"مقاله پژوهشی"

بررسی تأثیر جاذب‌های آلی و نانو مواد برکاهش انباشت فلزات سنگین در خاک و گیاه، ناشی از آبیاری با پساب صنعتی

ریحانه علیدادی[۱]، حمیدرضا عسگری[۲] و حسین یوسفی[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مدیریت و کنترل بیابان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- دانشیار گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (نویسنده مسوول: hras2010@gmail.com)
۳- دانشیار گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۱۷
صفحه: ۱۲۳ تا ۱۳۲

چکیده

از مهم‌ترین مسائلی که بر کیفیت محیط‌زیست جهان فشار زیادی وارد می‌آورد، پدیده بیابان‌زایی و تخریب سرزمین است. آبیاری با پساب می‌تواند بیشترین تاثیر را بر روی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک بگذارد. فلزات سنگین ازجمله مهم‌ترین آلاینده‌های زیست محیطی به‌شمار می‌آیند که در پساب‌های خانگی و صنعتی به مقادیر زیاد یافت می‌شوند. این فلزات به‌دلیل اثرات فیزیولوژیک آن‌ها بر روی خاک، گیاه و در نهایت موجودات زنده، حتی در غلظت‌های بسیار کم نیز حائز اهمیت هستند. در این تحقیق، تأثیر جاذب‌های آلی و مواد نانو بر روی کاهش غلظت فلزات سنگین در خاک و گیاهان گندم که با پساب صنعتی آبیاری می‌شوند، مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا، با استفاده از لوله‌های پلی اتیلن، گلدان‌های مورد استفاده در این تحقیق تهیه گردید. همچنین فیلترهای خاصی از جنس خاک اره (میکرو خاک اره درخت نراد، نانو خاک اره درخت نراد در سطح ۰/۱ درصد، نانو خاک اره در سطح ۰/۲۵ و ۰/۵۰ درصد)، تهیه گردید. پساب مورد استفاده در این تحقیق از این فیلترها عبور داده و سپس به‌منظور بررسی اثر فیلترها بر مقدار فلز روی انباشته شده در گیاه، تعدادی بذر گندم در هر گلدان کاشته شد. در پایان آزمایش، نمونه‌هایی از خاک و گیاه هر گلدان تهیه و غلظت فلز روی موجود در آنها توسط دستگاه جذب اتمی مدل (GBC) اندازه‌گیری شد. بررسی آماری نتایج و آنالیز داده‌ها با طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون دانکن، با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS ورژن ۲۲ انجام گردید. نتایج نشان داد که تیمار نانو خاک اره در سطح ۰/۵ درصد، بیشترین تأثیر و میکرو خاک اره کمترین تاثیر را در کاهش انباشت فلز روی در خاک و گیاه گندم داشت.

واژه‌های کلیدی: بحران آب، پساب صنعتی، تخریب اراضی، جاذب‌های آلی، فلز روی، گندم، نانو مواد

مقدمه

بیابان‌زایی عبارت است از تخریب اراضی در مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه‌مرطوب تحت تأثیر عوامل مختلف از جمله تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی. بیابان‌زایی را می‌توان فرآیندی دانست که طی آن بخشی از حاصل‌خیزی طبیعی خاک به دلایلی همچون بهره‌برداری‌های نادرست، ماندابی شدن اراضی، آبیاری با پساب و آب‌های نامتعارف، شور و سدیمی شدن خاک از دست می‌رود (۳۶).

خاک به‌عنوان یک محیط طبیعی که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم منبع مهم تغذیه برای موجودات به‌شمار می‌رود، از اهمیت بالایی برخوردار است. از این‌رو، هر نوع تغییر در خصوصیات کمی و کیفی خاک بر کلیه موجودات زنده موجود در آن تأثیرگذار است. عوامل آلوده‌کننده پس از ورود به خاک می‌توانند آب و هوا را نیز آلوده کنند که در نهایت این امر منجر به آلودگی زنجیره غذایی خواهد شد (۲۰).

رشد روز افزون تقاضا برای مصرف آب موجب برداشت بی‌رویه آن از منابع آبی گردیده که در نتیجه عوارضی مانند خشک شدن رودخانه‌های دائمی و افت سفره‌های زیرزمینی را در پی خواهد داشت. از سویی دیگر به‌دلیل کمبود منابع آبی در بخش‌های مختلف از جمله در کشاورزی، باعث شده که پساب شهری و صنعتی که جزو آب‌های نامتعارف محسوب می‌شوند اغلب بدون مدیریت صحیح، مورد استفاده قرار می‌گیرند (۴۵). منابع طبیعی به‌عنوان بستر اصلی حیات هر منطقه است. تخریب منابع طبیعی باعث برهم خوردن تعادل و تغییر شرایط اقلیمی، فرسایش خاک، بروز سیل و در نهایت زوال بوم‌سامانه می‌شود (۳۱).

استفاده از لجن و پساب حاصل از تصفیه‌ی فاضلاب برای آبیاری در زمین‌های کشاورزی بخصوص در حاشیه شهرها در حال افزایش است (۱۰). در ایران با توجه به شرایط آب و هوایی و منابع محدود آب، استفاده از منابع آب و پساب شهری و صنعتی به‌ویژه در بخش کشاورزی اجتناب‌ناپذیر و قابل توجیه شده است (۱۸).

