فصلنامه علمی – پژوهشی گیاه و زیست بوم
سال ۷، شماره ۲۸، پاییز ۱۳۹۰

تأثیر استفاده از پساب و لجن در آبیاری گیاهان بر میزان غلظت فلزات سنگین گیاهان

آزیتا بهبهانی‌نیا[۱]*، سید احمد میرباقری[۲] ، امین آزادی[۳]

چکیده

این تحقیق برای بررسی جذب فلزات سنگین در گیاهان، از خاک‌های تحت تیمارهای مختلف پساب و لجن انجام شده است. برای این کار آزمایشی به صورت اسپیلت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در تصفیه خانه شوش انجام گرفت. فاکتور اصلی آبیاری با پنج سطح (شاهد، پساب، آب شهر و لجن، محلول تهیه شده از فلزات سنگین، پساب و لجن) و فاکتور فرعی گیاهان (اسفناج، کاهو، تربچه، شاهی، ریحان، یونجه، گوجه و هندوانه) در نظر گرفته شدند.

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک واحدهای آزمایشی تعیین شد. تیمار اول به عنوان شاهد فقط با آب شهر و تیمار دوم با پساب تصفیه خانه شوش آبیاری شد و در تیمار سوم از آب شهر برای آبیاری و از لجن دفعی تصفیه خانه شوش به عنوان کود استفاده شد. تیمار چهارم از محلول‌های شبیه‌سازی شده با نهرهای جنوب تهران که غلظت فلزات سنگین در آنها چندین برابر و معادل چندین سال آبیاری با نهرهای جنوب تهران بود آبیاری شد و در تیمار پنجم از پساب و لجن تصفیه خانه شوش استفاده شد. پس از دوره کامل آبیاری غلظت فلزات سنگین در محصولات به وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. نتایج آماری تجزیه واریانس اثر دو فاکتور تیمارهای آبیاری و گیاهان بر جذب عناصر نیکل، آهن، سرب، کادمیم، روی و مس نشان داد که بین تیمارهای آبیاری و همچنین بین گیاهان مختلف از نظر میزان جذب عناصر یاد شده تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود دارد. جدول و نمودارهای مقایسه‌های میانگین نیز نشان می‌دهد استفاده از لجن تصفیه خانه سبب افزایش غلظت فلزات سنگین به ویژه نیکل، سرب و آهن در اسفناج، یونجه و تربچه می‌شود و آبیاری با پساب در طولانی مدت سبب افزایش غلظت فلزات نیکل و کادمیم در گیاهان به ویژه اسفناج می‌شود.

کلمه‌های کلیدی: آبیاری، پساب، گیاه، فلزات سنگین، لجن دفعی

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رودهن، گروه محیط زیست، رودهن، ایران. * مسئول مکاتبه. (Azitabehbahani@yahoo.com)
۲- دانشکده خواجه نصیرالدین طوسی، گروه عمران و محیط زیست، تهران، ایران
۳- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرری، گروه کشاورزی، تهران، ایران
تاریخ دریافت : تابستان ۱۳۸۸ تاریخ پذیرش: بهار ۱۳۸۹

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

استفاده از آب‌های نامتعارف مانند پساب برای آبیاری زمین‌های کشاورزی به ویژه در مناطق خشک و کم آب و همچنین استفاده از لجن به عنوان کود از دیر باز موسوم بوده است.تولید حجم قابل توجهی از فاضلاب‌های شهری و نیاز به تولید بیش‌تر محصولات کشاورزی سبب استفاده از پساب و لجن در زمین‌های کشاورزی شده است. استفاده از لجن و پساب موجب تجمع فلزات سنگین به صورت تدریجی در خاک می‌شود و غلظت فلزات سنگین در خاک می‌تواند پس از مدتی به سطوحی برسد که امنیت غذایی بشر را تهدید کند. علاوه بر این افزایش جمعیت همراه با مصرف بیش‌تر آب در صنعت و کشاورزی کاهش قابل ملاحظه منابع آبی را به دنبال داشته است و استفاده از منابع آبی غیر متعارف مانند فاضلاب‌های تصفیه شده برای آبیاری متداول شده است (Naddafi *et al.*, 2005).

استفاده از لجن به عنوان کود یک موضوع بحث برانگیز است (Moshood, 2009). لجن دارای منابع غنی از فسفر، نیتروژن و مواد آلی است استفاده از آن به ویژه در خاک‌هایی که مواد آلی آنها کم است می‌تواند سبب اصلاح خاک شود.اما درخاک‌هایی که به آنها برای بهبود خواص خاک لجن اضافه شده است فلزات سنگین و ترکیبات سمی پیدا شده است (Bergkvist *et al*, 2005).

پساب محتوی فلزات سنگین می تواند سبب آلودگی خاک و گیاه شود (Singh *et al.*, 2004). تجمع فلزات سنگین در خاک‌های تحت آبیاری با فاضلاب نه تنها سبب آلودگی خاک می‌شود بلکه بر روی امنیت و کیفیت غذای انسان اثر خواهد گذاشت (Muchuweti *et al.*, 2006). مصرف محصولات کشاورزی آلوده به فلزات سنگین می‌تواند سبب کاهش برخی مواد مغذی اساسی در بدن انسان شود. همچنین سبب کاهش دفاع ایمنی بدن، تأخیر در رشد جنین، سوء تغذیه و شیوع انواع سرطان‌های معده و روده را موجب می‌شود (Turkdogan *et al.*, 2003). در کویت استفاده از فاضلاب شهری در کشاورزی سبب افزایش جذب کادمیم در حد سمیت بود (Al Enezi *et al.*, 2004).

