

بررسی نقش بتونیت، ایلیت، هماتیت، زئولیت و کلسیت بر کاهش جذب فلزات

سنگین در زمین‌های آبیاری شده با پساب‌های آلوده در شهرستان تبریز

رامین سلماسی^۱، علیرضا استاد رحیمی^۲

۱- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، Raminsamasi@yahoo.com

۲- دانشیار مرکز تحقیقات تغذیه دانشگاه علوم پزشکی تبریز

تاریخ دریافت مقاله: ۹۱/۴/۲۷ تاریخ تصویب: ۹۲/۸/۱۸

چکیده

تثبیت فلزات سنگین در محل با استفاده از اصلاح گرهای معدنی، روشی است که جهت پاک سازی خاک های آلوده بسیار مورد توجه قرار گرفته است. بر این اساس در پژوهش حاضر، هدف این است که کارآیی ۵ نوع اصلاح گر معدنی، جهت تثبیت فلزات سنگین موجود در خاک‌های کشاورزی اطراف شهرستان تبریز_ که با پساب های آلوده آبیاری می شوند_ تعیین شود و اصلاح گر یا اصلاح گرهای بهینه جهت این مورد پیشنهاد گردد. به نیم گرم از ۵ اصلاح گر کلسیت، ایلیت، هماتیت، زئولیت و بتونیت و ۱۰ نمونه خاک گرفته شده از خاک های کشاورزی اطراف شهرستان تبریز، محلول های حاوی عناصر کادمیوم، سرب، نیکل، مس و روی اضافه گردید. بعد از شرک کردن، غلظت این ۵ عنصر با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد. و پس از انجام محاسبات، درصد جذب فلزات تعیین گردید و در نهایت، اصلاح گرهای بهینه در این رابطه مشخص گردیدند. تفاوت آشکاری بین مواد اصلاح گر از لحاظ میزان جذب ۵ عنصر وجود داشت. بطوری که بیشترین میزان جذب عناصر کادمیوم، نیکل و روی مربوط به کلسیت؛ بیشترین میزان جذب عناصر سرب و مس مربوط به هماتیت؛ و برای هر ۵ عنصر کمترین میزان جذب مربوط به ایلیت بوده است. کلسیت، زئولیت، بتونیت و هماتیت ظرفیت جذب بالاتر معنی داری در سطح ۵ درصد برای عناصر کادمیوم، نیکل و روی نسبت به تمام خاک های مورد آزمایش داشتند. در مورد سرب، بالاترین میزان جذب توسط اصلاح گرهای کلسیت و هماتیت (بدون تفاوت معنی دار با همدیگر) انجام گرفت. کلسیت، هماتیت و زئولیت بالاترین میزان جذب مس را داشتند در حالی که بیشترین میزان جذب این عنصر با اختلاف معنی دار با دو ماده اصلاحی دیگر، توسط هماتیت انجام گرفت. دو اصلاح گر کلسیت و هماتیت مشترک بین ۵ اصلاح گر بودند که در صورت اضافه شدن به ۱۰ نوع خاک مورد آزمایش در این پژوهش، توانستند در سطح ۵ درصد اختلاف معنی دار، باعث افزایش معنی دار ظرفیت جذب ۵ آلاینده کادمیوم، مس، روی، نیکل و سرب شوند و بدین وسیله کاهش جذب و انباشت عناصر یاد شده در گیاهان زیر کشت مناطق کشاورزی اطراف شهرستان تبریز را موجب گردند.

واژگان کلیدی: اصلاح گر، فلزات سنگین، خاک، گیاهان، تبریز

مقدمه

آلی و عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف بشمار می روند [1]. با این وجود، شامل آلاینده هایی مانند فلزات سنگین، ترکیبات آلی ناخواسته و پاتوژن ها و

کاربرد پساب‌های شهری و صنعتی در خاک‌های کشاورزی، باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک می گردد. همچنین این پساب‌ها منبع با ارزشی از مواد

ممکن است خطرات اضافه‌ای برای کاربران داشته باشند و نیز پسماندهای ثانویه تولید نمایند.

ضمن اینکه روش‌های مهندسی اعمال شده در این زمینه اغلب برای محیط زیست تهاجمی بوده و مانع بازگشت محیط زیست به حالت اولیه و طبیعی خود می‌گردند.

روش‌های جدید پاک‌سازی در محل (که به واردت و هزینه پایینی نیاز دارند) جهت پاک‌سازی خاک و مقبولیت جامعه باید بطور فوری بکار گرفته شوند. این اواخر، توانایی روش‌های تثبیت و استخراج فلزات سنگین توسط گیاهان جهت نیل به اهداف یاد شده مورد توجه قرار گرفته است.

یکی از راه‌های مهار فلزات سنگین، استقرار و تثبیت آن‌ها در محل بر اساس کاهش تحرک و ایزوله نمودن آن‌ها بوسیله کاربرد مواد اصلاح کننده می‌باشد.