آلاینده‌های متفاوتی در پساب شهری (استفاده از شوینده‌های مختلف در مصارف خانگی)، کشاورزی (استفاده از سموم آفت‌کش، علف‌کش و کودهای شیمیایی) و صنعتی (صنایع آبکاری، چرم سازی، دباغی، کاغذسازی، معدن، پلاستیک‌سازی) وجود دارند (۴۳). فلزات سنگین بخش مهمی از آلاینده‌های زیست‌محیطی را تشکیل می‌دهند که به‌صورت محلول در آب و خاک وارد شده و باعث آلودگی آب‌های سطحی، زیرزمینی و خاک شده و از این طریق وارد کالبد موجودات زنده شده و به‌دلیل نیمه‌عمر طولانی آن‌ها، از پایداری بالایی برخوردارند و پس از ورود به زنجیره غذایی، امنیت غذایی و سلامت انسان‌هاو سایر جانداران را تهدید می‌کنند. اصطلاح فلزسنگین؛ به هر عنصر شیمیایی فلزی که دارای چگالی نسبتاً زیادی باشد و همچنین در غلظت‌های پایین سمی باشند، اطلاق می‌شود (۸) از سوی دیگر، با توجه

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-05-01]
[DOR: 20.1001.1.27174425.1400.2.3.4.4]

به محدودیت منابع آب در کشور، باید روش‌هایی اتخاذ شود که بتوان از این منابع آب نامتعارف استفاده نمود به‌نحوی که کمترین تهدید زیست محیطی و تخریب اکوسیستم را به‌دنبال داشته باشد. بنابراین، بررسی روش‌های مختلف کاهش جذب و انتقال این آلاینده‌ها در خاک و بدنبال آن در محصولات کشاورزی ضروری بـه نظـر می‌رسـد (۲۳،۲۲). روش‌های مختلفی برای کاهش مقدار یون‌های فلزی وجود دارد که هر کدام از آن‌ها بر اساس سادگی، انعطاف‌پذیری، مؤثر بودن فرایندها، قیمت، مشکلات فنی و نگهداری دارای مزایا و مضراتی هستند. از این میان فرآیند جذب بوسیله فناوری سبز، توسط بیو جاذب‌ها و مواد آلی، یک فرایند کارآمد در حذف فلزات سنگین از پساب محسوب می‌شود.

در این راستا جاذب‌های زیستی مختلفی مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. به‌عنوان مثال سبوس گندم (۳۲)، پوسته برنج (۱۴)، باگاس نیشکر (۴)، باگاس و الیاف نارگیل (۲)، ضایعات میوه و سبزیجات مانند پوست موز و پرتقال اصلاح شده با محلول‌های اسیدی و قلیایی (۶)، اصلاح کننده‌های آلی مانند کود حیوانی (۴۲)، پوست دانه‌ی سویا، پوست پنبه دانه، سبوس برنج و کاه (۲۷)، چوب ذرت (۲۴)، پوست درخت انبه و جک فروت (نان صحرایی)، (۳۸)، پوست اکالیپتوس (۴۱)، پوسته بادام (۷)، پوسته بادام زمینی (۴۸)، پوست نارگیل سبز (۳۴)، پوست غلاف تمر هندی (۳)، پوسته تخم‌مرغ (۳۳)، تفاله قهوه (۴۶). جذب به‌وسیله مواد آلی نه‌تنها به حداقل انرژی ورودی، نیروی کار کم و سرمایه‌گذاری کم نیاز دارد و مقرون به‌صرفه است، بلکه این مواد با سطح ویژه بالا، تمایل زیادی برای جذب فلزات سنگین و سایر آلاینده‌های پساب شهری و صنعتی از خود نشان دادند.

بهره‌گیری از فناوری نانو می‌تواند یکی از راه‌حل‌های اساسی برای افزایش کارایی روش‌های متداول تصفیه پساب باشد. نانوتکنولوژی، فرایندی است که در جلوگیری از آلودگی، شناسایی، اندازه‌گیری و تصفیه آلاینده‌ها نقش کلیدی ایفا می‌کند. ذرات نانو به دلیل داشتن اندازه کوچک، سطح مقطع زیاد، شکل کریستالی و نظم شبکه‌ای منحصر به فرد و در نتیجه واکنش‌پذیری زیاد می‌توانند برای تصفیه و تبدیل آلاینده‌ها به مواد بی‌ضرر و کم ضررتر استفاده شوند (۱۶). بنابراین، در این تحقیق سعی گردید تا از فناوری نانو نیز در کنار سایر روش‌ها، برای جذب فلز روی موجود در پساب شهرک صنعتی آق‌قلا (که برای آبیاری برخی از اراضی کشاورزی روستاهای مجاور مورد استفاده قرار می‌گیرد)، استفاده و نتایج مورد ارزیابی و مقایسه قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه‌های خاک

به‌منظور انجام این پژوهش، نمونه‌های خاک به‌صورت تصادفی از خاک سطحی (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری) (۳۵) زمین زراعی واقع در محوطه پردیس شماره دو دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان جمع‌آوری شد. نمونه‌های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه و هوا خشک شدن، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد (۵). ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در این تحقیق در جدول (۱) ارائه شده است. لازم به توضیح است که با توجه به مقدار زیاد فلز روی در مقایسه با سایر فلزات سنگین در پساب مورد بررسی، فقط مقدار فلز روی در خاک مورد استفاده، اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش در این تحقیق

Table 1. Physical and chemical properties of the soil tested in this research

پارامتر	واحد	مقدار
pH	-	۷/۲۵
EC	dS/m	۱
Zn	mg/l	۳۸
وزن مخصوص ظاهری خاک	g/cm^{-3}	۲/۷۸
شن	٪	۳۵
رس	٪	۲۶
سیلت	٪	۳۹
بافت خاک	–	کلی لومی

آماده‌سازی و ساخت گلدان‌ها

برای انجام این تحقیق، تعداد ۱۵ عدد لوله پلی‌اتیلنی به قطر ۹ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر تهیه شد. در انتهای هر لوله درپوشی تعبیه و سه سوراخ با فواصل منظم به‌منظور خروج یکنواخت زهاب ایجاد شد. درون هریک از آن‌ها به‌ترتیب از پایین به بالا برای بهبود زهکشی تا ارتفاع پنج سانتی‌متر شن ریخته شد و سپس روی آن با خاک پوشانده شد (۲۹). این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با پنج تیمار و سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد (شکل ۱- الف).