نتایج تحقیقات ترابیان (۱۳۸۱) بیانگرآن است که غلظت برخی فلزات سنگین در خاک و گیاهان در جنوب تهران، در اثر استفاده از فاضلاب برای آبیاری از حد مجاز بیش‌تر است که در این میان کروم و کادمیم وضعیت بحرانی‌تری دارند. به طوری‌که مقدار کروم درگیاهان هم برای انسان و هم برای گیاه بیش از مقادیر استاندارد است و غلظت کادمیم در برخی گیاه چند برابر مقدار مجاز آن برای مصرف انسان می‌باشد. استفاده از فاضلاب شهری برای آبیاری قسمتی از زمین‌های کشاورزی در ساری سبب افزایش سرب در اسفناج و دانه برنج شده است (بهمنیار، ۱۳۸۶). تأثیر مصرف فاضلاب برروی خاک و گیاه در منطقه شمال اصفهان نیز نشان می‌دهد به طور کلی غلظت عناصر سنگین در خاک و گیاه قدری بیش‌تر است (فیضی،۱۳۸۰).

در تهران قسمتی از فاضلاب‌ها به جنوب شهر منتقل شده و با توجه به کمبود آب از این پساب‌ها برای آبیاری زمین‌های کشاورزی دشت ورامین استفاده می‌شود. با توجه به استفاده از حجم قابل توجهی از پساب و لجن تصفیه خانه‌ها در دشت ورامین بررسی اثرات استفاده از پساب و لجن بر خاک‌ها و محدودیت‌های کیفی استفاده از پساب و لجن برای آبیاری محصولات خاص از جمله مواردی است که با توجه به الگوی کشت متداول در دشت

Archive of SID

www.SID.ir

ورامین باید مورد توجه قرار گیرد. این تحقیق برای ارزیابی اثرات طولانی مدت آبیاری با پساب حاصل از تصفیه خانه‌ها و فاضلاب و لجن در محتوای فلزات سنگین گیاهان است.

مواد و روش‌ها

برای بررسی تأثیر پساب و لجن بر غلظت فلزات سنگین تجمع یافته در برخی گیاهان، آزمایشی به صورت اسپیلت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در تصفیه خانه شوش انجام گرفت. فاکتور اصلی آبیاری با پنج سطح (شاهد ،پساب، آب شهر و لجن، محلول تهیه شده از فلزات سنگین، پساب و لجن) و فاکتور فرعی گیاهان (اسفناج، کاهو، تربچه، شاهی، ریحان، یونجه، گوجه و هندوانه) در نظر گرفته شدند. علت انتخاب گیاهان، کشت این گیاهان در جنوب تهران است.

اندازه هر پلات در تصفیه خانه شوش در جنوب تهران ۲ × ۶ متر در نظر گرفته شد. خاک از منطقه ورامین به تصفیه خانه منتقل و پلات‌ها با این خاک پر شدند و برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک بر اساس روش‌های استاندارد مؤسسه آب و خاک و گیاه تعیین شد (علی‌احیایی، ۱۳۷۶). انتخاب گیاهان به علت کشت آنها در منطقه ورامین است. از پساب تصفیه خانه شوش در چندین نوبت نمونه برداری شد و غلظت فلزات سنگین نیکل، آهن، سرب، کادمیم، روی و مس در آنها بر اساس روش استاندارد (APHA, 2004) و به‌وسیله دستگاه جذب اتمی اسپکتروفتومتری واریان - مدل ۲۰۰ اندازه‌گیری شد.از لجن دفعی تصفیه خانه نیز در زمان‌های مختلف (۱۰ نمونه) چندین نمونه برداشته شد و غلظت فلزات سنگین در آنها تعیین شد. از نهرهای جنوب تهران مانند نهر فیروز آباد، کانال شهرری و یک کانال در زمین‌های کشاورزی نیز نمونه‌برداری صورت گرفت و غلظت فلزات مورد مطالعه در آنها تعیین شد. برای اعمال تیمار شاهد از آب شهر استفاده شد .تیمار پساب با پساب تصفیه خانه شوش اعمال شد. از آب شهر برای آبیاری و از لجن برای کود برای تیمار آبیاری سوم و از محلول‌هایی که غلظت فلزات سنگین در آنها حدود ده برابر غلظت فلزات سنگین در نهرهای جنوب تهران بود برای تیمار آبیاری چهارم و از پساب تصفیه خانه شوش و از لجن نیز به عنوان کود برای اعمال تیمار آبیاری پنجم استفاده شد. در تیمارهای سوم و پنجم لجن در عمق شخم (0-20 cm) دو بار در هفته با خاک مخلوط شد. پس از یک دوره آبیاری در شهریور ۱۳۸۸ گیاهان از پلات‌های مختلف برداشت شدند و غلظت فلزات سنگین در قسمت خوراکی آنها تعیین شد. فلزات سنگین در قسمت‌های خوراکی گیاهان مورد بررسی قرار گرفت به همین علت در گیاهان اسفناج، کاهو، تربچه، شاهی، ریحان و یونجه برگ گیاهان و در هندوانه و گوجه میوه آنها آزمایش شد. نمونه‌های برداشته شده با آب دو بار تقطیر شده کاملاً شسته شدند به مدت ۲۴ ساعت در هوای آزمایشگاه برای خشک شدن قرار داده شدند سپس نمونه‌ها دردمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در دستگاه آون قرار داده شدند نمونه‌های خشک شده پودر شده و یک گرم از نمونه به دقت وزن ودر کروزه قرار داده شدند سپس نمونه‌ها در کوره الکتریکی در دمای ۴۵۰ درجه به خاکستر تبدیل شدند درمرحله بعد نمونه‌ها در اسید کلریدریک و اسید نیتریک هضم شدند (AOAC, 2000) غلظت فلزات سنگین نیکل، آهن، سرب، کادمیم، روی و مس بوسیله دستگاه جذب اتمی اسپکتروفتومتری واریان - مدل ۲۰۰ در نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. برای بعضی از

Archive of SID

www.SID.ir

نمونه‌ها که غلظت فلزات سنگین خیلی کم بود از ICP[1] استفاده شد.

پیش از انجام تجزیه واریانس ابتدا نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون Anderson-Darling و با استفاده از نرم افزار Minitab مورد آزمون قرار گرفت. در آخر برای تجزیه واریانس و مقایسه‌های میانگین از نرم‌افزار MSTAT-C و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار EXCEL استفاده شد.