مواد اصلاح گر مانند مواد آلی، اکسیدهای آهن، و مواد قلیایی این توانایی را دارند که از تحرک و فراهمی فلزات در خاک، بوسیله فرایندهایی مانند جذب سطحی، رسوب، تشکیل کمپلکس یا ترکیبی از این فرایندها، بکاهند [3]. در نتیجه این کار، اثرات زیان بار فلزات سنگین بر روی پذیرنده‌های محیط زیست مانند ریز جانداران، گیاهان، حیوانات و منابع آب کاهش می‌یابد. بسیاری از خاک‌های زیر کشت سبزیجات حاشیه شهر تبریز، بدلیل کمبود منابع آب با پساب‌های شهری و صنعتی بخش‌های مختلف این شهر آبیاری می‌شوند. در بعضی از زمین‌های زیر کشت، از لجن این پساب‌ها بعنوان کود بهره‌گیری می‌شود. پیامد کاربرد این پساب‌ها و لجن آن‌ها، انباشت فلزات سنگین در خاک‌های این مناطق می‌باشد که با توجه به جذب این فلزات توسط گیاهان

دیگر مواد زیان آور هستند که کاربرد آن‌ها را در زمین‌های کشاورزی محدود می‌کند [2].

در میان این عوامل، اغلب مقدار فلزات سنگین در پساب است که تعیین کننده اصلی جهت محدودیت کاربرد پساب‌ها در خاک‌های کشاورزی بشمار می‌رود. فلزات سنگین بدلیل ویژگی‌های منحصر بفرد خود از جمله تجزیه ناپذیری زیستی و حرارتی و نیز آبشویی نیافتن از قسمت‌های سطحی خاک، باعث آلودگی‌های زیست محیطی می‌گردند. بر خلاف هیدروکربن‌های نفتی و لاشبرگ‌ها که وجودشان در خاک قابل رویت می‌باشد، فلزات سنگین می‌توانند بدون جلب توجه با غلظت‌های زیاد در قسمت‌های سطحی خاک انباشت گردند و تاثیراتی بر زندگی و سلامت انسان حیوان داشته باشند. بررسی‌ها نشان داده حتی بعد از اینکه اضافه شدن فلزات سنگین به خاک متوقف شد، استمرار زمان آلاینده‌گی آن‌ها ممکن است صدها یا هزارها سال طول بکشد. خاک‌ها به عنوان یک صافی ترکیبات شیمیایی عمل نموده و می‌توانند باعث جذب و نگهداری فلزات سنگین موجود در پساب‌ها گردند. ولی زمانی که بدلیل بار زیاد آلاینده‌ها یا تغییرات واکنش خاک (pH)، از ظرفیت‌شان برای نگهداری فلزات رها شده و سمی کاسته می‌شود، این فلزات می‌توانند به آب‌های زیرزمینی یا محلول خاک وارد شوند و جذب گیاهان گردند.

میزان فلزات سنگین بی تحرک شده در محیط خاک تابعی از واکنش خاک، مقدار رس و مواد آلی، ظرفیت داد و ستد کاتیونی و ویژگی‌های دیگر خاک است که مدیریت آلودگی یک خاک را منحصر به آن خاک می‌سازد [2]. روش‌های کنونی پاک‌سازی خاک‌های آلوده بسیار پرهزینه می‌باشند. بعلاوه این روش‌ها

زیر کشت که بطور عمده سبزیجات خوراکی را شامل می شوند می تواند گیاهان را به این آلاینده ها آلوده سازد.

جهت کاهش مخاطرات زیست محیطی ناشی از آلودگی فلزات سنگین در این خاکها، لازم است از روش های ارزان قیمت پاک سازی خاک که مناسب برای کاربرد در خاک های سطحی بوده و باعث تخریب ساختمان و حاصل خیزی خاک نمی شوند، بهره برداری شود که ضمن مناسب بودن برای استفاده در خاک های سطحی، باعث تخریب ساختمان و کاهش حاصل خیزی خاک نگردند. در پژوهش حاضر، هدف این است که کارایی اصلاح گرهای معدنی مختلف برای جذب فلزات سنگین موجود در این خاک ها بر اساس بررسی های آزمایشگاهی تعیین شود تا بدین وسیله مشخص گردد کدامیک در صورت اضافه شدن به خاک های منطقه، با نگهداشت مقادیر زیاد این آلاینده ها، مانع جذب آنها توسط گیاهان می گردند و به این ترتیب زیان کمتری متوجه گیاهان زیر کشت این خاک ها و مصرف کنندگان آن ها خواهد شد.

برای این منظور از خاک های آبیاری شده با پساب موجود در اطراف شهرستان تبریز به عنوان نمونه خاک، استفاده شده است.