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-05-01]

[DOR: 20.1001.1.27174425.1400.2.3.4.4]

شکل ۱- مطالعات گلخانه‌ای: الف) تهیه گلدان از لوله‌های پلی‌اتیلنی؛ ب) عبور پساب از فیلترهای تولید شده؛ و ج) رشد و نمو گندم در گلدان‌ها
Figure 1. Greenhouse studies: a) Preparation of pots from polyethylene pipes; B) the passage of wastewater through the produced filters; And c) the growth and development of wheat in pot

تهیه میکرو خاک اره و میکرو مواد

جهت تهیه خاک اره در ابعاد میکرو، ابتدا خاک اره تولید شده از چوب درخت نراد را با دستگاه آسیاب چوب، آسیاب کرده و سپس آن را در شیکر الک ریخته و با الک ۲۰، ۴۰ و ۶۰ مش، الک شدند. خاک اره باقی‌مانده در الک ۶۰ مش به‌عنوان میکرو خاک اره در نظر گرفته شد. سپس با مقادیر مشخصی از آب مخلوط کرده و در نهایت با ۱۰۰ گرم ماسه بادی مخلوط شد (شکل ۲ - الف و ب).

نانو خاک اره

خاک اره بکار رفته در این آزمایش به آزمایشگاه شرکت نانو نوین پلیمر منتقل شد و پس از انجام فرایندهایی خاص، نانو خاک اره تولید شد (شکل۲- ج).

تهیه فیلترها

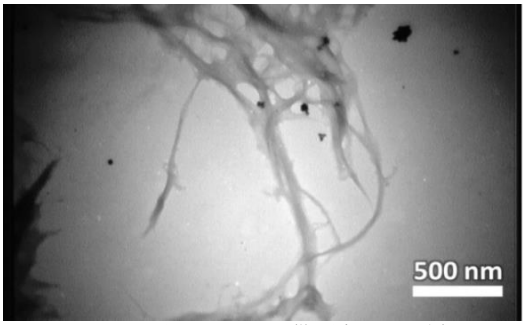
برای آماده‌کردن فیلترها به‌طور جداگانه از لوله‌های پلی‌اتیلنی با ارتفاع ۲۰ و قطر ۵ سانتی‌متر استفاده شد. در انتهای هر لوله درپوشی تعبیه و به‌منظور خروج آب از آن سوراخ‌هایی با فواصل منظم ایجاد شد. به‌منظور نگهداری مواد داخل لوله‌ها از پارچه حریر با مش ۳۵۰ استفاده شد. به‌منظور ساخت فیلتر نانو در سطوح ۰/۱ ، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد، مقادیر مشخصی از نانو نراد را با ۱۰۰ گرم ماسه بادی مخلوط کرده و درون لوله‌های پلی‌اتیلنی ریخته شد. همچنین برای ساخت فیلتر میکرو، خاک اره درخت نراد را آسیاب و با الک ۴۰ مش الک کرده و مقادیر مورد نیاز را با ۱۰۰ گرم ماسه بادی مخلوط کرده و درون لوله‌ها قرار داده شد (شکل ۲- د و ه).

شکل ۲- مطالعات آزمایشگاهی: مراحل تهیه فیلترهای مورد استفاده در تحقیق: الف و ب) تهیه فیلتر میکرو خاک اره؛ ج) نانو مواد؛ د و ه) تهیه فیلترها
Figure 2. Laboratory studies: stages of preparation of filters used in research: a and b) preparation of micro sawdust filter; C) nanomaterials; D and e) preparation of filters

روش تهیه نانوفیبر چوب

روش تهیه نانوفیبر چوب بر اساس روش گزارش شده توسط یوسفی و همکاران (۴۹) بوده است. به این ترتیب که ابتدا خرده اره نراد را در آب مقطر با غلظت ۳ درصد پخش کرده و سپس از سوپرآسیاب دیسکی (MKCA6-2) ساخت شرکت ماساکو ژاپن به تعداد ۵ بار عبور داده‌شد تا نانوفیبرچوب تولید گردد. جهت اطمینان از اندازه نانومتری نانوفیبر چوب تولید شده از روش عکس‌برداری با میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) مدل Zeiss EM 10C مستقر در دانشگاه خواجه نصیر طوسی استفاده گردید (شکل ۳).

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-05-01]
[DOR: 20.1001.1.27174425.1400.2.3.4.4]



شکل ۳- ریزنگاره الکترونی TEM نانوفیبر چوب
Figure 3. Microscope Electron TEM of Nanofiber wood

ویژگی‌های شیمیایی پساب مورد استفاده در این پژوهش

پساب مورد استفاده در این پژوهش در آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفت تا میزان فلزات سنگین موجود در آن تعیین شود. این آب از پساب شهرک صنعتی آق قلا (در حدفاصل ۱۷ کیلومتری از شهرستان گرگان) که متاسفانه برای آبیاری بخشی از اراضی کشاورزی این منطقه استفاده می‌شود، تأمین گردید. با توجه به بالا بودن غلظت روی در پساب مورد استفاده در آزمایش نسبت به سایر فلزات و همچنین صرفه‌جویی در هزینه‌ها، فقط فلز روی در این آزمایش، مورد بررسی قرار گرفت. پساب از ستون‌های کوچک فیلترهای تولید شده در این تحقیق، عبور داده شد و سپس به ستون خاک اضافه گردید (شکل ۱- ب). این عمل برای هر تیمار به تعداد ۸ مرتبه در طی ۴۰ روز و با فواصل ۵ روز تکرار شد. بعد از پایان یافتن مراحل دوره فیلتراسیون، در سطح خاک هر گلدان ۱۰ عدد بذر گندم کاشته شد. پس از رسیدن گیاه گندم به مرحله ۲ برگی (شکل ۱- ج) از اندام هوایی گیاه نمونه‌برداری صورت گرفت. پس از خشک کردن اندام هوایی گیاهان در آون (کوره الکتریکی) نمونه‌ها برای اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین موجود در آن‌ها آماده گردید. عصاره نمونه‌های آماده شده با روش هضم اسیدی تهیه و سپس غلظت عناصر سنگین (فلز روی) به‌وسیله دستگاه جذب اتمی تعیین گردید. همچنین در انتهای دوره از خاک داخل ستون‌ها به‌طور جداگانه نمونه‌برداری شده و غلظت کل فلز روی به‌روش هضم اسیدی و به‌وسیله دستگاه جذب اتمی تعیین شد. پس از پایان اندازه‌گیری‌ها، داده‌های به دست آمده توسط نرم‌افزار آماری SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها (تأثیر تیمارها بر صفات مورد نظر) با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۵ درصد محاسبه گردید.