نتایج

نتایج به دست آمده از آنالیز خاک‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است، بافت خاک لومی بود. غلظت فلزات سنگین در پساب و لجن تصفیه خانه شوش و نهرهای جنوب تهران در جدول ۲ مشخص شده است همان‌طور که در این جدول مشخص است غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه در پساب تصفیه خانه شوش کم است اما غلظت آهن، نیکل و سرب در لجن دفعی تصفیه خانه شوش بالاست این امر می‌تواند به علت وجود صنایع آبکاری، آلیاژسازی، باطری‌سازی و خودروسازی در جنوب تهران باشد.

در نهرهای جنوب تهران نیز غلظت فلزات تا اندازه‌ای پایین است در محلول‌های شبیه سازی شده این غلظت‌ها به ده برابر افزایش یافته که معادل چندین سال آبیاری با نهرهای جنوب تهران می‌باشد.

نتایج نشان داد که در هیچکدام از صفات مورد اندازه‌گیری، داده‌ها نرمال نبودند بنابراین از تبدیل جذری برای نرمال کردن داده‌ها استفاده شد و سپس دوباره این آزمون به عمل آمد و نرمال بودن داده‌ها مورد تأیید قرار گرفت . تجزیه واریانس اثر دو فاکتور تیمارهای آبیاری و گیاهان بر جذب عناصر Ni, Fe, Pb, Cd, Zn, Cu (جدول ۳) نشان داد اثر تیمارهای آبیاری بر جذب عناصر گفته شده در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد. همچنین بین گیاهان مختلف از نظر میزان جذب عناصر ذکر شده در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار وجود دارد. در نتیجه مقایسه‌های میانگین و رسم نمودارها صورت پذیرفت. تفاوت میزان جذب فلزات بر اساس مقایسات میانگین در گیاهان مختلف تحت تیمارهای آبیاری متفاوت در نمودارهای ۱ تا ۶ و جدول ۴ مشخص شده است.

جدول ۱- میانگین خواص فیزیکوشیمیایی خاک

تخلخل (درصد)	کربنات کلسیم (درصد)	pH	رطوبت اشباع (درصد)	مواد آلی (درصد)	CEC (meq/L)	ازت (meq/L)	فسفر (meq/L)
۰/۵۲	٪۱۲,۲۵	۷/۷۶	۳۵/۷۹۳۴	۰/۳۶	۳۶/۶۲	۱/۴	۲۰

1- Atomic absorption with Inductively Coupled Plasma (ICP)

www.SID.ir

جدول ۲- میانگین غلظت فلزات سنگین در پساب، نهرهای جنوب تهران، mg/litl و لجن دفعی mg/kg

فلزات / نمونه	Ni	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb
پساب تصفیه خانه شوش	۱/۰	۳/۱	۰۴/۰	۱۵/۰	۰۱/۰	۳/۰
میانگین غلظت فلزات در نهرهای جنوب تهران	۹۸/۲	۳۶/۱	۱۲/۰	۷۵/۰	۰۲/۰	۱۲/۰
محلول‌های تهیه شده از فلزات سنگین	۸/۲۹	۶/۱۳	۲/۱	۵/۷	۲/۰	۲/۱
لجن تصفیه خانه شوش	۱۹۰	۲۸۰	۸۰	۴۰	۱۰	۱۸۵

جدول شماره ۳ - جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبی و گیاهان بر غلظت فلزات سنگین در گیاهان

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		Zn	Cd	Pb	Fe	Ni
تکرار	۲	۰/۰۲۷ ns	۰/۰۰۹ ns	۰/۲۹۱**	۰/۰۱ ns	۰/۷۱۳**
تیمار آبیاری	۴	۱/۱۸۵**	۰/۹۲۷**	۳/۳۷۵**	۱/۸۱**	۱۰/۱۱**
خطای a	۸	۰/۰۳۳	۰/۰۰۸	۰/۰۱۹	۰/۰۳۲	۰/۰۱۶
گیاهان	۷	۱/۲۴۱**	۱/۲۲۸**	۰/۶۷۱**	۵/۶۸۶**	۴/۶۶۷**
اثرمتقابل تیمار آبیاری×گیاهان	۲۸	۰/۰۵۷**	۰/۰۹**	۰/۱۷۹**	۰/۲۶۲**	۰/۱۵۹**
خطای b	۷۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۳	۰/۰۱۵	۰/۰۱۲	۰/۰۲۸
ضریب تغییرات		٪۲۰/۹	٪۱۳/۵۴	٪۱۳/۶۹	٪۱۴/۷۸	٪۹/۸۵

جدول ٤ - مقایسه میانگین‌های سطوح B (گیاهان) در هر سطح A (آبیاری)