مواد و روش ها

از مناطق کشاورزی اطراف تبریز، ۱۰ نمونه خاک که زیر کشت نبودند گرفته شد. واکنش خاک (pH)، هدایت الکتریکی، ظرفیت دادو ستد کاتیونی (CEC)،

میزان آهک و میزان مواد آلی نمونه های خاک در آزمایشگاه تعیین گردید [3,14].

بعد از آن، از روش های آزمایشگاهی جهت تعیین ظرفیت جذب فلزات سنگین سرب، کادمیوم، نیکل، روی و مس توسط اصلاح گرهای مختلف و نمونه های خاک، استفاده گردید. به این صورت که نیم گرم از اصلاح گرهای معدنی آهک، زئولیت، اکسیدهای آهن، اکسید منگنز، بنتونیت و نیز نمونه های خاک گرفته شده از زمین های مختلف در ۵ تکرار درون فلاسک ریخته شد و به آن ها، ۵۰ میلی لیتر محلول ۰.۰۱ مولار از عناصر سرب، کادمیوم، نیکل، مس و روی اضافه شد. بعد از اینکه نمونه ها در تکان دهنده رفت و برگشتی قرار گرفتند، صاف شده و غلظت این عناصر با استفاده از دستگاه جذب اتمی Perkin Elmer مدل ۵۶۰ اندازه گیری گردید.

اختلاف بین میزان کل فلز اضافه شده و میزان اندازه گیری شده در محلول صاف شده، مقدار جذب فلز را نشان می دهد که بصورت درصد محاسبه گردید.

محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SPSS به این صورت انجام گرفت که ابتدا از طریق آزمون کولموگرو- اسمیرنوو، نرمال بودن یا نبودن توزیع داده ها (درصد جذب فلزات توسط ۵ نوع اصلاح گر و ۱۰ نمونه خاک) مشخص شد و از طریق آنالیز واریانس، اختلاف تیمارها بررسی گردید و در صورت وجود اختلاف معنی دار، با استفاده از آزمون دانکن مقایسه میانگین تیمارها انجام گرفت.

روش تحقیق

ZPb= 0.948	PPb= 0.33
ZCu= 1.115	PCu=0.95
ZCd= 1.325	PCd= 0.06
ZZn= 1.325	PZn= 0.2
ZNi= 1.445	PNi= 0.06

نتایج بدست آمده از اندازه گیری واکنش خاک، هدایت الکتریکی، ظرفیت داد و ستد کاتیونی و مقادیر آهک و مواد آلی ۱۰ نمونه خاک گرفته شده از منطقه، در جدول ۱ می باشد.

همانطور که در این جدول مشخص است، خاک های مورد استفاده در این بررسی از لحاظ ویژگی ها، متنوعند.

همانگونه که داده های جدول ۲ نشان می دهند، بیشترین میزان جذب عناصر کادمیوم، نیکل و روی با تفاوت معنی دار نسبت به سایر اصلاح گرها توسط کلسیت انجام گرفته است.

در مورد سرب و مس بیشترین جاذب، هماتیت بوده است.

در شکل ۱، درصد جذب کادمیوم، نیکل، سرب، روی و مس توسط خاک ها و اصلاح گرها آورده شده است.

واکنش آن ها در بازه قلیایی ضعیف تا قلیایی، هدایت الکتریکی از ۰/۱۹ تا ۰/۵۶ دسی زیمنس بر متر، ظرفیت داد و ستد کاتیونی از ۱۲/۵ تا ۲۴/۷ سانتی مول بار بر کیلوگرم، میزان کربنات کلسیم معادل (۱) ۱۲۰ تا ۲۳۵ گرم بر کیلوگرم و میزان مواد آلی (II) ۱۷/۱ تا ۳۷/۵ سانتی مول بار بر کیلوگرم متغیر است.

آزمون کولموگرو-اسمیرنوو نشان داد که میزان جذب ۵ عنصر سرب، کادمیوم، نیکل، مس و روی توسط نمونه های خاک و اصلاح گرها، از توزیع نرمال برخوردار می باشد.

در جدول ۲، مقایسه میانگین داده های آزمایش درصد جذب فلزات توسط ۵ نوع اصلاح گرو ۱۰ نمونه خاک مورد آزمایش آورده شده است.