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی پساب مورد استفاده در این پژوهش
Table 2. Chemical properties of effluent used in this study

پارامتر	واحد	مقدار
pH	-	۷/۶۳
EC	dS/m	۱/۲۴
Zn	mg/l	۸۷۱
Cd	mg/l	۱۲۶
Cu	mg/l	۱۵۴

اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیکی خاک

جرم مخصوص ظاهری خاک (Bd)[1]

جرم مخصوص ظاهری از روش کلوخه و پارافین (۱۳) اندازه‌گیری شد. مقدار آن معمولاً بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب بیان می‌شود (جدول ۲).

بافت خاک

پس از اکسیداسیون مواد آلی (۱۵) از طریق روش هیدرومتری (۱۲) و با استفاده از محلول هگزا متافسفات جهت پراکنده کردن ذرات خاک و قرائت پیپت در زمان‌های ۴۰ ثانیه و ۶ ساعت، بافت اندازه‌گیری و تعیین گردید (جدول ۲).

اندازه‌گیری ویژگی‌های شیمیایی خاک

هدایت الکتریکی (EC)

با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی (مدل: Waterproof Ectestr 11) در نمونه اشباع و تصحیح آن برای دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، محاسبه گردید (جدول ۲).

اسیدیته (pH)

اسیدیته خاک به وسیله قرار دادن الکترود شیشه‌ای دستگاه pH متر در نمونه‌های گل اشباع اندازه‌گیری شد (۳۹)، (جدول ۲).

تعیین غلظت کل روی (Zn) در نمونه‌ها:

یک گرم از نمونه خاک خشک با دقت توزین شده و ۲۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۵ نرمال در ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری به آن‌ها اضافه شد. محتویات ارلن به‌مدت ۱۸ ساعت به حال در شرایط محیط طبیعی آزمایشگاهی قرار داد شد و پس از آن به‌مدت ۱۰ دقیقه با قرار گرفتن بر روی صفحه گرما حرارت داده شد. بعد از سردشدن نمونه‌ها توسط کاغذ صافی در بالن ۲۵ میلی‌لیتری صاف گردیده و با آب مقطر به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. در نهایت غلظت روی توسط دستگاه جذب اتمی (مدل GBC) قرائت گردید (۲۵). همچنین میزان غلظت روی بر روی اندام هوایی گندم نیز انجام شد که پس از

1- Bulk density

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-05-01]
[DOR: 20.1001.1.27174425.1400.2.3.4.4]

نمونه‌برداری از اندام هوایی گندم نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد در خشک کن هواکش‌دار تا رسیدن به وزن خشک ثابت قرار داده شد. سپس مواد خشک شده آسیاب شد تا در نهایت یک نمونه کاملاً یکنواخت به‌دست آمد. برای عصاره‌گیری گیاه، یک گرم از نمونه پودر شده گیاه خشک، به کروزه چینی منتقل شد. حرارت کوره الکتریکی در ۵۵۰ درجه سلسیوس تنظیم شده و نمونه‌ها به‌مدت ۲ ساعت داخل کوره قرار داده شدند. سپس ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال به نمونه‌ها اضافه کرده و بر روی گرم‌کن به آرامی حرارت داده شد تا زمانی‌که نیمی از اسید تبخیر شد. محلول تهیه شده از کاغذ صافی عبور داده شد و سپس با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. در نهایت غلظت روی در عصاره گیاه توسط دستگاه جذب اتمی (مدل GBC) قرائت گردید.

نتایج و بحث

بررسی آماری نتایج و آنالیز داده‌ها با طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون دانکن، با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS ورژن ۲۲ انجام شد. تاثیر متغیر بر تجمع فلز روی در خاک و گیاه در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد تجزیه و تحلیل شد. نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم گردید.

تیمارها و علائم اختصاری به‌کار رفته در این تحقیق در جدول (۳) توضیح داده شده است.

جدول ۳- تیمارهای مورد آزمایش و علائم اختصاری آن‌ها

Table 3. Treatments tested and their abbreviations

تیمار	علامت اختصاری	شرح
۱	T1	آبیاری با پسابی که از فیلتر نانومواد ۰/۵ درصد عبور داده شده
۲	T2	آبیاری با پسابی که از فیلترنانو مواد ۰/۲۵ درصد عبور داده شده
۳	T3	آبیاری با پسابی که از فیلترنانو مواد ۰/۱ درصد عبور داده شده
۴	T4	آبیاری با پسابی که از فیلتر میکرومواد عبور داده شده
شاهد	T0	آبیاری با پساب بدون استفاده از هیچ گونه فیلتر (تیمار شاهد)

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس مقادیر روی در خاک گلدان‌ها تحت‌تأثیر تیمارهای مختلف

Table 4. Results of analysis of variance of zinc values in potting soil under the influence of different treatments

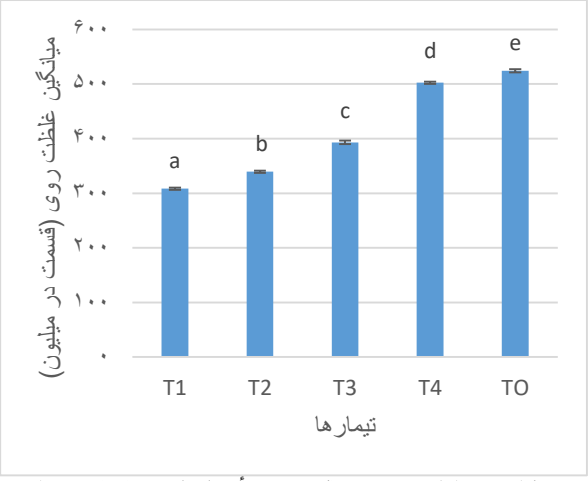
پارامتر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F محاسباتی	Sig	R2
مقدار روی در خاک گلدان‌ها	۴	۲۷۹۰۰/۷۹۶	۲۶۷۸/۶۲۹	۰/۰۰۰**	۰/۹۷۶**