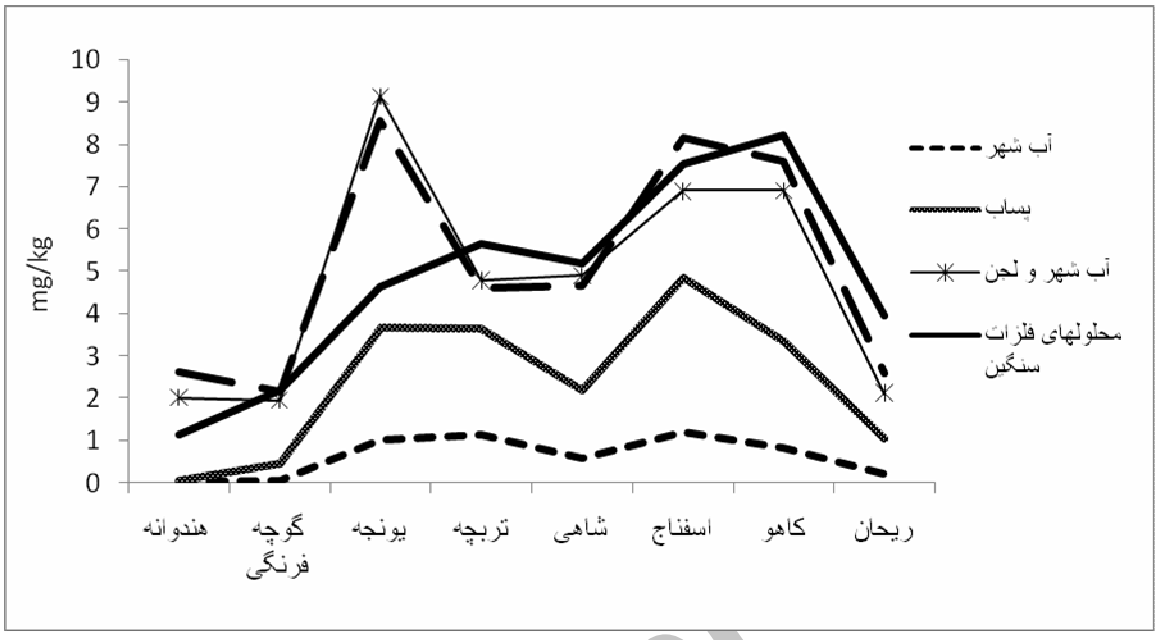
A سطوح (آبیاری)	B سطوح (گیاهان)	میزان Cu µg/g d.wt	میزان Zn µg/g d.wt	میزان Cd µg/g d.wt	میزان Pb µg/g d.wt	میزان Fe µg/g d.wt	میزان Ni µg/g d.wt
شاهد	هندوانه	۰/۰۰۰۳a	۰/۰۰۰۰۷a	۰/۰۰۰۱a	۰/۲۴۸۷cd	۰/۰۰۱۱۰۳a	۰/۰۱۸۶۷a
	گوجه	۰/۰۰۰۲a	۰/۰۰۰۰۶a	۰/۰۰۰۱a	۰/۰۰۰۸a	۰/۰۰۱۱a	۰/۰۶۴۳۳a
	یونجه	۰/۰۰۲a	۰/۰۱۱۶ab	۰/۰۱۱۶ab	۰/۰۳۶۶ab	۰/۲۲b	۱/۰۱۷cd
	تربچه	۰/۰۰۱۶a	۰/۰۲۷۶abc	۰/۰۰۸ab	۰/۰۰۰۸a	۰/۷۸۳۳c	۱/۱۱۷cd
	شاهی	۰/۰۲۱۷a	۰/۱۷۴۰cd	۰/۰۲۸۶b	۰/۱۳۲bc	۰/۰۱۷a	۰/۵۶۶۷bc
	اسفناج	۰/۰۲۰۳a	۰/۲۱۱۳d	۰/۳۱۰۶c	۰/۴۵۵۳d	۰/۵۳۲۷c	۱/۱۹a
	کاهو	۰/۰۲۱۳a	۰/۱۳۶۰bcd	۰/۰۲۲۶b	۰/۲۴۵۳cd	۰/۰۲۳۳۳a	۰/۸۳۳۳cd
	ریحان	۰/۰۰۰۶a	۰/۰۲۱۳abc	۰/۰۰۱a	۰/۰۱۹ab	۰/۰۲۲۳۳a	۰/۲۱۶۷ab

