Archive of SID

اولین همایش ملی زهکشی در کشاورزی پایدار
تهران - ۸ اسفندماه ۱۳۹۲

بررسی انتقال فلزات سنگین در زه‌آب یک خاک آلوده با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران

نسیم نادری فرد
دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ۰۹۳۷۷۶۷۸۴۹۰،
n.naderifard@yahoo.de
صفر معروفی
استاد، گروه مهندسی آب، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ۰۸۱۱-۴۴۲۴۵۲۸، smarofi@yahoo.com

چکیده

به منظور انجام این پژوهش، یک دستگاه شبیه‌ساز باران طراحی و ساخته شد. سپس انتقال ۶ فلز سنگین در زه‌آب خاک آلوده در منطقه حوضه گنبد استان همدان در سه شیب و سه شدت بارش، با سه تکرار بررسی گردید. به منظور مقایسه بهتر تیمارها قبل از آلوده نمودن خاک، یک کرت شاهد در نظر گرفته شد. غلظت فلزات سنگین در خاک اولیه قبل از آلوده نمودن آن اندازه‌گیری گردید. نتایج بیانگر آن است که بیشترین غلظت فلزات سنگین در خاک مربوط به فلز منگنز و کمترین آن مربوط به عنصر آهن می‌باشد. همچنین غلظت این ۶ فلز سنگین در زه‌آب نسبت به تیمار شاهد افزایش یافته است. همچنین فاکتور شیب بر عناصر اندازه‌گیری شده (به استثناء آهن و منگنز) و شدت بارش بر آنها (به استثناء منگنز) در زه‌آب تأثیر مثبت و معنی‌داری داشت و اثر توأم شیب و شدت بارش در نیمی از فلزات سنگین تأثیر معنی‌دار نداشت.

واژه‌های کلیدی: حوضه گنبد، زه‌آب، شبیه‌ساز باران، شدت بارش، فلزات سنگین

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

آلاینده‌ها از جمله عوامل مختل‌کننده اکوسیستم به شمار می‌روند و از میان آنها فلزات سنگین به دلیل غیرقابل تجزیه بودن و اثرات فیزیولوژیکی آنها بر موجود زنده، در غلظت‌های کم حائز اهمیت شناخته شده‌اند، ولی بسیاری از این فلزات در غلظت‌های زیاد برای انسان سمی هستند (خداکرمی و همکاران، ۱۳۹۰). از جمله فعالیت‌های بشری که باعث آلودگی محیط به فلزات سنگین می‌شوند، استفاده از لجن حاصل از تصفیه فاضلاب‌ها به عنوان بارورکننده خاک می‌باشد (هایز و همکاران، ۱۹۹۰).

باران یکی از عوامل مهم انتقال آلاینده‌ها می‌باشد بنابراین امروزه به منظور بررسی و مطالعه اثر باران بر انتقال املاح، از دستگاه‌های شبیه‌ساز باران استفاده می‌گردد. دستگاه شبیه‌ساز باران یک وسیله مفید در مطالعه موارد گوناگون از جمله انتقال املاح از زمین‌های قابل کشت است و می‌تواند تحت شرایط آزمایشگاهی و یا صحرایی مورد استفاده قرار گیرد. مهمترین مزایای استفاده از شبیه‌سازی باران قابلیت کنترل آن نسبت به باران‌های طبیعی است و از معایب آن می‌توان هزینه ساخت و مشکلات اجرایی آن را ذکر نمود (فینر و همکاران، ۲۰۱۱).

پژوهش‌های محدودی در رابطه با انتقال آلودگی در زه‌آب و همچنین کاربرد شبیه‌ساز باران انجام گرفته است. چاب‌ریر و همکاران (۲۰۰۸) انتشار نوعی نماتد را توسط آبشویی با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران در غرب فرانسه مورد بررسی قرار دادند. حسین‌پور بوری آبادی و همکاران (۱۳۹۱) اثر فاضلاب‌های شهری را بر کیفیت زه‌آب‌های خروجی از ستون‌های خاک در سه عمق متفاوت بررسی نمودند. همچنین زند سلیمی و همکاران (۱۳۸۵) اثر کودهای آلی (کود مرغی، کود گاوی و لجن فاضلاب) بر آلودگی زه‌آب در ستون‌های خاک دست‌نخورده بر نوعی باکتری را بررسی نمودند.