غلظت فلز روی انباشته‌شده در خاک پس از اجرای تیمارهای مختلف جاذب‌های آلی

غلظت فلز روی انباشته شده در خاک تحت‌تأثیر اجرای مواد جاذب در شکل (۴) نشان داده شده است. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار روی در خاک گلدان‌ها (۵۲۴/۴۱ میلی‌گرم بر لیتر) مربوط به اجرای تیمار شاهد و کمترین مقدار آن (۳۰۸/۲۴ میلی‌گرم بر لیتر) آن نیز مربوط به اجرای تیمار یک با فیلتر نانو مواد ۰/۵ درصد است. بعد از آن تیمار T2 با مقدار (۳۳۹/۳۲ میلی‌گرم بر لیتر)، تیمار T3 با مقدار (۳۹۲/۹۹ میلی‌گرم بر لیتر) و تیمار T4 با مقدار (۵۰۲/۳۷ میلی‌گرم بر لیتر)، به‌ترتیب غلظت روی بیشتری را در خاک گلدان‌ها نشان دادند. همچنین با توجه به شکل می‌توان بیان کرد که افزایش فیلتر نانو مواد سبب کاهش میزان غلظت روی شده است و بین تمامی نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشته است که بیانگرآن است که حتی گلدان‌های آبیاری شده با پسابی که از فیلتر میکرو مواد عبور داده‌شده نسبت به گلدان‌های آبیاری شده با پساب شاهد، تفاوت معنی‌داری داشته است. این مسئله نشان‌دهنده تاثیر مثبت میکرو مواد و نانو موادآلی در جذب فلز روی پساب بکار رفته در آزمایش است. متاس[1] و همکاران (۲۸) بیان داشتند مواد هومیک حاصل از مواد آلی، ظرفیت جذب سطحی زیادی برای عناصر سنگین دارند. مواد آلی به‌دلیل داشتن گروه‌های عامل دارای بار منفی (کربوکسیلیک، فنلیک، هیدروکسیل)، می‌توانند یون فلزات سنگین را از محلول خاک جذب سطحی کنند. کریمی و همکاران (۲۲)، نیز اثر تیمارهای آلی نظیر باگاس نیشکر و سبوس برنج را بر کاهش غلظت فلزات سنگین در خاک را مثبت گزارش کرده بودند و دلیل آن را مکانیسم‌های تعادل سلولی، تحمل و سم‌زدایی یون‌های فلزی توسط تیمارها بیان کردند. جدول‌های (۴ و ۵) نتایج تجزیه واریانس مقادیر روی در خاک و گندم کشت شده در گلدان‌های تحت‌تأثیر تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد.

[Downloaded from dml.sanru.ac.ir on 2026-05-01]

[DOR: 20.1001.1.27174425.1400.2.3.4.4]



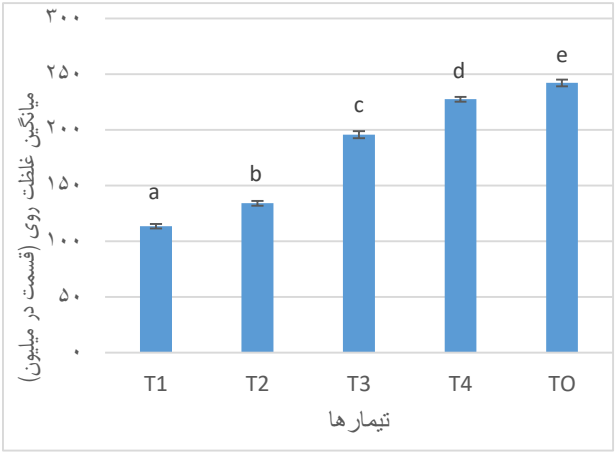
شکل ۴- غلظت روی در خاک تحت تأثیر اجرای تیمارهای مختلف
Figure 4. Zinc concentration in soil under the influence of different treatments

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس مقادیر روی در گیاه کاشت شده در گلدان‌های تحت تأثیر تیمارها
Table 5. Results of analysis of variance of zinc levels in plants planted in pots under the influence of treatments

پارامتر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F محاسباتی	Sig	R2
مقدار روی در گیاه گلدان‌ها	۴	۹۶۳۹/۶۱۷	۱۳۸۷/۸۷۸	۰/۰۰۰**	۰/۹۷۷**

غلظت روی در اندام هوایی گیاه گندم کشت شده تحت تأثیر مواد جاذب مختلف

شکل (۵) غلظت فلز روی در اندام هوایی گیاه گندم کشت شده تحت‌تأثیر اجرای مواد جاذب را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین مقدار (۲۴۲/۱۹ میلی‌گرم بر لیتر) آلودگی گیاه کاشت شده در گلدان‌ها به فلز روی مربوط به تاثیرتیمار شاهد و کمترین مقدار (۱۱۳/۶۱ میلی‌گرم بر لیتر) نیز مربوط به تاثیر تیمار یک با فیلتر نانو ۰/۵ درصد است. روند تغییرات غلظت روی اندام هوایی گیاه گندم با کاربرد میکرو مواد و نانو مواد (شکل ۵) نشان داد که در تمامی تیمارها غلظت روی اندام هوایی نسبت به شاهد کاهش یافت. سینک و همکاران (۴۲) گزارش کردند، افزودن اصلاح کننده‌های آلی مانند کود دامی به یک خاک آلوده به عناصر سنگین، غلظت روی اندام هوایی گیاه چغندر علوفه‌ای را کاهش داد. تشکیل کمپلکس‌های سطحی درون-کره‌ای و برون -کره‌ای، مهمترین مکانیزم‌های جذب سطحی روی به‌وسیلهٔ موادآلی است. همچنین وانگ و همکاران (۴۷) نیز گزارش کردند که کادمیوم موجود در محلول خاک، می‌تواند به دیواره‌های سلولی ریشه گیاه پیوند یابند. در حقیقت تجمع کادمیوم در ریشهٔ ذرت، نوعی مکانیسم تحمل غلظت زیاد کادمیوم در ریزوسفر است. ذرات نانو به‌دلیل داشتن اندازه کوچک، سطح مقطع زیاد، شکل کریستالی و نظم شبکه‌ای منحصر به فرد و در نتیجه واکنش‌پذیری زیاد می‌توانند برای تصفیه و تبدیل آلاینده‌ها به مواد بی‌ضرر و کم‌ضررتر استفاده شوند (۱۶).