www.SID.ir

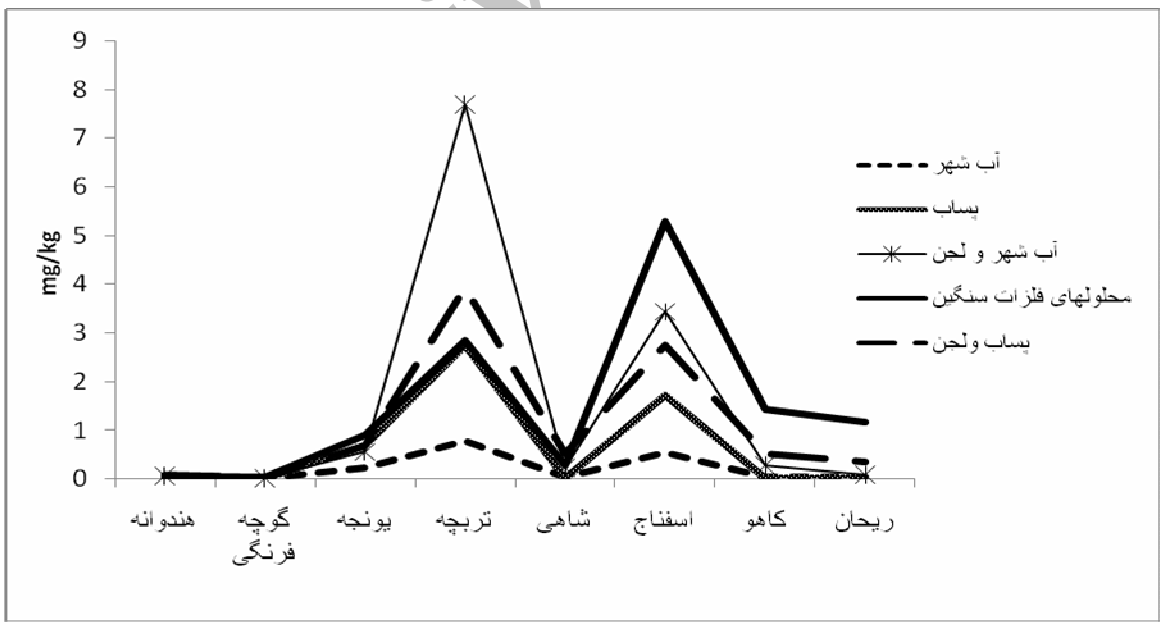
ادامه جدول ۴

A سطوح (آبیاری)	B سطوح (گیاهان)	میزان Cu µg/g d.wt	میزان Zn µg/g d.wt	میزان Cd µg/g d.wt	میزان Pb µg/g d.wt	میزان Fe µg/g d.wt	میزان Ni µg/g d.wt
پساب	هندوانه	۰/۰۰۵۰a	۰/۳۴۵۰c	۰/۰۴۵abc	۰/۸۱۶۷bc	۰/۰۳۵۳۳a	۰/۰۷a
	گوجه	۰/۰۰۰۸a	۰/۰۰۳۶a	۰/۰۱۵۳a	۰/۳۹۶a	۰/۰۰۴۳a	۰/۴۵۵۳b
	یونجه	۰/۰۰۹a	۰/۰۴۱۶ab	۰/۰۳۰۳abc	۰/۶۳۲۷abc	۰/۶۹۴۷b	۳/۶۵۷de
	تربچه	۰/۰۰۷a	۰/۱۵۶۳bc	۰/۰۲۶۶ab	۰/۸۹۰۷c	۲/۷۵۶d	۳/۶۲۴de
	شاهی	۰/۰۹۱۶b	۰/۷۷۴۰d	۰/۰۸۶c	۰/۴۵۳۳ab	۰,۰۸۳a	۲/۱۹۱c
	اسفناج	۰/۰۸۵۳b	۰/۸۳۵۳d	۰/۹۱۴d	۱/۷۸۳d	۰/۰۷۱۷c	۴/۸۳۸e
	کاهو	۰/۰۸۴۳b	۰/۶۶۲۶d	۰/۰۶۵۳bc	۰/۹۶۵۰c	۰/۰۷۱a	۳/۳۳۳cd
	ریحان	۰/۰۰۳۶a	۰/۰۸۳۳abc	۰/۰۵۵۳abc	۰/۷۲۸۰bc	۰/۰۶۹a	۱/۰۳۳b
آب شهر و لجن	هندوانه	۰/۰۷۵۳bcd	۰/۱۳۴۶ab	۰/۰۵۸۳ab	۱/۲۵۳b	۰/۰۶۷۶ab	۲/۰۰۷a
	گوجه	۰/۰۰۵a	۰/۰۲۶a	۰/۰۲۵۳a	۰/۷۵۰۰ab	۰/۰۱۳۶a	۱/۹۵۸
	یونجه	۰/۰۴۸abc	۰/۱۲۱۳ab	۰/۲۸۵۳d	۱/۰۲۳ab	۰/۵۵۶۷d	۹/۱۳۵d
	تربچه	۰/۰۸۶cd	۰/۱۲۲۶b	۰/۱۶۰۶c	۱/۰۳۱ab	۷/۶۹f	۴/۷۸۳b
	شاهی	۰/۰۸۴cd	۰/۸۹۴۰c	۰/۵۳۹۰e	۰/۶۸۳۳a	۰/۲۳۶۷bc	۴/۹۰۲b
	اسفناج	۰/۱۷۲۳d	۰/۹۲۸۳c	۱/۰۳۳۳f	۱/۰۵۴ab	۳/۴۴۳e	۶/۹۰۲c
	کاهو	۱/۰۲۴۶e	۰/۸۸۳۳c	۰/۰۹۶۳bc	۱/۲۲۷b	۰/۲۸۶cd	۶/۹۱۷c
	ریحان	۰/۰۰۹۶ab	۰/۷۷۳۰c	۰/۰۷۷۳b	۰/۷۷۲ab	۰/۸۶۶ab	۲/۱۱۸a
محلول‌های تهیه شده از فلزات سنگین	هندوانه	۰/۰۰۶۳a	۰/۳۵۶۶c	۰/۰۷۷۳b	۱/۳۰۸ab	۰/۰۵۱a	۱/۱۵۵a
	گوجه	۰/۰۴۸ab	۰/۰۱۹۳a	۰/۰۹۳ab	۱/۵۷۶b	۰/۰۳۷۳a	۲/۲۱b
	یونجه	۰/۰۳۸۶ab	۰/۰۹۵۳ab	۰/۰۱۶۳a	۲/۵۵۸c	۰/۸۹۴۳c	۴/۶۲۷cd
	تربچه	۰/۰۷۲۶b	۰/۱۷۸۶bc	۰/۳۹۹۶c	۲/۹۵۲c	۲/۸۴۳e	۵/۶۴۸d
	شاهی	۰/۰۸۹۳b	۰/۹۰۷۳d	۰/۶۰۴۳d	۱/۰۱۱ab	۰/۲۷۹b	۵/۱۸۵cd
	اسفناج	۱/۰۴۶۳c	۱/۶۱۶e	۲/۳۴۲۶f	۲/۳۳۲c	۵/۲۹۳f	۷/۵۱۹e
	کاهو	۰/۸۵۰c	۰/۹۴۶۶d	۱/۰۰۳e	۱/۰۱۸ab	۱/۴۳۳d	۸/۲۰۷e
	ریحان	۰/۰۷۸b	۰/۸۷۴۶d	۰/۰۹۲۶b	۰/۸۷۰۰a	۱/۱۷۴cd	۳/۹۴۴c
پساب و لجن	هندوانه	۰/۰۷۸۶ab	۰/۳۶۵۳bc	۰/۰۹۴۶a	۰/۷۷۰۰ab	۰/۰۸۹۳ab	۲/۶۳۱a
	گوجه	۰/۰۲۳۳a	۰/۰۳۹۰a	۰/۱۴۲۰a	۰/۵۶۶۷a	۰/۰۳۹۶a	۲/۱۷۲a
	یونجه	۰/۰۷۴۶ab	۰/۳۹۸۶b	۰/۵۳۴۰b	۱/۲۳۷b	۰/۰۶۷۴a	۸/۵۷c
	تربچه	۰/۳۹۷۳c	۰/۶۶۴۶cd	۰/۴۵۰۶b	۱/۱۵۴b	۳/۹۱۳f	۴/۶۲۱b
	شاهی	۰/۱۴۸۰bc	۰/۹۶۸۶d	۰/۴۹۰۶b	۰/۸۵۶ab	۰/۵۰۹۳cd	۴/۶۸b
	اسفناج	۰/۱۹۹۳bc	۱/۰۷۵d	۱/۶۳۲c	۵/۳۸۶c	۲/۷۵e	۸/۱۶۷c
	کاهو	۰/۸۶۶d	۱/۰۳۱d	۰/۰۹۶a	۰/۹۷۰۰ab	۰/۵۰۷۳cd	۷/۶۲c
	ریحان	۰/۰۱۴۳a	۰/۸۳۲d	۰/۰۸۴a	۰/۸۶۴۷ab	۰/۰۳۸۴bc	۱/۶۰۶a