در پژوهشی قیصری و همکاران (۱۳۸۶) آلودگی آب زیرزمینی اصفهان را از نظر نیترات بررسی نمودند و غلظت نیترات را در نقاط مورد مطالعه با استانداردهای سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا مقایسه کردند.

اکوییندین و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی ویژگی‌های شیمیایی و آلودگی زهکشی یک معدن اسیدی زغال سنگ در هند پرداختند. در تحقیقی دیگر، سجادی (۱۳۸۵) زه‌آب‌های اسیدی حاوی فلزات سنگین معدن زغال‌سنگ البرز مرکزی را بررسی نمود. امین و همکاران (۲۰۱۱) غلظت فلزات سنگین آب‌های زیرزمینی شیراز را مطالعه نمودند.

بررسی مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که تا قبل از انجام این پژوهش، کمتر تحقیقی در رابطه با اثر بارندگی بر آلودگی زه‌آب و منابع آب زیرزمینی انجام گرفته است. بنابراین هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثر میزان شدت بارش و همچنین شیب زمین بر روی انتقال فلزات سنگین در زه‌آب می‌باشد.

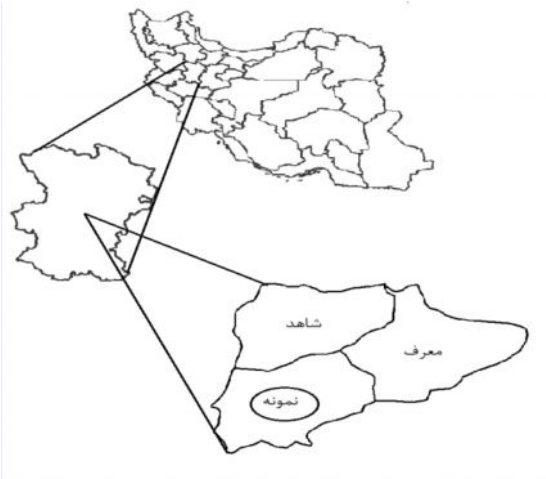
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID

این پژوهش در حوضه گنبد استان همدان، وابسته به اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان همدان انجام گرفته است که در فاصله ۳۵ کیلومتری جنوب شهرستان همدان به مساحت ۴۴۵ هکتار واقع شده است و دارای سه زیر حوضه به نام‌های: حوضه نمونه به مساحت ۱۵۳ هکتار، شاهد با مساحت ۱۴۲ هکتار و معرف با مساحت ۱۵۰ هکتار می‌باشد. این تحقیق در حوضه نمونه انجام گرفته است. شیب حوضه بین ۸ تا ۲۵ درصد تغییر می‌نماید ولی شیب غالب ۱۲ درصد می‌باشد. موقعیت این حوضه در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل (۱): موقعیت حوضه گنبد در استان همدان

روش پژوهش

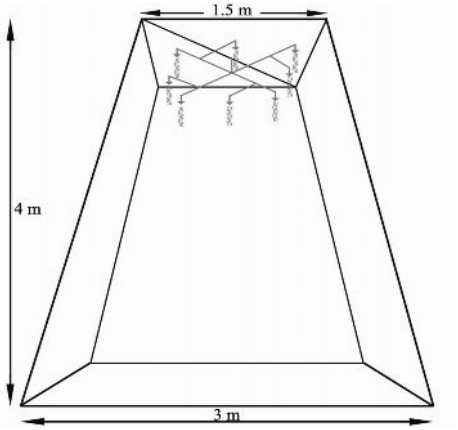
به منظور انجام این پژوهش در ابتدا یک دستگاه شبیه‌ساز باران در مقیاس صحرایی طراحی و ساخته شد. سپس شبیه-سازی باران در سه شدت بر روی یک خاک آلوده انجام شد و انتقال شش فلز سنگین شامل آهن، روی، مس، کادمیوم، منگنز و نیکل در زه‌آب آن در سه شیب و با سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی بررسی گردید.