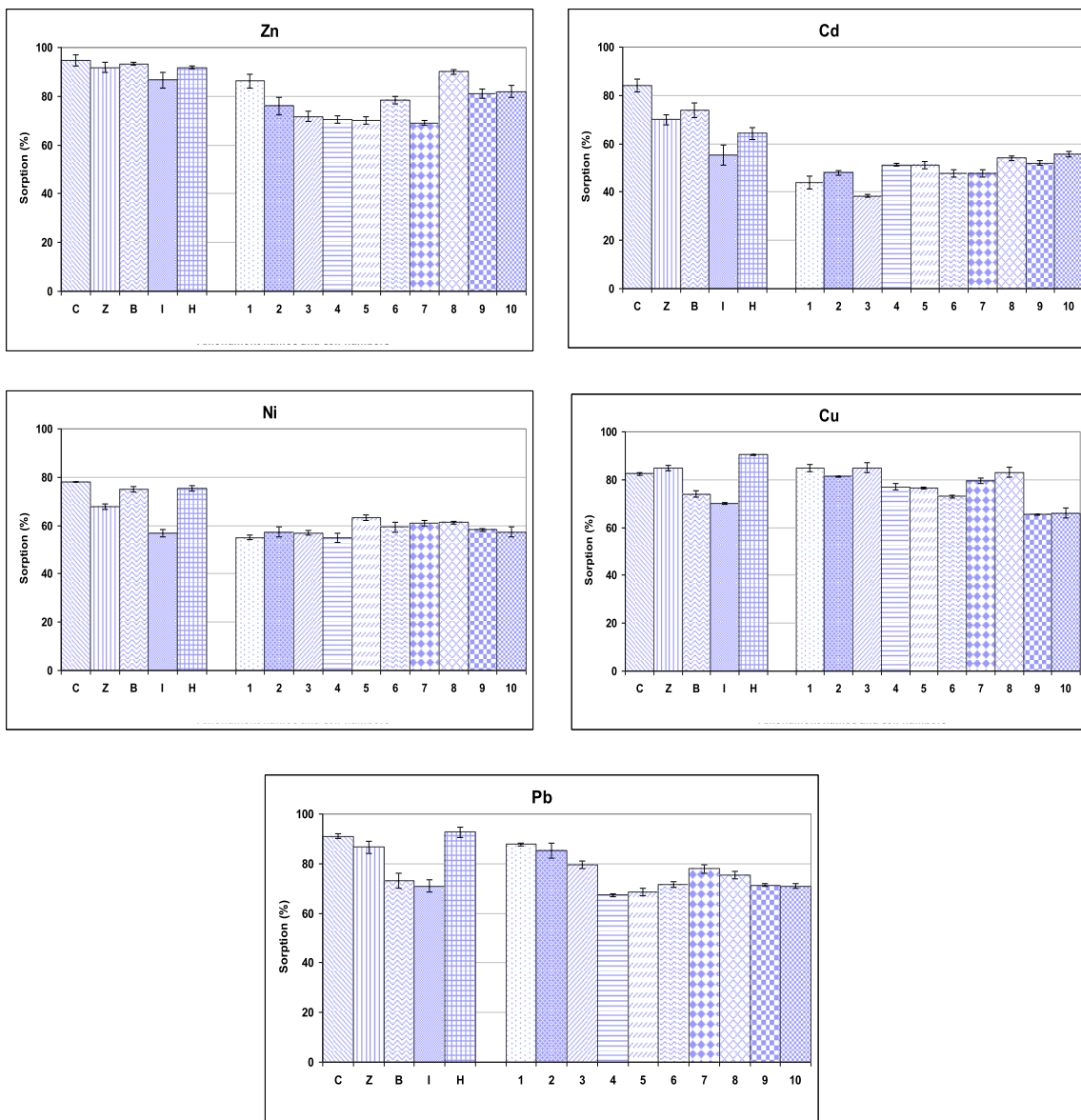
جدول ۱ - برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک های مورد آزمایش

نمونه خاک های برداشت شده	واکنش (بدون واحد)	توانایی رسانایی الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	ظرفیت دادو ستد کاتیونی (سانتی مول بار بر کیلوگرم)	ماده آلی (گرم بر کیلوگرم)	کربنات کلسیم معادل (گرم بر کیلوگرم)
۱	۹/۱۴	۰/۳۱	۲۰/۲	۳۷/۵	۲۰۰
۲	۸/۷۳	۰/۳۸	۱۴/۴	۲۷/۳	۱۵۰
۳	۹/۴۲	۰/۲۰	۱۹/۷	۱۳/۶	۱۷۰
۴	۹/۴۱	۰/۴۰	۲۲/۲	۳۰/۸	۱۶۰
۵	۹/۴۰	۰/۲۱	۲۱/۷	۱۷/۱	۱۲۰
۶	۸/۹۶	۰/۲۰	۱۲/۵	۲۳/۹	۱۴۰
۷	۹/۲۲	۰/۲۱	۲۴/۷	۲۷/۳	۱۸۵
۸	۹/۳۳	۰/۲۰	۲۲/۲	۱۸/۸	۱۷۸
۹	۹/۴۳	۰/۵۶	۲۱/۰	۱۷/۲	۲۱۰
۱۰	۹/۵۴	۰/۱۹	۲۳/۱	۲۰/۵	۲۳۵

جدول ۲- مقایسه میانگین داده‌های آزمایش درصد جذب فلزات توسط ۵ نوع اصلاح گر و ۱۰ نمونه خاک