شکل ۵- غلظت روی در اندام هوایی گندم کشت شده تحت‌تأثیر مواد جاذب مختلف
Figure 5. Zinc concentration in the shoot of cultivated wheat under the influence of various adsorbents

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-05-01]
[DOR: 20.1001.1.27174425.1400.2.3.4.4]

نتیجه‌گیری کلی

مقادیر روی موجود در خاک تحت‌تاثیرتیمارهای مختلف بکار رفته در آزمایش، با هم تفاوت معنی‌داری دارند، به‌عبارت دیگر تمام تیمارهای مواد جاذب باعث کاهش معنی‌دار غلظت فلز روی در خاک شده است، بطوری‌که بیشترین مقدار آلودگی به فلز روی مربوط به تیمار شاهد (آبیاری شده با پساب شاهد) و کمترین مقدار نیز مربوط به تیمار یک (آبیاری شده با پسابی که از فیلتر نانو مواد ۰/۵ درصد عبور داده شده) است.

مقادیر روی در اندام هوایی گیاه گندم کشت شده در گلدان‌ها تحت‌تأثیر مواد جاذب مختلف، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند. بیشترین غلظت روی در اندام هوایی گیاه مربوط به اجرای تیمار شاهد (آبیاری شده با پساب شاهد) و کمترین مقدار آن نیز مربوط به تیمار یک (T1، آبیاری شده با پسابی که از فیلتر نانو مواد ۰/۵ درصد عبور داده شده) است.

نتایج تحقیق بیانگر آن است که آلودگی خاک و گیاه به فلز روی کشت شده در گلدان‌هایی که تحت‌تأثیر تیمارهای نانو خاک اره درسطح ۰/۱ درصد، نانو خاک اره در سطح ۰/۲۵ درصد و نانو خاک اره در سطح ۰/۵ درصد قرار داشتند، در مقایسه با اجرای تیمار شاهد تفاوت معناداری را نشان می‌دهد، به‌عبارت دیگر نانوخاک اره در سه سطح مختلف خود توانست غلظت فلز روی را در خاک و گیاه را به‌طور معنی‌داری کاهش دهد. بیشترین میزان جذب فلز روی با استفاده از تیمارهای نانو خاک اره مربوط به نانو خاک اره درسطح ۰/۵ درصد و بعد از آن نیز در سطح ۰/۲۵ درصد و در سطح ۰/۱ درصد بود. نانو مواد در سطح ۰/۵ درصد، حدود ۴۲ درصد غلظت روی خاک را نسبت به شاهد کاهش داد. نانو مواد در سطح ۰/۲۵ درصد حدود ۳۵ درصد، نانو مواد در سطح ۰/۱، حدود ۲۵ درصد و میکرو مواد حدود ۴ درصد غلظت روی را نسبت به شاهد کاهش دادند. همچنین در گیاه، نانو مواد در سطح ۰/۵ درصد، حدود ۵۳ درصد غلظت روی را نسبت به شاهد کاهش داد. نانو مواد در سطح ۰/۲۵ درصد حدود ۴۴/۶ درصد، نانو مواد در سطح ۰/۱ درصد، ۱۹ درصد و میکرو مواد در حدود ۶ درصد غلظت روی را نسبت به شاهد کاهش دادند.

در مجموع می‌توان اظهار کرد که با توجه به نتایج بدست آمده در رابطه با تأثیر جاذب‌های آلی و نانو مواد بر کاهش غلظت فلزات سنگین در خاک و گندم آبیاری شده با پساب صنعتی تصفیه شده در این تحقیق، مشخص شد که استفاده از جاذب‌های آلی و نانو می‌توانند آلودگی خاک و گیاه را به فلز سنگین روی به‌طور معنی‌داری کاهش دهند. به‌علاوه، از بین تیمارهای مختلف، تیمار نانو خاک اره بیشترین تأثیر را بر کاهش فلز روی انباشت شده در خاک و گیاه داشته است.

باتوجه به حجم زیاد پساب خانگی و صنعتی، توصیه می‌شود قبل از استفاده ازاین آب‌ها در اراضی کشاورزی و نیز رها کردن آن ها در زمین‌های اطراف کارخانجات، که منجر به آلودگی خاک و گیاه وموجودات زنده و همچنین سبب آسیب‌های جبران ناپذیر به ساختمان خاک و تخریب اراضی می‌گردد، این آب‌های غیر متعارف ابتدا تصفیه و سپس مورد استفاده قرار گیرند.

در پایان برای بهبود نتایج و موثرتر واقع شدن آن‌ها پیشنهاد می‌شود که میزان آلودگی خاک و محصولات کشاورزی به فلزات سنگین به‌دلیل استفاده از پساب‌های خانگی یا صنعتی مطالعه گردد. از آنجاکه استفاده از یک جاذب مناسب منوط به بررسی و لحاظ کردن اثر تمامی فاکتورها نظیر درجه حرارت، اثر متقابل سایر آنیون‌ها و کاتیون‌ها و ... است، لذا لازم است مطالعات بیشتری جهت به‌کارگیری جاذب‌ها بخصوص در شرایط مزرعه‌ای توسط محققان انجام شود.

