industry. Proc Natl Acad Sci USA. 96(7):3463-70.
- 12- Nazem. Z. Tabatabaei. S. H. and Najafi. P. 2008. Assessment of soil-Zeolite power for Cl- and HCO₃- adsorption from leachate of garbage. Iran International Zeolite Conference (IIZC'08). Tehran -Iran (www.iizc08.com).
- 13- Nelson. D.W. and Sommers. L.E. 1987. Total carbon, organic carbon and organic matter, In:Page. A.L. Miller R.H. and D.K. Keeney (eds.). Methods of soil analysis. Part2: Chemical and Microbiological properties (2nd ed.).
- 14- Page A.L. Miller R.H. and Keeney D.R. 1991. Methods of soil analysis. Part2: Chemical and Biological Properties. (2nd ed.). pp: 1159.
- 15- Tabatabaei S.H. and Liaghat A. 2004. Use of Zeolite to control heavy metals in municipal wastewater applied for irrigation. Japanese journal of Ion Exchange. 15(2):62-67. (<http://www.jaie.gr.jp/index.html>).
- ۲- گندمکار ا. ۱۳۷۵. اثر شیرابه زباله و شیرابه کمپوست بر خصوصیات خاک و رشد و عملکرد گیاه ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی اصفهان. دانشکده کشاورزی. صفحه ۱ تا ۳۵.
- ۳- محمدنیا ع. ۱۳۷۴. ترکیب شیمیایی شیرابه کمپوست زباله و اثر آن بر خاک و گیاه. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱- ۲۷.
- ۴- نوری صومعه ح. ۱۳۸۶. کاربرد زئولیت طبیعی (کلینوپتیلولیت) در کشاورزی و باغات. شرکت سبلان.
- 5- Akasheh L. Tabatabaei S.H. Najafi P. and Afyuni M. 2008. Assessment of main cation exchange in the leachte of Compost by the Natural Zeolite. Iran International Zeolite Conference (IIZC'08). Tehran -Iran (www.iizc08.com).
- 6- Bell R.G. 2001. What are zeolites?. BZA, pp:1-4.
- 7- Farzaneh F. Shivapour Z. Khosravitalebi N. and Mayyad mashhoor. S.J. 2001. Study on sorption of some toxic and heavy ions in dilute solutions by Clinoptilolite. Sci. Iran.J. 12(3):225.
- 8- Kendrilik E.M. Altan. M. and Yullari E.y. 2005. Our important source storing Hydrogen: The Natural Zeolite. Graduate School of Science, Andolu University. Eskisehir. Turkey.