طراحی دستگاه شبیه‌ساز باران

در این تحقیق یک دستگاه شبیه‌ساز به ابعاد ۳ متر×۳ متر و ارتفاع حداکثر ۴ متر که دارای قابلیت تنظیم ارتفاع در فواصل یک متری را دارا بوده و از جنس استیل زنگ نزن طراحی، ساخته و کالیبره شد. این دستگاه دارای ۹ نازل می‌باشد که در یک چارچوب ۱/۵ متر × ۱/۵ متر با فاصله یکسان از یکدیگر نصب شده‌اند (شکل ۲). روزنه‌های نازل‌های این دستگاه دارای قطرهای ۲، ۲/۵ و ۳ میلیمتری به منظور تغییر قطر قطرات باران می‌باشند. همچنین جهت شبیه‌سازی باران‌هایی با بارش مورب، شیب نازل‌ها نیز تغییر می‌نماید. پوشش مناسبی نیز جهت جلوگیری از اثر باد بر توزیع یکنواختی قطرات باران برای دستگاه در نظر گرفته شده است. این دستگاه متحرک بوده و با توجه به چرخ‌های خود می‌تواند از نقطه‌ای به نقطه دیگر جابجا شود. جهت تامین آب نازل‌ها، مخزنی پلاستیک فشار قوی و با ظرفیت ۱۰۰ لیتر که به یک دستگاه پمپ سانتریفیوژ مدل PVSE تجهیز شده در نظر گرفته شد. آب خروجی از مخزن توسط یک شیر قطع و وصل و یک دستگاه شیر فشارشکن قابل تنظیم می‌باشد. ضمناً ظرفیت و فشار آب خروجی از مخزن نیز توسط یک دستگاه کنتور و یک فشارسنج مناسب مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرد. برای شرایط کار صحرایی از یک دستگاه موتور برق برای تامین انرژی لازم استفاده می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۲): دستگاه شبیه‌ساز باران طراحی شده

آماده‌سازی کرت‌ها

به منظور انجام این تحقیق، در حوضه مذکور سه شیب کم (صفر درصد)، متوسط (پنج درصد) و زیاد (ده درصد) و برای هر شیب نیز سه تکرار در نظر گرفته شد. کرت‌های مورد به ابعاد ۳ متر × ۳ متر آماده گردید. به منظور جمع‌آوری آب از عمق زمین، برای هر کرت یک لوله زهکش به قطر ۱۰ سانتی‌متر و به طول ۳ متر با فیلترگذاری در عمق ۱۳۰ سانتی‌متری زمین قرار داده شد.

آلودن کردن خاک

سطح هر کرت سه ماه قبل از شروع آزمایش با لجن خشک به میزان ۲۲ کیلوگرم آلوده شده و با خاک سطحی مخلوط گردید. به منظور مقایسه بهتر تیمارها، یک کرت شاهد (بدون آلودگی و در شیب کم) در نظر گرفته شده، سپس با شدت ۴۵ میلیمتر در ساعت و به مدت یک ساعت شبیه‌سازی باران روی آن انجام گرفت و زه‌آب حاصل از آن جمع‌آوری گردید.

آزمایش شبیه‌سازی باران

شبیه‌سازی باران با سه شدت شامل شدت ۴۵ میلیمتر در ساعت در مدت زمان ۹۰ دقیقه، شدت ۶۵ میلیمتر در ساعت در مدت ۶۰ دقیقه و شدت ۹۵ میلیمتر در ساعت در مدت ۴۵ دقیقه بر روی کرت‌ها انجام گرفت سپس زه‌آب هر کرت جمع‌آوری گردید.

آزمون‌های آماری

به منظور بررسی نتایج، از آزمون دانکن در سطوح معنی‌داری ۹۵ و ۹۹ درصد با استفاده از محیط نرم‌افزاری SAS صورت گرفت.

نتایج و بحث

دستگاه شبیه‌ساز باران

نتایج واسنجی دستگاه شبیه‌ساز باران نشان داد که یکنواختی پخش قطر قطرات باران بین ۷۰ درصد تا ۹۴ درصد می‌باشد. ضمناً شدت‌های بارش ایجاد شده توسط این دستگاه، ۴۰ تا ۱۰۲ میلیمتر در ساعت می‌باشد.

فلزات سنگین در خاک اولیه

غلظت عناصر سنگین در خاک اولیه قبل از آلوده نمودن به دست آمد که نتایج آن در جدول ۲ ارائه گردیده‌است.