منابع

1. Abedi Kopaei, J. and S.F. Mousavi. 2003. Lead uptake from industrial effluent by paddy husk ash. Water and Wastewater, 48: 24-17.
2. Agrawal, V. and K. Sharma. 2006. Phytotoxic effects of Cu, Zn, Cd and Pb on in vitro regeneration and concomitant protein changes in Holarrhena antidysenterica. Biologia Plantarum, 50(2): 307-310.
3. Ahalya, N., R.D. Kanamadi and T.V. Ramachandra. 2008. Biosorption of Chromium (VI) by Tamarindus indica pod shells. Journal of Environmental Science research international, 1(2): 77-81.
4. Ali, I., M. Asim and T.A. Khan. 2012. Low cost adsorbents for the removal of organic pollutants from wastewater. Journal of environmental management, 113: 170-183.
5. Alloway, B.J. 1990. Heavy metals in soils. John Willey and Sons. Inc. NY USA, 37-40.
6. Annadurai, G., R.S. Juang and D.J. Lee. 2003. Adsorption of heavy metals from water using banana and orange peels. Water science and technology, 47(1): 185-190.
7. Anusha, G. 2011. Removal of iron from wastewater using bael fruit shell as adsorbent. In 2011 2nd international conference on environmental science and technology IPCBEE (Vol. 6): 258-260.
8. Bahmanpour, H. and H. Hazarkhani. 2020. Investigation of effective parameters on release and release of nickel heavy metal from electrical waste in aqueous and terrestrial environments. Destruction and rehabilitation of natural lands, 1(1): 11-18 (In Persian).
9. Barzin, M., H. Khairabadi and M. Opium. 2015. Investigation of pollution of some heavy metals in surface soils of Hamedan province using pollution index. Journal of Agricultural Science and Technology and Natural Resources, Soil and Water Sciences, 72: 79-69.

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-05-01]
[DOR: 20.1001.1.27174425.1400.2.3.4.4]

10. Behbahaninia, A., S.A. Mirbagheri and A.H. Javid. 2008. Heavy metals transport in the soil profiles under the application of sludge and wastewater. World Academy of Science, Engineering and Technology, 9: 53-55 (In Persian).
11. Bina, B., M. Abtahi Mohassel and M. Vahid Dastjerdi. 2003. Use of sawdust in the removal of heavy metals from industrial wastewater. Bimonthly Journal of Research in Medical Sciences, Eighth Year, 3: 19-22.
12. Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer metod hmprove for making particle size analysis of soils. Agronomy Journal, 54: 464-465.
13. Brasher, B.R., D.P. franzmeier, V. Valassis and S.E. Davidason. 1966. Use of measurements. Soil Science. Soc. Am.Journal, 101-108.
14. Chuah, T.G., A. Jumasiah, I. Azni, S. Katayon and S.T. Choong. 2005. Rice husk as a potentially low-cost biosorbent for heavy metal and dye removal: an overview. Desalination, 175(3): 305-316.
15. Day, P.R. 1965. Particle fractionation and particle-size analysis. Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling, 9: 545-567.
16. Div Band, L., M. Behzad, S. Boroumand Nasab and S. Deoband. 2012. Evaluation of the efficiency of nanoparticles prepared from cedar leaf ash in removing lead from aqueous media, Journal of Health and Environment, 1: 62-51 (In Persian).
17. Feng, Q., Q. Lin, F. Gong, S. Sugita and M. Shoya. 2004. Adsorption of lead and mercury by rice husk ash. Journal of Colloid and Interface Science, 278(1): 1-8.
18. Harati, M., M.T. Rastegar and B. Foghi. 2011. Effect of urban wastewater usage and problems of accumulation of heavy metals in agricultural lands (south of Tehran). African Journal of Agricultural Research, 6(14): 3224-3231 (In Persian).
19. Hu, M.J., Y.L. Wei, Y.W. Yang and J.F. Lee. 2004. X-ray absorption spectroscopy study of chromium recovered from Cr (VI)-containing water with rice husk. Journal of Physics: Condensed Matter, 16(33): 3473-3478.
20. Kabata, B. and H. Pendias. 2001. Trace element in soils and plant. Third Ed. CRC Press, Bocaraton, London.
21. Kadirvelu, K., M. Kavipriya, C. Karthika, M. Radhika, N. Vennilamani and S. Pattabhi. 2003. Utilization of various agricultural wastes for activated carbon preparation and application for the removal of dyes and metal ions from aqueous solutions. Bioresource technology, 87(1): 129-132.
22. Karimi, M., B. Motasharzadeh and Gh. Sawaqbi Firoozabadi. 2014. The effect of organic and inorganic treatments on the concentration of heavy metals in a contaminated soil and radish shoots. Journal of Soil Management and Sustainable Production, 3: 193-175 (In Persian).
23. Kazakh, N., H.R. Asgari and H. Yeganeh. 2019. Investigation of the relationship between lead metal accumulations, physical and chemical properties of soil in Aq Qala, Golestan. Journal of Desert Management, 13: 77-88 (In Persian).
24. Leyva-Ramos, R., L.A. Bernal-Jacome and I. Acosta-Rodriguez. 2005. Adsorption of cadmium (II) from aqueous solution on natural and oxidized corncob. Separation and Purification Technology, 45(1): 41-49.
25. Lindsay, W.L. and W.A. Norvell. 1978. Development of a DTPA test for Zinc, Iron, manganese and copper. Soil Science Society of America Journal, 42: 421-428.
26. Lorestani, B., M. Cheraghi and H. Marikhpour. 2014. The effect of citrus peel and time on the stabilization of zinc and nickel in soil. Journal of Plant Ecophysiology, 19: 69-80.
27. Marshall, W.E., L.H. Wartelle, D.E. Boler, M.M. Johns and C.A. Toles. 1999. Enhanced metal adsorption by soybean hulls modified with citric acid. Bioresource Technology, 69(3): 263-268.
28. Matos, G.D. and M.A.Z. Arruda. 2003. Vermicompost as natural adsorbent for removing metal ions from laboratory effluents. Process Biochem, 39: 81-88.
29. Mehrabpour, M., M. Davoodi, H. Alidadi and M. Dolatabadi. 2017. Evaluation of the efficiency of bitter olive tree sawdust in removing paint and heavy metals from textile industry wastewater. Rahavard Salamat Magazine, 2: 55-69.
30. Mohammadi, M., A. Fotoot and Gh. Haqnia. 2009. Investigation of the possibility of adsorption of heavy metals in industrial wastewater by sand, soil and organic matter. Bimonthly Journal of Water and Wastewater, 20(4): 81-71 (In Persian).
31. Monjezi, F., B. Kiani, A. Tabandesaravi and A. Falahati. 2020. Investigation of the results of forest land reclamation by performing pistachio and almond afforestation in Khatam city, Yazd province. Degradation and Rehabilitation of Natural Lands, 1(1): 33-44 (In Persian).