مقایسه میانگین ها					نام اصلاح گرها و شماره نمونه‌های خاک
روی	مس	نیکل	کادمیوم	سرب	
۸۲/۵ ^{bc} ₋ +۰/۶	۷۸/۰ ^a ₋ +۰/۰	۸۴/۰ ^a ₋ +۲/۶	۹۱/۰ ^{a*} ₋ + ۱/۰	۹۴/۷ ^a ₋ +۲/۱	کلسیت
۸۵/۰ ^{bc} ₋ +۱/۱	۶۷/ ۷ ^c ₋ +۱/۱	۷۰/۰ ^c ₋ +۲/۱	۸۶/۷ ^b ₋ + ۲/۵	۹۱/۷ ^{ab} ₋ +۲/۱	زئولیت
۷۴/۰ ^d ₋ +۱/۲	۷۵/۰ ^b ₋ +۱/۰	۷۴/۰ ^b ₋ +۳/۰	۷۳/۰ ^{ef} ₋ +۳/۰	۹۳/۳ ^{ab} ₋ + ۰/۶	بتونیت
۷۰/۰ ^e ₋ +۰/۳	۵۶/۷ ^{gh} ₋ +۱/۵	۵۵/۳ ^e ₋ +۴/۰	۷۱/۰ ^{fg} ₋ +۲/۶	۸۶/۷ ^{cd} ₋ +۳/۲	ایلیت
۹۰/۵ ^a ₋ +۰/۲	۷۵/۳ ^b ₋ +۱/۱	۶۴/۳ ^d ₋ +۲/۵	۹۲/۷ ^a ₋ +۲/۱	۹۱/۷ ^{ab} ₋ +۰/۶	هماتیت
۸۵/۰ ^{bc} ₋ +۱/۵	۰ ^h ₋ +۱/۰ ۵۵/	۴۴/۰ ⁱ ₋ +۲/۶	۸۷/۷ ^b ₋ +۰/۶	۸۶/۳ ^d ₋ +۲/۹	۱
۸۱/۳ ^d ₋ +۰/۲	^{gh} ₋ +۲/۱ ۵۷/۳	۴۸/۰ ^h ₋ +۱/۰	۸۵/۳ ^b ₋ +۳/۰	۷۶/۰ ^g ₋ +۳/۵	۲
۸۵/۰ ^{bc} ₋ +۲/۱	۵۷/۰ ^{gh} ₋ +۱/۰	۳۸/۳ ^j ₋ +۰/۶	۷۹/۷ ^c ₋ +۱/۵	۷۱/۱ ^h ₋ +۲/۱	۳
۷۷/۰ ^e ₋ +۱/۳	۵۵/۰ ^h ₋ +۲/۰	۵۱/۳ ^{fgh} ₋ +۰/۶	۶۷/۳ ^h ₋ +۰/۶	۷۰/۳ ^h ₋ +۱/۵	۴
۷۶/۶ ^e ₋ +۰/۴	۶۳/۳ ^d ₋ +۱/۰	۵۱/۳ ^{fgh} ₋ +۱/۵	۶۸/۶ ^{gh} ₋ +۱/۵	۷۰/۱ ^h ₋ +۱/۵	۵
۷۳/۰ ^{fg} ₋ +۰/۵	۵۹/۳ ^{ef} ₋ +۲/۱	۴۷/۷ ^{gh} ₋ +۱/۵	۷۱/۷ ^{fg} ₋ +۱/۱	۷۸/۳ ^{fg} ₋ +۱/۵	۶
۷۹/۵ ^{fg} ₋ +۱/۲	۶۱/۰ ^{de} ₋ +۱/۰	۴۷/۷ ^h ₋ +۱/۵	۷۸/۰ ^{cd} ₋ +۱/۷	۶۹/۰ ^h ₋ +۱/۰	۷
۸۳/۱ ^d ₋ +۲/۱	۶۱/۳ ^{de} ₋ +۰/۶	۵۴/۰ ^{ef} ₋ +۱/۰	۷۵/۳ ^{de} ₋ +۱/۵	۹۰/۰ ^{bc} ₋ +۱/۰	۸
۶۵/۴ ^{ef} ₋ +۰/۳	۵۸/۳ ^{gf} ₋ +۰/۶	۵۲/۰ ^{efg} ₋ +۱/۰	۷۱/۳ ^{fg} ₋ +۰/۶	۸۱/۰ ^{ef} ₋ +۲/۰	۹
۶۶/۰ ^{ef} ₋ +۲/۱	۵۷/۳ ^{fgh} ₋ +۲/۱	۵۵/۷ ^e ₋ +۱/۱	۷۱/ ۰ ^{fg} ₋ +۱/۰	۸۲/۰ ^e ₋ +۲/۶	۱۰

*میانگین هایی که در یک حرف مشترک هستند، طبق آزمون دانکن فاقد تفاوت معنی دار در سطح ۰.۰۵ می باشند.