www.SID.ir

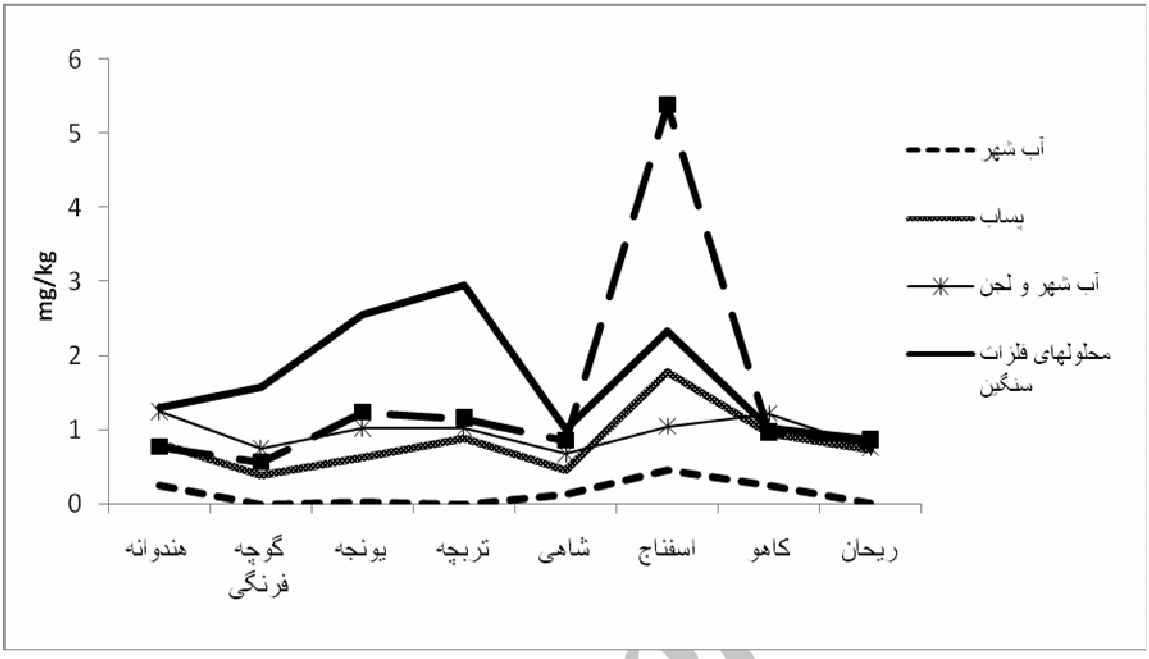


شکل ۱- نمودار اثر متقابل تیمارهای آبیاری و گیاهان بر جذب نیکل

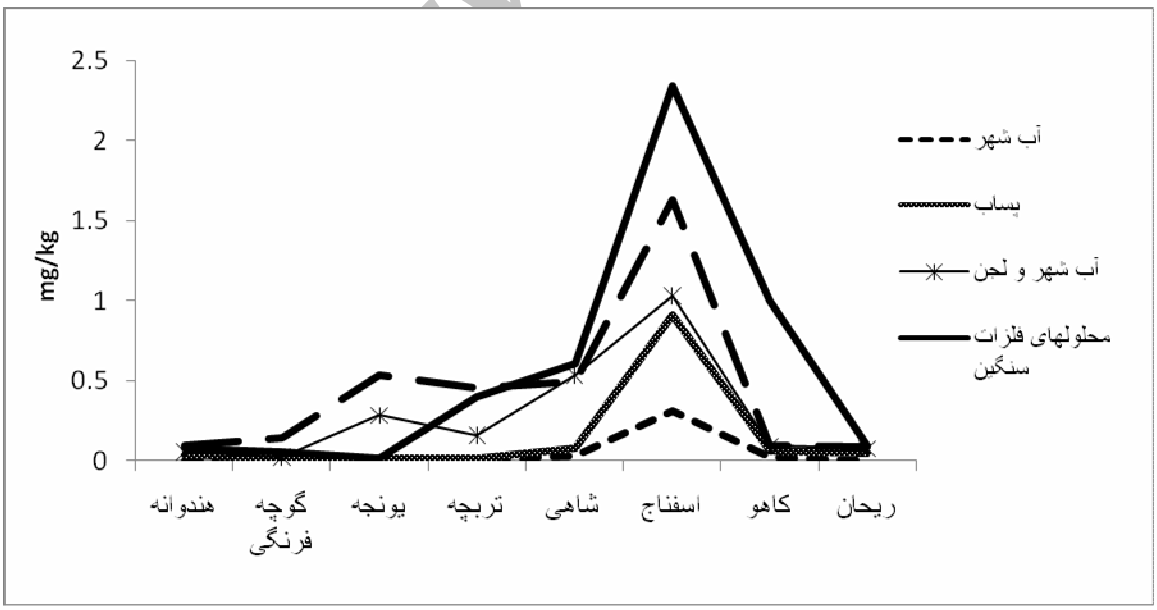


شکل ۲- نمودار اثر متقابل تیمارهای آبیاری و گیاهان بر جذب آهن

www.SID.ir

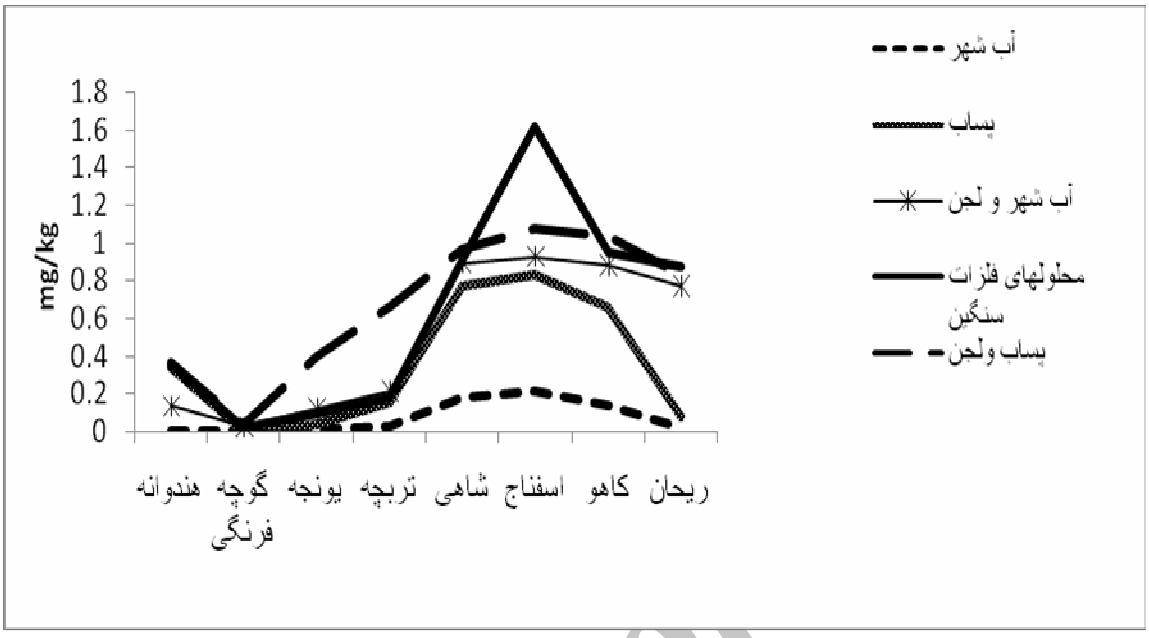


شکل ۳- نمودار اثر متقابل تیمارهای آبیاری و گیاهان بر جذب سرب

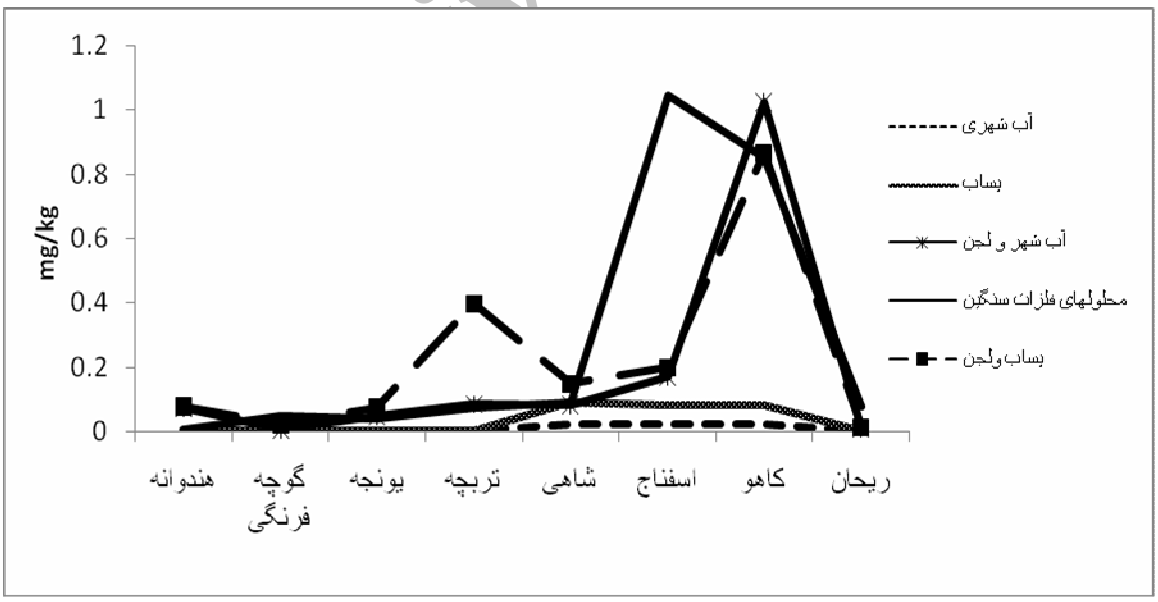


شکل ٤- نمودار اثر متقابل تیمارهای آبیاری و گیاهان بر جذب کادمیم

www.SID.ir



شکل ۵- نمودار اثر متقابل تیمارهای آبیاری و گیاهان بر جذب روی



شکل ٦- نمودار اثر متقابل تیمارهای آبیاری و گیاهان بر جذب مس

www.SID.ir

بحث و نتیجه‌گیری

همان‌طور که در این نمودارها مشخص است تفاوت معنی‌داری از نظر غلظت فلزات در گیاهان تحت تیمار شاهد با تیمارهای دیگر دیده می‌شود پس از شاهد کم‌ترین میزان جذب فلزات در تیمار پساب دیده می‌شود علت کم بودن غلظت فلزات در گیاهان تیمار دوم می‌تواند به علت کم بودن غلظت فلزات در پساب تصفیه خانه شوش باشد. استفاده از محلول‌های شبیه‌سازی شده با نهرهای جنوب تهران که غلظت فلزات در آنها ده برابر افزایش یافته است سبب افزایش غلظت بیش‌تر فلزات در گیاهان تیمار چهارم شده است. استفاده از لجن نیز در تیمارهای سوم و پنجم به علت بالا بودن غلظت بعضی عناصر در لجن موجب افزایش غلظت فلزات سنگین در گیاهان این پلات‌ها شده است. کم‌ترین میزان جذب نیکل در تمام تیمارهای آبیاری مربوط به گیاه هندوانه و گوجه و پس از آن ریحان در تیمارهای مختلف آبیاری جذب کمی از خود نشان داد. بیش‌ترین میزان جذب نیکل در همه پلات‌ها مربوط به گیاه اسفناج و یونجه بود (شکل ۱). کم‌ترین میزان جذب آهن در تمام تیمارهای آبیاری به ترتیب مربوط به هندوانه و گوجه است مقایسه‌های میانگین گیاهان مختلف در هر تیمار آبیاری نشان داد که میزان جذب آهن در اسفناج و تربچه در بیش‌تر پلات‌ها بسیار بالا و معنی‌دار بود (شکل ۲). بیش‌ترین میزان جذب سرب مربوط به گیاه اسفناج و در تیمار پنجم (لجن و پساب) و پس از آن تربچه مربوط به تیمار سوم (آب شهر و لجن) بدست آمد. گیاهان هندوانه، گوجه، ریحان و شاهی کم‌ترین میزان جذب سرب در تیمارهای مختلف را نشان دادند (شکل ۳). بیش‌ترین میزان جذب کادمیم نیز در گیاه اسفناج در تیمارهای مختلف بدست آمد (شکل ۴). در مورد روی و مس هم اسفناج و کاهو جذب بیش‌تری داشتند (شکل‌های ۵ و۶).