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-05-01]
[DOR: 20.1001.1.27174425.1400.2.3.4.4]

32. Özer, A., D. Özer and A. Özer. 2004. The adsorption of copper (II) ions on to dehydrated wheat bran (DWB): determination of the equilibrium and thermodynamic parameters. Process Biochemistry, 39(12): 2183-2191.
33. Park, H.J., S.W. Jeong, J.K. Yang, B.G. Kim and S.M. Lee. 2007. Removal of heavy metals using waste eggshell. Journal of environmental sciences, 19(12): 1436-1441.
34. Pino, G.H., L.M.S. Mesquita, M.L. Torem and G.A.S. Pinto. 2006. Biosorption of cadmium by green coconut shell powder. Mineral Engineering, 19(5): 380-387.
35. Purohit, S.S. and A.K. Agrawal. 2006. Environmental Pollution. Agrobios Publication. India, 624 pp.
36. Rao, K. 2006. Economic Sustainable Development and Mechanisms. Translator R., Yavari. Tehran University Press, 575 pp (In Persian).
37. Rahmatizadeh, A., M. Jafari and M. Karimian Iqbal. 2014. Identification of saline areas and saline plants in Qom province. Iranian Journal of Range and Desert Research, 4: 590-580.
38. Reddy, B.R., N. Mirghaffari and I. Gaballah. 1997. Removal and recycling of copper from aqueous solutions using treated Indian barks. Resources, Conservation and recycling, 21(4): 227-245.
39. Ritvo, G., Y. Avnimelech and M. Kochba. 2003. Empirical relationship between conventionally determined pH and in situ values in waterlogged soils. Aquacultural engineering, 27(1): 1-8.
40. Sardashti, A. 2003. Removal of chromium from industrial effluents. Water and Wastewater, 45: 26-18.
41. Sarin, V. and K. Pant. 2006. Removal of chromium from industrial waste by using eucalyptus bark. Bioresource technology, 97(1): 15-20.
42. Singh, A., M. Agrawal and F.M. Marshall. 2010. The role of organic vs. inorganic fertilizers in reducing phytoavailability of heavy metals in a wastewater-irrigated area. Ecological Engineering, 36(12): 1733-1740.
43. Sobhan Ardakani, S., H. Parvizi Masaed and R. Zandi Pak. 2014. Evaluation of rice bran efficiency in wastewater treatment of heavy metals. Environmental Science and Technology, 93: 50-41(In Persian).
44. Tabari, M. and A. Salehi. 2011. Investigation of the effect of irrigation using municipal wastewater on the accumulation of heavy metals in the soil. Environmental Science and Technology, 4: 49-59.
45. Taheriun, M., W. Alavi and A. Ahmadi. 2016. Risk analysis of the use of treated wastewater in agriculture using Bayesian network. Amirkabir Scientific-Research Journal-Civil and Environmental Engineering, 1: 101-110 (In Persian).
46. Utomo, H.D. 2007.The adsorption of heavy metals by waste tea and coffee residues. Doctoral dissertation, University of Otago.
47. Wang, G., M.Y. Su, Y.H. Chen, F.F. Lin, D. Luo and S.F. Gao. 2006. Transfer characteristics of cadmium and lead from soil to the edible parts of six vegetable species in southeastern China. Environmental Pollution, 144(1): 127-135.
48. Witek-Krowiak, A., R.G. Szafran and S. Modelski. 2011. Biosorption of heavy metals from aqueous solutions onto peanut shell as a low-cost biosorbent. Desalination, 265(1-3): 126-134.
49. Yousefi, H., V. Azari and A. Khazaeian. 2018. Direct mechanical production of wood nanofibers from raw wood microparticles with no chemical treatment. Industrial Crops and Products, 115: 26-31.

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-05-01]
[DOR: 20.1001.1.27174425.1400.2.3.4.4]

Investigating the Effect of Organic Adsorbents and Nano Materials in Order to Prevent the Accumulation of Zinc in Plant and Land Degradation

Reyhaneh Alidadi[1], Hamidreza Asgari[2] and Hossein yousefi[3]

1- Graduate of Master of Desert Management and Control, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
2- Associate Professor of Desert Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (Corresponding author: hras2010@gmail.com)
3- Associate Professor, Department of Wood Technology and Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Received: 18 May 2021 Accepted: 7 Jun 2021

Abstract

One of the most important issues that put a lot of pressure on the quality of the world's environment is the phenomenon of desertification and land degradation. Irrigation with effluent can have the greatest impact on the physical and chemical properties of the soil. Heavy metals are the most important environmental pollutants that are found in large quantities in domestic and industrial waste water. These metals are important because of their physiological effects on soil, plants and living organisms even at very low concentrations. Therefore, in this study, the effect of organic adsorbents and nanomaterial's on reducing concentrations Heavy metals in soil and wheat plants irrigated with industrial wastewater were investigated. In this regard, using polyethylene pipes, pots used in this study were prepared. Also, special filters were made of sawdust (micro-sawdust, nano-sawdust of ornamental tree at 0.1%, nano-sawdust at 0.25%, nano-sawdust at 0.5% level). The wastewater used in this study is passed through these filters. Then, to investigate the effect of filters on the amount of zinc collected in the plant, a number of wheat seeds were planted in each pot. At the end of the experiment, soil and plant samples were prepared for each pot and the concentration of zinc metal was measured by atomic absorption (GBC). Statistical analysis of results and data analysis was performed by completely randomized design (CRD) and comparison of means using Duncan test using SPSS software version 22. The results showed that the treatment of nano sawdust at the level of 0.5%, had the greatest effect and micro-sawdust had the least effect on reducing the accumulation of zinc metal in soil and plant.

Keywords: Industrial waste water, Land degradation, Nano materials, Organic absorbents, Water crisis, Wheat, Zinc metal

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-05-01]

[DOR: 20.1001.1.27174425.1400.2.3.4.4]