شکل ۱- نمودارهای درصد جذب کادمیوم، نیکل، سرب، روی و مس توسط خاک‌ها و اصلاح‌گرها
 (ک=کلسیت، ز=زئولیت، ب=بنتونیت، ا=ایلیت، ه=هماتیت و ۱، ۲،، ۱۰ شماره نمونه های خاک هستند.)

بحث

در زمین های کشاورزی اطراف شهرستان تبریز، مدت زمان درازی است که از فاضلاب های انتقالی از بخش های مختلف این شهر، بهره جویی می شود. لجن این فاضلاب ها نیز بعنوان کود کاربرد دارد. پیامد کاربرد این فاضلاب ها، انباشت فلزات سنگین در خاک ها و جذب آن ها بوسیله سبزیجات زیر کشت می باشد. در پژوهش حاضر، کارآیی اصلاح گرهای معدنی گوناگون نسبت به خاک های منطقه در جذب ۵ فلز سنگین کادمیوم، نیکل، سرب، روی و مس در راستای کاهش جذب این فلزات بوسیله گیاهان منطقه بررسی شده است.

مقایسه جذب نسبی مواد اصلاحی مختلف

بر اساس داده های بدست آمده از جدول ۲، ملاحظه می شود که تفاوت آشکاری بین مواد اصلاح گر از لحاظ میزان جذب ۵ عنصر وجود دارد. بطوریکه کلسیت بیشترین میزان جذب عناصر کادمیوم، نیکل و روی؛ هماتیت بیشترین میزان جذب عناصر سرب و مس؛ و برای هر ۵ عنصر، کمترین میزان جذب مربوط به ایلیت بوده است. در این پژوهش بیشترین میزان جذب بر روی کلسیت بین سه عنصر کادمیوم، نیکل و روی، مربوط به روی بوده است و در درجه بعدی، کادمیوم قرار دارد. نتایج پژوهش Zachara و همکاران [21]. نیز جذب بالای این سه عنصر را بر روی سطوح کلسیت نشان دادند با این تفاوت که بالاترین میزان جذب را روی بدست آوردند. این تفاوت ها در جذب ۵ عنصر، هم به خصوصیات

سطح جذب کننده مانند نوع مکان های تبدالی (پیر انرژری در مقایسه با کم انرژری)، تراکم بار الکتریکی در واحد سطح، مکان فضائی بار الکتریکی، امکان تشکیل کمپلکس های سطحی محیط داخلی از طریق ایجاد پیوندهای کووالانس با سطح بستگی دارد و هم به خصوصیات یون در فاز محلول مانند درصد عنصر بصورت کمپلکس محلول و نوع این کمپلکس ها و شعاع یونی عنصر وابسته است [19] یافته های پژوهش Rybicka و همکاران [3] نیز نشان داد که عناصر کادمیوم، نیکل، سرب، مس و روی بر روی سطوح مونتموریلونیت جذب بالاتری نسبت به دو کانی ایلیت و بدلیت داشته اند که با یافته های این پژوهش همخوانی داشته است. Xueyuan و همکاران برای جذب این ۵ عنصر بر روی سطوح دارای بار دائمی مونتموریلونیت، این ترتیب را بدست آوردند:



در حالی که برای سطوح حاوی بار موقت این کانی، ترتیب زیر را ارائه نمودند:



در مورد هماتیت، افزایش جذب سرب نسبت به کادمیوم و نیکل، به تمایل بیشتر سرب برای جذب بر روی سطوح اکسیدهای فلزات نسبت به کادمیوم و نیکل ربط داده شده است. تمایل زیاد سرب به جذب بر روی سطوح اکسیدهای فلزات ناشی از ثابت هیدرولیز بالای آن و در نتیجه تمایل زیاد این عنصر به هیدرولیز می باشد [۱].

پژوهش Mench و همکاران [12]، نیز نقش آهک را در کاهش جذب سرب موجود در گیاهان جو و توتون بدست آورد.

اضافه کردن ایلیت تاثیری در افزایش جذب این خاک ها نداشت. در مورد سرب، یافته های پژوهش ما نشان می دهند که بالاترین میزان جذب توسط اصلاح گره های کلسیت و هماتیت (بدون تفاوت معنی دار با همدیگر) انجام گرفته است.

کلسیت، هماتیت و زئولیت بالاترین میزان جذب مس را داشته اند در حالی که بیشترین میزان جذب این عنصر با اختلاف معنی دار با دو ماده اصلاحی دیگر، توسط هماتیت انجام گرفته است. Kumpiene و همکاران [10] کربنات ها و اکسیدهای آهن را اصلاح گره های اساسی برای تثبیت مس در خاک ها بر شمردند و ساز و کارهای نگهداشت این عنصر را رسوب کربنات ها و اکسی هیدروکسید های مس، تبادل یونی و تشکیل کمپلکس بر روی سطوح اکسی- هیدروکسیدهای آهن، دانستند. در یک پژوهش گلخانه ای پیرامون پاک سازی خاک های آلوده به مس و کادمیوم [5]، یافته ها نشان دادند که ترکیبی از اکسید آهن و کمپوست در کاهش جذب مس توسط جو موثر بوده اند. همین ترکیب و نیز مخلوط زئولیت و اکسید آهن برای کاهش جذب کادمیوم در این گونه خاک ها، نقش بسزایی داشته است.