جدول (۱): غلظت عناصر سنگین در خاک اولیه (میلی‌گرم در لیتر)

www.SID.ir

Archive of SID

تیمار*	روی	مس	آهن	نیکل	کادمیوم	منگنز
S_1R_1	۰/۴۳۳۵	۰/۷۵۹	۰/۰۳۸۸۷۶	۰/۲۴۹	۰/۳۷۹	۱/۰۴۴
S_1R_2	۰/۴۴۸۲	۰/۹۱۸	۰/۰۳۹۰۱۶	۰/۱۱۱	۰/۲۱۵	۱/۰۷۸
S_1R_3	۰/۵۱۸۹	۱/۱۶۵	۰/۰۳۹۴۲۱	۰/۲۱۵	۰/۲۶۸	۱/۲۱
S_2R_1	۰/۳۹۵۶	۰/۲۷	۰/۰۴۰۹۱۹	۰/۲۰۲	۰/۲۶۹	۰/۹۶۷
S_2R_2	۰/۵۶	۰/۲۴۳	۰/۰۳۸۸۱۴	۰/۳۰۶	۰/۲۲۴	۱/۰۴۲
S_2R_3	۰/۴۳۳۷	۰/۳۱۸	۰/۰۳۸۹۹۸	۰/۲۱۶	۰/۲۹۵	۱/۰۱۲
S_3R_1	۰/۴۹۱۴	۰/۷۶۳	۰/۰۳۹۹۲	۰/۲۲۳	۰/۲۳	۱/۰۸۹
S_3R_2	۰/۴۶۱۲	۰/۸۶۵	۰/۰۴۰۵۲۴	۰/۴۱۲	۰/۲۲۹	۰/۸۷۵
S_3R_3	۰/۴۴۰۸	۰/۷۱	۰/۰۳۸۳۶۱	۰/۲۶۷	۰/۲۷۳	۰/۸۹۸
حد بحرانی	۱۵۰	۱۲۵	۲۵	۱۰۰	۸	۳۰

*: R_1 تکرار اول، R_2: تکرار دوم و R_3 تکرار سوم می‌باشند.

عناصر سنگین در زه‌آب

نتایج تجزیه واریانس عناصر سنگین موجود در زه‌آب در جدول (۲) ارائه گردیده است. با توجه به نتایج این جدول فاکتور شیب بر عناصر کادمیوم، روی، مس و نیکل در سطح ۱ درصد معنی‌دار است اما بر عناصر آهن و منگنز اثر معنی‌داری نداشت. همچنین سطح شدت بارش بر عناصر کادمیوم، روی، مس و نیکل در سطح ۱ درصد و بر عنصر آهن در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده اما بر عنصر منگنز اثر معنی‌داری نداشت. ضمناً اثر توأم شیب و شدت بارش بر عناصر کادمیوم، مس و نیکل در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد.

جدول (۲): نتایج تجزیه آماری حاصل از اندازه‌گیری عناصر سنگین موجود در زه‌آب (میلی‌گرم در لیتر)

منبع پراکنش	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		آهن	کادمیوم	روی	مس	منگنز	نیکل
شیب	۳	^{Ns}۰/۰۱	**۰	**۰/۰۲	**۰	^{Ns}۰/۰۳	**۰/۱۲
شدت	۲	*۰/۰۲	**۰	**۰/۰۳	**۰	^{Ns}۰/۰۲	**۰/۱۴
اثر توأم شدت و شیب	۶	^{Ns}۰	*۰	^{Ns}۰/۰۱	*۰	^{Ns}۰/۰۱	*۰/۰۳

**: معنی‌دار در سطح یک درصد، *: معنی‌دار در سطح پنج درصد و Ns غیرمعنی‌دار

با توجه به معنی‌دار شدن اثر توأم شیب و شدت بارش بر میزان عناصر کادمیوم، مس و نیکل موجود در زه‌آب، مقایسه میانگین بین اثر شیب و همچنین اثر شدت بارش بر میزان این عناصر انجام نگرفت.

مقایسه میانگین اثر شیب بر مقادیر میانگین روی در زه‌آب

با توجه به غیرمعنی‌دار بودن اثر شیب بر عناصر آهن و منگنز، مقایسه میانگین اثر شیب فقط بر عنصر روی انجام گرفت.