همان طور که نتایج بدست آمده نشان می‌دهد هندوانه و گوجه کم‌ترین جذب فلزات را در همه تیمارها داشتند تجمع فلزات سنگین در سبزیجات برگی نسبت به میوه‌ها بیش‌تر می‌باشد (Mapanda, 2005). تحقیق‌های دیگر نشان داده اسفناج آبیاری شده با پساب دارای تجمع بیش‌تری از آهن، مس و روی در مقایسه با اسفناج آبیاری شده با آب رودخانه بوده است (Arora, 2008). در این تحقیق غلظت نیکل در بیش‌تر گیاهان به جز هندوانه و گوجه در تیمارهای ۳، ۴، ۵ بیش‌تر از حد مجاز آن بدست آمد بنابراین استفاده از لجن این تصفیه‌خانه (پلات‌های ۳ و ۵) و استفاده از پساب برای طولانی مدت (تیمار ۴) سبب افزایش غلظت نیکل در گیاهان شده است. غلظت سرب نیز در اسفناج در تیمار پنجم بیش‌تر از حد مجاز بدست آمد. غلظت کادمیم نیز در برخی گیاهان (به جز هندوانه و گوجه) در پلات‌های ۳،۴،۵ بیش‌تر از حد مجاز بدست آمد در اسفناج و کاهو بیش‌ترین غلظت دیده می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

بهمنیار،م. ۱۳۸۶. تأثیر مصرف فاضلاب در آبیاری گیاهان زراعی بر میزان برخی عناصر سنگین خاک و گیاهان، مجله محیط‌شناسی شماره ۴۴ ، زمستان ۸۶، صفحه‌های ۱۹-۲۶

ترابیان،ع و م.مهجوری. ۱۳۸۱. بررسی اثر آبیاری با فاضلاب روی جذب فلزات سنگین بوسیله سبزی‌های برگی جنوب تهران، مجله علوم خاک و آب جلد ۱۶، شماره ۲، صفحه‌های ۱۹۰-۱۹۷

فیضی،م. ۱۳۸۰. تأثیر مصرف پساب فاضلاب بر روی خاک و گیاه در منطقه شمال اصفهان، هفتمین کنگره علوم خاک ایران، صفحه‌های ۳۳۹-۳۴۱

علی‌احیایی،م. ۱۳۷۶. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک ، جلد دوم، نشریه شماره ۱۰۲۴، مؤسسه تحقیقات آب و خاک

Al Enezi,G., M.F.Hamoda, and N.Fawzi. 2004. Heavy metals content of municipal wastewater and sludges in Kuwait. Journal of Environmental Science and Health. 39:2, 397-407.

APHA. 2004. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA, AWWA, WEF.