Puls و همکاران [15] افزایش جذب نیکل نسبت به کادمیوم توسط بنتونیت را گزارش نموده اند. افزایش جذب سرب نسبت به کادمیوم بر روی سطوح ایلیت توسط Zapparو و Miller گزارش شده است [22].

مقایسه جذب نسبی کادمیوم، نیکل، سرب، مس و روی توسط خاک ها و مواد اصلاح گر

یافته های جدول ۱ در مورد کادمیوم، نیکل و روی نشان می دهند که کلسیت، زئولیت، بنتونیت و هماتیت دارای ظرفیت جذب بالاتر معنی داری در سطح ۵ درصد این سه عنصر نسبت به تمام خاک های مورد آزمایش می باشند. در بین این چهار اصلاح گر، کلسیت بالاترین ظرفیت جذب را دارد. ولی ظرفیت جذب ایلیت تفاوت چندان زیادی با خاک ها ندارد. بنابراین می توان گفت که افزودن ۴ ماده اصلاحی یاد شده به تمام ۱۰ نوع خاک مورد آزمایش، افزایش ظرفیت جذب کادمیوم، نیکل و روی این خاک ها را باعث می گردد و بیشترین افزایش مربوط به کلسیت می باشد که با یافته های Freeman و همکاران [4] همخوانی دارد. Mench و همکاران [12] نشان دادند که آهک اضافه شده به خاک های آلوده با کادمیوم، منجر به کاهش ۷۵ میزان این عنصر در ریشه های جو و ۵۰ کاهش در ریشه های توتون رشد یافته در این خاک ها گردیده است. علاوه بر آن، میزان سرب نیز در گیاهان یاد شده کاهش معنی داری پیدا نمود. یافته های

نتیجه گیری

بیشترین تفاوت جذب عناصر کادمیوم، نیکل، سرب، مس و روی در بین سه ماده زئولیت، ایلیت و هماتیت و کمترین تفاوت در بین کلسیت و سدیم بنتونیت دیده می شود. در بین پنج ماده اصلاح گر کلسیت، زئولیت، بنتونیت، ایلیت و هماتیت، دو مورد کلسیت و هماتیت بیشترین درصد جذب عناصر کادمیوم، نیکل، سرب، مس و روی و ایلیت کمترین درصد جذب این پنج عنصر را داشته است. بنابراین می توان گفت دو اصلاح گر کلسیت و هماتیت مشترک بین این پنج ماده هستند که در صورت اضافه شدن به ۱۰ نوع خاک مورد آزمایش در این پژوهش، می توانند در سطح ۰.۵٪ اختلاف معنی دار، باعث افزایش ظرفیت جذب پنج فلز سنگین کادمیوم، نیکل، سرب، مس و روی این خاک ها شوند و بدین وسیله کاهش جذب و انباشت عناصر یاد شده در گیاهان زیر کشت مناطق کشاورزی اطراف شهرستان تبریز را موجب گردند و بدینوسیله از مخاطرات ناشی از انباشت این فلزات بکاهند. و در بین این دو ماده، کلسیت به علت وفور و قیمت مناسبی که دارد نسبت به هماتیت ارجحیت دارد. بنابراین کلسیت به عنوان بهترین ماده برای افزودن به خاک های دارای ظرفیت کم جذب این پنج عنصر پیشنهاد می شود.

منابع

- 1- Iskandar, I. J., 1989. Environmental Restoration of Metal Contaminated Soils, CRC press, 356P.
- 2 - Sherameti, I., , 2006. Soil Heavy Metals, Springer Verlag, 567P.
- 3- Prasad M. N. V., 2008. Trace Elements as Contaminated and Nutrients, Wiley & Sons, Inc., 578P.