جدول (۳): مقایسه میانگین اثر شیب بر مقادیر فلزات سنگین در زه‌آب (میلی‌گرم در لیتر)

سطح شیب	روی
شاهد	^{b}۰
کم	^{b}۰/۰۲
متوسط	^{a}۰/۰۸
زیاد	^{a}۰/۰۱

روی

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به نتایج جدول (۳)، در تمامی شیب‌ها میزان روی موجود در زه‌آب نسبت به شاهد افزایش داشته است به طوری که بیشترین میزان روی موجود در زه‌آب مربوط به شیب متوسط (۰/۰۸ میلی‌گرم در لیتر) و کمترین آن مربوط به شیب شاهد (۰ میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد. مقایسه میانگین بین شیب‌های مختلف نشان داد که از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد، اختلاف بین شیب‌های زیاد و متوسط و همچنین شیب‌های شاهد و کم از لحاظ میانگین روی موجود در زه‌آب معنی‌دار نمی‌باشد. اما اختلاف آماری شیب زیاد با شیب‌های کم و شاهد و همچنین شیب متوسط با شیب‌های کم و شاهد از لحاظ میانگین روی موجود در زه‌آب معنی‌دار است.

مقایسه میانگین اثر شدت بارش بر میانگین آهن و روی موجود در زه‌آب

با توجه به غیرمعنی‌دار بودن اثر شدت بارش بر عنصر منگنز، مقایسه میانگین اثر شدت بارش بر میزان عناصر آهن و روی انجام گرفت که در جدول (۴) ارائه گردیده است.

جدول (۴): مقایسه میانگین* اثر شدت بر مقادیر فلزات سنگین در زه‌آب (میلی‌گرم در لیتر)

سطح شدت (میلیمتر در ساعت)	آهن	روی
۴۵	^{b}۰	^{b}۰
۶۵	^{ab}۰/۰۴	^{a}۰/۰۶
۹۵	^{a}۰/۰۷	^{a}۰/۰۹

*:میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، در سطح ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند

آهن

همانطور که در جدول (۴) قابل مشاهده است، با افزایش شدت بارش، میزان عنصر آهن نیز افزایش یافته است. نتایج بیانگر آن است که بیشترین میزان آهن موجود در زه‌آب مربوط به شدت بارش ۹۵ میلیمتر در ساعت (۰/۰۷ میلی‌گرم در لیتر) و کمترین آن مربوط به شدت ۴۵ میلیمتر در ساعت (۰ میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد. همچنین مقایسه میانگین بین شدت‌های مختلف نشان داد که در سطح ۵ درصد، اختلاف آماری معنی‌دار بین شدت‌های ۹۵ و ۴۵ میلیمتر در ساعت وجود دارد ولی بین شدت ۶۵ و دیگر شدت‌ها از لحاظ میانگین آهن موجود در زه‌آب، اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نمی‌گردد.

روی

بر اساس نتایج جدول (۴) مشاهده می‌شود که در شدت‌های بارش مورد بررسی، میزان روی موجود در زه‌آب نسبت به شدت ۴۵ میلیمتر در ساعت افزایش داشته‌اند به طوری که بیشترین میزان روی موجود در زه‌آب مربوط به شدت بارش ۹۵ میلیمتر در ساعت (۰/۰۹ میلی‌گرم در لیتر) و کمترین آن مربوط به شدت ۴۵ میلیمتر در ساعت (۰ میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد. مقایسه میانگین بین شدت‌های مختلف نشان داد که در سطح ۵ درصد، اختلاف آماری معنی‌داری بین شدت‌های ۹۵ و ۶۵ میلیمتر در ساعت از لحاظ میانگین روی موجود در زه‌آب مشاهده نشد. اما اختلاف آماری بین شدت‌های ۹۵ و ۴۵ و همچنین شدت‌های ۶۵ و ۴۵ میلیمتر در ساعت از لحاظ میانگین روی موجود در زه‌آب معنی‌دار می‌باشد.