Arora,M., B.Kiran, S.Rani, B.Kaur, and N.Mittal. 2008. Heavy metal accumulation in vegetables irrigated with water from different sources. Food Chem.111: 811-815.

Bergkvist,P., D.Berggren, and N.Jarvis. 2005. Cadmium solubility and sorption in along term sludge amended arable soil. J. Environ. Qual. 34: 1530-1538.

Horwitz,W. 2000. Official methods of Analysis of AOAC. In: Metals and other elements, 17nd ed. AOAC Int. pp 22-27.

Mapanda,F., E.N.Mangwayana, J.Nyamangara, and K.E.Giller. 2004. The effects of long-term irrigation using wastewater on heavy metal contents of soils under vegetables in Harare, Zimbabwe. Agriculture, Ecosystems and Environment 107, 151-156.

Moshood,N.T. 2009. Contamination of shallow groundwater system and soil-plant transfer metals under amended irrigated fields. Agricultural water management. 96(3): 437-444

Muchuweti,M., J.W.Birkett, E.Chinyanga, R.Zvauya, M.D.Scrimshaw, and J.N.Lester. 2006. Heavy metal content of vegetables irrigated with mixture of wastewater and sewage sludge in Zimbabwe: implications for human health. Agriculture, Ecosystem, and Environment, 112: 41-48.

Naddafi.K., N.Jaafarzadeh, M.Mokhtari, B.Zakizadeh, and M.R.Sakian. 2005. Effects of wastewater stabilization pond effluent on agricultural crops. Int. J Environ. Sci. Technol. 1: 273-277.

Archive of SID

www.SID.ir

Singh,K.P., D.Mohan, S.Sinha, and R.Dalwani. 2004. Impact assessment of treated untreated wastewater toxicants discharged by sewage treatment plants on health, agricultural, and environmental quality in the wastewater disposal area. Chemosphere. 55: 227-255.

Turkdogan,M.K., K.Feviz, K.Kazim, T.Ilyas, and U.Ismail. 2003. Heavy metals in soil, vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey. Environ. Toxicol. Phamacol.13: 175-179.

Archive of SID

www.SID.ir