Okhoovat و همکاران [13]. نقش معنی دار بنتونیت طبیعی را در جذب سرب و کادمیوم موجود در خاک های آلوده، نشان دادند. در مورد نقش زئولیت در توانایی تثبیت کنندگی بالای عناصر، یافته های Querol [16] و همکاران نقش زئولیت را در کاهش آبخوبی کادمیوم، مس، نیکل و روی نشان داد که با یافته های این پژوهش همخوانی دارد. Hamidpour و همکاران در یک بررسی انجام گرفته پیرامون تحرک و فراهمی عناصر سرب و کادمیوم در گیاه ذرت [2]، بدست آوردند که غلظت این دو عنصر در ریشه ها و ساقه های ذرت موقعی که در بستر زئولیتی رشد یافته اند، کمتر از موقعی است که در بستر بنتونیتی بودند. در نتیجه توانایی جذب سرب و کادمیوم توسط زئولیت بیشتر از بنتونیت بود. یافته های پژوهش محمود آبادی در ارزیابی گلخانه ای کاهش سمیت سرب با کاربرد زئولیت بر روی گیاه سویا [11]. نشان داد که، کاربرد سرب تنها در خاک، باعث افزایش معنی دار غلظت این عنصر در گیاه و کاهش وزن خشک ریشه و شاخساره و کاربرد توام سرب و زئولیت، کاهش معنی دار غلظت سرب و افزایش وزن خشک ریشه و شاخساره گردید. Garcia-Sanchez و همکاران [6]. نیز تاثیر زئولیت در خروج آلاینده های کاتیونی از خاک های آلوده را نشان دادند. یافته های پژوهشی Gworek نقش زئولیت مصنوعی در کاهش میزان کادمیوم در ۸۵٪ از برگ های کاهو و ۴۵٪ ریشه های این گیاه را به اثبات رساند [7].

- 4- Klute, A., D. R. Nielson, and R. D. Jackson. 1965. Methods of soil analysis, Part 2. 2ed, Agronomy Monog. 9, SA, Madison, WI, 760P.
- 5- Page, A. L. , Miller R. H., Keeny, D. R., Baker D. E., and Roads J. D., 1965. Methods of soil analysis, Part 1. 2ed, Agronomy Monog. 9, ASA, Madison, WI., 734P.
- 6 - Zachara, J. M., Cowan C. E., and Resch C. T. 1991. Sorption of divalent Metals on with inorganic amendments. Water, Air, Soil Poll. 196, 355-368pp.
- 7- Sposito, G., 1989. The Chemistry of Soils, Oxford University Press, 350P.
- 8- Rybicka E., Calmano, W., and Breeger, A. 1995. Heavy metals sorption/desorption on competing clay minerals. Applied Clay Science. 9, 369-381pp.
- 9- Xueyuan, G., Evans J., and Barabash S. J. 2010. Modeling the adsorption of Cd, Cu, Ni, Pb, and Zn onto montmorillonite. *Geochemica et Cosmochimica Acta*. 74, 5718-5728pp.
- 10- Chubin R. G., 1981. Adsorption of Pb onto soil constituents, *J. Env. Qual.* 10, 225-228pp.
- 11- Puls, R. W., and Hinrich L. B., 1998. Sorption of Cd, Ni, and Zn by kaolinite and montmorillonite suspensions. *SSSA*, 25, 1289-1292pp.
- 12- Zapparro, M., and Miller, K. 2001. Lead, Cadmium, and Calcium selectivity coefficients on montmorillonite, kaolinite and illite. *J. Env. Qual.* 3, 250-252pp.
- 13 - Freedman Y. E., Magaritz, M., and Long G. L. 1994. Inaction of metals with mineral surfaces in natural groundwater environment. *Chemical geology*. 116, 111-121pp.
- 14- Mench, M.J., Didier, V.L., Löffler, M., Gomez, A., and Masson, P. 2008. A mimicked in situ remediation study of metal contaminated soils with emphasis on cadmium and lead. *J. Environ. Qual.* 23, p: 58-63.
- 15- Kumpiene J., Lagerkvist A., and Maurice, Ch. Stabilization of As, Cr, Cu, Pb and Zn in soil using amendments- A review. *Waste Mana.* 2008; 12, p: 215-225.
- 16- Gadepalle V. P. 2009. Remediation of Cu and Cd in contaminated soils using compost with inorganic amendments. *Water, Air, Soil Poll.* 196, p: 355-368
- 17- Okhoovat, M., Dadeny, P., and Eradat, S. 1994. A mechanistic description of Cd and Pb sorption on montmorillonite. *J. Con. Hyd.*, 14, p: 57-63.
- 18 - Querol, X., Alastuey A., and Moreno N. 2006. Immobilization of heavy metals in polluted soils by addition of zeolite material. *Chemosphere*. 62, p: 171-180.
- 19- Hamidpour M., Afyuni M., Kalbasi M., khoshgoftarmanes A. H., and Inglezakis V. J. . 2010. Mobility and plant availability of Cd and Pb adsorbed on zeolite and bentonite. *Applied Clay Science*, 48, p: 342-348.
- 20- Mahmoodabady P., Experimental measurements of sorption competition on zeolite. 2005. *Geochemica et Cosmochimica Acta* , 14, p: 23-28.
- 21- Garcia-Sanchez A., Alastuey A., and Querol X. 1999. Heavy metal adsorption by different minerals: application to the remediation of polluted soils. *Sci. of Total Env.* 242, 179-188pp.
- 22- Gworek, B., 1992b. Lead inactivation in soils by zeolite, *Plant Soil*, 143, 71-79pp.
- Calcite. *Geochemica et Cosmochimica Acta*. 55, 1549-1562pp.