اثرات توأم شیب و شدت بارش بر میزان کادمیوم، مس و نیکل موجود در زه‌آب

مقایسه میانگین اثرات توأم شیب و شدت بارش بر میزان عناصر کادمیوم، مس و نیکل موجود در زه‌آب در جدول ۵ ارائه گردیده است.

www.SID.ir

Archive of SID

کادمیوم

با توجه به نتایج جدول (۵)، بیشترین میزان کادمیوم موجود در زه‌آب مربوط به تیمارهای S_2I_3 و S_3I_3 (۰/۰۳ میلی‌گرم در لیتر) و کمترین آن مربوط به تیمارهای S_0I_1، S_0I_2، S_0I_3، S_1I_1، S_1I_2، S_2I_1 و S_3I_1 (۰ میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد. میزان کادمیوم موجود در زه‌آب در تیمارهای S_0I_1، S_0I_2، S_0I_3، S_1I_1، S_1I_2، S_2I_1 و S_3I_1 قابل تشخیص نبود لذا در سطح ۵ درصد، اختلاف آماری معنی‌داری بین این تیمارها وجود نداشت. همچنین با توجه به نتایج این جدول، اختلاف آماری بین تیمارهای S_1I_3، S_2I_2 و S_3I_2 از لحاظ میانگین کادمیوم موجود در زه‌آب معنی‌دار نبود. اما بین تیمارهای S_1I_3 با S_2I_3 و S_3I_3 اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید.

مس

همانطور که در جدول (۵) قابل مشاهده است، بیشترین میزان مس موجود در زه‌آب مربوط به تیمار S_3I_3 (۰/۰۲ میلی‌گرم در لیتر) و کمترین آن مربوط به S_0I_1، S_0I_2، S_0I_3، S_1I_1، S_1I_2، S_1I_3، S_2I_1 و S_3I_1 (۰ میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد. میزان مس موجود در زه‌آب در تیمارهای S_0I_1، S_0I_2، S_0I_3، S_1I_1، S_1I_2، S_1I_3، S_2I_1 و S_3I_1 قابل تشخیص نبود بنابراین اختلاف آماری بین این تیمارها معنی‌دار نبود. همچنین اختلاف آماری بین تیمارهای S_2I_3، S_3I_2 و S_3I_3 از لحاظ میانگین مس موجود در زه‌آب معنی‌دار نمی‌باشد. ولی بین تیمارهای S_3I_3 و S_2I_2 اختلاف آماری معنی‌دار وجود دارد.

نیکل

با توجه به نتایج جدول (۵)، بیشترین میزان نیکل موجود در زه‌آب مربوط تیمار S_3I_3 (۰/۳۹ میلی‌گرم در لیتر) و کمترین آن مربوط به تیمارهای S_0I_1، S_0I_2، S_0I_3، S_1I_1، S_1I_2، S_2I_1 و S_3I_1 (۰ میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد. میزان نیکل موجود در زه‌آب در تیمارهای S_0I_1، S_0I_2، S_0I_3، S_1I_1، S_1I_2، S_2I_1 و S_3I_1 قابل تشخیص نبود لذا در سطح ۵ درصد، هیچ‌گونه اختلاف آماری معنی‌داری بین این تیمارها وجود نداشت. اختلاف آماری بین تیمارهای S_1I_3، S_2I_2 و S_3I_2 و همچنین بین تیمارهای S_2I_3 و S_3I_3 از لحاظ میانگین نیکل موجود در زه‌آب معنی‌دار مشاهده نگردید. اما بین S_2I_3 و S_3I_3 با تیمار S_1I_3 اختلاف معنی‌دار وجود دارد.

جدول (۵): اثرات توأم شیب و شدت بر میزان عناصر سنگین موجود در زه‌آب (میلی‌گرم در لیتر)

شیب	شدت	کادمیوم	مس	نیکل
S_0	I_1	^{c}۰	^{c}۰	^{c}۰
	I_2	^{c}۰	^{c}۰	^{c}۰
	I_3	^{c}۰	^{c}۰	^{c}۰
S_1	I_1	^{c}۰	^{c}۰	^{c}۰
	I_2	^{c}۰	^{c}۰	^{c}۰
	I_3	^{bc}۰/۰۱	^{c}۰	^{bc}۰/۱۰
S_2	I_1	^{c}۰	^{c}۰	^{c}۰
	I_2	^{ab}۰/۰۲	^{bc}۰/۰۱	^{ab}۰/۲۵
	I_3	^{a}۰/۰۳	^{ab}۰/۰۱	^{a}۰/۳۹
S_3	I_1	^{c}۰	^{c}۰	^{c}۰
	I_2	^{ab}۰/۰۲	^{ab}۰/۰۱	^{ab}۰/۲۷
	I_3	^{a}۰/۰۳	^{a}۰/۰۲	^{a}۰/۳۸

*: میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، در سطح ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش بیانگر وجود مقدار قابل توجهی عناصر سنگین در خاک منطقه می‌باشد که بیشترین غلظت مربوط به فلز منگنز و کمترین آن مربوط به عنصر آهن می‌باشد. نتایج نشان داد که به طور کلی غلظت این ۶ عنصر در زه‌آب نسبت به تیمار شاهد افزایش یافته‌اند. فاکتور شیب بر تمام عناصر (به استثنای آهن و منگنز) و فاکتور شدت بارش بر این فلزات اندازه‌گیری شده (به استثناء منگنز) در زه‌آب تأثیر مثبت و معنی‌داری داشت. همچنین اثر توأم شیب و شدت بارش در نیمی از فلزات سنگین مورد بررسی شامل کادمیوم، مس و نیکل در زه‌آب تأثیر معنی‌دار داشت.

تقدیر و تشکر

بدین وسیله از مدیر اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان همدان، بویژه جناب آقای مهندس فلاحیان در همکاری بی‌دریغشان تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱. حسین پور بوری آبادی، ا.، حق‌نیا، غ.، علیزاده، ا.، فتوت، ا. ۱۳۹۱. تاثیر کاربرد فاضلاب‌های شهری بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک شور و کیفیت شیمیایی زه‌آب‌های خروجی از ستون‌های خاک. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۶، شماره ۳، صص ۵۷۴-۵۶۳.

۲. خداکرمی، ل.، سفیانیان، ع.، میرغفاری، ن.، افیونی، م.، گلشاهی، ا. ۱۳۹۰. پهنه‌بندی غلظت فلزات سنگین کروم، کبالت و نیکل در خاک‌های سه زیر حوزه آبخیز استان همدان با استفاده از فناوری‌های GIS و زمین‌آمار. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، شماره ۵۸، صص ۲۵۴-۲۴۳.

۳. زند سلیمی، س.، مصدقی، م.، محبوبی، ع.، رشیدیان، م.، صفری سنجانی، ع. ۱۳۸۵. اثر کودهای آلی بر آلودگی زه‌آب ستون‌های خاک دست‌نخورده به باکتری Escherichia coli در شرایط جریان غیراشباع ماندگار. مجله پژوهش کشاورزی، آب، خاک و گیاه در کشاورزی، جلد ۶، شماره ۳، صص ۵۹-۴۷.

۴. سجادی، ع. ۱۳۸۵. بررسی زه‌آب‌های اسیدی حاوی فلزات سنگین معدن زغال‌سنگ البرز مرکزی. اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست تهران (دانشگاه تهران)، ۱۳۸۵.

۵. قیصری، م. م.، هودجی، م.، نجفی، پ.، عبداللهی، آ. ۱۳۸۶. بررسی آلودگی نیتراتی آب زیرزمینی ناحیهٔ جنوب شرق شهر اصفهان. مجله محیط شناسی، سال ۳۳، شماره ۴۲، صص ۵۰-۴۳.

6. Amin, S., Farjoud, M. and Shabani, A. 2011. Groundwater Contamination by Heavy Metals in Water Resources of Shiraz Area. Iran Agricultural Research, 30 (1): 21-32.

7. Chabrier, C., Carles, C., Desrosiers, C., Quénéhervé, P. and Cabidoche, Y. M. 2009. Nematode dispersion by runoff water: Case study of Radopholus similis (Cobb) Thorne on nitisol under humid tropical conditions. Applied Soil Ecology, 41(2): 148-156.

8. Equeenuddin, S. M., Tripathy, S., Sahoo, P. K. and Panigrahi, M. K. 2010. Hydrogeochemical characteristics of acid mine drainage and water pollution at Makum Coalfield, India. Journal of Geochemical Exploration, 105(3): 75-82.

www.SID.ir

Archive of SID

9. Fiener, P, Seibert, S. P. and Auerswald, K. 2011. A compilation and meta-analysis of rainfall simulation data on arable soils. Journal of Hydrology, 409: 395–406.

10. Hayes, A. R., Mancino, C. F. and Pepper, I. L.1990. Irrigation of turfgrass with secondary sewage effluent: I. Soil and leachate water quality. Agronomy Journal, 82(5): 939-943.

www.SID.ir